



■ 김 건, 서삼기¹, 윤희종², 김태열³, 이정우⁴

■ 현대가정의학과의원, ¹효인병원, ²목포과학대학 물리치료과, ³동신대학교 물리치료학과, ⁴광주여자대학교 물리치료학과

Correlations between Muscle Strength of the Ankle and Balance and Walking in the Elderly

Kun Kim, PT, MS; Sam-Ki Seo, PT, MPT¹; Hui-Jong Yoon, PT, PhD²; Tae-Youl Kim, PT, PhD³; Jeong-Woo Lee, PT, PhD⁴

Hyun Dae Family Clinic; ¹Hyoin Hospital; ²Department of Physical Therapy, Mokpo Science College; ³Department of Physical Therapy, Dongshin University; ⁴Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University

Purpose: This study was designed to investigate the correlations between the muscle strength of the ankle and balance, walking in the elderly.

Methods: Thirty-nine subjects were selected from a population of female volunteers. Measurement of balance ability included evaluation of timed "up and go", functional reach, and a one leg standing test. Measurement of walking analysis included evaluation of cadence, stride length, step length, and walking speed. Maximal voluntary isometric contraction (MVIC) of the ankle muscle strength was measured by use of a dynamometer.

Results: For balance, there were significant negative correlations between timed "up and go" and the MVIC of the ankle dorsiflexor. There were significant positive correlations between one leg standing with the eyes closed and the MVIC of the ankle dorsiflexor. For walking, there were significant positive correlations between cadence, walking speed and the MVIC of the ankle dorsiflexor.

Conclusion: This study showed that there were close relationships between muscle strength of the ankle dorsiflexor and walking and balance in the elderly.

Key Words: Elderly, Balance, Walking, Muscle strength

논문접수일: 2007년 10월 18일

수정접수일: 2007년 12월 14일

게재승인일: 2008년 1월 26일

교신저자: 이정우, jwlee@kwu.ac.kr

1. 서론

균형은 흔들리며 서있고, 멈추어서 서있으며 수의적인 움직임을 하는 동안 자세의 안정성을 유지하기 위한 건강한 노인들과 약한 노인들의 능력(ability)으로 정의된다(Woollacott와 Tang, 1997). 또한 균형은 일상생활의 활동을 실행할 수 있는 능력에 대단히 크게 영향을 미치는 중요한 기능적인 기술이다(Bravelle 등, 2002). 이러한 균형능력이 감소되면 낙상을 자주 경험하게 된다는 보고는 오래 전부터 제기되어왔다(Tinetti 등, 1988;

Woollacott 등, 1986). 낙상(fall injury)은 노인에게 있어서 중요한 상해 사망의 원인이며, 낙상을 경험한 노인들의 20-30%는 고관절 골절 및 두부 손상 등과 같은 가동성과 독립성이 제한 받는 중증의 상해를 입게 되고, 그로 인해 신체적 활동이 제한되거나 이차 합병증으로 사망의 위험이 증가된다(Sterling 등, 2001). Donald와 Bulpitt(1999)는 낙상으로 인해 손상 받은 노인들은 장년층에 비해서 1년 이상 장기간 입원할 확률이 4-5배 더 높게 나타나는 것으로 보고하여 낙상의 원인과 관계있는 노인들의 균형능력에 대한 중요성을 절실히 보여주고 있다. 균

형능력의 감소 요인은 시각과 전정감각계 등 중추신경계의 퇴화, 고유수용감각의 저하, 또는 이러한 인자들의 복합적 작용에 의해 발생할 수가 있으며, 또한 하지 근력이 노인 낙상에서 균형능력의 손상과 관련이 있는 것으로 보고되었다(Gehlsen과 Whaley, 1990).

시각은 균형조절을 강화하고, 신체 모든 부위에서 구심성으로 입력되는 고유수용감각 중 특히, 하퇴 및 족부의 체성감각 정보는 기립 균형을 조절하는 중요한 기능을 수행한다(Kavounoudias 등, 1998; Scinicariello 등, 2001). 전정감각은 균형조절에 있어 중요한 감각이고 전정계로부터의 구심성 정보는 자세동요 시 사지의 진폭을 조절하여 미세하게 신체의 재정렬을 이루는 자세반응의 역할을 수행하고, 시각 및 고유수용감각 등과 함께 반사적인 자세나 운동의 조절에 있어 중요한 기능을 수행한다(Ingilis 등, 1995). 균형조절에 있어 족관절과 고관절은 양 하지를 지지하고 자세의 조절에서 두 관절의 특별한 활동을 통한 자세조절을 하기 위해 사용된다(Woollacott 등, 1986). 균형조절의 전략요소로서 젊은 사람들은 족관절 전략을 이용하는 경향을 보이는데 반해 노인들은 고관절 전략을 이용하는 경향의 조절기전을 보인다(Gribble과 Hertel, 2004). 노인의 낙상은 근력 및 지구력의 손실과 관련이 있으며, 이로 인한 균형 장애는 노인의 낙상 가능성을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 또한 낙상의 10~20%가 균형 및 보행 장애와 관계가 있으며(Shumway-Cook 등, 1997), 노인들의 보행특성에 대한 연구들도 보고되고 있는데 Winter 등(1990)은 정상 노인들의 보행은 젊은 사람에 비해서 분속수(cadence)의 차이는 크게 없지만, 보장(step length)은 짧아지면서 양측지지기(double support time)가 늘어나며, 발끝 밀기(push off)의 힘(power)이 감소하였다고 보고하였으며, Waterlain 등(2000)은 보행속도(walking speed)와 활보장의 감소, 분속수와 입각기(stance time)의 증가를 보였다고 보고하는 등 여러 연구에서 보행능력을 평가하는 항목의 차이는 있지만 노인들의 보행능력의 감소를 보고하였다.

또한 노인에게 있어 근력과 균형감각의 감소는 보행능력의 저하를 동반시켜 이것이 일상생활의 장애와 낙상을 일으키는 원인이 될 수 있으며(Gallagher 등, 2001), 노인들에게 있어서 근력의 약화가 균형에 영향을 주고 자세의 불안정성을 이겨나가기 위해서 근력증진이 필요하다는 주장이 오래전부터 제기되었다(Judge 등, 1993).

Sauvage 등(1992)은 적당한 강도에서 고강도의 근력운동을 거주보호시설의 남성노인에게 시행하여 근력, 균형, 보행을 향상시킬 수 있는지를 검사하여 근력과 보행속도 등은 증가하였으나 균형은 향상되지 않았다고 보고하였으며, Buchner 등(1997)은 노인에게 24~26주 근력강화 훈련을 실시하여 근력과 균형능력을 향상시켰다고 보고하였다. Hess와 Woollacott(2005)는 균형장애를 가진 노인에게 고강도 근력운동을 적용한 후

Berg 균형척도 검사, 의자에서 일어나 걷기 검사(timed "up and go"; TUG), Activities-Specific Balance Confidence Scale 등 기능평가를 통해 하지 근력과 균형능력이 유의하게 증가하여 낙상의 위험도를 감소시켰다고 보고하였으며, 이와 유사하게 Zhang 등(2006)은 균형장애가 있는 노인에게 Tai Chi Chuan 훈련을 8주간 적용한 결과 한 발 서기 검사(one leg standing test; OLST), 체간굴곡검사(trunk flexion test), 10 m walking test 등 기능평가에서 유연성과 균형능력은 유의한 증가를 보였지만 보행 능력에서는 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. 박장성 등(2002)은 대퇴사두근의 근력강화운동을 실시한 후 기능적 팔 뻗기 검사(functional reach test; FRT), 10 m walking test 등의 기능평가를 통해 보행 및 균형능력 향상에서 유의한 효과가 있었다고 보고하였으며, 김택훈과 오동식(2000)은 슬관절 근력강화를 위한 등속성 운동을 적용한 후 기능적 팔 뻗기 검사 등을 평가한 결과 근력과 균형능력이 유의하게 향상되었다고 보고하였다. 그러나 지금까지 진행된 선행 연구는 대부분 기능적 팔 뻗기 검사, 의자에서 일어나 걷기 검사, Berg 균형척도 검사 등 기능평가 중심의 연구로 국한되어 있어 균형과 보행에 대한 객관적인 정량적 연구가 미흡한 실정이다.

탄력밴드를 이용한 균형능력 향상에 대한 선행연구로 Ballard 등(2004)과 Koch 등(1994)은 균형능력이 저하된 노인에게 에어로빅과 기능수행훈련, 탄력밴드저항운동 등을 병행한 프로그램을 적용하여 근력 및 균형능력을 유의하게 향상시켰다고 보고하였으며, 이형수 등(2005)은 여성노인에게 고유수용성 신경근 촉진기법(proprioceptive neuromuscular facilitation) 중 하지패턴을 이용한 탄력밴드저항운동을 4주간 실시한 후 한 발 서기 검사, 기능적 팔 뻗기 검사, Berg 균형척도 검사로 균형수행능력의 변화를 분석한 결과 균형능력이 유의하게 향상되어 효과적인 낙상예방 프로그램으로 활용할 수 있다고 하였다. 그러나 지금까지 많은 연구에서 노인들의 운동이 근력과 균형 및 보행능력을 향상 시킨다고 보고하였으나, 아직까지 균형 및 보행능력과 족관절 근력과의 관련성과 특히 정량적인 평가에 의한 보행분석과 족관절 근력과의 관련성 등에 관한 연구가 부족한 실정이었다.

따라서 본 연구에서는 정상 여성노인을 대상으로 균형능력 및 정량적 보행분석 평가에 의한 보행능력과 족관절 근력과의 상관관계를 분석하여 이들 사이의 관련성을 연구하는 데 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 실험대상

대상자는 Table 1과 같이 신경근계질환이 없는 정상 노인 여성

39명을 대상으로 하였다. 대상자의 조건으로는 지역사회에서 독립적으로 생활하며, 연구에 자발적으로 참여를 원하고, 균형 유지 능력에 영향을 주는 약물이나 운동을 하지 않은 사람으로 한정하였다.

Table 1. General characteristics

	Minimum	Maximum	Mean(SD)
Age(y)	65	84	75.15±5.11
Weight(kg)	42	71	58.16±7.18
Height(cm)	148	169	157.30±5.53

2. 실험 방법

1) 균형 평가

(1) 의자에서 일어나 걷기 검사(timed "up and go" test)
 의자에서 일어나 걷기 검사 시 대상자의 자세는 Figure 1과 같이 46cm 높이의 팔걸이가 없는 의자에 앉은 자세에서 실시하였다. 검사자의 시작이라는 신호와 동시에 대상자가 일어나 3m를 왕복하여 돌아와 독립적으로 다시 앉게 되기까지의 시간을 초시계로 총 2회 측정하여 평균값을 기록하였다(Podsiadlo와 Richardson, 1991).

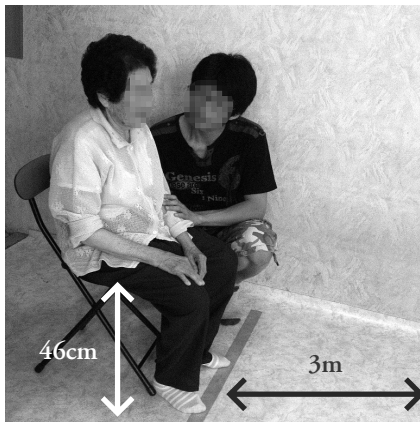


Figure 1. Timed "up and go" test

(2) 기능적 팔 뻗기 검사(functional reach test)

기능적 팔 뻗기 검사 시 대상자의 자세는 Figure 2와 같이 똑바로 선 자세에서 어깨관절을 90도 굴곡하여 평행하게 앞으로 뻗도록 하여, 시작자세의 세 번째 중수골두의 끝으로부터 최대한 앞으로 뻗었을 때의 세 번째 중수골두 끝까지의 거리를 한번 연습 후 측정하였다. 측정은 3회 측정 후 평균값을 기록하였으며, 각 측정 사이는 피로를 방지하기 위해 충분한 휴식을 취할 수 있도록 하였다. 이 검사의 측정자내· 측정자간 신뢰도는 각각 $r=.89$ 와 $r=.98$ 로 높았다(Duncan 등, 1990).



Figure 2. Functional reach test

(3) 한 발 서기 검사(one leg standing test)

한 발 서기 검사 시 대상자의 자세는 Figure 3과 같이 양팔을 벌리고 양다리로 똑바로 선 자세에서 검사자의 지시에 따라 한쪽 발을 바닥으로부터 충분히 들어 올리게 하여 한 발로 서있는 시간을 2회 측정하여 평균값을 기록하였다(Shinkai 등, 2000). 한 발 서기 검사는 각각 눈 뜬 상태와 눈 감은 상태에서 실시하였으며, 좌측과 우측 각각 실시한 후 양측의 평균값으로 결정하였다.



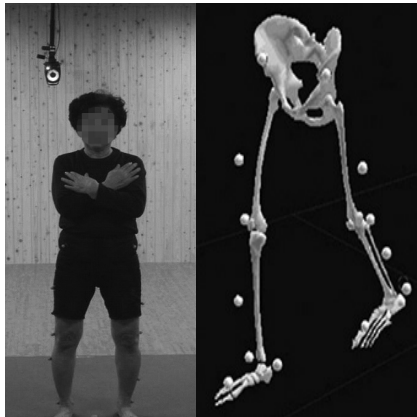
Figure 3. One leg standing test

2) 보행 평가

보행분석은 Figure 4와 같이 Six-camera motion analysis system(120Hz, Vicon Motion Systems Ltd., Oxford, UK)을 이용하여 보행 시 3차원상의 운동형상학적 변화를 검사 하였다. 이때 부착된 표식자(marker)는 Plug-In-Gait model을 위한 Vicon guidelines을 따라 배치되었으며, 직경 2.5cm의 구형으로 부착 부위는 천골 표식자의 경우 좌우의 후상장골돌기 부위, 양측 골반 표식자는 좌우의 전상장골돌기 부위, 양측 슬관절 표식자는 슬관절 굴곡의 축으로 슬관절의 앞뒤를 연결하는 선상의 중간점인 슬관절의 외측 부위로 하였다. 양측 대퇴 표식자는

대퇴의 하 1/3에 해당하는 외측부위로서 보행시 자연스러운 팔의 운동을 저해하지 않는 높이의 부위, 양측 족관절 표식자는 경골의 외측과 부위와 경골의 하 1/3에 해당하는 외측부위, 양측 전족부 표식자는 제 2중족골두의 상면 부위, 양측 종골 표식자는 전족부 표식자와 연결되는 발의 종축선 상의 발뒤꿈치 부위로 하였다. 동적 검사로는 양측 종골 표식자를 제거한 후 동일 한 표식자를 부착한 상태에서 10 meter 거리를 환자가 편안한 보행으로 걷게 하였으며 10회 이상 반복 보행 후 가장 자연스러운 보행 양상을 6회 선택해서 분석하였다. 측정을 통해 얻어진 visual과 analogue data는 Vicon Workstation and Polygon 프로그램으로 처리하여 보행의 각 주기에 따른 3차원상의 자료로 나타내었고, 이를 다시 수치화하여 보행의 주요 주기에 시상면, 관상면, 횡단면의 3차원상의 관절운동으로 나타내었다. 검사 후 얻어진 보행 주기별 자료는 그 평균치를 내어 통계 처리 후 분석하여 분속수(cadence), 활보장(stride length), 보장(step length), 보행속도(walking speed) 등을 측정하였다.

Figure 4. Walking analysis



3) 근력 평가

족관절 저측굴곡력과 배측굴곡력의 평가 시 대상자의 자세는 다리를 길게 펴고 앉은 자세에서 동력계(JLW Inc., CSD 200, USA)에 발바닥을 대고 동력계에 연결된 줄에 발을 걸은 상태에서 실시하였다. 각각 족관절 저측굴곡근(plantar flexor)과 배측굴곡근(dorsiflexor)의 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction)을 하도록 지시하여 3회 측정 후 평균값으로 결정하였으며, 각 측정 사이는 근피로를 방지하기 위해 충분한 휴식을 취하도록 하였다.

3. 통계방법

모든 통계는 윈도우즈용 SPSS 12.0 프로그램으로 분석하였으며, 각 측정항목 사이의 관계는 피어슨 상관분석(Pearson's correlation)을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 균형과 근력과의 상관관계

균형과 족관절 근력과의 상관관계는 Table 2와 같다. 족관절 저측굴곡력은 모든 균형 평가항목과 상관관계가 없었으나, 족관절 배측굴곡력은 균형 평가항목 중 의자에서 일어나 걷기와는 Figure 5와 같이 유의한 음의 상관관계를 나타내었다 ($p<0.05$). 또한 족관절 배측굴곡력과 눈 감은 상태에서 한 발 서기와는 Figure 6과 같이 유의한 양의 상관관계를 나타내었다 ($p<0.05$).

Table 2. Correlations between ankle joint muscle strength and balance(r)

	Timed "up and go" (sec)	Functional reach (cm)	One leg standing with eyes open(sec)	One leg standing with eyes closed(sec)
MVIC of the ankle plantarflexor (kg)	-0.265	0.183	-0.124	0.138
MVIC of the ankle dorsiflexor (kg)	-0.331*	0.251	0.212	0.370*

*: $p<0.05$

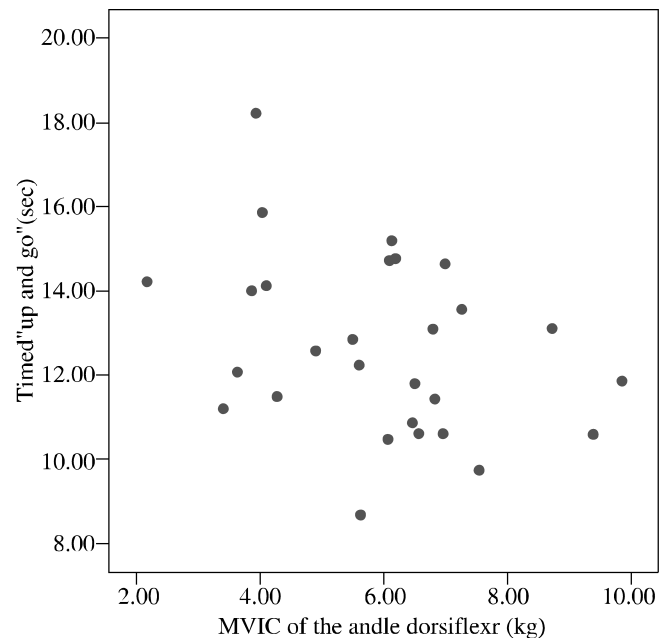


Figure 5. Correlations between timed "up and go"and MVIC of the ankle dosiflexor($r=-0.331$, $p<0.05$)

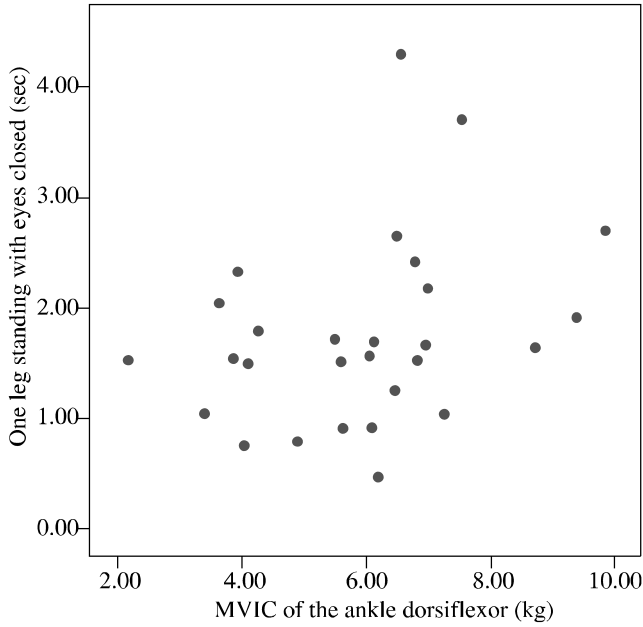


Figure 6. Correlations between one leg standing with eyes closed and MVIC of the ankle dosiflexor ($r=0.370$, $p<0.05$)

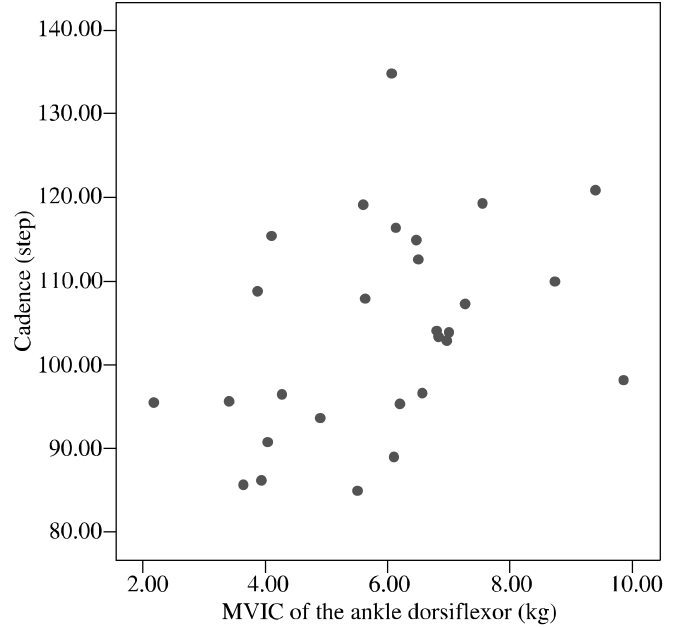


Figure 7. Correlations between cadence and MVIC of the ankle dorsiflexor($r=0.370$, $p<0.05$)

2. 보행과 근력과의 상관관계

보행과 근력과의 상관관계는 Table 3과 같다. 족관절 저측굴곡력은 모든 보행 평가항목과 상관관계가 없었으나, 족관절 배측굴곡력은 보행 평가 항목 중 Figure 7과 같이 분속수와 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 또한 족관절 배측굴곡력은 보행 속도와의 Figure 8과 같이 유의한 양의 상관관계를 나타내었다 ($p<0.05$).

Table 3. Correlations between MVIC of the ankle and walking(r)

	Cadence (steps)	Stride length(cm)	Step length(cm)	Walking speed(sec)
MVIC of the ankle plantarflexor (kg)	0.081	0.031	-0.010	0.063
MVIC of the ankle dorsiflexor (kg)	0.370*	0.239	0.198	0.342*

*: $p<0.05$

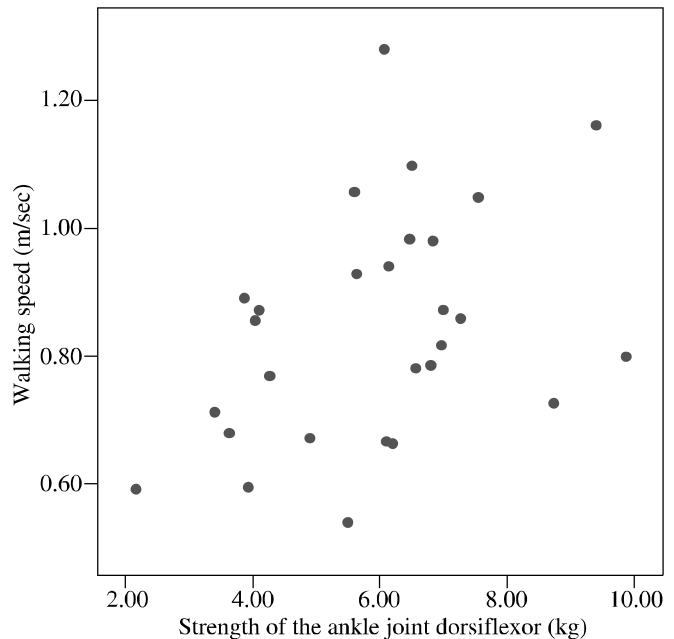


Figure 8. Correlations between walking speed and MVIC of the ankle dorsiflexor($r=0.342$, $p<0.05$)

IV. 고찰

본 연구에서는 정상 여성노인을 대상으로 균형능력 및 정량적 보행분석 평가에 의한 보행능력과 족관절 근력과의 상관관계를 분석하여 이들 사이의 관련성을 연구하기 위하여 정상 여성노

인 39명을 대상으로 균형 및 보행능력과 족관절 배측 및 저측 굴곡력을 평가하였다.

본 연구에서 균형평가와 족관절 근력과의 상관관계에서 의자에서 일어나 걷기와 배측굴곡력은 유의한 음의 상관관계를 나타내었으며, 눈 감은 상태에서 한 발 서기는 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 기능적 팔 뻗기와 눈 뜬 상태에서 한 발 서기와 족관절 배측 및 저측굴곡력 사이는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 따라서 족관절 배측굴곡력이 높을수록 균형이 좋게 나타나는 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 특히, 균형 평가 중 눈을 감은 상태에서와 의자에서 일어나 걷기에서 족관절 배측굴곡력과 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 이현주 등(2002)과 Edlberg(2001)의 보고에서도 균형과 하지 근력은 높은 상관관계가 있다고 보고하여, 본 연구 결과와 비슷한 결과를 보였다. 또한 김한수(2001)가 20명의 노인에게 하지 근력 강화에 중점을 둔 가정운동프로그램을 8주간 실시한 결과 근력과 동적균형능력이 향상되었다고 보고하여, 하지 근력 강화 훈련에 의해 동적균형이 향상될 수 있음이 보고되었다. 그러나 김원호 등(1998)은 노인의 하지 족관절 배측굴곡력이 Berg 균형척도 검사에 의한 균형유지 능력에 영향을 주지 못했다고 보고하였다. 이것은 본 연구의 결과와는 다른 것으로, 본 연구에서 노인들의 하지 배측굴곡력이 균형능력 중 눈 감은 상태에서의 한 발 서기에서 유의한 상관관계를 보인 점으로 미루어 볼 때, 여러 균형 평가 항목 중에서도 특히, 눈을 감은 상태에서의 균형과 상관관계가 있는 것 때문으로 생각된다. 따라서 시각을 배제한 상태에서의 균형능력 유지에 있어서 하지 족관절 배측굴곡력이 중요한 관련성이 있음을 알 수 있었다.

본 연구의 보행과 하지 족관절 근력과의 상관관계에서 족관절 배측굴곡력과 보행분석 평가항목 중 분속수 및 보행속도와 유의한 양의 상관관계를 보였다. 그러나 족관절 저측굴곡력과 보행과는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Elble 등(1991)이 나이의 증가로 인한 보행속도의 감소가 근육의 기능저하 때문이라고 보고한 점으로 미루어 볼 때 근력과 보행은 관련성이 있음을 알 수 있고, 특히 본 연구의 결과에서처럼 족관절의 근력 중에서도 배측굴곡력과, 보행분석에서 활보장이나 보장 보다는 분속수와 보행속도와 상관관계가 있음을 알 수 있었다. Watelain 등(2000)은 정상 노인에게서 보행속도, 활보장의 감소, 분속수의 증가를 보고하여, 활보장의 감소를 제외한 본 연구의 보행속도와 분속수의 관련성에서는 비슷한 결과를 보였다. 또한 Sugano 등(2004)은 나이에 따른 하지 근력 감소와 균형의 감소 때문에 움직이는 동안 자세 안정성을 유지하기 위해 양하지 지지 시간이 더욱 길어졌다고 보고하였다. 이는 하지 근력의 감소로 인해 보행속도가 느려졌음을 의미하는데, 이는 결국 여러 선행 연구의 결과와 본 연구의 결과로 볼 때 하지 근력 저하로 인해 보행의 안정성을 유지하기 위해 보행속도 분속수가 느려진 것으로 생각된다.

본 연구는 정상 여성노인을 대상으로 한 연구에서 균형 및 보행과 족관절 근력과의 상관관계를 알아본 결과 족관절 배측굴곡력과 의자에서 일어나 걷기와 눈 감은 상태의 균형 및 분속수와 보행속도의 보행 평가항목과 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 따라서 정량적인 분석을 통한 노인들의 균형 및 보행은 족관절 근력 중 저측굴곡력보다 배측굴곡력이 관련성이 높은 것을 알 수 있었다. 그러나 본 연구결과는 남성노인을 제외한 여성노인들만으로 제한되었기 때문에 차후 연구에서는 이를 고려한 연구가 병행되어야 할 것으로 생각되며, 계속해서 노인들의 족관절 배측굴곡력의 향상을 위한 근력강화운동 등이 균형 및 보행에 미치는지에 대한 정량적인 연구들이 더욱 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구는 여성노인에게 있어서 균형 및 보행과 하지 족관절 근력과의 관련성을 연구하기 위해 실시되었다. 지역사회에서 독립적인 생활을 하고 있는 65세 이상의 건강한 여성노인 39명을 대상으로 균형 및 보행과 족관절 저측 및 배측굴곡력을 측정하였다.

연구결과 균형과 족관절 근력과의 상관관계에서, 의자에서 일어나 걷기와 족관절 배측굴곡력과는 유의한 음의 상관관계를 나타내었고($p < 0.05$), 눈 감은 상태에서 한발서기와 족관절 배측굴곡력과는 유의한 양의 상관관계를 나타내어($p < 0.05$), 노인 여성들의 균형능력은 족관절의 배측굴곡력과 밀접한 관련성이 있음을 알 수 있었다. 또한 보행과 근력과의 상관관계에서, 분속수와 보행속도 모두 족관절 배측굴곡력과 유의한 양의 상관관계를 나타내어($p < 0.05$), 보행 또한 족관절 배측굴곡력과 밀접한 관련성이 있음을 알 수 있었다.

이상의 결과로 볼 때, 여성노인의 균형 및 보행능력은 족관절에서 족관절 저측굴곡력보다 족관절 배측굴곡력과 좀 더 밀접한 관련성이 있는 것을 알 수 있었다. 따라서 임상에서 노인들의 균형 능력향상을 위한 운동 방법의 선택에 있어서 하지의 근육 중에서도 특히 족관절 배측굴곡근의 근력향상에 대한 노력도 함께 고려해야 할 것으로 생각된다. 이를 토대로 향후에 균형 및 보행능력이 현저하게 저하된 노인들을 대상으로 족관절 배측굴곡력 향상을 위한 운동이 이들 균형 및 보행능력 향상에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 지속적인 연구도 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

김원호, 이충휘, 정보인, 조상현. 노인의 균형유지 능력에 영향을 미치는 요인. 한국전문물리치료학회지. 1998;5:21-33.

- 김택훈, 오동식. 노인의 하지 근력강화운동이 기립균형에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2000;7(1):32-7.
- 김한수. 가정운동 훈련 프로그램이 근력, 균형 및 보행능력에 미치는 영향. 계명대학교 대학원, 박사학위 논문, 2001.
- 박장성, 최은영, 황태연. 하지근력강화가 노인의 보행 및 균형 능력에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 2002;14(2):71-9.
- 이현주, 이충휘, 유은영. 노인에서 Berg 균형 척도, 보행 변수, 그리고 넘어짐과의 관계. 한국전문물리치료학회지, 2002;9: 47-65.
- 이형수, 안윤희, 강현진 외. PNF 하지 패턴에 기초한 탄력밴드 훈련이 노인의 균형에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 2005;17(1):61-70.
- Ballard JE, McFarland C, Wallace LS et al. The Effect of 15 Weeks of Exercise on Balance, Leg Strength, and Reduction in Falls in 40 Women Aged 65 to 89 Years. *J Am Med Womens Assoc.* 2004;59(4):255-61.
- Buchner DM, Cress ME, Lateur BJ et al. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1997;52(4): 218-24.
- Donald IP, Bulpitt CJ. The prognosis of falls in elderly people living at home. *Age Ageing.* 1999;28(2):121-5.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol Med Sci* 1990;45:192-197.
- Edelberg HK. Falls and function. How to prevent falls and injuries in patients with impaired mobility. *Geriatrics.* 2001;56:41-5.
- Elble RJ, Thomas SS, Higgins C et al. Stride-dependent changes in gait of older people. *J Neurol.* 1991;238(1): 1-5.
- Gallagher B, Corbett E, Freeman L et al. A fall prevention program for the home environment. *Home Care Provid.* 2001;6(5):157-63.
- Gehlsen GM, Whaley MH. Falls in the elderly: Part I, Gait. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71(10):735-8.
- Gravelle DC, Laughton CA, Dhruv NT et al. Noise-enhanced balance control in older adults. *NeuroReport.* 2002;13:1853-1856.
- Gribble PA, Hertel J. Changes in postural control during a 48-hr. sleep deprivation period. *Percept Mot Skills.* 2004;99:1035-45.
- Hess JA, Woollacott M. Effect of high-intensity strength-training on functional measures of balance ability in balance-impaired older adults. *J Manipulative Physiol Ther.* 2005;28(8): 582-90.
- 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.
- Judge JO, Lindsey C, Underwood M et al. Balance improvements in older women: effects of exercise training. *Phys Ther.* 1993;73:254-65.
- Kavounoudias A, Roll R, Roll JP. The plantar sole is a 'dynamometric map' for human balance control. *Neuroreport.* 1998;9(14):3247-52.
- Koch M, Gottschalk M, Baker DI et al. An impairment and disability assessment and treatment protocol for community-living elderly persons. *Phys Ther.* 1994; 74(4):286-98.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-8.
- Sauvage LR, Myklebust BM, Crow-pan J et al. A clinical trial of strengthening and aerobic exercise to improve gait and balance in elderly male nursing home residents. *Am J Phys Med Rehabil.* 1992;71(6):333-42.
- Scinicariello AP, Eaton K, Inglis JT et al. Enhancing human balance control with galvanic vestibular stimulation. *Biol Cybern.* 2001;84(6):475-80.
- Shumway-Cook A, Gruber W, Baldwin M et al. The effect of multidimensional exercises on balance, mobility, and fall risk in community-dwelling older adults. *Phys Ther.* 1997;77(1):46-57.
- Shinkai S, Watanabe S, Kumagai S et al. Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing.* 2000;29(5):441-6.
- Sterling DA, O'Connor JA, Bonadies J. Geriatric falls: injury severity is high and disproportionate to mechanism. *J Trauma.* 2001;50(1):116-9.
- Sugano N, Demura S, Noguchi T. Age difference in step movement of the female elderly. *Tsuruga Ronso.* 2004;19:37-44.
- Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med.* 1988;319(26):1701-7.
- Watelain E, Barbier F, Allard P et al. Gait pattern classification of healthy elderly men based on

- biomechanical data. Arch Phys Med Rehabil. 2000; 81(5):579-86.
- Winter DA, Patla AE, Frank JS et al. Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. Phys Ther. 1990;70(6):340-7.
- 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.
- Woollacott MH, Tang PF. Balance control during walking in the older adult: research and its implications. Phys Ther. 1997;77(6):646-60.
- Zhang JG, Ishikawa-Takata K, Yamazaki H et al. The effects of Tai Chi Chuan on physiological function and fear of falling in the less robust elderly: an intervention study for preventing falls. Arch Gerontol Geriatr. 2006;42(2):107-16.