불안정한 지지면에서의 균형훈련이 발목관절 근활성도에 미치는 영향

■임상완, 김수현¹, 김용남², 두영택³, 서삼기⁴, 황태연⁵, 윤세원³

포항대학 물리치료과, ¹동신대학교 대학원 물리치료학과, ²남부대학교 물리치료학과, ³광주여자대학교 물리치료학과,
⁴서남대학교 물리치료학과, ⁵전남과학대학 물리치료과

The Effect of Balance Training on Balance Ability and Ankle Joint Muscle Activity

Sang-Wan Lim, PT, MS; Su-Hyon Kim, PT, MS¹; Young-Nam Kim, PT, PhD²; Young-Taek Doo, PT, PhD³; Sam-Ki Seo, PT, PhD⁴; Tae-Yeon Hwang, PT, PhD⁵; Se-Won Yoon, PT, PhD³

Department of Physical Therapy, Pohang University; ¹Department of Physical Therapy, Graduate school, Dongshin University; ²Department of Physical Therapy, Nambu University; ³Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University; ⁴Department of Physical Therapy, Seonam University; ⁵Department of Physical Therapy, Chunnam Techno College

Purpose : This study investigates the effects on balanced ability and ankle joint muscle following balance pad and trampoline training periods in order to report a clinical directing about this matter.

Methods : A total of nine members participated in a balance training program that put a balance pad and trampoline to use. Participants trained three times a week for thirty minutes in groups of six. Resting time was set for two minutes. EMG (median frequency and root mean square) was used to measure muscle activity at 3 weeks and 6 weeks, respectively. The tibialis anterior and gastrocnemius muscles were measured. Participants were measured with eyes open and closed.

Results : The median frequency showed a significant difference according to the change in time in both muscles. Also, results showed a significant interaction between eyes open and closed in the gastrocnemius muscle. The root mean square only showed a significant difference according to the change in time in the gastrocnemius muscle.

Conclusion : We suggest that the balance pad and trampoline training influence a decrease in the recruitment rate of slow twitch muscles through an improvement in balance ability; however, the training did not show a statistically significant difference with regards to eyes open and closed.

Key words : Balance, Trampoline, Ankle muscle

논문접수일 : 2010년 11월 22일

수정접수일 : 2010년 12월 14일

게재승인일 : 2010년 12월 15일

교신저자 : 윤세원, ptyoon2000@kwu.ac.kr

1. 서론

균형이란 두발이나 한발로 기저면(base of support)내에서 적응하는 능력으로 기저면 내에서 중력 중심(center of gravity)을 유지하여 자세안정성을 지속적으로 유지해 가는 과정을 의미한다. 균형을 유지하는 능력은 인간이 일상생활을 영위해 나가거나 목적

있는 활동을 수행하는데 있어서 가장 기본이 되는 필수요소이다.¹ 발목관절에서 근육의 협응은 기립자세에서의 흔들림을 조절하는 요소로 신체운동 시 안정성 있는 자세를 유지하기 위해 질량중심(center of mass, COM)을 체간에서 벗어나지 않도록 도와준다.² 따라서 기능적인 발목관절이 불안정할 때, 앞정강근(tibialis anterior)과 장딴지근(gastrocnemius)의 근력 약화로 발목의 불

안정성이 발생한다.³ 이로 인해 고관절과 체간운동의 보상 작용이 유발되어 균형 반응을 역학적으로 제한한다.⁴ 균형 반응을 제한하는 또 다른 원인으로 감각정보 통합, 신경계 처리, 생체 역학적 요인을 포함하는 복잡한 동작 조절 작업을 하는 균형 능력의 감소를 볼 수 있는데, 이것은 시각과 전정감각계 등 중추신경계의 퇴화, 고유수용감각의 저하, 또는 이러한 인자들의 복합적 작용에 의해 발생할 수 있다.⁵

Di Fabio는⁶ 불안정한 지지면에서 시각을 차단했을 때, 기립 균형 능력이 유의하게 감소된다고 보고하였으며, 불안정한 바닥면과 시각차단에 따른 앉은 자세에서 동요거리를 측정한 결과, 불안정한 지지면에서 좌 우 동요거리가 증가된다.⁷ 따라서 앉은 자세로 균형 훈련을 하는 동안 불안정한 지지면을 사용하는 것은 중요한 요소가 될 수 있다.

Ryerson 등⁸은 몸통 조절 및 균형을 개선시키기 위한 훈련방법으로서 몸통의 고유수용성 감각 훈련의 중요성을 강조하였다. Franklin 등⁹은 불안정한 지지면에서 수행하는 운동이 신경근 동원패턴(neuromuscular recruitment pattern)을 잠재적으로 바꿀 수 있는 방법 중 하나라고 하였다.

고유수용성감각은 관절의 기능적 불안이나 재 손상을 감소시키는데 중요한 역할을 하므로 스포츠 손상 후 재활 훈련 시 고유수용성 감각에 대한 재교육이 강조되고 있으며, 안뜰계의 감각은 균형 조절에 있어 중요한 감각으로 안뜰계로부터의 구심성 정보가 자세 동요 시 사지의 진폭을 조절하여 미세하게 신체의 재 정렬을 이루는 자세반응의 역할을 수행하고, 시각 및 고유수용성 감각 등과 함께 반사적인 자세나 운동의 조절에 있어 중요한 기능을 수행 한다. 따라서 발목관절의 안정성과 적절한 근육활동이 협응되기 위해 불안정한 발판의 종류에 따른 균형훈련과 고유수용기를 자극하는 훈련이 필요하며, 약화된 근육을 강화시키는 근육 훈련이 필요하다고 하였다.¹⁰

균형을 향상시키기 위한 훈련프로그램에는 유산소 운동, 근력 그리고 균형훈련으로 나눌 수 있다. 균형훈련 프로그램의 첫 번째 형태는 안정성 향상의 방법으로서 일반적인 유산소 훈련에 초점을 두는 경우이며, 두 번째 형태는 균형을 향상시키기 위한 근력 훈련을 강조하며, 세 번째 형태는 균형 훈련 프로토콜을 사용하여 각각 다른 감각 입력을 사용하여 균형을 향상시키는 방법이 있다.¹¹ 균형훈련의 도구로 균형판과 트램폴린이 많이 사용되고 있는데, 균형판은 균형훈련을 위한 간단한 도구로써 손쉽게 환자나 일반인들의 균형감각 훈련에 도움이 되므로 많이 사용해오고 있다. 또한 불안정 발판에서 균형능력을 평가하는 기구가 개발되어 균형평가나 치료에 이용되고 있으며, 불안정한 지지면인 트램폴린은 스프링

반동을 이용한 공간운동이 추가 되기 때문에 신체균형감각 및 방향능력, 즉 신체 공간 정위능력을 발달시킬 수 있다고 하였다.¹² 그리고 단시간 내에 동작이 이루어지므로 순간적인 판단력을 기를 수 있고, 하지근력 및 발목의 유연성을 기를 수 있는 특성이 있다고 하였다.¹³

지금까지 진행된 선행연구에서 단기간 동안 균형판을 이용한 연구는 많았지만 트램폴린과 균형판을 결합한 운동프로그램에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 불안정한 지지면에서 균형훈련인 균형판과 트램폴린을 이용하여 훈련기간에 따른 균형능력의 향상이 발목관절 주위 근육에 미치는 영향을 알아 보고, 발목관절의 불안정성 및 균형능력 향상에 대한 임상적 지표를 제시하고자 하는데 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구기간 및 연구대상자

본 연구의 대상자는 K대학교에 재학 중인 학생들 가운데 본 연구의 취지를 알고 자원한 건강한 여학생 9명을 대상으로 시각적으로 장애가 없고, 현기증 및 경미한 두통이 없는 자, 정형외과적으로 양 하지에 병리학적 문제 및 근 골격계 손상이 없는 자, 신경외과적 질환, 시력손상이나 안뜰계 질환으로 인한 균형 장애로 균형훈련기 위에서 외발서기 수행이 어려운 대상자는 제외하여 선정하였다.¹⁴ 본 연구에 참가한 연구대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(표 1).

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

(n=9)		
연령(세)	신장(cm)	몸무게(kg)
20.66±05	164.16±51	53.78±50

평균±표준편차

2. 실험방법

1) 균형훈련 프로그램

9명의 실험대상자들은 균형판과 트램폴린을 이용한 균형훈련 프로그램을 주 3회 30분씩 6주간 실시하였으며, 균형판과 트램폴린 균형훈련 프로그램 사이의 휴식시간은 2분으로 설정 하였다

(1) 균형판 균형훈련 프로그램

본 연구에서는 불안정한 지지면에서의 평형훈련 프로그램 등¹⁵을 종합 분석하여 8개의 균형 훈련 프로그램을 구성하였다(표 2).

정적인 면에서 눈을 감은 상태와 눈을 뜬 상태, 동적인 면에서 눈을 감은 상태와 눈을 뜬 상태에서 각각 1분씩 좌-우로 각각 360도 돌기(각 30초씩), 총 8개 활동 영역을 순서에 의하여 실시하였으며, 눈을 뜨고 하는 훈련이 끝나면 2분의 휴식을 허용하고, 총 10 분간의 평형 훈련을 실시하였다.

표 2. 균형판 균형훈련 프로그램

운동	불안정한 지지면에서(제자리에서)	소요시간
운동 1	눈뜨고 한발로 서있기	2분
운동 2	제자리 걷기	2분
운동 3	한발로 360° 돌기(좌, 우 각각)	각 1분씩
운동 4	40° ~ 60° 작게 꼬그려 있기	2분
휴식		2분
운동 5	눈감고 한발로 서있기	2분
운동 6	제자리 걷기	2분
운동 7	한발로 360° 돌기(좌, 우 각각)	각 1분씩
운동 8	40° ~ 60° 작게 꼬그려 있기	2분

평균±표준편차

(2) 트램폴린 균형훈련 프로그램

트램폴린 위에서 균형 잡기를 시도하면서 전체적인 움직임을 유도한다. 특히 균형 잡기와 신체 긴장이 복합된 트램폴린 위에서의 활동은 감각통합이 자연스럽게 이루어지기 때문에 균형훈련은 트램폴린과 같은 불안정한 지지면에서 진행하였으며, 각각의 운동을 순서대로 2회 반복하여 총 10분 실시하였다(표 3).¹⁶⁾

표 3. 트램폴린 균형훈련 프로그램

회기	트램폴린 프로그램	소요시간
1	트램폴린에서 수직으로 뛰기	1분
2	트램폴린을 뛰면서 방향 전환하기	1분
3	트램폴린에서 제자리 걷기	1분
4	트램폴린에서 다리 벌려서 뛰기	1분
5	트램폴린에서 수직 뛰면서 공받기	1분

3. 측정방법

1) 평류안뜰자극 (EMDOMED 581, Enraf-Nonius BV, 네덜란드)
평류안뜰자극은 3×5cm의 일회용 자가-접착식 표면전극(Enraf Nonius, 네덜란드)을 관자뼈 꼭지돌기부의 우측-음극, 좌측-양극의 양극(binaural)에 배치하였다. 위상기간 1,000ms, 위상 간

간격 4,000ms, 순환주기 20%, 단상 직사각파형, 자극 강도는 개인에 따라 설정하고, 자극시간은 32초의 조건으로 자극하였다.

1) 근전도 측정

발목관절 주변의 근 활성도를 측정하기 위하여 표면 근전도기(MP 150, Biopac, 미국)를 사용하였다. 근전도 부착 부위는 좌-우측 앞 정강근(tibialis anterior)과 장딴지근(gastrocnemius)으로 하였으며, 활성전극(Ag-Ag/Cl; Biopac, diameter 2cm, inter-electrode distance 2cm)은 근섬유 방향과 평행하게 근육 힘살의 중간 부위에 배치하였다. 피부저항을 최소화하기 위해 전극 부착 부위를 알코올로 닦고 완전히 마른 후에 전극을 부착하였다. 근전도의 신호는 중앙주파수와 실효치진폭을 분석하였고, 총 30초의 신호 중 신호가 불안정한 초기와 후기 3초를 제외한 24초의 신호를 분석하였으며, 좌우측 근육의 값을 합산하여 평균으로 분석하였다.

4. 자료분석

자료분석은 Windows용 SPSS Ver12.0 통계프로그램을 이용하여, 각 측정항목의 시간에 따른 시각개폐여부 간 변화향상의 차이를 알아보기 위해 반복측정분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였으며, 모든 통계적 유의성을 검정하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 중앙주파수의 변화

1) 앞정강근의 변화

6주간의 훈련에 따른 중앙주파수의 변화는 다음과 같다(표 4). 분석결과 측정시기와 시각개폐여부 간 교호작용은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 시간에 따른 시각 개폐여부 간 변화향상의 차이는 없는 것으로 나타났다. 주효과 검정의 시각개폐에 따른 차이도 없는 것으로 나타났으나, 측정시기에 따른 중앙주파수의 변화의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F_{2,16}=13.188, p<0.001$).

표 4. 앞정강근의 중앙주파수의 변화

시각개폐여부	(주파수: Hz)		
	실험 전	3주	6주
개방	142.77±22.05	134.33±26.97	118.77±20.67
폐쇄	131.81±17.40	122.32±10.31	122.94±7.87

평균±표준편차

1) 장딴지근의 변화

6주간의 훈련에 따른 중앙주파수의 변화는 다음과 같다(표 5). 분석결과 측정시기와 시각개폐여부 간 교호작용은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F_{2,16}=4.069$, $p<0.05$). 따라서 시간에 따른 시각 개폐여부 간 변화양상은 다른 것으로 나타났다. 주효과 검정에서 시각개폐에 따른 차이는 없는 것으로 나타났으나, 측정시기에 따른 중앙주파수의 변화는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F_{2,16}=12.341$, $p<0.001$).

표 5. 장딴지근의 중앙주파수의 변화

(주파수: Hz)			
시각개폐여부	실험 전	3주	6주
개방	144.61±18.78	137.29±18.50	125.02±19.32
폐쇄	135.11±29.33	128.88±19.66	123.37±17.37

평균±표준편차

2. 실효치진폭의 변화

1) 앞정강근의 변화

6주간의 훈련에 따른 실효치진폭의 변화는 다음과 같다(표 6). 분석결과 측정시기와 시각개폐여부 간 교호작용이 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 시간에 따른 시각 개폐여부 간 변화양상의 차이는 없는 것으로 나타났다. 주효과 검정의 시각개폐 및 시간에 따른 차이도 없는 것으로 나타났다.

표 6. 앞정강근의 실효치진폭의 변화

(진폭: mV)			
시각개폐여부	실험 전	3주	6주
개방	0.168±0.057	0.170±0.087	0.137±0.056
폐쇄	0.171±0.071	0.170±0.094	0.143±0.055

평균±표준편차

2) 장딴지근의 변화

6주간의 훈련에 따른 실효치진폭의 변화는 다음과 같다(표 7). 분석결과 측정시기와 시각개폐여부 간 교호작용이 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 시간에 따른 시각 개폐여부 간 변화양상의 차이는 없는 것으로 나타났다. 주효과 검정의 측정시기에 따른 차이도 없는 것으로 나타났으나, 시간에 따른 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($F_{2,16}=6.946$, $p<0.01$).

표 7. 장딴지근의 실효치진폭의 변화

(진폭: mV)			
시각개폐여부	실험 전	3주	6주
개방	0.210±0.137	0.204±0.055	0.104±0.034
폐쇄	0.167±0.074	0.198±0.064	0.112±0.030

평균±표준편차

IV. 고찰

균형은 감각정보 통합, 신경계 처리, 생체 역학적 요인을 포함하는 복잡한 동작 조절 작업으로,¹⁷ 기저면(base of support)내에 무게중심을 유지하고, 신체의 이동 시 평형을 지속적으로 유지할 수 있는 능력이다.¹⁸ 균형을 유지하기 위해서는 중추신경계의 통합작용, 근골격계, 시각 및 안뜰기관, 고유수용성의 조절이 요구된다. 균형에 중요한 역할을 하는 발목관절은 발이 놓이는 표면에 스스로를 적응시켜 양발의 위치가 변화하는 활동을 수행할 때 과도한 불균형을 막아 신체에 적절한 기저부를 제공한다.¹⁹ Denegar와 Miller는²⁰ 발목 주변의 근력과 고유수용감각이 정상기능을 유지할 때 비로소 발목의 정적 안정성과 동적 안정성이 유지된다고 하였고, 균형능력 또한 향상된다고 하였다. 이들 요소 중에 적어도 한 부분의 결함이 있으면 신체균형유지가 어렵게 되고 기능적인 활동의 제한을 받게 된다. 따라서 발목 관절의 안정성을 증가시키기 위한 균형훈련과 고유수용기를 자극하는 훈련이 필요하며, 약화된 근육을 강화시키는 근력 훈련이 필요하다고 하였다.²¹

기립균형의 평가는 신경손상을 받지 않은 환자에 있어서 기립균형의 불안정 상태를 치료하기 위한 기본적인 사항으로, 특히 편마비환자의 기립균형 평가는 신체의 자세유지 능력 혹은 기립하고 있는지 또는 스스로 기립하고 있는지에 대한 질적인 평가가 이루어져야 한다.²² 그러므로 본 연구에서 근전도를 이용하여 발목 주변 근육의 신호를 기록하여 균형능력을 정량적으로 평가하고자 하였다.

최근에는 균형훈련과 고유수용감각 훈련 장비로써 흔들판을 이용한 운동,²³ Posturomed를 이용한 운동,²⁴ 한발로 중심잡기²⁵와 불안정한 발판 위에서 중심을 잡는 운동, 트램폴린, 미끄럼판 등을 이용한 운동들이 제시되고 있다.

본 연구에서는 정상인 9명을 대상으로 균형판과 트램폴린 균형훈련 프로그램을 주3회 30분씩 6주 동안 실시한 결과, 시각개폐여부와 상관없이 모두에서 측정시기에 따라서 중앙주파수의 유의한 감소를 보였다. 이러한 것은 초기 중앙주파수의 증가가 빠른연축근섬유(fast twitch fiber)의 운동단위 동원율이 높음을 의미한

다는 선행연구²⁶로 미루어 볼 때 본 연구의 훈련 프로그램이 시기가 지남에 따라 느린연축근섬유(slow twitch fiber)가 많이 분포된 자세유지근의 동원 능력이 향상되어 중앙주파수가 낮아진 것으로 생각된다. 또한 이러한 불안정한 지지면이나 트램폴린과 같은 운동이 본 연구에서 나타난 근전도 결과뿐 아니라 균형능력에도 영향을 미치는 것으로 선행연구들에서 보고되고 있는데, 배수찬 등¹⁵은 편마비 환자를 대상으로 불안정한 지면에서 평형 훈련이 균형 능력에 미치는 영향을 알아보기 위해 12주간 주 3회, 매회 10분씩 불안정한 지면에서 각 항목 당 1분의 시간을 주어 총 8항목의 평형 훈련 프로그램을 실시한 결과 자세동요가 안정화되어 불안정한 지면에서의 균형훈련이 균형능력 향상에 효과적이라고 보고 하였다. 서연태¹⁶는 발달장애아동 30명을 대상으로 트램폴린 운동프로그램을 12주간 실시한 결과, 트램폴린 군이 통제군에 비해 균형능력이 유의한 증가를 보였으며, 이것은 운동이 반동 작용을 통한 운동이기 때문에 신체균형감각과 방향능력, 신체 공간 정위능력을 발달시킬 수 있다고 하였다. 따라서 이들 선행연구들과 비교하여 볼 때 균형판과 트램폴린 균형훈련 프로그램은 자세유지근의 능력을 향상시키고, 이러한 자세유지근 능력의 향상이 균형능력 향상에도 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 훈련기간에 따른 발목 근육의 근 활성화도 변화를 분석하기 위한 근전도 측정 결과 장딴지근에서 실효치 진폭의 감소가 나타났다. 유진호²⁷는 균형판과 트램폴린 운동훈련은 불안정한 지면에서의 운동이라는 특성으로 인해 고유수용감각을 향상시키고, 하지 근력을 향상시키는데 효과적이며, 불안정한 지면에서의 균형훈련이 전통적인 운동치료 방법보다 환자들의 균형능력 향상시키고 발목관절 근력을 증가시킬 수 있다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서의 불안정한 지지면 및 트램폴린을 통한 훈련 효과들은 평류안뜰자극에 의한 균형유지의 어려움에도 불구하고, 균형능력의 향상으로 근 활동시 빠른연축근섬유의 동원비율을 줄여 전체적으로는 근활성도가 감소된 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 대상자들을 여학생으로 한정하였기 때문에 본 연구의 결과를 남자를 포함한 전체 성별로 일반화하기에는 어려움이 있다.

V. 결론

본 연구의 결과에서 6주간 균형판과 트램폴린을 통한 훈련은 앞정강근과 장딴지근의 중앙주파수를 감소시키는데, 특히 눈을 뜬 상태에서 더욱 감소시키며, 장딴지근의 근 활성화도만 감소시키는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구의 불안정한 지지면에서 균형훈련

프로그램은 균형유지와 같은 근활동 시 균형능력을 향상시키고 이러한 균형능력의 향상으로 빠른연축근섬유의 동원비율을 감소시켜 전체적인 근활성도를 감소시키는데 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 향후 기능적으로 불안정한 발목관절을 가진 환자를 대상으로 이러한 균형판과 트램폴린을 이용한 훈련이 임상적으로 적용되기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL. A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Phys Ther.* 1993;73(6):346-351.
2. 채정병, 김병조, 배성수. 자세조절과 균형에 관한 고찰. *대한물리치료학회지.* 2001;13(2):421-431.
3. Kaminski TW, Hartsell HD. Factors contributing to chronic ankle instability: a strength perspective. *J Athl Train.* 2002;37(4):394-405.
4. Horack FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: Adaption to altered support-surface configuration. *Am Physiological Soc.* 1986; 55:1396-1381.
5. Gehlsen GM, Whaley MH. Falls in the elderly: Part I, Gait. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71(10):735-8.
6. Di Fabio RP, Badke MB. Relationship of sensory organization to balance function in patients with hemiplegia. *Phys Ther.* 1990;70(9):542-548.
7. van Nes IJ, Nienhuis B, Latou H et al. Posturographic assessment of sitting balance recovery in the subacute phase of stroke. *Gait & Posture.* 2008;28(3):507-512.
8. Ryerson S, Byl NN, Brown DA et al. Altered trunk position sense and its relation to balance functions in people post-stroke. *J Neurol Phys Ther.* 2008;32(1):14-20.
9. Franklin DW, Osu R, Burdet E et al. Adaptation to stable and unstable dynamics achieved by combined impedance control and inverse dynamics model. *J Neurophysiol.* 2003;90(5):3270-3282.

10. Inglis JT, Shupert CL, Hlavacka F et al. Effect of galvanic vestibular stimulation on human postural responses during support surface translations. *J Neurophysiol*. 1995;73(2):896-901.
11. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: Theory and practical applications. Baltimore: Williams & Wilkins. 1995;475.
12. 최대식. 트램폴린운동이 정신지체아동의 평형성에 미치는 영향. 용인대학교. 석사학위논문. 2006.
13. 손석정. 공군사관학교 체육실기 지침서. 형설출판사. 1992;97-104.
14. 박승규. 훈련용 볼 위에서의 서기 훈련이 정적균형에 미치는 효과. 한국스포츠리서치. 2005;6(4):1103-1112.
15. 배수찬. 불안정한 지지면에서의 평형 훈련이 편 마비 환자의 균형 능력에 미치는 영향. 단국대학교. 석사학위논문. 2001.
16. 서연태. 트램폴린 운동이 발달장애아동의 협응력에 미치는 영향. 한국스포츠리서치. 2007;18(1):523-534
17. Duncan PT. Blance: Proceedings of the APTA Forum. 1989.
18. Nashner LM. Sensory, neuromuscular and biomechanical contribution to human balance. In Duncan PM, editor. Balance: Procceding of the APTA Form. Alexandris: APTA Publiation. 1990:5-12.
19. Schenkman M, Bulter RB. A model for multisystem evaluation and treatment of indivisual with Pakinson's disease. *Phys Ther*. 1989;69:932-943.
20. Denegar C, Miller SJ 3rd. Can chronic ankle instability be prevented? Rethinking Management of Lateral Ankle Sparains. *J Athl Train*. 2002;12:37(4):430-435.
21. 이정원. 균형손상 노인에서 발목관절 전략 운동의 균형증진 효과. 연세대학교. 박사학위논문. 2007.
22. 권혁철, 정동훈. 편마비 환자의 비대칭적 체중지지가 기립균형 안정성 한계에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2000;7(2):1-19.
23. Schweizer A, Bircher HP, Kaelin X et al. Functional ankle control of rock climbers. *Br J Sports Med*. 2005;39(7):429-31.
24. Müller O, Günther M, Krauss I et al. Physical characterization of the therapeutic device posturomed as a measuring device-presentation of a procedure to characterize balancing ability. *Biomed Tech (Berl)*. 2004;49(3):56-60.
25. Rozzi SL, Lephart SM, Sterner R et al. Balance training for persons with functionally unstable ankles. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1999;29(8):478-86.
26. 박경희, 권오윤, 장근 등. 등척성 운동 시 요추의 각도에 따른 중앙주파수와 토크의 특성. 한국전문물리치료학회지. 2001;8(2):41-54.
27. 유진호. 일부 여대생에서 세 가지 균형조절 훈련의 효과 비교. 조선대학교. 박사학위논문. 2010.