

만성 요통 환자와 정상 성인의 정적, 동적 족저압 비교 연구

이전형, 김기철, 서현규, 박윤기

대구보건대학교 물리치료과

Comparison Study of Static and Dynamic Plantar Foot Pressure between Chronic Low Back Pain Patients and Normal Adults

Jeon-hyeong Lee, Gi-chul Kim, Hyun-kyu Seo, Youn-ki Park

Dept. of Physical Therapy, Daegu Health College

Key Words:

Center of pressure, low back pain, plantar foot pressure

ABSTRACT

Background: The purpose of this study is to examine the static and dynamic plantar foot pressure in chronic low back pain patients and normal adults. Methods: The subjects were divided into a group of 30 patients with chronic low back pain and a control group of 30 healthy persons. While static posture and dynamic posture at comfortable walking speeds, the low back pain group and the control group measured their plantar foot pressure and the trajectory of their center of pressure (COP) using the Matscan® system. Independent t-tests were measured to compare differences in plantar foot pressure characteristics between the left side and right side of the low back pain group and the control group. Results: In the comparison of differences in plantar foot pressure characteristics between the left side and right side of the low back pain group and the control group, the anteroposterior (AP) displacement of COP showed significant differences ($p < .05$). Although the low back pain group and the control group did not show any significant differences in leg length, weight distribution, mediolateral (ML) displacement of COP, static contract area, dynamic contract areas ($p > .05$), increases in the contract area values were shown in the hind foot in general. Conclusion: In this study, it was shown that patients with chronic low back pain were walking with short AP displacement of the COP as a compensatory action to avoid pain.

I. 서론

요통은 산업화된 사회에서 흔히 발생하는 질환 중 하나이며(Coste 등, 1991), 인간의 50~90%가 일생에 한번 이상 요통을 경험하게 된다(Christie 등, 1995). 종종 간헐적으로 증상이 악화되어 만성적 변화로 발전되기도 하며(Croft 등, 1998; Burton 등, 2004), 만성 요통으로 인해 발생하는 포괄적이고 복합적인 문제로 인해서 신체적인 기능에 심한 영향을 미친다(Gheldof 등, 2006).

요통환자의 경우에도 상해 환자에서처럼 근 방추, 골지건 기관, 관절, 피부수용기로부터의 고유수용성 정보 입력의 질과 양을 변화시키며, 지지면과 중력에 대한

신체 위치의 잘못된 정보를 제공하게 되며(Alexander와 Lapier, 1998), 이러한 정보의 변화로 불안정성을 예상할 수 있는 능력에 손상을 주어 환자가 불안정을 느끼고 움직이는데 사용하는 전략에 보상적인 수정을 야기한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1988). 이러한 결과로 인해 요통 환자는 비정상적인 자세반응 패턴, 반응 시간 지연, 안정성의 장애를 일으킬 수 있으며(Boucher 등, 1995), 일상생활의 제한과 정적 균형수행과 체중분포에도 정상인과 차이를 일으킨다고 하였다(Alexander와 Lapier, 1998).

요통 환자의 기립 시 양 하지에 실리는 체중 지지율을 비교한 연구에서 체중 지지율은 무통증측보다는 통증측 하지에서 낮게 나타났는데(윤홍일과 배수찬, 1999), 이와 같이 통증이 없는 쪽으로 주로 체중지지를 하는 것은 통증이 있는 하지로 서 있을 때 요추 주위와 골반의 근육 수축으로 인해 통증이 심해지는 것을 줄이

교신저자: 서현규(대구보건대학교, shk8275@hanmail.net)
 논문접수일: 2013.04.10, 논문수정일: 2013.04.25,
 게재확정일: 2013.04.29

기 위해서이다(Mientjes와 Frank, 1999). 체중 지지율의 차이는 통증이 심할수록 더 많이 나타났으며 이것은 통증이 요통 환자의 자세유지에 영향을 미쳐 또 다른 자세의 불균형 및 비정상적인 보행의 원인으로 작용할 수 있다는 것을 보여준다고 하였다(정한신, 2002).

족저압은 보행 중 발의 정적 그리고 동적 압력을 정량화하기 위해 측정한다. 또한 당뇨병환자에게 고사의 위험을 확인하기 위한 심사도구로 널리 사용되고 있다(Cavanagh와 Ulbrecht, 1991). 족저압을 측정함으로써 다양한 일상생활동작과 기능적 활동 중 발의 특정부위에 가해지는 압력을 관찰할 수 있다(노정석과 김택훈, 2001). 뿐만 아니라 이러한 압력분포의 측정과 분석을 통하여 부상의 진단 및 치료에도 이용될 수 있다고 하였다(이중숙 등, 2004).

족저압 측정 방법에는 힘판을 이용한 족저압 측정 방법, 압력판을 이용한 족저압 측정 방법, 신발 내에 센서를 삽입하는 삽입형 족저압 측정 방법이 대표적이다.(노정석과 김택훈, 2001). 족저압 측정은 최근 발의 건강에 대한 관심이 고조되면서 당뇨병 환자, 류마티스 등의 관절염 환자, 뇌성마비, 편마비, 하지 절단 환자 등에서 다양하게 연구되고 있다(Den Otter 등, 2004; 양두창 등, 2003; Leroux 등, 2006; Park 등, 2006; 김장환과 신현석, 2001).

하지만 지금까지 인간이라면 누구나 한 번은 겪게 되는 요통으로 인해 나타나는 발의 변화에 대한 선행 연구는 정적 자세에서 족저압 분석을 한 연구는 있었지만 동적 자세에서 나타날 수 있는 족저압의 변화에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 요통 환자와 정상 성인 환자에서 다리 길이의 차이와 체중 분포의 차이, 그리고 정적, 동적 족저압의 차이가 있을 것으로 생각되기에 이에 줄자, 전자 체중계, 족저압을 측정할 수 있는 도구를 사용하여 요통 환자와 정상 성인의 다리 길이, 압력 분포, 정적 자세와 동적 자세에서 족저압에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 의사에게 요통으로 진단받고 본 연구의 취지를 잘 이해하고 참여하겠다고 동의한 요통군 30명과 일반적 특성이 비슷한 대조군 30명을 대상으로 하였다. 연구에 참여한 모든 대상자는 실험 참가에 동의하였으며, 실험 내용을 충분히 숙지 후 실험에

참가하였다. 요통 환자는 3개월 이상 요통이 지속된 환자를 대상으로 하였으며(Strong 등, 2002), 하지의 정형외과적 질환이 있는 자, 선천적이거나 외상에 의한 다리 길이 차이가 1cm 이상 있는 자, 편평족과 같은 발의 변형이 의심되는 자, 골반의 선천적 변형이 있는 자, 하지의 퇴행성 질환으로 인한 통증이 있는 자는 실험대상에서 제외하였다.

2. 실험방법

측정 전 대상자의 다리길이와 저울을 이용한 양 하지의 체중분포도를 측정하였다. 그리고 정적으로 두 발로 서 있는 상태에서 대상자의 체중을 측정하여 프로그램에 입력하고 압력 측정판 위에서 대상자가 움직임 없이 편히 5초 동안 선 자세를 유지하도록 한 후 대상자의 체중을 보정하였다.

정적 족저압 측정을 위해 편하게 두 발로 발판 위에서 선 자세에서 시선은 전방 5m에 위치한 목표물을 보도록 한 후 10초간 그 자세를 유지하여 압력을 측정하고 5분 휴식을 하도록 한다. 총 3회를 반복하여 평균값을 측정하였다.

동적 족저압 측정을 위해서 맨발로 5~10m 거리에서 평상시의 편안한 보행속도로 걷게 하여 족저압을 측정하는데, 매트 타입의 측정기 안에 측정하려는 발이 들어가야 정확한 데이터가 측정이 된다. 왼발과 오른발이 무작위 순서로 매트 타입의 측정기 안으로 정확히 들어간 데이터를 총 3회 측정한 후 평균값을 측정하였다.

3. 측정방법

다리길이를 측정하기 위해 대상자를 침대 위에 똑바로 눕히고 전장상골극(anterior superior iliac spine)에서 경골의 내과(medial malleolus)까지 줄자를 이용하여 측정하였다. 그리고 체중분포를 측정하기 위해 두 개의 전자저울을 어깨 넓이의 위치에 배치하고 대상자에게 저울 위에 올라서도록 한 후 정면을 응시한 상태에서 양쪽 다리의 체중을 측정하였다.

그리고 정적, 동적 족저압 측정을 위해 Matscan® system(Tekscan, Inc, USA)을 이용하여 측정하였는데, Matscan® system은 족저압을 측정하도록 5mm 두께의 얇은 매트 타입으로 된 족저 압력 측정 시스템이며, 압력 매트, 다리에 부착할 수 있는 변환 장치, 변환 장치와 컴퓨터를 연결하는 케이블, 족저압 분석을 위한 소프트웨어와 컴퓨터로 구성되어 있다(Fig 1).

정적 자세와 동적 자세에서 전족부, 중족부, 후족부의 3 개의 부위로 나눈 후 각각의 접촉 면적(contact

area)과 동적 자세에서 전후, 좌우의 압력중심의 이동거리(center of pressure) 값을 구하였다. 측정은 양발을 모두 선택하였으며, 각 부위의 평균값을 측정 한 후 왼쪽과 오른쪽 각 부위별 차이 값을 구하였다(Fig 2).



Fig 15. Matscan® system

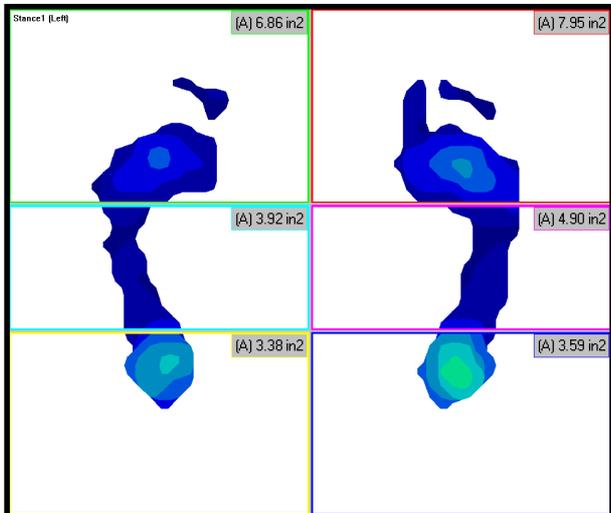


Fig 2. Plantar foot pressure

4. 분석방법

측정된 데이터는 SPSS 12.0 KO(SPSS, Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 수집된 자료는 평균 및 표준편차로 제시하였다. 두 그룹 간의 차이에 대한 유의성 검정은 독립표본 t-검정 (independent t-test)을 사용하였다. 유의수준 α 는 .05로 설정하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

대조군의 성별은 남자 8명과 여자 22명, 평균 나이는 48.87±5.36세, 키는 163.43±7.86cm, 몸무게는 61.73±8.8

7kg이고, 실험군의 성별은 남자 9명과 여자 21명, 평균 나이는 48.17±5.84세, 키는 163.07±9.10cm, 몸무게 60.50±11.11kg이다. 실험자의 특성은 Table 1에 요약하였으며, 각 그룹 간 유의한 수준의 차이는 없었기에($p>.05$), 두 그룹간의 동질성에는 문제가 없는 것으로 나타났다.

Table 1. General characteristics of subjects

	Control group (n=30)	LBP ^b group (n=30)	t
Gender (male/female)	8/22	9/21	
Age(yr)	48.87±5.36 ^a	48.17±5.84	.48
Height(cm)	163.43±7.86	163.07±9.10	.17
Weight(kg)	61.73±8.87	60.50±11.11	.48

^aMean±SD, ^bLBP : low back pain

2. 요통군과 대조군의 그룹 간 비교

요통군과 대조군의 비교에서 다리길이에서는 유의한 수준의 차이가 없었고, 체중분포에서도 유의한 수준의 차이가 없었다($p>.05$). 정적 자세와 동적 자세에서의 전족, 중족, 후족에서의 접촉면적에서는 유의한 수준의 차이가 없었으며($p>.05$), 압력 중심의 이동거리에서는 좌우에서 유의한 수준의 차이가 없었지만($p>.05$), 전후 이동거리에서는 유의한 수준의 차이가 있었다($p<.05$) (Table 2).

Table 2. Comparison of leg length, weight distribution and plantar foot pressure in control group and LBP group

	Control group (n=30)	LBP group (n=30)	t	
Leg length(cm)	.30±.36 ^a	.34±.37	-.39	
Weight distribution(kg)	2.42±.83	2.13±1.17	.74	
Static contact area(cm ²)	fore foot	5.40±4.07	4.83±4.39	.52
	mid foot	1.83±1.86	2.50±2.93	-1.05
	hind foot	9.43±6.45	10.40±9.94	-.45
Dynamic contact area (cm ²)	fore foot	2.33±1.43	2.93±2.07	-1.32
	mid foot	3.10±2.44	2.93±1.98	.28
	hind foot	1.96±1.43	2.19±2.08	-.51
Center of pressure (cm)	mediolateral displacement	.26±.18	.27±.28	.11
	anteroposterior displacement	.71±.53	.41±.30	-2.62*

^aMean±SD, ^bLBP : low back pain, * $p<.05$

IV. 고 찰

요통은 산업사회에 있어서 직업적 장애가 되는 가장 일반적인 원인으로, 경제적으로 환자 자신은 물론 국가적으로도 막대한 손실을 준다. 전 인구의 70~80%가 일생 중 한번은 요통을 경험하며, 약 5~10%에서는 만성으로 진행된다고 한다(Cooke와 Lutz; 2000). 요통이 진행되면 일상생활의 장애 및 정신적인 스트레스 등으로 신체적 활동의 저하를 초래하여 근 위축, 근력의 감소 및 골밀도에 음성적으로 영향을 미치며, 정상적인 척추의 균형을 잃게 되어 근 골격계의 변형을 유발하게 된다(Sinaki, 1996). 이와 같이 만성 요통으로 인해 발생하는 문제들은 포괄적이고 복합적인 면에서 신체적인 기능에 심각한 영향을 미친다(Gheldof 등, 2006).

이러한 만성 요통으로 인한 문제들은 산업화 사회에서 가장 빈번하게 발생하는 증상으로 사회경제적 문제 뿐만 아니라 개인적인 삶의 질적인 면에서도 문제점이 대두되고 있다. 그러나 지금까지 만성 요통 환자의 정적 자세와 동적 자세에서의 족저압을 연구한 논문은 미흡하였다. 따라서 본 연구에서는 만성 요통으로 인한 환자들의 정적, 동적 자세에서 족저압을 정상인과 비교해서 만성 요통이 족저압에 미치는 영향에 대해 알아보고자 한다.

본 연구에서 요통 환자와 정상 성인의 다리길이를 측정한 결과 요통 환자에서 좌우 다리길이 차이가 많이 낮지만 정상인과의 유의한 수준의 차이를 보이지 않았다. 이는 박기덕과 윤성덕(2007)의 연구에서처럼 산후 요통 환자와 정상 성인을 비교했을 때 다리 길이의 차이는 없었던 결과와 유사하게 나타났다. 이와 같이 요통이 정상성인과 비교했을 때 다리 길이의 차이를 유발하지는 않는다는 결과를 도출할 수 있었다.

좌우 체중 차이와 정적 자세에서 접촉면적 연구에서는 정상인과 비교했을 때 유의한 수준의 차이를 보이지 않았다. 이는 권미지 등(1993)의 연구에서 똑바로 선 자세에서 정상인과 요통 환자의 체중 분배 비교에서 유의한 수준의 차이가 없다는 결과와 유사하게 나타내고 있다. 또한 요통 유무에 따른 체중 분포와 하지 근력 차이에 대한 연구에서 체중 분포에서 유의한 차이는 없었지만 뒤꿈치에 체중분포가 높게 나타났으며 슬관절 굴곡근과 신전근 비율 측정 결과 각 속도 180°/sec에서 차이가 있었다 하였고(윤장순, 2008), 편측성 요통에 따른 정적 균형과 체중 분배의 차이 연구에서는 정적인 균형 수행 능력에는 차이가 있었지만 요통 환자군 사이의 오른쪽과 왼쪽 체중분포에서는 차이가 없었다

(Alexander와 Lapier, 1998). 그러나 Boucher 등(1995)의 연구에서는 정적 균형과 체중분포에서 정상인과 요통 환자를 비교했을 때 차이를 보인다고 하였다. 이처럼 체중 분포도에 대한 차이는 연구자에 따른 다양한 견해가 나타나고 있지만 본 연구에서는 유의할 수준의 차이는 없었다.

통증의 보상 작용으로 다리길이의 차이(윤홍일과 배수찬, 1999)와 체중분포에서의 차이(Alexander와 Lapier, 1998)가 있을 것으로 생각했었지만 본 연구의 결과에서는 정적인 자세에서 다리길이와 체중 분포에서는 유의한 수준의 변화는 없는 것으로 나타났다.

정적 자세와 동적 자세에서 발의 각 부위에 전달되는 충격을 자세하게 평가할 수 있을 뿐만 아니라 이러한 압력 분포의 측정과 분석을 통하여 부상의 진단 및 치료에 이용될 수 있는 장비를 사용하였는데(이중숙 등, 2004), 이 장비를 통하여 정적 자세와 동적 자세에서 발의 각 위치별 접촉 면적과 압력중심의 이동 등을 측정하였다.

본 연구의 결과는 좌우 접촉면적 차이에서는 유의한 차이는 없었지만 정상군과 비교했을 때 전족부와 중족부의 접촉 면적이 후족부 보다 높은 비슷한 양상을 보이나, 각 부위별로 비교하면 요통군은 전족부와 후족부의 접촉 면적이 증가하고 중족부가 감소한 양상을 보이고 있다.

윤장순(2008)의 중년 여성의 요통 유무에 따른 체중 분포 차이에서 만성 요통군에서는 왼쪽 뒤꿈치 27.4%, 왼쪽 앞꿈치 22.1%, 오른쪽 뒤꿈치 28.7%, 오른쪽 앞꿈치 21.9%, 정상군에서는 왼쪽 뒤꿈치 25.2%, 왼쪽 앞꿈치 24.3%, 오른쪽 뒤꿈치 25.0%, 오른쪽 앞꿈치 24.9%로 통계학적인 유의한 차이는 없었지만 만성 요통군에서 양쪽 뒤꿈치가 높게 나타난 연구와 유사한 양상을 나타내고 있다.

본 연구의 압력 중심의 이동 거리 차이에 대한 결과는 좌우 이동 거리에서는 유의한 차이는 없었으나 전후 이동거리에는 유의한 차이가 있었다. Alexander와 Lapier(1998)는 요통 환자의 정적 균형 능력을 측정에서 좌우 압력 중심 이동 거리에는 유의한 차이가 없었지만, 전후 압력 중심 이동거리에서 유의한 차이가 있었다고 보고한 내용과 유사한 양상을 나타내고 있다. 이는 요통 환자들이 통증을 피하려는 행동을 하며 근육과 인대가 통증을 피하려는 제약 때문에 기능 부전이 나타나고 이로 인해 관절 가동범위 감소가 나타난다(Magnusson 등, 1998). 이러한 감소로 인해 고유수용성 입력의 성질이나 양을 변화시켜 지지면과 중력에 대한 신체의 부적절한 정보가 제공되고, 이로 인해 환자가 불안정을 느끼고 움직이는데 사용하는 전략에 보상적인

수정을 야기하게 된다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995). 요통 환자의 결과에서처럼 족부의 전후 압력중심 이동 거리에서 유의한 차이가 있었던 것은 이처럼 통증을 피하기 위한 보상적 동작이 나타난다는 것을 보여주는 결과이기도 하다.

편마비나 당뇨병 환자, 류마티스 등의 다양한 질환을 대상으로 한 족저압 연구는 활발하게 이루어지고 있으나 요통 환자와 같은 근골격계 질환을 대상으로 한 족저압 측정 연구는 드문 실정이다. 앞으로 이 부분에 더 많은 연구들이 진행되어야 할 것이며 요통 환자를 대상으로 한 기존의 족저압 측정에 대한 보고가 많지 않아 본 연구 결과와 비교할 수 없었던 제한점이 있었다.

하지만 본 연구는 요통 환자의 동적 자세 즉 보행에서의 족저압 분석 결과를 통해 객관적이며 정량적인 자료를 제공하는데 도움이 될 것으로 사료된다. 그리고 향후 요통환자의 치료적 중재에서 전후의 압력이동이 감소했다는 것을 감안하여 이러한 보행 양상이 나타나지 않도록 가능한 빨리 물리치료의 기법을 통해 통증을 감소시켜 잘못된 자세의 보행이 나타나지 않도록 하여야 하며, 통증이 감소한 이후에도 지속적으로 잘못된 보행 습관이 나타나지 않도록 보행 재훈련도 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

요통환자와 정상성인을 대상으로 다리 길이, 체중 분포, 정적 자세와 동적 자세에서의 족저압과 압력중심의 이동거리를 통해 요통이 다리 길이, 체중 분포, 족저압에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 그에 따른 결론은 다음과 같다.

1. 요통군과 대조군의 다리길이 차이 비교에서 유의한 수준의 차이가 없었다($p>.05$).
2. 요통군과 대조군의 체중 분포 차이 변화에서 유의한 수준의 차이가 없었다($p>.05$).
3. 요통군과 대조군의 정적 자세와 동적 자세에서의 전족, 중족, 후족에서의 접촉면적에서는 유의한 수준의 차이가 없었으며($p>.05$), 압력 중심의 이동거리에서는 좌우에서 유의한 수준의 차이가 없었지만($p>.05$), 전후 이동거리에서는 유의한 수준의 차이가 있었다($p<.05$).

참고문헌

김장환, 신현석. 하퇴 의지 사용자의 족저압 분포 특성에 관한 연구. 한국전문물리치료학회지. 2001;8(3):1-10.

권미지, 황보각, 김진상. 똑바로 선 자세에서 정상인과 요통환자의 체중분배에 관한 비교. 대한물리치료학회지. 1993;5(1):9-15.

노정석, 김택훈. Parotec System을 이용한 족저압 측정의 신뢰도. 한국전문물리치료학회지. 2001;8(3): 35-41.

박기덕, 윤성덕. Medx-Training이 산후 요통 환자의 요부안정화와 하지길이에 미치는 영향. 한국체육과학회지. 2007;16(3):663-673.

윤장순. 중년 여성의 요통 유무에 대한 체중 분포와 하지 근력에 관한 관련성 검토. 한국운동생리학회. 2008;17(3):309-316.

윤홍일, 배수찬. 요통환자의 기립시 하지체중 지지특성에 관한 연구. 대한정형도수치료학회지. 1999;5(1):59-74.

이중숙, 김용재, 박승범. 기능성 전문테니스화의 족저압력분포 분석. 한국운동역학회지. 2004;14(3):99-118.

정한신. 골반경사운동이 편마비 환자의 일어서기 시 체중지지율과 자세 동요에 미치는 영향. 용인대학교 석사학위논문. 2002.

양두창, 이규훈, 이상건 등. 당뇨병 환자와 정상 성인에서 동적 최대족저압과 후족부 접지시간의 비교. 대한재활의학회지. 2003;27(4):595-599.

Alexander KM, Lapier TL. Differences in static balance and weight distribution between normal weight distribution between normal subjects and subjects with chronic unilateral low back pain. J Orthop Sports Phys Ther. 1998;28(6):378-383.

Boucher P, Teasdale N, Courtemanche R, et al. Postural stability in diabetic polyneuropathy. Diabetes Care. 1995;18(5):638-645.

Burton AK, McClune TD, Clarke RD, et al. Long-term follow-up of patients with low back pain attending for manipulative care: outcomes and predictors. Man Ther 2004;9(1):30-35.

Cavanagh PR, Ulbrecht JS. Biomechanics of the Diabetic Foot: A Quantitative Approach to the Assessment of Neuropathy, Deformity, and Plantar Pressure. In: Jahss MH, ed. Disorders of the Foot and Ankle: Medical and Surgical Management. W.B. Saunders. 2nd ed. 1991.

1864-1907.

- Christie HJ, Kummar S, Warren SA. Postural aberrations in low back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76(3):218-224.
- Cooke PM, Lutz GE. Internal disc disruption and axial back pain in the athlete. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2000;11(4):837-865.
- Coste J, Paolaggi JB, Spira A. Reliability of interpretation of plain lumbar spine radiographs in benign, mechanical low back pain. *Spine.* 1991;16(4):793-799.
- Croft PR, Macfarlane GJ, Papageorgiou AC, et al. Outcome of low back pain in general practice: a prospective study. *BMJ.* 1998;316:1356-1359.
- Den otter AR, Geurts AC, Mulder T, et al. Speed related changes in muscle activity from normal to very slow walking speeds. *Gait Posture.* 2004;19(3):270-278.
- Gheldof EL, Vinck J, Van den Bussche E, et al. Pain and pain-related fear are associated with functional and social disability in an occupational setting: evidence of mediation by pain-related fear. *Eur J Pain.* 2006;10(6):513-525.
- Leroux A, Pinet H, Nadeau S. Task-oriented intervention in chronic stroke: changes in clinical and laboratory measures of balance and mobility. *Am J Phys Med Rehabil.* 2006;85(10):820-830.
- Magnusson ML, Bishop JB, Hasselquist L, et al. Range of motion and motion patterns in patients with low back pain before and after rehabilitation. *Spine.* 1998;23(23):2631-2639.
- Mientjes MI, Frank JS. Balance in chronic back pain patients compared to healthy people under various conditions in upright standing. *Clin Biomech.* 1999;14(10):710-716.
- Park ES, Kim HW, Park CI, et al. Dynamic foot pressure measurements for assessing foot deformity in persons with spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(5):703-709.
- Shumway-Cook A, Anson D, Haller S. Postural sway biofeedback: its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1988;69(6):395-400.
- Shumway-Cook A, Woollacott M. Assessment and Treatment of the Patient with Mobility Disorders. In Shumway-Cook A and Woollacott M (Eds): *Motor Control: Theory and Practical Applications.* Williams and Wilkins. Baltimore. 315-318, 1995.
- Sinaki M. Effect of physical activity on bone mass. *Curr Opin Rheumatol,* 1996;8(4):376-383.
- Strong J, Unruh AM, Wright A, et al. *Pain: a textbook for therapists.* Churchill Livingstone. UK. 1st ed. 3-11, 2002.