



## 남녀 주행 시 수직 지면반력 및 착지 각도에 미치는 신발 중저 정도의 영향

### Influence of Midsole Hardness on Vertical Ground Reaction Force and Heel Strike Angle during Men's and Women's Running

이용구 · 김윤혁\*(경희대학교)

Lee, Yong-Ku · Kim, Yoon-Hyuk\*(Kyunghee University)

#### 국문요약

주행 중 인체는 발과 지면 사이의 반복적인 충격력을 경험한다. 충격력은 하지의 부상, 편안함 그리고 주행 능력과 높은 연관성이 있다. 이에 신발 메이커들은 하지의 부상을 줄이고 편안함을 향상시키며 주행 능력을 개선하기 위하여 다양한 특성의 중저를 가진 신발을 개발하여 왔다. 본 연구의 목적은 남녀 주행 시 수직 지면반력 및 착지 각도에 미치는 신발 중저 정도의 영향을 조사하는 것이다. 이를 위하여 전문 주자 남녀 각각 다섯 명이 본 실험에 참여하여 연질, 중질, 경질의 운동화를 순차적으로 신고 동일한 속도로 주행하도록 하였다. 결론적으로 성별과는 무관하게 최대 수직 지면반력, 충격력 정점, 디딤 시간은 신발 중저의 정도의 영향을 주지 못하였다. 하지만 중저가 경질이 될수록 부하 시간은 감소하고 부하율은 증가하였다. 이때 남성 참여자가 중저의 변화에 대하여 큰 차이를 보이지 않은 반면 여성 참여자는 상대적으로 더 민감한 반응을 보였다. 저자들은 본 연구의 결과가 향후 성별에 특화된 신발의 적절한 중저 정도를 결정하기 위한 가이드라인을 제공하는데 적용되기를 기대하는 바이다.

#### ABSTRACT

Y. K. LEE, and Y. H. KIM, Influence of Midsole Hardness on Vertical Ground Reaction Force and Heel Strike Angle during Men's and Women's Running. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 19, No. 2, pp. 379-386, 2009. During running, the human body experiences repeated impact force between the foot and the ground. The impact force is highly associated with injury of the lower extremity, comfort and running performance. Therefore, shoemakers have developed shoes with various midsole properties to prevent the injury of lower extremity, improve the comfort and enhance the running performance. The purpose of this study is to investigate the influence of midsole hardness on vertical ground force and heel strike angle during men's and women's running. Five male and five female expert runners consented to participate in the study and ran at a constant speed with three different pairs of shoes with soft, medium and hard midsole respectively. In conclusion, regardless of gender, there was no significant difference among three shoes in maximum vertical ground reaction force, impact force peak and stance time. However, the loading time decreased and the loading rate increased as the midsole became harder. Female subjects showed more sensitive reaction with respect to the midsole hardness, while male subjects showed subtle difference. The authors expect to apply this results for providing a guideline for utilizing proper midsole hardness of gender-specific shoe.

KEYWORDS : MIDSOLE HARDNESS, GENDER EFFECT, IMPACT FORCE, HEEL STRIKE ANGLE

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2007-357-E00015)과 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구(R01-2008-000-20352-0)의 결과임.

\*Corresponding Author : 김윤혁

경기 용인시 기흥구 경희대학교 국제캠퍼스 공과대학 기계공학과

Tel : 031-201-2028 / Fax : 031-202-8106

E-mail : yoonhkim@khu.ac.kr

## I. 서론

주행(running)은 보행(walking)과 함께 인간의 가장 원초적인 운동 중의 하나로서 대부분의 다른 운동의 기본 동작이 된다. 기본 동작으로서의 주행뿐만 아니라 최근에는 건전한 여가와 건강한 생활을 위한 방법으로 달리기 자체에 대한 관심이 높아지고 있다. 마라톤온라인(marathon.pe.kr)의 자료에 의하면 2008년에 전국적으로 400회 이상의 크고 작은 달리기 대회가 개최되었고 국내 마라톤 인구는 약 300만 명으로 추정된다. 이처럼 큰 사회적 관심과 함께 주행의 부작용에 대한 논의가 이루어지고 있다.

세계적인 달리기 전문잡지인 러너스월드(www.runnersworld.com)의 조사에 따르면 당시 조사한 대상의 남성 주자의 75%와 여성 주자의 80%가 최소한 일시적으로 달리기를 중단해야 할 정도로 심한 부상을 한 번 이상 경험했고 그들 중 절반 이상이 전문적인 치료를 받아야 했다. 육상전수의 부상부위의 관한 이경옥과 이영숙(1999)의 연구에서 발의 근육, 건 그리고 관절 순으로 상해가 많다고 보고하고 있다. 또한 잘못된 주행이나 부적절한 바닥, 신발 등의 외부 요인으로 인하여 하지(lower extremity)에 부상이나 만성적인 질환이 발생할 수 있음이 보고되었다(Hreljac, 2004). 이러한 달리기와 관련한 부상과 질환을 예방하고 바닥과 신발 개발에 활용할 수 있는 기초 연구가 주행 분석이다. 주행 분석의 역사는 1900년대 초 사진 기술의 발달로 Edward Muybridge와 같은 선구자에 의해 육안으로는 식별이 어려운 말과 인체의 연속 동작을 필름 카메라로 촬영함으로써 처음 시작되었다. 본격적인 인체 운동의 분석은 1970년대 비디오카메라의 발달에 의해 가능하였고 주로 Parkinson 질환과 같은 인체의 뇌신경 질환과 연관된 연구가 이루어졌다(Hoehn & Yahr, 1967; Knuttson, 1972; Murray, Sepic, Gardner & Downs, 1978; Webster, 1968). 이후 1980년부터는 정형외과와 관련된 주행 분석에 관한 기초 연구가 활발하게 이루어지기 시작하여 오늘날에 이르고 있다(Brinkmann, Frobin & Hierholzer, 1981; Kelman, Biden, Wyatt, Ritter & Colwell, 1989; Skinner & Effeney, 1985).

달리기 과정에서 인체의 발과 바닥 사이에서 반복적인 충격력(impact force)이 발생하게 된다(Cavanagh & Lafortune, 1980). 그러한 충격력은 부상 및 만성질환, 편안함 그리고 운동 수행능력과 관련이 있다고 알려져 왔다(Milgrom et al., 1985; Simon, 1972; Voloshin & Wosk, 1982). 이때 운동 표면(sports surface) 또는 신발 중저(midsole)의 경도(hardness)를 조절하여 달리기 시 발생하는 충격력이 인체에 미치는 영향을 어느 정도 조절할 수 있다고 알려져 있다(Nigg, Bahlsten, Luethi & Stokes, 1987). 각종 운동 경기 중에 운동 표면과 충격력에 대한 연구는 아스팔트, 고무, 잔디, 모래와 같이 다양한 바닥의 종류를 적용하였을 때의 충격력의 변화를 분석하는 사례(Barrett, Neal & Roberts, 1998; Cavanagh & Lafortune, 1980; Dixon, Collop & Batt, 2000; Stiles & Dixon, 2007)들이 보고되었고 최근 중저의 경도와 보행중 멈춤시 안정성에 대한 연구(Perry, 2007)도 보고되었다. 중저의 경도의 차이가 가져오는 영향에 대한 운동역학적 연구는 컴퓨터 모델을 이용한 예측 연구(Gerritsen, van den Bogert & Nigg, 1995) 및 다양한 실험 연구(곽창수, 1993, 2001; 김태형 과 이기철, 1996; 이연종 과 류지선, 1998; 목승환, 곽창수 및 권오복, 2004; Clarke, Fredrick & Cooper, 1983; Frederick, 1984; Nigg, Luethi, Denoth & Stacoff, 1981; Nigg, et al. 1987; Nigg & Bahlsten, 1988)가 보고되었지만 결과에 대한 이견이 다양하고 성별에 따라 어떻게 영향을 미치는 지에 관한 분석은 아직까지 보고된 바가 없다. 신발 업계는 지금까지 발의 부상을 예방하고, 편안함을 향상시키고, 주행 능력을 향상시키기 위하여 수많은 운동의 용도에 적합한 다양한 경도를 가지는 중저를 개발하여 전문 신발에 적용 시켜 왔다. 하지만 중저의 최적 경도를 선정함에 있어서 남녀의 차이에서 올 수 있는 변인에 대한 정량적인 기준이 현재까지 마련되어 있지 않고 있는 실정이다.

본 연구에서는 남녀의 주행 시 신발 중저의 경도의 차이가 바닥과 발에서 발생하는 운동역학적 변화에 어떠한 영향을 주는지를 관찰하였다. 이를 위하여 20~31세의 남녀 달리기 선수 각각 5명의 주행 실험을 수행하였고 신발 중저의 경도와 성별의 차이에서 비롯된 최대 수직 지면반력(maximum ground reaction force), 충격

력 정점(impact force peak), 디딤 시간(stance time), 부하 시간(loading time), 부하율(loading rate), 착지 각도(heel strike angle)의 변화를 살펴보았다. 이들 요소는 한 번의 디딤이 이루어지는 동안 신발 바닥과 지면 사이에서 관측되는 가장 대표적인 물리적 요소이고 측정된 외력(external force)의 결과는 각 관절이나 근육에 작용하는 힘을 예측하는 중요한 정보가 된다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

표 1. 피험자의 신체적 특성

성 별	나이 (세)	키 (cm)	몸무게 (kg)
남 자	26.6±3.4	184.0±9.0	79.2±5.8
여 자	23.8±4.4	171.4±10.0	62.8±8.0

본 연구의 피험자로는 10 km 이상의 장거리 달리기 대회의 개인 기록을 보유한 달리기 숙련자이면서 실험 당시 달리기에 영향을 줄 수 있는 물리적 병변이 없는 20~31세의 남녀 각각 5명을 대상으로 하였다. 피험자의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

### 2. 실험방법

본 연구의 달리기 실험에서 각 피험자들은 신발의 중저의 경도가 연질(ASKER C 40), 중질(ASKER C 52), 경질(ASKER C 65)의 서로 다른 세 가지 타입의 운동화(prototype, Decathlon Co., Villeneuve, France)를 착용하도록 하였다. 이 때 ASKER는 경도계를 만드는 회사의 이름에서 유래되었고 C형은 연질고무, 우레탄폼, 스펀지 등의 비교적 경도가 낮은 재질을 분류하는 기준이다. 경도계의 숫자는 경도계의 압자(C형의 경우는 지름 5.08 mm의 반구가 사용됨)가 측정 면을 누를 때 부하되는 질량(ASKER C 0일 때 55g, 100일 때 855g)으로 정의된다. 따라서 본 실험에 사용된 신발의 중저의 경

도는 연질, 중질, 경질의 순으로 각각 320g, 416g, 520g의 질량에 해당하는 힘으로 누를 때 압자가 측정하고자 하는 면 방향으로 일정한 깊이만큼 들어간 정도임을 의미한다. 본 실험에 앞서 각 신발의 에너지소실율을 구하기 위하여 물성 실험장치(858 Mini Bionix®, MTS®, Minnesota, USA)를 이용하여 주행 시 신발 중저에서 발생하는 변형과 반발력을 모사하였다. 실험은 각 중저에 대하여 10회 실시하여 평균을 구하였다. 중저의 최대 변형은 12mm 으로 고정하였으며 이 때, 압축 시간은 본 연구의 예비 실험에서 관찰한 실제 주행 시의 충격 시간을 근거로 50ms, 복원 시간은 60ms 로 지정하였다. 그 결과 각 신발의 최대 반발력은 연질, 중질, 경질에 대하여 488N, 655N, 1,182N 이었고 변형-반발력 관계를 이용하여 계산된 에너지소실율은 각각 2.1J, 2.9 J, 5.7J 이었다. 이는 최대 변형이 일정할 때 경질의 중저에서 가장 많은 충격이 흡수된다는 의미이다.

실험은 8대의 카메라(Eagle®, Motion Analysis Inc., Santa Rosa, USA)와 지면반력기(Kistler Co., Winterthur, Switzerland)가 설치된 딱딱한 바닥의 실내에서 진행되었다. 카메라의 샘플율은 240Hz이며 지면반력기의 샘플율은 2,400Hz로 하였다. 지면반력의 신호는 Zero-lag quadratic low-pass Butterworth 필터링을 적용하였으며 이 때, cut-off frequency 는 50Hz를 사용하였다. 신발의 외측면 중앙에 1개, 후면에 세로로 2개의 구형 반사 마커(marker)를 부착하여 미리 설치된 카메라가 주행 중에 신발이 땅바닥과 이루는 각도를 추적할 수 있도록 하였다. 실험 대상자가 뒤꿈치부터 바닥

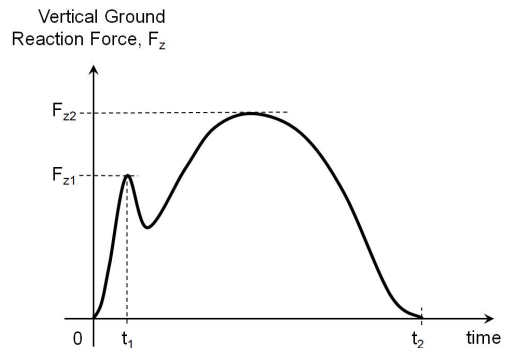


그림 1. 달리기 시 측정되는 전형적인 수직 지면반력 곡선

표 2. 최대 수직 지면반력 및 충격력 정점 (Unit: BW)

	중저의 경도	남 자	여 자
		최대 수직 지면반력 (Fz2)	연질 2.47±0.20 중질 2.42±0.21 경질 2.37±0.19
충격력 정점 (Fz1)	연질	1.76±0.34	1.54±0.15
	중질	1.71±0.31	1.56±0.17
	경질	1.59±0.27	1.45±0.16

표 3. 디딤 시간 및 부하 시간 (Unit: ms)

	중저의 경도	남 자	여 자
		디딤 시간 (t2)	연질 285±30.5 중질 288±27.0 경질 289±28.8
부하 시간 (t1)	연질	41.2±5.2	39.2±1.1
	중질	40.4±3.6	37.2±4.1
	경질	35.6±4.3	30.8±4.4

\* p < .05

에 닿는 편안한 주범으로 일정한 속도(12km/h±5%)로 달리도록 하였고 주행 전구간의 중간 지점에 위치한 지면반력기 상판의 중앙부를 무의식적으로 오른발로 밟고 지나가도록 출발 위치를 조절하였다. 속도는 지면반력기 직전에 설치된 광센서 방식의 구간속도 측정 장치에서 측정된 두 구간의 시간 차이를 이용하여 계산하였다.

본 실험을 실시하기 전에 피험자들에게 실험 목적과 주의사항을 전달하고 속도 적응을 위한 예비 실험을 실험 대상자의 적응도에 따라 5~10회 가량 수행하였다. 본 실험은 연질, 중질, 경질의 순으로 한 가지 경도에 대하여 각각 5회 반복을 수행하였다. 각 경도의 실험 사이에는 실험자가 신발을 교환하고 착용시키는 5분이 주어졌다.

지면반력기로부터 측정된 데이터를 기반으로 소프트웨어 KinTrak™(Human Performance Laboratory,

Calgary, Canada)를 사용하여 최대 수직 지면반력, 충격력 정점, 그리고 부하율을 구하였다. 일반적으로 디딤 시간은 뒤꿈치 닿기(heel strike) 시점부터 앞끝 밟기(toe off) 시점까지의 시간으로 정의된다. 본 실험에서는 처음으로 0.05BW 이상이 되는 시점 및 0.05BW 이하가 되는 시점으로 각각 구하였다. 부하 시간은 뒤꿈치 닿기부터 충격력 정점이 발생하는 시간으로 정의되고 부하율은 충격력 정점을 부하 시간으로 나눈 값으로 정의하였다. <그림 1>은 달리기 시 지면반력기에서 측정되는 일반적인 시간에 따른 지면반력의 변화를 그래프로 보여준다. 여기에서 Fz1은 충격력 정점, Fz2는 수직 최대 수직 지면반력이고 t1은 부하 시간, t2는 디딤 시간이다.

착지 각도는 뒤꿈치 닿기가 일어날 때 신발과 바닥 면이 이루는 각으로 정의하였다. 신발에 부착된 마커의 위치 정보는 소프트웨어 EVaRT™(MotionAnalysis, Santa Rosa, USA)를 사용하여 구하였고 그 정보로부터 KinTrak™을 사용하여 착지 각도를 구하였다.

### III. 결과 및 논의

#### 1. 최대 수직 지면 반력과 충격력 정점

<표 2>에서 최대 수직 지면반력은 신발 중저의 연질, 중질, 경질의 순으로 남자의 경우 평균(표준편차) 2.47(0.20), 2.42(0.21), 2.37(0.19) BW(body weight)로 측정되었고 여자의 경우 2.44(0.12), 2.41(0.18), 2.38(0.17) BW로 측정되었다. 측정된 최대 수직 지면반력의 결과를 살펴보면 연질, 중질, 경질의 순으로 약간 줄어드는 현상을 관찰 하였지만 그 차이는 매우 적고 통계적으로도 유효하지 않은 것으로 확인 되었다. 성별의 의한 영향도 거의 나타나지 않았다. 이는 최대 수직 지면반력은 중저의 정도에는 영향을 받지 않는다는 기존의 연구(이연중 과 류지선, 1998; Clarke et al., 1983; Frederrick, 1984; Nigg et al., 1981, 1987, 1988)들과 일치하는 결과이고 일부 연구(곽창수, 1993, 2001)와는 상반된다.

충격력 정점은 남자의 경우 평균(표준편차)

1.76(0.34), 1.71(0.31), 1.59(0.27)BW 그리고 여자의 경우 1.54(0.15), 1.56(0.17), 1.45(0.16) 순으로 측정되었다. 충격력 정점의 결과에서는 남자의 경우 경도가 증가 할수록 조금씩 감소하는 것으로 관찰되었으나 연결과 중질, 그리고 중질과 경질의 t-test 결과 유의한 차이는 아닌 것으로 검정되었다(p=.812, .415). 한편, 여자의 경우 연결, 중질에서 차이는 거의 없었으나 경질에서 낮아지는 것이 관찰되었다. 하지만 t-test 결과 중질과 경질에서 유의한 차이는 아닌 것으로 검정되었다(p=.313).

### 2. 디딤 시간과 부하 시간

<표 3>에서 디딤 시간은 남자의 경우 285(30.5), 288(27.0), 289(28.8)ms 그리고 여자의 경우 273(17.2), 278(14.5), 278(17.4)ms로 측정되었다. 디딤 시간은 중저의 경도와는 큰 관계가 없는 것으로 나타났으나 남자가 여자보다 약 10 ms 가량 더 오래 디디는 것으로 나타났다. 하지만 이 경우 남녀 차이는 연결(p=.466), 중질(p=.453), 경질(p=.493)에 대하여 유효하지 않은 것으로 검정되었다. 현 신발보다 새 신발 일 때 디딤 시간이 감소한다는 Kong, Candelaria와 Smith(2008)의 연구는 있지만 본 연구와 같이 중저의 경도의 영향이 성별에 따라 달라지는 현상은 아직까지 보고된 바가 없는 매우 흥미 있는 결과라고 생각한다.

부하 시간은 남자의 경우 41.2(5.2), 40.4(3.6), 35.6(4.3) ms 그리고 여자의 경우 39.2(1.1), 37.2(4.1), 30.8(4.4) ms로 측정되었다. 남녀 공히 중저의 경도가 증가함에 따라서 감소하였다. 남자의 경우 t-test 결과는 유효하지 않았고 여자의 경우 연결과 중질의 t-test 결과는 유효하지 않았지만(p=.33) 중질과 경질(p=.045) 그리고 연결과 경질(p=.003)의 t-test 결과는 유효하게 검정되었다. 그리고 남자가 여자 보다 조금 크게 나타났으나 그 차이는 유효하지 않은 것으로 검정되었다(p=.426, .228, .120).

### 3. 부하율과 착지 각도

<표 4>에서 충격력 정점과 부하 시간으로부터 계산되는 부하율은 남자의 경우 평균(표준편차) 43.98(13.51), 43.30(10.38), 46.28(13.43) BW/s 그리고 여자의 경우

표 4. 부하율 및 착지 각도

	중저의 경도	남 자	여 자
부하율 (BW/s)	연질	43.98±13.5	39.67±4.65
	중질	43.30±10.38	42.59±2.67
	경질	46.28±13.43	48.12±6.28
착지 각도 (도)	연질	17.5±5.16	20.5±2.64
	중질	18.4±6.82	21.4±2.29
	경질	17.9±6.26	20.1±1.72

\* p < .05

39.67(4.65), 42.59(2.67), 48.12(6.28)BW/s로 계산되었다. 부하율은 남자의 경우 유의한 차이는 아니지만 고경도 일 때 가장 크게 나타났고 여자의 경우 중저 경도가 증가함에 따라서 점진적으로 증가하는 것이 확실하게 관찰되었고 연결과 경질의 t-test 결과도 유효하게 검정되었다(p=.042). 이는 이세용, 진영완, 및 최지영(2000), Wit, Clercq 와 Lenoir(1995), Nigg 와 Bahlens(1988)의 연구 결과와 일치한다. 하지만 남자보다는 여자가 중저의 경도에 따라 부하율의 변화가 크다는 보고는 아직까지 발표된 바가 없다.

착지 각도는 남자의 경우 17.47(5.16), 18.24(6.82), 17.92(6.26)도 여자의 경우 20.49(2.64), 21.36(2.29), 20.06(1.72)도로 측정되었다. 남녀 모두에서 중저의 경도에 의한 큰 변화 보이지 않았다. 다만 여자의 경우 남자보다 3도 가량 큰 것으로 관찰되었다. 하지만 통계적으로는 유의한 차이는 아니다.

## IV. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 주행 시 신발의 중저의 경도 차이가 성별에 따라 어떻게 영향을 미치는지 살펴보는데 있다. 이를 위하여 본 실험에서는 20~31세 남녀 각각 5명을 대상으로 등속(12 km/h±5%) 주행 시에 발생하는 지면반력기의 데이터로부터 최대 수직 지면반력과 충격

력 정점을 계측하였으며 지면반력이 발생하는 동안의 시간과 충격력 정점이 발생하는 시점을 계측하여 디딤 시간과 부하 시간을 구하였고 충격력 정점과 부하 시간의 비율로부터 부하율을 계산하였다. 한편, 디지털 카메라에서 계측되어 계산된 신발의 삼차원 위치정보로부터 착지 각도를 계측하였다. 이를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 최대 수직 지면 반력은 중저의 경도나 성별에 영향을 받지 않는다.
2. 충격력 정점은 중저의 경도나 성별에 영향을 받지 않는다.
3. 디딤 시간은 중저의 경도나 성별에 영향을 받지 않는다.
4. 부하 시간은 중저의 경도의 증가에 따라 감소하지만 남자의 경우 그 변화가 작아서 무시할 수 있고 여자의 경우 상대적으로 크게 감소하고 변화도 유효하다.
5. 부하율은 중저의 경도의 증가에 따라 증가하지만 남자의 경우 그 변화가 작아서 무시할 수 있고 여자의 경우 상대적으로 크게 증가하고 변화도 유효하다(그림 2).
6. 착지 각도는 여자의 경우 남자보다 3도 가량 더 크다. 하지만 중저의 경도에 영향을 받지 않고 성별의 의한 차이도 크지 않다.

본 실험에서 측정된 외력의 결과는 각 관절이나 근육에 작용하는 힘을 예측하는 중요한 정보임에는 틀림 없지만 직접적으로 사고나 부상을 직접적으로 예측하는 기준이 되기는 어렵다. Nigg(2001)에 따르면 놀랍게도 주행에서 높은 부하율을 보인 주자(runner)들이 낮은 부하율의 주자보다 심각한 부상이 적었다고 한다. 또한 충격을 흡수하는 깔창(insole)을 사용할 경우 부상의 위험을 줄일 수는 있지만 골절의 사고를 줄이는 관점에서는 효과적이지 않다고 보고하고 있다. 그러므로 중저의 경도를 조절하여 남녀의 사고나 부상을 효과적으로 예방하기 위해서는 단순한 외력의 분석뿐만 아니라 그와 더불어 체내에서 전달되는 힘과 충격을 분석함이 필요함은 물론 중저의 경도가 가져오는 주행의 양상의 변화를 보다 종합적으로 연구할 필요가 있다.

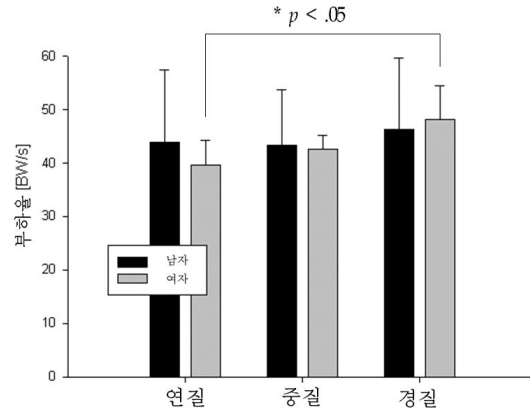


그림 2. 중저의 경도에 따른 부하율의 변화

성별의 차이에는 체중, 체형, 근육량, 주행 특성 (Chumanov, 2008) 등의 다양한 변인들이 종합적으로 포함되어 있다. 본 실험의 결과는 위의 변인들이 유기적으로 작용한 것이며 어떤 변인이 주로 작용하였는지 알기 위해서는 향후 체중별, 체형별, 근육량별, 주행특성별 분석이 필요할 것으로 생각한다. 또한 향후 중저나 바닥의 경도에 의한 부상에 남녀 간의 차이가 있는지 조사하는 것은 또 하나의 흥미 있는 연구 주제가 될 것으로 생각된다. 이를 통하여 성별에 맞는 신발의 개발과 최적의 운동바닥 선정에 기여 할 수 있을 것이다.

본 저자는 본 연구의 결과가 향후 성별에 특화된 신발의 적절한 중저 경도를 결정하기 위한 가이드라인을 제공하는데 적용되기를 기대하는 바이다.

## V. 후 기

본 연구의 실험은 University of Calgary(Alberta, Canada)의 Human Performance Lab.에서 Dr. Benno M. Nigg의 도움을 받아 수행되었고 테스트 신발은 Decathlon Co. (Villeneuve, France)에서 제공하였음.

## 참고문헌

- 곽창수(1993). 운동화 중저의 경도가 주행 시 발바닥의 압력분포와 충격흡수에 미치는 영향. 미간행 박사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 곽창수(2001). 운동화의 무게와 중저의 경도가 주행효율에 미치는 효과 및 그 적용성에 관한 연구. *한국체육학회지*, 40(3), 955-973.
- 김태형, 이기청(1996). 에어로빅스 하이킥시 운동화 중저의 경도에 따른 지면반력의 변화 및 발의 안정성에 관한 연구. *한국운동역학회지*, 6(1), 93-106.
- 목승환, 곽창수, 권오복(2004). 달리기 시 운동화 중저의 경도가 신발굴곡각도의 크기에 미치는 영향. *한국운동역학회지*, 14(2), 85-103.
- 이경옥, 이영숙(1999). 육상선수의 운동상해에 관한 조사. *한국유산소운동과학회지*, 3(1), 89-100.
- 이세용, 진영완, 최지영(2000). 달리기 시 수직 지면반력에 영향을 미치는 Orthotic의 경도에 관한 연구. *한국체육학회지*, 39(3), 644-653.
- 이연중, 류지선(1998). 주행 시 체중에 따른 운동화 중저 경도가 충격 흡수 및 후족 제어에 미치는 영향. *한국체육학회지*, 37(3), 338-348.
- Barrett, R. S., Neal, R. J., & Roberts, L. J.(1998). The dynamic loading response of surfaces encountered in beach running. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 1(1), 1-11.
- Brinkmann, P., Frobin, W., & Hierholzer, E.(1981). Stress on the articular surface of the hip joint in healthy adults and persons with idiopathic osteoarthritis of the hip joint. *Journal of Biomechanics*, 14(3), 149-156.
- Cavanagh, P. R., & LaFortune, M. A.(1980). Ground reaction forces in distance running. *Journal of Biomechanics*, 13(5), 397-406.
- Chumanov, E. S., Wall-Scheffler, C., & Heiderscheit, B. C.(2008). Gender difference in walking and running on level and inclined surfaces. *Clinical Biomechanics*, 23, 1260-1268.
- Clarke, T. E., Frederick, E. C., & Cooper, L. B.(1983). Effects of shoe cushioning upon ground reaction forces in running. *International Journal of Sports Medicine*, 4(4), 247-251.
- Dixon, S. J., Collop, A. C., & Batt, M. E.(2000). Surface effects on ground reaction forces and lower extremity kinematics in running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(11), 1919-1926.
- Frederick, E. C.(1984). Physiological and ergonomics factors in running shoe design. *Applied Ergonomics*, 15(4), 281-287.
- Gerritsen, K. G., van den Bogert, A. J., & Nigg, B. M.(1995). Direct dynamics simulation of the impact phase in heel-toe running. *Journal of Biomechanics*, 28(6), 661-668.
- Hoehn, M. M., & Yahr, M. D.(1967). Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology*, 17(5), 427-442.
- Hreljac, A.(2004). Impact and overuse injuries in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5), 845-849.
- Kelman, G. J., Biden, E. N., Wyatt, M. P., Ritter, M. A., & Colwell, C. W. Jr.(1989). Gait laboratory analysis of a posterior cruciate-sparing total knee arthroplasty in stair ascent and descent. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 248, 21-26.
- Knuttsen, E.(1972). An analysis of parkinsonian gait. *Brain : A Journal of Neurology*, 95(3), 475-486.
- Kong, P. W., Candelaria, N. G., & Smith, D.(2008). Running in New and Worn Shoes - A Comparison of Three Types of Cushioning Footwear. *British Journal of Sports Medicine*, Epub. ahead of print.
- Milgrom, C., Giladi, M., Simkin, A., Stein, M., Kashtan, H., Margulies, J., Chisin, R. & Aharonson, Z.(1985). A prospective study of the effect of a shock absorbent orthotic device on the incidence of stress fractures in

- military recruits. *Foot and Ankle*, 6, 101-104.
- Murray, M. P., Sepic, S. B., Gardner, G. M., & Downs, W. J.(1978). Walking patterns of men with parkinsonism. *American Journal of Physical Medicine*, 57(6), 278-294.
- Nigg, B. M., Luethi, S., Denoth, J., & Stacoff, A.(1981). *Methodological aspects of sport shoe and sport surface analysis*. Biomechanics VIII-B, Champaign, Illinois, 1041-1052.
- Nigg, B. M., 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. *Journal of Biomechanics*, 20(10), 951-959.
- Nigg, B. M., & Bahlsen, H. A.(1988). The influence of heel flare and midsole construction on pronation, supination and impact forces for heel-toe running. *Journal of Applied Biomechanics*, 4(3), 205-219.
- Nigg, B. M.(2001). The role of impact forces and foot pronation: A new paradigm. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 11, 2-9.
- Perry, S. D., Radtke, A., & Goodwin, C. R.(2007). Influence of footwear midsole material hardness on dynamic balance control during unexpected gait termination. *Gait & Posture*, 25, 94-98.
- Skinner, H. B., & Effeney, D. J.(1985). Gait analysis in amputees. *American Journal of Physical Medicine*, 64(2), 82-89.
- Stiles, V. H., & Dixon, S. J.(2007). Biomechanical response to systematic changes in impact interface cushioning properties while performing a tennis-specific movement. *Journal of Sports Science*, 25(11), 1229-1239.
- Voloshin, A., & Wosk, J.(1982). An in vivo study of low back pain and shock absorption in the human locomotor system. *Journal of Biomechanics*, 15(1), 21-27.
- Webster, D. D.(1968). Critical analysis of the disability in Parkinson's disease. *Modern Treatment*, 5, 257-282.
- Wit, B. D., Clercq, D. D., & Lenoir, M.(1995). The effect of varying midsole hardness on impact forces and foot motion during foot contact in running. *Journal of Applied Biomechanics*, 11(4), 395-406.

투 고 일 : 04월 14일

심 사 일 : 04월 23일

심사완료일 : 06월 15일