

# 노인의 낙상방지를 위한 바이오피드백 훈련의 효과

강권영<sup>1</sup> · 이상빈<sup>2</sup>

<sup>1</sup>단국대학교 일반대학원 특수교육학과 · <sup>2</sup>남서울대학교 물리치료학과

## Effects of Biofeedback Training for Prevention of Falling in Elderly Persons

Kwon Young Kang<sup>1</sup>, M.Sc., P.T. · Sang Bin Lee<sup>2</sup>, Ph.D., P.T.

<sup>1</sup>*Dept. of Special Education(Physical Therapy), The Graduate School, Dankook University*

<sup>2</sup>*Dept. of Physical therapy, School of Health & Medicine, Namseoul University*

### ABSTRACT

**Background:** The purpose of this study was to investigate effects of six-week biofeedback training for prevention of falling in elderly persons. Biofeedback training for using the TETRAX system. **Methods:** Thirty healthy elderly persons(men=17, women=13) who were 79 years of mean age participated in sensory regulation training. They were trained for thirty minutes a day, three times per week. We measured subjects sensory regulated function by TETRAX system, and analyzed mean difference of observed variables by paired t-test between the pre and post test. **Results:** The first experimental group were significantly difference between pre and post test. The second control group were not significantly between the pre and post test. The third there are significant between group. **Conclusion:** The results of this study reveal that biofeedback training exercise will improve sensory balance function, and further studies needs to identify which specific factors are related to fall in the elderly population, and it is expected this study may contribute in reducing fall and therapeutic exercise in falling.

**Key Words :** Biofeedback, Elderly, Falling

## I . 서 론

### 1. 연구의 배경 및 필요성

일반적으로 노화는 체력저하 및 전반적인 신체기능

의 저하를 불러옴으로써 노인들의 경우 시선조절능력이 저하되거나 혹은 자세의 불안정으로 인한 신체균형조절능력 등의 기능이 약화됨으로써 낙상 위험요인의 증가로 이어진다(Gauchard 등, 2003).

낙상은 많은 재활비용을 필요로 하며 잠재적으로

심각한 생리적, 신경 정신적, 사회적 문제를 가진다. 치명적이지 않은 낙상은 노인들에게 신체적 상해, 활동수준 감소, 자신감 상실, 생활양식의 변화 등을 초래한다(Sattin, 1992; Campbell 등, 1990; Tinetti 등, 1994). 또한 낙상은 외적인 충격 없이 일상생활을 수행하는 동안 비의도적으로 균형이나 안정성을 잃으면서 신체의 일부분이 바닥에 닿게 되어 발생하는 것이다(Lord 등, 1991). 임상에서는 이런 낙상으로 인해 근골격계손상을 경험하는 노인들을 자주 볼 수 있다.

노인들의 낙상의 원인으로는 서있는 자세 조절능력 감소(Tinetti 등, 1986), 자세변화의 증가(Campbell 등, 1989), 동적균형능력 감소(Wolfson 등, 1986), 보행속도와 가동성의 감소(Hinman 등, 1988), 하지근력의 감소(Kerrigan 등, 1998), 그리고 의자에서 일어나는 능력의 감소(Lord 등, 2002)등과 유의한 관계가 있는 것으로 나타났다.

낙상을 경험한 노인들은 낙상의 공포로 일상생활 동작이나 가동성이 제한되는데 낙상을 경험한 노인의 40~70%가 낙상으로 인한 공포로 일상생활활동을 회피한다고 보고하였다(King 과 Tinetti, 1995). 그러므로 적어진 움직임은 근력과 균형능력 및 체력적 저하를 가져오고 이런 저하된 능력은 낙상의 위험도를 높여 악순환을 만들게 된다. 따라서 노인에게 있어서 운동은 절대적으로 필요하다고 할 수 있겠다. 운동이 부족한 노인들은 근위축이나 골밀도의 저하가 촉진되고(Jessup 등, 2003), 근력이나 유연성, 순발력, 평형능력 등 건강관련 체력이 급격히 저하하여 일상생활에 지장을 초래하는 경우가 많다(Tideiksaar, 1997). 노인에 있어서의 운동은 심혈관계 질환, 당뇨병, 고혈압과 비만 등의 위험성을 감소시켜줄 뿐만 아니라 뼈의 밀도와 근육의 양을 증가시켜주는 효과가 있다(Lexell 과 Taypor, 1991). 또한 운동은 근력과 기능적인 능력을 향상시켜 줌으로써 일상생활동작 수행 시의 기능적인 독립성과 삶의 질을 개선시키며 정신적인 면에서도 긍정적인 효과를 보여준다(한태륜, 2002).

위에서 설명한 바와 같이 균형조절을 위해서는 근골격계의 구성요소가 필요하며 또한 신경계의 구성요소들의 복합적인 상호작용이 필요하다. 즉, 감각과 운

동의 협응이 요구된다. 그래서 신체의 균형을 잡는 감각기관으로는 지지면과 관계된 공간에서의 몸의 위치에 관한 정보를 전달하고 인체의 각 부분들과 다른 부분들 사이의 관계에 대한 정보를 제공하는 체성감각계, 머리의 위치와 움직임에 관한 정보를 주는 시각계, 중력과 관성에 대해 머리의 위치와 움직임에 대해 정보를 제공하는 전정계 등이 있으며, 이들로부터 들어오는 구심성 정보가 중추신경계에서 통합 조절된 후 안구와 사지운동의 반사적 조절을 유발하여 균형을 유지하고 있다(이정구, 1999). 그러므로 균형조절에 기여하는 감각 입력이 감소하면, 노인들의 균형이 악화된다는 것을 알아내었다(Woollacott 와 Shumway--Cook, 1990; Wollacott 등, 1986).

발달 초기에 신체상을 형성시켜 주고 모든 운동기능의 기초가 되는 시지각(Pedretti 등, 1996)과 균형에 관한 연구로 노인을 대상으로 한 연구를 살펴보면 시지각이 균형유지 능력에 영향을 미치는 요인으로 보고되었다(장문영과 이윤주, 1999).

이 연구는 6주간의 바이오피드백 훈련을 70세 이상 90세 이하의 노인에게 적용하여 노인의 균형능력 향상에 영향을 주는지 알아보고 바이오피드백 훈련을 통한 균형운동이 노인의 균형 향상에 도움이 된다면 더 나아가 사회적 경제적 문제가 되고 있는 노인의 낙상 방지에 효과적인 운동방법으로 활용하고자 한다.

## 2. 연구의 목적

이 연구의 목적은 노인들에게 노화로 인한 근력저하와 유연성 상실이 기능적인 운동능력의 소실을 유도하여 균형능력을 저하시키며 이에 따라 낙상의 위험을 증가시키는데, 이를 방지하기 위한 운동으로 바이오피드백 훈련이 균형운동에 미치는 효과를 알아보기 위함이다. 이 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

첫째, 바이오피드백 훈련이 운동능력에 영향을 미치는지 확인한다.

둘째, 바이오피드백 훈련이 균형에 영향을 미치는지 확인한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 경기도 분당 J종합병원에 재활 치료실에서 재활치료를 받으러 내원하는 70세 이상 80세 이하의 노인들을 대상으로 2008년 4월14일 부터 5월25일 까지 6주간 대상자 선정기준을 적용하였고 연구대상자는 실험군 15명, 대조군 15명으로 총 30명 이었다. 이들의 일반적인 특성을 보면, 실험군 15명 중 남성이 9명, 여성이 6명이고, 평균연령은 74.04±1.23세이며, 평균체중은 63.32±4.10kg이었다. 대조군에서는 남성이 8명, 여성이 7명이고, 평균연령이 72.12±2.63세이며, 평균체중이 67.51±2.34kg이다(표 1).

표 1. 대상자의 일반적 특성 (N=30)

|        |    | 실험군(N=15)               | 대조군(N=15)  |
|--------|----|-------------------------|------------|
| 성별     | 남성 | 9                       | 8          |
|        | 여성 | 6                       | 7          |
| 나이(세)  |    | 74.04±1.23 <sup>a</sup> | 72.12±2.63 |
| 체중(kg) |    | 63.32±4.10              | 67.51±2.34 |

<sup>a</sup> Mean±SD

대상자 선정 기준은 다음 조건으로 선정하였다.

독립적인 일상생활이 가능한 노인 중

- 1) 지시에 따라 행동할 수 있고, 스스로 바닥에서 일어날 수 있는 자.
- 2) 외부의 보조 없이 보행이 가능한 자.
- 3) 중추 또는 말초신경에 병변이 없는 자.
- 4) 시각, 청각에 이상이 없고, 검사 수행에 따른 의사소통이 가능한 자.
- 5) 하지골절과 관절 가동범위의 제한 등의 정형외과적 문제가 없는 자.
- 6) 실험에 영향을 주는 약물을 복용하지 않는 자.

각각의 대상자에게 이 연구의 목적을 설명한 후 연구에 동의한 사람만을 대상으로 하였으며, 동의서를 작성하였다. 그룹 간의 구분은 선정 편견을 최소화하

기 위하여 대상자를 실험군과 대조군으로 무작위 배치하였다.

### 2. 연구 설계 및 절차

본 연구에서는 대상자의 일반적 특성을 알아보기 위해 의무기록을 검토하였으며, 사전 검사로서 Tetrax를 통해 양측하지의 체중지지와 균형검사를 실시하였다.

대상은 무작위로 선별하였다. 매 실험은 다른 사람의 방해가 없는 정해진 밀폐된 공간에서 실시하였다. 또한 두 실험 모두 실험을 보조하는 두 명의 물리치료가 상주하여 도움을 주었다. 실험군은 5분간 3회 각 회기 사이 1분간 휴식을 하여 총 15분 간 주 3회 6주에 걸쳐 Tetrax 위에서 프로그램에 따라 시지각을 이용한 바이오피드백 훈련을 시행하였으며, 대조군에게도 5분간 3회 각 회기 사이 1분간 휴식을 하여 총 15분 간 주 3회 6주에 걸쳐 전형적인 한발서기운동을 시행하였다.

### 3. 측정 도구 : 균형 측정 치료기(TETRAX)

체중지지와 균형검사를 위해 이스라엘 Sunlight사에서 개발한 균형 진단과 바이오피드백 훈련 시스템인 Tetrax(그림 1, 2)를 사용하였다. 이 치료기는 낙상의 위험정도나 몸의 균형 상태를 측정하기 위해 고안된 기구로서 좌측발의 뒤쪽과 앞쪽, 우측발의 뒤쪽과 앞쪽에 각각 힘 측정판(force plate)이 설치되어 있어 각 영역별 체중지지와 균형검사가 가능하며, 전방의 모니터를 이용하여 바이오피드백 훈련을 시행할 수 있는 기구이다.

측정된 결과에서 체중지지는 좌·우측의 하지의 체중지지 정도를 나타내는 것이다. 균형은 네 개의 힘 측정판에서 자세의 흔들림을 측정한 것으로 흔들림의 영역, 길이, 속도와 중력중심의 이동양상을 포괄적으로 측정하여 대상자의 전체적 안정성을 나타내며 점수가 낮을수록 향상된 값을 가진다. 각각의 프로그램은 스크린을 보며 게임 및 시각적 피드백이 가능하도록 되어 있다.

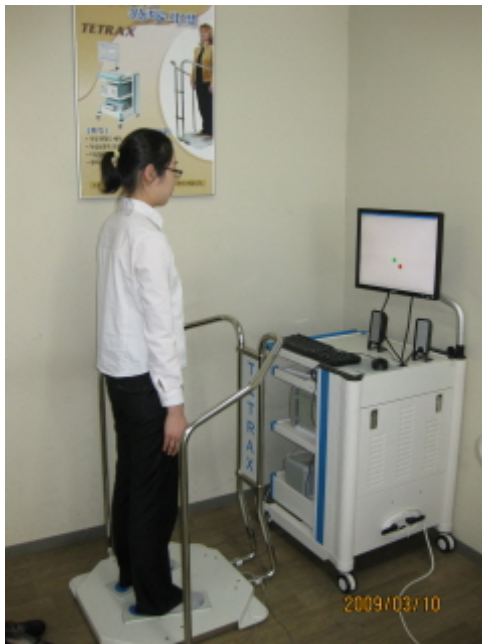


그림 1. Tetrax를 이용한 균형훈련



그림 2. Tetrax 장비

#### 4. 자료수집 방법 및 절차

이 연구는 실제 실험에 들어가기 전에 대상자들에게 체중지지와 균형에 대해 설명하고, 실험목적과 방법에 대해 대상자들에게 사전 동의를 받았다. 평균 74

세의 노인 30명 대상으로 6주간의 운동을 실시하였다.

Tetrax를 이용해 실험 전 평가를 실시하고 6주간 주 3회, 15분에 걸쳐 바이오피드백 훈련을 적용한 후 동일한 방법으로 실험 후 평가를 실시하였다.

균형 측정을 위해 환자는 측정판위에 양 발을 올려 놓고 눈을 뜬 상태에서 전방 상위 15도를 바라보도록 하고 양손은 몸 옆에 편안히 둔다. 측정 동안 환자는 최소 30초 정도 손을 잡지 않은 상태에서 서 있어야 한다. 균형은 수치가 낮을수록 향상된 값을 가진다.

#### 5. 분석방법

이 연구에서 자료의 통계처리는 SPSS version 12.0을 사용하였다. 실험 전 두 그룹간의 동질성 검사를 실시하였고, 바이오피드백 훈련을 시행한 실험군과 전형적인 한발서기운동을 시행한 대조군의 차이점을 알아보기 위하여 실험 전·후의 차이를 대응표본 t-test를 이용하여 분석하였고, 실험 후 실험군과 대조군의 변화 차이를 비교하기 위해 독립표본 t-test를 이용하여 분석하였다. 통계학적 유의수준은  $\alpha = .05$ 이하에서 검정하였다.

### Ⅲ. 연구결과

#### 1. 실험군의 실험 전·후 균형 변화

바이오피드백 훈련프로그램을 실시한 실험군의 실험 전 균형의 평균값은  $(12.65 \pm 4.71)$ 이었고, 실험 후에는  $(11.89 \pm 4.75)$ 이며,  $(p = .02)$ 으로 통계적으로 유의하였다( $p < .05$ )(표 2).

표 2. 실험군의 실험 전·후 균형 변화

|      | 균형                 | t    | p     |
|------|--------------------|------|-------|
| 실험 전 | $12.65 \pm 4.71^a$ | 2.96 | 0.02* |
| 실험 후 | $11.89 \pm 4.75$   |      |       |

<sup>a</sup> Mean  $\pm$  SD

\*  $p < .05$

## 2. 대조군의 실험 전후 균형 변화

전형적인 한발서기운동을 실시한 대조군의 실험 전 균형의 평균값은 ( $12.36 \pm 3.53$ )이었고, 실험 후에는 ( $13.48 \pm 3.95$ )이며, ( $p=.08$ )으로 통계적으로 유의하지 않았다( $p<.05$ )(표 3).

표 3. 대조군의 실험 전·후 균형 변화

|      | 균형                 | t    | p     |
|------|--------------------|------|-------|
| 실험 전 | $12.36 \pm 3.53^a$ | 1.98 | 0.08* |
| 실험 후 | $13.48 \pm 3.95$   |      |       |

<sup>a</sup> Mean $\pm$ SD

\*  $p<.05$

## 3. 실험군과 대조군의 균형 변화비교

실험군의 균형 변화의 평균값은 ( $0.75 \pm 0.80$ )이었고, 대조군의 균형 변화의 평균값은 ( $1.05 \pm 1.69$ )이며, ( $p=.04$ )로 통계적으로 유의하였다( $p<.05$ )(표 4).

표 4. 실험군과 대조군의 균형 변화비교

|       | 실험군(n=15)         | 대조군(n=15)       | t     | p     |
|-------|-------------------|-----------------|-------|-------|
| 균형 변화 | $0.75 \pm 0.80^a$ | $1.05 \pm 1.69$ | -3.06 | 0.04* |

<sup>a</sup> Mean $\pm$ SD

\*  $p<.05$

## IV. 논 의

낙상이란 자신의 의지와 상관없이 미끄러지거나, 넘어져 지면에 손이나 무릎 등이 닿아 뼈와 근육이 다치는 사고를 뜻한다. 이러한 낙상으로 인한 사고는 일상생활을 하는데 불편을 초래하게 되거나, 장기간 침상에 누워 있게 될 수도 있으며, 심하게는 사망에 이르기까지 한다. 더욱이 장기간의 침상생활은 여러 가지 내과적 질환과 치매의 원인이 될 뿐만 아니라 근골격계를 더욱 약화시키기도 한다. 노인에게 이러한 사고는 생활의 질을 떨어뜨리며, 일상생활동작을 유지

할 수 없게 하며, 나아가 노인에게 고통과 불안을 주는 장해를 남기고 행동범위를 좁혀 건강함과 행복감을 떨어뜨린다. 노인의 낙상은 보행 시, 계단이나 언덕 오르내리기, 의자나 침대, 화장실, 목욕탕에서 이동하는 중에 발을 헛딛거나, 미끄러지는 등 여러 가지 상황에서 발생한다. 이는 다리 근력이 약해져 걸음걸이가 불안정하여 자세성 동요가 증가하기 때문이며, 신체의 균형이나 안정성을 유지하는 능력이 약해지는 것은 낙상의 큰 원인 중 하나이다(윤성진, 2006).

균형은 기능적 활동을 위한 필수적인 요인으로 균형유지 능력을 노인의 일상생활 수행능력에 관여하는 중요한 변인으로 간주했으며, Judge 등(1993)은 보행의 어려움, 운동성, 수단적 일상생활동작 같은 기능적 수행능력의 균형이 균형능력과 높은 상관관계가 있다고 하였다.

근력은 직립자세와 균형능력을 유지하는데 중요한 요소이다(Avlund 등, 1994). 즉, 균형능력과 낙상은 갑작스런 자세의 혼란에 대해 신체가 어떻게 대처하는가에 의해 결정되는데, 이때 상체와 하체의 순발력 및 균형능력이 관계를 유지하게 된다.

나이가 들어감에 따라 근력이 감소하고 동시에 낙상발생이 빈번해진다. 또한 노화에 따라 노인들은 근조직이나 골량의 감소, 활력의 감소로 가동성이 저하되고 근골격계의 이상은 균형 능력을 감소시킨다.

특히, 하지근력의 소실은 보행을 불안정하게 하여 더욱 낙상의 위험을 증가시킨다고 하였다(최은수와 김경태, 2004). 하지근력의 약화는 낙상의 위험을 4배 정도 증가시키고, 낙상경험과 보행, 균형능력의 부족은 낙상의 위험을 3배정도 증가시키게 된다고 보고하며(Rao, 2005), 근력과 평형성이 낙상과 깊은 관련이 있다는 것은 많은 선행연구에서 보고되고 있다(Avlund 등, 1994; Campbell 등, 1989). 이 처럼 근력과 균형은 높은 상관성을 가지고 있다.

또한 다른 여러 연구에서 연령이 증가함에 따라 균형유지 능력이 감소한다는 것을 보고하였고(Duncan 등, 1990; Hageman 등, 1995; Mayers 등, 1991), 균형을 조절하는데 영향을 미치는 인자들에 대하여 보고하였다(이한숙 등, 1996).

이 연구에서도 시지각 능력과 균형유지 능력간에는 상관성이 있는 것으로 나타났다. 또한 균형을 조절하는데 있어 눈의 시각정위는 매우 중요한 부위라 할 수 있겠다. 시각은 자세를 조절하여 균형을 유지하는데 도움이 된다(이한숙 등, 1996).

노화로 인한 평형능력의 감소는 전반적인 하체근력의 약화로 발생하고, 협응력이나 유연성 및 고유수용기능의 저하에 따른 자세 흔들림 때문이며, 이러한 현상은 신경계나 근골격계 혹은 약물이나 음주로 인하여 발생한다고 하였다(Edelberg, 2001). 그러므로 노화 또는 기타 다른 요인에 의한 균형감각 기능 저하를 지연시키거나 유지시키기 위해서는 무엇보다 규칙적인 신체활동을 통하여 균형감각 및 고유수용감각기능의 향상, 근력 강화와 유연성 향상을 할 필요가 있다고 사료된다.

이 연구의 결과에서도 6주간의 바이오피드백 훈련의 적용은 전반적인 노인들의 체력향상 및 다양한 균형감각기능이 향상된 결과를 보였다.

이 연구의 제한점으로는 대상자 수가 너무 적어 일반화하는데 어려움이 있다는 점이다. 또한 균형과 근력은 높은 상관성을 보이지만 이 연구에서는 일반인을 대상으로 하여 하지 근력은 고려하지 않았다. 균형 검사에서도 기존에 개발되어 있는 대표적인 임상적 균형능력 평가 도구들이 있었으나 주관적 요소가 개입될 가능성이 있어 측정에서 배제하였다.

## V. 결 론

이 연구는 노인의 낙상예방을 위한 바이오피드백 훈련을 통해 균형능력증진의 효과를 알아보았다. 연구 대상자는 분당에 위치한 J종합병원에 방문한 70세 이상 80세 이하의 노인들 30명이었으며, 실험군 15명, 대조군 15명으로 구분하여 6주간 실험을 실시하였다.

바이오피드백 훈련 적용 전·후 균형 향상 정도를 측정하기 위하여 Tetrax 장비를 이용하여 대상자의 균형을 측정하였으며 실험 전·후 실험군과 대조군을 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 실험군의 실험 전·후 균형 변화는 통계적으로

유의한 변화를 가졌다.

둘째, 대조군의 실험 전·후 균형 변화는 실험 후 균형에 향상을 보였으나 통계적으로 유의한 변화를 갖지는 못했다.

셋째, 실험군과 대조군의 균형 변화 비교는 통계적으로 유의한 변화를 가졌다.

이 연구는 노인의 낙상예방을 위한 균형능력의 증가를 위해 바이오피드백 훈련을 실시하여 노인들의 낙상예방을 위한 효과적인 운동을 제시하고자 하였다.

결론적으로 노인의 균형능력 증진과 낙상예방을 위한 균형운동을 실시함에 있어서 바이오피드백 훈련이 효과적인 것으로 나타났다.

이 연구는 비교적 건강한 노인을 대상으로 실시하였으나 이후 연구에는 낙상을 한번 이상 경험한 노인을 대상으로 바이오피드백 훈련을 통해 낙상률의 정도를 줄일 수 있는 연구가 필요하다고 사료된다.

## 참고문헌

- 윤성진. 노인 낙상예방을 위한 근력운동. 스포츠과학. 2006;96(0):88-95.
- 이정구. 어지러움. 단국대학교 출판부. 1999.
- 이한숙, 최홍식, 권오윤. 균형조절 요인에 관한 고찰. 한국전문물리치료학회지. 1996;3(3):82-91.
- 장문영, 이윤주. 노인의 균형유지 능력과 시지각능력의 상관관계. 대한작업치료학회지. 1999;7(1):68-74.
- 최은수, 김정태. 여성 고령자의 낙상경험 유무와 만성 질환 유병률 및 체력과의 관계. 한국체육학회지. 2004;43(5):341-48.
- 한태륜. 노인과 운동. 대한재활의학회지. 2002;26(2):121-26.
- Avlund K, Scholl M, Davidson M. Maximal isometric muscle strength and functional ability in daily activities among 75-year old men and women, Scand J Med Sci Sports. 1994;4(1):32-40.
- Campbell A, Borrie MJ, Spears GF. Risk factors for falls

- in a community-based prospective study of people 70 years and older, *J Gerontol.* 1989; 44(4):112-17.
- Campbell AJ, Borrie MJ, Spears GF et al. Circumstances and consequences of falls experienced by a community population 70 years and over during a prospective study, *Age Ageing.* 1990;19(4): 136-41.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J. Functional reach: A new clinical measure of balance, *J Gerontol.* 1990;45(6):192-97.
- Edelberg HK. Falls and function. How to prevent falls and injuries in patients with impaired mobility, *Geriatrics.* 2001;56(3):41-5.
- Gauchard GC, Gangloff P, Jeanel C, Perrin PP. Physical activity improves gaze and posture control in the elderly, *Neurosci Res.* 2003;45(4):409-17.
- Hageman PA, Leibowitz JM, Blanke D. Age and gender effects on postural control measures, *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76(10):961-65.
- Hinman JE, Cunningham DA, Rechnitzer PA, Paterson DH. Age-related changes in speed of walking, *Med Sci Sports Exerc.* 1988;20(2):161-66.
- Jessup JV, Horne C, Vishen RK, Wheeler D. Effects of exercise on bone density, balance, and self efficacy in older woman, *Riol Res Nurs Jan.* 2003;4(3):171-80.
- Judge J, Lindsey C, Underwood M, Winesmius D. Balance improvement in older women: difficulties of exercise training, *Phys Ther.* 1993;73(4): 253-62.
- Kerrigan DC, Todd MK, Croce UD, Lipsitz LA, Colianns JJ. Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: Evidence for specific limiting impairments, *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79(3):317-22.
- King MB, Tinetti ME. Falls in community dwelling older persons, *J Am Geriatr Soc.* 1995;43(10):1146-54.
- Lexell J, Taypor T. Variability in muscle fiber areas in whole human quadriceps muscle: effect of increasing age, *J Anat.* 1991;174:239-49.
- Lord SR, Clark RD, Webster IW. Physiological factors associated with falls in an elderly population, *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(12):1194-200.
- Lord SR, Murray SM, Chapman K, Munro B, Tiedemann A. Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people, *J Gerontol.* 2002;57(8):539-43.
- Mayers AH, Baker SP, Van-Natta ML. Risk factors associated with falls and injuries among elderly institutionalized persons, *Am J Epidemiol.* 1991; 133(11):1179-90.
- Pedretti LW, Zoltan B, Wheatley CJ. Evaluation and treatment of perceptual and perceptual motor deficits. In LW. Pedretti(ed). *Occupational therapy: practice skills for physical dysfunction.* New York: Mosby; 1996. p.231-39.
- Rao SS. Prevention of falls in older patients, *Am Fam Physician.* 2005;72(1):81-8.
- Tideiksaar R. *Falling in old age: Its prevention and treatment.* 2nd ed. New York: Springer; 1997
- Tinetti ME, Baker DI, McAvay G et al. A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community, *N Engl J Med.* 1994;331(13):821-27.
- Tinetti ME, Williams TF, Mayewski R. Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities, *Am J Med.* 1986;80(3):429-34.
- Wolfson LI, Whipple R, Amerman P, Kleinberg A. Stressing the postural response: a quantitative method for resting balance, *J Am Geriatr Soc.* 1986;34(12):845-50.
- Woollacott MH, Shumway-Cook A. Changes in posture control across the life span: a systems approach, *Phys Ther.* 1990;70(12):799-807.

Woollacott MH, Shumway-Cook A, Nashner LM. Aging and posture control: changes in sensory organization and muscular coordination, *Int J Aging Hum Dev.* 1986;23(2):97-114.

논문접수일(Date Received) : 2009년 5월 10일

논문수정일(Date Revised) : 2009년 6월 5일

논문게제승인일(Date Accepted) : 2009년 6월 18일