대한정형도수치료학회지 2006,
12권, 1호
The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Therapy
2006, Vol. 12, No. 1

밀착형 외측 쐐기 스트랩 깔창의 높이에 따라 대퇴경골각에 미치는 영향

이상용, 박성진[1)]

구병원 물리치료실, 박성진 슬링연구소[1)]

Abstract

The Effects of Femorotibial Angle of Contact laterally Wedged Insoles With Strapping of varying elevations

Sang-Yong Lee, Sung-Jin Park[1)]

Dept. of Physical Therapy, Koo Hospital, Sling Institute of Park Sung Jin[1)]

The purpose of this study is to assess the radiographic effects of normal person with contact laterally wedged insoles with strapping of varying elevations. Eight person who were randomized into group according to their birth dates and wedge elevation. participants wore contact laterally wedged insoles with strapping with elevation of 9, 15, 21mm. Standing radiographs were used to analyze the femorotibial angle for each subject, The result of repeated measures ANOVA's reveled that laterally wedged insoles with strapping of varying elevations produced significantly the femorotibial angle. The degree of change in femorotibial angle with the insole with strapping was effected by the tilt of the lateral wedge($P<0.05$).We suggest that these results may be beneficial for manufacturing foot orthotic devices, such as wedged insoles, to control medial and later compartment forces in the knee varus-valgus deformity.

Key Words: Insole, Femorotibial angle, Foot orthotic devices

교신저자 : 이상용(구병원 물리치료실, 016-9515-9190, E-mail: lsy8275@hanmail.net)

I. 서 론

미국의 인구 중 약 4천만명이 관절염을 가지고 있으며 관절염의 경제적 손실은 상당한 수준에 이르고 있다. 1960년-1982년 사이의 연구에 의하면 의료비용과 임금 손실이 국민총생산의 1%보다 약간 낮았으며 임금 손실은 국민총생산의 38-50%였다고 하였다(Yelin과 Felts, 1990).

이러한 관절염은 부하로 인하여 관절 연골의 파열과 관절연에 골극 형성을 발생하는 골비대에 의하여 특징지어지는 퇴행성 관절 질환으로 정의되는데 정상적인 연골에 과도한 부하의 큰 부하 또는 여러번의 작은 부하 그리고 비정상적 연골에 적당한 부하의 적용이 그 원인이 된다고 하였다(Brandt과 Slementa, 1993). Mease(1994) 그리고 Brandt과 Slementa(1993)은 골관절염은 특발성 일 수 있으나 거기에는 비만, 외상 과가동성, 감염, 염증 그리고 유전적 요소를 포함한 여러 소인적 요소들이 있다고 하였다. 발병률은 노화와 상당히 높게 관련되어 있으며 슬관절의 골관절염은 30세의 성인에게서는 거의 6%, 65세의 성인에게서는 거의 11%가 침범하며 남자보다 여자에게서 더 많이 발생한다(Vingard, 1996; Guccione 등, 1990; Ahlback, 1968).

퇴행성 슬관절염은 대퇴경골관절의 내측과 외측 그리고 슬개대퇴관절 등 세 구획 중 하나 또는 두 부위에 발생하는 것이 보통이며, 그 호발부위는 대퇴경골관절 외측보다 내측이 거의 10배 정도로 높은데 그 이유는 보행과 같은 체중지지 활동 동안 전체 하중의 71-91%가 내측 대퇴경골관절로 이동하는 내측 구획힘(medial compartment force) 때문이다(Schipplein과 Andriacchi, 1991; Kettelkamp와 Chao, 1972) 이러한 내측 구획의 힘에 의해서 내반슬이 생기며 치료하는 방법은 보통 수술적 방법과 비수술적 방법이 있다.

외과적 수술에 즐겨 사용되는 상경골 절골술은 심한 내반 변형의 내측 구획 슬관절 골관절염 환자에게 사용된다. 수술은 경골에 쐐기 절골술을 통하여 대퇴슬개골각의 외반 재정렬을 야기시킨다. 그런데 상경골 절골술과 관련하여 많은 사람들이 심한 합병증이 생기고 슬와동맥, 경골신경 또는 비골신경 그리고 그에 속한 신경가지들을 수술 중에 손상시킨다고 보고 되었다(Georgoulis와 Makris, 1999). Magyar 등(1999)은 상경골 절골술을 시행한 308명의 환자를 추적한 결과 4%의 심정맥 혈전, 2%의 불유합 그리고 51%의 핀을 통한 감염으로 보고되었다.

내측구획의 슬관절 골관절염 환자에 대한 보존적인 치료중의 한가지는 삽입하는 외측 쐐기 깔창이다. 스폰지 고무 재질로 만들어진 이러한 종류의 깔창은 보통 신발에 삽입(삽입하는 깔창)하며 골관절염 환자에게 널리 보급되었다(Sasaki와 Yasuda, 1987). 또한 Wolfe와 Brueckmann (1991)은 내측 슬관절 골관절염 환자의 82%가 삽입된 깔창으로 통증이 줄었다고 하였으며 Keating(1993)은 내측 슬관절 골관절염환자의 61%가 삽입된 깔창에 의해 통증점수가 향상되었다고 하였다. Yasuda와 Sasaki(1987)는 슬관절 내측에 가해지는 힘을 줄이고 외측 측부인대와 장경인대에 가해지는 힘을 줄여주는 삽입된 깔창의 역학적인 기전에 대해서 보고하였다. 그러나 내측 구획 슬관절 골관절염을 가진 내반 변형 환자에게 삽입된 깔창으로는 대퇴경골각은 수정하지 못 하였다. 거골의 움직임은 종골의 외반 교정을 억제시킴으로써 대퇴경골의 외반 교정을 막는다. 그래서 삽입된 깔창의 효과는 상경골 절골술에 대한 대퇴경골각의 교정과는 근본적으로 다르다. 삽입된 깔창의 목적은 종골의 외반 교정을 향상시킴으로써 하지의 역학적인 정렬을 바꾸는 것인데 삽입된 깔창으로는 대퇴경골각을 교정하는 것보다 거골하에 외측 쐐기 스트랩깔창으로 사용함으로써 더 효과적이다. 이러한 새로운 깔창은 거골종골각, 거골의 기울기각, 그리고 대퇴경골각을 유의하게 차이를 내었다. 반면에 삽입된 깔창은 기립자에서 거골종골각에서만 유의한 차이를 보였다(Toda 등 2001). 삽입된 깔창 그리고 외측 쐐기 스트랩 깔창은 거골종경골각의 외반각을 야기시키고 거골하 스트랩 깔창에 의해 만들어진 재정렬은 탄력성으로 고정시킨 깔창으로 인하여 거골과 족관절 밴드에 의해서 장력을 얻을 수 있다. 그래서 대퇴경골각의 교정이 이루어지며 상경골 절골술에 의한 유사한 치료효과를 낸다. 게다가 거골하 스트랩 깔창은 그들이 잠자는 동안, 깨어있는 동안, 그리

고 앉아있는 자세에서 서 있는 자세 동안 내측 슬관절 골관절염 환자에게 최대 보행거리를 증가시키고 통증을 감소 시키기 때문에 스트랩을 사용하지 않은 깔창보다 더 효과적이다(Toda와 Segal, 2002). 본 연구에서는 이처럼 슬관절 내측 구획의 힘을 감소시키기 위한 발보조기가 많이 사용하고 있으나 아직 쐐기깔창의 높이에 따라 대퇴경골각이 어떻게 변하는지에 대한 연구가 없는 실정이다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구대상

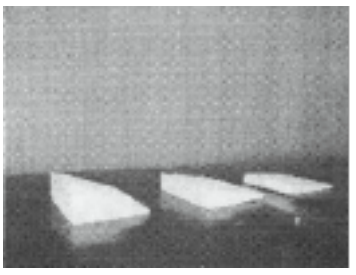
본 연구에는 임상적으로 슬관절부와 족관절부에 외상의 경험이 없고 현재 관절염이나 동통 및 근력약화 또는 운동제한이 없으며 신경학적인 문제로 인하여 협응 능력이 저하되거나 운동감각에 결손이 없는 건강한 성인 8명을 대상으로 하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 스트랩과 함께 각각 미착용 깔창(0mm), 9mm, 15mm, 21mm의 밀착형 외측 쐐기 깔창의 높이를 합쳐 건강한 성인에게 평가하였다.

1) 밀착형 외측 쐐기 깔창과 스트랩

본 연구에 사용되는 밀착형 외측 쐐기 스트랩 깔창은 우레탄 제질로 된 가로 75mm, 세로 55mm이며 높이는 각각 9mm, 15mm, 21mm의 높이로 제작 하였다. 스트랩은 탄력성 밴드(DR114, 한국)를 사용하여 실험하는 동안 내측 쐐기 깔창과 거골하 관절 사이의 움직임을 최소화하기 위해 제작하였다(그림. 1).



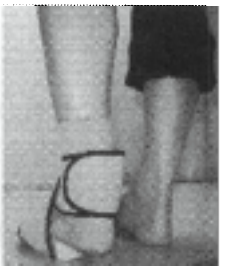


그림 1. 21mm, 15mm, 9mm 쐐기깔창과 스트랩

2) 방사선 기기 및 촬영

대퇴경골각을 측정하기 위해 Shimavision SX (Japan)을 사용하였다. 밀착형 외측 쐐기 스트랩 깔창의 사용하는 착용방법을 가르쳐 주고 착용에 불편함이 없는지 확인한 뒤 방사선 촬영을 시행 하였다. 기립자세의 환자는 방사선 촬영 기기 앞에서 1m 떨어진 거리에 팔을 90도 굴곡 시켜 손을 고정봉에 확실히 붙잡는다. 그리고 외측 쐐기 스트랩 깔창을 착용한 발은 무릎을 충분히 신전시켜서 체중이 부하될 수 있도록 한다(Yasuda와 Sasaki, 1987)(그림. 2).

그림 2. 방사선 측정자세

3) 대퇴경골각 측정

방사선 사진에서 두 개의 평행한 선을 각각 대퇴골의 원위 1/3부위와 경골의 근위 1/3부위에 긋는다. 대퇴골과 경골의 중앙점을 연결 후 서로 장축을 그어 연결된 각(Yasuda와 Sasaki, 1987)(그림. 3).

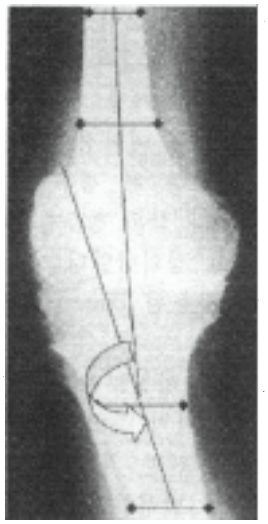


그림 3. 대퇴경골각 측정

3. 자료 분석

SPSS Win 10.0 package를 이용하여 밀착형 외측 쇄기 스트랩 깔창의 높이에 따라 대퇴경골각에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 반복측정 일요인 분산분석(repeated one-way anova)을 실시하였으며 개체내 대비검증을 위해 본페로니 수정법(Bonferroni's adjustment)를 적용하였다. 통계학적 유의수준을 검증하기 위하여 α <0.05로 하였다. 자료의 통계처리를 윈도우 SPSS version 10.0 프로그램을 사용하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에는 임상적으로 슬관절부와 족관절부에 외상의 경험이 없고 현재 관절염이나 동통 및 근력약화 또는 운동제한이 없으며 신경학적인 문제로 인하여 협응 능력이 저하되거나 운동감각에 결손이 없는 건강한 성인 8명을 대상으로 하였다. 연구대상자 중에서 남자의 연령은 평균 34세, 신장 175.40cm, 체중 79.20kg으로 여성의 평균 연령은 47세, 신장 159cm, 체중 62kg이다(표 1).

표 1. 연구 대상의 일반적 특성

성별	연령 (세)	신장 (cm)	체중 (kg)	대상자 수(%)
남성	34.00±2.77	175.40±2.79	79.20±4.32	5
여성	47.33±10.40	159.67±2.51	62.00±9.16	3
계	39.12±9.03	169.50±8.51	72.75±10.67	8

2. 밀착형 외측쐐기깔창 높이에 따른 대퇴경골각 비교.°

그림 4는 밀착형 외측 쐐기 깔창 높이에 따라 대퇴경골각이 변화를 보여주고 있다. 대퇴경골각의 평균값을 알아본 결과 미착용 깔창 적용시 0.58±3.07°, 9mm 깔창 적용시 1.71±3.43°,15mm 깔창 적용시 2.31±3.27°, 21mm 깔창 적용시 2.53±4.16°이었다. 밀착형 외측 쐐기 높이에 따라 적용시 대퇴경골각의 차이를 알아보기 위하여 일요인 분산분석을 실시한 결과 개체 내 효과검정에서 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(표. 1). 밀착형 외측쐐기깔창 높이에 따른 대퇴경골각의 대응별 비교에서 미착용 깔창 - 15mm 비교와 미착용 깔창 - 21mm비교에서 대퇴경골각이 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(표. 2)(그림. 4).

표 2. 밀착형 외측쐐기깔창 높이에 따른 대퇴경골각 의 개체 내 효과검정 (°)

		Mean±SE	F	p
깔창 높이	미착용 깔창	0.58±3.07	7.012	0.002
	9mm 깔창	1.71±3.43		
	15mm 깔창	2.31±3.27		
	21mm 깔창	2.53±4.16		

표. 2 밀착형 외측쐐기깔창 높이에 따른 대퇴경골각의 대응별 비교

깔창높이 비교	평균차	p
미착용 깔창 - 9mm 깔창	-1.138	0.256
미착용 깔창 - 15mm 깔창	-1.737	0.019*
미착용 깔창 - 21mm 깔창	-1.950	0.031*
9mm 깔창 - 미착용 깔창	1.138	0.256
9mm 깔창 - 15mm 깔창	-0.600	1.000
9mm 깔창- 21mm 깔창	-0.813	0.817
15mm 깔창- 21mm 깔창	-0.213	1.000

* $p<.05$

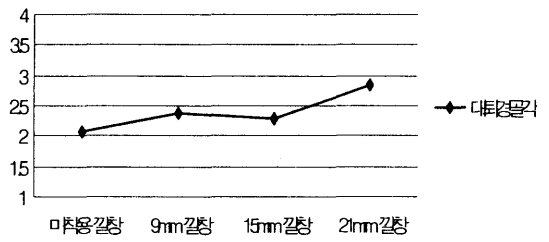


그림 4. 밀착형외측쐐기깔창의 높이에 따른 대퇴경골각 대응별 비교

Ⅳ. 고 찰

하지 정렬과 관련된 것은 천장관절, 고관절, 슬관절, 족관절 뿐만 아니라 경골대퇴각과 하지 길이차이 등을 들 수 있으며 하지의 올바른 정렬은 상체의 바른 자세를 유지함은 물론 나쁜 자세로부터 기인할 할 수 있는 동통 등을 예방 할 수 있다. 비정상적인 하지 정렬은 다양한 쐐기깔창의 적용으로 후족의 내번 기형, 전족의 내·외번 기형 그리고 비정상적인 회내 발 등과 같은 발의 기형 혹은 질환을 치료하는데 사용되어져 왔는데 그 이유는 선 자세 혹은 보행 시 골격정렬을 증진시키기 때문이다.

내측 슬관절 골관절염에 대한 보존적 치료의 수단으로써 외측 면의 거상을 위해 깔창 같은 종류의 보조기는 일본에서 많이 사용되고 있다. 거의 모든 일본사람들은 집에서는 신발을 착용하지 않고 실외에서 신발을 착용한다. 깔창 종류의 보조기는 환자 발바닥에 어떻게 접촉되느냐에 의해서 특수형(subtypes)로 분류된다. 예를 들어 신발깔창 또는 깔창을 가진 일본식 구두의 안창 등이 사용되었다. 모든 특수형에 깔창의 전두면은 쐐기 모양이다. 그래서 깔창 종류의 보조기는 쐐기 깔창(wedged insole)이라고 부른다(Sasaki과 Yasuda, 1987). 본 연구에서는 Toda 등(2001)이 사용한 것으로 기존의 쐐기 깔창에 스트랩을 감싸므로 거골하 관절을 더욱더 외반 자세를 유할수 있도록 만들어 졌다.

대퇴경골각은 슬관절 질환, 특히 퇴행성 슬관절염의 선택과 치료에 있어서 참고 자료로 많이 이용되어 왔다. Bohm(1933)이 대퇴경골각을 측정 발표한 후 Coventry(1979), Bauer(1969) 및 Harris(1970) 방법이 소개되었으며 현재는 대퇴골과 경골의 골간 피질의 중앙점들을 연결하여 형성되는 두 장축간의 각도를 측정하는 Bauer(1969) 방법이 가장 널리 사용되고 있다. Hurwitz 등(2002)은 대퇴경골각을 측정하여 중립위치를 0°, 0°보다 큰 경우는 내반정렬(varus alignment), 0°보다 작은 경우를 외반정렬(valgus alignment)이라고 정의하였다. 본 연구에서는 일반적으로 널리 사용된 Bauer(1969)씨 방법을 사용하였다.

깔창의 재질의 성질뿐만 아니라 높이에 따라 발 뒷꿈치의 해부학적 정렬, 발 뒤꿈치와 전족의 탄력성에 영향을 신발 착용시 편안함을 증가시키며 통증과 손상 발생률을 감소시킨다(Nigg 등, 1998). Kerrigan 등(2002)은 퇴행성 슬관절염 환자를 대상으로 각각 0°, 5°, 10°의 외측 쐐기깔창을 적용했을 때 5°와 10°에서 슬관절 내번 토크가 각각 약 6%와 8% 정도 유의하게 감소하였다. 정도영(2003)은 정상인을 대상으로 외측 10°, 15° 각도의 쐐기 깔창 적용시 슬관절 내측토크는 감소하였으나 유의한 차이가 없었다고 하였다. Kakihana 등(2004)은 0°, 3°, 6°의 외측 쐐기 깔창으로 보행 분석한 결과 깔창의 변화에 따라 거골하 관절과 슬관절에서 각도가 유의한 차이가 없었지만 운동역학적에 관하여 각도가 높은 깔창은 낮은 깔창에 비교하여 거골하관절의 외반 움직임에 대한 모멘트 팔이 유의하게 증가하였다고 하였다. 그러나 Toda 등(2004)은 8mm, 12mm, 16mm의 외측 쐐기 인솔을 거골하 스트랩과 함께 사용할 때 16mm 높이 깔창이 8mm보다 대퇴경골각을 외반 수정하는데 더 효과적이지만 요통이나 발바닥 통증과 같은 역효과가 혼하게 발생한다고 하였다. 본 연구에서도 밀착형 외측쐐기깔창 높이에 따른 대퇴경골각 비교를 한 결과, 미착용 깔창 적용시 0.58°, 9mm 깔창 적용시 1.71°, 15mm 깔창 적용시 2.31°, 21mm 깔창 적용시 2.53°이었으며 대퇴경골각의 차이에 대해 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 개체-내 대비검증을 한 결과에서는 미착용 깔창-15mm 깔창 비교와 미착용 깔창-21mm 깔창 비교에서 대퇴경골각이 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 본연구의 결과는 거골하 스트랩 깔창에 의해 만들어진 대퇴경골각의 변화는 외측 쐐기

깔창의 기울기에 영향을 준다라는 가설을 뒷받침해 준다. 이러한 연구결과는 슬관절 내·외측 구획에 병변이 있는 퇴행성 슬관절염 환자를 대상으로 쐐기깔창과 같은 보조기를 제작하는데 필요한 자료로 활용될 수 있을 것이다. 앞으로 여러 가지 깔창 높이를 가지고 환자의 통증과 역효과에 대하여 연구가 필요할 것이다.

V. 결 론

본 연구에서는 밀착형 외측 쐐기 스트랩 깔창의 높이에 따라 대퇴경골각이 어떻게 변하는지에 대한 연구를 시행하였다. 본 연구에는 임상적으로 슬관절부와 족관절부에 외상의 경험이 없고 현재 관절염이나 동통 및 근력약화 또는 운동제한이 없으며 신경학적인 문제로 인하여 협응 능력이 저하되거나 운동감각에 결손이 없는 건강한 성인 8명을 대상하였으며 대퇴경골각을 측정하기 위해 Shimavision SX(Japan)을 사용하였다. 쐐기에 밀착성 탄력붕대를 착용하였으며 쐐기 높이는 9mm, 15mm, 21mm로 하였다.

연구결과는 다음과 같다

1. 밀착형 외측쐐기깔창 높이에 따른 대퇴경골각 비교를 알아보기 위하여 반복 측정 일요인 분산분석을 실시한 결과, 미착용 깔창 적용시 0.58±3.07°, 9mm 깔창 적용시 1.71±3.43°,15mm 깔창 적용시 2.31±3.27°, 21mm 깔창 적용시 2.53±4.16°이었으며 대퇴경골각의 차이에 대해 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 밀착형 외측쐐기 깔창 높이에 따른 대퇴경골각의 대응별 비교에서 미착용 깔창-15mm 와 미착용 깔창-21mm에서 대퇴경골각이 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

참 고 문 헌

정도영. Wedged Insole 각도가 슬관절 내번 토크와 근활성도에 미치는 영향, 연세대학교 대학원 재활학과, 석사학위논문, 2001.

Ahlback S. Osteoarthritis of the knee: a radiographic investigation. Acta Radiol. 1968;227:7-72.

Andriacchi TP. Dynamics of knee malalignment. Orthop Clin North Am. 1994;25:395-403.

Bauer GCH, Insall J, Koshino T. Tibial osteotomy in gonarthrosis (Osteo-Arthritis the knee). J Bone and Joint Surg. 1969;51(A):1545-1563.

Bohm M. Infantile deformities of the knee and hip. J Bone and Joint Surg. 1933;15:574-579.

Brandt KD, Slemenda CW. Osteoarthritis epidemiology, pathology and pathogenesis. In: shchumacher HR Jr, ed. Primer on the Rheumatic Diseases. 10th. Atlanata: Arthritis Foundation; 1993:184-187.

Coventry MB. Osteotomy about the knee for degenerative and Rheumatoid Arthritis. J Bone and Joint Surg. 1973;55(A):23-47.

Georgoulis AD, Makris CA, Papageorgiou CD, et all. Nerve and vessel injuries during high tibial osteotomy combined with distal fibular osteotomy: A clinically relevant anatomic study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 1999;7:15-19.

Guccione AA, Felson DT, Anderson JJ, et all. Defining arthritis and measuring functional status in elders: methodological issues in the study of disease and physical disability. Am J Public Health. 1990;80:945-949.

Harris RW, Kostuik JP. High tibial ostetomy for osteoarthritis of the knee. J Bone and Joint Surg. 1970;52(A):330-336.

Hurwitz DE, Rayls AB, Case JP et al. The knee adduction moment during gait in subjects with knee osteoarthritis is more closely correlated with static alignment than radiographic disease severity, toe out angle and pain. The journal of Orthop Research. 2002;20:101-107.

Kakihana W, Akai M, Yamasaki N, et al. Changes of joint moments in the gait of normal subjects wearing laterally wedged insoles. Am J Phys Med Rehabil, 2004;83(4):273-278.

Keating EM, Faris PM, Ritter MA at al. Use of lateral heel and sole wedges in the treatment of medial osteoarthritis of the knee. Orthop Rev. 1993;19:921-924.

Kellgen LH and Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthritis. Ann Rheum Dis. 1957;16:494-502.

Kerrigan CK, Lelas JL, Goggins J. et al. Effectiveness of a lateral-wedge insole on knee varus torque in patients with knee osteoarthritis. Arch Phys Med Rehabil. 2002;83:889-893.

Kettelkamp D and Chao E. A method for quantitative analysis of medial and lateral compression forces at the knee during standing. Clin Orthop Rel Res. 1972;83:203-213.

Magyar G, Toksvig-Larsens and Lindstrand A, Hemicallotasis open-wedge osteotomy for osteoarthritis of the knee. Complications in 308 operations. J Bone Joint Surg Br. 1999;81:449-451.

Mease P. Rheumatologic Issues. In: Agotini R, Titus S, eds. Medical and orthopedic Issues of Active and Athletic Women. Philadelphia: Hanley & Belfus P 1994,230-246.

Nigg BM, Kahn A, Fisher V, and D Stefanyshyn D. The effect of shoe insert construction on foot and leg movement during running. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1998;30(4):550-555.

Sasaki T and Yasuda K. Clinical evaluation of the treatment of osteoarthritis knee using a newly designed wedged insole. Clin Orthop. 1987;221:181-187.

Schipplein OD, Andriacchi TP. Interaction between active and passive knee stabilizers during level walking. J Orthop Res. 1991;9:113-119.

Swanson KE, Stocks GW, Warren, PD et al. Does axial limn rotation affect the alignment measurements in deformed limbs. Clin Orthop. 2000;371:246-252.

Toda Y. and Tsukimura N. A six month follow-up of a randomized trial comparing the efficacy of a lateral-wedged insole with subtalar strapping and an in-shoe lateral-wedged insole in patients with varus deformity osteoarthritis of the knee. Arthritis Rheum. 2004;50:3129-3136.

Toda Y and Segal N. Usefulness of an insole with subtalar strapping for analgesia in patients with medial compartment osteoarthritis of the knee. Arthritis Rheum . 2002;47:468-473.

Toda Y, Segal N, Kato A, Yamamoto S and Irie M. Effect of a novel elastically fixed lateral wedged insole on the subtalar joint of patients with medial compartment osteoarthritis of the knee. J Rheumatol. 2001;28:2705-2710.

Vingard Y. Osteoarthritis of the knee and physical load from occupation. Ann Rheum Dis. 1996;55:677-679.

Wolfe SA and Brueckmann FR. Conservative management of genu valgus and varum with medial/lateral heel wedges. Indiana Med. 1991;84:614-615.

Yasuda K and Sasaki T. The mechanics of treatment of the osteoarthritic knee with a wedge insole. Clin Orthop. 1987;215:162-172.