

불안정지지면 훈련과 평류전정자극이 균형 및 고유수용성감각에 미치는 영향

■ 박치복, 조운수¹, 황태연², 김용남¹

남부대학교 대학원 물리치료학과, ¹남부대학교 물리치료학과, ²전남과학대학교 물리치료과

The Effects of Balance and Proprioception by Unstable Surfaces Training and Galvanic Vestibular Stimulation

Chi-Bok Park, PT, MS; Woon-Su Cho, PT, PhD¹; Tae-yeun Hwang, PT, PhD²; Yong-Nam Kim, PT, PhD¹

Department of Physical Therapy, Graduate School, Nambu University; ¹Department of Physical Therapy, Nambu University; ²Department of Physical Therapy, Chunnam Techno University

Purpose : This study was conducted to examine the effects of unstable surface training and galvanic vestibular stimulation on balance and proprioception.

Methods : 4-week training was applied to 40 normal adults in their twenties (unstable surface training group 10, galvanic vestibular stimulation group 10, unstable surface training and galvanic vestibular stimulation group 10, control group 10). Balance and proprioception was measured before the experiment, after two weeks, and after four weeks. Repeated ANOVA was used for balance and proprioception analysis.

Results : As a result of repeated ANOVA on balance changes in double support, a significant difference was found in open sight in interaction among groups and periods ($p < 0.05$). As a result of repeated ANOVA on balance changes in double support, there was a significant difference in closed sight and interaction among groups and periods ($p < 0.05$). As a result of repeated ANOVA on balance changes in proprioception, there was no statistically significant difference in interaction among groups and periods.

Conclusion : In conclusion, both unstable surface training and galvanic vestibular stimulation had positive effect on balance control and proprioception improvement, and their excellence was not greatly different. Thus, it is possible to use unstable surface training and galvanic vestibular stimulation for physical therapy intervention to improve balance and proprioception. Since the results showed that simultaneous application of two methods had greater effects on difference compared with a single application, it is suggested to use this intervention in the clinical field.

Key words : Unstable surface training, Galvanic vestibular stimulation (GVS), Balance, Proprioception

논문접수일 : 2012년 5월 22일

수정접수일 : 2012년 5월 30일

게재승인일 : 2012년 5월 31일

교신저자 : 김용남, kyn0231@nambu.ac.kr

1. 서론

균형은 인간이 넘어지지 않고 체중을 지지한 자세에서 움직일 수 있거나 유지할 수 있는 능력을 말하며,¹ 인간이 일상생활을 하는 동안 매우 중요한 영향을 미치고 있다.² 균형을 조절하는 요인으로는 운동반응이 이루어지는 동안 기계적 구조를 제공하는 자세정

렬, 근골격계의 유연성을 포함하고 있는 근골격계학적 요인과 시각, 전정감각, 고유수용성감각이 포함되어 있는 신경학적 요인이 있다.³ 인간은 이 두 가지 요인이 모두 효과적으로 작용할 때 비로써 균형조절을 하는 능력을 만들어 낼 수 있다.³ 균형조절력을 향상시키기 위한 방법으로는 하지의 근력증진운동,

시각적 피드백과 바이오피드백 등을 이용한 고유수용성감각 훈련 등 여러 가지 다양한 방법의 연구가 진행되고 있다.⁴ 그 중 고유수용성감각 훈련을 이용한 연구가 재활분야나 물리치료분야에서 활발히 진행되고 있다.

Sherrington⁵은 고유수용성감각은 기계적 수용기가 신경 말단으로부터 전달되는 가중적 정보가 입력되는 것을 말하며, 이는 신체의 움직임에 관여하는 모든 관절의 각도와 각속도, 그리고 움직임의 비율에 대한 정보를 제공하여 정상적인 움직임을 유발하거나 보호하는 역할을 한다고 제시하였다. 이러한 고유수용성감각은 의식적인 수준과 비의식적인 수준에 따라 정보처리 과정이 다르게 나타나는데, 의식적인 수준은 기계적 수용기에 의해서 대뇌피질에 정보를 전달하여 신체가 동적·정적 상태에 따라 운동성감각에 정보를 적절하게 제공하고, 비의식적인 수준은 소뇌에 구심성 정보를 전달하여 신체의 협동 동작에 관여를 한다.⁶

고유수용성 감각이나 균형을 향상시키는 방법들에는 일상생활에서 활용 할 수 있고 누구나 쉽게 접할 수 있는 공기가 들어 있는 원판으로 된 불안정지면 운동은 불안정한 바닥에서 균형을 유지하는 운동으로써, 다리근력을 향상시키는데 효과적이며 불안정지면에서 운동한다는 특성으로 인하여 고유수용성감각을 향상시키는데 효과가 있다고 보고되고 있다.⁷⁻⁸ 또한 Pang 등⁹은 체성감각 및 조절능력을 향상하기 위하여 다양한 바닥에서 훈련과 균형 판이나 흔들리는 불안정판 위에서 걷기 운동을 실시하였고, Lee¹⁰는 불안정지면인 밸런스 패드에서 맨발로 운동을 실시한 후 균형능력 향상에 도움이 된다고 하였다.

평류전정자극(galvanic vestibular stimulation, GVS)은 역사적으로 150년 이전부터 사용되어 왔으며, 직류전류인 단속평류를 사용하여 전정계가 위치한 꼭지돌기(mastoid process) 부분에 전기 자극을 적용하여 구심성 전정신경의 불규칙한 발화를 유발하여 생체 전정계를 활성화시키는 비통증성 기법이다.¹¹⁻¹³ 평류전정자극의 조건으로는 강도와 맥동시간을 조정하여 변수로 적용되며, 많은 선행연구^{14,15}로부터 제시된 자극조건으로는 맥동시간을 1~2초 정도로 길게 하는 장시간 적용방법부터 20~50ms 정도로 적용하는 단시간 적용방법까지 다양하게 사용되고 있다. 장시간 적용방법은 자세동요를 크게 일으켜 부하 중심압(center of pressure, COP)의 변화를 일으키며, 단시간 적용방법은 전정운동 반응을 통해 사지의 근육에 영향을 주어 균형능력의 변화를 주게 된다.^{14,15} Bent 등¹⁶도 이러한 평류전정자극을 통하여 인간의 자세 및 균형, 보행, 인지능력 등에 미친다는 영향을 보고한 바 있다.

현재 평류전정자극은 직류전류 전기자극을 이용하여 전정계에 미치는 영향을 평가하는 방법으로 이용되어 왔으나 전기자극을 정해

진 기간 동안 계속 적용하여 균형 및 고유수용성감각의 변화에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 균형 및 고유수용성감각 향상을 위한 여러 가지 방법 중 공기로 채워진 원판으로 된 불안정지면 위에서 균형을 잡는 훈련과 직류전류를 이용하여 전정계를 자극하는 평류전정자극을 통하여 균형조절 능력과 고유수용성감각에 미치는 영향을 알아보고 그 결과를 임상에서 균형과 관련된 물리치료학적 적용에 대한 근거로 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 균형조절이나 고유수용성감각에 영향을 미칠 수 있는 신경계 및 근골격계 손상이 없는 건강한 대학생을 대상으로 연구과정에 대하여 충분히 설명한 후, 참여에 동의한 남·여 대학생 40명을 선발하였다. 불안정지면훈련군(unstable surfaces training group, UST), 평류전정자극군(galvanic vestibular stimulation group, GVS), 불안정지면 훈련과 평류전정자극을 동시에 실시한 군(unstable surfaces training with galvanic vestibular stimulation group, UST+GVS)으로 각각 10명씩 나누어 무작위로 배치하여 4주간 실험을 실시하였으며, 대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같다(표 1).

표 1. 대상자의 일반적 특성(n=30)

		UST (n=10)	GVS (n=10)	UST+GVS (n=10)	C (n=10)
성별	남	3	3	4	4
	여	7	7	6	6
나이(세)		19.9±0.6	20.2±0.6	20.3±0.8	20.2±0.8
신장(cm)		166.4±7.0	165.8±8.6	168.1±8.4	165.2±9.5
몸무게(kg)		56.9±7.5	57.0±6.4	57.6±7.33	56.7±10.4

평균±표준편차

UST: 불안정지면훈련군

GVS: 평류전정자극군

UST+GVS: 불안정지면 훈련과 평류전정

자극을 동시에 실시한 군

C: 대조군

2. 실험방법

1) 불안정지지면 훈련과 평류전정자극 방법

불안정지지면훈련군을 훈련하기 위해 지름 30cm에 공기가 채워진 원판으로 된 불안정지지면(Dynamic air cushion, TOGU, 독일)을 사용하였다. 훈련방법은 선행연구들¹⁷⁻¹⁹을 토대로 재구성하였다. 불안정지지면 위에 두발로 올라선 후 어깨는 90도 굴곡시켜 앞으로 나란히 자세를 취하고 불안정지지면 위에서의 시선은 지정된 한곳에 고정하고 균형을 잡는 동작으로 10분 실시 후 1분 휴식, 다시 10분을 실시하여 총 20분 주 3회 4주 동안 실시하였다.

평류전정자극군에서는 직류전기자극기(Endomed 581, Enraf Nonius Co., 네덜란드)를 사용하여 자극하였고, 구체적인 자극방식은 선행논문을 참고하여 재구성하였다. 적용방식은 맥동기간 300ms, 맥동간격은 700ms, 전류강도는 1.5mA로 하였고, 전극 배치는 측두골의 유양돌기 부위에 원형으로 된 1회용 접착식 전극을 우측은 음극, 좌측은 양극으로 부착하였다. 불안정지지면훈련군과 같은 자세에서 10분간 자극 후 극성을 바꾸어 다시 10분 자극하여 총 20분, 주 3회 4주 동안 실시하였다.

불안정지지면훈련과 평류전정자극을 동시에 실시하는 군은 불안정지지면훈련군, 평류전정자극군에서의 방식을 동시에 적용하였다.

2) 측정방법

(1) 균형지수 측정

본 연구의 균형지수 측정은 자세동요 변화를 측정하기 위하여 불안정지지면에서 균형훈련과 평류전정자극 후에 훈련 전, 2주 후, 4주 후로 나누어 균형 측정장비(Bio Rescue, CEGEDM, 프랑스)를 사용하였으며, 대상자가 두 발로 지지하여 발판에 서있을 때 시각개방 시와 시각폐쇄 시 2가지 상황에서 각각 60초씩 이동거리를 측정하여 균형지수로 사용하였다

(2) 고유수용성감각 측정

본 연구의 고유수용성감각 측정은 눈금이 1mm, 각 칸의 값이 1×1cm인 70×50cm의 모눈종이를 사용하여, 선행연구²⁰의 관절의 위치감각측정법을 응용하였다. 대상자는 양 발을 어깨넓이로 벌리고 똑바로 선 후 양쪽 눈을 수면안대로 가리고 왼발을 먼저 모눈종이 위에 올려놓고, 오른발을 왼발과 같은 위치에 놓도록 하였다. 이때 대상자가 양 발이 같은 위치가 아니라고 하면 다시 측정하여 대상자의 양 발 엄지발가락 끝의 차이 값을 고유수용성감각으로 하였고, 총 3회 반복 측정한 후 평균값으로 하였다.

3. 자료분석

본 연구의 통계학적 분석은 SPSS12.0 프로그램을 사용하였으며, 각 실험결과 값은 평균과 표준편차로 나타났다. 각 집단과 측정시기에 따른 변화에 대한 분석은 반복측정분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였으며, 모든 통계의 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

III. 결과

1. 균형의 변화

1) 시각개방과 양발지지 시 균형의 변화

불안정지지면훈련군은 실험 전 19.61 ± 4.60 , 2주 후 19.13 ± 5.00 , 4주 후 15.50 ± 4.10 으로 감소하였고, 평류전정자극군은 실험 전 25.54 ± 13.72 , 2주 후 22.10 ± 9.64 , 4주 후 18.44 ± 8.67 로 감소하였으며, 불안정지지면 훈련과 평류전정자극을 동시에 실시한군은 실험 전 28.39 ± 14.30 , 2주 후 23.51 ± 7.34 , 4주 후 19.23 ± 4.16 으로 감소하였으나, 대조군은 실험 전 15.46 ± 2.71 , 2주 후 17.12 ± 4.35 , 4주 후 19.96 ± 4.38 로 시기에 따른 변화가 나타나지 않았다(표 2).

균형변화에 대한 반복측정분산분석의 결과 시기별에서 유의한 차이가 나타났으며($p < 0.05$), 군간 및 시기에 따른 교호작용에서도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 그러나 집단 간의 변화에서 대조군에 비하여 불안정지지면훈련군, 평류전정자극군, 불안정지지면 훈련과 평류전정자극을 동시에 실시한 군이 감소되는 경향을 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(표 2).

표 2. 시각개방과 양발지지 시 균형의 변화

	실험 전	2주 후	4주 후	F		
				시간	그룹	시간X그룹
UST	19.61 ± 4.60	19.13 ± 5.00	15.50 ± 4.10	7.372	1.919	4.364*
GVS	25.54 ± 13.72	22.10 ± 9.64	18.44 ± 8.67			
UST+GVS	28.39 ± 14.30	23.51 ± 7.34	19.23 ± 4.16			
C	15.46 ± 2.71	17.12 ± 4.35	19.96 ± 4.38			

* $p < 0.05$

UST: 불안정지지면훈련군

GVS: 평류전정자극군

UST+GVS: 불안정지지면 훈련과 평류전정자극을 동시에 실시한 군

C: 대조군

2) 시각폐쇄와 양발지지 시 균형의 변화

불안정지지면훈련군은 실험 전 20.60±7.52, 2주 후 19.37±4.59, 4주 후 15.20±2.42로 감소하였고, 평류전정자극군은 실험 전 23.39±5.34, 2주 후 21.60±5.19, 4주 후 19.00±5.72로 감소하였으며, 불안정지지면 훈련과 평류전정자극을 동시에 실시한 군은 실험 전 34.95±18.86, 2주 후 26.64±11.44, 4주 후 20.11±5.26으로 가장 많이 감소하였으나, 대조군은 실험 전 16.29±3.33, 2주 후 19.50±7.37, 4주 후 20.48±4.16으로 시기에 따른 변화가 나타나지 않았다(표 3).

균형변화에 대한 반복측정분산분석의 결과 시기별에서 유의한 차이가 나타났으며(p<0.05), 군간 및 시기에 따른 교호작용에서도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났(p<0.05). 그리고 집단 간의 변화에서도 유의한 차이가 나타났(p<0.05)(표 3).

표 3. 시각폐쇄와 양발지지 시 균형의 변화

	실험 전	2주 후	4주 후	F		
				시간	그룹	시간X그룹
UST	20.60±7.52	19.37±4.59	15.20±2.42			
GVS	23.39±5.34	21.60±5.19	19.00±5.72			
UST+GVS	34.95±18.86	26.64±11.44	20.11±5.26	11.358*	3.440*	6.652*
C	16.29±3.33	19.50±7.37	20.48±4.16			

*p<0.05
 UST: 불안정지지면훈련군
 GVS: 평류전정자극군
 UST+GVS: 불안정지지면 훈련과 평류전정자극을 동시에 실시한 군
 C: 대조군

2. 고유수용성감각의 변화

불안정지지면훈련군은 실험 전 11.49±7.23, 2주 후 8.73±5.12, 4주 후 6.19±3.32로 감소하였고, 평류전정자극군은 실험 전 9.19±6.37, 2주 후 7.26±3.80, 4주 후 4.99±2.30로 감소하였으며, 불안정지지면훈련과 평류전정자극을 동시에 실시한 군은 실험 전 9.59±5.01, 2주 후 6.36±3.55, 4주 후 5.16±2.66로 감소하였으나, 대조군은 실험 전 12.32±6.82, 2주 후 11.59±6.29, 4주 후 12.29±4.07로 시기에 따른 변화가 나타나지 않았다(표 4). 고유수용성감각 변화에 대한 반복측정분산분석의 결과 시기별에서 유의한 차이가 나타났으며(p<0.05), 집단 간의 변화에서도 유의한 차이가 나타났(p<0.05), 그러나 군간 및 시기에 따른 교호작용에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다(표 4).

표 4. 고유수용성감각의 변화

	실험 전	2주 후	4주 후	F		
				시간	그룹	시간X그룹
UST	11.49±7.23	8.73±5.12	6.19±3.32			
GVS	9.19±6.37	7.26±3.80	4.99±2.30			
UST+GVS	9.59±5.01	6.36±3.55	5.16±2.66	11.461*	3.139*	1.369
C	12.32±6.82	11.59±6.29	12.29±4.07			

*p<0.05
 UST: 불안정지지면훈련군
 GVS: 평류전정자극군
 UST+GVS: 불안정지지면 훈련과 평류전정자극을 동시에 실시한 군
 C: 대조군

IV. 고찰

균형 및 자세조절은 시각, 고유수용성감각, 전정기관 등이 유기적으로 관여하고 있으며, 여러 가지 감각기관 중 전정계는 자세조절에 중요한 영향을 미치는 감각인자로 알려져 있다.²¹ 전정계를 자극하는 평류전정자극은 자세 및 균형조절에 영향을 미친다고 보고하였고,²² 평류전정자극을 편측과 양측에 적용시켜 신체동요가 증가되면서 신체의 자세와 인지에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.²³

또한, Fitzpatrick 등²⁴은 평류전정자극을 통해 고유수용성감각의 변화와 함께 하지 근육의 활성도에 영향을 미친다는 것을 보고하였으며, Grasso 등²⁵의 연구에서는 평류전정자극과 고유수용성감각 그리고 시각정보가 자세반응에 영향을 미친다고 보고하였다. 이와 같이 본 연구에서도 지속적으로 적용된 평류전정자극이 균형지수와 고유수용성감각에 유의한 변화를 보였다. 이는 전정계의 교란이 전정척수반사를 유도하여 하지 및 체간의 고유수용성감각이나 균형 능력을 촉진 시킨 것으로 생각된다.

Shumway-Cook³은 안정지지면에서의 운동보다는 불안정지지면을 제공함으로써 외적인 동요를 증가시켜 자세 정위(postural orientation)능력을 효과적으로 바꾸어 감각계 및 운동계를 더욱 빨리 수정할 수 있게 하고, 스스로 자세조절을 할 수 있는 자세전략(postural strategy)에 도움을 준다고 하였다. 또한, Di Fabio 등²⁶은 불안정지지면에서 시각을 차단했을 때, 기립 균형 능력이 향상된다고 하였다.

신체의 자세와 균형조절에 대한 여러 선행연구들을 살펴보면, 시각폐쇄 시 아킬레스건의 자극을 유발하면 비복근이 긴장되어 신체 움직임의 동요가 크게 나타난다고 하였다.²⁷ 그리고 시각을 차단하거나 시각의 상태를 제한함으로써 시각이 균형조절에 우위를 차지

함을 알아냈다고 보고되었다.²⁸⁻³¹ 또한 시각정보가 결여된 상태 즉 눈을 감고 서 있을 때에 자세동요가 20%~70% 정도 증가한다고 보고된 바 있다.³²

이러한 선행연구들과 같이 본 연구에서도 균형지수 측정을 위해 시각을 개·폐하여 측정하였다. 또한, 실험 시 전정계 및 고유수용성감각의 자극을 촉진하기 위하여 서있는 자체 만으로도 훈련이 가능한 공기가 들어있는 원형으로 된 불안정지지면과 평류전정자극을 이용해 훈련을 시킨 후 시각의 개방과 폐쇄 시의 균형과 고유수용성감각을 측정하였다.

만성 뇌졸중 환자를 대상으로 한 불안정지지면과 안정된 지지면에서의 운동효과를 비교한 연구에서 균형강화운동에 있어 안정지지면 운동보다 불안정지지면 운동이 일상생활수행능력과 정적균형능력을 향상 시키는데 효과적이라고 보고되었다.¹⁰ 6주간 정상 성인을 대상으로 원판운동과 트램폴린운동을 비교한 연구에서도 불안정지지면인 두 운동 모두가 균형과 고유수용성감각에 효과적이라고 보고되었다.³³

Jeong 등³⁴은 정상성인을 대상으로 고유수용성감각 증진운동을 실시한 결과 균형조절의 유의한 증가를 나타냈음을 보고하였는데, 앞에서 제시된 선행연구들을 토대로 본 연구에서도 불안정지지면 훈련과 평류전정자극을 4주 동안 실험을 걸쳐 제시된 균형 및 고유수용성감각의 변화를 알아본 결과 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

본 연구를 통하여 물리치료 영역에서 불안정지지면훈련과 평류전정자극이 균형조절능력과 고유수용성감각의 향상에 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 두 가지 훈련 방법에 대한 우수성은 크게 차이가 없다는 것도 알 수 있었다.

따라서 균형이나 고유수용성감각 증진에 대한 물리치료 중재에 있어서 불안정지지면훈련이나 평류전정자극법이 중재방법으로 활용 가능성이 제시되며, 두 가지 훈련을 동시에 적용시켰을 때, 각각의 훈련보다 변화폭이 크기 때문에 이러한 중재방법이 임상에서 활용 가능성이 높다는 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구는 불안정지지면 훈련과 평류전정자극이 균형과 고유수용성 감각에 미치는 영향을 알아보기 위하여 4주간 각각의 훈련들을 적용하여 균형과 고유수용성 감각을 측정하였다. 결과적으로 불안정지지면훈련과 평류전정자극 모두에서 균형조절 능력과 고유수용성감각의 향상에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었으며, 두 가지 훈련법에 대한 우수성은 크게 차이가 없다는 것을 알 수 있었다.

따라서 본 연구는 불안정지지면훈련이나 평류전정자극법이 균형이나 고유수용성감각 증진에 대한 물리치료 중재방법들에 있어서 기초자료로 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

Acknowledgement

본 논문은 박치복의 석사학위 논문으로 수행되었음.

참고문헌

1. Shumway-Cook A, Anson D, Haller S. Effect of postural sway biofeedback on reestablishing stability in hemiplegic patient. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;69:395-400.
2. Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL. Study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Phys Ther.* 1993;73:346-54.
3. Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction on balance: Suggestion from the field. *Phys Ther.* 1986;66:1548-50.
4. Walker C, Brouwer BJ, Culham EG. Use of visual feedback in retraining balance following acute stroke. *Phys Ther.* 2000;80:886-95.
5. Sherrington CS. Observations on the scratch-reflex in the spinal dog. *J Physiol.* 1906;34(1-2):1-50.
6. Fitzgerald MJT, Gruener G, Mtui E. Clinical neuroanatomy and neuroscience. 2007:417.
7. Na YM, Moon JH, Seong YJ et al. The effects of ankle disk training in functional ankle instability. *KSSM.* 1999;17(2):406-12.
8. Peter V, William D, Bart G. Peroneal reaction times and eversion motor response in healthy and unstable ankles. *J Athl Train* 2002;37(4):475-80.
9. Pang MY, Eng JJ, Dawson AS et al. A community-based fitness and mobility exercise program for older adults with chronic stroke: A randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53(10):1667-74.
10. Lee JY. Comparison of exercise effects between stable

- and unstable surfaces for chronic stroke patients. Eulji University. Dissertation of Master's Degree. 2009.
11. Cenciarini M, Peterka RJ. Stimulus-dependent changes in the vestibular contribution to human postural control. *J Neurophysiol*. 2006;95(5):2733-50.
 12. Day BL, Severac Cauquil A, Bartolomei L et al. Human body-segment tilts induced by galvanic stimulation: A vestibularly driven balance protection mechanism. *J Physiol*. 1997;500:661-72.
 13. Watson SR, Colebatch JG. Emg responses in the soleus muscles evoked by unipolar galvanic vestibular stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1997;105(6):476-83.
 14. Britton TC, Day BL, Brown P et al. Postural electromyographic responses in the arm and leg following galvanic vestibular stimulation in man. *Exp Brain Res*. 1993;94(1):143-51.
 15. Welgampola MS, Colebatch JG. Vestibulospinal reflexes: Quantitative effects of sensory feedback and postural task. *Exp Brain Res*. 2001;139(3):345-53.
 16. Bent LR, McFadyen BJ, Merkley VF et al. Magnitude effects of galvanic vestibular stimulation on the trajectory of human gait. *Neurosci Lett*. 2000;279(3):157-60.
 17. Bernier JN, Perrin DH. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27(4):264-75.
 18. Sheth P, Yu B, Laskowski ER et al. Ankle disk training influences reaction times of selected muscles in a stimulated ankle sprain. *Am J Sports Med*. 1997;25(4):538-43.
 19. Wester JU, Jespersen SM, Nielsen KD et al. Wobble board training after partial sprains of the lateral ligaments of the ankle: A prospective randomized study. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1996;1996(23):5.
 20. De Demenico G, McGloskey DI. Accuracy of voluntary movements at the thumb and elbow joints. *Exp Brain Res*. 1987;65(2):471-8.
 21. Inglis JT, Macpherson JM. Bilateral labyrinthectomy in the cat: Effects on the postural response to translation. *J Neurophysiol*. 1995;73(3):1181-91.
 22. Scinnicariello AP, Eaton K, Inglis JT et al. Enhancing human balance control with galvanic vestibular stimulation. *Bio Cybern*. 2001;84(6):475-80.
 23. Fitzpatrick RC, Day BL. Probing the human vestibular system with galvanic stimulation. *J Appl Physiol*. 2004;96(6):2301-16.
 24. Fitzpatrick RC, Wardman DL, Taylor JL. Effects of galvanic vestibular stimulation during human walking. *J Physiol*. 1999;517:931-9.
 25. Grasso R, Ivanenko Y, Lacquaniti F. Time course of gaze influences on postural responses to neck proprioceptive and galvanic vestibular stimulation in humans. *Neurosci Lett*. 1999;273(2):121-4.
 26. Di Fabio RP, Badke MB. Relationship of sensory organization to balance function in patients with hemiplegia. *Phys Ther*. 1990;70(9):542-8.
 27. Nashner LM, Balack FO, 3rd WC. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: Patients with vestibular deficits. *J Neurosci*. 1982;2(5):536-44.
 28. Diner HC, Horak FB, Nashner LM. Influence of stimulus parameter on human postural responses. *Journal of Neurophysiology*. 1988;59:1888-903.
 29. Goldie PA, Evans OM, Bach TM. Steadiness in one-legged stance: Development of a reliable force platform testing procedure. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992;73:348-54.
 30. Richardson PK, Atwater SW, Crowe TK et al. Performance of preschoolers on the pediatric clinical test of sensory interaction for balance. *American Occup Ther*. 1992;46(9):793-9.
 31. Nichols DS, Glenn TM, Hutchinson KJ. Changes in the

- mean center of balance during balance testing in young adults. *Phys Ther.* 1995;75:699-706.
32. Paulus WM, Straube A, Brandt T. Visual stabilization of posture: Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain.* 1984;107:1143-63.
33. Cha SH. The effects of baps board training and trampoline training on functional stability of ankles. Kyungwon University. Dissertation of Master's Degree. 2008.
34. Jeong ST, Hwang JH, Jae SY et al. Effects of the proprioceptive exercises on isokinetic strength and postural control. *J Korean Acad Rehab Med* 2004;28(2):151-6.