

# 클라이밍 동작의 족저압력 분석을 통한 스포츠 클라이밍화 개발

Seung Bum Park<sup>1\*</sup>, Kyung Deuk Lee<sup>1</sup>, Kyung Hun Kim<sup>1</sup>, Jong Jin Park<sup>2</sup>,  
Sung Pyo Jun<sup>3</sup>, Won Ho Ryu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion Agency,  
Busan, Korea, 46757

<sup>2</sup>Division of Sport & Health Science, College of Arts, University of Kyungsung, Busan, Korea, 48434

<sup>3</sup>Planning & Coordination Department, Samduk Tongsang Co., Ltd, Busan, Korea, 46728

## ABSTRACT

**Objective:** 본 연구는 일정구간 클라이밍 동작 시 족저압력 분포 분석을 통하여 전문 스포츠 클라이밍화를 개발하고자 한다. **Background:** 국내에서는 1990년대 이후부터 실내 인공암벽의 설치가 확대되면서 스포츠 클라이밍의 인구가 급증하고 있다. 최근 실내·외 약200여개 이상의 인공암벽이 설치되어 있으며, 약 20만 명 이상의 인구가 스포츠 클라이밍을 즐기고 있다. 이에 전문적인 스포츠 클라이밍화 개발을 위하여 클라이밍 시 족저압력을 비교 분석하였다. **Method:** 실험은 상해 경험이 없는 전문 스포츠 클라이밍 선수로써 전국대회 우승 등 엘리트 남성 선수 7명을 대상으로 실시하였다(나이  $25.71 \pm 5.85$ years, 몸무게  $63.43 \pm 6.53$ kg 그리고 신장  $171.43 \pm 2.94$ cm). 실험에 사용된 스포츠 클라이밍화는 개발하고자하는 제품(Type A)과 기존 국내외 유명제품(Type B, C, D)으로 전문가 자문 및 시장조사를 통하여 선정하였다. 압력분포 분석을 위해 클라이밍 시 주 접촉부위인 전족부(Mask 1)와 중족부(Mask 2) 그리고 발전체(Total)로 나누어 접촉면적(Contact areas), 최대힘(Maximum force), 최대압력(Peak pressure) 그리고 최대평균압력(Maximum mean pressure) 분석을 실시하였다. **Results:** 분석 결과 1차 개발 스포츠 클라이밍 신발이 타 대조군에 비해 낮은 접촉면적을 나타내며, 최대힘과 최대평균압력의 경우 발전체에서 타 대조군에 비해 가장 낮은 값을 나타냈다. **Conclusion:** 개발 스포츠 클라이밍 신발은 타 대조군에 비해 발에 발생하는 압력을 분산시켜주는 효과는 다소 떨어지나 발에 대한 부하를 감소시키고 피로를 경감시키는 효과가 있을 것으로 사료된다. **Application:** 3차원동작분석 및 근전도 분석 등을 통하여 클라이밍 동작에 대한 생체역학적 성능평가가 추후 이루어져야 할 것이며, 이는 엘리트 선수들의 전문 기능화 개발에 유용하게 적용 가능할 것으로 기대된다.

Keywords: Sports Climbing, Climbing Shoes, Foot Pressure, Pedar-X System, Foot Pressure Analysis

## 1. Introduction

스포츠 클라이밍(sports climbing)은 등반에서 파생된 스포츠 종목이다(Sheel, 2004). 손과 발을 가지고 최소한의 등반을 하는 것으로(Eleonora, and Chris, 2001), 클라이밍은 자연 암벽 등반을 위한 수련활동으로 시작되었으나(Quaine, and Martin, 1999), 실내경기로 개발되면서 전문적인 스포츠종목으로 발전하였다(Seo, and Chun, 2014). 스포츠 클라이밍은 신체적·정신적인 한계를 극복함으로써 신체기능의 향상, 스트

레스 해소, 그리고 자기효능감 고취 등의 긍정적 효과를 유도하는 모험스포츠로서 전 세계적으로 각광받고 있다. 국내에서도 1990년대 이후부터 실내 인공암벽의 설치가 확대되면서 접근성, 용이성, 그리고 경제성이 높아지면서 스포츠 클라이밍의 인구가 급증하고 있는 추세에 있다. 최근 각 지역의 공원이나 청소년수련원 등에 실내·외 합쳐 약 200여개의 인공암벽이 설치되어 있으며, 약 20만명의 인구가 스포츠 클라이밍을 즐기고 있는 것으로 알려져 있다(Son, Kang, Jung, and Lee, 2013). 실내에서 행하는 스포츠 클라이밍은 인공벽에 부착된 홀드를 쥐거나 딛고 오르

는 연속 동작들로 구성되며, 먼 곳에 위치한 홀드를 손으로 쥐거나 발로 딛기 위해 상체와 하체를 비틀거나 뺏거나 굽히게 되는 동작이 자주 반복되므로, 인체 가동범위가 크고, 인체의 다양한 근육을 사용하는 익스트림 스포츠라 할 수 있다(Seo, and Chun, 2014).

인공암벽에서 경기가 진행되는 스포츠 클라이밍은 자연 암벽 등반과 달리 온도나 습도, 날씨에 영향을 크게 받지 않는다(Lee, 2006). 경기방식은 평가기술요소와 안전장비 사용에 따라 크게 속도경기, 난이도 경기, 볼더링경기로 구분된다. 속도경기는 톱로프가 확보된 상태에서 가장 빨리 목표지점에 도달해야 하는 경기방식이고, 난이도 경기는 안전벨트를 착용한 상태에서 제한시간 내에 가장 높은 지점까지 도달해야 하는 경기이다. 볼더링경기는 안전벨트나 로프, 하네스를 착용하지 않은 상태로 제시된 과제를 풀면서 제한된 손홀드를 사용하여 정상까지 도달하는 경기방식이다(Sung, 2009).

이러한 환경적 특성과 기술적 특성 등을 고려하여 스포츠 클라이밍에 맞는 많은 장비들이 개발되어지고 있다. 특히 신발은 가장 중요한 기본장비중의 하나로 클라이밍 시 발을 안정적으로 지탱해주고 등반 능력을 높여주는 클라이머에게 가장 중요한 장비이다. 일반 아웃도어용 신발의 경우 목이 높고 두터운 갑피형태에 인솔, 미드솔, 아웃솔 등 일반적인 형태의 구조로 구성되나, 스포츠 클라이밍용 신발은 나일론이나 가죽천이 주재료인 갑피와 부틸고무를 사용한 창으로 이루어진 단순한 구조로 기존 신발과 차이를 보인다. 또한 힘을 절약하면서 효과적으로 목표를 이룰수 있도록 하기 위해 신발의 그립성, 안정성 및 착화감이 중요한 요소로 평가되고 있다.

이에 본 연구에서는 이러한 스포츠 클라이밍용 신발의 기능들이 접목되어진 새로운 스포츠 클라이밍용 신발을 개발하기 위해 기존 국내외 유명제품과 개발 제품간 족저압력 분석을 통한 기능성을 검증하고자 한다.

## 2. Method

### 2.1 Subject

본 연구는 요추 및 하지의 근골격계질환 징후 및 상해 경험이 없고 발의 형태학적 변형이 없는 신체

건강한 전문 스포츠 클라이밍 선수를 선정하였다. 피험자는 전국체전 2연패 경력의 국내 랭킹 1위 선수 및 부산시 대표 등 엘리트 남성 선수 7명으로 구성되어 있다.

Table 1. Characteristics of the subjects(n=7)

	Height(cm)	Weight(kg)	Age(year)
Mean(S.D)	171.43±2.94	63.43±6.53	25.71±5.85

### 2.2 Tested shoes

실험에 사용된 신발은 개발 스포츠 클라이밍용 신발(Type A)과 현재 시판중인 국내외 유명제품으로 B사(Type B), E사(Type C) 그리고 L사(Type D) 제품을 선정하였다. 사이즈는 클라이밍용 전용 신발로 260mm이다(Figure 1).



Figure 1. Tested shoes

### 2.3 Data collection

실험은 전문 실내 암벽장에서 시행되었으며, 전문가 자문을 통하여 스포츠 클라이밍용 신발 용도에 맞는 4가지 클라이밍 기본동작(인사이드 스텝→무릎앞기→카운터 밸런스→아웃사이드 스텝)을 설정하여 순서대로 등반하였다. 4가지 동작으로 이루어진 등반 구간을 클라이밍 하는 과정에서 족저압력 측정을 실시하였다.

족저압력 분석은 Novel GmbH사(novel, pedar mobile)의 pedar-X mobile system을 사용하여 인솔형 압력센서를 양쪽 스포츠 클라이밍용 신발에 삽입 후 발전체(Total), 전족부(Mask 1), 중족부(Mask 2), 후족부(Mask 3)로 나누어 접촉면적(contact areas), 최대힘(maximum force), 최대압력(peak pressure) 그리고 최대평균압력(maximum mean pressure)을 측정하였다.



Figure 2. Experimental set up

### 3. Results

본 연구에서는 국내 기술로 개발된 스포츠 클라이밍용 신발과 기존 국내외 유명 제품 간 클라이밍 동작 시 발생하는 압력분산 효과를 평가하기 위해 족저압력 분석 장비를 이용하여 분석하였다. 결과는 다음과 같다.

#### 3.1 Contact areas

접촉면적 분석 결과 전족부에서 Type A가 37.79 cm<sup>2</sup>로 가장 낮게 나타났으며, Type B(39.96 cm<sup>2</sup>) > Type C(39.53 cm<sup>2</sup>) > Type D(39.38 cm<sup>2</sup>) 순으로 높은 접촉면적이 나타났다. 중족부에는 Type A가 8.93 cm<sup>2</sup>로 Type C(7.35 cm<sup>2</sup>)보다는 높게 나타났으나, Type B(10.77 cm<sup>2</sup>), Type D(15.28 cm<sup>2</sup>)보다는 낮게 나타났다(Figure 3).

#### 3.2 Maximum force

최대힘 분석 결과 Type A가 447.55 N로 가장 낮게 나타났으며, Type C(472.62 N) < Type B(473.83 N) < Type D(498.77 N) 순으로 낮게 나타났다. 중족부에는 Type A가 29.90 N으로 Type C(21.26 N)보다는 높게 나타났으나, Type B(37.32 N), Type D(55.93 N)보다는 낮게 나타났다(Figure 4).

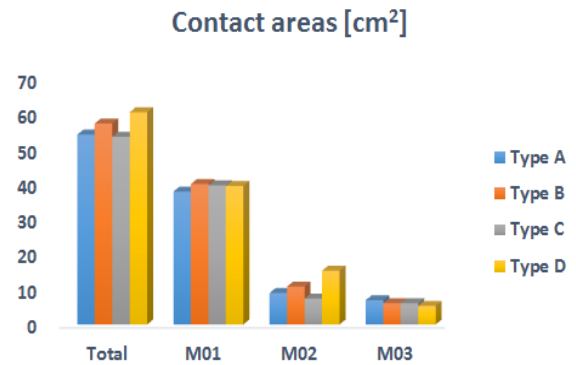


Figure 3. Results of contact areas

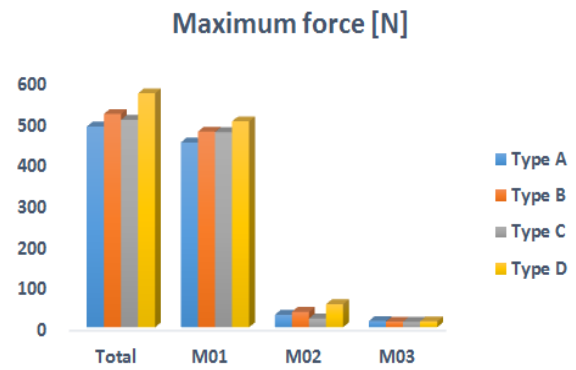


Figure 4. Results of maximum force

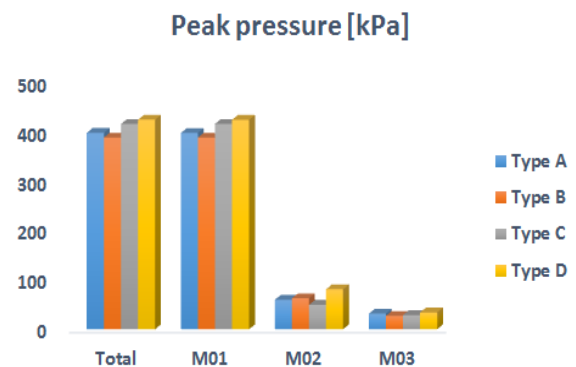


Figure 5. Results of peak pressure

### 3.3 Peak pressure

최대압력 분석 결과 Type A가 396.03 kPa로, Type B(386.76 kPa)보다는 높게 나타났으나 Type C(414.34 kPa), Type D(422.84 kPa) 보다는 낮게 나타났다. 중족부에는 Type A가 59.27 kPa으로 Type C(49.14 kPa)보다는 높게 나타났으나, Type B(62.40 kPa), Type D(80.53 kPa)보다는 낮게 나타났다(Figure5).

### 3.4 Maximum mean pressure

최대평균압력 분석 결과 Type A가 105.52 kPa로 가장 낮게 나타났으며, 대조군 Type B(109.99 N) < C(110.02 N) < D(118.37 N) 순으로 낮게 나타났다. 중족부에는 Type A가 33.03 N으로 Type C(31.34 N)보다는 높게 나타났으나, Type B(35.28 N), Type D(41.38 N) 보다는 낮게 나타났다(Figure 6).

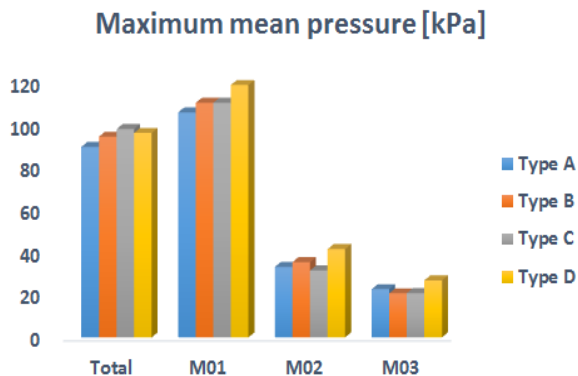


Figure 6. Results of maximum peak pressure

## 4. Conclusion

본 연구에서는 국내 기술로 개발 된 스포츠 클라이밍용 신발과 기존 국내외 유명 제품 간 일정구간 클라이밍 동작 시 압력분산 효과를 평가하기 위해 클라이밍 동작 시 발에 발생하는 접촉면적, 최대힘, 최대압력 그리고 최대평균압력을 비교 분석하였다.

스포츠 클라이밍용 신발 간 족저압력 분석결과 접촉면적의 경우 발전체에서 스포츠 클라이밍용 개발 시제품(Type A)이 타 대조군에 비해 낮은 접촉면적을 나타낸다. 이는 발에 발생하는 부하를 분산시켜주는 효과가 타 대조군에 비해 다소 떨어질 것으

로 보여진다. 그러나 최대힘 및 최대평균압력의 경우 개발 제품이 타 대조군에 비해 발전체에서 가장 낮은 값을 보임으로 발에 대한 부하를 감소시키고 피로를 경감시켜 줄 것으로 보여진다. 또한 최대압력에서도 개발 제품이 발전체에서 Type B 다음으로 낮은 값을 나타냄으로 우수성을 입증하고 있다.

본 연구는 국내 기술로 개발 된 스포츠 클라이밍용 신발과 국내외 유명 제품 간 족저압력 분산효과 비교를 통해 클라이밍 동작 시 발생하는 압력분산을 통해 기능성을 검증하고자 하였다. 압력분산 효과에 대한 기능을 면밀히 분석해 추후 완성도 높은 스포츠 클라이밍용 신발을 개발 하고자하며, 이를 위한 기초자료를 제공함으로써 제품의 기능성 향상에 도움이 될 것으로 보인다. 또한 향후 3차원동작 분석 등 보다 세부적인 생체역학적 성능평가와 물성검사 등을 통해 종합적인 분석이 이루어져야 할 것이다.

## Acknowledgements

This research project was supported by the Sports Promotion Fund of Seoul Olympic Sports Promotion Foundation from Ministry of Culture, Sports and Tourism.

## References

- Eleonora, P. P., and Chris, J. S., Shoe design for prevention of injuries in sport climbing. *Applied ergonomics*, 32, 379-387, 2001.
- Lee, Y.D., Climbing school. Seoul: Hainaim, 2006.
- Seo, E.J., and Chun, J.S., Demand for functional elements of sports climbing shirts. *The Research Journal of the Costume Culture*, 22(2), 198-208, 2014.
- Sheel, A.W., Physiology of sport rock climbing. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 355-359, 2004.
- Son, J.J., Kang, C.K., Jung, W.S., and Lee, M.G., Comparative Analysis of Body Composition, Cardiorespiratory Function, and Blood Variables according to Career of Sports Climbing Club Activity in Middle-Aged Men, *Exercise Science*, 22(4), 351-362, 2013.
- Sung, B.J., Let's do sports climbing in autumn. *The Korea Public Health Association, Health and Life*, 65, 38-39, 2009.
- Quaine, F., and Martin, L., A biomechanical study of equilibrium in sport rock climbing. *Gait and Posture*, 10, 233-239, 1999.

## Author listings

**Seung Bum Park:** sbpark@shoenet.org

**Highest degree:** PhD, Department of Physical Education, Pusan National University

**Position title:** Head of Team, Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion Agency

**Areas of interest:** Footwear Biomechanics

**Kyung Deuk Lee:** leekd79@shoenet.org

**Highest degree:** Master, Department of Industrial and Management Engineering, Dong-Eui University

**Position title:** Manager, Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion Agency

**Areas of interest:** Footwear Biomechanics

**Kyung Hun Kim:** kimkh@shoenet.org

**Highest degree:** Master, Department of Physical Education, Kyungsoong University

**Position title:** Assistant Manager, Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion Agency

**Areas of interest:** Footwear Biomechanics

**Jong Jin Park:** jjpark@ks.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Physical Education, Seoul National University

**Position title:** Professor, Division of Sport & Health Science, University of Kyungsoong

**Areas of interest:** Sport Biomechanics

**Sung Pyo Jun:** sp.jun@samduk.net

**Highest degree:** Pusan National University

**Position title:** Manager, R&D Center, Samduk Tongsoong

**Areas of interest:** Footwear Development

**Won Ho Ryu:** wh.ryu@samduk.net

**Highest degree:** Soonchunhyang University

**Position title:** Manager, R&D Center, Samduk Tongsoong

**Areas of interest:** Footwear Development