



고령자 보행 시 탄성저항운동이 지면반력 신호의 주파수 크기와 variability에 미치는 영향

Elastic Resistance Exercise for the Elderly on the Magnitude of Frequency and Variability of Ground Reaction Force Signals during Walking

서세미*(한양대학교) · 류지선(한국체육대학교)

Seo, Se-Mi*(HanYang University) · Ryu, Ji-Seon(Korea National Sport University)

국문요약

이 연구는 고령자를 대상으로 탄성저항운동을 수행하였을 경우 운동 전·후로 보행 시 지면반력 신호 크기와 이들의 variability에 어떠한 영향을 미치는 가를 구명하고자 하였다. 이를 위하여 여성 고령자 12명을 대상으로 12주간 탄성저항운동을 실시하였으며, 운동 전·후로 보행 시 3방향 지면반력 신호의 주파수 크기와 variability 값을 산출하였다. FFT(fast Fourier transform)를 이용하여 주파수 분석을 하였으며, PSD(power spectral density)를 계산하였다. 총 대상자들의 변이 계수(SD/Mean*100)을 이용하여 집단 간 variability를 계산하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 지면반력 신호의 주파수 크기는 좌우 방향에서 운동 전보다 운동 후에 작은 값을 보였으며, 통계적으로도 유의한 차이($p<.05$)가 나타났다. 지면반력 신호의 variability에서는 좌우 방향에서 운동 전보다 운동 후에 큰 값이 나타났으며, 통계적으로도 유의한 차이($p<.05$)가 나타났다.

ABSTRACT

S. M. Seo, and J. S. Ryu, Elastic Resistance Exercise for the Elderly on the Magnitude of Frequency and Variability of Ground Reaction Force Signals during Walking, Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 18, No.4, pp. 49-57 2008. The purpose of this study was to determine the effects of 12-week elastic resistance exercise for the elderly on the magnitude of frequency and variability of ground reaction force signals. To this aim, total 12 elderly women aged in their 70 were participated in this study and asked to do a 12-week elastic resistance exercise program. FFT(fast Fourier Transform) was used to analyze the frequency domain analysis of the ground reaction forces's signals and an accumulative PSD (power spectrum density) normalized by support phase of walking was calculated to reconstruct the certain signals. To estimate the gait stability between the before and after exercise, values of variability were determined in a coefficient of variance. The magnitude of frequency and variability analysis for medio-lateral signal revealed significantly less after exercise ($p<.05$). In contrast, variability of this signal's frequency that have used to evaluate the local stability during walking exhibited significantly greater after exercise($p<.05$). In summary, magnitude frequency and variability of medio-lateral ground reaction force's signal were significantly changed after a 12-week elastic resistance exercise.

KEY WORDS : ELASTIC RESISTANCE EXERCISE, FREQUENCY ANALYSIS, VARIABILITY,
GROUND REACTION FORCE, POWER SPECTRUM DENSITY, COEFFICIENT OF VARIANCE

I. 서론

노인의 체력실태 조사에 따르면 연령이 증가함에 따라 건강관련 체력과 기술관련 체력 모두에서 현저히 감소한다는 보고가 있다. 노화에 따른 체력 감소는 낙상사고와 보행 능력 저하에 직접적으로 영향을 끼치고 있으며, 낙상은 노인의 조기사망과 신체적 상해, 이동능력 저하 등의 주요한 원인이 되고 있다 (Nevitt, 1997). 낙상의 주요 내성원인은 비활동적 생활에서 평형감각능력 저하와 하지근력 약화에 있다 (Daubney, & Culham 1999). 하지의 근력 약화는 자세가 불안정해지고 적절한 체중이동이 어려워져 낙상의 빈도를 증가시키기 때문에 낙상의 주요한 요인으로 작용한다(Judge, Lindsey, & Underwood, 1993). 낙상을 줄이기 위한 예방으로 보행 평가, 보행 훈련, 근력 강화에 초점을 맞춘 중재방안이 제시되었고 (Tinetti, 1986), 이러한 운동은 건강한 노인은 물론 허약한 노인의 생리적 기능도 향상시키게 되어 낙상 위험을 감소시킨다고 보고되었다 (Buchner, Beresford, Larson, LaCroix and Wagner, 1992). Speechley & Tinetti (1990)는 낙상의 모든 요소를 제거할 수는 없지만 단 하나의 위험 요소라도 조절된다면 치료목표를 세우는데 상당한 도움이 된다고 하였다.

보행은 인간의 신경과 골격근이 총괄적으로 사용되는 아주 복잡한 과정이며, 한쪽 다리가 입각기의 안정된 상태를 유지하는 동시에 다른 다리가 몸을 앞으로 전진시키는 연속적이고 반복적인 동작이라 할 수 있다. 또한 하지의 반복적인 운동을 통해 신체를 앞으로 이동시키는 운동의 한 형태로서 안정성의 유지가 가장 중요한 특성을 지닌 운동이다 (Perry, 1992).

최근 보행과 자세조절에 관련된 연구는 현대의 고령화 사회의 영향으로 고령자의 자세와 균형, 안정성에 대하여 다양하게 이루어지고 있는 실정이다. 특히 고령자의 보행에 대한 최근 연구는 지면반력, 안정측정기를 이용하여 연령이 각기 다른 집단의 자발적으로 일어나는 자세 동요에 대한 연구가 이루어지고 있다. 고령자를 대상으로 보행을 분석한 여러 연구에서는 노인 보행의 특성을 근본적으로 보행 시 불안정성에 원인이 있다고 보고하였다. 그 원인을 해결하기 위하여 고령자의 불안정적인 보행을

안전하고 보다 안정적으로 향상 시킬 수 있는 고령자를 위한 운동 방법이 매우 필요하며, 이를 통하여 보행 능력 증진을 위한 관찰이 필요하다고 할 수 있다.

탄성저항운동은 고령자들에게 하지의 근 골격계를 강화하는 수단으로 상해 예방과 근력강화, 신경계의 기능, 재활 등에 그 목적을 두고 있으며 (Judge, Whipple, & Wolfson, 1994; Hughes, Hurd, Jones & Sprigle, 1999), 관절의 부담감을 줄여주고 근력운동을 할 수 있는 가장 적합한 저항성 운동 프로그램으로 신체적 위험 부담이 적기 때문에 최근 고령자들을 위한 근력 운동으로 많이 사용되고 있다.

이러한 탄성저항운동을 이용하여 고령자의 보행 특성에 미치는 영향을 연구한 Dayhoff, Estes, Holt, Topp, & Suhrheinrich (1997)는 14주 동안 탄성저항운동을 실시한 노인들이 통제 집단에 비해 보행 속도, 족배굴근이 1.2배 높게 나타났다고 하였으며, Topp, Mikesky, Wigglesworth, Holt and Edqards(1993)는 12주간 저항성 근력 트레이닝 후 노인들의 안정된 보행 속도증가와 균형능력 및 뒤로 걷는 능력이 향상 되었다고 하였다. 박장성, 최은영, 황태연 (2002)은 낙상고령자를 대상으로 4주 동안 하지근력강화 저항운동을 실시한 후 보행능력과 균형능력 향상에 효과가 나타났다고 하였으며, Skeleton, Choy, Altman(1995)도 10주간의 저항성 운동 후 하지의 근력, 보행 속도, 계단을 오르는 힘이 유의하게 향상된 것을 보고하였다. 이상에서 살펴본 바와 같이 선행연구들은 고령자들에게 탄성저항운동을 실시함으로써 하지근력과 균형능력, 국부적 안정의 보행능력 향상에 있어 효과적인 운동임을 뒷받침해 주고 있다.

이와 같이 고령자를 대상으로 보행 동작을 안정적으로 향상시키기 위한 일환으로 탄성저항운동이 유용한 것으로 알려지고 있다. 그러나 이들 연구들은 운동 효과를 분석하기 위해 단지 보폭, 보행 속도, 시간 분석, 2차원 하지 관절 각 변화, 근력과 평형성 변화 등을 분석하는데 그쳐 보행의 안정성 특성을 구체적으로 구명(究明)하는 데는 한계점을 가지고 있다. 따라서 이를 해결하기 위해서는 보행동작을 야기하는 원인적인 특성을 분석할 필요가 있다. 보행 시 지면 반력의 반응과 이들의 variability를 살펴보는 것은 보행 동작의 원인을 관찰해 운동 조절을 파악하는 수단으로 가치 있는 일이라 하겠다.

보행 동작을 수행하는데 크게 기여하는 지면반력 파라메타를 이용한 노인 보행의 특징을 규명한 연구는 그리 활발하게 이루어지고 있는 실정이다. 그동안 지면 반력 분석은 전형적으로 시간 함수 파라메타에 치중해 노인 보행보다 젊은 사람들의 보행에 치중해 연구되고 있다(Chao, Laughman, Schneider, & Stuffer, 1983; Hamill, & McNiven, 1990).

시간 함수에서 지면반력 파라메타는 종종 노이즈 등으로 인한 잘못된 해석으로 분명한 효과를 결정하는데 그릇된 결론에 도달할 수도 있다. 이런 문제점 때문에 주파수 분석은 시간 영역에서 찾아내지 못하는 보행 변화의 특징을 확인하는데 도움을 주는 잠재력을 가지고 있다(Stergiou, Giakas, Byrne, & Pomeroy, 2002). 즉 보행의 어떤 역학적 변화가 시간 함수에서 분명하게 나타나지 않을 때 지면 반력의 주파수 분석은 아주 유용한 것이다.

보행 동작에 대한 지면반력의 주파수 분석은 정상인과 장애인을 비교한 경우(Crowe, Schiereck, deBoer, & Keessen, 1993; Giakas, & Baltzopoulos, 1997)와 어떠한 처치 후 보행의 변화를 관찰하기 위해 환자들을 대상으로 보행의 병리적 특징을 평가하기 위한 시도로 활용되고 있다(Giakas, Baltzopoulos, Dangerfield, & Dorgan, Dalmira, 1996; White, Agouris, Selbie, & Kirkpatrick, 1999). variability 연구는 보행으로 인해 야기 될 수 있는 여러 가지 신체 부작용을 예측하는데 중요한 척도로서 통찰력을 가져다주기 때문에 모든 인간 운동의 중심적인 지표로 활용된다(Hamill & Haddad, 2002; Stergiou et al., 2002).

또한 variability의 상대적 차이는 운동 수행에 영향을 미치는 것으로 알려지고 있으며(Newell, Corcos, 1993), 이의 연구는 환경 변화에 대한 기능적인 적응성을 판단하고, 움직임 변화의 특성을 주의 깊게 관찰해 시스템 내(within) 또는 간(between)의 고유한 속성을 판단하는데 필수적인 요소로 활용된다(류지선, 2006a). 특히 상대적으로 체력이 약한 노인들을 대상으로 운동 처치 후 보행 안정성을 평가하는 척도로 variability 분석은 아주 의미 있다 할 수 있다(Hamill & Haddad, 2002).

지면반력에 대한 variability 연구로는 Stergiou et al.(2002)은 젊은 여성과 노인 여성을 대상으로 보행의 지면반력에 대한 variability를 분석한 결과 노인 여성들은 대상자 간 지면반력의 좌우 방향 variability에서

적은 값을 보인 반면에 젊은 여성은 대상자 간, 내에서 다른 두 수직 방향과 전후 방향 성분에서 적은 값을 가졌다고 보고하였다. 이러한 차이는 노인 보행에 영향을 미치는 중추 말초 조건과 경증 말초 신경 장애 등에 기인한 것으로 예측하였다. 앞서 설명한바와 같이 신호의 주파수 분석과 variability 연구의 필요성에도 불구하고 고령자들을 대상으로 운동 전·후의 보행 특징을 관찰하기 위해 지면반력신호의 주파수 분석을 통한 variability 분석은 매우 부족하다.

따라서 본 연구는 고령자를 대상으로 하지 근력강화와 신경계의 기능을 향상시키기 위한 탄성저항운동을 수행하였을 경우 운동 전·후의 보행 시 지면 반력 신호 크기와 이들의 variability에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

탄성저항운동의 전과 후의 효과 검증을 위해, 이 연구의 대상자는 낙상을 경험하고 하지에 병적 결함이 없는 65세 이상의 여성 고령자로 하여 총 12명을 선정하였으며, 이들의 신체적 특징은 <표 1>과 같다.

2. 운동 프로그램

본 연구는 여성 고령노인을 12주간, 주 3회, 1일에 60분간 탄성저항운동을 실시하였다.

1)준비운동

준비운동은 Best-Martini와 Botenhaben-Digenova(2003)의 Exercise for frail elders의 운동 프로그램과 유연주(2006)의 운동 프로그램을 참고로 15분 정도로 구성하였다. 상체의

표 1. 대상자의 신체적 특성

		나이(yrs)	신장(cm)	체중(kg)
Subjects	M	74.7	149.9	54.0
	SD	±5.43	±6.43	±5.24

운동범위 (range of motion)와 스트레칭 운동을 시작으로 하체의 운동범위와 스트레칭 운동을 실시하였다. 또한 운동에 주로 이용되는 근육 부위에 대한 체조동작을 실시하였다.

2) 탄성저항 운동 프로그램

탄성저항 운동 프로그램은 Phillip & Ellenbecker(2004)의 탄성저항의 원리와 치료적 적용의 운동 프로그램과 서혜욱(2004)의 연구를 참고로 구성하였다. 본 연구에서는 노인들이 실내공간에서 쉽게 사용할 수 있는 탄성 밴드를 이용하여 저항성 근력 운동을 실시하였다. 운동 일주일 전에 개개인 별로 RM 측정을 하여 개개인의 근력 정도에 따라 적절한 Thera-band 이용하였다. 색의 선택은 사전 검사(RM측정)를 통해 한 동작을 10회 이상~20회 이하 할 수 있는 것을 선택 하였다. 반복 횟수와 세트 수는 고령자의 근력 정도에 따라 개별화 시켜서 실시하였으며, 반복 횟수는 10 회 이상으로 하되 20회를 넘지 않는 것으로 하고, 20회를 할 수 있으면 세트 수를 늘리고, 대신 탄력 밴드의 길이를 짧게 하거나 반복 횟수를 줄이는 방법으로 하였다. 운동 프로그램은 12주간, 주 3회, 1일 60분간 실시하였다. 운동부하는 Thera-band에서 노약자에게 주로 권장되는 노란색 밴드를 시작으로 하였다. 1회 밴드운동 시 노란색은 0.7/1.0/1.1Kg(밴드를 20/40/60/cm 늘렸을 때), 빨간색은 0.9/1.6/2.0Kg(밴드를 20/40/60/cm 늘렸을 때), 녹색은 1.1/1.9/2.3Kg(밴드를 20/40/60/cm 늘렸을 때)의 저항(정덕조와 주기찬, 2003; 박시영, 2002; 서혜욱, 2004)이 나타난다. 그러나 단계적인 운동으로써 노인들에게는 이러한 적용에 어려움이 있으므로 자각인지도에 의해 '조금 힘들게' 또는 '힘들게' 정도의 강도로 밴드의 길이를 스스로 조절하게 하여 운동을 실시하였다. 반복 횟수는 10회-12회로 하였으며, 12회 이상 수행가능 시 강도가 좀 더 높은 한 단계 위인 빨간색 밴드로 교체하여 실시하였다. 개인의 근력발달에 따라서 빨간색 다음 단계인 녹색 밴드까지 적용하였다. 운동 시간은 신체 각 부위별 운동을 앉은 자세 또는 선 자세에서 지도자의 지시와 시범을 보면서 실시하도록 하였다. 이러한 방법으로 2주 간격으로 저항 트레이닝의 강도를 높이기 위해 점진적으로 탄력밴드의 길이를 짧게 하고 반복횟수 또한 길이에 따라 조절하였으며, 세트 수는 점차 늘어 나갔다. 밴드 색깔 또한 강도가 높아짐에 따라 교체 하였다.

3) 정리운동

정리운동은 Best-Martini와 Botenhagen-Digenova(2003)의 Exercise for frail elders의 운동 프로그램과 유현주(2006)의 운동 프로그램을 참고로 15분 정도로 구성하였다. 상체의 운동범위(range of motion)와 스트레칭 운동을 시작으로 하체의 운동범위와 스트레칭 운동을 실시하였다.

3. 실험절차

모든 대상자는 같은 유형의 운동화를 착용하였으며, 대상자들의 보행 속도는 사전에 결정된 보행 스피드 사용에 의해 대두되어질 수 있는 어떠한 잠재적인 불편을 최소화되는 것을 보장하기 위해(Buzzi et al., 2003) 각자의 가장 편안하고 자연적인 보행 속도로 길이 약 15m의 보행로를 후측 착지 형태로 걷게 하였다. 보행 동안 오른쪽 하지의 지면 반력 신호를 얻기 위해 오른 발이 압력판에 정확하게 착지하는 순간을 포함해 적어도 5스 트라이드를 촬영해 착지의 정확성을 확인했다. 만약 정확한 후측 착지 형태로 압력판(Kistler, Type9286AA, Switerland)을 밟지 않은 경우 데이터는 버리고 다시 반복적인 시도를 유도하였다. 적어도 대상자별 3번을 시도했으며, 이 때 압력판의 샘플율은 1000Hz, 게인은 4000, 전압범위는 $\pm 10V$ 내로 설정하였다.

4. 자료 분석 및 자료처리

획득된 지면 반력 중에 수직 신호를 기준으로 평균적인 것을 선정해 분석했다. 우선 모든 값에서 처음 10점까지의 평균값을 빼서 Bias를 제거 하였다. 분석에 대한 시간은 지지 국면으로 한정하였으며, 지지국면 시작은 수직 지면 반력 값이 5N 이상일 때로 간주하였고, 이 신호에 전후, 좌우 방향 신호도 시간적으로 동조하였다. 이렇게 정리된 데이터를 Rectangular window 함수를 적용 처음과 마지막 신호를 일치시켰다. 그 다음 데이터에 Zero padding을 2048점까지 적용한 후 FFT(fast Fourier transform)를 이용 시간 영역 데이터를 주파수 영역 데이터로 각 시도(trial)에 대해 전환 분석하였다. 주파수의 범위 신호 내 포함된 PSD(power spectral density)는 각 지

면 반력 성분에 대해 계산되었으며, 각 성분은 총 파워의 비율로 표준화하였다. 총 파워(PSD의 적)는 주파수 대 bandwidth) 결정을 위한 기초로 주파수에 대해 누가적으로 합하였다(Antonsson, & Mann, 1985; Stergioue et. al., 2002). 이때신호의 확실한 양을 재구축하기 위해 파워 신호의 99.5% 수준은 각 신호 특성의 대표적인 것으로 간주해 준거로 사용되었다. 평균과 표준 편차의 값들은 3힘 성분에 대해 각 대상자의 시도에 걸쳐 주파수 준거에 대해 계산되었으며, 집단의 평균 또한 산출되었다. 총 대상자들의 변이 계수((SD/Mean)*100)를 이용해 집단간 variability를 계산하였다.

전술한 연구 방법에 의해 산출된 역학량들은 운동 효과를 보기 위해 Paired-sample t-test 검정을 이용하였으며, 이때 유의수준 임계치는 5%로 설정하였다.

III. 결과 및 논의

1. 지면 반력 신호의 주파수 크기

<그림 1>, <그림 2>, <그림 3>은 각각 대상자들의 훈련 전·후 좌우, 전후, 수직 방향의 지면 반력 신호를 나타낸 것이며, <그림 4>는 한 대상자의 수직 지면 반력 신호에 대해 지지국면으로 표준화한 PSD를 나타낸 것이다. <표 2>는 운동 전과 운동 후의 보행 시 세 방향 지면 반력 주파수 크기의 평균과 표준 편차 값과 이의 t 검정을 통한 값을 나타낸 것이다.

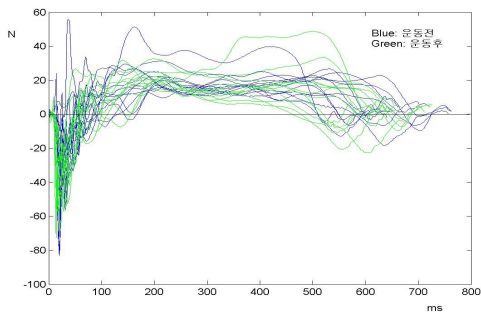


그림 1. 훈련 전·후의 좌우(Fx)방향의 지면반력신호

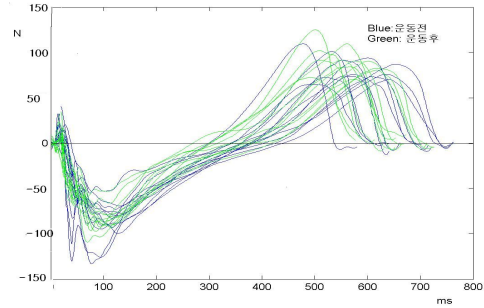


그림 2. 훈련 전·후의 전후(Fy)방향의 지면반력 신호

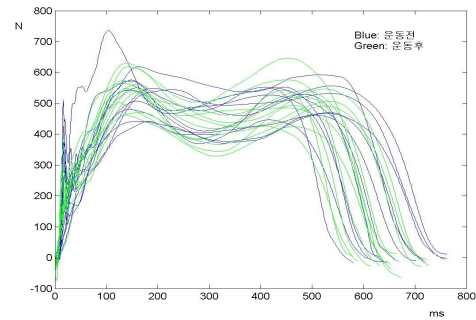


그림 3. 훈련 전·후의 수직(Fz)방향의 지면반력 신호

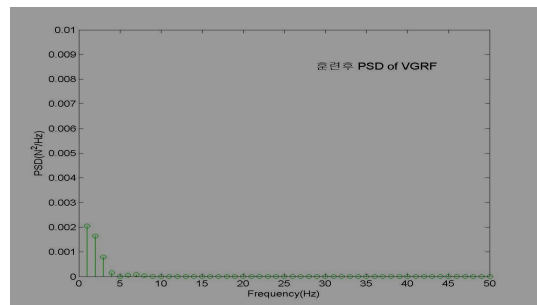
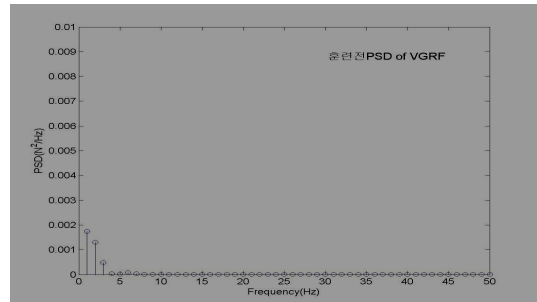


그림 4. 운동 전후 수직 지면 반력의 PSD

표 2. 운동 전·후 지면반력 신호의 주파수 크기에 대한 평균과 표준 편차 값 (단위 Hz)

구간	운동 전	운동 후	t값(p)
좌우(Fx)	77.1±29.8	70.4±31.5	18.766(.034)
전후(Fy)	26.3±11.7	22.2±7.3	8.922(.071)
수직(Fz)	6.8±1.7	6.9±0.8	11.899(.053)

<표 2>에 나타난 것과 같이 운동 전·후 지면 반력 신호의 좌우 방향 주파수 크기를 살펴보면, 통계적으로 유의한 차이($p<.05$)를 보이면서 운동 전에 77.1±29.8Hz, 운동 후에 70.4±31.5Hz로 나타나 운동 후가 운동 전보다 적은 값을 보였다. 그러나 전후 방향 신호의 주파수는 운동 전이 26.3±11.7Hz로, 운동 후의 22.2±7.3Hz보다 큰 값을 보였으나 통계적 차이점은 보이지 않았다. 한편 수직 방향 신호의 주파수에서는 운동 전이 6.8±1.7Hz로 운동 후의 6.9±0.8Hz보다 약간 적은 값을 보였으나, 전후 방향 신호와 같이 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

본 연구의 지면 반력 분석 결과 운동 전·후의 좌우 방향의 평균 주파수는 다른 방향의 신호보다 가장 높은 주파수 크기를 보였으며, 그 다음이 전후 방향과 수직 방향의 순으로 나타났다. 이와 같은 결과는 선행 연구의 젊은 집단과 노인 집단 보행 시 지면반력 신호의 주파수 크기를 분석한 류지선(2006)의 결과와 같은 양상이며, 또한 정상인과 척추 측만 환자를 대상으로 지면 반력 신호를 주파수 분석한 다른 선행 연구의 결과와도 유사한 값을 보였으며, 방향 별 주파수 크기의 순서에서는 일치했다(Giakas et al., 1996; Giakas & Baltzopoulos, 1997). 본 연구의 좌우지면 반력의 주파수 크기가 또 다른 선행연구(Stergiou et al., 2002)의 결과와 비교해 볼 때 상대적으로 큰 값을 보였는데 이는 샘플링과 분석 방법 등의 차이에서 온 것으로 추측된다.

위에서 살펴본 바와 같이 운동 전 보다 운동 후에 좌우 방향 신호의 주파수 크기가 통계적으로 유의하게 적게 나타난 것은 단성 저항운동이 보행의 좌우 움직임의 변화에 기여한 것으로 생각된다. 즉 보행 시 좌우 안정성에 영향을 미친 것으로 보여 진다.

또 다른 원인으로 본 연구 결과 특별히 좌우 방향의 지면 반력 신호의 주파수가 다른 방향의 신호보다 유

의하게 변한 것은 이들 신호가 다른 방향의 신호보다 고주파가 많이 포함되어 있어 상대적으로 변하기 쉬운 성분 때문이 아닌가도 생각 된다(Stergiou et al., 2002). 지면 반력의 주파수 분석을 실시한 선행 연구를 관찰해보면 비교 집단이 같더라도 선행 연구마다 서로 일치하지 않는 결과 들을 보고하고 있다. Stergiou et al.(2002)은 젊은 사람보다 보행이 상대적으로 불편한 노인들의 보행에서 지면반력의 좌우 방향 성분의 주파수가 크게 나타났다고 보고 한 반면, 류지선(2006)은 젊은 집단과 노인 집단 사이에 지면 반력의 좌우 방향 신호의 주파수는 별다른 차이는 보이지 않고, 오히려 다른 전후, 수직 방향 신호의 주파수가 컸다고 다른 보고를 하고 있다. 이와 같이 연령에 따른 보행 시 지면 반력 신호의 주파수 성분은 다른 결과를 보이는 것으로 종종 보고되고 있다. 이런 차이는 지면 반력 신호의 민감성 뿐 만아니라 분석 방법 등에 의해 영향을 받기 때문이 아닌가, 생각된다.

향후 지면 반력 신호의 주파수 분석을 폭넓게 활용하기 위해서는 본 연구에서 실험 디자인으로 설정한 운동 처치뿐만 아니라 연령 차이, 성 차이 등에 대한 체계적인 연구의 필요성이 요구되며, 또한 결과의 일반화를 위해서는 보다 많은 대상자를 분석할 필요성이 요구된다 할 수 있다.

2. 지면 반력 신호의 variability

<표 3>는 운동 전과 운동 후의 보행 시 세 방향 지면 반력 신호의 주파수 성분에 대한 변이계수 값을 나타낸 것이다.

<표 3>에 의하면, 운동 전·후의 variability를 관찰하기 위해 세 방향 지면 반력 신호의 주파수 변화를 변이계수를 이용해 살펴본 결과, 좌우 방향에서 통계적으로 유의한 차이($p<.05$)를 보였다. 좌우 방향에서 변이

표 3. 운동 전·후 지면반력 성분의 주파수 성분에 대한 변이 계수 값

구간	운동 전	운동 후	t값(p)
좌우(Fx)	38.60	44.73	15.659(.041)
전후(Fy)	44.27	33.09	6.105(.103)
수직(Fz)	25.60	11.46	2.250(.266)

계수는 운동 전의 38.60보다 운동 후의 44.73으로 운동 후에 큰 값을 나타냈다. 이러한 결과는 운동 후에 좌우 방향으로의 변화가 즉 안정성이 크게 나타난 것을 의미한다고 할 수 있다. 그러나 전후 방향에서는 운동 전이 44.27, 운동 후에 33.09로 나타나 운동 전이 운동 후보다 큰 값을 보였으며, 마찬가지로 수직 방향에서도 운동 전이 25.60으로 운동 후의 11.46보다 큰 값을 보였으나, 통계적으로는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

변이 계수를 분석해 variability를 판단할 경우 여러 상황에 따라 달라지지만, 일반적으로 보행 동작에서 얻은 시계열 역학량을 통해 variability를 판단할 경우 계수가 큰 것이 보다 안정성이 있는 보행으로 간주되고 있다(Heiderscheit, Hamill, & Van Emmerik, 2002; Hamill, Haddad, & McDermott, 2000).

그러나 지면 반력주파수 분석에 대한 variability해석에 대한 선행연구는 미비한 실정이지만 지면 반력의 좌우 신호의 주파수 분석 결과 일반적으로 젊은 사람이 노인 집단보다 variability가 큰 것으로 관찰되었기 때문에(Stergiou et al.2002), 본 연구 결과 운동 전·후 좌우 방향 신호의 주파수에 대한 variability 변화가 크게 나타난 것은 운동 전 보다 운동 후의 좌우 방향으로의 움직임이 균형성 있게 나타난 것으로 보행 시 좌우 방향의 기능적인 능력, 안정성의 능력이 향상된 것으로 해석할 수 있다. 즉 탄성운동으로 인한 하지 근력의 향상으로 보행 시 좌우의 신체 움직임이 감소해 국부적 안정성이 크게 향상된 것으로 보여 진다.

Stergiou et al.(2002)은 젊은 여성과 노인여성 집단을 대상으로 좌우 방향 신호의 주파수 variability를 관찰한 결과 젊은 여성 집단이 노인 여성 집단보다 컸다고 보고하였다. 이런 선행 연구 결과와 견주해 볼 때 본 연구의 운동 후 좌우 방향 주파수 성분의 variability에서 운동 전보다 큰 값으로 나타난 것은 탄성 저항운동으로 인한 하지 근력의 향상이 이루어져 보행의 균형 발달을 가져오지 않았나, 간접적인 예측을 할 수 있다. 구체적인 대상자간의 차이와 운동전·후의 차이점을 규명하기 위해서는 영상분석 방법 등을 동원해 깊이 있는 역학적 분석이 이루어져야 할 것이다.

본 연구 결과 수직 지면 반력 신호의 variability는 좌우방향과 전후방향 보다 적은 값을 나타냈는데, 이러

한 결과는 수직 지면 반력 신호는 두 방향 수직, 좌우 방향의 신호 보다 상대적으로 주파수가 낮기 때문에 가장 재현성 있는 힘 파라메타 이기 때문인 것으로 생각된다(White et al., 1999). White et al.(1999)은 정상인과 뇌성마비 환자의 보행 시 지면반력 파라메타의 시간 함수에서 variability를 연구한 결과 뇌성 마비집단은 정상인 집단보다 지면반력 3방향의 선정된 요인들 모두에서 통계적으로 크게 나타나 비대칭성을 이루었다고 보고하였다. Guimaraes, & Isaacs(1980)는 젊은 사람에 비해 노인들에서 스텝 길이의 variability가 젊은 사람에 비해 노인들이 유의하게 증가했다고 보고하였다. 본 연구 결과 운동 전·후의 보행 시 3방향의 지면 반력 신호의 주파수 variability는 운동 전보다 운동 후에 좌우 방향에서 크게 나타났는데, 이러한 결과는 보행 스텝과 보행 시 동적 안정성 요인에 영향을 미치고 있는 것으로 사료되지만, 이러한 보행의 변화가 여러 다른 운동학적 요인과의 관계를 살펴보고, 아울러 보행의 스텝과 스트라이드의 크기와 비율의 variability와 비교하는 구체적인 연구의 필요성이 있다고 볼 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 여성 고령자를 대상으로 탄성저항운동을 수행하였을 경우 운동 전·후로 보행 시 지면반력 신호의 주파수 크기와 이들의 variability에 어떠한 영향을 미치는가를 규명하고자 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 지면반력 신호의 주파수 크기는 좌우 방향에서 운동 전보다 운동 후에 적은 값을 보였다.

둘째, 지면반력 신호의 variability 분석에서 좌우 방향의 신호의 주파수 경우 운동 전보다 운동 후에 큰 값이 나타났다.

이상을 종합해 보면 고령자를 대상으로 실시한 탄성 저항운동은 고령자 보행의 좌우 방향 지면반력신호에 영향을 미친 것으로 관찰되었다. 이는 고령자 보행 시 좌우 안정성에 기여한 것으로 판단된다.

향후 이와 관련된 연구를 수행 할 경우 시계열 동적 분석 방법 등을 활용해 보행 안정성을 관찰할 필요성

이 요구되며, 탄성저항운동 이외에 다른 운동 방법을 통한 운동 전·후의 분석과 연령별, 성별에 따른 근력과 보행의 운동학 및 역학적인 분석으로 고령자의 동적 안정성을 보다 구체적으로 관찰하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 류지선(2006a). 노인 보행 시 발과 경골 Coupling 패턴과 variability. *한국체육학회지*, 45(1), 747-756.
- 류지선(2006b). 노인 보행 시 지면반력 신호의 주파수 크기와 variability 비교. *한국체육학회지*, 45(5), 457-464.
- 류지선, Hamill, J. (2003). 운동역학 실험, 대한 미디어. 99-104.
- 박시영(2002). 10주간의 탄성밴드 운동이 고령여성고혈압 환자의 혈압·혈중지질 농도 및 생활체력에 미치는 영향. 경희대학교 체육대학원 스포츠의학과 석사 학위논문.
- 박장성, 최은영, 황태연(2002). 하지근력강화가 노인의 보행 및 균형능력에 미치는 영향. *대한물리치료학회지*, 14(2), 71-79.
- 서혜옥(2004). 저항성 근력운동이 고혈압 노인의 활동중 혈압반응에 미치는 영향. 국민대학교 스포츠 산업대학원 석사학위논문.
- 안선행(2006). 탄성밴드를 이용한 근력훈련이 편마비 환자의 보행, 기능장애에 미치는 효과. 한국체육대학교 사회체육대학원 석사학위 논문.
- 유연주(2006). 만성 편마비 환자의 재활 유형이 일어 서기 동작의 운동학 및 운동역학적 변인에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 체육교육과 박사학위논문.
- 정덕조, 주기찬(2003). 탄성밴드를 이용한 저항운동프로그램이 고령여성의 활동체력 증진에 미치는 영향. *운동과학*, 12(2), 253-313.
- Antonsson, E.K., & Mann, R.W. (1985). The frequency content of gait. *J. of Biomechanics*, 18, 39-47.
- Best-Martini E & Bothenhagen-Digenova KA.(2003). *Exercise for frail elders*. Human Kinetics.
- Buchner DM, Beresford SA, Larson EB, LaCroix AZ and Wagner EH.(1992). Physical performance and sensory functions as determinants of independence in activities of daily living in the old and the very old. *Ann NY Acad Sci*: 26; 673: 350-361.
- Buzzi, U.H., Stergiou, N., Kurz, M., Hageman, P.A., & Heidel, J. (2003).
- Chao, E., Laughman, R., Schneider, E., & Stuffer R. (1983). Normative data of knee joint motion and GRF in adult level walking. *J. Biomechanics*, 16, 219-33.
- Crowe, A., Schiereck, P., deBoer, R., & Keessen, W. (1993). Characterization of gait young adult females by means of body center of mass oscillations derived from GRF. *Gait Posture*, 61-8.
- Daubney M.E., & Culham, E.G. (1999). Lower-extremity muscle force and balance performance in adults aged 65 years and older. *Phys Ther.* 19: 1177-1185.
- Dayhoff, Estes P.K, Holt, Topp R., & Suhrheinrich J. (1997). Postural control and strength mood among older adults. *Appl Nurs Res.* Feb; 10(1):11-18.
- Giakas, G., & Baltzopoulos, V. (1997). Time and frequency domain analysis of GRF during walking: An investigation of variability and symmetry. *Gait Post*, 5, 189-97.
- Giakas, G., Baltzopoulos, V., Dangerfield, P., & Dorgan J, Dalmira S. (1996). Comparison of gait patterns between healthy and scoliotic patients using time and frequency domain analysis of GRF. *Spine* 21, 2235-42.
- Guimaraes, R. M., & Isaacs, B. (1980). Characteristics of gait in old people who fall. *Int. Rehab. Med.*, 2, 177-180.
- Hamill J., & Haddad, J. M. (2002). The role of variability in the etiology of running.

- Proceedings of 2002 KNUPE *international symposium*, 2(1):107-18.
- Hamill, J., & McNiven S. (1990). Reliability of selected ground reaction force parameters during walking. *Human Movement Science*, 9,117-31.
- Hamill, J., Haddad, J.,M., & McDermott, W.J. (2000). Issues in quantifying variability from a dynamical systems perspective. *J. of Applied Biomechanics*, 16: 407-418.
- Hausdorff, J. M., Forman, D. E., Ladin, Z. (1994). Increased walking variability in elderly person with congestive heart failure. *J. Am. Geriatr. Soc*, 42, 1056-1061.
- Heiderscheit, B.C., Hamill, J., & Van Emmerik, R.E.A. (2002). variability of stride characteristics and joint coordination among individuals with unilateral patellofemoral pain. *J. of Applied Biomechanics*, 18, 110-121.
- Hughes CJ, Hurd K, Jones A and Sprigle S. (1999). Resistance properties of Thera-Band Tubing during shoulder abduction exercise. *J Orthop Sports Phys Ther*. 29(7): 413-420.
- Judge, J.O, Whipple, R.H., & Wolfson, L.I. (1994). Effects of resistive and balance on iso kinetic strength in old persons. *Journal of American Geriatric Society*, 9:937-946.
- Judge. J.O., Lindsey, C., & Underwood, M., et al. (1993). Balance improvements in older women: effects of exercise training. *Phys Ther*, 73(4): 254-265.
- Nevitt, M.C. (1997). *Fall in elderly: risk factors and prevention*, In:Masden JC, et al., *Gait disorders of aging: Falls and therapeutic strategies*, New York, Lippincott-Raven.ffering perspectives in motor learning, memory, and control. (pp.295-317). Amsterdam: North- Holland.
- Newell, K.M., Corcos, D.M. (1993). Issues in variability and motor control. In K.M. Newell & D.M.Corcos(Eds.). *variability and Motor Control*.(pp.1-12). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Perry, J. (1992). *Gait Analysis: Normal and pathological function*. Thorofare, NJ: SLACK Incorporated.
- Petterson, RM, Stegink Jansen, C.W, Hgan, .HA. & Nassif, MK (2001). Materal properties of thera-band tubing. *Physical Therapy*, 81(8): 1437-1445.
- Phillip Page, Todd S. Ellendecker. (2004). *The Scientific and Clinical Application of Elastic Resistance*. 대한 미디어.
- Skeleton, Choy, D.S., Altman, P. (1995). Fall of intradiscal pressure with laser ablation. *J Clin Laser med Surg*, 13(3): 149-51.
- Speechley & Tinetti (1990). Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J. Biomech*, 17:53-60.
- Stergiou, N., Giakas. G., Byrne, J. E., & Pomeroy. V. (2002). Frequency domain characteristics of ground reaction forces during walking of young and elderly females, *Clinical Biomechanics*, 17. 615-617.
- Tinetti ME. (1986). A performance-oriented assessment of mobility problem in elderly patients. *J. Am Geriatric Soc*, 34: 199-226.
- Topp R, Mikesky A, Wigglesworth J, Holt W Jr and Edqards Je. (1993). The effect of a 12-week dynamic resistance strenght trining program on gait velocity and balance of older adults. *Gerontologist*, 33; 4:501-506.
- White, R., Agouris, I, Selbie, R. D, & Kirkpatrick M. (1999). The variability of platform data in normal and cerebral palsy gait. *Clinical Biomechanics*, 14, 185-92.

투 고 일 : 10월 28일
 심사 일 : 11월 6일
 심사완료일 : 12월 9일