



■ 서삼기, 김수현<sup>1</sup>, 김태열<sup>2</sup>

■ 서남대학교 대학원 물리치료학과, <sup>1</sup>동신대학교 대학원 물리치료학과, <sup>2</sup>동신대학교 보건복지대학 물리치료학과

Evaluation of Static Balance in Postural Tasks and Visual Cue in Normal Subjects

Sam-Ki Seo, PT, MPT; Soo-Hyun Kim, PT, MS<sup>1</sup>; Tae-Youl, Kim, PT, PhD<sup>2</sup>

Department of Physical Therapy, Graduate School, Seonam University; <sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Graduate School, Dongshin University; <sup>2</sup>Department of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Dongshin University

**Purpose:** This study examined the difference in the static balance ability according to the visual cues and postural tasks in normal subjects.

**Methods:** Thirty participants (12 male, 18 female; mean age 24.63±1.43 years) stood barefoot on a force platform in a one-legged stance, tandem Romberg stance and tandem Romberg with neck extension stance with a visual cue open and closes. The static balance was assessed by the center of pressure (CoP), surface electromyography root mean square (RMS) of the leg muscles according to the stance position.

**Results:** In the CoP tests, the difference in the unit path length and circumference area was affected by the visual cue according to the stance posture ( $p<0.01$ ). In the RMS tests, the difference in the tibialis anterior and medial gastrocnemius muscle was affected by visual cue in accordance with the stance posture ( $p<0.01$ ).

**Conclusion:** The visual cue and postural task affect the balance ability in normal subjects. Therefore, this study provides clinical evidence that the balance and postural control can be improved. Therapeutic intervention, such as an obstacle course, and a lower leg muscle performance program with a change in the base of support can affect the balance and postural control.

**Keywords:** Static balance, Center of pressure, Surface electromyography

논문접수일: 2009년 5월 21일

수정접수일: 2009년 9월 11일

게재승인일: 2009년 9월 26일

교신저자: 김태열, ptcep@hanmail.net

## 1. 서론

신체의 균형감각은 일상생활의 동작수행에 중요한 역할을 하며 이를 유지하기 위해서 전정계와 시각, 고유수용감각이 상호작용을 하여 각 감각기관을 통해 유입되는 정보를 중추신경계에서 감각정보의 통합과 생체역학적 요인 등을 조절하여 균형을 유지하게 된다.<sup>1,2</sup> 균형조절은 고유수용성감각, 시각, 체성감각 그리고 전정계의 상호작용을 통하여 적절한 균형을 유지하여 자세동요를 최소화 하여 신체의 중력중심을 기저면 내에 유지

하는 능력이다.<sup>3,4</sup> 그러나 전정각, 시각, 고유수용각의 이상과 중추신경계와 근-골격계의 병변에 의한 균형능력의 장애나 상실은 일상생활 활동에 제한을 주며, 재활과정에 문제점을 일으키게 된다.<sup>5,6</sup>

균형조절에 영향을 주는 여러 요인들 간에 세부적인 상호관계를 정확하게 밝혀내기는 어렵지만, 균형장애를 일으키는 원인을 정확하게 감별하는 것은 균형조절을 이해하기 위해서는 필요하다. 따라서 균형 및 자세조절 능력을 향상시키기 위한 다양한 치료방법의 효과에 대하여 많은 연구가 이루어졌으며, 균

형능력을 향상시키기 위한 방법으로 근·골격계 요인이나 신경학적 요인을 조절하는 방법을 가장 많이 사용하고 있다.<sup>7-9</sup> 근·골격계 요인으로 근력이나 안정성 조절 능력의 향상을 통해 자세와 균형조절에 미치는 영향을 보고한 연구와 신경학적 요인으로 체성감각, 시각, 전정각의 조절을 통한 연구가 많이 보고되고 있다.<sup>10-16</sup>

균형조절에 영향을 주는 여러 감각요소 중 시각은 균형조절 능력을 강화하며, 다양한 감각 중에서 가장 중요한 역할을 수행하고 있어 중추신경계 환자들의 균형조절에 많은 영향을 미치는 것으로 보고되었다.<sup>17-20</sup> 이러한 시각적 정보를 통하여 전정계에서는 중력장의 방향과 관련된 신호를 보내어 신체의 균형 감각을 유지하는데 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다.<sup>21</sup>

또한 감각정보, 지지면의 특성, 근·골격계의 특성, 과제 형태 등이 하나나 그 이상으로 제공되면 균형에 영향을 주어 자세의 변화를 가져오게 된다.<sup>22,23</sup> 결국 인간의 기립자세는 시각, 전정계, 체성감각계가 복합적으로 작용하여 조절하게 된다.<sup>24</sup>

균형능력은 자세동요에 따른 근활동전위, 부하중심(center of pressure, CoP), 관절각 등의 변화나 동작분석 등을 통해 평가가 되고 있으며,<sup>8,25</sup> 균형능력의 평가는 정량적 분석을 통한 객관적 결과를 산출하는 것이 중요하다. 특히 CoP는 신체의 압력중심점의 동요를 측정하는 방법으로 자세동요를 정량적으로 측정할 수 있으며, 자세동요를 측의 형태에 따라 X축은 전·후방의 변화를 Y축은 내·외측의 변화를 평면상의 이동거리인 단위궤적길이와 CoP가 움직여서 궤적이 차지하는 동요면적을 통해 자세동요의 안정도를 알 수 있다.<sup>24,26</sup>

본 연구의 목적은 시각개폐와 자세변화에 따른 자세동요를 평가하여 균형조절에 미치는 영향을 알아보고, 임상에서 물리치료 중재 시 균형조절에 기초자료를 제공할 수 있는 중요한 요소를 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

연구대상으로 일상생활에 지장이 없고 자세조절이나 보행과 관련된 신경학적 및 근골격계 장애가 없는 20대 정상 성인 30명을 선정하였으며, 대상자들에게 연구의 목적을 설명한 후에 동의를 얻어 실시하였다. 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

**Table 1. General characteristics in subject**

Age (year)		24.63±1.43
Gender	Male	12(40%)
	Female	18(60%)
Height (cm)		166.17±8.22
Weight (kg)		60.12±10.21

Values are mean±SD

### 2. 실험방법

본 연구는 이중맹검법을 이용하여 진행되었으며, 본 연구에서 대상자에게 3가지 자세에 대한 과제를 주어 자세에 따른 정적 균형능력의 변화를 보기 위한 부하중심(CoP)과 이에 따른 하지근의 활성도의 변화를 알아보기 위하여 표면근전도를 측정하였다.

### 3. 측정방법 및 도구

#### 1) 자세변화

전·후와 좌·우의 움직임에 대한 자세조절은 서기자세에 따라 달라지며, 여러 연구에서 균형조절평가에 대한 자세를 참고하여 3가지 자세를 선정하였다.<sup>25,27</sup> 측정자세는 한발로 서기, Romberg 서기, 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기로 하였다. 한발로 서기는 우세발로 지면에 지지하고 비우세발은 무릎을 굽혀서 지면에 닿지 않게 하였으며, 팔을 들어 흔들지 않도록 하였다. Romberg 서기는 우세발은 뒤에, 비우세발은 앞에 두게 하여 일자형태로 정렬시킨 후 우세발로 체중을 부하하도록 하고 팔은 골반부위에 위치하도록 하였다. 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기는 Romberg 서기 자세를 유지한 상태에서 목을 신전한 자세를 유지하도록 하였다. 측정 시 자세동요에 대한 시각의 영향을 알아보기 위하여 눈 뜬 상태와 눈을 감은 상태에서 각각 측정하였으며, 각 측정자세에 영향을 주지 않기 위해서 5분 이상 휴식기를 가진 후 다른 자세를 측정하였다. 측정 자료는 3회 측정하여 평균값을 취하였다.

#### 2) 부하중심 측정

이 연구에서 대상자의 정적균형능력을 측정하기 위해 Active Balance System (EAB-100, SAKAI Co, 일본)을 사용하였다. 측정은 대상자가 발판 위에 맨발로 올라선 후 안정된 위치를 유지하여 자세동요가 최소가 되었을 때 측정하였으며, 자세변화에 따라 대상자의 부하중심(CoP) 단위궤적길이와 동요면적을 분석하였다.

#### 3) 하지근의 활동전위 측정

하지의 근 활성도 측정은 표면근전도기(Bagnoli-4 EMG system, Delsys Inc, 미국)를 이용하였다. 측정부위는 양측 비

복근과 전경골근으로 CoP 측정과 함께 실시하였다. 기록전극으로 표면전극(DE-2.1 single differential electrode, Delsys Inc, 미국)을 사용하였으며, 피부 저항을 최소로 하기 위해 전극 접촉 부위를 70% 알코올 솜으로 닦고 건조시킨 후, 기록전극을 아킬레스건과 비복근이 만나는 부위에서 근위부 2cm의 내측 비복근의 근복과 전경골근의 근위 1/3 부위에 부착 하였다.<sup>28</sup> 전도 신호의 분석은 EMG work 3.0 (Delsys, 미국) 프로그램을 이용하였으며, 신호분석 프로그램을 이용하여 실효치 (root mean square, RMS) 값을 산출하였다.

#### 4. 자료분석

본 연구의 통계학적 분석은 상용통계프로그램인 SPSS/win (version 12.0)을 사용하였다. 자세변화와 시각개폐에 따른 단위궤적길이, 동요면적 그리고 RMS의 차이를 비교하고자 반복 측정 분산분석(repeated measures ANOVA)를 실시하였다. 통계학적 유의수준  $\alpha$ 는 0.05로 하였다.

### III. 결과

#### 1. 부하중심(CoP) 단위궤적길이의 차이

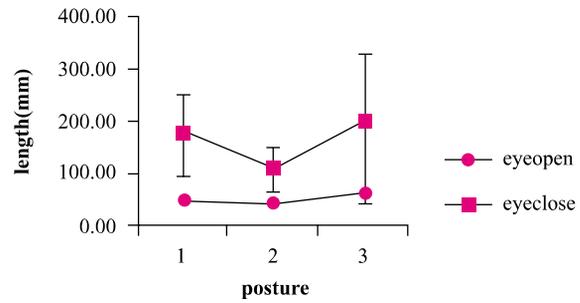
부하중심(CoP) 단위궤적길이는 시각개폐와 자세 간에서 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시각개폐에 따른 자세간의 단위궤적길이의 차이가 다르게 나타났다( $p < 0.01$ ). 자세의 변화에 따른 주 효과 검정에서 한발로 서기와 Romberg 서기, Romberg 서기와 목을 신전하여 Romberg 서기 사이에서 차이가 있었으며, 눈을 뜬 상태에서는 목을 신전하여 Romberg 서기, 눈을 감은 상태에서는 한발로 서기에서 부하중심(CoP) 단위궤적길이가 가장 크게 나타났다(Figure 1).

#### 2. 부하중심(CoP) 동요면적의 차이

부하중심(CoP) 동요면적은 시각개폐와 자세 간에서 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시각개폐에 따른 자세간의 동요면적의 차이가 다르게 나타났다( $p < 0.01$ ). 자세의 변화에 따른 주 효과 검정에서 한발로 서기와 Romberg 서기, Romberg 서기와 목을 신전하여 Romberg 서기 사이에서 차이를 나타내었으며, 눈을 뜬 상태에서는 목을 신전하여 Romberg 서기, 눈을 감은 상태에서는 한발로 서기에서 부하중심(CoP) 동요면적이 가장 크게 나타났다(Figure 2).

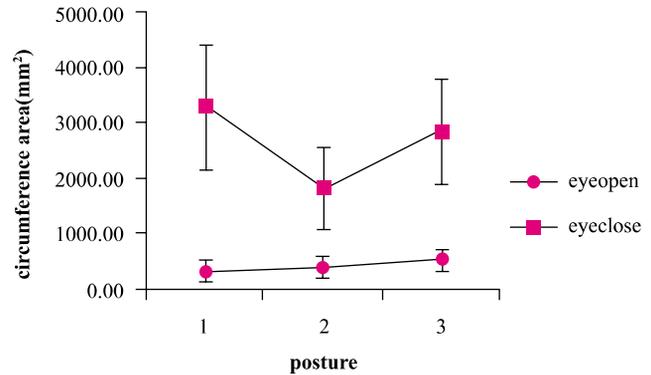
#### 3. 전경골근의 실효치진폭(RMS)의 차이

실효치진폭은 시각개폐와 자세간에서 교호작용이 유의한 차이



**Figure 1. The difference of unit path length according to posture**

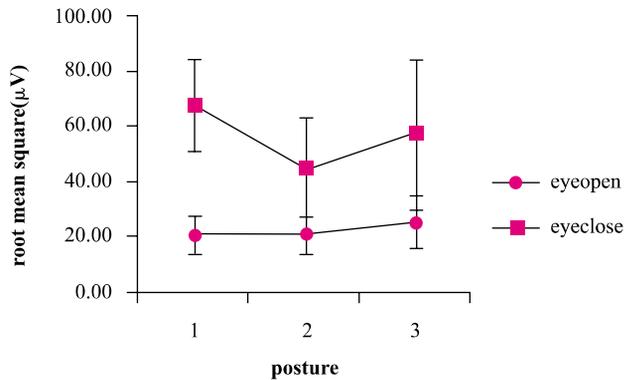
Values are mean±SD  
 1: one leg stance  
 2: tandem Romberg stance  
 3: tandem Romberg stance with neck extension  
 Posture:  $p < 0.01$   
 Posture × visual cue:  $p < 0.01$   
 Visual cue:  $p < 0.01$



**Figure 2. The difference of circumference area according to posture**

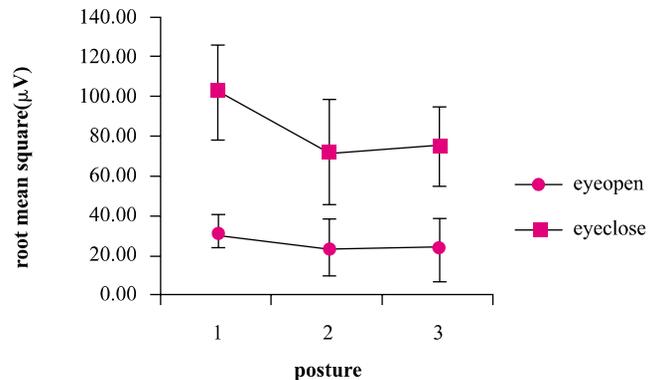
Values are mean±SD  
 1: one leg stance  
 2: tandem Romberg stance  
 3: tandem Romberg stance with neck extension  
 Posture:  $p < 0.01$   
 Posture × visual cue:  $p < 0.01$   
 Visual cue:  $p < 0.01$

가 있는 것으로 나타나 시각개폐에 따른 자세간 내측 비복근의 실효치진폭의 차이가 다르게 나타났다( $p < 0.01$ ). 자세의 변화에 따른 주효과 검정에서 한발로 서기와 Romberg 서기간, Romberg 서기와 목을 신전하여 Romberg 서기간에 차이를 나타내었으며, 눈을 뜬 상태에서는 목을 신전하여 Romberg 서기, 눈을 감은 상태에서는 한발로 서기가 실효치진폭을 가장 크게 나타내었다(Figure 3).



**Figure 3. The difference of root mean square according to posture on tibialis anterior muscle**

Values are mean±SD  
 1: one leg stance  
 2: tandem Romberg stance  
 3: tandem Romberg stance with neck extension  
 Posture:  $p < 0.01$   
 Posture × visual cue:  $p < 0.01$   
 Visual cue:  $p < 0.01$



**Figure 4. The difference of root mean square according to posture on medial gastrocnemius muscle**

Values are mean±SD  
 1: one leg stance  
 2: tandem Romberg stance  
 3: tandem Romberg stance with neck extension  
 Posture:  $p < 0.01$   
 Posture × visual cue:  $p < 0.01$   
 Visual cue:  $p < 0.01$

#### 4. 비복근의 실효치진폭(RMS)의 차이

실효치진폭은 시각개폐와 자세간에서 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시각개폐에 따른 자세간 내측 비복근의 실효치진폭의 차이가 다르게 나타났( $p < 0.01$ ). 자세의 변화에 따른 주효과 검증에서 한발로 서기와 Romberg 서기간, 한발로 서기와 목을 신전하여 Romberg 서기간에 차이를 나타내었으며, 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태 모두에서 한발로 서기가 실효치진폭을 가장 크게 나타내었다(Figure 4).

### IV. 고찰

신체의 평형감각은 일상생활에서 자세변화에 대한 신체의 무게 중심이 이동하였을 때 자세의 부조화를 방지하기 위한 기능을 가지고 있으며 시각, 고유수용체, 전정기관이 유기적으로 관여하고 있다. 이러한 이유로 평형감각은 임상에서 환자에게 치료 중재 시 자세조절이나 치료에 중요한 의미를 갖는다.

이 연구는 시각과 자세에 변화를 주어 정상성인의 균형능력의 차이를 알아보려 하였다. Nashner 등<sup>9</sup>이 시각폐쇄 시 아킬레스건의 자극을 유발하여 신체의 동요가 크게 유발되는 현상을 보고한 연구 결과와 Day 등<sup>29</sup>이 35명의 정상인을 대상으로 시각개폐에 따른 전후좌우의 신체동요가 서기자세에 영향을 준 연구를 통하여 자세의 조건에 따라 시각에 의한 교란이 균형능력에 영향을 미칠 것으로 사료되었다. 본 연구에서 시각개폐와 자세의 조건에 따라 부하중심(CoP)의 단위궤적길과 동요

면적이 유의한 차이를 나타내었다(Figure 1, 2). 이러한 변화는 시각의 차단으로 인해 고유수용성 정보에 대한 되먹이가 감소되어, 시각인식을 통한 공간에서의 머리의 움직임과 위치를 조절하는 능력이 교란되어 나타난 결과로 보인다. Chae<sup>30</sup> 등은 8명의 요통환자에게 바로 선 자세와 전방으로 굴곡된 자세에서의 정적균형능력을 측정하고 요통환자에서는 굴곡된 자세에서 안정된 균형능력을 나타내었다. 그리고 자세의 변화에 대한 연구는 아니지만, Lee 등<sup>31</sup>의 연구에서는 28명의 편마비환자를 대상으로 지팡이를 사용한 균형능력을 측정하고 지팡이를 사용하기 전보다 사용 후에 부하중심의 변화가 유의하게 변화됨을 보고하였다. 또한 자세변화에 따라 난이도를 주어 전정계에 교란이나 자극을 줄 수 있는 것으로 알려져 있으며,<sup>25,27</sup> 본 연구의 결과에서도 자세변화에 따른 차이가 부하중심(CoP)의 단위궤적길과 동요면적 모두 눈을 뜬 상태에서는 목을 신전하여 Romberg 서기, 눈을 감은 상태에서는 한발로 서기가 가장 큰 차이를 나타내었다(Figure 1, 2). 이러한 변화는 기저면을 감소시킨 결과로 자세를 유지하는데 부하중심(CoP)의 활동이 많이 요구된 결과로 보여진다.

Amiridis 등<sup>25</sup>은 청년층 20명과 노년층 19명을 대상으로 자세변화에 따른 근 활동전위의 변화를 측정하고 결과 간 유의한 차이가 나타나는 것으로 보고하였으며, Woollacott 등<sup>32</sup>은 6명의 뇌성마비 아동에서 자세동요에 따른 하지의 근활동이 다르게 나타남을 보고하였다. 또한 다른 여러 연구에서도 전정계 교란으로 하퇴근의 활동이 증가된다고 하였다.<sup>11,12,33,34</sup> 본 연구에서도 시각개폐에 따른 차이와 자세변화에 따른 전정골근과

내측 비복근의 실효치 진폭의 차이는 유의하였다(Figure 3, 4). 특히 하퇴근의 활동을 비교한 결과 모든 측정자세에서 전경골근 보다 내측 비복근의 활동이 더 크게 나타났다. 이러한 변화는 자세변화에 따른 기저면의 감소로 인해 근육활동이 증가된 결과를 반영한 결과로 보여진다.

이 연구를 통해 시각개폐와 자세 변화에 따른 교란은 자세 동요에 영향을 주며, 자세동요가 증가되면 그에 따른 적절한 하지의 신경근 조절이 균형조절에 크게 기여하는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과로 보아 시각과 자세교란은 균형조절의 장애요소로 작용하기 때문에 임상적으로 균형능력 향상을 위한 장애물 과제로 활용이 가능하며, 하지의 근 기능 향상과 조절능력이 균형조절에 매우 중요한 요소로 작용할 것으로 사료된다.

## V. 결론

20대의 정상성인 30명을 대상으로 시각과 자세 교란을 통해 균형조절 능력의 차이를 알아보고자 부하중심(CoP)에서 단위 궤적길이와 동요면적, 하지근 운동단위 활동전위의 실효치 진폭(RMS)를 측정하였다. 측정자세는 한발로 서기, Romberg 서기, 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기로 하였으며, 각 자세에 따라 시각을 개폐하여 측정하였다.

이 연구결과에서 부하중심(CoP)의 단위궤적길이와 동요면적은 시각개폐와 자세변화에 따라 유의한 차이를 나타내었으며, 근 활동전위의 실효치 진폭(RMS)은 자세변화에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 시각과 자세변화에 따라 균형조절에 미치는 영향이 크므로 임상적으로 균형능력 향상을 위한 장애물 과제로 활용이 가능하며, 하지의 근 기능 향상을 위한 프로그램을 통해 기저면을 조절하는데 영향을 주어 균형능력에 매우 중요한 요소로 작용할 것으로 사료된다.

### Author Contributions

Research design: Seo SK, Kim TY

Acquisition of data: Seo SK, Kim SH

Analysis and interpretation of data: Seo SK, Kim SH

Drafting of the manuscript: Seo SK, Kim TY

Administrative, technical, and material support: Seo SK, Kim SH

Research supervision: Kim TY

### 참고문헌

1. Carr JH, Shepherd RB. Stroke rehabilitation: guidelines for exercise and training to optimize motor skill. Great Britain, Butterworth-Heinemann, 2003:35-6.
2. Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL. A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Phys Ther.* 1993;73(6):346-51; discussion 51-4.
3. Horak FB, Shupert CL, Dietz V et al. Vestibular and somatosensory contributions to responses to head and body displacements in stance. *Exp Brain Res.* 1994;100(1):93-106.
4. Inglis JT, Macpherson JM. Bilateral labyrinthectomy in the cat: Effects on the postural response to translation. *J Neurophysiol.* 1995;73(3):1181-91.
5. Geurts AC, Ribbers GM, Knoop JA et al. Identification of static and dynamic postural instability following traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(7):639-44.
6. Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook A. Postural perturbations: New insights for treatment of balance disorders. *Phys Ther.* 1997;77(5):517-33.
7. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing.* 2006;35(2):7-11.
8. Massion J, Amblard B, Assaiante C et al. Body orientation and control of coordinated movements in microgravity. *Brain Res Brain Res Rev.* 1998;28(1-2):83-91.
9. Nashner LM, Black FO, Wall C 3rd. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. *J Neurosci.* 1982;2(5):536-44.
10. Amiridis I, Arabatzi F, Violaris P et al. Static balance improvement in elderly after dorsiflexors electrostimulation training. *Eur J Appl Physiol.* 2005;94(4):424-33.
11. Bloem BR, Allum JH, Carpenter MG et al. Is lower leg proprioception essential for triggering human automatic postural responses? *Exp Brain Res.* 2000;130(3):375-91.
12. Carpenter MG, Allum JH, Honegger F. Vestibular influences on human postural control in combinations of pitch and roll planes reveal differences in spatiotemporal processing. *Exp Brain Res.* 2001;140(1):95-111.
13. Easton RD, Greene AJ, DiZio P et al. Auditory cues for orientation and postural control in sighted and congenitally blind people. *Exp Brain Res.* 1998;118(4):541-50.
14. Effgen SK. Effect of an exercise program on the static balance of deaf children. *Phys Ther.* 1981;61(6):873-7.
15. Laukkanen H, Rabin J. A prospective study of the eyeport

- vision training system. *Optometry*. 2006;77(10):508-14.
16. Lee SY, Son GS, Jeon HJ et al. The effects of therapeutic exercise on the balance and gait in older adults. *J Kor Soc Phys Ther*. 2007;19(2):1-10.
  17. Di Fabio RP, Badke MB. Stance duration under sensory conflict conditions in patients with hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil*. 1991;72(5):292-5.
  18. Kitamura J, Nakagawa H, Iinuma K et al. Visual influence on center of contact pressure in advanced Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 1993;74(10):1107-12.
  19. Paulus WM, Straube A, Brandt T. Visual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain*. 1984;107(Pt 4):1143-63.
  20. Scinicariello AP, Eaton K, Inglis JT et al. Enhancing human balance control with galvanic vestibular stimulation. *Biol Cybern*. 2001;84(6):475-80.
  21. Wilson VJ, Melvill Jones G. Mammalian vestibular physiology. New York and London, Plenum Press, 1979.
  22. Horak FB, Nashner LM, Diener HC. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Exp Brain Res*. 1990;82(1):167-77.
  23. Maurer C, Mergner T, Bolha B et al. Vestibular, visual, and somatosensory contributions to human control of upright stance. *Neurosci Lett*. 2000;281(2-3):99-102.
  24. Nolan L, Grigorenko A, Thorstensson A. Balance control: sex and age differences in 9- to 16-year-olds. *Dev Med Child Neurol*. 2005;47(7):449-54.
  25. Amiridis IG, Hatzitaki V, Arabatzi F. Age-induced modifications of static postural control in humans. *Neurosci Lett*. 2003;350(3):137-40.
  26. Berger L, Klein C, Commandeur M. Evaluation of the immediate and midterm effects of mobilization in hot spa water on static and dynamic balance in elderly subjects. *Ann Readapt Med Phys*. 2008;51(2):84-95.
  27. Winter DA, Prince F, Frank JS et al. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Neurophysiol*. 1996;75(6):2334-43.
  28. Mynark RG, Koceja DM. Down training of the elderly soleus h reflex with the use of a spinally induced balance perturbation. *J Appl Physiol*. 2002;93(1):127-33.
  29. Day BL, Steiger MJ, Thompson PD et al. Effect of vision and stance width on human body motion when standing: Implications for afferent control of lateral sway. *J Physiol*. 1993;469:479-99.
  30. Chae YW, Lee HJ, Park JW. The effects of balance performance to forward bending posture and sudden load in subjects with low back pain. *J Kor Soc Phys Ther*. 2005;17(3):413-20.
  31. Lee SY, Lee MH, Park MC et al. The effects the type of canes-handle affects in recovering-balance of hemiplegic patients. *J Kor Soc Phys Ther*. 2008;20(4):7-14.
  32. Woollacott M, Shumway-Cook A, Hutchinson S et al. Effect of balance training on muscle activity used in recovery of stability in children with cerebral palsy: A pilot study. *Dev Med Child Neurol*. 2005;47(7):455-61.
  33. Hatzitaki V, Amiridis IG, Arabatzi F. Aging effects on postural responses to self-imposed balance perturbations. *Gait Posture*. 2005;22(3):250-7.
  34. Hwang TY, Kim YN, Kim TY et al. The change of postural sway of diabetic neuropathy by galvanic vestibular stimulation. *J Kor Acad Clin Electrophysio*. 2005;3(1):71-84.