



Hard Ground용 축구화와 Soft Ground용 축구화의 운동역학적 비교

Biomechanical Comparison of HG(hard ground) Soccer Footwear and SG(soft ground) Soccer Footwear

진영완* (동의대학교) · 신제민(상명대학교)

Jin, Young-Wan* (Donggeui University) · Shin, Je-Min(Sangmyung University)

ABSTRACT

Y. W. JIN, J. M. SHIN, Biomechanical Comparison of HG Soccer Footwear and SG Soccer Footwear. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 16, No. 2, pp. 75-83, 2006. The Purpose of this study was to compare the biomechanical difference of two soccer footwear, which will provide scientific data to coaches and players, to further prevent injuries and to improve each players skills.

The result of this study can be summarized after testing the two types of soccer footwear with comparative transforming heel angles and also with a pressure distribution in running. When a player's foot first touched the ground, the average difference of in/eversion was between 1.2 and 3.1 degrees for the two soccer shoes. In regards to maximum inversion and eversion of foot, maximum tibial rotation, and maximum and total movement of foot, the condition of barefoot and the two soccer shoes showed a small difference from 1.5 to 3.5 degrees and the difference among the subjects of study wasn't constant. In regards to maximum velocity of inversion and eversion running in one's bare feet showed much lower inversion velocity in comparison to putting on two types of soccer shoes and comparison of the average. Among some of the subjects, after putting on the two types of soccer shoes exceeded 97°/s in maximum velocity of eversion. In the maximum braking impulse($t=2.774$, $p<.05$) and propulsive impulse for antero-posterior direction, there was a statistically significant difference between the two soccer footwear at running. In the maximum braking force($t=3.270$, $p<.05$) and propulsive force($t=4.956$, $p<.05$) for antero-posterior direction, there was a statistically significant difference between the two soccer footwear at running.

KEYWORDS: BIOMECHANICS, HG SOCCER FOOTWEAR, SG SOCCER FOOTWEAR

I. 서론

축구화에도 첨단과학이 숨어있다. 2004년 3월 17일 올림픽 아시아 예선 A조 이란과의 경기를 준비하던 중 테헤란 아지드경기장은 때 아닌 폭설이 내리고 경기 당일에는 비가 많이 내려 미끄럽고 잔디도 발목까지 빠질 만큼 길어서 공도 잘 구르지 않는다는 판단 하에 대한축구협회에 급히 축구화를 교체해줄 것을 요청하였다. 대한축구협회는 “징의 길이가 평상시보다 길고 징의 개수가 많은 것을 급히 공급하였다.”는 기사가 있는 뒤 당일 경기에서 멋지게 1승을 차지하게 되었다. 축구화 바닥에 숨어 있는 과학의 승리였다(조선일보, 2004). 지난해 6월 8일 2006독일월드컵 아시아지역 최종예선 5차전 북한원정을 앞두고 일본축구협회는 경기가 펼쳐질 구장의 인조잔디에 대비한 축구화 개발에 나섰다. 지난 6월 12일 일본 스포츠 넛폰에 따르면 일본 축구협회는 공식후원사인 아디다스사와 함께 인조잔디가 깔려있는 경기장에 대비한 선수용 축구화를 개발하기로 하여 아디다스사는 지난 3월 30일에 펼쳐진 북한-이란전에 개발팀을 파견해 인조잔디의 상태를 점검한 결과 일본에서 사용되는 인조잔디보다 고무조각이 많고 딱딱한 상태인 것으로 알려졌다. 이에 따라 아디다스는 15개의 스테드가 달린 축구화를 나키무라,산토스, 미야모토 등 대표팀 선수들에게 나눠줘 테스트에 들어갔으며 경우에 따라 새로운 축구화를 개발하기로 하였다(연합뉴스, 2005). 축구화는 징 박힌 축구화가 보편화되면서 HG(hard ground), SG(soft ground) 그리고 FG(firm ground)잔디 상태에 따라 징의 개수와 길이가 다른 축구화를 신고 있다. 우리가 축구화를 구입할 때 보게 되는 SG, HG, FG등은 한 계절 사계절용으로 구분되는 것이 아니라 계절에 상관없이 오로지 잔디가 심어져 있는 땅의 강도(이것은 강수량과 관계있음, 건조도)와 잔디의 길이에 의해 구분되어 지는 것이다. SG 모델은 스파이크 기능이 가장 강하도록 징의 길이가 앞쪽이 13mm 뒤쪽이 16mm를 사용하고 비가 오거나 눈이 온 경우에는 앞 위 모두 16mm를 사용하기도 한다. FG모델은 딱딱한 땅일 경우 징의 수가 적은 경우 급격한 방향전환 시나 가속력이 필요한 경우 등에 발목이

빠거나 접질릴 위험이 있으므로 지면과 발의 접촉부위를 넓혀서 발의 안정성을 확보하기 위해 지면을 지지하는 징의 수(12개)가 많고 징의 길이가 짧은 것(10mm)을 사용하게 된다. HG경우는 아주 강수량이 적어서 잔디가 심어진 땅이 매우 건조하고 극도로 땅이 딱딱하며 잔디의 길이도 극히 짧은 경우에 8mm이하가 사용된다(조선일보, 2002). 이와 같이 축구화를 만들어 내는 회사들은 첨단과학을 동원하여 각각의 목적에 맞는 신발들을 만들어 내고 있다. 신발의 연구를 위해서 가장 일반적으로 사용하는 연구방법은 지면반력(ground reaction force, GRF) 연구이다. 지면반력은 인간의 신체에 작용하는 가장 일반적인 힘이다. 1970년대 이래 인간의 가장 기본적인 움직임 즉, 걷기와 달리기 동작에서 외력의 양을 측정하기 위해서 많은 연구자들이 사용하였다. 지면반력은 세 가지 힘벡터 요소와 세 가지 모멘트 요소로 구성되어있다. 세 가지 힘벡터는 수직요소(vertical component), 전후방향 요소(antero-posterior, A/P) 그리고 좌우방향 요소(medio-lateral, M/L)이다. 모멘트는 세가지 축(axis)에 의해 나타내어진다. 힘과 모멘트의 값은 중심압력(center of pressure, COP)과 자유모멘트(free moment)를 계산할 때 사용된다. 1991년에 Holden과 Cavanagh는 세 가지 모멘트를 가지고 발의 회전 마찰력과 발의 회내(pronation), 회외(supination)를 설명하였다. Nigg(1987)는 육상선수의 신발을 평가할 때 임팩트 피크는 중요한 변인이고, 발 앞쪽으로 달리는 사람(forefoot striker)은 일반적으로 임팩트 피크가 나타나지 않는다고 발표하였다. 이러한 임팩트피크에 영향을 주는 요소는 신발의 중창경도와 달리기 형태라고 알려져 있다. 액티브 피크는 지면접촉 후 중간단계인 100-250ms 사이에 일반적으로 나타난다고 보고 하였다. Torg et al(1974)은 연구결과에서 신발과 바닥면에서 발생하는 마찰력은 예를 들어 축구경기에서 방향을 전환할 때 무릎관절을 중심으로 근육이나 건 등이 존재하지 않는다면 관절은 그 기능을 상실하게 될 것이며 이러한 내적 부하는 각 관절을 중심으로 근육과 건이나 인대 등에 부담을 주게 되어 상해를 유발시킬 수 있다는 것이다. 즉 인체 내부에서는 근육과 건 등을 통하여 동작에 대한 저항으로써 자세를 유지하기 위한 작용이 일어나게 된다는 것이다. Andreasson et

al(1986)은 무릎이나 발목에서 상해는 갑작스러운 정지 동작이나 방향전환과 관련되어 빈번히 발생한다고 밝힌 연구에서 경기장표면과 신발사이에서의 마찰력의 특성으로 인해 하지관절에 상해를 입게 된다고 밝혔고 회전 마찰력의 증가는 회전 토크(torque)량의 증가와 유사하다고 설명하였으며 회전 토크는 실제 경기상황에서 상해의 원인과 밀접한 관계가 있다고 연구결과를 발표하였다. Arendt & Dick(1995)은 신발과 지면과의 상호관계에서 마찰계수가 높은 것이 비접촉성 ACL (anterior cruciate ligament: 무릎십자인대)의 상해 원인이 된다고 밝혔다. 이러한 외력의 연구 결과 얻어진 정보들은 축구화 뿐 만 아니라 스포츠신발 발전에 많이 응용되어 왔다. 이기광(2004)은 트레이드밀 달리기시 신발내부의 부하 연구에서 가장 높은 피크 압력과 피크 부하율은 뒤꿈치의 중앙과 내측 전족부에서 발생하였으며 족궁 부위의 부하는 작은 것으로 나타났다. 이중숙(2004)은 축구화 스타드의 형태변화에 따른 회전마찰력(rotational friction) 연구에서 회전마찰력을 지면반력기의 수직축을 중심으로 발생하는 모멘트를 통하여 계산하여 각기 다른 스타드 형태의 회전마찰력은 다르게 나타났다고 보고 하였다.

2006년 독일 월드컵을 앞두고 전 세계의 이목이 축구에 쏠려 있다. 각 구장들의 잔디 상태들이 각기 다르기 때문에 선수들은 여러 조건의 축구화를 준비하고 있다. 이와 더불어 축구화를 만들어 내는 회사들은 첨단 과학을 동원하여 각각의 목적에 맞는 신발들을 만들어 내고 있다. 최근에 우리 나라 축구장들은 인조잔디, 천연잔디의 건설로 인하여 축구를 즐기는 동호인들이 많이 늘어나고 있으며, 축구를 즐기는 대부분의 소비자들은 각각의 구장에 알맞은 축구화를 신어 부상을 예방하고 경기력을 향상 시켜야 할 것이다. 그리하여 이미 만들어진 축구화중 HG용 축구화와 SG용 축구화를 운동역학적으로 비교분석하여 그 차이를 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자 및 실험

본 연구의 대상자는 A대학 축구선수들로서 미드필드선수 8명을 대상으로 하였으며, 그들의 특성은 키 $177.75 \pm 3.15\text{cm}$, 체중 $75.79 \pm 2.11\text{kg}$, 경력 $11.88 \pm 0.78\text{년}$, 나이 $21.50 \pm 0.87\text{세}$ 였다. 축구화종류는 Adidas사의 TRX HG와 TRX SG를 착용하였다. 본 연구는 HG용 축구화와 SG용 축구화로 달리기($6.2 \pm 0.21\text{m/sec}$) 동작에서 지면반력 측정기를 사용하여 지지발의 축구화에 대한 지면반력분석을 그리고 영상분석방법을 통하여 후족각의 변화를 비교 분석하였다. 촬영을 위하여 LocamII 16mm 고속 카메라 2대를 동작 수행 지역을 지난 지점에서 광학축(optical axis)이 서로 직교되도록 설치하였고, 칼리브레이션 프레임은 6개의 통제점을 가진 ($0.5 \times 0.5 \times 0.5\text{m}^3$) 3차원 좌표측정대를 사용하였다. 지면반력기(force platform)는 Kistler사의 제품으로 콘크리트바닥에 심어져 있었다. 실험절차는 HG용 축구화와 SG용 축구화를 착용한 상태와 맨발에서의 힐-토(heel-toe) 달리를 하여 영상분석과 지면반력 분석을 하였다. 이때 카메라의 촬영속도는 100frames/s 로 설정하였다. 3차원 좌표의 측정은 맨발, HG용 축구화 착용, 그리고 SG용 축구화를 착용하고 진행되었다.

각 대상자들의 인체분절의 해부학적 경계점은 Nigg(1986)가 사용한 신발과 하퇴의 표식점 그리고 3차원 관성좌표계(inertial reference)를 사용하였다. 촬영된 영상을 수치화 하는 과정에서 올 수 있는 오차를 최소



(HG 축구화)

(SG 축구화)

그림 1. HG 축구화와 SG 축구화

화하기 위해서 표식점(landmark)을 각 피험자의 하퇴와 축구화의 후면에 부착하였다. 특히, 발목관절의 위치 확인과 지면반력기에서 미끄러짐을 방지하기 위해서 맨발에 축구화를 착용하게 하였다. 실험에 앞서 대상자들은 실제 경기에 들어가기 전에 워밍업을 하는 것 같이 실제로 충분한 워밍업을 하고 나서, 맨발과 두 가지 축구화 착용후 달리기 속도 6.2m/sec 의 속도로 지면반력기에서 달리를 하였다. 각각 3번씩 하게 하여 연구에 합당한 자료를 선택하였다. 피험자가 달리는 방향을 Fy축, 좌우방향을 Fx로 하고, 지면에 대하여 수직 방향을 Fz축으로 하였다. 사용된 프로그램은 Reinschmidt (1996)가 사용한 KineMAT(MATLAB™)의 한 종류로 쓰여진 프로그램과 같은 프로그램이었다. 이 프로그램은 3차원마크 위치를 좌표하고 상대적인 분절들의 움직임을 계산하기 위해서 사용되었다. 맨발로 서 있는 자세를 종골과 경골의 분절이 고정된 좌표시스템으로 정의한 중립의 위치로 사용하였다(Reinschmidt 등 1996). 내/외번과 경골회전 변인정의는 Reinschmidt (1996)와 Alex Stacoff (2000)의 연구에서와 같이 정의하였다. 변인들은 달리기시 지면에 최초접촉(touchdown)과 중간단계(midstance)사이에서 연구되었다. 최초 접촉시(β_0, ρ_0) 내면위치는 최초접촉전의 10frame전부터 연구되었다. 과도한 외번(β_{max} , Δp_{max})은 바깥쪽으로 휘어지는 아킬레스건으로 정의되었다. 경골이 안쪽으로 스트레스를 받는 신드롬과 밀접한 관계를 가지고 있고, 과도한 경골회전(Δp_{max})은 슬개골과 심지어 대퇴골변화에도 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다.

2. 통계 처리

지면반력분석 결과처리는 SPSSWIN 10.0 통계 package를 사용하여 t-test로 검정하였고, 후속각 변화 결과 처리는 같은 통계프로그램을 이용하여 일원분산 분석(One-way ANOVA)으로 통계 처리한 후, Tukey's Honestly Significant Difference의 방법으로 사후검증(post hoc test)하였다.

III. 결과 및 논의

1. 운동학적 변인

1) 후속각 분석

변인들은 달리기시 지면에 최초접촉(touchdown)과 중간단계(midstance)사이에서 연구되었다. 최초 접촉시(β_0, ρ_0) 내면위치는 최초접촉전의 10frame전부터 연구되었다. 과도한 외번(β_{max} , Δp_{max})은 바깥쪽으로 휘어지는 아킬레스건으로 정의되었다. 경골이 안쪽으로 스트레스를 받는 신드롬과 밀접한 관계를 가지고 있고, 과도한 경골회전(Δp_{max})은 슬개골과 심지어 대퇴골변화에도 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다. 모든 대상자들은 외번과 안쪽으로 경골회전은 지면에 발 접촉(touchdown)순간부터 중간단계(midstance)까지 일어나고, 내번과 바깥쪽으로 경골회전은 중간단계부터 발이 땅으로부터 떨어지는(take-off) 순간까지 일어나고 있었다. <그림 2>는 두 가지 축구화에서 나타나는 대표적인 사람의 그림이다. 달리기시(6.2m/sec) 두 가지 축구화 사이에서 지면에 접촉하고 있는 동안 종골 외번과 전체안쪽으로 경골회전에서 대상자 각각의 차이들은 약 0.9°정도로 미세한 차이를 보였다. 연구된 변인들에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 평균의 비교에서는 맨발, HG용 축구화, SG용 축구화에서 상당한 차이를 보여주고 있다. 발이 최초 지면에 접촉순간(touchdown)에 종골 위치는 대부분 내번(-3.6±0.8, -2.1±0.5)의 위치에 있었다. 맨발의 달리기시에는 두 가지 축구화를 착용하고 달리를 할 때와 평균의 비교에서 내번이 적게 나타나는 것으로 보여졌다. 지면 접촉시에 경골의 위치는 대상자들에 따라 내번하는 사람과 외번하는 사람으로 각각 다르게 나타났다. 두 가지 축구화의 평균차이는 1.2~3.1°사이였고, 대상자들에 따라 1.7~6.5°사이의 차이를 보였다. 발이 지면에 접촉하는 순간에 일어난 위의 결과들은 Alex Stacoff 등(2000)의 맨발과 변형신발 달리기시에 경골과 종골의 운동학적 연구와 비슷한 결과를 보여주고 있다. 발의 최대 내·외번, 최대경골회전 그리고 발의 전체 움직임(maximum and total movement)은 맨발과 두 가지 축

구화의 조건사이에서 차이는 1.3~ 3.5°사이로 작게 나타났고, 대상자들 사이에서도 일정하게 나타나지 않았다. 맨발 외번의 합은 두 가지 축구화 조건에서 외번의 합과 매우 비슷하게 나타났다. 왜냐하면 서서히 증가된 최대 외번은 최초지면에 접촉시에 더욱더 작은 내번에 의해 보상되어졌기 때문이다.

안쪽으로 경골회전의 차이는 적게 나타났고, 1.3~ 3.5°사이로 대상자들 사이에서 차이를 보였다. 이러한 결과는 Alex Stacoff 등(2000)의 맨발과 여러 신발을 착용한 상태에서 종골과 경골의 운동학적 차이의 연구(1~7°)와는 차이를 보여주었다. 내·외번의 최대속도(maximum velocity)는 맨발 달리기는 두 가지 축구화 착용후 달리기시와 평균의 비교에서는 더욱더 낮은 외번 속도를 보여주었다. HG용 축구화와 SG용 축구화 비교에서는 HG용(95.45 deg/sec)이 SG용(70.32deg/sec)보다 외번 속도가 더욱 크게 나타났다.

몇몇 대상자들 사이에서 두 가지 축구화의 착용 후 최대 외번 속도가 97°/s를 초과할 때도 있었다. 여러 연구자들(Alex Stacoff. 2000; Reinschmidt 등. 1997; Bates 등. 1978)이 밝힌 연구결과들과 같이 맨발, HG용 축구화 착용 후, 그리고 SG용 축구화 착용 후 외번과 내측으로 경골의 회전은 큰 순으로 HG용 축구화, SG용 축구화, 맨발 순으로 나타났다. 이러한 결과는 테이블에서 보는 바와 같이 외번과 경골회전은 차이가 있는 것으로 나타났다. 맨발과 두 가지 축구화의 달리기시 발의 외번은 많은 차이를 보여주지 않았으나, 선행연구(Bates 등. 1978; Alex Stacoff 등. 2000; Vagenas and Hoshizaki. 1992)에 의하면 피부에 마크를 부착한 것과 신발에 마크를 부착한 연구에서는 상당한 차이가 나타나는 것으로 밝혀졌다. 두 가지 축구화착용 후 달리기시 종골 외번에서 차이는 아주 작게 나타났고, 맨발과의 비교에서도 아주 작게 나타났다. HG용과 SG용 신발사이에서 최대 외번 속도 또한 많은 차이를 보여주지 않고 있다. 이것 또한 Alex Stacoff 등(2000)의 연구에서는 바닥이 등근 신발과 변형된 신발의 연구에서도 많은 차이를 보여주지 않은 결과와 같이 나타났다. 일반적으로 두 가지 축구화에서 달리기동안에 뼈의 움직임은 많은 차이를 타나내지 않고 있다는 선행연구들과 결과가 일치하는 것으로 나타났다. 두 종류 축구화는 맨발과 비교하여 본 연구의 변인들에서는 상대적으로 많은 차이를 보여주지 않고 있다.

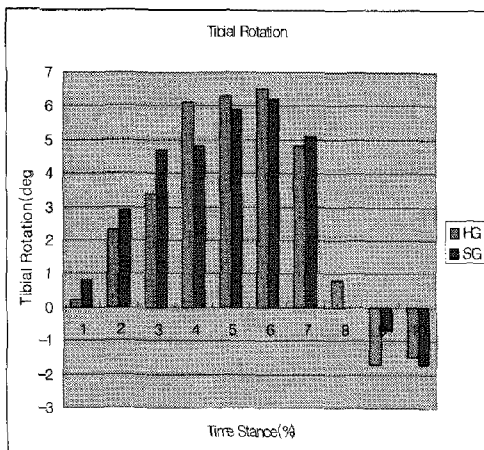
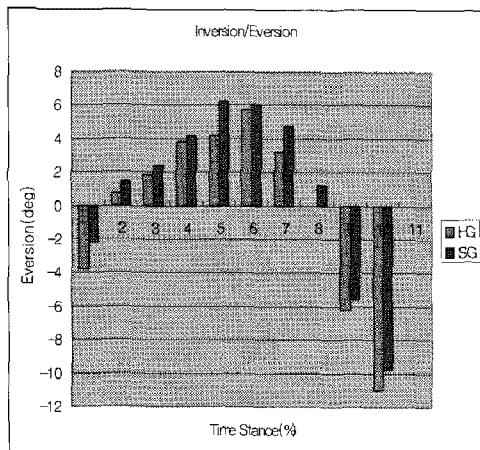


그림 2 내·외번 및 경골회전 변화

2. 지면반력 분석

공격수가 공을 드리블 하면서 빠르게 치고 들어가는 동작을 감안하여 100m와 같이 6.2±0.21m/sec로 드리블 하게 한 후 운동역학적인 변인을 비교한 결과는 다음과 같다. 두 가지 축구화에서 최대 전·후방향 감속력(-248.91N, -209.95N, t=2.854)은 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.05). 전·후 방향 가속력(31.99N, 60.80N, t=3.752) 또한 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.05). 이러한 결과는 축구 경기에서 대부분 걷고, 달리고, 점프하는 동작들로 구성되어 있어서 실제 경기에서 순간적으로 동작을 멈추고, 멈춘 동작을 빠르게 움직일 때 축구화 종류별로 차이가 나타나는 것으로 생각된다.

표 1. 경골의 회전변화

Variable	Condition	Range(범위)				Mean	SD
		Smallest		Largest			
$\beta_0(\text{deg})$	맨발	2.28	± 0.84	-4.51	± 0.72	-0.42	± 1.20
	HG용 축구화	3.57	± 1.21	-2.51	± 1.07	-0.58	± 2.05
	SG용 축구화	3.31	± 1.54	-2.81	± 1.12	-0.62	± 1.53
$\beta_{\text{max}}(\text{deg})$	맨발	1.79	± 0.78	8.20	± 1.32	5.23	± 1.79
	HG용 축구화	1.94	± 0.89	8.57	± 1.28	4.31	± 1.94
	SG용 축구화	2.17	± 1.24	8.72	± 1.06	4.79	± 2.27
$\Delta\beta_{\text{max}}(\text{deg})$	맨발	3.18	± 1.24	7.51	± 2.06	4.94	± 1.43
	HG용 축구화	3.02	± 0.85	7.64	± 2.31	4.71	± 1.32
	SG용 축구화	3.69	± 0.96	7.29	± 2.17	4.83	± 1.21
$\beta_{\text{max}}(\text{deg/s})$	맨발	65.18	± 25.29	105.27	± 10.79	86.29	± 18.94
	HG용 축구화	45.29	± 24.38	89.67	± 11.78	75.36	± 15.75
	SG용 축구화	47.97	± 25.31	96.99	± 10.67	79.52	± 17.347

표 2. 경골과 종골의 내·외번 변화

Variable	Condition	Range(범위)				Mean	SD
		Smallest		Largest			
$\beta_0(\text{deg})$	맨발	-0.79	± 0.86	-7.24	± 0.80	-3.63	± 3.53
	HG용 축구화	-1.48	± 0.93	-10.89	± 1.24	-5.16	± 4.36
	SG용 축구화	-1.19	± 0.91	-11.23	± 1.87	5.69	± 4.95
$\beta_{\text{max}}(\text{deg})$	맨발	0.58	± 0.98	6.81	± 0.69	3.98	± 2.88
	HG용 축구화	0.51	± 0.92	6.84	± 0.77	3.21	± 2.89
	SG용 축구화	0.30	± 1.02	7.63	± 0.89	3.85	± 2.79
$\Delta\beta_{\text{max}}(\text{deg})$	맨발	4.85	± 1.51	8.90	± 1.21	6.75	± 2.21
	HG용 축구화	5.31	± 0.71	10.34	± 1.73	8.13	± 2.85
	SG용 축구화	5.53	± 1.46	10.54	± 2.55	7.88	± 2.64
$\beta_{\text{max}}(\text{deg/s})$	맨발	85.55	± 14.78	152.29	± 30.12	128.29	± 23.46
	HG용 축구화	95.75	± 21.31	170.72	± 25.20	142.29	± 28.51
	SG용 축구화	77.70	± 21.48	190.89	± 20.29	135.0	± 49.74

표 3. 달리기 동작의 지면반력 분석

Variable	HG용 축구화		SG용 축구화		t
	Mean	SD	Mean	SD	
Max AP force					
Max AP braking force (N)	-248.91 (-0.33)	50.32	-209.95 (-0.28)	42.74	2.854*
Max AP propulsive force (N)	31.99 (0.04)	12.55	60.80 (0.08)	22.02	3.752*
Antero-posterior impulse (N·s)					
braking impulse	-19.90	4.92	-11.54	-3.11	4.245*
propulsive impulse	4.75	1.93	8.85	3.34	5.214*
total impulse	-15.15	2.99	-2.69	0.23	2.294
GRFz max					
GRFz max (N)	2095.40 (2.76)	432.67	1920.88 (2.53)	498.52	0.174
GRFz max time (ms)	85	25	84	31	0.017

이러한 결과는 Nigg(1987)의 조깅화 연구에서 신발을 평가할 때 감속력과 가속력은 중요한 변인이고, 감속력은 신발의 중창 경도와 달리기 형태에 따라 많은 차이를 보인다고 밝혔고, 가속력은 발의 지지기 동안 달리는 사람의 무게 중심의 속도와 관계가 있다고 밝혔다. Cavanagh & LaFortune(1980)은 감속력과 가속력은 발뒤꿈치로부터 앞쪽으로 60-80% 신발부분에서 일어난다고 밝혔다. 전후방향의 연구에서는 감속 충격력과 가속 충격력에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 ($p < 0.05$). HG용 축구화(감속: $-19.90\text{N}\cdot\text{s}$, 가속: $4.75\text{N}\cdot\text{s}$), SG용 축구화(감속: $-11.54\text{N}\cdot\text{s}$, 가속: $8.85\text{N}\cdot\text{s}$)의 차이는 빠르게 움직이는 상황에서 상당한 차이를 나타내고 있다. Areblad (1990)은 Urethane, elastomer, polyester, EVA의 지면반력 분석을 통해 충격 흡수제인 중저 설계시 정도뿐만 아니라 구조도 중요하다고 보고하였다.

최대 수직력 비교에서는 통계적으로 유의한 차이 ($t=0.174$)는 나타나지 않았으나, 평균의 비교에서 HG용 축구화(2095.40N)가 SG용의 축구화(1920.88N)보다 큰 값을 보이고 있다. 이러한 결과는 견기와 가벼운 달리기 결과와 거의 일치하는 결과로서 HG용 축구화의 특징인 빠른 방향 전환과 순간 스피드를 낼 때 지면을 더욱 더 힘차게 밟는 것으로 생각된다.

IV. 결 론

후측각 분석

1. 발이 지면에 최초 접촉시 두 가지 축구화의 평균차이는 $1.2\sim 3.1^\circ$ 사이였고, 대상자들에 따라 $1.7\sim 6.5^\circ$ 사이의 차이를 보였다.
2. 발의 최대 내·외번, 최대 경골회전 그리고 발의 전체 움직임(Maximum and total movement) : 맨발과 두 가지 축구화의 조건사이에서 차이는 $1.3\sim 3.5^\circ$ 사이로 작게 나타났고, 대상자들 사이에서 일정하게 나타나지 않았다.
3. 안쪽으로 경골회전의 차이는 적게 나타났고, $1\sim 3.5^\circ$ 사이로 대상자들 사이에서 차이를 보였다.
4. 내·외번의 최대속도(Maximum Velocity) : 맨발 달리는 두 가지 축구화 착용 후 달리기시와 평균의 비교에서는 더욱더 낮은 외번 속도를 보여주었다. 공격수용 축구화와 수비수용 축구화 비교에서는 HG용(95.45 deg/sec)이 SG용(70.32 deg/sec) 보다 외번 속도가 더욱 크게 나타났다. 몇몇 대상자들 사이에서 두 가지 축구화의 착용 후 최대 외번 속도가 $97^\circ/\text{s}$ 를 초과할 때도 있었다.

달리기 동작의 지면반력(6.2±0.21 m/sec)

1. 두 가지 축구화에서 최대 전·후방향 감속력 (-248.91N, -209.95N, $t=2.854$)은 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<.05$). 전·후 방향 가속력 (31.99N, 60.80N, $t=3.752$) 또한 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<.05$).
2. 전후방향 충격력의 연구에서는 감속 충격력과 가속 충격력에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<.05$). HG용 축구화(감속:-19.90N·s, 가속:4.75N·s), SG용 축구화(감속:-11.54N·s, 가속:8.85N·s)의 차이는 빠르게 움직이는 상황에서 상당한 차이를 나타내고 있다.
3. 최대 수직력 비교에서는 통계적으로 유의한 차이 ($t=0.174$)는 나타나지 않았으나, 평균의 비교에서 HG용 축구화(2095.40N)가 SG용의 축구화(1920.88N)보다 큰 값을 보이고 있다. 본 연구의 목적은 HG용 축구화와 SG용 축구화를 착용한 후 달리기시 경골과 종골의 움직임의 차이를 알아보기 위하여 기준이 되는 맨발시에 경골과 종골의 움직임을 서로 비교하였다. 여러 연구자들 (Alex Stacoff, 2000; Reinschmidt 등, 1997; Bates 등, 1978)이 밝힌 연구결과들과 같이 맨발, HG용 축구화 착용 후, 그리고 SG용 축구화 착용 후 외변과 내측으로 경골의 회전은 큰 순으로 HG용 축구화, SG용 축구화, 맨발 순으로 나타났다. 이러한 결과는 테이블에서 보는 바와 같이 외변과 경골 회전은 차이가 있는 것으로 나타났다. 맨발과 두 가지 축구화 달리기시 발의 외변은 많은 차이를 보여주지 않았으나, 선행연구(Bates 등, 1978; Alex Stacoff 등, 1991; Vagenas and Hoshizaki, 1992)에 의하면 피부에 마크를 부착한 것과 신발에 마크를 부착한 연구에서는 상당한 차이가 나타나는 것으로 밝혀졌다. 두 신발 착용 후 달리기시 종골 외변에서 차이는 아주 작게 나타났다고, 맨발과의 비교에서 아주 작게 나타났다. HG용과 SG용 신발사이에서 최대 외변 속도 또한 많은 차이를 보여주지 않고 있다. 이것 또한 Alex Stacoff 등(2000)의 연구에서는 바닥이 등근

신발과 변형된 신발의 연구에서도 많은 차이를 보여주지 않은 결과와 같이 나타났다. 일반적으로 두 가지 축구화에서 달리기 동안에 뼈의 움직임은 많은 차이를 나타내지 않고 있다는 선행연구들과 결과는 일치하는 것으로 나타났다.

두 종류 축구화는 맨발과 비교하여 본 연구의 변인들에서는 상대적으로 많은 차이를 보여주지 않고 있다. 신발의 연구에서 근육활동 변화에 대한 연구, 미세한 운동학적 변화들에 영향을 주는 다음과 같은 요소들이 더욱 더 고려되어 연구되어야 할 것이다. 그러므로 두 종류 신발연구에서 근육활동과 과도한 내/외변에 의해 상해와 연관되어져 있는 근섬유들에 대한 연구가 더욱 더 자세하게 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 연합뉴스(2005, 5)
 조선일보(2004, 3)
 이기광(2004). 트레이드밀 달리기시 신발 내부의 부하에 관한연구. 한국운동역학회지. 제14권 제2호. pp. 105-119.
 이중숙(2004). 축구화 스테드의 형태변화에 따른 회전마찰력. 한국운동역학회지. 제14권 제2호. pp.121-138.
 Alex Stacoff, A., Reinschmidt, C., Nigg, B.M., van den Bogert, A.J., Lundberg, A., & Stussi, E.(2000). Effects of foot orthoses on skeletal motion during running. *Clinical Biomechanics* 15, 54-64
 Andreasson, G., Lindenberger, U., Renstrom, P., & Peterson, L.(1986). Torque developed at simulated sliding between sport shoes and an artificial turf. *American Journal of Sports Medicine*, 14: 225-230
 Areblad, M., Nigg, B.M., Ekstand, J., Olisson, K.O., Ekstrom, H.(1990). Three-dimensional measurement of rearfoot motion during running. *Journal of Biomechanics* 23, 933-940.

- Arendt, E., & Dick, R.(1995). Knee injury patterns among men and women in collegigate basketball and soccer. *American Journal of Sports Medicine*, 23:694-701
- Bates, B.T., Osterning, L.R., Mason, B., James, S.L.,(1978). Lower extremity function during the support phase of running. In: Asmussen, E., Jorgensen, K.(Eds.), *Biomechanics VI-B*. University Park, Baltimore, pp.30-39.
- Cavanagh, P.R., Lafortune, M.A.(1980). Ground reaction forces in distance running. *J Biomech*, 13:397-406.
- Holden, J. P., & Cavanagh, P. R.(1991). The free moment of ground reaction in distance running and its changes with pronation. *J. of Biomechanics*. 24(10): 887-97
- Nigg, B.M.(1986). *Biomechanics of Running Shoes*, Human Kinetics Publishers, Illinois, pp.41-61.
- Nike Sport Research Review.(1989). Common running injuries, Mar/Apr.
- Nigg B.M., Morlock, M.,(1987). The influence of lateral heel flare of running shoes on pronation and impact forces. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(3):294-302.
- Reinschmidt, C.(1996). Three-dimensional tibio-calcaneal and tibiofemoral kinematics during human locomotion-measured with external and bone markers. Ph.D. Thesis, The University of Calgary
- Torg, J. S., Quedenfeld, T. C., & Landau, S. (1974). The effect of ambient temperature on the shoe-surf interface release coefficient. *American Journal of Sports Medicine*, 24:79-82
- Vagenas, G., & Hoshizaki, B.(1992). A multivariable analysis of lower extremity kinematic asymmetry in running. *Journal of Sports Biomechanics* 8, 11-29.

투 고 일 : 04월 30일

심 사 일 : 05월 15일

심사완료일 : 05월 30일