

## 시각장애 아동과 정상 아동의 선자세 균형 비교

대구대학교 물리치료학과  
김 중 선  
대구대학교 재활과학대학원 물리치료전공  
이 정 순

## The Comparison Between Blind and Normal Children in Standing Position

Kim, Chung-sun, P.T., Ph.D.

*Dept. of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Taegu University*

Lee, Jeong-soon, P.T., M.S.

### <Abstract>

In this paper, the proprioceptive sensitivity was compared by Foot-Hand task method and the effect of the proprioceptive sensitivity and auditory to the standing position between blind and normal children was measured using BPM for 56 children in 7, 8, 9 and 10 years old. There are three measurement methods are used for BPM : Rest, Forward Looking, "Sound" position. The following conclusions were obtained from the above measurements.

1. In comparison of proprioceptive sensitivity between blind and normal children, there is no significant difference( $p>.05$ ).

There is no significant difference in comparison of each age group and also there is no difference in each gender group( $p>.05$ ).

2. In comparison of standing position measurement between blind and normal children, there is any difference ( $p<.05$ ) in three

measurement(Rest, Forward Looking, "Sound" position) but there is no significant difference in each gender difference( $p>.05$ ). There is any difference between Rest and "Sound" position of blind children, also there is any difference between Forward Looking and "Sound" position, rest and "Sound" position of normal children( $p<.05$ ).

3. There is no significant difference of correlation between proprioceptive sensitivity test and standing position measurement in Pearson correlation coefficient( $p>.05$ ).

## I. 서론

균형은 일상생활의 모든 동작수행에 중요한 영향을 주며 신체를 평형상태로 유지시키는 능력으로 우리가 적절한 균형을 유지하기 위해서는 인체의 흔들림을 최소로 하여 신체의 중력중심을 지지기저면내에 유지하여야 한다(이한숙 등, 1996).

균형은 신경계와 근골격계의 통합이 관여하는 매우 복잡한 기능으로 시각, 청각, 전정기능, 고유수용기 및 감각수용기로부터 유입된 자극의 중추신경계에서의 통합작용, 시각적 공간 인지력, 환경변화에 대해 빠르고 정확하게 반응하는 근긴장도, 근력, 지구력, 및 관절의 유연성 등의 다양한 기능적 요인이 관여한다(배성수 등, 1992).

자세조절을 위한 감각정보 중 시각은 공간인지의 수단으로 균형을 조절하는데 가장 중요한 역할을 한다. 따라서 주위 환경으로부터 위험 또는 거리를 인식하고 운동이 일어나는 면과 형태 등의 환경을 묘사하고 운동이 일어나는 한 시점에서 신체의 각 부위의 위치나 요구된 운동의 강도나 난이도 등을 조절할 수 있는 정보를 제공한다(송주민, 1994; Taylor, 1990). 여러 연구에서 시각을 차단하거나 시각의 상태를 제한함으로써 시각이 균

형조절에 우위를 차지함을 알아냈다(Diner 등, 1988; Goldie 등, 1992; Nichols 등, 1995; Richardson 등, 1992).

고유수용성 감각은 근육, 건, 관절 수용기로부터 오는 관절과 신체부분의 위치, 관절과 근육의 움직임, 피부와 조직에 가해지는 압력, 관절과 근육의 통증과 온도에 관한 정보로서 이런 정보를 뇌로 보내어 신체를 지지하도록 도와준다(Cheatum과 Hammond, 1999). 어떤 경우 하나 또는 그이상의 감각으로부터의 정보가 정확하지 않을 경우 즉 시각으로부터의 정보가 부정확할 경우 중추신경계는 시각운동 입력을 무시하고 정확한 전정입력과 고유수용입력에 의존한다(이한숙 등, 1996).

이외에도 균형조절에 영향을 주는 요인으로 청력은 경고나 사고와 같은 소리를 명확히 듣는 사람의 능력으로 신체의 균형유지에 도움을 줄 수 있다(이한숙 등, 1996). 시각의 결손에서 소리는 서있는 동안 시각적 되먹임의 부족을 보상하며, 약간의 시각적 되먹임과 청각의 결합에서 청각적 자극은 시각적 되먹임에 의해 제공된 정보를 무시한다(Sakellari와 Soames, 1996).

Woollacott와 Shumway-Cook(1990)은 정상발달과정에서 자세를 조절하는 감각입력은 시각의존에서 성인에 가까운 형태인 체성감각과 시각입력조합에 의존하는 시기가 4-6세라고 하였고 이시기를 지나 7-10세가 되어야 성숙한 반응이 나타난다고 하였다.

시각장애아동은 시각을 제외한 다른 잔존감각들을 이용하여 주위환경에 대한 개념을 발달시킨다. 그러나 시각에 비해 열등한 감각들임으로 경험의 범위와 다양성에서 제한, 공간에 대한 지식을 요구하는 보행능력의 제한, 정보의 확인에 곤란을 가짐으로 환경과의 상호작용에서 제한을 가진다. 또한 시력상실로 인지기능에 어려움을 갖는다. 시각장애아동과 정상아동의 운동발달을 비교해 보면 서있는 자세 유지하기, 혼자 걷기 등에서 지체된다. 이는 공간 속에서 자기 신체를 조정하는 영역이 열등한 것이며 대부분 역동적 기능이 가끔 지체되거나, 대근육 협응이 빈약하고 부적절한 평형반

응을 나타낸다(구희웅 등, 1998).

정상인은 모든 상황에서 그들의 균형을 유지하기 위해 일차적으로 시각적 피떡임에 의존하지만 시각장애인은 균형을 유지하기 위해 고유수용성 감각에 더 의존한다(Gipsman, 1981).

또한 여러 연구는 시각장애인이 듣기를 포함해서 그들의 잔존감각의 사용으로 시력의 상실에 대해 보상하기 때문에 정안인 보다 더 나은 청력을 가진다고 보고해왔다(Ghesquiere 등, 1999; Miller, 1992; Tinti 등, 1999).

Potter와 Silverman(1984)은 청각장애아동과 정상아동의 비교에서 청각장애아동에서 균형수행력의 감소를 보고하였다.

선행 연구에서 정상아동을 대상으로 안대를 착용함으로 시각을 제한하거나 고유수용성 감각에 변화를 주어 자세조절에 영향을 주는 감각에 대해 보고해 왔지만 시각장애아동을 대상으로 한 연구는 미흡하다.

이에 본 연구의 목적은 7, 8, 9, 10세의 시각장애아동과 정상아동을 대상으로 하여 첫째, 고유수용성 감각의 정도를 비교하고 둘째, 고유수용성 감각과 청각의 자극이 선자세 균형에 미치는 영향을 비교하고 셋째, 고유수용성 감각과 선자세 균형간의 상관성을 알아보는데 있다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

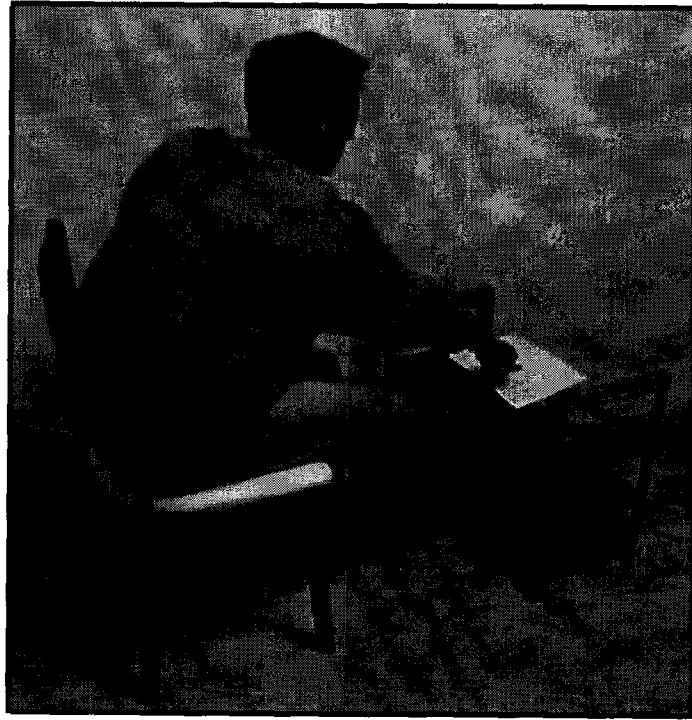
7세, 8세, 9세, 10세의 시각장애아동과 정상아동에서 연령별로 각각 7명씩 총 56명을 대상으로 하였으며, 시각장애아동은 맹학교에 재학중인 전맹과 광각맹 아동을 대상으로 하였으며, 정상아동은 정상시각이거나 교정시력이 정상인 아동을 대상으로 하였다. 신경학적 손상이 있거나 중복장애인 아동은 제외하였다.

### 2. 측정방법

#### 1) 측정도구

##### (1) 고유수용성 감각 측정을 위한 도구

Sigmundsson 등(1999)이 고안한 손-발 맞추기 과제(Foot-Hand Task)를 적용하기 위해 의자를 제작하였다. 의자에 다리를 직각으로 두고 앉아 발을 올려놓을 수 있는 바닥에서 20cm 높이의 발판과 발판 위 14cm지점에 발을 편안하게 받칠 수 있는 판을 놓았다. 발판 위에는 어깨넓이 정도의 두 선을 그어 양 발의 위치를 정하여 둔다. 또한 측정을 위한 수평판과 엄지발가락에 씌우는 골무, 수평판을 엄지발가락 위에 고정시키기 위한 고정판, 그리고 시각적 정보를 제거하기 위한 안대와 타겟의 위치를 지적하기 위한 펜을 사용하였다<그림 1>.



<그림 1> 고유수용성 감각 측정을 위한 도구

## (2) 선자세 균형 평가를 위한 도구

본 연구에서는 정적 선자세 균형능력 평가를 위하여 영국의 SMS Healthcare사에서 제작되어 단일표본 사례측정(single-case experimental design)을 통해 타당도와 신뢰도가 검증된(Sackley와 Baguley, 1993), BPM(balance performance monitor) Dataprint Software Version 5.3을 사용하였다. 이 균형 측정기구는 원래 임상환경에서 시각적 청각적 피드백을 이용하여 비대칭적 균형을 보이는 환자의 균형능력을 개선하기 위한 치료의 목적으로 고안된 도구로 기존의 균형측정 도구에 비해 경제적이며 이동과 설치가 쉽고 측정과 결과에 대한 해석이 간편하고 명료하다는 장점이 있다. 이 도구는 컴퓨터화된 두발 선자세용 발판과 시각적, 청각적 피드백을 제공해주기 위한 피드백용 장치로 구성되어 있다. 두발 선자세용 발판은 이동이 가능한 두 개의 발판으로 구성되어 있고 각 발판 위에는 발의 모양이 그려져 있으며 그 위에 발의 방향과 수직이 되는 선이 그어져 정확한 발의 위치를 둘 수 있도록 제작되었다. BPM의 설치에서 발판은 피드백용 장치와 연결되고 피드백용 장치는 다시 컴퓨터와 연결되어 발판으로부터 측정되어지는 선자세의 자세동요의 다양한 양상에 대한 정보가 컴퓨터로 입력되어 그 결과를 모니터 상에 수치화 및 그래프화하여 나타내 줌으로 선자세 균형에 관한 정보를 제공해 준다.

## 2) 측정절차

### (1) 고유수용성 감각 측정

한쪽 발을 발판 위에 올려놓고 안대를 한 후 손으로 엄지발가락의 위치를 찾는 손-발 맞추기 과제를 이용하여 다음 네 조건으로 측정하였다.

측정1: 오른쪽 발을 발판 위에 위치시키고 수평판을 오른쪽 엄지발가락의 중앙에 고정시킨다. 그런 다음 오른쪽 손에 가지고 있던 펜으로 엄지발가락이라고 생각되는 위치를 수평판에 표시하게 한다 (RfRh).

측정2: 위와 같은 방법으로 오른쪽 손으로 왼쪽 엄지발가락 맞추기 (LfRh).

측정3: 왼쪽 손으로 왼쪽 엄지발가락 맞추기 (LfLh).

측정4: 왼쪽 손으로 오른쪽 엄지발가락 맞추기 (RfLh).

대상자는 두 손을 무릎 위에 올려놓고 무릎이 직각이 되게 자리에 앉는다. 한쪽 발을 발판 위에 올려놓고 엄지발가락에는 대상자의 발가락에서 잘 빠질 수 있는 골무를 제작하여 씌우고 그 위에 수평판이 엄지발가락 위의 중앙점에 놓여지게 고정시킨다. 그런 다음 아동은 가지고 있는 펜으로 엄지발가락의 위치를 찾고 엄지발가락의 실제 위치와 표시한 위치사이의 직선 거리를 측정한다. 각 조건을 각각 두 번씩 측정하였다.

### (2) 선자세 균형 측정

Sforza등(2000)이 사용한 측정방법에 따라 다음과 같은 측정절차를 이용하였다. 연구자는 대상자들에게 간단한 시범을 보인 후 모든 대상자들에게 동일한 순서대로 측정을 진행하였다. 컴퓨터에 연결된 발판 위에 맨발로



올라서게 한 후 대상자는 자연스런 신체자세에 일치하도록 체간 옆에 자유롭게 양팔을 내린 편안한 자세로 서도록 한다. 대상자의 자세는 측정하는 동안 변경되지 않았으며, 연구대상자가 30초 동안 다음의 자세를 유지하는 동안 자료를 얻었다.

측정1 : 편안한 자세(자연스런 머리와 신체자세)

측정2 : 정면을 바라보는 자세(정상아동은 눈 높이에 있는 거울을 바라보게 하고 시각장애아동에게는 앞을 향해 보는 것처럼 고개를 들어 정면을 바라보도록 함)

측정3 : 소리 자세(자연스런 자세로 눈을 가리기 위해 안대를 착용하고 소리가 나는 곳을 향해 보도록 함)

측정1, 측정2, 측정3에서 부연설명 없이 단순한 자세로 그들의 자연스런 머리와 신체자세를 유지하도록 지시하였다.

측정2에서, 대상자는 2m 떨어진 거울을 똑바로 바라보도록 지시했다. 정상아동은 자연스런 머리와 신체자세를 유지하고 거울에 비친 그들의 눈을 볼 수 있도록 하기 위하여 눈 높이에 걸려졌고, 시각장애아동에게는 단지 전방을 향하여 보도록 지시했다.

측정3에서, 모든 대상자는 눈높이에 있는 녹음기에서 나오는 120HZ의 소리가 나는 곳을 향하여 보도록 지시했다.

각 측정사이에 3분간의 휴식을 취하게 하였고, 1회에 30초간 선자세 균형을 측정하였다. 이렇게 BPM을 통해 측정된 각 조건에서 체중심이 흔들린 동요거리(mm)와 체중심이 흔들리는 최대속도(mm/s)의 정보들을 얻었으며, 이렇게 얻어진 정보들을 본 연구에서 선자세 균형을 평가하기 위한 척도로 정하고 측정의 신뢰도를 높이기 위해 각 조건마다 3회씩 반복 측정하여 얻은 평균값을 통계자료로 사용하였다.

### 3. 분석방법

측정한 결과들을 SPSS/window(version 10.0)을 이용하여 통계처리 하였다. 고유수용성 감각과 선자세 균형의 측정조건에 따른 시각장애아동과 정상아동의 두 집단간 차이와 성별에 따른 차이를 알아보기 위해 독립표본 t-검정을 하였고, 집단내 선자세 조건간 균형의 차이를 알아보기 위해 일원 분산분석(one-way ANOVA)을 실시한 후 Tukey 검정을 하였고, 고유수용성 감각과 선자세 균형과의 상관성을 알아보기 위해 상관분석을 하였다. 통계학적 유의수준을 검증하기 위한 유의 수준  $\alpha$ 는 .05로 정하였다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 일반적 특성

시각장애아동의 경우 평균 신장 132.93cm, 평균 체중 30.43kg이었으며 정상아동의 경우 평균 신장 135.89cm, 평균 체중 32.96kg이었다.

<표 1> 연구대상자의 일반적 특성

그룹	남자	여자	총수	신장(cm)	체중(kg)
시각장애아동	15	13	28	132.93±8.25	30.43±5.45
정상아동	14	14	28	135.89±8.25	32.96±6.24

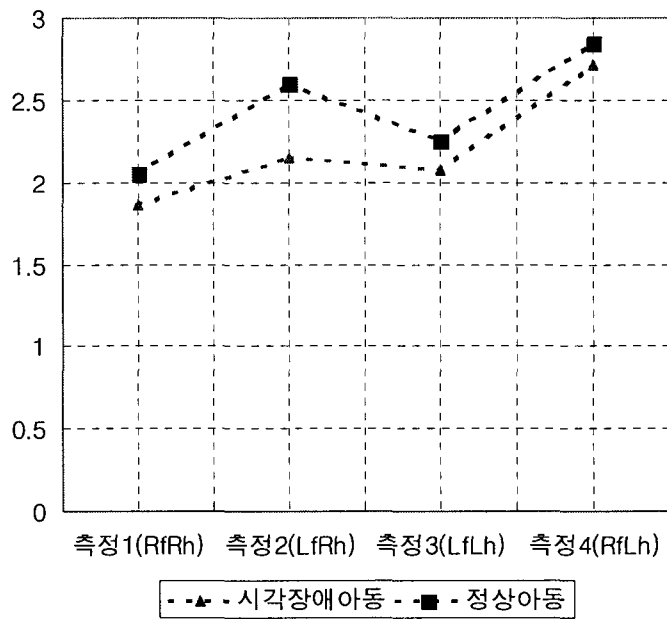
## 2. 고유수용성 감각 비교

### 1) 시각장애아동과 정상아동간의 고유수용성 감각 비교

손-발 맞추기 과제에 따른 시각장애아동과 정상아동간의 고유수용성 감각을 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 실행한 결과 4가지 조건 모두 시각장애아동이 정상아동에 비해 좋았으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다 ( $p>.05$ ) <표 2, 그림 2>.

<표 2> 시각장애아동과 정상아동간의 고유수용성 감각 비교 단위 : cm

측정방법	시각장애아동	정상아동	t-값
측정1(RfRh)	1.86±0.59	2.05±0.54	-1.01
측정2(LfRh)	2.15±0.9	2.6±1.28	-1.51
측정3(LfLh)	2.07±0.69	2.25±0.83	-0.84
측정4(RfLh)	2.72±0.99	2.85±1.05	-0.33



<그림 2> 시각장애아동과 정상아동간의 고유수용성 감각 비교

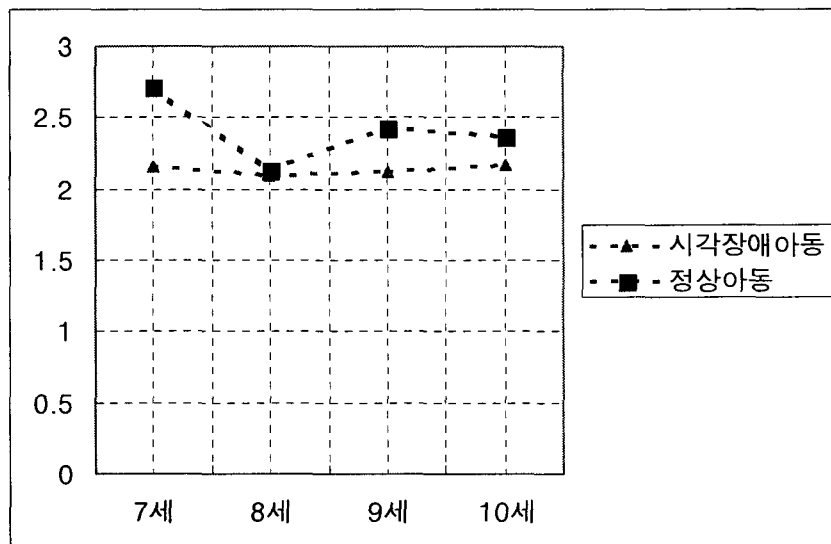
## 2) 고유수용성 감각의 연령별 비교

고유수용성 감각을 각 연령별로 비교해 보면 정상아동은 7세에서 8세에 좋아졌다가 9세에 낮아졌다가 10세에 다시 약간 좋아지는 경향을 보였고, 시각장애아동은 7세 이후 10세 까지 발달에 변화가 없이 그 상태를 유지했다. 모두 통계학적으로 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ )<표 3, 그림 3>.

<표 3> 고유수용성 감각의 연령별 비교

단위 : cm

연령	시각장애아동	정상아동	t-값
7세	2.16	2.71	-1.394
8세	2.1	2.13	-0.132
9세	2.12	2.43	-1.114
10세	2.17	2.37	-0.047



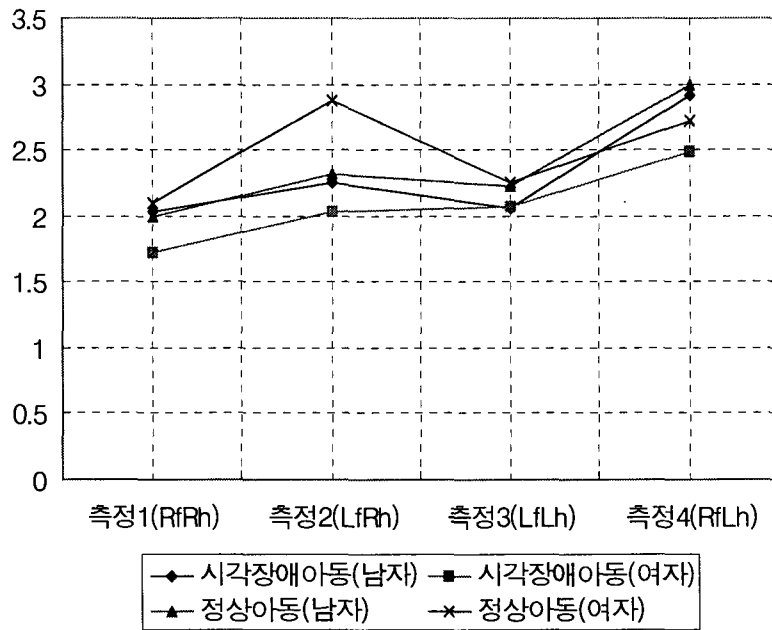
<그림 3> 고유수용성 감각의 연령별 비교

3) 고유수용성 감각의 성별 비교

시각장애아동과 정상아동 모두 통계학적으로 유의한 차이는 없었다 ( $p>.05$ )<표 4, 그림 4>.

<표 4> 고유수용성 감각의 성별 비교 단위 : cm

성별	시각장애아동			정상아동		
	남자	여자	t-값	남자	여자	t-값
측정1 (RfRh)	2.04±0.72	1.72±0.37	1.43	1.99±0.49	2.1±0.61	-0.52
측정2 (LfRh)	2.25±1.08	2.04±0.68	0.64	2.32±0.75	2.88±1.63	-1.16
측정3 (LfLh)	2.06±0.71	2.08±0.71	-0.07	2.23±0.67	2.26±0.98	-0.07
측정4 (RfLh)	2.92±1.1	2.49±0.83	1.14	2.99±0.94	2.72±1.18	0.49
합계	9.28±2.34	8.33±1.5	1.25	9.26±1.5	9.96±2.63	-0.86



<그림 4> 고유수용성 감각의 성별 비교



### 3. 선자세 균형 비교

#### 1) 선자세 조건에 따른 시각장애아동과 정상아동의 균형 비교

편안히 서 있는 자세에서 시각장애아동은 동요거리가 286.51mm, 최대속도가 39.4mm/s였고, 정상아동은 동요거리가 234.99mm, 최대속도가 34.29mm/s로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

정면을 바라보는 자세에서 시각장애아동은 동요거리가 253.69mm, 최대속도는 34.5mm/s였고, 정상아동은 동요거리가 227.69mm, 최대속도가 33.33mm/s로 동요거리에 있어서는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

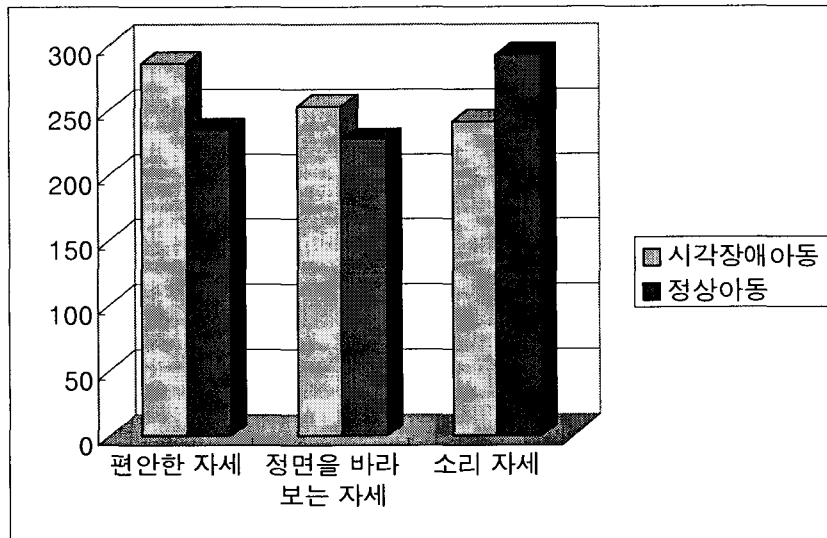
눈을 가리고 소리를 듣고 서 있는 자세에서 시각장애아동은 동요거리가 241.89mm, 최대속도가 33.09mm/s였고, 정상아동은 동요거리가 293.27mm, 최대속도가 39.9mm/s로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ) <표 5, 그림 5, 그림 6>.

동요거리로 본 시각장애아동의 선자세 조건간 균형 비교에서 편안한 자세와 정면을 바라보는 자세, 정면을 바라보는 자세와 소리자세간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나 편안한 자세와 소리자세간에는 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

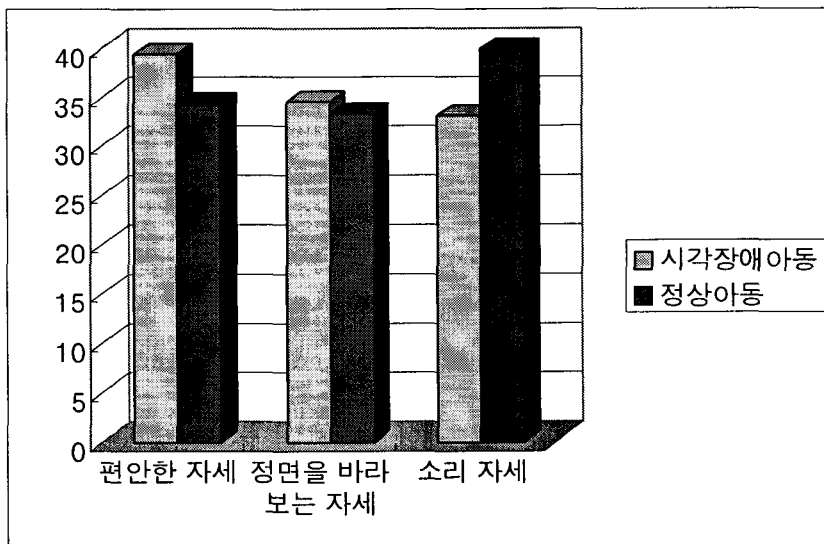
동요거리로 본 정상아동의 선자세 조건간 균형 비교에서 편안한 자세와 정면을 바라보는 자세간에는 유의한 차이가 없었으나 편안한 자세와 소리자세, 정면을 바라보는 자세와 소리자세간에는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ) <표 6, 그림 7>.

<표 5> 선자세 조건에 따른 시각장애아동과 정상아동의 균형 비교  
 단위: 동요거리(mm), 최대속도(mm/s)

선자세 조건	척도	시각장애아동	정상아동	t-값	p
측정1 (편안한 자세)	동요거리	286.51±69.27	234.99±32.7	3.56	0.001
	최대속도	39.4±10.75	34.29±4.9	2.29	0.028
측정2 (정면을 바라보는 자세)	동요거리	253.69±53.74	227.69±35.37	2.138	0.038
	최대속도	34.5±9.73	33.33±5.22	0.56	0.579
측정3 (소리 자세)	동요거리	241.89±54.61	293.27±61.1	-3.32	0.002
	최대속도	33.09±7.14	39.9±6.65	-3.69	0.001



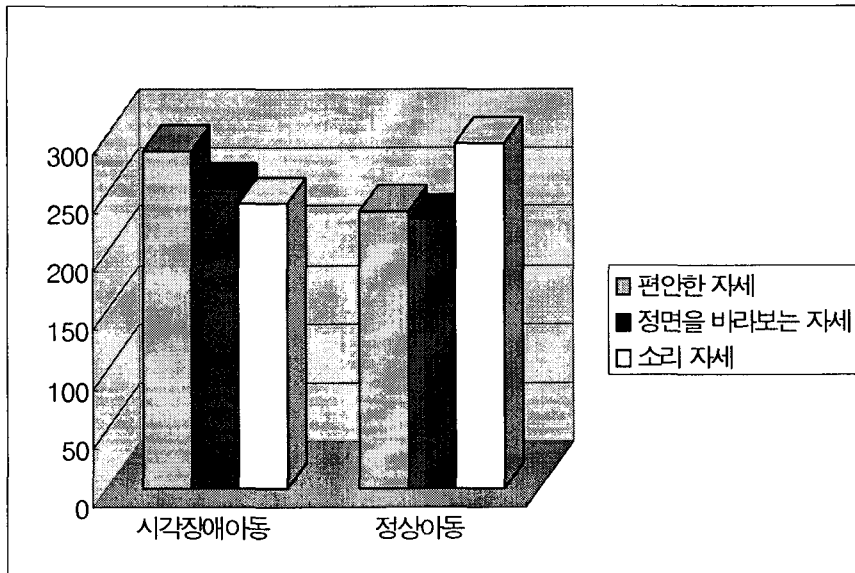
<그림 5> 선자세 조건에 따른 균형의 동요거리 비교



<그림 6> 선자세 조건에 따른 균형의 최대속도 비교

<표 6> 선자세 조건간 균형 비교

	source	SS	df	MS	F	P
	선자세조건간	29934.200	2	14967.100	4.208	0.018
시각장애아동	조건내	288081.3	81	3556.560		
	전체	318015.5	83			
	선자세조건간	72329.127	2	36164.564	17.924	0.000
정상아동	조건내	163426.5	81	2017.611		
	전체	235755.6	83			



<그림 7> 선자세 조건간 균형 비교

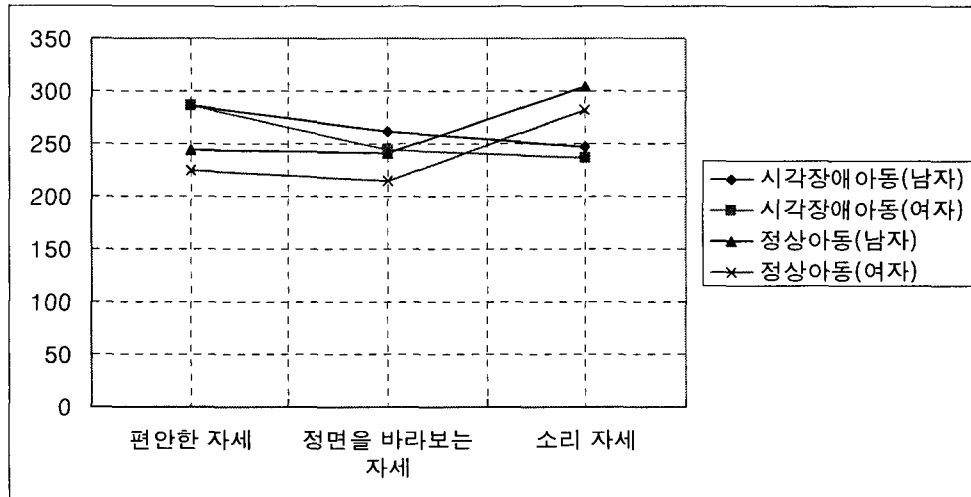
## 2) 선자세 균형의 성별 비교

동요거리로 본 선자세 균형의 성별 비교에서 시각장애아동의 남녀간에도, 정상아동의 남녀간에도 통계학적으로 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ )<표 7, 그림 8>.

<표 7> 선자세 균형의 성별 비교

단위 : mm

선자세 조건	시각장애아동			정상아동		
	남자	여자	t-값	남자	여자	t-값
편안한 자세	286.11 ±61.79	286.97 ±79.64	-0.032	244.64 ±33.4	225.34 ±30.08	1.606
정면을 바라보는 자세	262.02 ±48.79	244.08 ±59.45	0.877	240.55 ±39.06	214.83 ±26.76	2.032
소리 자세	246.89 ±48.06	236.13 ±62.84	0.513	303.95 ±60.82	282.58 ±61.7	0.923



<그림 8> 선자세 균형의 성별 비교

#### 4. 고유수용성 감각과 선자세 균형간의 상관관계

고유수용성 감각과 동요거리로 본 선자세 조건에 따른 균형과의 상관관계에서 세 조건 모두 통계학적으로 유의한 상관관계는 없었다( $p > .05$ ) <표 8>.

<표 8> 고유수용성 감각과 선자세 균형간의 상관관계

	선자세 조건	r	p
시각장애아동	편안한 자세	0.062	0.754
	정면을 바라보는 자세	0.172	0.38
	소리 자세	0.170	0.388
정상아동	편안한 자세	-0.121	0.539
	정면을 바라보는 자세	-0.095	0.631
	소리 자세	-0.084	0.670

## IV. 고찰

### 1. 고유수용성 감각

일상생활에서 우리는 지속적으로 우리의 행동을 알기 위해 시각을 이용한다. 동시에 우리는 모든 신체부위의 움직임을 시각적으로 모니터 할 수는 없는데 이런 모니터의 대부분은 고유수용계에 의존한다(Sigmundsson 등, 1997).

고유수용(proprioceptive)은 근육, 관절, 피부, 건, 그리고 조직 속에 있는 수용기로부터 오는 감각의 정확한 자각이다. 접두어 proprio는 신체 내로부터 얻거나 지각하는 정적자세 또는 동적 움직임의 어떤 형태에 관한 정보를 가르키는 것으로 고유수용계의 기능의 한 부분은 선 자세에서 개인의 자세를 유지하는 것이다. 고유수용기는 관절, 근육의 움직임과 위치, 압력, 통증, 머리의 움직임, 중력에 의해 자극되어지고 지속적으로 신체 각 부위의 관계와 신체의 정적자세와 동적 움직임에 관하여 뇌로 정보를 보낸다. 또한 이들의 수행을 위해서 현재의 움직임과 과거의 움직임을 비교하고 그 사이의 관계를 정하는 고유수용계로부터 받는 내적 되먹임과 시각 또는 청각을 통한 외적 되먹임, 그리고 신체도식(body schema)과 신체계획(body planning)이 관계된다. 신체도식은 신체와 신체부분 상호간의 관계에 대한 내적 자각 또는 지도화(map)로 자세와 평형에 대한 기초를 형성하며 아동의 정적자세와 동적 움직임 동안 고유수용계와 전정계의 활동과 그것의 되먹임 과정을 통하여 발달한다. 운동계획은 어떤 목적 있는 행동을 향해 지시된 연속된 움직임을 계획하고 조직하고 완성하는 능력이다. 이 운동계획과 움직임의 반복을 통하여 행동은 자동화된다(Cheatum과 Hammond, 1999).

고유수용성 감각 검사는 신체와 신체부위의 움직임을 평가한다. 이는 신체의 양쪽을 조정하는 신체도식과 운동계획을 포함한다. 어떤 한가지 검사

를 사용함으로써 고유수용계, 시각, 전정기능을 분리하는 것은 거의 불가능하다.

고유수용계를 평가하는 방법은 바로 누운 자세에서 사지의 협응을 알아보는 신체 협응력 검사(Angels-in-the-Snow Test), 다양하게 서 있는 자세에서 시각의 유무에 따라 균형을 평가하는 롬버거검사, 검지로 코를 맞추게 하여 신체부위를 찾는 검지-코 맞추기 검사(Index Finger-Nose Test), 신체도식을 평가하기 위해 사용하는 방법으로 어깨높이까지 팔을 반복하여 들어올리게 하여 그 정확도를 알아보는 어깨높이로 팔 들어 올리기 검사(Shoulder-Level Arm-Raise Test) 등이 있다(Cheatum과 Hammond, 1999).

알려진 검사들은 대부분 고유수용계 그 자체인 반면에 고유수용성 감각의 발달에 중점을 둔 것들은 매우 적다. 예외적인 것은 두 개의 경사진 높이를 구별하는 측정법으로 Laszlo와 Bairstow(1980)에 의해 연구되어졌고 그 이후 여러 연구들이 있었으나 기억조건과 고유수용적 정보와의 혼란, 근위 움직임에 한정되어진다고 평가되었다. 최근에 Sigmundsson 등(1999)이 고안한 손-발 맞추기 검사는 이러한 것들의 단점을 보완하였고, 오른쪽 손으로 오른쪽 엄지발가락 맞추기, 같은 방법으로 오른쪽 손과 왼쪽 발, 왼쪽 손과 왼쪽 발, 왼쪽 손과 오른쪽 발의 네 가지 과제로 측정하므로 대뇌반구 내와 대뇌반구 사이의 능력을 구분하기 위한 가능성을 제공하므로 본 연구는 위 과제를 선택하여 시각장애아동과 정상아동의 고유수용성 감각의 정도를 측정하였다. 시각장애아동과 정상아동을 비교했을 때 시각장애아동이 정상아동에 비해 발달한 경향을 보여 주었으나 통계학적으로 유의성은 없었다. 이는 고유수용성 감각에 있어 시각장애아동도 정상아동과 비슷하게 발달한다는 것을 알 수 있다. 과제별로 분류해 보면 시각장애아동과 정상아동 모두 오른쪽 손으로 오른쪽 엄지 발가락 맞추기에서 가장 정확한 수행을 보여 주었고 왼쪽 손으로 왼쪽 발, 오른쪽 손으로 왼쪽 발, 왼쪽 손으로 오른쪽 발 순으로 정확도가 낮았다. 이는 손-눈 협응 문제를 가진 7



세 아동과 정상아동을 손-발 맞추기 과제로 비교한 Sigmundsson 등(1999)의 연구에서와 동일한 결과로 시각장애아동도 정상아동과 같이 신경학적 변화들에 대한 발달과 연결시켜 설명하면 대뇌반구 내에서가 대뇌반구 사이보다 더 발달한다고 추정할 수 있다. 연령에 따른 변화를 보면 Laszlo와 Bairstow(1980)은 양쪽 다리의 움직임과 자세의 정확한 차이를 측정하기 위해 경사진 길의 높이를 구별할 수 있는 도구를 사용함으로써 5-12세와 성인을 측정한 결과 5-7세 까지 급속한 발달이 이루어졌고 9세까지는 완만하게 발달하다가 10세에 낮아졌다가 그 이후 9세 수준으로 완만한 발달이 이루어지는 불안정한 발달 경향을 보여 주었고 12세는 성인과 비슷한 발달을 보여 주었다. 손-발 맞추기 과제로 5-12세의 정상아동을 비교한 Sigmundsson 등(2000)의 연구는 6.8세에서 7.8세 사이에 급격한 발달을 보여주었고 그 이후 8.7세에 낮아졌다가 서서히 좋아져 10.9세에 7.8세 때의 발달보다 좋아지는 경향을 보여 주었다. 본 연구에서는 정상아동은 8세에 더 발달하는 경향을 보였고 9세에 다시 낮아졌다가 10세에 좋아지는 불안정한 경향을 보여 주었고 시각장애아동은 7세에서의 발달이 10세까지 지속되는 경향을 보여 주었다.

성별에 따른 변화를 보면 Hofsten과 Rosbald(1988)의 양손을 맞추는 과제에서 남아가 여아보다 좋았다고 하였으나, Laszlo와 Bairstow(1980)은 경사진 길의 차이를 구별하는 과제에서 남녀간에 차이가 없다고 하였고 이것은 본 연구와도 일치한다.

## 2. 선자세 균형 평가

눈의 시각 정위는 자세조절에서 가장 중요한 부위로 사람에게 환경의 형상과 위험한 상황 및 거리의 정도에 대한 정보와 운동이 발생하는 지면상태를 포함한 정보를 제공하며 또한 신체의 위치에 대한 정보와 요구된 운동의 강도와 어려움에 대한 정보도 제공하여 사람이 먼저 생각하고 자세를

변화시키도록 해 준다(이한숙, 1996). 환경인식은 감각인식과 기능, 운동발달 그리고 공간적, 시간적, 거리, 그리고 다른 개념의 발달에 기초일 뿐만 아니라 나중에 적응과 운동성의 발달에 근본이 된다(Hill 등, 1984).

신경근 성숙을 요구하는 머리와 몸의 조절과 자세기능과 같은 운동 기술이 정상아동은 기대된 범위 내에 나타난다고 하지만 감각-운동 발달의 과정에 가장 중요한 감각입력 양식인 시각의 결여로 정상인에 비해 시각장애인에게 다른 감각-운동의 발달이 기대되어진다(Griffin, 1984). 여러 선행 연구에서 시각장애아동의 운동발달이 뚜렷하게 지연된다고 한다. Levtzion-Korach 등(2000)은 시각장애아동은 다른 장애를 가지지 않더라도 독특하게 다른 양상으로 발달하는 경향이 있으며 그들의 운동발달에 영향을 줄지도 모르는 발달학적 손상과 관련되어 있다고 한다. Griffin(1984)은 엷드린 자세에서 시각장애아동은 정상아동에 비해 머리를 들어올리는데 6개월의 지연이 있다고 했다. 다른 연구들도 맹아동의 초기 운동양상에 지연이 있다는데 동의했다. 보통 유아는 사람이나 사물을 만지거나 잡기 위해 손을 내밀기 전에 그것이 앞에 있다는 것을 깨달아야 하는데 사람과 사물의 이런 수행의 개념은 시각을 통해 알게 된다. 매우 어린 나이로부터, 정상아동은 소리의 방향을 향해 머리를 돌리고 그런 다음 소리-시각 연합이 발달하기 시작할 것이다. 반면 시각장애 유아는 소리의 근원을 찾는 데 미숙하기 때문에 소리-촉각 연합의 발달에 더 집중한다(Levtzion-Korach 등, 2000).

Freedman 과 Cannady(1971)은 엄격하게 환경적 제한을 당한 정상아동의 운동발달이 시각장애아동의 발달에 비교할 때 지연되었다고 보고했다.

이에 Freiberg와 Adelson(1977)은 적절한 자극과 최적의 환경에서 시각장애아동의 운동발달이 정상적일 것이라는 가설을 세우고 발달적 안내 프로그램을 계획했다. 이 프로그램은 부모와 아동사이의 신체적, 언어적 접촉을 촉진했고 시각장애아동에게 많은 다른 자극을 제공하여 이 프로그램에 참가한 시각장애아동이 다른 시각장애아동보다 더 일찍 약간의 기술이 발

달했다고 보고하였다. 그러나 여전히 정상아동에 비해서는 늦었다. 그러므로 결론은 충분한 자극을 가진 적절한 환경은 비록 완전하지 못할지라도 발달학적 지연을 줄일 수 있다는 것이다.

Levtzion-Korach등(2000)의 연구에서 신경계의 성숙을 요구하는 활동에 있어 지연은 없었다. 유아는 신체상이 발달된 후 많은 운동 기술을 성취할 수 있었고 잠재적 능력을 가진 것을 깨달았으나 시각장애 아동은 달랐다. 시각장애아동에게서 비정상적인 자세와 보행을 볼 수 있었고 외다리 기립 자세와 같은 균형을 유지하는 능력을 요구하는 활동에 있어 지연을 발견했으며 또한 경사에 반응하는 평형반응에서도 지연되었다.

시각적 입력은 많은 방법으로 균형조절에 영향을 준다. 1851년 Romberg가 고유수용기에 손상을 입은 신경계 질환자 중 눈을 감았을 때 생기는 자세동요의 증대에 주의를 기울인 후 자세안정에 대한 시각의 효과에 대한 연구가 계속되어 왔다. 시각입력을 통해 균형반응을 자극하거나 교대로 균형기능에 어떤 결손이 있는지 없는지를 알아보기 위해 시각을 차단하여 연구한 보고들에 의하면 성인들은 시각을 차단했을 때 특별한 차이나 근반응의 타이밍에 중요한 차이를 보여주지 않았으나 2-3세에서의 자세반응은 더 짧게 활성화 되는 것 같고 4-6세에서 근반응이 더 활성화 되어지나 반응의 타이밍은 더 변화가 많았다. 이와 같이 시각이 제거되었을 때의 일차적으로 근반응이 조직화되고 더 빠르게 자세조절이 되는 것은 사실상, 시각작용의 제거는 전정감각, 고유수용성감각의 유지로 자세조절계의 감각성을 증가시킬 것이며 이런 결과는 시각이 2-3세 아이들의 그룹에서 자세조절을 위해 우위적 감각이 될 것이라는 개념을 지지한다(Shummway-Cook와 Woollacott, 1995).

고유수용적 훈련이 초기에는 의식적인 단계로, 더 훈련되어지면 후에는 자발적인 단계로 뇌에 집중적으로 고유수용성 신호를 보낸다는 것은 가능한 설명이며 많은 훈련이 감각수용 정도를 증가시킬 수 없을 지라고 이런 과정은 조직적으로 근방추를 자극하고, 대뇌의 감각피질의 고유수용영역을

자극하므로 자세변화를 줄일 것이라고 Ashton-Miller 등(2001)은 보고하였다.

Shumway-Cook과 Woollacott(1985)는 15개월-6세의 정상아동과 다운증후군인 아동, 그리고 성인의 균형수행력 검사에서, 시각 입력을 차단할 때 자세 안정성이 현저히 감소됨과 정상 아동과 다운 증후군인 아동은 성인에 비해 자세 동요가 더 증가함을 보고하였으며, Dornan 등(1978)은 절단자를 대상으로 시각입력의 중대성을 연구한 결과 자세 조절시 고유수용성 되먹임이 감소되었을 때 시각이 특히 중요하다고 했다. 이러한 시각의존 증가는 고유수용성 소실을 보상 할려는 것 때문이다.

Chong 등(2001)의 연구에서 눈을 감고 목을 45도 신전한 상태로 다른 감각입력을 제한한 상태로 족관절의 고유수용성 감각의 증가를 알아보기 위한 외다리 기립 자세로 훈련을 실시한 결과 신체부위의 전체적인 균형 조절력의 증가를 가져왔다고 보고했다.

Gipsman(1981)의 논문에서 8-10세와 12-14세의 전맹아동, 눈을 가린 약시아동 그리고 정상아동과 눈을 가린 정상아동의 네 집단을 대상으로 수직 자세와 평형자세로 두발을 위치시킨 과제로 1개월의 균형 훈련 후 훈련전과 비교한 결과 나이든 집단에서는 정상아동이 가장 잘 수행하였고, 전맹아동, 눈을 가린 약시아동, 눈을 가린 정상아동 순 이었으나, 어린 집단에서는 정상아동이 역시 가장 잘 수행했으나 다른 집단은 변화가 있었으며 또한 다른 집단과 달리 나이든 전맹아동이 어린 전맹아동 보다 더 나은 수행을 하여 고유수용적 정보를 사용하는 전맹아동의 능력은 나이에 따라 분명하게 증가됨을 보였고 두 과제에서 전맹아동의 수행에 있어 변화로 고유수용성감각의 되먹임을 사용하는 능력에 발달학적 경향이 있음을 제시하였다. 또 다른 설명은 효과적으로 고유수용적 신호를 사용하는 능력이 발달한다는 것으로 아동은 점점 성장해 갈 때 감각 정보를 통합하는 능력이 증가되어진다고 한다(Gipsman, 1981).

Stone과 Kozma(1987)는 시력의 정도와 선천성 또는 후천성 시각 장애가

균형수행력에 미치는 영향에 대한 연구에서 약시가 전맹에 비해 균형시간이 길었으며 선천성 시각장애자와 후천성 시각장애자 사이에는 큰 차이가 없었다고 보고하였다.

Sforza 등(2000)은 시각장애인과 정상인을 비교한 연구에서 시각장애인이 정상인에 비해 자세동요가 상당히 많았지만 고유수용성 감각 자극 시 시각장애인에 있어 자세동요가 줄었고 청각의 기여를 알아보기 위해 시각을 차단하고 비교하였을 때 시각장애인의 자세동요가 현저히 줄었으며 정상인 보다 자세동요가 적게 나타났다.

청각 또한 균형조절에 관여하는데 안내, 경고 또는 특정물체의 접근소리 등을 들을 수 있게 함으로 신체균형에 도움을 준다(배성수 등, 1992). 청각이 균형수행력에 영향을 준다는 연구들에 의하면, Potter와 Silverman(1984)은 청각장애아동과 정상아동과의 비교에서 청각장애아동의 균형수행력이 낮다고 보고하였으며 이들 청각장애 어린이들은 청각장애로 인한 균형수행력의 장애를 다른 감각기, 즉 시각이나 고유수용기로 대상하려고 한다고 보고하였다.

본 연구에서 7-10세의 시각장애아동과 정상아동을 비교한 측정에서 시각을 균형조절에 이용할 수 없는 시각장애아동을 대상으로 고유수용성 감각과 청각의 영향을 알아보고 정상아동과 비교하고자 하였다.

측정1에서, 대상자들에게 양팔을 체간 옆에 자연스럽게 내리고 머리의 수평축에 맞게 눈을 고정된 채 편안한 자세로 서 있도록 지시했다. Fjellvang과 Solow(1986)는 시각장애인의 머리자세의 정적 특성들은 같은 성별과 연령의 정상인에 비해 낮은 머리자세를 보인다고 했고, Jeka 등(1996)은 동적 연구에서 머리 자세조절이 정상인보다 시각장애인에서 다르다는 것을 보여왔다. 이는 보이지 않음으로 앞에 어떤 물체가 있을지도 모른다는 불안감과 대처하고자 하는 본능에서 굳어진 자세일 것이다. Sforza 등(2000)의 측정에서 정상인이 시각장애인에 비해 동요가 적었으며 본 연구에서도 정상아동이 시각장애아동에 비해 자세 동요가 적었고 유의한 차이가 있었으므로 시각이 선자세 균형유지에 가장 많은 영향을 준다는

것을 알 수 있었다.

Sforza 등(2000)은 측정2의 “정면보기”라는 요구에서 시각장애인에게 머리와 목의 자세근육들의 수축을 가져왔고 중추신경계로 새로운 고유수용성 입력은 체간과 하지 자세근의 변경을 가져왔으며 정상인은 거울을 보는 동안 자세동요가 변하지 않았다고 하였으나 본 연구에서는 시각장애아동이 측정1에서보다 자세동요가 적어 시각장애인 성인과 비슷한 결과로 고유수용성 감각 자극이 선자세 균형에 영향을 주는 것으로 나타났다. 정상아동에 있어서도 측정1에 비해 자세 동요가 감소한 것으로 나왔다. 이는 정상 성인에 비해 고유수용성 감각 자극 시 자세를 더 잘 유지하는 것으로 기본 자세 균형유지에 아동은 고유수용성 감각의 활용보다 시각에 더 의존하는 것으로 생각되어진다.

마지막 측정에서 안대를 착용하였을 때 시각장애아동은 측정1에서보다 자세동요가 훨씬 줄었다. 이는 성인인 시각장애인과 비슷한 결과로 시각장애인에게 청각이 자세유지에 크게 관여하는 것을 알 수 있었다. 그러나 정상아동은 측정1에서보다 자세동요가 많아 시각이 자세유지에 가장 크게 관여함을 알 수 있었다.

성별에 따른 차이에서 이한숙 등(1999)은 6세와 7세를 대상으로 균형수행력을 평가한 결과 남녀에 유의한 차이가 있었다고 하였으나, 이승민(1999)은 정상아동과 청각장애아동을 대상으로 한 연구에서 성별에 차이가 없다고 하였다. 본 연구에서도 남녀간의 유의한 차이는 없었다.

선자세 균형평가에서 고유수용성 감각 자극시 균형유지에 도움을 준 것과 달리 고유수용성 감각과 선자세 균형평가와의 상관성이 없었던 이유는 여러 제한하거나 설명되어질 수 없는 변수들의 작용도 있었겠지만 본 연구에서 실시한 고유수용성 감각 검사는 신체의 양쪽을 조정하는 신체도식과 운동계획을 포함한 신체와 신체부위의 움직임을 평가한 것으로 선자세 균형에 있어서 고유수용성 감각의 기여를 고유수용성 감각 전체에서 분리하지 못한 것이라고 생각되어진다. 앞으로 선자세 균형에 기여하는 고유수용

성 감각 검사를 위한 적절한 도구에 관한 연구들이 진행되어야 할 것으로 생각되어지며, 균형에 영향을 미치는 요인들 또한 고려되어야 할 것으로 여겨진다.

본 연구는 또한 7, 8, 9, 10세 시각장애아동과 정상아동을 연령별로 각각 7명씩 56명을 대상으로 하였기 때문에 전체아동들에게 일반화하기에는 제한점이 있다.

## V. 결 론

본 연구는 7, 8, 9, 10세 시각장애아동과 정상아동을 연령별로 각각 7명씩 총56명을 대상으로 손-발 맞추기 과제로 고유수용성 감각을 비교하고, 시각장애아동과 정상아동에 있어 고유수용성 감각과 청각이 선자세 균형에 미치는 영향을 비교하기 위해 편안한 자세, 정면을 바라보는 자세, 소리를 듣고 서 있는 자세의 방법으로 BPM을 통해 얻어진 동요거리와 최대속도로서 선자세 균형을 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시각장애아동과 정상아동간의 고유수용성 감각을 비교한 결과 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며, 연령에 따른 시각장애아동과 정상아동의 비교에서도 유의한 차이가 없었고 성별간의 비교에서도 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ).

2. 선자세 조건에 따른 시각장애아동과 정상아동의 균형 비교에서 편안한 자세, 정면을 바라보는 자세, 소리 자세에서 유의한 차이가 있었으나 ( $p<0.5$ ), 성별간의 비교에서는 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ). 집단 내 선자세 조건간 균형 비교에서 시각장애아동은 편안한 자세와 소리자세사이에서 유의한 차이를 보였고, 정상아동에서는 편안한 자세와 소리자세, 정면을 바라보는 자세와 소리자세사이에서 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ).

3. 고유수용성 감각과 선자세 균형과의 상관관계는 시각장애아동과 정상아동 모두에서 유의성이 없었다( $p>.05$ ).



## 참고문헌

- 구희웅, 김영우, 최향성, 이해균 : 시각장애학생 체육과 지도자료, 국립특수교육원, 1998.
- 배성수, 김한수, 이현옥, 박지환, 홍완성 : 인체의 운동, 현문사, 1992.
- 송주민 : 연령에 따른 시각과 청각이 균형수행력에 미치는 영향, 대구대학교 재활과학대학원 석사학위논문, 1994.
- 이승민 : 정상아동과 청각장애아동의 전정기능과 균형수행력 비교, 대구대학교 재활과학대학원 석사학위논문, 1999.
- 이한숙, 최홍식, 권오윤 : 균형조절 요인에 관한 고찰, 한국전문물리치료학회지, 3(3), 82-91, 1996.
- 이한숙, 권혁철, 김진상 : 소아용 균형감각검사(PCTSIB)를 이용한 6세 및 7세 아동의 균형수행력 비교, 대한물리치료학회지, 11(1), 87-93, 1999.
- Ashton-Miller JA, Wojtys EM, Huston LJ et al : Can proprioception really be improved by exercise?, Knee Surg ports Traumatol Arthrosc, 9, 128-136, 2001.
- Cheatum BA, & Hammond AA : Physical activities for improving children's learning and behavior, 1999.
- Chong RY, Ambrose A, Carzoli J et al : Source of improvement in balance control after a training program for ankle proprioception, Perceptual and motor skills, 92, 265-272. 2001.
- Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL : A study of the clinical test of sensory interaction and balance, Phys Ther, 73(6), 346-354, 1993.
- Diner HC., Horak FB, Nashner LM : Influence of stimulus parameter on human postural responses, J of Neurophysiology, 59, 1888-1903, 1998.
- Dornan J., Fernie GR, Holliday PJ : Visual input; its importance in the control of postural sway, Arch Phy Med Rehabil, 59, 586-591, 1978.
- Fjellvang H, Solow B : Craniocervical postural relations and

craniofacial morphology in 30 blind subjects, *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 10, 327-334, 1986.

Freedman D, Cannady C : Delayed emergence of prone locomotion, *J Nerv Mental Dis*, 153, 108-117, 1971.

Freiberg S, Adelson E : Gross motor development; insights from the blind; *Comparative studies of blind and sighted infants*, Basic Book Inc, 1977.

Ghesquiere P, Laurijssen J, Ruijsenaars W et al : The significance of auditory study to university students who are blind, *J of visual impairment & blindness*, 1, 40-45, 1999.

Gipsman SC : Effect of Visual condition on use of proprioceptive cues in performing a balance task. *J of visual impairment & blindness*, 2, 50-53, 1981.

Griffin HC : Motor development in congenitally blind children, *Education of the visually handicapped*, 2, 107-111, 1984.

Goldie PA, Evans OM, Bach TM : Steadiness in one-legged stance; Development of a reliable force-platform testing procedure, *Arch Phys Med Rehabil*, 73(3), 348-354, 1992.

Hill E.W, Rosen S, Correa VI : Preschool orientation and Mobility, *Education of the visually handicapped*, 2, 58-72, 1984.

Hofsten C, Rosblad B : The integration of sensory information in the development of precise manual pointing, *Neuropsychologia*, 26, 805-821, 1988.

Jeka JJ, Easton RD, Ventzen B.L et al : Haptic cues for orientation and postural control in sighted and blind individuals, *Perception & psychophysics*, 58, 409-423, 1996.

Levtzion-Korach O, Tennenbaum A, Schnitzer R et al : Early motor development of blind children, *J Paediatr Child Health*, 36, 226-229, 2000.

Laszlo JI, Bairstow PJ : The measurement of kinaesthetic sensitivity in children and adults, *Dev Med Child Neurol*, 22, 454-464, 1980.

Miller L : Diderot reconsidered; Visual impairment and auditory compensation, *J of visual impairment & blindness*, 5, 206-210, 1992.

Nichols DS, Glenn, T.M, Hutchinson KJ : Changes in the mean center of balance during balance testing in young adults, *Phys Ther*, 75(8), 699-706, 1995.

Potter CN, Silverman L.M : Characteristics of vestibular function and static balance skills in deaf children, *Phys Ther*, 64(7), 1071-1075, 1984.

Richardson PK, Atwater SW, Crowe TK et al : Performance of preschoolers on the pediatric clinical test of sensory interaction for balance, *Am J Occup Ther*, 46(9), 793-799, 1992.

Sackley CM, Baguley BI : Visual feedback after stroke with the balance performance monitor; Two single case studies, *Clinical rehabilitation*, 7, 189-195, 1993.

Sakellari V, Soames RW : Auditory and visual interactions in postural stabilization *Ergonomics*, 39(4), 634-648, 1996.

Sforza C, Eid L, Ferrario VF : Sensorial afferents and center of foot pressure in blind and sighted adults, *J of visual impairment & blindness*, 2, 97-107, 2000.

Shumway-Cook A., Woollacott MH : Dynamics of postural control in the child with down syndrome, *Phys Ther*, 65, 1315-1321, 1985.

Shumway-Cook A, Woollacott MH : Motor control; Theory and practical applications, *Williams & Wilkins*, 1995.

Sigmundsson H, Ingvaldsen R.P, Whiting HTA : Inter- and intra-sensory modality matching in children with hand-eye coordination problems, *Exp Brain Res*, 114, 492-499, 1997.

Sigmundsson H, Whiting HTA, Ingvaldsen RP : " Putting your foot

in it"! A window into clumsy behaviour, Behav Brain Res, 102, 129-136, 1999.

Sigmundsson H, Whiting HTA, Loftesnes JM : Development of proprioceptive sensitivity, Exp Brain Res, 135, 348-352, 2000.

Stone MJ, Kozma, A : Balance and age in the sighted and blind, Arch Phys Med Rehabil, 68, 85-89, 1987.

Taylor LP : Taylor's Manual of Treatment. SLACK Inc, 1990.

Tinti C, Galati D, Vecchio MG et al : Interactive auditory and visual images in persons who are totally blind, J of visual impairment & blindness, 9, 579-583, 1999.

Wollacott MH, Shumway-Cook A : Changes in postural control across the life span; A system approach, Phys Ther, 70, 799-807, 1990.