

Lateral wedge insole이 편측 대퇴절단자의 보행에 미치는 영향 The Effect of lateral wedge insole on the uni-transfemoral amputee gait

*#장윤희, 배태수, 김신기, 문무성

*#Y. H. Chang(yhchang@korec.re.kr), T. S. Bae, S. K. Kim, M. S. Mun
재활공학연구소

Key words: lateral wedge insole, gait, uni-transfemoral amputee

1. 서론

의상성 하지 절단자의 대부분은 의지를 착용하고 보행을 하게 된다. 그러나 의지 사용으로 인해 하지절단자들의 보행은 정상인의 보행형태와는 조금 다른 양상을 나타내며, 이는 절단 후에도 이차적인 문제를 야기하고 있다. 보행 시 의지측보다 건측 의존도가 높은 하지절단자들의 비대칭적인 보행형태는 요통, 퇴행성 고관절염 및 무릎관절염을 유발하는 것으로 알려져 있다.

일반적으로 무릎 골관절염은 노화가 진행되면서 발병하는 것으로 알려져 있지만, 연령과 상관없이 비정상적인 부하가 관절에 반복적으로 가해질 경우 관절연골의 마모와 함께 퇴행성으로 진행된다고 한다.¹

최근 하지절단자들의 무릎골관절염과 관련된 유병률 조사 연구에서 Norvell 등 은 같은 연령대별 하지절단자의 슬골관절염 증상을 조사한 결과 절단자가 비절단자에 비해 무릎 통증이 2배 정도 높다고 하였으며(비절단자 20.2%, 하지절단자 40.3%), 특히 하지절단자 중에서도 대퇴절단자의 무릎골관절염 증상이 더 심한 것으로 나타나(대퇴절단자 50%, 하퇴절단자 36.4%) 절단 수준이 높을수록 무릎골관절염에 이환될 위험성 또한 증가한다고 하였다.²

무릎골관절염에 대한 치료는 일반적으로 정형외과적 측면에서 고려되어지며, 질병의 초기나 말기 단계에서는 절골술(osteotomy)과 같은 수술적인 방법을 사용하는 것이 일반적이다. 그러나 질병의 초기 단계나 수술적인 방법을 원하지 않을 경우에는 물리치료나 약물치료, 무릎 보조기(knee orthoses)나 modified foot wear 같은 보존적 치료방법들이 고려되어지고 있다.³ modified foot wear는 wedge나 insole 등을 적용하여 변형된 발이나 발목의 각도를 조절하고, 하지의 정렬 상태를 변화시킴으로 인하여 무릎의 통증을 경감시킬 수 있는 재활적 중재 방안으로 많이 사용되어지고 있다.⁴ 사전 연구에서 modified foot wear를 통한 치료적 효과는 무릎의 통증 경감 및 외적 무릎 내전 모멘트를 감소시키는데 많은 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, 주로 퇴행성 무릎관절염을 가진 노인들을 대상으로 실시되어지고 있다. 그러나 무릎골관절염에 대한 유병률이 높은 하지절단자들에게 적용한 사례 연구는 없으며, 이들 그룹에서 무릎골관절염의 치료나 예방을 위한 재활적 중재 방안 또한 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 무릎골관절염 유병률이 높은 대퇴절단자를 대상으로 lateral wedge insole 적용 시 하지관절에 미치는 생체역학적 변화를 알아보려고 한다.

2. 연구 방법

2.1 실험대상

본 연구는 재활공학연구소에 내원한 편측 대퇴절단자 4명을 대상으로 실시하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 table 1과 같다. 대상자 선정 기준은 1)사고로 인해 절단한 자 2)의지의 정렬 상태가 적절한 자 3)보행 시 중대한 비정상적 보행(회선 보행)을 하지 않는 자 4)지팡이나 보조 도구 없이 독립 보행이 가능한 자로 하였으며, 이들 대상자 중 보행에 지장을 줄 수 있는 절단 외의 하지 또는 척추 수술이나 외상의 병력, 요통, 무릎골관절염 증상이 있는 자는 연구에서 제외하였다. 이들 대상

자에게 연구의 목적과 방법을 설명하고 연구 동의서에 서명한 후 실험을 실시하였다.

Table 1. General characteristics of subjects (n=14)

	uni-transfemoral amputees (n=4)	normal subjects (n=10)
Age (yrs)	48.0±10.8 ^a	25.2±1.32
Height (cm)	162.0±5.7	175.56±4.85
Weight (kg)	62.7±8.8	67.92±9.13
Stump length (cm)	24.6±1.5	
Prosthesis use (yrs)	13.8±13.7	

^amean±SD

2.2 보행분석

보행분석을 위해 4개의 힘측정판(forceplate, 600mm×900mm, Kistler, UK), 적외선 카메라 8대(Eagle4, Motion Analysis, USA), 10mm 반사마커, CCD 카메라 2대, 데이터 처리장치, PC 등으로 구성되어 있는 3차원 동작분석기(Motion Analysis, USA.)를 사용하였다. 보행분석을 위한 마커 셋팅은 Helen Hayes marker set을 사용하여 해부학적 위치에 총 19개의 마커를 부착하고 정적 검사(static pose)를 시행하였고, 내측 4개의 마커를 제거한 후 동적 검사(dynamic pose)를 실시하였다.

Lateral wedge insole은 5°, 10° wedge를 사용하였으며,⁵ wedge는 3.175mm 두께 필라이트 재질(Ottobock, Germany)로 환자의 발에 맞추어 재단한 후 사용하였다. 피검자는 먼저 신발에 깔창을 적용하지 않은 상태에서 본인의 보행 상태를 확인하였고, 5°, 10° lateral wedge insole을 신발 내부 외측에 각각 삽입하고 보행을 실시하였다(fig. 1). 보행 속도는 정상 시 일반적인 보행 상태를 평가하기 위해 본인이 선택한 속도(SSWS, self selected walking speed)로 보행하였으며, 매번 실험할 때 마다 변하는 보행의 특성 상 5회 실험한 후 그들에 대한 평균값을 사용하였다.

분석방법은 대퇴절단자군과 정상군의 비교를 위해 독립표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였으며, insole 각도에 따른 변화를 알아보기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였다(SPSS ver. 12.0, SPSS Inc., USA). 통계적 유의수준 α=.05로 하였다.



fig 1. Insert a lateral wedge insole into shoes.

3. 결과 및 고찰

3.1 보행의 대칭성(gait symmetry)

보행의 대칭성을 평가할 수 있는 한걸음 길이 비율(step length ratio)은 1에 가까울수록 대칭적으로 평가되며, wedge 보행이

no wedge 보다 대칭적이고 10° wedge 보행이 5° wedge 보행보다 대칭적인 것으로 나타났다. 보행의 안정성을 평가하는 보폭(step width)은 no wedge 보행 시 평균 18.89cm의 보폭을 유지하였으나, 5° wedge 적용 시 18.23cm로 감소하여 작은 차이지만 보다 안정적인 보행을 한 것으로 보인다(table 2).

3.2 발목 내반각(ankle inversion angle)

대퇴절단자는 보행 시 입각기 전반에 걸쳐 건측의 발목 각도가 정상인에 비해 크게 내반되어 있는 것을 알 수 있다. no wedge 보행 시 말기 입각기 최대 발목관절 내반각은 17.47° 이었지만, lateral wedge 적용 후 내반각이 점차적으로 감소하는 경향을 보였으며, wedge각이 클수록 발목 내반각이 감소하였다. 또한 발목 내반각이 감소함에 따라 고관절의 외전 각도도 감소하였다.

3.3 발목 내반/무릎 내전 모멘트(ankle inversion/knee adduction moment)

대퇴절단자는 보행 중 건측 발목의 과도한 내반으로 인하여 의지측에 비해 건측 발목에 과도한 내반 모멘트(ankle inversion moment)가 형성되며, 5°, 10° wedge 적용 후 건측 발목의 내반 모멘트가 감소하면서 건측과 의지측의 모멘트 형성이 대칭적으로 변화되었다. 무릎관절결과 관련이 높은 무릎 내전 모멘트(knee adduction moment)는 5° wedge 적용 시 조금 감소하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다(table 2).

4. 결론

본 연구는 무릎관절염 유병률이 높은 편측 대퇴절단자를 대상으로 무릎관절염의 치료나 예방을 위해 사용되는 lateral wedge insole의 효과를 알아보았다. 대퇴절단자들의 양하지의 비대칭적인 보행 형태와 환측에 비해 건측의 의존도가 높은 보행 특성으로 인하여 no wedge 보행 시 건측의 발목 내반각과 고관절 외전각이 크게 증가해 있었으며, 건측의 외측 지면반발력(lateral shear force)과 발목 내반 모멘트(ankle inversion moment), 무릎 내전 모멘트(knee adduction moment), 고관절 내전 모멘트(hip adduction moment)가 증가하였다.

대퇴절단자들의 과도한 발목 내반각도와 하지정렬상태를 교정하기 위해 lateral wedge insole을 적용한 결과 양하지의 보행이 보다 대칭적으로 나타났으며, 건측의 과도한 발목 내반각이 감소하고, 통계적으로 유의하지는 않았지만 발목 내반모멘트와 무릎 내반모멘트가 감소하였다. 이는 lateral wedge insole을 적용한 결과 하지모멘트 값이 보다 정상에 근접함을 알 수 있었다.

Wedge 각도에 따른 보행의 차이는 wedge 각도가 증가할수록 발목 내반각의 보정은 더 많이 이루어졌지만, 환자는 5°보다는 10°에서 오히려 보행 시 불편함을 호소하였다. 이는 개개인의 착용 느낌이나 보행 단계, 발목관절의 초기 내반각 형성각도 등이 고려된 상황에서 insole 제작이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

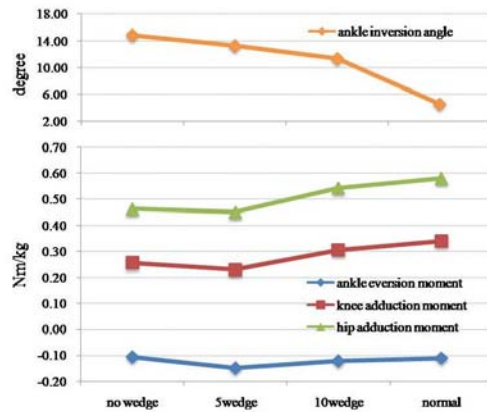


fig 2. Ankle inversion angle and moment to the coronal plane

본 연구에서 적용된 5°, 10° lateral wedge insole은 기존에 상용화된 insole 재질로 환자의 발바닥 아치(arch)나 전체적인 발바닥 형태를 고려하지 않고 실험을 위해 일률적으로 제작되었다는 제한점이 있으며, 연구의 대상자 수가 적다는 제한점이 있다. 사후 보다 많은 대상자 수와 다양한 lateral wedge insole 각도나 형태에 따른 차이 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

후기

위 논문은 문화체육관광부의 스포츠 산업기술개발 사업에 의거 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었습니다.(과제번호 #S07-200803)

참고문헌

1. Felson DT, Lawrence RC, Diepple PA, et al. Osteoarthritis: New insights, Part 1: The disease and its risk factors. *Ann Intern Med.* 2000;133(8):635-646.
2. Norvell DC, Czerniecki JM, Reiber GE, et al. The prevalence of knee pain and symptomatic knee osteoarthritis among veteran traumatic amputees and nonamputees. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(3):487-493.
3. Kirkley A, Webster-Boagert S, Litchfield R, et al. The effect of bracing on varus gonarthrosis. *J. Bone Joint Surg.* 1999;81(A):539-547.
4. Schmalz T, Blumentritt S, Drewitz H, et al., The influence of sole wedges on frontal plane knee kinetics in isolation and in combination with representative rigid and semi-rigid ankle foot-orthoses. *Clinical Biomechanics.* 2006;21:631-639.
5. Kerrigan D, Lelas J, Goggins J, et al. Effectiveness of a lateral-wedge insole on knee varus torque in patients with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehab.* 2002;83:889-893.

Table 2 Spatio-temporal parameter, ankle inversion angle and ankle, knee, hip moment

	uni-tranfemoral amputees			normal subjects	t value	t value	t value	t value
	no wedge (1) mean±SD	5° wedge (2) mean±SD	10° wedge (3) mean±SD	no wedge (4) mean±SD	(1)-(2)	(1)-(3)	(2)-(3)	(1)-(4)
walking speed (m/s)	.98±.17	1.00±.16	.99±.13	1.24±.17	-1.028	-.083	.645	-.591
step width (cm)	18.27±3.17	18.23±1.18	18.92±1.76	11.00±.91	1.889	-.064	-1.931	14.379***
step length ratio	1.24±.06	1.18±.04	1.16±.10	1.01±.04	6.573**	4.093*	.792	7.181**
ankle inversion angle(TS)	17.47±4.71	15.25±4.02	12.32±4.29	4.61±6.58	2.835*	4.310*	3.208*	7.904**
ankle inversion moment (TS)	.41±.09	.37±.19	.43±.08	-.11±.06	3.703	.331	-.686	-.050
knee adduction moment (TS)	.45±.11	.32±.15	.30±.11	.34±.11	.444	-1.723	-2.262	-1.275
hip adduction moment	.42±.16	.38±.14	.48±.05	.58±.17	.161	-1.474	-1.695	-1.614

TS, terminal stance, *<.05, **<.01, ***<.001