



## 축구화의 운동역학적 특성연구 Biomechanical Research of Soccer Footwear

진영완\* (동의대학교)

Jin, Young-Wan\* (Donggeui University)

### ABSTRACT

Y. W. JIN, Biomechanical Research of Soccer Footwear. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 15, No. 2, pp.31-39, 2005. The Purpose of this study was to reveal the biomechanical difference of two soccer footwear(soft ground footwear and hard ground footwear). Secondly, the purpose of this study was to clarify how each type of soccer footwear effects soccer players, which will provide scientific data to coaches and players, to further prevent injuries and to improve each players capacity.

The result of comparative analysis of two soccer footwear can be summarized as below.

The comparison of the very first braking force at walking found distinctive factors in the statistical data( $t=3.092$ ,  $p<.05$ ). Braking impulse of two difference footwear showed distinctive factors in the statistical data( $t=2.542$ ,  $p<.05$ ). In comparing GRFz max(N), the result showed a statistically significant difference in the two soccer footwear at running( $t=2.784$ ,  $p<.05$ ). 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. Significant differences were not found in moment(rotational friction) with two difference soccer footwear(moment max;  $t=2.231$ , moment min;  $t=1.784$ ).

KEYWORDS: SOCCER FOOTWEAR, BRAKING IMPULSE, PROPULSIVE IMPULSE, MOMENT, ROTATIONAL FRICTION

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

52개의 뼈와 60개의 관절이 미세하게 얽혀있는 발, 그 발을 감싸는 신발은 보통 사람들에게 편안함과 아름다움만 충족시키면 그만이다. 하지만 운

동선수들에게 신발은 운동능력과 부상방지를 위한 중요한 수단이자 경쟁무기다. 신발에서부터 승부가 시작된다고 해도 과언이 아니다. 때문에 전 세계의 수천, 수만 명의 신발공학자들은 기록 단축과 기량 극대화를 위한 '꿈의 신발' 개발을 향해 지금도 밤을 지새우고 있다. 첨단과학의 접목 또한 축구 종목에도 예외는 아니다. 축구화에도 첨단과학이 숨

어 있다. 1954년 아디다슬러가 징(stud)이 달린 축구화를 개발하여 독일이 스위스 월드컵대회에서 우승하여 이때부터 완전히 새로운 개념의 축구화는 선풍적인 인기를 끌었고 징은 축구화의 필수품이자 상징이 되었다. 초기에 징은 앞쪽에 4개 뒤쪽에 2개로 6개로 제작되었으나 그동안 스포츠과학의 꾸준한 발달로 인하여 축구선수들의 동작에 대한 분석과 연구를 토대로 징의 위치와 개수, 모양 등이 개선되어 요즘 프로선수들의 경우 자신의 발모양이나 운동습관에 따라 징의 위치와 개수, 모양 등이 개선되었다. 또한 축구화는 선수들이 공격수냐, 수비수냐 또는 잔디 상태에 따라 징의 개수와 길이가 다른 축구화를 신고 있다(국제신문, 2002). 우리가 축구화를 구입할 때 보게 되는 SG(soft ground), HG(hard ground), FG(firm ground) 등은 한계 절 사계절용으로 구분되는 것이 아니라 계절에 상관없이 오로지 잔디가 심어져 있는 땅의 강도(강수량, 건조도와 관계있음)와 잔디의 길이에 의해 구분되어지는 것이다. 땅이 무르고 잔디가 길게 깎아져 있을수록 미끄러지지 않기 위해서는 징(stud)이 깊이 박혀야한다. 따라서 SG 모델이 스파이크 기능이 가장 강하도록 징의 길이가 앞쪽이 13mm 뒤쪽이 16mm 사용하고 비가 오거나 눈이 온 경우에는 앞뒤 모두 16mm를 사용한다. 또한 잔디는 짧게 깎였지만 운동장이 무른 경우 10mm용 징을 사용한다. 이에 비해 FG 모델은 좀 딱딱한 땅에 사용하는 축구화를 말한다. 딱딱한 땅일 경우 징의 수가 적으면 급격한 방향전환이나 가속력이 필요한 경우에 발목이 삐거나 접질릴 위험이 있으므로 지면과 발의 접촉부위를 넓혀서 발의 안정성을 확보하기 위해 지면을 지지하는 스파이크의 수 즉, 징의 수가 많고 징의 길이가 짧은 것을 사용하게 된다. 따라서 징의 수가 SG 보다 두 배나 많은 12개 이상이며 징의 길이는 앞쪽이 약 10mm 정도로 SG용 징 보다 길이가 짧다. HG의 경우 Hard Ground 즉, 아주 강수량이 적어서 잔디가 심어진 땅이 매우 건조하고 극도로 땅이 딱딱하며 잔디의 길이도 극히 짧은 경우에 사용된다. 딱딱한 땅에 맞도록 징의 마모율이 적어야 되며 징의 길이는 8mm 이

하이다. 이와 함께 축구화의 경량화도 함께 진행되었다. 축구선수가 90분간 10km 내외를 다려야 하므로 가벼운 축구화는 그만큼 체력 소모를 줄여준다. 방수소재와 합성가죽 등 신소재의 개발로 98년 프랑스대회서 245g 이던 축구화가 최근에는 200g 이하인 신발도 등장하였다. 그러나 대부분의 유명 메이커들의 축구화는 서구 유럽인들에게 맞는 신발로 개발하여 출시하고 있다(동아과학, 2002).

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 세가지 힘벡터요소와 세가지 모멘트 요소로 구성되어있다. 세가지 힘벡터는 수직요소(vertical component), 전후방향요소(antero-posterior, A/P) 그리고 좌우방향요소(medio-lateral, M/L)이다. 모멘트는 세가지 축(axes)에 의해 나타내어진다. 힘과 모멘트의 값은 중심압력(center of pressure, COP)과 자유모멘트(free moment)를 계산할 때 사용된다. Bates 등(1983)은 보행 동안 신발의 기능을 평가하기 위해서 지면반력 세가지 힘을 연구하였다. Cavanagh 와 Lafortune(1980)은 육상신발을 평가하기 위해서 중심압력(COP)의 움직임 형태를 조사하였다. Holden과 Cavanagh(1991)는 세가지 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 임팩트 피크에 영향을 주는 요소는 신발의 중량경도와 달리기 형태라고 알려져 있다. 액티브 피크는 지면접촉 후 중간단계인 100-250ms 사이에 일반적으로 나타난다고 보고 하였다. 이기광(2004)은 트레이드밀 달리기시 신발내부의 부하 연구에서 가장 높은 피크 압력과 피크 부하율은 뒤꿈치의 중앙과 내

측 전족부에서 발생하였으며 족궁 부위의 부하는 작은 것으로 나타났다. 이중숙(2004)은 축구화 스테드의 형태변화에 따른 회전마찰력(rotational friction) 연구에서 지면반력기의 수직축을 중심으로 발생하는 모멘트 값을 통해 다른 스테드 형태에 따라 회전마찰력이 다르게 나타났다고 보고 하였다. Torg et al.(1974)은 축구경기에서 방향을 전환할 때 신발과 바닥면에서 발생하는 마찰력에 의해 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 정지동작이나 방향전환과 관련되어 빈번히 발생한다고 보고 하였다. 그들은 경기장표면과 신발사이에서의 마찰력의 특성으로 인해 하지관절에 상해를 입게 된다고 밝혔으며, 회전마찰력의 증가와 밀접한 관계를 가진 회전 토크(torque)량의 증가는 실제 경기상황에서 상해의 원인과 밀접한 관계가 있다고 보고 하였다. 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 뿐만 아니라 스포츠 신발 발전에 많이 응용되어 왔다.

2002년 월드컵 이후 우리나라 축구인구도 많이 늘어났으며 환경 또한 잔디를 많이 이용하고 있다. 이와 같이 축구화를 만들어 내는 회사들은 첨단과학을 동원하여 각각의 목적에 맞는 신발들을 만들어내고 있다. 이 SG용 신발과 HG용 신발을 운동역학적으로 비교분석하여 과학적인 원리를 찾아내어 올바른 정보를 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

본 연구는 SG용 축구화와 HG용 축구화를 착용한 후 10년 이상의 경력을 가진 남자대학생선수 8명을 대상으로 하였으며, 8명 모두 한 번은 SG용 신발을 또 다른 한번은 HG용 신발을 신고 실험하였다. 몸무게는 평균  $72 \pm 4.71\text{kg}$ 이었고, 신장은  $178 \pm 6.25\text{cm}$ 였다. 모두 오른발을 포스플랫폼에 착지하게 하여 분석하였다. 걷기의 평균속도는  $1.40 \pm 0.17\text{m/sec}$ 였고, 달리기의 평균속도는  $4.50 \pm 0.31\text{m/sec}$ 였다.  $90^\circ$  방향전환의 경우 일반적으로 선수들이 조깅속도로 달리는 경우와 같은 속도로 달리게 한 후 측정한 속도는  $4.02 \pm 0.54\text{m/sec}$ 로, 오른발로 포스플랫폼을 밟은 후 왼쪽으로 빠른 속도로  $90^\circ$  방향 전환을 하였다. 실험에 사용된 장비는 AMTI 포스플랫폼(500Hz)으로 지면과 수평으로 콘크리트바닥에 심어져 있었으며 지면반력기 위에는 필드 터프(field turf) 인조잔디가 깔려있었다.  $F_x$ 는 좌우방향 수평력(horizontal force)으로,  $F_y$ 는 전후방향 수평력으로,  $F_z$ 는 수직력(vertical force)으로 오른쪽 발에 작용하는 힘으로 분석하였다. 또한 지면반력기의 수직축을 중심으로 발생하는 모멘트(rotational friction, free moment of rotation)를 통하여 계산하였다. 모멘트의 계산은 다음(Zatsiorsky, 2002) 공식을 사용하였다.

$$M_z = -F_x P_y (\text{moment of force } F \text{ about the platform center}) + F_y P_x (\text{moment of force } F \text{ about the platform center}) + M_{cz} (\text{free moment about axis } Z)$$

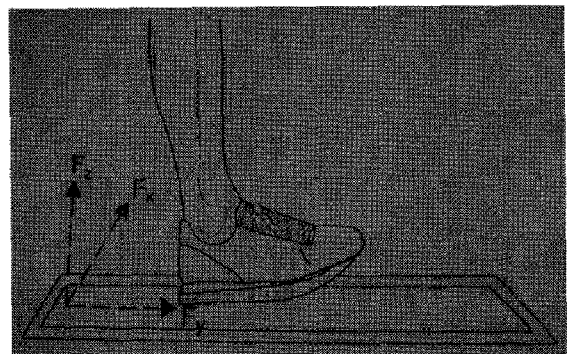


그림 1. 지지발의 지면반력 측정

본 연구에서 실험의 결과처리는 SPSS WIN 10.0 통계 Package를 이용하여 t-test로 검정하였다.

### III. 결과 및 논의

분석된 변인은 전후방향으로 작용하는 최대 힘(max anterior/posterior force), 전후방향 충격력(anterior/posterior impulse) 그리고 최대 첫 번째 피크와 두 번째 피크 수직력(max first & second peak vertical force; GRFz max)을 알아보았다.

#### 1. 걷기 동작의 지면반력분석

걷기와 다리기 동작에서는 수직 피크는 최초 임팩트 피크(impact peak)와 두 개의 능동적인 힘 피크(active peak)가 나타난다. 능동적인 힘의 첫 번째는 감속(braking)과 관계가 있고 미세하게 나타나는 두 번째 피크는 가속(propulsive)과 관계가 있다. 발뒤꿈치가 지면에 최초 접촉시에 전방(anterior)으로 밀기 때문에 지면반력기로부터 반작용력은 힘의 방향을 뒤쪽방향(posterior)으로 나타난다. 두 번째는 발 앞쪽이 뒤쪽으로 밀기 때문에 지면반력기는 반작용력을 나타내어 힘의 방향은 앞쪽으로 나타난다. <표 1>에서 최대 수직력 비교에서는 두 가지 축구화(1328.15N, 1374.35N)에서 통계적으로 유의한 차이( $t=1.954$ )는 나타나지 않았으나, HG의 축구화에서 최대 수직력의 평균값이 큰 것으로 나타났다. 가속(propulsive)과 관계된 두 번째 피크에서도 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(1236.39N, 1265.91N,  $t=1.752$ ). 전·후 방향의 감속 충격량(braking impulse) 비교에서는 가속 충격량(propulsive impulse) 그리고 충격량 합(total impulse)을 알아보았다. 걷기 동작에서 SG축구화(-9.210N·s)와 HG 축구화(-15.230N·s)의 감속 충격력은 통계적으로 유의한 차이( $t=2.542$ )를 보였다. 가속 충격력의 비교에서는 두 조건에서 통계적으로 유의한 차이(26.45N·s,

23.77N·s,  $t=1.794$ )가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 앞서 전후방향 최대 힘의 비교에서와 같이 SG용 축구화와 HG용 축구화 특성으로 파악된다. Adrian & Cooper(1995)는 발뒤꿈치가 지면으로부터 떨어지고 난 후 수직력은 다시 체중의 120%까지 상승하고, 발이 지면으로부터 떨어지면 0(zero)으로 감소하게 된다. 지면으로부터 발뒤꿈치(heel)가 떨어지고 난 후부터 발가락(toe) 끝이 떨어지기까지는 신체의 약 20%의 가속력(propulsive force)이 발생하며, 발은 뒤꿈치가 닿는 동안에는 지면 안쪽(medially)으로 누르고, 무릎이 굴곡 하는 동안에는 바깥쪽(laterally)으로 누른다고 밝혔다. 최초 감속력 비교(-184.79N, -235.25N,  $t=3.092$ )에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 가속력(188.22N, 169.34N,  $t=1.704$ )은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p<.05$ ). 이러한 결과는 축구화의 장(stud)의 수 차이에 따른 것으로 그라운드 차이에 따른 순발력과 회전력이 필요하기 때문에 두 환경에 알맞은 감속능력과 가속능력을 위해서 제작된 것으로 생각된다. Adrian & Cooper(1995)는 수평력과 수직력은 걷기 동안 신체가 지면에 접촉할 때 쓰여지는 힘만큼의 동일한 힘이 반대방향으로 쓰여지며, 전방으로 작용하는 힘(anterior force)은 걷기 동안 최초 발뒤꿈치가 닿을 때 지면에 쓰여지는 힘이고, 반작용력인 후방으로 작용하는 힘(posterior force)은 신체의 전방 운동량을 제어하게 되는데 이것은 대체로 체중의 약 20%정도라고 밝혔다. 최초 발뒤꿈치가 지면에 닿기 시작할 때 수직력은 체중의 120%까지 증가하게 되고, 발접촉후 중간단계(mid stance)에서 수직력은 체중의 80%정도로 감소하게 된다.(Adrian & Cooper, 1995).

#### 2. 달리기 동작의 지면반력 분석

달리기(running)비교에서는 일반적으로 축구선수들이 볼을 차고 달리는 것을 간주하여 4.5m/sec의 속도(Asami & Nolte, 1983)로 달렸다.

축구화의 달리기 동작의 일반적인 지면반력 형태

와 결과는<그림 2>와 <표 2>에서와 같다. 두 가지 축구화에서 최대 수직력을 나타내는 첫 번째 피크 비교에서는 두 가지 축구화에서 통계적으로 유의한 차이(1646N, 1852N,  $t=2.784$ )가 나타났다. 이

것은 HG용 그라운드에 맞게 제작된 축구화가 더욱 더 최대 수직력이 크게 나타난 것은 선수들의 부상과 직결되는 문제로 생각할 수 있다. 가속과 관계

표 1. 걸기 동작의 지면반력 분석

Variable	SG		HG		t	
	Mean	SD	Mean	SD		
GRFz First peak	GRFz max(N)	1328.15	320.53	1374.35	307.20	1.954
	GRFz max time(ms)	650	60	654	94	
GRFz Second peak	GRFz max(N)	1236.39	298.38	1265.91	282.96	1.752
	GRFz max time(ms)	1000	92	1004	144	
Antero-posterior impulse(N·s)	braking impulse	-30.39	6.46	-39.18	17.10	2.542*
	propulsive impulse	26.45	5.60	23.77	8.54	1.794
	total impulse	-3.94	2.53	-15.41	49.65	
Max AP force	braking force(N)	-184.79	45.80	-235.25	72.46	3.092*
	propulsive force(N)	188.22	50.25	169.34	37.17	0.704

\* $p<.05$ ,  $df=7$ ,  $t=2.365$

표 2. 달리기 동작의 지면반력 분석

Variable	SG		HG		t	
	Mean	SD	Mean	SD		
GRFz First peak	GRFz max(N)	1646.65	389.07	1852.70	525.99	2.784*
	GRFz max time(ms)	136	61	80	36	2.187
GRFz Second peak	GRFz max(N)	2.88	0.68	2.90	0.82	0.087
	GRFz max time(ms)	450	201	470	211	
Antero-posterior impulse(N·s)	braking impulse	-11.72	-3.57	-15.07	-3.82	2.774*
	propulsive impulse	15.22	6.08	7.07	3.99	2.871*
	total impulse	3.51	0.93	-8.00	-1.71	
Max AP force	braking force(N)	-151.06	28.57	-229.94	43.51	3.270*
	propulsive force(N)	149.22	57.25	48.05	18.03	4.956*

\* $p<.05$ ,  $df=7$ ,  $t=2.365$

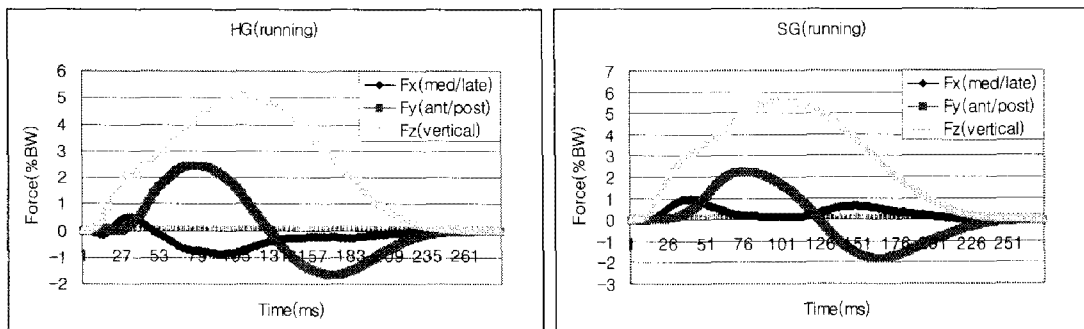


그림 2. SG와 HG의 달리기시 일반적 지면반력 형태

된 두 번째 피크에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(2.88N, 2.90N,  $t=0.087$ ). Kermond & Konz(1978)는 풋볼(football)의 펀트 킥(punt kick)연구에서는  $F_2$ 는 1329N(체중의 비율 : 1.57)으로 나타났다. 여기서 이들은 공의 거리와 달리기 속도와는 지면반력이 반대의 관계에 있다고 설명하고 있다. 즉 공을 멀리 보내기 위해서는 지지다리가 지면을 미는 힘의 양을 적게 해야 한다는 것이다. 달리기 동작에서도 빠른 속도를 내기 위해서는 지지발이 오랫동안 지면에 접촉하면 안되고 지면을 미는 힘의 양을 적게 해야 한다는 것이다.

최대 수직력이 발생하는 시간의 연구에서는 통계적으로 유의한 차이( $t=2.187$ )가 나타나지 않았으나, 평균의 비교에서는 HG용축구화(80ms)가 최대 수직력에 도달하는 시간이 SG용축구화(136ms)보다 빨리 도달하는 것으로 나타났다. 이것은 선수들이 두 가지 축구화를 착용한 후 무의식적으로 나타나는 동작으로 스타드가 많은 축구화의 마찰력의 결과로 생각된다. 최대 충격력의 비교에서는 감속 충격력의 비교에서 두 가지 축구화(-11.72N·s, -15.07N·s)에서 통계적으로 유의한 차이( $t=2.774$ )가 나타났다. 가속 충격량에서는 두 가지 축구화(15.22N·s, 7.07N·s,  $t=2.871$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 일반적으로 가벼운 달리기에서는 감속 충격력과 가속 충격력 또한 신발의 종류별 차이에 따른 결과에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며(Nigg, 1987), 빠르게 움직이는 상황에서는 상당한 차이를 나타내고 있다. Nigg & Bahlsen(1988)의 연구에서도 가장 연질의 중저 조건에서 달리기시에 가장 큰 충격력(2.03BW)이 발생한 것으로 나타났다. 전·후 방향 감속력(braking force)은 통계적으로 유의한 차이를 나타내고 있다(-151.06N, -229.94N,  $t=3.270$ ). HG용 축구화가 SG용 축구화보다 순간적으로 정지하는 능력이 큰 것으로 나타났다. 두 가지 축구화에서 가속력(propulsive force)의 비교는 통계적으로 유의한 차이(149.22N, 48.05N,  $t=4.956$ )를 나타내고 있다. 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. 이러한 결과는 Nigg(1987)의 조강화 연구에서 신발을 평가할 때 감속력과 가속력은 중요한 변인이고, 감속력은 신발의 중창 정도와 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. 또한 축구화를 신고 조강과 같은 달리기(2m/sec)를 할 때는 첫 번째 감속력과 관계된 능동적인 힘(active force)과 두 번째 가속력과 관계된 능동적인 힘은 거의 비슷한 값으로 나타난다고 밝혔다(Nigg, 1987).

### 3. 달리기 동작후 90도 좌회전 동작시 모멘트 (회전마찰력) 분석

〈표 3〉과 〈그림 3〉은 모멘트에 관련된 결과와 그림이다. 모멘트는 지면반력기에서 수직축을 중심으로 발생된 모멘트를 통하여 계산하였다. 일반적으로 과도한 모멘트는 지지다리의 상해의 원인이 된다고 밝혀져 있고, 지지다리의 최초 70% 지지시 동안 발의 외전(abduction)에 저항하는 모멘트 즉 회전 마찰력으로 작용한다고 밝히고 있다(Zatsiorsky, 2002). 회전마찰력을 나타내는 모멘트는 〈표 3〉에서와 같다. 최대 모멘트는 두 가지 축구화에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나(2.2Nm, 1.78Nm,  $t=2.231$ ), SG용 축구화의 모멘트가 큰 것으로 나타났다. 이것은 스타드의 수가 많고 딱딱한 그라운드에서 축구하는 선수들에게 있어서 항상 발목 위험의 부상이 있다는 것으로 생각된다. 최소 모멘트는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만 (-2.1Nm, -2.5Nm,  $t=1.782$ ), SG용 축구화에서 더 작게 나타났다(절대값을 나타냄). 이것은 최대모멘트와 상관이 있는 것으로 설명할 수 있다.

이중숙(2004)은 여러 종류의 신발들을 사용하여 최대회전마찰력과 최소회전마찰력을 비교한 연구에

표 3. 90도 좌회전 동작시 모멘트(회전마찰력)분석

Variable	SG		HG		t
	Mean	SD	Mean	SD	
Moment max(Nm)	2.2	0.51	1.78	0.39	2.231
Moment min(Nm)	-2.1	0.47	-2.5	0.68	1.782

\*p<.05, df=7, t=2.365

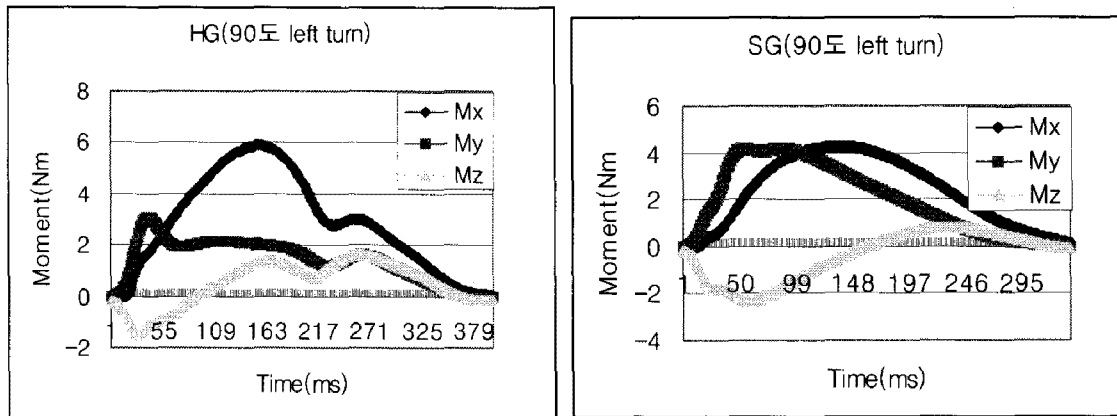


그림 3. 90도 회전시 모멘트의 일반적 그림

서 최대회전 마찰력은 normalized time의 17% 지점에서 나타났으며, 실험동작중 지면반력기위에서 회전력을 일으키는 순간 준비동작에서 나타나는 회전력에서는 대상자들의 보행특성이나 신체적특성에 따라 회전력이 달라질 수 있다고 판단하였으며, 최소 회전 마찰력은 대상자들의 보행특성이나 신체적 특성에 따라 회전마찰력이 달라질 수 있다고 밝혔다. Torg et al(1974)은 축구화의 스테드 형태에 따라 부상의 빈도가 다르게 나타난다고 밝힌 연구에서 스테드의 높이가 3/8인치이고 개수가 14개인 축구화가 스테드의 높이는 동일하고, 스테드의 개수가 7개인 축구화 보다 상해의 가능성을 낮게 나타냈었다고 밝히고 있다. 이것은 본 연구와는 상반되는 내용으로 보다 정확한 데이터의 비교가 있어야 될 것으로 생각된다. Torg et al(1974)은 연구결과에서 신발과 바닥면에서 발생하는 마찰력은 예를 들어 축구경기에서 방향을 전환할 때 무릎 관절을 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 정지동작이나 방향전환과 관련되어 빈번히 발생한다고 밝힌 연구에서 경기장표면과 신발사이에서의 마찰력의 특성으로 인해 하지관절에 상해를 입게 된다고 밝혔고 회전마찰력의 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: 무릎 십자인대)의 상해 원인이 된다고 밝혔다.

#### IV. 결 론

본 연구는 SG용 축구화와 HG용 축구화를 착용하고 지면반력기위에서 걷기, 달리기, 90도 방향전환을 하면서 얻은 결론은 다음과 같다.

걷기 동작에서 최대 수직력 비교는 두 가지 축구

화(1328.15N, 1374.35N)에서 통계적으로 유의한 차이( $t=1.954$ )는 나타나지 않았으나, HG의 축구화에서 최대 수직력의 평균값이 큰 것으로 나타났다. 가속(propulsive)과 관계된 두 번째 피크에서도 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(1236.39N, 1265.91N,  $t=1.752$ ). 전·후 방향의 감속 충격력(braking impulse) 비교에서는 가속 충격력(propulsive impulse) 그리고 충격량합(total impulse)을 알아보았다. 걷기 동작에서 SG축구화(-9.210N·s)와 HG 축구화(-15.230N·s)의 감속 충격력은 통계적으로 유의한 차이( $t=2.542$ )를 보였다. 가속 충격력의 비교에서는 두 조건에서 통계적으로 유의한 차이(26.45N·s, 23.77N·s,  $t=1.794$ )가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 앞서 전후방향 최대 힘의 비교에서와 같이 SG용 축구화와 HG용 축구화 특성으로 파악된다. 달리기 동작에서 지면반력 비교는 최대 수직력을 나타내는 첫 번째 피크 비교에서는 두 가지 축구화에서 통계적으로 유의한 차이(1646N, 1852N,  $t=2.784$ )가 나타났다. 이것은 HG용 그라운드에 맞게 제작된 축구화가 더욱더 최대 수직력이 크게 나타난 것은 선수들의 부상과 직결되는 문제로 생각할 수 있다. 가속과 관계된 두 번째 피크에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(2.88N, 2.90N,  $t=0.087$ ). 최대 수직력이 발생하는 시간의 연구에서는 통계적으로 유의한 차이( $t=2.187$ )가 나타나지 않았으나, 평균의 비교에서는 SG용축구화(136ms)가 최대 수직력에 도달하는 시간이 HG용축구화(80ms)보다 빨리 도달하는 것으로 나타났다. 이것은 선수들이 두 가지 축구화를 착용한 후 무의식적으로 나타나는 동작으로 간주된다. 최대 충격력의 비교에서는 감속 충격력의 비교에서 두 가지 축구화(-11.72N·s, -15.07N·s)에서 통계적으로 유의한 차이( $t=2.774$ )가 나타났다. 가속 충격량에서는 두 가지 축구화(15.22N·s, 7.07N·s,  $t=2.871$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 전·후 방향 감속력(braking force)은 통계적으로 유의한 차이를 나타내고 있다(-151.06N, -229.94N,  $t=3.270$ ). SG용 축구화가HG용 축구

화보다 순간적으로 정지하는 능력이 큰 것으로 나타났다. 두 가지 축구화에서 가속력(propulsive force)의 비교는 통계적으로 유의한 차이(149.22N, 48.05N,  $t=4.956$ )를 나타내고 있다. 90도 좌회전 동작시 모멘트 분석에서는 최대 모멘트는 두 가지 축구화에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나(2.2Nm, 1.78Nm,  $t=2.231$ ), SG용 축구화의 모멘트가 큰 것으로 나타났다. 이것은 스티드의 수가 많고 딱딱한 그라운드에서 축구하는 선수들에게 있어서 항상 발목 위험의 부상이 있다는 것으로 생각된다. 최소 모멘트는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만 (-2.1Nm, -2.5Nm,  $t=1.782$ ), SG용 축구화에서 더 작게 나타났다(절대값을 나타냄). 이것은 최대모멘트와 상관이 있는 것으로 설명할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- 국제신문(2002, 02, 20). 축구와 과학  
 동아과학(2002, 03, 05). 축구화의 비밀  
 이기광(2004). 트레이드밀 달리기시 신발 내부의 부하에 관한 연구. 한국운동역학회지. 제14권 제2호. pp. 105-119.  
 이중숙(2004). 축구화 스티드의 형태변화에 따른 회전마찰력. 한국운동역학회지. 제14권 제2호. pp.121-138.  
 Adrian, M. J., & Cooper, J. M.(1995). *Biomechanics of human movement*(2nd ed.). Dubuque, IA:Brown & Benchmark  
 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 measure men to rearfoot motion during running*. *Journa 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  
 Asami, T. & Nolte, V.(1983). Analysis of powerful ball kicking. *Biomechanics VIII-B*.  
 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
- Kermond, J. & Konz, S.(1978). *Support leg loading in punt kicking.* Research Quarterly, 49(1):71-79.
- Luethi, S.M., Nigg, B.M., Bahlsen & Stokes, S.(1987). *The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running.* Journal of Biomechanics 20:951-959
- 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.
- Nigg B.M. and Bahlsen, H.A., Luethi, S.M., Stokes, S.(1987). *The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running.* J Biomech, 20:951-959.
- Nigg B.M. and Bahlsen, H.A.(1988). *Influence of heel flare and mid sole construction on pronation, supination and impact force for heel toe running.* International Journal of Sport Biomechanics, 5:205-219.
- Reinschmidt, C.(1996). *Three-dimensional tibiocalcaneal and tibiofemora kinematics during human locomotion-measured with external and bone markers.* Ph.D. Thesis, The University of Calgary
- 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.
- Torg, J. S., Quedenfeld, T. C., & Landau, S. (1974). The effect of ambient temperature on the shoe-surface 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.
- Zatsiorsky(2002). Kinetics of Human Motion. Human Kinetics, pp. 40.

투 고 일 : 04월 30일  
 심 사 일 : 05월 10일  
 심사완료일 : 06월 01일