

시각적 정보와 내측 췌기 인솔의 높이 차이가 정상 성인의 슬관절 고유수용성 감각에 미치는 영향

김도균, 고은혜
한서대학교 대학원 물리치료학과

이강성
한서대학교 의료보장구학과

신현석
한서대학교 물리치료학과

Abstract

The Influences of Visual Information and Different Elevations of Medially Wedged Insoles on Knee Joint Proprioception in Healthy Persons

Kim, Do-kyun, B.Sc., P.T., Ko Eun-hye, M.Sc., P.T.
Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Hanseo University

Lee, Kang-sung, M.Sc., P.T., C.P.O.
Dept. of Prosthetics and Orthotics, Hanseo University

Cynn, Heon-seock, M.A., P.T.
Dept. of Physical Therapy, Hanseo University

The purpose of this study was to investigate the effects of visual information and different elevations of medially wedged insoles on the proprioceptive sense of the knee joint. The subjects of this study were 16 able-bodied men who were not athletic. An electrogoniometer was used to determine the error value between calculated 50% of full flexion (target position) and performed 50% of full flexion in a standing position with the upper extremities crossed. Tests were randomly performed in 2×4 conditions. Visual variations included open eyes vs. closed eyes, while the elevation was adjusted through the use (or lack thereof) of medially wedged insoles of 10 mm, 14 mm, and 18 mm. The average error value in each condition was statistically analyzed. The findings of this study revealed as follows: 1) The average error value was significantly higher with the subjects' eyes open than with their eyes closed ($p < .05$). 2) The averaged error value was also significantly higher when the subjects were elevated 18 mm than with no elevation at all ($p < .05$). The findings of this study should be considered in lower extremity rehabilitation programs when medially wedged insoles used.

Key Words: Knee joint, Proprioception; Visual information; Wedged Insole.

I. 서론

관절의 움직임이나 위치에 대한 인식은 시각과 피부 감각을 포함한 여러 가지 형태의 감각에 영향을 받는다(Bartlett와 Warren, 2002). 이와 관련하여 고유수용성 감각은 신경-운동 조절(neuro-motor control)에 있어서 중요한 작용을 한다. 근육이나 인대, 관절낭과半月판(meniscus) 및 피부에 존재하는 기계적 수용기(mechanoreceptor)로부터 고유수용성 감각 정보를 받아들여 관절운동학(arthrokinetics)과 근·골격계 반사를 통하여 동적 관절 안정성에서 기여한다(Bennell 등, 2003). 그러나 병변이나 질환으로 인한 관절주위 구조물의 이상으로 움직임에 따라 적절하게 반응하여 입력되는 고유수용성 감각 기능이 저하되면 자세의 조절과 보호반사 능력, 관절의 운동 능력, 자세 동요(perturbation)에 대처하는 균형 능력이 저하될 가능성이 높아진다.

Hassan 등(2002)은 탄력성 밴드를 통해 관절 주변 피부감각을 자극하여 슬관절의 통증과 고유수용성감각에 미치는 영향을 관찰한 결과 통증은 감소하지만 고유수용성감각은 유의한 차이가 없다고 하였다. Koralewicz와 Engh(2000)는 슬관절 관절염이 고유수용성 감각을 저하시키며, 관절염이 있는 한쪽의 감각뿐만 아니라 정도에 따라 반대쪽 고유수용성 감각도 저하된다고 하였다.

슬관절은 전두면(frontal plane)에서 관찰하였을 때 정상적으로 약 5~10° 정도의 외반(valgus)을 보이며 이때, 슬관절의 내·외측으로 각각 체중의 22% 정도에 해당하는 지면 반발력이 동일하게 가해진다. 그러나 과도한 외반슬(genu valgum) 변형을 보이는 경우 발뒤꿈치 닿기 시 슬관절의 외측으로 과도한 지면 반발력이 적용되고, 내반슬(genu varum) 변형이 있는 환자의 경우 슬관절의 내측으로 과도한 지면 반발력이 적용됨에 따라서 내측부위에서 관절 반발력(joint reaction force)도 증가한다(Neumann, 2002). 내반슬이 있는 관절염 환자에게 전통적인 외측 썸과 거골하 스트랩(subtalar strap)을 함께 적용한 경우 대퇴-경골 각도(femrotibial angle)를 수정하는데 더 효과적이라고 하였다(Toda 등, 2002). Kakahana 등(2004)은 외측 썸이 인솔이 압력중심을 이동시키기 때문에 거골하 관절과 슬관절의 운동량에 변화를 일으킨다고 하였다.

김장환 등(2004)은 인솔이 착용자의 편안함과 안정

성, 보행을 용이하게 할 목적으로 적용되며 압력의 분배와 충격 흡수성에서 효과적이며, 체중이 내측으로 부하되는 편평족, 족부의 회내, 외반족의 경우 내측의 비정상적인 부하를 외측으로 이동시키기 위해서 내측 중족궁을 지지하여 체중을 외측으로 전이시켜야 한다고 하였다. 인솔의 적용은 종골의 외반슬 교정에 영향을 주어 하지의 역학적 정렬을 변화시킬 수 있다고 보고하였고, 1980년대 초반에 일본에서는 슬관절 내측 부위 관절염 환자의 보존적인 역학적 치료 방법의 하나로 외측 썸 인솔을 사용하였다고 하였다(Sasaki 등, 1987; Toda 등, 2002; Toda 등, 2004). Crenshaw 등(2000)은 외측 썸 인솔 사용 시 슬관절 내측에 가해지는 내반력이 유의하게 감소하기 때문에 관절염 환자의 통증이 저하되고, 관절의 기능이 증진된다고 하였다. Tohyama 등(1991)과 Keating 등(1993)은 썸 인솔의 적용은 증상의 악화단계나 후기단계보다 초기 단계에서 더 효과적이라 하였다.

선행 연구를 살펴보면 내측 썸 인솔의 사용으로 인한 때 관절의 통증 감소 및 기능 증진 효과에 대한 연구는 많은 반면에 자세 안정성과 관련된 관절의 고유수용성 감각에 대한 연구는 적었다. 그러므로 본 연구에서는 시각적 정보와 촉지에 적용된 내측 썸 인솔의 높이 차이가 슬관절의 고유수용성 감각에 미치는 영향을 조사하기 위해서 관절의 재위치 오차값을 조사하여 비교하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 한서 대학교에 재학 중인 통증이나 근·골격계 및 신경학적 이상이 없고, 피부 민감성이 없으며, 슬관절에 손상 병력이 없는 20대 정상 성인 남자 16명을 대상으로 실시하였다. 실험을 실시하기 전에 연구 목적과 방법에 대하여 대상자에게 충분히 설명한 후 자발적인 동의를 얻었다.

2. 실험방법

가. 내측 썸 인솔과 거골하 스트랩 제작

딱딱한 재질의 코르크를 사용하여 가로 55 mm, 세로 75 mm의 3가지 내측 썸 인솔을 2 mm 높이의 바닥에서 내측으로 8 mm(경사 각도=8°), 12 mm(경사 각도=11°), 16 mm(경

사 각도=17°) 올려 제작하였다(그림 1). 스트랩은 탄력성 밴드를 사용하여 실험하는 동안 내측 췌기 인술과 거골하관절 사이의 움직임을 최소화하기 위하여 제작하였다.

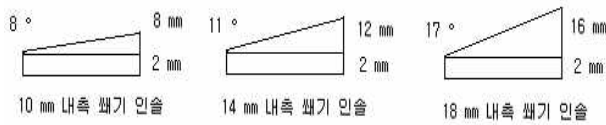


그림 1. 적용된 내측 췌기 인술의 후면 모습

나. 측정 방법

슬관절의 굴곡 각도를 측정하기 위하여 MP100 시스템¹⁾에 전기 측각기²⁾를 연결하여 사용하였다. 전기 측각기는 연구대상자가 공을 차는 우세측 다리 슬관절을 신전한 상태에서 외측부위에 종이 테이프를 이용하여 부착 고정하였다.

눈을 뜬 조건에서 3가지 내측 췌기 인술을 거골하스트랩과 함께 무작위 순서로 적용하였다. 눈을 떴을 때의 연구대상자의 시선은 정면을 바라보게 하였다. 양측 하지를 어깨 넓이로 벌리게 한 후, 슬관절을 최대 범위에서 굴곡하도록 하여 최대굴곡범위를 3회 측정하여 평균값을 계산하였다. 결정된 최대 굴곡값의 50%를 목표 지점으로 결정하였다. 연구대상자에게 인식된 50%의 위치까지 슬관절을 굴곡하도록 한 후에, 슬관절을 다시 신전하게 하였다. 이러한 측정을 3회 반복하여 각각의 실험 조건에서 슬관절 굴곡 목표 지점과 수행된 굴곡값의 차이를 오차값으로 정의하고, 3회 측정하여 평균값을 계산하였다.

그리고 연구대상자가 눈을 감은 상태에서도 같은 실험 조건으로 오차값을 3회 측정하여 평균값을 계산하였

다. 각 측정 간에는 10초 동안의 휴식시간을 제공하여 피로를 유발하지 않도록 하였다. 슬관절을 굴곡하였을 때 발뒤꿈치가 바닥에서 떨어지지 않도록 실험 전에 대상자를 교육하였다.

3. 분석방법

자료의 통계 처리는 상용 통계 프로그램인 윈도우용 SPSS Ver. 10.0을 사용하였다. 각 실험 조건에서 3회 반복하여 측정된 슬관절 굴곡 목표 지점과 수행된 굴곡값의 오차값의 평균을 비교하기 위해서 반복 측정된 이요인 분산분석(two-way ANOVA with repeated measures)을 실시하였다. 사후 검정방법으로 Bonferroni 검정을 사용하였으며, 통계학적 유의성을 검정하기 위한 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구는 한서대학교에 재학 중인 20대의 건강한 성인 남자 16명을 대상으로 실시하였으며, 연구대상자의 평균연령은 24.8세, 신장은 174.9 cm, 체중은 70.8 kg이었다(표 1).

표 1. 연구대상자의 일반적인 특성 (N=16)

연령(세)	신장(cm)	체중(kg)
24.8±2.18 ^a	174.9±2.79	70.8±7.04

^a평균±표준편차

표 2. 시각적 정보와 내측 췌기 인술 높이에 따른 오차값 평균의 반복 측정된 이요인 분산분석

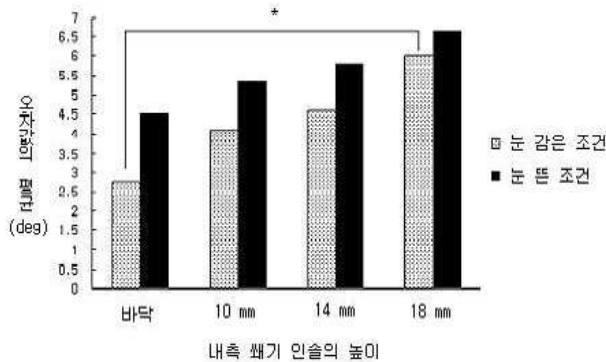
	평방향	자유도	평방향평균	F	p
시각적 정보 유무	47.07	1	47.07	6.69	.021
내측 췌기 인술 종류	121.96	3	40.65	4.54	.007
시각적 정보 유무 * 내측 췌기 인술 종류	5.11	3	1.70	.16	.920

1) BIOPAC System Inc., CA., U.S.A.

2) TSD 130B. BIOPAC System Inc., CA., U.S.A.

2. 시각적 정보와 내측 췌기 인솔 높이에 따른 오차값의 평균 비교

시각적 정보 입력이 가능한 눈을 뜬 조건에서 오차값이 유의하게 높았으며($p < .05$), 18mm 내측 췌기 인솔을 착용한 경우에 인솔 없이 측정한 값에 비해 오차값이 유의하게 높았다($p < .05$). 시각적 정보 유무와 내측 췌기 인솔 종류의 상호작용은 없었다($p > .05$)(표 2)(그림 2).



* $p < .05$

그림 1. 시각적 정보와 내측 췌기 인솔 높이에 따른 오차값의 평균 비교

IV. 고찰

신체 운동 기능은 근력 및 관절가동범위, 시각과 전정감각 및 고유수용성 감각으로부터의 감각 입력, 균형 능력, 상위중추의 기능 등을 포함한 여러 신체적 요소에 의해 영향을 받는다. 특히 고유수용성 감각은 관절 주변과 관절 내에 존재하는 기계적인 수용기로부터 입력되는 중요한 되먹임(feedback)의 요소로서 고유수용성 초기 반사(proprioception initiative reflex), 고유수용성 신장 반사(proprioception stretch reflex)를 통하여 신경-근 조절, 균형조절 그리고 관절의 안정성을 유지하는데 기여한다(Voight 등, 1996). 고유수용성 감각은 또한 과도한 움직임으로부터 신체를 보호하고 자세를 안정화시키며, 관절의 안정성, 근육의 활동성, 신체의 균형능력과 함께 신체의 기능 향상에 필요하다.

Pai 등(1997)은 고유수용성감각은 역동적인 활동 시 관절의 안정성을 유지하는데 중요하며 손상을 초래할 수 있는 움직임으로부터 관절을 보호하는 역할을 수행하고, 이러한 보호 및 안정화 기전의 손상으로 인하여

관절의 퇴행성 변화가 발생한다고 보고하였다. 또한 슬관절의 병변뿐만 아니라 고유수용성 감각의 손실과 저하 때문에 보행 변수에서 비정상적인 변화가 관찰된다고 보고되었다(Al-Zahrani와 Bakheit, 2002). Nyland 등(1994)은 하지 기능에 대한 피로의 영향에 대해 연구하여, 피로로 인하여 슬관절 굴곡근력과 신전근력이 감소하며, 근 수축 개시시간이 늦어지고, 하지의 손상이 증가할 수 있다고 하였다. Bennell 등(2003)은 고유수용성 감각의 변화는 장시간 앉거나 서기, 계단을 오르내리거나 쭈그리는 자세(squat), 무릎 꿇기(kneeling), 의자에서 일어서기 등과 같은 기능적인 독립 활동을 제한하여 개인의 삶의 질에 부정적인 영향을 미친다고 하였다.

Nigg 등(1999)은 인솔 재질의 특성은 신체 입력신호의 빈도와 크기에 영향을 주고, 감각계에 의해 영향을 받는다고 하였다. 또한, 주문 제작한 인솔뿐만 아니라 서로 다른 형태와 재질의 인솔 사용은 족궁의 높이, 발뒤꿈치의 해부학적 정렬, 발뒤꿈치와 전족의 탄력성에 영향을 주어 신발 착용 시 편안함을 증가시키며, 하지의 통증과 손상 발생률을 감소시킨다고 보고하였다. Toda 등(2004)은 외측 췌기 인솔을 거골하 스트랩과 함께 사용할 때 올린 높이가 16 mm인 인솔이 8 mm인 것보다 대퇴-경골 각도를 외반 수정하는데 더 효과적이지만, 올린 높이가 8 mm나 12 mm일 때보다 16 mm인 경우 요통이나 발바닥 통증과 같은 역효과가 흔하게 발생한다고 하였다. 본 연구에서 적용한 거골하 스트랩 적용 위치와 올려 제작한 인솔의 높이(8 mm, 12 mm, 16 mm)는 이전 Toda 등(2004)의 연구를 바탕으로 결정하였다. 그러나 이전의 Toda 등(2004), Keating 등(1993), 그리고 Tohyama 등(1991)의 연구는 외측 췌기 인솔을 슬관절염 환자에 적용한 것으로 정상인에게 내측 췌기 인솔을 적용한 본 연구의 방법과는 차이가 있었다. Bartlett와 Warren(2002)의 연구에서는 고유수용성 감각을 패드가 부착된 휴대용 전기측각기를 사용하여 앉은 상태 즉, 열린 사슬(open kinetic chain) 움직임 동안에 측정한 반면에 본 연구에서는 닫힌 사슬(close kinetic chain) 움직임을 비교하여 측정하였다.

본 연구 결과를 통해서 시각적 정보 유무와 내측 췌기 인솔의 높이차가 슬관절의 고유수용성 감각에 영향을 미침을 알 수 있었다. 20대의 정상 성인 남자 16명을 대상으로 눈을 떴을 때와 눈을 감았을 때 각각에서 8 mm, 12 mm 그리고 16 mm 올린 높이의 내측 췌기 인솔을 거골하 스트랩과 함께 무작위 순서로 적용하였을 때

바닥에서 인솔 없이 측정한 슬관절 굴곡 50% 목표 지점 오차 평균값과 16 mm 올려 제작한 인솔을 사용하여 측정한 목표 지점 오차 평균값 사이에서 유의한 차이를 나타냈다($p < .05$). 이는 Toda 등(2004)의 연구 결과와 일치한다.

본 연구에서 비록 유의한 차이는 없지만 인솔의 높이가 높아질수록 오차값의 평균이 증가함을 볼 수 있었다. 즉, 16 mm 올려 제작한 내측 췌기 인솔을 착용했을 때 발생한 관절변형과 체중 부하선의 변화 때문에, 그리고 이러한 변화를 보상하기 위한 주위 근육과 연부조직의 작용이 관절의 고유수용성 감각 불안정성을 초래하였다고 생각할 수 있다.

또한 시각적 정보 유무에 따라서 유의한 차이가 나타났다. 눈을 뜬 상태에서 오차값의 평균이 더 높았다. 실험 과정에서 관절의 위치를 시각적으로 확인하여 시각적인 되먹임(visual feedback)을 제공한 것이 아니고, 단지 정면을 바라보게 하여 시각적 정보만을 제공하는 실험적 조건이었다. 그렇기 때문에 눈을 감은 조건에서 실험에 참여하는 동안 오차값을 감소시키려는 정신적인 집중도가 증가하여 이러한 결과가 도출되었다고 생각할 수 있다. 향후 연구에서 정신적인 집중도에 따라 고유수용성 감각이 변화하는지에 대한 연구도 요구된다.

본 연구에서는 대상자의 연령 및 연구대상자수가 제한되었기 때문에 모든 연령 대에 일반화할 수 없는 제한점이 있다. 그러나 본 연구의 결과로 운동선수나 환자의 하지 재활 훈련 시 인솔이 요구되는 경우에 슬관절의 고유수용성 감각증진에 도움이 되는 적당한 인솔을 선택하고 적용하여야 한다는 것을 알 수 있었다.

향후에는 열린 사슬(open kinetic chain) 움직임과 닫힌 사슬(close kinetic chain) 움직임을 비교하여, 그리고 정신적인 집중도가 고유수용성 감각에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구가 진행되어야 한다고 생각한다. 점진적으로 유발되는 피로가 또한 다양한 연령층과 충분한 연구대상자를 설정하고 인솔을 대상자 발의 구조에 맞게 제작하여 인솔이 고유수용성 감각에 미치는 영향을 관찰하는 보다 객관적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 20대의 정상 성인 남자 16명을 대상으로

눈을 떴을 때와 눈을 감았을 때 각각에서 10 mm, 14 mm 그리고 18 mm 높이의 내측 췌기 인솔을 거골하 스트랩과 함께 무작위 순서로 적용하여 슬관절의 고유수용성 감각에 미치는 영향을 조사하였다. 시각적 정보 입력이 가능한 눈을 뜬 조건에서 오차값이 유의하게 높았으며 ($p < .05$), 18 mm 내측 췌기 인솔을 착용한 경우에 인솔 없이 측정한 값에 비해 오차값이 유의하게 높았다 ($p < .05$). 시각적 정보 유무와 내측 췌기 인솔 종류의 상호작용은 없었다($p > .05$).

위의 결과로 보아 하지 운동에 있어서 시각적 정보 유무와 내측 췌기 인솔의 높이에 따라 고유수용성 감각이 영향을 받게 되므로 향후 내측 췌기 인솔 착용자의 하지의 재활 훈련에서 이러한 영향이 충분히 고려되어야 할 것으로 생각된다.

인용문헌

- 김장환, 박윤서, 송준찬 외. 의지·보조기학. (주)탑메디오피아. 2004;295-306.
- Al-Zahrani KS, Bakheit AM. A study of the gait characteristics of patients with chronic osteoarthritis of the knee. *Disabil Rehabil.* 2002;24(5):275-280.
- Bartlett MJ, Warren PJ. Effect of warming up on knee proprioception before sporting activity. *Br J Sports Med.* 2002;36:132-134.
- Bennell KL, Hinman RS, Metcalf BR, et al. Relationship of knee joint proprioception to pain and disability in individuals with knee osteoarthritis. *J Orthop Res.* 2003;21:792-797.
- Crenshaw SJ, Pollo FE, Calton EF. Effects of lateral-wedged insoles on kinetics at the knee. *Clin Orthop.* 2000;375:185-192.
- Hassan BS, Mockett S, Doherty M. Influence of elastic bandage on knee pain, proprioception, and postural sway in subjects with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis.* 2002;61:24-28.
- 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, et al. Use of lateral heel and sole wedges in the treatment of medial osteoarthritis of the knee. *Orthop Rev.* 1993;22:921-924.
- Koralewicz LM, Engh GA. Comparison of proprioception in arthritic and age-matched normal knees. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82-A(11):1582-1588.
- Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Physical Rehabilitation.* Mosby. 2002;469-471.
- Nigg BM, Nurse MA, Stefanyshyn DJ. Shoe inserts and orthotics for sport and physical activities. *Med Sci Sport Exerc.* 1999;31:421-428.
- Nyland JA, Shapiro R, Stine RL, et al. Relationship of fatigue run and rapid stop to ground reaction forces, lower extremity kinematics, and muscle activation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;20(3):132-137.
- Pai YC, Rymer WZ, Chang RW, et al. Effect of age and osteoarthritis on knee proprioception. *Arthritis Rheum.* 1997;40(12):2260-2265.
- Sasaki T, Yasuda K. Clinical evaluation of the treatment of osteoarthritic knees using a newly designed wedged insole. *Clin Orthop.* 1987;221:181-187.
- Toda Y, Segal N, Kato A, et al. Correlation between body composition and efficacy of lateral wedged insoles for medial compartment osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol.* 2002;29:541-545.
- Toda Y, Tsukimura N, Kato A. The effects of different elevations of laterally wedged insoles with subtalar strapping on medial compartment osteoarthritis of the knee. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85:673-677.
- Tohyama H, Yasuda K, Kaneda K. Treatment of osteoarthritis of the knee with heel wedges. *Int Orthop.* 1991;15:31-33.
- Voight ML, Hardin JA, Blackburn TA, et al. The effects of muscle fatigue on and the relationship of arm dominance to shoulder proprioception. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;23:348-352.