

발의 형태와 요통, 고관절 외전 근육, 발목관절 외측손상에 관한 연구

형 인 혁

대구대학교 대학원 물리치료전공

A Study of Foot Shape and Low Back Pain, Hip Abduction Muscle and Ankle Lateral Injury

In-hyounk Hyong, P.T., M.S.

Major in Physical Therapy, Dept. of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University

<Abstract>

Purpose : The purpose of this study was carried out to review the correlation between foot shape(supination foot, pronation foot) and low back pain, hip abduction muscle and ankle lateral sprain.

Methods : By using internet, we research the PubMed, Science Direct, KISS, DBpia We selected the article between 1990 and 2007. Key words were supination foot, pronation foot, balance.

Results : Normal control balance of human body needs a optimal anatomical alignment and function of musculoskeletal and central nerve system that control continuously to integrate. Especially ankle and foot complex play an important role in postural control because it is located distal part in human body. Supination foot brings to chronic ankle sprain or chronic ankle instability and range of motion limitation due to the weakness of lateral ankle muscle. Pronation foot brings to knee injury because of lower leg internal rotation force.

Conclusion : Excessive supination and pronation foot happen to muscle imbalance. Especially weakness of hip abduction or injury of ankle lateral muscle or low back pain are due to abnormal balance and anatomical alignment.

Key Words : Supination foot, Pronation foot, Balance

I . 서 론

자주 발생하는 발목과 발의 문제들은 과도한 체중으로부터 오는 스트레스를 받기 때문이며 발목과

발의 결합은 안정성을 위하여 다양한 기저면을 제공하여야 하며 보행 중에 효율적인 발끝밀기를 위해서 강한 지렛대 역할을 하여야 하며 안정성의 요구와 함께 유연성도 요구 된다(배성수 등, 2000).

뉴턴의 제1법칙에 의하면 사물에 가해지는 합력과 모멘트가 제로가 되면 평형상태(균형을 유지)가 되고 아주 간단한 것 같이 보이는 순간을 서 있는다고 할지라도 균형을 유지하는 동안 복잡한 근골격계의 조절과정을 필요로 하고 서 있는 자세를 유지하기 위해서는 본래의 불완전한 체계의 조절을 포함하고 이러한 과정을 자세 조절 체계라고 한다(Singh, 2005).

자세 조절은 인체의 무게 중심을 지지 기반 위에서 유지하는 끊임없는 과정이며 지지 기반은 땅과 접촉하게 된다(Yaggic & McGregor, 2002). 자세 조절은 시각으로부터 받아들이는 외부자극의 과정(서 있거나 보행의 구성을 계획)과 전정기관(선형이나 각도의 가속을 감지), 체성감각(자세나 인체 분절의 속도를 감지)을 통하여 중추 신경계에서 수행하는 지속적이고 비선형적이며 복합적인 과정을 포함 한다(Blaszczyk et al, 2003). 자세조절은 관절들의 상호작용과 균형을 유지하고 서 있는 동안 다른 면에서의 보상작용에 의해 이루어진다(Eslami et al, 2006).

균형은 닫힌 운동 사슬에 의해 유지되고(발은 지지의 기반 밑에 고정) 고관절, 무릎, 발목의 전략적 움직임에 의한 반응의 통합에 의해 유지되지만 하지의 구조적 운동 사슬이나 관절의 역학적 안정성 결핍, 근력의 결핍, 구심성 반응의 결핍은 균형을 붕괴시키기 때문이다(Riemann et al, 2002).

발은 하지의 가장 원위에 위치하고 있고 인체의 균형을 유지 하는 상대적으로 작은 기반을 대표하고(특히 단하지서기), 차선택의 생역학적 선택이라고 할지라도 자세-조절 전략에 영향을 줄 수 있는 지지면 은 정당하게 보인다(Cote et al, 2005).

특히 과도한 회외나 회내시 자세는 말초(체성 감각계)에서 유입되는 관절의 변화나 접촉면의 변화에 영향을 받고 이러한 변화들이 근육의 전략(방법)들을 변화시켜서 안정된 지지기반을 유지하도록 하며 과도한 회외 발은 높은 궁으로 정의되고 중족의

저운동성, 지면에 적절하게 적응하지 못하고, 자세의 안정성과 균형을 유지하기 위하여 근골격계를 싸고 있는 구조들의 증가가 필요하게 된다(Franco, 1987).

더 나아가 이것은 요족(cavus foot)을 만들어서 족저 감각정보들이 정상발이나 회내 발에 비해서 감소하게 된다(Hertel et al, 2002).

반대로 과도한 회내는 중간아치가 편평하고 중족의 과 운동성으로 정의되고 서 있는 자세를 유지하기 위해서는 더 많은 신경근육계의 요구가 필요하며 저 운동성이나 과 운동성 발은 신경근육계의 변화와 균형에 관련되어 있음을 의미 한다(Cote et al, 2005). 요족이나 회외 발은 회내 발이나 정상적인 발보다 특별히 더 많은 중심압력(Center-of-press)의 영향을 받는다(Hertel et al, 2002).

정상적이지 않은 발의 자세 감각은 발바닥의 저측면과 접촉면 사이의 조절을 방해하고, 따라서 몸을 세우고 균형을 유지하기 위해서 더 많은 근위쪽의 자세 조절을 필요로 한다(Robbins et al, 1997).

서 있는 자세에서 발은 골반의 정렬에 영향을 줄 수 있다(Khamis & Yizhar, 2007). 양쪽 종골의 외반은 고관절의 내회전을 발생시켜서 골반의 전경(Anteverision)을 초래 한다(Khamis & Yizhar, 2007). 무릎의 변형에서 발의 병리적 이상을 접근하는 방법은 논쟁이 되고 있는 접근방법이다(Desai et al, 2007). 무릎관절 전치환술 전, 후의 무릎과 후족의 정렬을 조사해 보았을 때 후족의 정렬이 일반적으로 알려져 있는 무릎의 정렬을 기준으로 해서 알 수 있는 것과 틀리며 수술전후의 후족의 변형도와 연관되어 무릎의 정렬이 결정 된다(Chandler & Moscal, 2001).

발 보조기의 형태인 웨지(Wedges)는 발의 정상적인 자세를 유지하고 다리와 고관절의 바른 정렬을 위해서 넓게 사용되고 있다(Eslami et al, 2006).

웨지는 거골하 관절과 족과절의 정렬에 의한 근위관절의 비정상적인 보상작용을 방지하기위하여 사용되며 비정상적인 보상작용이란 하지와 근위관절들이 족관절이 부 정렬일 때 인체의 적절한 자세를 만들기 위하여 발생 된다(Eslami et al, 2006). 예를 들면 과도한 거골하 관절의 외반은 무릎과 고관절,

골반과 체간의 각도의 변화를 증가시켜서 비정상적인 보상작용으로 균형을 유지 한다(Nicolopoulos et al, 2000). 내측 엷지는 거골하 관절의 관상면상에서의 움직임인 외반에 대한 비정상적인 보상작용 즉 경골, 무릎 그리고 근위관절들의 내회전 보상작용을 바르게 잡기위해서 고안되었다(Donatelli et al, 1988).

발은 인체의 가장 원위에 위치하면서 체중 지탱과 보행의 두 가지 역할을 하여야 한다. 따라서 본 연구의 목적은 문헌 고찰을 통하여 발의 형태와 그 형태가 요통과 고관절 외전 근육과 발목 외측손상과의 관계를 알아보고자 한다.

II. 본 론

1. 발과 요통과의 관계

일생동안 요통을 호소하는 사람은 70~85%정도 된다(Andersson, 1999; Magee, 1997). 요부와 발이 연관 없이 보이지만 인체는 하지의 운동학적체인(Kinematic Chain)을 통하여 서로 기능적으로 연결되어 있다(Brantingham et al, 2006). 임상가들의 관찰에 의하면 편평족(편평족으로 인한 골반의 기울기)이나 관절가동범위가 제한된 족관절이나 큰 발가락들은 보행의 형태를 변경시키고, 변경된 보행은 지면반발력의 흡수를 저하시키고 이것은 요통과 같은 기능장애를 발생시킨다고 하였다(Cibulka, 1998).

Brantingham등(2006)의 연구에 의하면 요통을 6주 이상 경험하고 있는 만성환자 요통환자100명과 요통이 없는 대조군 104명을 대상으로 족관절의 관절가동범위를 측정된 결과 비록 편평족이 아니라고 할지라도 요통을 경험하고 있는 환자들에게서 족관절의 배측굴곡이 통계학적으로 유의하게 감소되어 있는 것을 보고하였다(figure 1).

이러한 결과에서 어떤 부위가 먼저 손상의 원인 인지는 불명확하지만 분명 하지의 운동 역학적 체인을 통하여 요부와 족관절이 서로 기능적으로 영향을 주고 있음을 보여 준다. 또한 족관절의 배측굴곡의 제한은 보행 시 발 뒤꿈치 단계에서의 기능을 제한하게 되고 이것은 무릎과 고관절의 기능에도

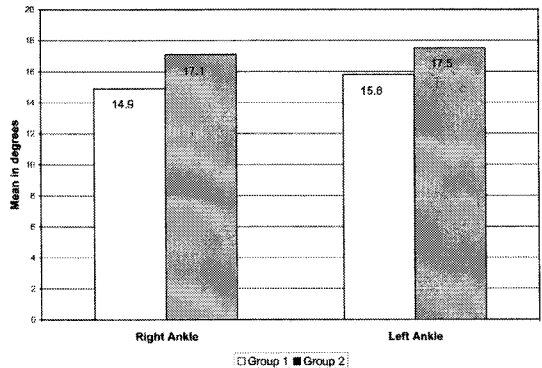


Fig. 1. Group 1 (low back pain) was statistically significantly increased ankle dorsiflexion (Brantingham et al, 2006).

영향을 준다.

족관절의 배측굴곡이 감소되면 발의 형태는 편평족에 가깝게 기능적 제한이 가지게 되고 이러한 관절 가동범위의 제한이 무릎과 고관절의 기능과 연계 되어서 요통을 발생시키거나 악화 시키는 한 요인으로 작용 하고 있다.

2. 만성 족관절 염좌와 동측 고관절 외전근과의 관계

족관절의 손상은 운동선수나 일반인에게서 아주 자주 발생 하고 손상의 형태는 70~80%가 내반 형태의 손상을 받는다(Wolfe et al, 2001). 급성 내반 손상을 당한 사람 10~30%의 사람들이 만성 족관절 역학적 불안정성으로 이어지고 80%정도가 다시 재발 한다(Smith & Reischl). 족관절의 역학과 족관절 손상에 대하여서는 많이 연구되어져 왔고 족관절 역학과 근위관절과의 역학사이의 관계성에 관하여도 알려져 있다(Friel et al, 2006).

어떤 학자들은 고관절을 조절하는데 있어서 족관절의 조절을 유지하는 것이 아주 중요하다고 하였다(MacKinnon & Winter, 1993; Beckman & Buchanan, 1995). 족관절 손상후에 족관절과 고관절사이에는 자세안정성을 위한 역학(Lentell et al, 1995)과 근육의 수축형태가 변화하게 되고(Beckman & Buchanan, 1995) 이것은 또 다른 미래의 손상에 영향을 준다(Friel et al, 2006). 만성적으로 족관절 내반손상이나

Table 1. Strength and range-of-motion differences (Friel et al, 2006).

	Involved limb, Mean ± SD	Uninvolved limb, Mean ± SD	t	P	Power	SEM
Hip abductors(N)	246.96 ± 53.11	266.68 ± 54.04	-3.8	.001	NA	5.23
Hip extensors(N)	237.67 ± 54.34	246.19 ± 53.69	-1.3	.19	.25	6.31
Passive plantar-flexion ROM(°)	45.1 ± 12.9	48.8 ± 10.7	2.2	.04	NA*	1.68
Passive dorsiflexion ROM(°)	17.6 ± 9.0	20.1 ± 8.7	1.7	.11	.36	1.49
Passive inversion ROM(°)	27.6 ± 9.3	26.6 ± 12.0	-4.3	.67	.07	2.43
Passive eversion ROM(°)	9.3 ± 4.89	8.2 ± 5.4	-1.0	.33	.16	1.10

*NA indicates not applicable; ROM, range of motion.

발에 문제가 있는 11명을 대상으로 고관절 외전 근육의 강도를 측정된 결과 만성 족관절 손상을 가진 사람들의 동측 고관절 외전근의 약화를 보였다(Nicholas et al, 1976).

Friel 등(2006)의 연구에 의하면 만성적인 편측의 족관절 염좌를 2.96±1.8년 동안 경험하고 있고 그동안 족관절 염좌를 3.48±2.59년의 손상을 당하고, 최근 두 달 동안은 동측에 염좌 손상을 경험하지 않은 23명을 대상으로 손상당한 편관절과 손상당하지 않은 다른 편 족관절 사이의 고관절의 외전근과 신전근의 강도와 족관절의 관절가동범위를 측정된 연구에서 염좌 손상을 경험한쪽에서의 고관절 외전근의 약화와 족관절의 저축굴곡 관절가동범위의 제한을 발견 했다(table1).

만성적으로 염좌에 노출된 족관절의 동측 고관절 외전근의 근력저하는 하지의 근육들이 서로 기능적으로 연결되어 있음을 보여준다.

이 연구에서는 단지 고관절 근육군에 대한 보고 밖에 없지만 고관절 근력 뿐만아니라 발과 족관절을 싸고 있는 전경골근, 후경골근, 장, 단비골근에서도 근육의 약화나 짧아짐이 있으리라 생각된다. 또한 저축굴곡에서의 관절가동범위의 제한은 만성적인 손상의 경험이 구조에도 영향을 주고 있음을 시사하고 있고, 고관절의 가동범위에도 제한이 있으리라 생각된다. 발과 고관절은 균형을 유지하기 위한 여러 가지 다양한 방법으로 서로 상호작용 한다(Friel et al, 2006). 골반은 인체의 전체의 균형을 조절한다. 왜냐하면 머리와 팔의 무게를 골반이 담당하고 있고 체간의 모든 운동들이 골반을 통해서 이루어지기 때문이다(Friel et al, 2006).

머리와 팔과 체간의 동적인 운동들은 고관절에 의해 조절되고 이것은 골반 근육의 조절에 의해서 이루어진다(MacKinnon & Winter, 1993).

정상보행을 하는 동안 중둔근은 관상면상에서의 고관절의 안정성을 제공 한다(Friel et al, 2006). 이것은 특별히 보행주기에서 중간 입각기때 발이 편평해지는 운동을 활성화하고 첨가하면 발의 위치는 유각기 동안의 고관절 외전근과 내전근의 운동에 의해 조절된다(MacKinnon & Winter, 1993). 거골관절의 내반의 증가는 고관절 외전근의 약화와 관련 된다(Friel et al, 2006). 고관절 외전 근육은 고관절의 정적, 동적인 안정성과 연관 되어 있다. 따라서 고관절의 안정성의 감소는 관상면상에서 척추의 기능에도 영향을 준다.

3. 회외발과 발목외측손상과의 관계

족관절 손상의 내적요인에는 불안정한 자세 동요(McGuine et al, 2000)와 근육의 약화, 족관절의 유연성의 저하, 과도한 발목관절의 움직임, 저하된 고유수용성감각이나 관절감각(Payne et al, 1997)과 연속되어진 손상경험, 손상을 방지하기위한 성별의 차이(McKay, 2001) 등이 있다고 하였다. Beynnon 등(2001)은 내적요인에 신장과 체중 그리고 발과 족관절의 올바르지 못한 해부학적인 정렬을 덧붙였다. 예를 들면 심한 회외발은 외측족관절 손상의 위험요소가 되는데 이것은 회외발이 일반적으로 고정적인 접촉면의 부위를 감소시키고 족관절의 운동성을 저하시키기 때문이다(Wang et al, 2006).

Wang 등(2006)은 고등학교 배구선수 42명을 대

Table 2. The comparison of risk factors between injured ankle and uninjured ankle for volleyball players (from Wang et al, 2006)

Variables	Injured ankle (n=18)	Uninjured ankle (n=66)	P
Standardized strength (ft-lb/lb of weight)			
60°/s concentric inversion	13.9 ± 2.7	13.4 ± 2.6	.55
180°/s concentric inversion	11.0 ± 2.1	10.4 ± 2.2	.32
60°/s concentric eversion	12.9 ± 2.3	12.4 ± 2.1	.37
180°/s concentric eversion	11.3 ± 2.9	10.3 ± 1.8	.28
60°/s eccentric inversion	13.7 ± 4.0	15.0 ± 3.5	.27
180°/s eccentric inversion	14.2 ± 3.7	14.2 ± 3.4	.96
60°/s eccentric eversion	14.2 ± 3.1	15.0 ± 3.1	.40
180°/s eccentric eversion	14.4 ± 3.3	14.6 ± 3.0	.84
Eversion/inversion ratio (%)			
60°/s concentric	93.2 ± 14.5	94.8 ± 16.7	.71
180°/s concentric	103.1 ± 20.3	101.1 ± 20.0	.74
60°/s eccentric	102.1 ± 17.9	97.2 ± 22.0	.45
180°/s eccentric	100.7 ± 21.6	103.2 ± 21.9	.68
Endurance index (%)			
Inversion	75.2 ± 9.8	78.2 ± 13.4	.44
Eversion	67.4 ± 11.8	69.7 ± 13.2	.50
Variation in postural sway (mm)			
ML axis	33.8 ± 8.1	23.8 ± 5.6	<.001* [†]
AP axis	23.2 ± 5.3	19.6 ± 3.7	.015 [‡]
Active ankle dorsiflexion (deg)			
Knee extended	6.6 ± 4.0	8.7 ± 3.8	.71
Knee flexed to 90°	17.4 ± 3.0	18.7 ± 5.3	.30

NOTE, Values are mean ± SEM.

* Significant differences between the 2 groups (P<.05) in Bonferroni *t* method.

[†]Significance in logistic regression (dependent variable: ankle in jury); ML: odds ratio (OR)=1.216 (95% confidence interval (CI), 1.089-1.359; P<.001).

[‡]Significance in logistic regression (dependent variable: ankle in jury); AP: (OR)=1.220 (95% CI, 1.046-1.424; P<.001).

상으로 족관절의 손상위험을 자세동요와 족관절 근력 그리고 족관절의 운동성을 생역학적 측정도구를 이용하여 측정하였다. 이중 족관절 손상이 있는 선수가 18명, 정상인 선수가 24명 이었다.

생역학적 도구로서는 족관절의 등속성(isokinetic) 근력을 알아보기 위해서 cybex 6000을 이용하여 족관절의 내반과 외반을 측정 하였고 자세동요를 측정하기위해서 눈 뜬 상태에서 압력판위에서 외발서기를 실시하였고 족관절의 관절가동범위를 측정하기 위해서 각도기를 이용하여 측정하였다. 족관절을 손상 받은 선수와 정상선수의 자세동요검사내, 외측 방향과 후전방향에서 두 그룹 간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(P<.001) (table2).

이러한 결과에서 알 수 있듯이 족관절의 손상을

당한 선수들의 자세안정성의 감소를 의미한다. 족관절 손상의 약 85%가 내반손상에 의한 외측손상인 (Baumhauer et al, 1995) 것을 감안하면 족관절의 형태는 회외발의 형태로 변형되어 있어서 외측에서 족관절의 안정성을 제공해주는 장, 단비골근의 약화와 거골과 종골 사이 관절의 불일치를 보여주고 있으리라 사료된다.

따라서 회외발로 인한 고정면에서의 접촉면 감소와 족관절 운동성의 감소(Wang et al, 2006)가 전체적인 인체의 균형에 영향을 주고 있음을 보여주고 있다. 또한 이러한 결과는 회외발이 가지는 해부학적인 불일치(Beynon et al, 2001) 때문에 족관절 외측근육들은 늘어나게 되고 반대로 내측근육들은 짧아지게 되어서 정상시에도 내반 형태의 발의 모

양을 유지하게 되고 이것은 체중이 가해지나 울통 불통한 지면을 걷게 될 때 연속되어지는 족관절 외 측손상으로 이어진다.

III. 결 론

인체의 균형을 유지하기 위해서는 바른 해부학적인 정렬과 근골격계의 정상적인 기능과 신경계통의 원활한 소통이 필요하다. 특히 인체의 가장 원위에서 체중을 지지하며 이동을 하는 중심에 있는 발의 정상적인 기능과 형태는 인체의 균형에 아주 중요하다. 인체의 균형이라는 것은 정적인 균형과 동적인 균형으로 나눌 수 있다. 특히 동적인 균형은 보행 상태에서 측정을 많이 하게 되고 보행 평가의 가장 일반적인 형태는 발과 족관절의 올바른 정렬이라 할 수 있다.

입각기 초기의 발뒤꿈치 단기에서의 종골과 거골의 바른 정렬을 통한 거골하 관절에서 발생하는 회내와 회외에 따라서 무릎과 고관절, 척추에 가해지는 지면반발력의 양은 바뀌게 되고 이러한 비정상적인 힘들이 지속적으로 제공 될 때 인체의 균형은 무너지게 되고 이로 인해 통증을 포함한 관절가동범위의 저하 근육의 약화 등의 기능장애를 초래하게 된다. 발에 가해지는 외부나 내부의 여러 가지 요소로 인해서 해부학적인 정렬이 바뀌게 되면 족관절뿐만 아니라 무릎, 고관절, 척추의 생역학도 비정상적으로 변화 하게 된다.

본 연구는 발의 변형 중 회외발과 회내발의 변형을 중심으로 해서 요통과 고관절 특히 외전근의 약화와 관절가동범위의 제한 또한 외측 족관절 염좌를 중심으로 한 연구들을 참고해서 고찰하였다. 따라서 발의 형태가 허리의 통증과 또한 고관절의 안정성에 관여 하는 외전근육과 족관절 외측근육과의 생역학적인 연구가 더 필요하고 운동학적 체인으로서의 접근이 필요하리라 생각 된다.

참 고 문 헌

배성수 등. 임상운동학. 영문출판사. 2000.

Andersson GB. Epidemiological features of chronic

low-back pain. Lancet. 1999;354(9178):581-5.

Baumhauer JF, Alosa DM, Renstrom AF et al. A prospective study of ankle injury risk factors. Am J Sports Med. 1995;23(5):564-70.

Beckman SM, Buchanan TS. Ankle inversion injury and hypermobility: effect on hip and ankle muscle electromyography onset latency. Arch Phys Med Rehabil. 1995;76:1138-40.

Beynon BD, Renstrom PA, Alosa DM et al. Ankle ligament injury risk factors: a prospective study of college athletes. J Orthop Res. 2001;19(2):213-20.

Blaszczuk JW, Bacik B, Juras G. Clinical assessment of postural stability. Journal of Mechanics in Medicine and Biology. 2003;3(2):135-44.

James WB, Joanne LG, Junaid S. Sagittal plane blockage of the foot, ankle and hallux and foot alignment-prevalence and association with low back pain. J Chiropractic Medicine. 2006;4(5):123-7.

Chandler JT, Moscal JC. Evaluation of knee and hindfoot alignment before and after total knee arthroplasty. J Arthroplasty. 2001;19:211-6.

Cibulka MT, Sinacore DR, Cromer GS et al. Unilateral hip rotation range of motion asymmetry in patients with sacroiliac joint regional pain. Spine, 1998; 23(9):1009-15.

Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM et al. Effects of Pronated and Supinated Foot Postures on Static and Dynamic Postural Stability. J Athl Train. 2005;40(1):41-6.

Desai SS, Shetty GM, Song HR et al. Effect of foot deformity on conventional mechanical axis deviation and ground mechanical axis deviation during single leg stance and two leg stance in genu varum. Knee. 2007;14(6):452-7.

Donatelli R, Hurlbert C, Conaway D. Biomechanical foot orthosis: aretrospective study. J Orthopaed Sports Phys Ther. 1988;10:205-12.

Eslami M, Tanaka C, Hinse S et al. Effect of foot

- wedge positions on lower-limb joints, pelvis and trunk angle variability during single-limb stance. *The Foot*. 2006;16(4):208-13.
- Franco AH. Pes cavus and pes planus: analyses and treatment. *J Phys Ther*. 1987;67:688-94.
- Karen F, Nancy M, Christine M et al. Ipsilateral Hip Abductor Weakness After Inversion Ankle Sprain *Journal of Athletic Training*. 2006;41(1): 74-8.
- Hertel J, Gay MR, Denegar CR. Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. *J Arthletic Train*. 2002;37:129-32.
- Khamis S, Yizhar Z. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait and Posture*. 2007;25(1):127-34.
- Lentell G, Baas B, Lopez D et al. The contributions of proprioceptive deficits, muscle function, and anatomic laxity to functional instability of the ankle. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1995;21(1): 206-15.
- Magee D. *Orthopedic physical assessment*. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company. 1997:362-626.
- MacKinnon CD, Winter DA. Control of whole body balance in the frontal plane during human walking. *J Biomech*. 1993;26(6):633-44.
- McGuine TA, Greene JJ, Best T et al. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clin J Sport Med*. 2000;10(4):239-44.
- McKay GD, Goldie PA, Payne WR et al. Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. *Br J Sports Med*. 2001;35(2): 103-8.
- Nicholas JA, Strizak AM, Veras G. A study of thigh muscle weakness in different pathological states of the lower extremity. *Am J Sports Med*. 1976;4:241-8.
- Nicolopoulos CS, Scott BW, Giannoudis PV. Biomechanical basis of foot orthotic prescription. *Curr Orthopaed*. 2000;14(6):464-9.
- Payne KA, Berg K, Latin RW. Ankle Injuries and Ankle Strength, Flexibility, and Proprioception in College Basketball Players. *J Athl Train*. 1997; 32(3):221-5.
- Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Sensorimotor system measurement techniques. *J Athl Train*. 2002;37:85-98.
- Robbins S, Waked E, Allard P et al. Foot position awareness in younger and older men: the influence of footwear sole properties. *J Am Geriatr Soc*. 1997;45:61-66.
- Singh. N B, Evaluation of Circumferential Ankle Pressure as an Ergonomic Intervention to Maintain Balance Perturbed by Localized Muscular Fatigue of the Ankle Joint, Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science In Industrial and Systems Engineering. 2005.
- Smith RW, Reischl SF. Treatment of ankle sprains in young athletes. *Am J Sports Med*. 1986;14(6):465-71.
- Wang HK, Chen CH, Shiang TY et al. Risk-factor analysis of high school basketball- player ankle injuries: a prospective controlled cohort study evaluating postural sway, ankle strength, and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(6): 821-5.
- Wolfe MW, Uhl TL, Mattacola CG et al. Management of ankle sprains. *Am Fam Physician*. 2001;63(1): 93-104.
- Yaggie JA., McGregor SJ. Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002; 83(2):224-8.