

노르딕 워킹이 앞정강근 피로도에 미치는 영향

강양훈

서남대학교 물리치료학과

EFFECTS OF NORDIC WALKING ON TIBIALIS ANTERIOR MUSCLE FATIGUE

Yang-Hun Kang

Department of Physical Therapy, College of Health Science, Seonam University

Purpose: The purpose of this study was to investigate tibialis anterior muscle fatigue through a Nordic walking when using pole.

Methods: This study subject was 38 people who were twenties and randomly assigned to a control group with standard walking and Nordic walking group with Nordic walking. All subjects examined muscle fatigue with surface EMG and visual analogue scale for fatigue. The data were analyzed with SPSS window 18.0 program using ANCOVA.

Results: The results were of a significant changes to the both tibialis anterior fatigue($p < 0.01$). The visual fatigue scales weren't significant difference.

Conclusion: It was found that Dool-re-gil (Mt. Ji-Ri) was effective for muscle fatigue during walking, and it appears that it could be used clinically. So it is anticipated that improvement in clinical utilization for the people who's through a Nordic walking when using pole.

Key Words: Nordic walking, Muscle fatigue, Surface EMG, Visual analogue scale for fatigue

1. 서론

걸음은 인체의 이동을 위한 가장 기본적인 움직임이라고 정의할 수 있다. 인간의 신경과 골격근이 총괄적으로 사용되는 아주 복잡한 과정이며, 한쪽다리의 지지기가 안정된 상태를 유지하는 동시에 다른 다리가 몸을 앞으로 전진시키는 연속적이고 반복적인 동작이라 할 수 있다.¹ 걸음은 많은 사람들이 건강을 유지하기 위하여 운동으로 선택하여 시행하고 있고, 운동부족현상이 나타나는 현대생활에서 이동 목적 이상

으로 건강 증진을 위한 하나의 운동형태로서 이용되고 있으며, 근골격 및 관절에 충격이 적어 많은 사람들에게 권장되는 운동이다. 걸음은 연속적인 결과로 신경, 감각-운동, 근골격 그리고 시각-전정 시스템 등 여러 시스템을 동시에 조정하며, 정상 걸음은 장애 평가, 중재, 훈련 계획에 대하여 관여한다.

운동신경을 잦은 빈도로 자극하거나 심한 근수축 운동을 지속하게 되면 근력 감소 등 피로현상이 발생되어 자세조절의 약화를 가져오고, 근육의 반복인 활동으로 인해 장시간 과도한 활동으로 인하여 근피로는 일상생활동작과 최대 힘을 생산하는데 제한을 준다. 또한 고유수용성 감각과 시각적 피드백의 입력에 손상을 주어 균형의 불안정성으로 자세중심 동요가 일어나 안정적인 자세 유지에 있어 어려움을 주게 된다.² 지연된 근육의 동원은 하지의 근육이 관절의 움직임을 느리게 하고, 다양한 과제를 수행할 때 균형을 유지하는 것에 어려움이 있다. 피로에 의한 손상은 일상생활 활동이나 운동을

Received Mar 21, 2014 Revised Apr 16, 2014

Accepted Apr 17, 2014

Corresponding author Yang-Hun Kang, mokpopt@hanmail.net

Copyright © 2013 The Korea Society of Physical Therapy
This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (Http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0.) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

수행하는 데 있어서 손상을 일으키는 잠재적인 요인이 된다.³ 많은 연구들이 생리학, 생역학, 운동학 등 역학적 관점에서 걸음 패턴을 조사하여 걸음과 자세에 관한 임상적 정보를 제공하고 있고,⁴ 정상 성인에서의 걸음은 안정성에 걸음속도, 근력, 관절운동범위가 상관관계가 있다고 하였다. 이러한 걸음분석은 걸음의 특징을 설명할 수 있으며, 재활 결과를 개선하기 위한 근골격계 질환을 이해하는 틀을 제공하며 걸음에 영향을 줄 수 있다.⁵

노르딕워킹은 몸 전체에 에너지 소비를 낮추기 위하여 폴을 사용하는데 건강하게 걷는 새로운 형태의 운동이며 매우 효과적이고, 어디서나 바로 즐길 수 있고, 모든 연령층이 이 운동을 할 수 있다. 핀란드에서는 국민의 30%가 노르딕워킹을 하고 있고, 스위스에서는 노르딕워킹을 하고 있는 사람들에게 보험료를 할인해 주고 있으며, 오스트리아 의사들은 고혈압, 당뇨병, 골다공증, 우울증 등의 치료를 위하여 노르딕워킹을 사용하고 있다.⁶ 걸음자에게 상지의 사용과 관련하여 운동의 효율성을 제공하게 되면, 하지의 부하가 줄어든다고 하였다. 이렇게 일반적인 걸음운동 시 부족할 수 있는 상지 부위의 운동을 적극적으로 보충하려는 목적에서 고안된 운동이 바로 노르딕 워킹이다.⁷ 1988년 미국의 Tom Rutlin이 Exerstriding이란 이름으로 시작하였고, 유럽에서는 노르딕워킹으로 불리며 많은 사람들이 폴을 사용하여 걸음운동을 시작하였다(International Nordic Walking Association). 노르딕워킹이 걸음방식의 운동이라 하여 대부분 하지의 근력만을 이용하는 걸음이라 생각하기 쉽지만 실제로는 하지와 상지, 특히 어깨와 손, 흉부근육과 몸통근육의 협응 운동으로 인해 상·하지의 지구력 향상에 효과적이라고 하였다.⁸ 팔과 상체를 많이 움직이기 때문에 평균적으로 전체 근육의 90% 정도를 사용할 수 있고, 전신의 근육과 관절을 골고루 사용하면서 몸의 균형을 잡아주고 근력을 고르게 강화시켜 준다고 보고하였다.⁹ 노르딕워킹은 상체와 하체의 결합으로 훈련하는 운동방법이며, 걸음자의 팔을 이용하여 폴을 잡고 노르딕워킹을 하게 되면 팔, 어깨, 상체, 가슴, 복부의 근육 지구력이 개선되고, 보폭 거리, 걸음속도, 산소소비량이 증가된다고 하였다. 또 노르딕워킹은 하지 관절통증, 근육 약화에 효과적으로 도움을 준다고 보고하였다.¹⁰

걸음을 평가하는 방법으로는 실내에서 트레드밀을 이용하여 평가하는 방법과 실제 걸음이 이루어지는 현장에서 확인할 수 있는데 트레드밀 위에서의 걸음의 경우, 노인질환을 앓고 있는 환자들의 일상생활 수행능력의 향상에 도움을

줌으로써 환자들의 더 많은 운동 프로그램에 참여할 수 있는 기회를 주었고,¹¹ 노인 환자의 발목에 낮은 강도에 저항을 준 뒤 트레드밀 위에서 근력-저항훈련을 실시한 결과 걸음 시 근력증진과 균형능력 증진에 도움을 주었다고 보고하였다.¹² 또 트레드밀 위에서 12주간의 노르딕 폴을 이용한 걸음훈련이 쇼그렌증후군과 같은 자가면역 질환 환자들의 근 피로도 감소에서 효과가 있었다고 보고하였다.¹³

실내의 트레드밀 걷기와 같이 일정 조건하의 걸음훈련과 실외에서 실시되는 다양한 조건하의 걸음훈련의 의의와 임상적인 차이가 있을 것이며 근피로도에 영향을 미칠 것이다. 따라서 본 연구에서는 실내의 제한된 환경이 아닌 걸음이 실제로 이루어지는 현장인 지리산 둘레길에서 노르딕 워킹 적용이 근피로도에 미치는 영향에 대하여 알아보고 노르딕 워킹의 임상 사용에 있어 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구는 00대학교 00학과에 재학 중인 38명의 성인 남·녀를 대상으로 하였다.

대상자의 선정의 조건은 다음과 같다.

- ① 각 대상들은 3개월간 연구에 영향을 줄만한 운동을 하지 않은 성인
 - ② 최근 3개월 안에 교통사고 및 수술 경력이 없는 성인
 - ③ 당뇨, 고혈압과 심장병 증세가 없는 성인
 - ④ 노르딕워킹을 해보지 않은 성인
- 을 대상으로 본 실험의 내용, 절차, 예상되는 효과에 대한 설명은 하지 않고, 자발적으로 참여의사를 밝힌 자에 한하여 서면으로 동의를 얻은 후 연구를 실시하였다.

2.2 측정 도구와 실험 방법

2.2.1 측정 도구

- ① 표면 근전도(surface EMG)

운동 전·후의 근 피로도 측정을 위해 표면근 근전도 장비인 MP150(BIOPAC system CA,LA)을 사용하였다. 이 장비는 유선과 무선 두 개의 어댑터가 존재하여 근 활성도를 알아보는 장비이며 본 연구에서는 무선 MP150을 사용하여 실험을 진행하였다. 근전도 신호는 Fourier변환을 이용하여 power spectrum으로 해석할 수 있으며 주파수 평면으로 데이터가 표현되어 근전도 신호를 분석할 수 있다. 근 피로도는 중앙주파수(MDF) 분석으로 저장된 근전도 신호를 대상으로 피

로가 발생할 때 까지의 신호 중 1초 동안 1000개의 신호를 대상으로 주파수 스펙트럼을 얻은 후 분석변수로 window length는 1초, window overlap은 0.5초로 하여 fast fourier transformation(FFT)을 분석하여 얻었다.¹⁴

② 시각 피로도 척도(Visual Analogue Scale for fatigue; VAS for fatigue)

VAS for fatigue는 시각 피로도 척도로서 근 피로도의 측정 방법으로 신뢰도 r=0.08로 높은 편에 속하는 측정도구이다. 이 측정 도구는 실험대상자의 걷기 운동 전과 걷기 운동 후 총 2회를 측정하며 이를 위해 10 cm의 직선을 그린 뒤 가장 왼쪽을 '피로도가 없을 때' 라고 하고 가장 오른쪽을 '가장 피곤할 때' 로 가정하여 측정 기간 때 가장 피로한 정도를 직선 위에 체크하면 10 cm의 자를 이용하여 실험대상자의 피로도 정도를 측정하는 도구이다.¹⁵

2.2.2 실험과정

본 연구는 전라북도 남원시에 위치한 둘레길 뒷밭재 솔바람길 (거리 5.7 km)에서 실시되었으며 노르딕워킹, 또는 걸음 운동을 실행하기 전 모든 참가자들은 실험 전 측정을 위하여 안정 시의 시각 피로도 측정과 표면 근전도를 이용한 근피로도 측정을 하였다. 재활을 실시하는 환자들에게 가장 힘든 요인으로 조절하기 힘든 균형능력이 있으며 이러한 문제들로 인해 환자들은 걸음 시 균형의 조절이 힘들어 문제가 발생할 수 있다. 이에 다른 연구자들은 팔의 높이는 개인의 키에 0.68을 곱한 값으로 하고 서있는 자세에서 팔의 위치는 팔꿈치 90도를 유지하여 실험을 진행하였다.⁶ 먼저 시각 피로도 척도를 작성한 뒤 표면근전도 장비를 이용하여 근피로도를 측정하는데 측정을 위한 부위는 왼쪽 발과 오른쪽 발에 위치한 정강뼈앞근(Tibialis Anterior;TA)이며, 총 3개의 전극 중 2개는 정강뼈앞근의 힘살(muscle belly)에 부착하고 1개는 증폭부위를 위해 정강뼈앞근 뒤에 부착하였다. 근피로도는 정강뼈앞근의 수축기전인 발등굽힘(dorsiflexion) 시에 측정하였는데 기존의 연구를 토대로 7초 수축하고 4초 휴식한 뒤 다시 7초 수축하는 방식으로 총 3회 측정하였으며, 측정순서는 오른발 3회 왼발 3회, 동시 3회 순이었으며, 운동 중간 휴식 위치인 팔각정에 대기하며 5분간 휴식을 실시하였으며 이때는 시각피로도 척도 측정을 하였다. 운동 종료 시에는 정리운동 없이 바로 멈추어 시각피로도 척도와 근피로도 측정을 실시하였다. 이때에도 운동 전과 같은 방법으로 통해 근피로도 측정을 하였다.

2.2.3.자료처리 및 분석방법

모든 자료들은 SPSS for window version 18.0 통계학적 프로그램(IBM Co., Armonk, NY,USA)을 이용하여 분석하였다. 전체 대상자들의 일반적 특성 및 정규분포 여부를 알아보기 위하여 독립 T 검정을 이용하였고 노르딕워킹군과 일반걸음군의 실험 전·후의 피로도를 측정하여 군 간 비교를 위해 공분산 분석(ANCOVA)을 사용하였으며 통계학적 유의성 검증을 위한 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

Table 1. General impression of participant (N=38)

	Years	Height	Weight
Walking group	23.89 ± 0.2	168.57 ± 1.72	68.31 ± 3.80
Nordic Walking group	23.52 ± 0.22	165.42 ± 1.94	67.63 ± 3.87

Values are mean ± SD

Table 2. Pre and post on exercise in nordic walking and walking in VAS (Unit: cm)

	Pre	Post	F	P
Walking group	1.8 ± 0.41	4.88 ± 0.59	0.02	0.887
Nordic Walking group	2 ± 0.38	4.82 ± 0.69		

Values are mean ± SD, *p<0.05, †p<0.01

III. 결과

3.1 연구 대상자의 일반적인 특성

본 실험에 참가한 연구대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1). 대상자는 일반 걸음이군 19명, 노르딕워킹군 19명으로 무작위 추출 배정하였으며 대상자들의 평균 연령은 일반걸음군 23.89세, 노르딕워킹군 23.52세였고 평균 신장은 일반걸음군 167.57 cm, 노르딕워킹군 165.42 cm 이었고 평균 몸무게는 일반걸음군 68.31 kg, 노르딕워킹군 67.63 Kg 이었으며 군 간의 정규성 분포를 확인하고자 독립 T 검정을 실시하여 그룹간 유의한 차이가 없었으므로 두 집단이 동일한 비교집단임을 확인하였다(p>0.025).

3.1.1. 노르딕 워킹과 일반 걸음간의 운동 전·후에 따른 시각 피로도 척도의 점수 변화

노르딕워킹과 일반걸음이 근피로도에 미치는 영향에 대해 비교해 보기 위해 운동 전·후에 따른 시각적 근피로도 척도의 점수에 따라 평균값을 비교해 본 결과, 노르딕워킹과 일반걸

Table 3. Pre and post on exercise in nordic walking and walking (Unit: Hz)

	Pre	Post	F	P
Walking group	54.04 ± 4.98	66.98 ± 6.49	19.63	0.00**
Nordic Walking group	56.69 ± 3.69	63.83 ± 6.96		

Values are mean ± SD, *p<0.05, †p<0.01

Table 4. Pre and post on exercise in nordic walking and walking (Unit: Hz)

	Pre	Post	F	P
Walking group	54.78 ± 5.09	72 ± 5.69	32.73	0.00**
Nordic Walking group	57.36 ± 3.28	64.56 ± 5.23		

Values are mean ± SD, *p<0.05, †p<0.01

음군에서 유의한 차이가 없었다(Table 2).

3.1.2 운동 전·후에 측정된 오른쪽 정강뼈앞근의 발등굽힘 시 나타나는 근 피로도

노르딕워킹이 오른쪽 발의 정강뼈앞근의 근피로도에 미치는 영향에 대해 알아본 결과 유의한 차이가 있었다(Table 3).

3.1.3 운동 전·후에 측정된 왼쪽 정강뼈앞근의 발등굽힘 시 나타나는 근 피로도

노르딕워킹이 왼쪽 발의 정강뼈앞근의 근피로도에 미치는 영향에 대해 알아본 결과 유의한 차이가 있었다(Table 4).

IV. 고찰

걸음은 인간의 기초적인 생활에 많은 영향을 끼치는 행동으로서 재활의 기본적인 목표 중에 하나이며 일상생활에 기초가 되는 움직임이다. 하지만 몸의 장애와 그로 인해 발생하는 문제점들로 인해 걸음주기 또는 균형에 문제가 발생할 수 있다.¹⁶ 대부분의 환자들은 사고를 당한 뒤 재활을 시작 할 때 우선 순위를 만들고 제일 하고 싶은 것으로 걸음을 선택하는데,¹⁰ 이는 걸음이 일상생활에 끼치는 영향이 높기 때문이다. 걸음의 재활 방법은 매우 다양하며 이런 재활의 방법들은 기존에는 제한적인 환경에서만 실시되어 임상적인 적용과의 차이를 가지고 있었다.¹⁷ 따라서 본 연구에서는 지리산 둘레길이라는 도시형 산책로를 이용하여 노르딕 워킹의 임상 적용의 의의를 알아보려고 하였다. 재활을 실시하는 환자들에게 가장 힘든 요인으로는 조절하기 힘든 균형능력이 있

으며, 이러한 문제들로 인해 환자들은 걸음 시 균형의 조절이 힘들어 문제가 발생할 수 있다. 이에 다른 연구자들은 효과적인 폴의 높이를 지면에서 위앞엉덩뼈가시 위로 15 cm이내의 범위를 선정하여 실험을 진행하였다.

본 연구는 노르딕 폴을 사용한 집단과 사용하지 않은 집단을 각각 지리산 둘레길을 걷게 한 뒤 정강뼈앞근의 근피로도에 대해 알아보았으며 이들이 느끼는 피로도에 대한 정보를 둘레길 걷기 전·후에 대해 알아보았다. 노르딕워킹과 일반걸음이 근피로도에 미치는 영향에 대해 각각 비교해 보기 위해 운동 전·후에 따른 시각적 근피로도 척도의 점수에 따라 평균 값을 비교해 본 결과, 노르딕워킹과 일반걸음 모두에게서 유의한 차이가 발생하지 않았다(Table 2). Daijro 등¹⁸은 폴 워킹을 성별, 나이, 병의 유무가 다른 집단에게 노르딕워킹과 일반걸음을 피로도를 알아본 결과 유의한 차이가 없었으며, Hong 등¹⁹의 연구에서 하퇴삼두근에 피로를 유발시켜 표면근전도 특성을 비교한 연구에서도 본 연구와 같이 피로를 유발 시킨 후 매우 유의한 감소를 나타내었다. 이는 본 연구의 결과와 같았다. 이러한 결과는 워킹 폴을 이용한 걸음 시 안정감을 제공해주지만 실제의 근 피로도와는 별다른 차이가 없음을 알 수 있었다. 하지만 시각적 근피로도 척도는 대상자의 주관적 평가 방법으로 전체적으로 피로도의 변화는 있었으나 통계학적으로 유의하지 않았다. 걸음은 우리의 일상 생활에서 자주 접할 수 있는 이벤트 중 하나이지만, 운동 중에 측정된 생리적 전기 신호의 장시간 도보로 인하여 피로를 느낄 수 있다. 사람들은 장시간 걸음을 하면 피로 조건에 따라 걸음 패턴을 선택한다고 알려져 있다. 걸음에서 주어진 속도로 실행하면 걸음 속도는 장기간 도보 시 피로에 의하여 걸음 속도가 감소한다고 하였다.²⁰ 또한 트레드밀 걸음 동안에도 장시간 동안 걸음을 하게 되면 초기에 피로도가 높아질 수 있고,²¹ 엉덩관절가동범위, 최대 엉덩관절 굴곡 각도와 보폭수의 분명한 증가가 보이고, 입각 시간의 분명한 감소가 관찰되어 진다고 하였다. 이로 인하여 발 뒤꿈치 충격 힘은 인간의 근골격계 시스템을 통해 부상으로 이어질 수 있다고 하였다.²² 발목의 각도가 조절되지 않았기 때문에 경골의 충격 반응에 대한 근육 피로가 집중되어졌고, 최대 경골 가속과 가속 기울기는 감소하고, 동일한 발목 굴곡 범위에 걸쳐 값을 비교할 때 최대 가속 시간은 피로에 따라 증가하였다고 보고하였다. 대상자가 스스로 행하는 발목 굴곡 각도는 다리근육 피로가 생기는 동안에 경골 반응의 차이를 고려하지 않았다. 근육에 피로가 생길 때 근육과 발목관절의 안정성이 감소되고, 이것에 의하여 발의

뒤꿈치가 지면과 접촉할 때 하지의 감속이 증가한다는 것을 제안한다.²³

본 연구에서는 노르딕워킹과 일반워킹의 운동 전·후에 표면근전도로 측정된 정강뼈앞근의 발등굽힘 시 근 피로도를 대해 알아본 결과, 양쪽 모두 유의한 차이가 있었다. 정강뼈 앞근은 걸음을 걸을 때나 서 있을 때 계속 일하기보다는 일시적으로 기능을 수행하므로 걸음 시 특성이 위상성이며 근피로도에 취약하고 지구력이 필요치 않은 순수한 백근의 근육이다.²⁴ Spink 등²⁵은 하지근육들 중 족관절의 배측굴곡근은 근약화로 인하여 균형 능력이 감소하여 자세중심 동요와 불안정성이 일어난다고 하였다. 따라서 족관절의 배측굴곡근이 작은 동요나 자세 조절을 위해 가장 중요하게 사용되는 근육이라고 생각된다. 본 연구에서 노르딕 워킹의 적용이 앞정강근의 근전도 피로도 분석에서 대조군인 일반 걸음군에 비하여 유의한 감소는 근피로도에 취약한 앞정강근에 노르딕 폴의 적용이 자세 중심의 동요나 자세 조절에 도움을 주어 안정성을 제공하였기에 피로도의 유의한 감소가 있었다고 사료되어진다. Cha 등²⁶ 연구에서 지팡이를 한쪽에 사용한 편마비 환자분의 족저압의 분포가 지팡이를 한쪽으로 사용하는 것은 체중 지지 변화를 만들었지만 노르딕워킹은 양쪽으로 지지하기에 안정성과 보다 넓은 지지면은 근의 효율성을 높인다고 볼 수 있으며 이런 결과는 Kim 등²⁷이 노르딕워킹과 일반보행의 효율성을 비교하기 위하여 운동학적 변인과 지면반발력을 비교한 분석 결과와 일치한다고 할 수 있다. Benjamin 등²⁸은 무릎관절염을 가진 노인에서 정상걸음과 워킹 폴을 이용한 걸음을 비교한 결과 지지기의 수직 지면반발력을 유의하게 줄여줌으로 본 연구에서의 노르딕 워킹 피로도의 유의한 감소 또한 걸음 시 한발 지지기의 체중 분포의 변화와 일치한다고 할 수 있겠다. 노르딕워킹이 하지의 근육의 동원능력과 부하의 변화를 통해 피로도에 대한 지속시간과 피로도 감소를 나타내는 것이다. Grabowski 등²⁹의 연구에서 폴의 사용은 또한 균형과 안정성을 개선시키고, 움직임에 대한 신진대사가 증가되어지는 결과로 한발에서 다른 발로 이동 되어지는 동안 속도의 증가와 체간의 안정성과 연관이 있다고 하겠다. 특히 인간은 두발로 걸음이 이루지는 반면 노르딕 워킹은 폴로 인하여 증가하는 지지면의 변화와 또한 노르딕 폴로 인하여 체간의 굴곡을 줄여 중력에 대항할 수 있는 능력의 개선을 기대할 수 있다. 따라서 본 연구에서 노르딕워킹의 근 피로도를 정량적으로 분석한 표면근전도의 유의한 감소는 걸음 시 지면반발력을 줄임으로 걸음 효율성의 제공과 한발

지지기 동안 몸통의 안정성을 제공함으로 인하여 다리의 부하를 줄여 줄 수 있고 또한 둘레길이라는 임상 적용이라는 점에서 의의를 갖을 수 있다고 사료되어진다.

본 연구의 제한점으로는 연구대상자의 수가 적고 운동량이 많은 성인 남녀를 대상으로 실시하였기 때문에 연구결과를 일반화하기 어렵고 연구기간이 짧아 장기적인 효과를 분석하기 어렵다는 점이다. 그러므로 앞으로의 연구에서는 많은 대상자와 연구의 결과에 대한 다변화를 모색하는 방식으로 연구가 실시되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Perry J. Gait Analysis: Normal and Pathological Function, First edition, Thomson Learning, 1992.
2. Egerton T, Brauer SG, Cresswell AG. The immediate effect of physical activity on standing balance in healthy and balance impaired older people, *Australas J Ageing*, 2009;28(2):93-6.
3. Reimer RC, Wikstrom EA. Functional fatigue of the hip and ankle musculature cause similar alterations in single leg stance postural control, *J Sci Med Sport*, 2010; 13(1):161-6.
4. Chiu MC, Wang MJ. The effect of gait speed and gender on perceived exertion, muscle activity, joint motion of lower extremity, ground reaction force and heart rate during normal walking. *Gait & Posture*, 2007;25(3):385-92.
5. Kang H.G, Dingwell JB. Effects of walking speed, strength and range of motion on gait stability in healthy adults, *Journal of Biomechanics*, 2008;41(14):2899-905.
6. Piotr K, Malgorzata W. Nordic Walking - a new form of exercise in rehabilitation *Medical Rehabilitation*, 2006;10(2):1-8.
7. Owens SG, Al-Ahmed A, Moffatt RJ. Physiological effects of walking and running with hand-held weights, *J Sports Med Phys, Fitness*, 1989;29(4):384-7.
8. Farnsworth M, Burtcher P. Nordic walking : Global trend set to make an impact on Australia's health and fitness, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2010;12(2):3.
9. Kim DJ. Nordic walking in fibromyalgia: a means of promoting fitness that is easy for busy clinicians to recommend, *Arthritis research & therapy*, 2011;13(1):103.
10. MKeast ML. Nordic Walking: Introducing a New Low-Impact Exercise System for Cardiac Rehabilitation Patients, Minto Prevention and Rehabilitation Centre, University of Ottawa Heart Institute, 2009;13-4.
11. Pons-Villanueva J, Segui-Gomez M, Martinez-Gonzalez MA. Risk of injury according to participants in specific physical activities: a 6-years follow-up of 14 356 participants of the SUN cohort, *Int J Epidemiol*, 2010;39(2):580-7.

12. Savage PA, Shaw AO, Miller MS et al. Effect of Resistance Training on Physical Disability in Chronic Heart Failure. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(8):1379–86.
13. Strömbeck BE, Theander E, Jacobsson LT. Effects of exercise on aerobic capacity and fatigue in women with primary Sjögren's syndrome. *Oxford Journals Medicine Rheumatology.* 2007;46(5):868–71.
14. Yang DJ. Effects of Biofeedback with Task-related training on Motor function and Neural plasticity in subjects with stroke. Dongshin University. Dissertation of Doctorate Degree, 2011.
15. Vasconcelos OM, Prokhorenko OA, Kelly KF et al. A Comparison of Fatigue Scales in Postpoliomyelitis Syndrome. *Archives of physical medicine and rehabilitation.* 2006; 87(9):2013–7.
16. Fritschi JO, Brown WJ, Laukkanen R et al. The effects of pole walking on health in adults: A systematic review. 2012;22(5):70–8.
17. Breyer MK, Breyer-Kohansal R, Funk GC et al. Nordic Walking improves daily physical activities in COPD: a randomized controlled trial. *Respir Res.* 2010;22(11):112.
18. Abe D, Hotta N, Fukuoka Y et al. Biomechanical Analysis of Gait and Sit-to-Stand Patterns Using a Specially Made Knee Supporter in Healthy Young and Elderly Individuals. *J Physiol Anthropol.* 2010;29(2):65–70.
19. Hong WS, Kim GW, Kim BK et al. A eletromyographic fatigue analysis of the gastrocnemius and soleus. *J Korean Soc Ther.* 2002;14(4):477–89.
20. Mizrahi J, Verbitsky O, Isakov E et al. Effect of fatigue on leg kinematics and impact acceleration in long distance running. *Human Movement Science.* 2000;19(2):139–51.
21. Ainslie PN, Campbell IT, Frayn KN et al. Physiological and metabolic responses to a hill walk. *J Appl physiol.* 2002;92(1):179–87.
22. Alton F, Baldey L, Caplan S et al. A kinematic comparison of overground and treadmill walking. *Clinical Biomechanics.* 1998;16(6):434–40.
23. Duquette AM, Andrews DM. Tibialis anterior muscle fatigue leads to changes in tibial axial acceleration after impact when ankle dorsiflexion angles are visually controlled. *Hum Mov Sci.* 2010;29(4):567–77.
24. Bente E, Bassøe Gjelsvi. *The Bobath Concept in Adult Neurology. Complementary medicine.* Thieme, 2008:6–7.
25. Spink MJ, Fotoohabadi MR, Wee E et al. Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92(1):68–75.
26. Cha YJ, Kim K. A study on the distribution of plantar pressure in adult hemiplegia during gait with the use of cane. *J Korean Soc Ther.* 2010;22(3):49–53.
27. Kim RB, Cho JH. Comparative analysis of Nordic walking and normal gait based on efficiency. *Korea journal of sport biomechanics.* 2010;20(4):365–72.
28. Freqly BJ, D' Lima DD, Colwell CW. Effective gait pattern for offload the medical compartment of the knee. *J Orthop Res.* 2009;27(8):1016–21.
29. Grabowski A, Farley CT, Kram R. Independent metabolic costs of supporting body weight and accelerating body mass during walking. *J Appl physiol.* 2005;98(2):579–83.