

# Difference in the Static Postural Control according to the Subjective Visual Vertical Deviation and Head Orientations

Sang Soo Lee<sup>1</sup>, Sang Seok Yeo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Health, Graduate School, Dankook University, Cheonan, Republic of Korea, <sup>2</sup>Department of Physical Therapy, College of Health and Welfare Sciences, Dankook University, Cheonan, Republic of Korea

**Purpose:** This study examined the effects of subjective visual vertical perception and head orientation on static balance control.

**Methods:** The subjects were 25 young and healthy adults. The vertical perception was measured using a subjective visual vertical (SVV), and the Center of pressure (COP) parameter was analyzed by continuously measuring the movement of the COP to determine the changes in static postural control. The group was divided based on a deviation of 3° in SVV (11 of SVV ≥ 3°, 14 of SVV < 3°) and measured with different head orientations: front, up, down, left, and right in the upright and tandem positions, respectively.

**Results:** In the upright position, the SVV ≥ 3° group had significantly larger values for all COP parameters (Sway length, Surface, Delta X, Delta Y, and Average speed) compared to the SVV < 3° group ( $p < 0.05$ ). In the tandem stance, only the Ellipse Surface value was significantly larger among the COP parameters in the group with SVV ≥ 3° compared to the group with SVV < 3° ( $p < 0.05$ ). In contrast, the other COP parameters were not significantly different ( $p > 0.05$ ). The effects of static balance control on the head orientation were not statistically significant ( $p > 0.05$ ), and the interactions between the subjective vertical perception and head orientation were not significant ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** These results suggest that pathological deviations in SVV are associated with impaired static balance performance. This study can provide a therapeutic rationale for using visuospatial cognitive feedback training to improve the static balance.

**Keywords:** Subjective visual vertical (SVV), Head orientation, Static postural control, Center of pressure (COP)

## 서론

균형 능력은 여러 과제를 동시적으로 수행해야 하는 일상생활 동작(activities of daily living, ADL)에서 성공적인 과제 수행을 위해 필수적인 요소이다. 균형 능력의 저하는 일상에서 독립적인 생활의 방해 요인이 되며, 노인 및 신경계 질환 환자에서는 낙상에 의한 2차적 손상이 발생할 수 있어 정상적인 균형 능력에 대한 많은 연구들이 진행되어 왔다.<sup>1-3</sup> 균형 유지는 독립적인 감각에 의존하는 것이 아닌 몸감각계(somatosensory system), 시각계(visual system), 그리고 안뜰계(vestibular system)로부터 입력된 정위 정보 간의 적절한 상호작용을 거쳐 이루어진다.<sup>4</sup> 그중 안뜰계는 움직임의 인지, 공간 방향 및 시각정보를 기반으로 자세 균형을 유지하는데 핵심적인 역할을 하는 감각계이다.<sup>2,3,5</sup>

말초 전정계는 반고리관(Semicircular canal)과 귀돌기관(Otolith or-

gan)에 의해 입력되는 머리의 회전과 이동에 대한 3차원의 감각신호를 속귀신경을 통해 뇌로 전달한다.<sup>2,5,6</sup> 속귀신경(Vestibulocochlear nerve)은 머리 방향의 변화에 대한 정보를 안뜰핵(Vestibulo nuclei)에 전달하고, 안뜰척수로(Vestibulospinal tract)를 통해 몸통과 머리의 바로 선 자세를 유지하기 위한 운동 명령을 말초로 전달한다.<sup>7</sup> 이 과정에서 시각계와 몸감각계로부터 입력되는 신호와 안뜰계의 입력정보가 통합된다. 중추 및 말초의 안뜰 기능을 평가하는 방법은 다양하며, 대표적으로 온도눈떨림검사(Caloric test), 회전검사, 안뜰유발근전위검사(Vestibular-evoked myogenic potential test), 주관적 시수직검사(Subjective visual vertical, SVV) 등이 있다.<sup>8-11</sup> 그중 SVV는 수직 시각(Vertical perception)에 대한 편향 유무를 검사하는 방법으로 다른 전정 기능 검사에 비해 비용이 적게 들며 간편하게 검사를 진행할 수 있는 장점을 가진다.<sup>11-13</sup> SVV의 정상 편향 각도 범위는 2-3°이며,<sup>14-17</sup> 정상 범위를 벗어날 시 주관적 시수직에 대한 병적인 지각을 의미한다.<sup>14</sup>

Received October 11, 2023 Revised October 17, 2023

Accepted October 26, 2023

Corresponding author Sang-Seok Yeo

E-mail yeopt@dankook.ac.kr

Copyright ©2023 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

선행 연구에 따르면, 전정기능 장애로 신체의 수직 지각 감각이 저하된 환자들은 정적 및 동적 자세조절에 결손을 보일 수 있다고 보고하였다.<sup>15</sup> 이처럼 정상적인 수직 지각 감각은 자세조절에 필수적인 요소이며 시각적 피드백 훈련을 통해 편향된 수직 지각 감각을 개선시킬 수 있다.<sup>16</sup>

안뜰계의 기능은 균형 기능과 관련되며 주로 몸의 기울어짐, 가속도의 변화에 민감하게 반응하여 적절한 운동반응을 유도할 수 있도록 한다.<sup>17</sup> 머리의 3차원적인 움직임은 세 반고리관 내 속립프(endolymph)의 이동과 팽대능선에 위치한 털세포의 움직임에 의해 주로 감지된다. 또한, 머리의 위치 변화와 직선운동은 귀돌기관의 평형반(macula)에서 감지하며, 머리의 위치가 변하게 되면 서로 직각으로 위치한 등근주머니(sacculle)와 타원주머니(utricle) 평형반의 속립프가 이동하여 털세포를 자극해 신체와 머리의 움직임을 인지하게 된다.<sup>18</sup> 이와 같은 과정으로 얻어진 머리 움직임에 대한 정확한 인지는 다른 감각계의 입력 정보와 통합되어 정상적인 균형 유지를 가능하게 한다. 머리의 움직임 및 위치 변화는 말초에 위치한 반고리관 및 귀돌기관을 자극하게 되고 안뜰 기능이 약화되거나 손상된 환자들에서 멀미, 어지럼증 등의 자세 불안정성을 유발할 수 있다.<sup>18</sup> 이러한 특징은 전정기능의 평가에 있어 정적 및 동적 균형의 검사와 더불어 머리 위치 변화를 통한 말초 안뜰계의 자극이 유의한 전정기능 검사로 사용될 수 있음을 의미한다.<sup>19</sup>

이전의 많은 연구에서 안뜰 기능 장애가 있는 환자를 대상으로 안뜰계의 비정상적인 수직 지각은 자세조절능력의 저하와 연관이 있음을 보고하였으며,<sup>14-16</sup> 머리 방향에 따른 자세적 불안정성 또한 확인하고자 하였다. 그러나 수직 지각에 따른 정적자세조절능력이 머리 방향에 영향을 받는지에 대한 선행 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 건강하고 젊은 성인을 대상으로 수직 지각과 머리 방향이 정적자세조절에 미치는 영향을 확인하고, 수직 지각과 머리 방향의 상호작용 효과를 확인하고자 하였다.

**연구 방법**

**1. 연구대상**

본 연구의 대상자는 자세조절과 관련된 신경학적 및 근골격계 질환이 없는 20대 건강한 성인 25명으로 선정하였다. 6개월 내 다리의 정형외과적 수술을 했던 경력이 있거나 귀 관련 질병 또는 균형 장애의 과거력이 있는 대상자들은 실험에서 제외하였다. 대상자들에게 연구의 목적을 충분히 설명한 후 자발적 동의를 얻어 진행하였으며 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

**2. 측정방법 및 도구**

**1) 주관적 시수직 검사(SVV)**

대상자들의 시각적인 수직 지각을 평가하기 위해 SVV를 사용하였다 (Figure 1). SVV는 말초안뜰기관의 이상을 확인할 수 있는 도구로 수직 지각의 편향 유무를 각도로 검사한다.<sup>20</sup> 검사 방법은 다음과 같다. 원형의 통 안쪽 바닥면에는 수직선이 표시되어 있으며 바깥쪽 바닥면에는 각도계가 고정되어 있고 90° 위치에 관한 시각 정보를 차단하였고 검사자는 원형통을 대상자의 얼굴에 최대한 가까이 위치시킨다. 바로 앉은 자세의 대상자는 90° 위치에서 임의의 각도로 벗어나 있는 원형통을 검사자로부터 전달받은 후, 내부의 수직선을 대상자 본인이 생각하는 수직 위치에 고정시키고 검사자는 각도계에 달린 추를 통해 90°로부터 벗어난 각도를 측정한다. 수직으로부터 벗어난 각도를 절댓값으로 기록하였으며 임의의 다른 방향에서부터 3회 측정하여 평균값을 대푯값으로 설정하였다.<sup>23</sup>

**2) 신체압력중심(Center of Pressure, COP)**

COP의 이동을 측정하여 대상자들의 균형능력을 정량적으로 분석하고자 Freedmed platform (Freedmed, SensorMedica, Roma, Italy)을 사용하였다 (Figure 1). 플랫폼의 전체 면적은 635×700mm이며 실제 활성이 되는 면적은 500×600mm이다. 데이터는 100Hz의 샘플링 주파수로 기록되었으며 USB를 통해 컴퓨터와 연결하여 추출하였다. 데이터는 제조업체의 소프트웨어인 Freestep software (ver 2.02.025, SensorMedica, Roma, Italy)로 보정되어 측정되었다. 본 연구에서는 추출된 COP 매개변수 중

Table 1. General characteristics of subjects

Group	SVV < 3° (n = 14)	SVV ≥ 3° (n = 11)
Age (years)	23.9 ± 1.7	24.6 ± 1.9
Sex (male/female)	7/7	6/5
Height (cm)	167.7 ± 7.7	168.1 ± 8.4
Weight (kg)	65.9 ± 17.8	66.2 ± 15.3
SVV (°)	1.1 ± 0.8	3.5 ± 0.4

Values represent mean ± standard deviation. SVV: Subjective visual vertical.

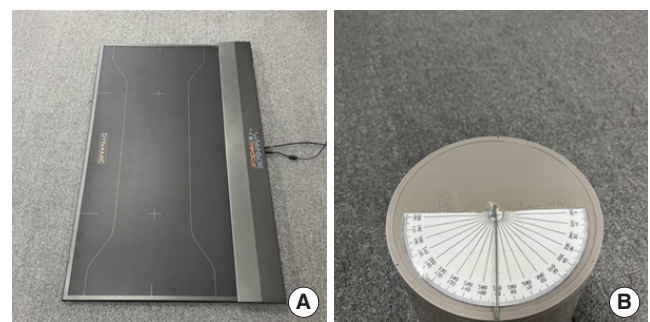


Figure 1. Measuring equipments. (A) Freedmed platform, (B) Subjective visual vertical bucket.

Sway length (COP가 이동한 총 거리), Ellipse surface (COP가 이동 중 95%의 경로를 타원으로 나타낸 면적), Delta X (좌, 우 방향으로 COP의 최대 이동량), Delta Y (전, 후 방향으로 COP의 최대 이동량), 그리고 Average speed (COP의 평균 이동속도)를 분석에 사용하였다. 각각의 다른 조건마다 3회씩 측정하여 평균값을 대푯값으로 설정하였다.

### 3. 실험절차

SVV 3° 이상인 대상자와 3° 미만인 대상자를 나누어 집단을 구분하였다. 또한 대상자가 짧고 건강한 성인임을 고려하여 바로 선 자세에 비해 균형조절에 어려움을 가지는 기저면(base of support, BOS)을 좁힌 일렬 서기 자세(Tandem stance)의 자세조절과정을 추가로 측정하였다.<sup>24</sup> 바로 선 자세(Upright stance)와 양발을 앞뒤로 붙인 일렬 서기 자세에서 각각 머리방향을 정면, 위, 아래, 왼쪽, 오른쪽 다섯 방향으로 다르게 하여 총 10개의 조건을 측정하였다. 각 측정 시간은 15초이며<sup>25</sup> 조건마다 3회 측정하여 평균값을 구하였다. 머리 방향의 순서는 같은 자세 내에서만 무작위로 진행하여 발의 위치가 변하지 않게 통제하였으며 대상자가 넘어지거나 발의 위치를 움직여 균형을 잡았을 시 재측정하였다. 바로 선 자세는 대상자에게 어깨 넓이 정도의 편안한 자세를 유지하도록 지시하였고, 일렬 서기 자세는 우세발은 뒤에, 비우세발은 앞에 두게 하여 우세발로 체중을 부하하도록 지시하였으며 팔의 위치는 교차하여 편하게 양 어깨 위에 올리도록 하였다. 대상자가 맨발로 플랫폼 위에 올라서 안정된 위치를 유지한 후 자세 동요가 최소가 되었을 때 측정을 시작하였고 대상자마다 머리 방향의 각도를 45°로 동일하게 설정하기 위해 정면에 위치한 벽, 천장 그리고 바닥에 점을 표시해둔 후 해당 지점을 응시하도록 지시하였다.<sup>26</sup>

### 4. 자료분석

본 연구에서 수집된 자료는 Windows SPSS version 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하여 분석되었다. 수집된 자료는 Shapiro-wilk 검정을 통해 변수의 정규성 검정을 시행하였고, 검정 결과 모든 자료가 정규 분포를 이루어 모수 검정을 채택하였다. 대상자의 일반적 특성에 대해서는 독립표본 t 검정을 사용하여 동질성 검증을 실시하였다. SVV의 편향과 머리 방향이 정적자세조절에 미치는 영향을 확인하기 위해 이원분산분석(Two-way ANOVA)을 실시하였으며 통계적 유의수준  $\alpha$ 는 0.05로 설정하였다.

## 결 과

측정된 COP 매개변수의 데이터 값은 다음과 같다(Table 2). 바로 선 자세에서 SVV가 3° 이상인 집단은 3° 미만인 집단과 비교하여 모든 COP 매개변수(Sway length, Ellipse surface, Delta X, Delta Y, Average speed) 값

Table 2. Raw data of COP parameters according to head orientation and SVV

COP parameters	Group	Upright stance					Tandem stance				
		Front	Up	Down	Left	Right	Front	Up	Down	Left	Right
Sway length (mm)	< 3	888.28 (201.86)	708.78 (165.89)	829.94 (221.89)	776.36 (225.12)	853.77 (198.67)	2,272.72 (663.33)	2,305.24 (788.48)	2,126.91 (580.57)	2,272.43 (862.25)	2,648.34 (900.28)
	≥ 3	975.00 (167.12)	918.69 (222.97)	829.47 (231.79)	923.49 (951.70)	951.70 (193.31)	2,221.7 (787.94)	2,235.6 (634.82)	2,013.6 (583.83)	2,316.18 (874.93)	2,389.72 (777.38)
Ellipse surface (mm <sup>2</sup> )	< 3	35.58 (20.59)	37.72 (33.78)	33.87 (34.45)	35.10 (33.58)	35.89 (26.52)	350.26 (174.71)	396.73 (163.69)	333.49 (169.27)	430.61 (284.95)	471.24 (253.18)
	≥ 3	67.62 (29.40)	70.04 (44.01)	57.01 (22.11)	77.33 (30.47)	60.65 (25.94)	442.48 (235.24)	520.22 (336.98)	552.22 (300.27)	436.32 (211.61)	542.42 (297.05)
Delta X (mm)	< 3	5.30 (1.58)	6.12 (3.10)	4.57 (2.03)	4.99 (1.94)	5.01 (1.64)	14.31 (4.87)	17.27 (5.09)	14.42 (4.79)	16.22 (6.00)	15.69 (4.62)
	≥ 3	6.69 (2.38)	7.64 (2.92)	6.52 (1.91)	6.83 (1.23)	7.35 (4.42)	15.91 (3.54)	20.38 (8.36)	18.83 (5.56)	16.89 (4.65)	18.73 (5.40)
Delta Y (mm)	< 3	18.17 (5.30)	13.28 (4.19)	15.06 (3.97)	13.99 (5.45)	16.30 (4.84)	51.71 (11.04)	52.85 (12.85)	44.37 (12.30)	51.71 (18.02)	58.61 (17.76)
	≥ 3	20.16 (5.07)	18.34 (5.42)	17.32 (5.18)	18.54 (5.30)	19.05 (5.52)	54.03 (16.85)	52.08 (11.21)	45.20 (8.42)	52.88 (13.90)	55.02 (13.89)
Average speed (mm/s)	< 3	61.14 (14.14)	48.54 (11.78)	57.14 (15.66)	53.21 (15.56)	58.38 (13.94)	159.06 (48.56)	158.00 (55.29)	145.76 (40.88)	155.31 (59.15)	188.69 (75.55)
	≥ 3	68.62 (16.29)	62.87 (15.82)	56.41 (16.12)	63.21 (14.05)	64.90 (13.67)	161.48 (63.84)	153.99 (44.63)	138.01 (40.62)	161.93 (65.33)	164.29 (54.26)

Values represent mean (± standard deviation). SVV: Subjective visual vertical.

**Table 3.** Main and interaction effects of SVV and head orientation on COP parameters in upright stance

COP parameters	Factors	df	Mean square	F	p
Sway length (mm)	SVV	1	360,874.152	8.714	0.004*
	HO	4	61,377.685	1.482	0.212
	SVV×HO	4	37,323.638	0.901	0.466
Ellipse Surface (mm <sup>2</sup> )	SVV	1	29,408.469	31.173	<0.001*
	HO	4	457.089	0.485	0.747
	SVV×HO	4	353.590	0.375	0.826
Delta X (mm)	SVV	1	100.952	16.948	<0.001*
	HO	4	5.940	0.997	0.412
	SVV×HO	4	0.861	0.145	0.965
Delta Y (mm)	SVV	1	340.473	13.538	<0.001*
	HO	4	47.745	1.898	0.115
	SVV×HO	4	11.988	0.477	0.753
Average speed (mm/s)	SVV	1	1,741.463	8.054	0.005*
	HO	4	351.120	1.624	0.173
	SVV×HO	4	187.380	0.867	0.486

SVV: Subjective visual vertical, HO: Head orientation, df: degrees of freedom. \*p<0.05.

이 유의하게 컸다(p<0.05). 하지만 머리 방향에 따른 COP 매개변수의 값은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>0.05). 또한 SVV의 편향과 머리 방향 사이의 상호작용 효과도 유의하지 않았다(p>0.05)(Table 3).

일렬 서기 자세에서 SVV가 3° 이상인 집단은 3° 미만 집단과 비교하여 COP 매개변수 중 Ellipse surface만 유의하게 컸으며(p<0.05), 이외의 다른 COP 매개변수는 유의한 차이가 없었다(p>0.05). 또한 바로 선 자세와 마찬가지로 머리 방향에 따른 COP 매개변수 값은 유의한 차이가 없었으며(p>0.05), SVV의 편향과 머리 방향 사이의 상호작용 효과도 마찬가지로 유의하지 않았다(p>0.05)(Table 4).

### 고찰

본 연구는 건강한 20대 성인을 대상으로 SVV의 편향과 머리 방향이 정적균형능력에 미치는 영향을 확인하고자 하였으며 또한 수직 인지와 머리 방향 사이의 상호작용 효과를 확인하고자 하였다. 바로 선 자세와 양발을 앞뒤로 붙여 BOS의 넓이를 좁힌 일렬 서기 자세에서 머리 방향을 정면, 위, 아래, 왼쪽, 오른쪽 총 다섯 방향으로 위치한 후 COP 이동과 관련된 매개변수들을 연속적으로 측정하였다.

바로 선 자세에서 SVV의 편향이 3° 이상인 집단은 3° 미만 집단과 비교하여 모든 COP 매개변수의 값이 유의하게 컸다. 이는 SVV의 병적인 편향이 있을 시 정적균형능력이 저하됨을 시사한다. 건강한 성인을 대상으로 SVV의 편향과 균형능력 사이의 관계를 조사한 선행 연구에 따르면, SVV 편향이 4° 이상 벗어난 집단의 정적균형능력은

**Table 4.** Main and interaction effects of SVV and head orientation on COP parameter in tandem stance

COP parameters	Factors	df	Mean square	F	p
Sway length (mm)	SVV	1	248,017.310	0.434	0.511
	HO	4	631,314.373	1.105	0.358
	SVV×HO	4	75,158.590	0.131	0.971
Ellipse Surface (mm <sup>2</sup> )	SVV	1	322,127.428	5.348	0.023*
	HO	4	39,877.672	0.662	0.620
	SVV×HO	4	37,587.219	0.624	0.646
Delta X (mm)	SVV	1	48.161	0.513	0.475
	HO	4	88.005	0.938	0.445
	SVV×HO	4	28.924	0.308	0.872
Delta Y (mm)	SVV	1	0.003	<0.001	0.997
	HO	4	469.437	2.379	0.056
	SVV×HO	4	32.249	0.163	0.956
Average speed (mm/s)	SVV	1	906.090	0.289	0.592
	HO	4	3,751.021	1.195	0.317
	SVV×HO	4	883.892	0.281	0.889

SVV: Subjective visual vertical, HO: Head orientation, df: degrees of freedom. \*p<0.05.

대조군에 비해 유의하게 저하된 것으로 나타났다.<sup>27</sup> 또한 측정 결과 보행 변수 중 보폭 시간(stride time)과 보행 속도(stride velocity)가 유의하게 감소하여 SVV의 편향이 동적균형능력의 저하에도 영향을 미친다고 보고하였다.<sup>27</sup> 건강한 대상자뿐만 아니라 중추 혹은 말초 전정계 손상 환자의 증가된 SVV 편향과 균형장애 사이의 관계를 확인하기 위한 선행연구도 진행되어 왔다.<sup>28-30</sup> Isabelle 등<sup>28</sup>의 연구는 COP 이동 분석을 사용하여 급성 뇌졸중 환자의 SVV 편향과 균형능력 사이의 관계를 확인하고자 하였다. 뇌 손상 정도가 심할수록 SVV의 편향은 증가하였으며, COP의 이동거리 또한 증가하여 이는 균형능력의 저하를 의미하였다. Pereira 등<sup>29</sup>의 연구는 파킨슨 환자의 SVV 편향과 자세조절 사이의 상관관계를 분석하였다. 파킨슨 환자의 자세적 불안정성 평가인 Hoehn and Yahr scale과 Unified Parkinson's Disease Rating Scale 검사 결과, 균형능력과 SVV의 편향은 유의한 음의 상관관계를 보였다. 또한 Brooke 등<sup>30</sup>의 연구는 다발성 경화증 환자를 대상으로 SVV의 편향과 균형능력 사이의 관계를 확인하고자 하였으며, 연구 결과 환자의 SVV 편향이 커지면 정적균형과 동적균형이 저하됨을 보고하였다. 이와 같은 선행 연구의 결과를 기반으로, 본 연구의 결과는 SVV의 병적인 편향이 정적균형능력의 유의한 저하로 이어진다는 것을 의미한다.

일렬 서기 자세에서는 SVV 편향이 3° 이상인 집단은 3° 미만인 집단과 비교하여 Ellipse surface 값이 유의하게 컸다. Ellipse surface는 COP 이동 중 95%의 경로를 타원으로 나타낸 면적을 의미하며,<sup>31</sup> 면적의 넓이는 자세적 동요의 정도와 비례한다. 따라서 본 연구의 결과는 SVV의 편향이 크면 자세적 동요가 심화된다는 선행연구의 결과와

일치한다.<sup>27</sup> 하지만 Sway length, Delta X, Delta Y, Average speed는 SVV 편향이 3° 미만인 집단에 비해 3° 이상인 집단에서 큰 값을 보이긴 했지만 유의한 차이는 없었다. 이는 지지면을 좁혀 자세적 불안정성을 심화시키고 머리 방향을 이동해 안뜰계까지 자극한 조건이 SVV의 이상이 없는 젊은 성인에게조차도 균형을 유지하기에 난이도가 높은 과제였던 것으로 추측된다. 따라서, 일렬 서기 자세에서는 수직 인지 편향에 영향을 받지 않을 정도의 큰 자세 동요로 인해 집단 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다고 사료된다.

머리 방향이 정적자세조절에 미치는 영향은 바로 선 자세와 일렬 서기 자세 모두에서 유의하지 않았다. 선행연구에 따르면, 바로 선 자세에서 목을 펴하여 위 방향을 바라보게 되면 정면을 바라본 자세에 비해 자세적 동요가 심화된다.<sup>32,33</sup> Paloski 등<sup>32</sup>의 연구는 젊고 건강한 성인을 대상으로 시각을 차단한 조건에서 머리 방향에 따른 자세조절 능력을 확인하고자 하였다. 그 결과, 머리 방향을 아래로 했을 때와 옆으로 기울였을 때에 비해 머리 방향을 위로 했을 때 자세적 동요가 유의하게 증가했다. Tanaka 등<sup>33</sup>의 연구는 건강한 남성을 대상으로 목을 펴하여 위 방향을 바라본 조건에서 좌우 방향과 앞뒤 방향의 자세적 동요를 분석하였다. 그 결과, 정면을 바라본 자세에 비해 머리 방향이 위를 향했을 때 앞뒤 방향에서 유의한 자세적 동요가 발생함을 보고하였다. 하지만 Molly와 Richard<sup>34</sup>의 연구에서는 바로 선 자세로 목을 굽힘하여 머리 방향을 아래쪽으로 향하는 조건이 젊은 성인의 선 자세에서 동요를 발생시키지 않는다고 보고하였다. 반면, 머리 방향을 아래로 향하게 한 조건이 바로 선 자세에서 동요를 증가시킨다는 선행 연구도 있었다.<sup>35,36</sup> Buckley 등<sup>35</sup>의 연구와 Ledin 등<sup>36</sup>의 연구는 노인과 같이 이미 자세조절에 어려움이 있는 대상자나 감각 장애를 가진 환자의 경우 머리 방향을 위로 향한 조건보다 아래로 향했을 때 균형 유지에 어려움을 가진다고 보고하였다. 이처럼 머리 방향에 따른 자세적 동요는 대상자의 특성에 따라 상이하며, 젊고 건강한 성인의 대상자는 목을 펴하여 위를 향한 머리 방향에서만 유의한 자세적 동요를 보이는 것으로 보고되고 있다.<sup>32-34</sup> 하지만 본 연구의 실험 결과 여러 방향으로의 머리 회전은 일관되지 않은 자세 동요의 경향을 보였고, 머리 방향이 정적자세조절에 미치는 영향은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 수직 지각과 머리 방향 사이의 상호작용 효과 또한 유의하게 나타나지 않았다. 이러한 결과는 본 연구에서 설정한 45°의 머리 위치 움직임이 젊은 성인의 대상자에게 유의한 안뜰 자극을 주기에 적은 이동량이었다고 추측된다. 이로 인해, 정적자세조절에 충분한 영향을 미치지 않았고 따라서 수직 지각과 머리 방향 사이의 상호작용 효과를 확인할 수 있을 정도의 유의한 COP 매개변수 값이 나타나지 않았다고 사료된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 대상자의 수가 적었고 건강하고 젊은 대상으로만 연구를 진행하였기 때문에 연구 결과를 일반

화하기에는 어려움이 있다. 둘째, SVV를 측정하는데 정상화된 도구가 사용되지 않았다. 대상자가 도구를 직접 움직여 각도를 조절하기 때문에 감각과 운동출력 사이의 오차가 발생할 수 있다. 셋째, SVV 편향의 방향은 고려하지 않았다. 양의 방향과 음의 방향의 SVV 편향을 구분하지 않고 절댓값만 측정하였다. 따라서 향후 연구에서는 다양한 연령의 대상자를 대상으로 객관적이고 정량적인 측정 방법이 사용되어야 한다. 또한 SVV의 편향 방향과 자세적 동요의 방향을 비교함으로써 안뜰재활치료에 이론적 배경이 될 수 있는 향후 연구가 필요할 것이다. 결론적으로, 본 연구는 20대의 건강한 성인을 대상으로 수직 인지의 편향과 머리 방향이 정적 자세조절에 미치는 영향을 확인하고자 하였으며, 수직 인지와 머리 방향 사이의 상호작용 효과에 대해 확인하고자 하였다. 연구 결과, SVV의 병적인 편향은 정적자세조절의 불안정성으로 이어졌다. 이는 시수직 인지 피드백 훈련을 통해 정적균형능력을 향상시킬 수 있는 치료적 배경을 제시할 수 있을 것이다.

## REFERENCES

1. Judge JO, King MB, Whipple R et al. Dynamic balance in older persons: effects of reduced visual and proprioceptive input. *J Gerontol Bio Sci Med Sci.* 1995;50(5):M263-70.
2. Green AM, Angelaki DE. Internal models and neural computation in the vestibular system. *Exp Brain Res.* 2010;200:197-222.
3. Hondebrink MS, Mert A, Van der Lint R et al. Motion-based equilibrium reprocessing therapy a novel treatment method for chronic peripheral vestibulopathies: a pilot study. *MEDICINE.* 2017;96(24).
4. Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction on balance: suggestion from the field. *Phys Ther.* 1986;66(10):1548-50.
5. Highstein SM, Holstein GR. The anatomical and physiological framework for vestibular prostheses. *Anat Rec.* 2012;295(11):2000-9.
6. Lopez C, Blanke O. The thalamocortical vestibular system in animals and humans. *Brain Res Rev.* 2011;67(1-2):119-46.
7. Krebs C. *Neuroscience*, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
8. Agrawal Y, Merfeld DM, Horak FB et al. Aging, vestibular function, and balance: proceedings of a national institute on aging/national institute on deafness and other communication disorders workshop. *J Gerontol.* 2020;75(12):2471-80.
9. Rambold H. Clinical value of rotational-chair testing in vestibular disease. *Clin Otorhinolaryngol.* 2017;1(1):13.
10. Rosengren SM, Colebatch JG, Young AS et al. Vestibular evoked myogenic potentials in practice: methods, pitfalls and clinical applications. *Glin Neurophysiol Pract.* 2019;4:47-68.
11. Chang WH. Common disorders causing balance problems. *Brain Neurorehabil.* 2013;6(2):54-7.
12. Chetana N, Jayesh R. Subjective visual vertical in various vestibular disorders by using a simple bucket test. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2015;67:180-4.

13. Cohen HS, Sangi-Haghepeykar H. Subjective visual vertical in vestibular disorders measured with the bucket test. *Acta Otolaryngol.* 2012;132(8):850-4.
14. Karlberg M, Aw ST, Halmagyi GM et al. Vibration-induced shift of the subjective visual horizontal: a sign of unilateral vestibular deficit. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2002;128(1):21-7.
15. Bisdorff AR, Wolsley CJ, Anastasopoulos D et al. The perception of body verticality (subjective postural vertical) in peripheral and central vestibular disorders. *Brain.* 1996;119(5):1523-34.
16. Lee DJ, Kim SY, Song CH. The correlations between the balance test, functional movement, visual perception test and functional independent measure in stroke patients. *J Kor Phys Ther.* 2009;21(2):39-45.
17. Tarnutzer AA, Bockisch C, Straumann D et al. Gravity dependence of subjective visual vertical variability. *J Neurophysiol.* 2009;102(3):1657-71.
18. Lee TH. Dizziness of vestibular disorders. *Kor J Clin Lac Sci.* 2011;10.
19. Barin K, Dodson EE. Dizziness in the elderly. *Otolaryngol Clin North Am.* 2011;44(2):437-54.
20. Noh H, Chae S. Change of Subjective Visual Vertical (SVV) in patients of vestibular neuritis. *J Kor Bal Soc.* 2007;6(2):143-9.
21. Ferreira MM, Cunha F, Ganaca CF et al. Subjective visual vertical with the bucket method in Brazilian healthy individuals. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2016;82:442-6.
22. Zwergal A, Rettinger N, Frenzel et al. A bucket of static vestibular function. *Neurology.* 2009;72(19):1689-92.
23. Sakagami M, Wada Y, Shiozaki et al. Results of subjective visual vertical tests in patients with vertigo/dizziness. *Auris Nasus Larynx.* 2022;49(3):342-6.
24. Seo SK, Kim SH, K Tae-Youl. Evaluation of static balance in postural tasks and visual cue in normal subjects. *J Kor Phys Ther.* 2009;21(4):51-6.
25. Sozzi S, Honeine JL, Do MC et al. Leg muscle activity during tandem stance and the control of body balance in the frontal plane. *Clin Neurophysiol.* 2013;124(6):1175-86.
26. Michelson PL, Mccaslin DL, Jacobson et al. Assessment of subjective visual vertical (SVV) using the "bucket test" and the virtual SVV system. *Am J Audiol.* 2018;27(3):249-59.
27. Cho IH, Kwon JW, Yeo SS. Relations between gait characteristics and subjective visual vertical results in young adults. *J Vestib Res.* 2020;30(2):73-9.
28. Bonan IV, Guerttard E, Leman MC et al. Subjective visual vertical perception relates to balance in acute stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(5):642-6.
29. Pereira CB, Kanashiro AK, Maia FM et al. Correlation of impaired subjective visual vertical and postural instability in Parkinson's disease. *J Neuro Sci.* 2014;346(1-2):60-5.
30. Klatt BN, Sparto PJ, Terhorst L et al. Relationship between subjective visual vertical and balance in individuals with multiple sclerosis. *Physiother Res Int.* 2019;24(1):e1757.
31. Patti A, Bianco A, Messina G et al. Evaluation of podalic support and monitoring of balance control in children with and without dyslexia: a pilot study. *Sustainability.* 2020;12(3):1191.
32. Paloski WH, Wood SJ, Feiveson AH et al. Destabilization of human balance control by static and dynamic head tilts. *Gait Posture.* 2006;23(3):315-23.
33. Tanaka H, Uetake T. Influences of head orientation on the unperturbed postural sway in human upright stance. *Anthropol Sci.* 2003;111(3):333-45.
34. Johnson MB, Van Emmerik RE. Effect of head orientation on postural control during upright stance and forward lean. *Motor Control.* 2012;16(1):81-93.
35. Buckley JG, Anand V, Scally A et al. Does head extension and flexion increase postural instability in elderly subjects when visual information is kept constant? *Gait & Posture.* 2005;21(1):59-64.
36. Ledin T, Hafstrom A, Fransson PA et al. Influence of neck proprioception on vibration-induced postural sway. *Acta Otolaryngol.* 2003;123(5):594-9.