

풋웨어 개발을 위한 생체역학 기반 인간공학적 분석 : B-boy 신발 개발을 중심으로

하종규¹, 장영관^{2*}, 김진현³

¹(주)알앤디비 대표, ²강원대학교 산업경영공학과 교수, ³제주국제대학교 스포츠재활학과 교수

A Biomechanics-Based Ergonomic Analysis for Footware Development

Chong-Ku Hah¹, Young-Kwan Jang^{2*}, Jin-Hyun Kim³

¹President, Research and Data Bank Incorporation

²Professor, Dept. of Industrial & Management Engineering, Kangwon National University

³Professor, Dept. of Sports Rehabilitation, Jeju International University

요약 본 연구의 목적은 비보이들이 선호하는 기존 신발 5종류를 대상으로 인간공학적 사용성 평가를 통하여 최적신발 제작을 위한 생체역학적 변인을 규명하는 것이다. 실험대상자는 전문가 10명, 비전문가 10명이 참가하였고, 자료획득을 위하여 적외선카메라 12대(Qualisys, Oqus), 지면반력기(Kistler, 9286AA)와 족저압력기(Zebris GmbH, Zebris PDM-System)를 사용하였다. 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 접지능력과 안전성 면에서 마찰계수 0.38, 자유모멘트가 0.32 N·m/kg인 P사 신발이 바람직하다. 둘째, 쿠션면에서 충격량이 숙련자, 2.51 N·m/kg과 비숙련자, 2.86 N·m/kg인 N사 신발이 적절한 것으로 나타났다. 셋째, 보행균형성은 전족부의 평균 족저압력이 10.11 KPa(우측), 10.05 KPa(좌측)인 C사 신발, 후족부의 평균 족저압력이 8.40 KPa(우측), 8.36 KPa(좌측)인 V사 신발 적정하다고 판단된다. 결론적으로 접지능력과 안전성은 P사, 쿠션면은 N사와 보행 균형성은 C사와 V사 신발들의 구조와 재질을 조합한 신발을 개발하여야 한다.

주제어 : 비보이, 전용신발, 마찰계수, 자유모멘트, 충격량, 족저압력

Abstract The purpose of this study is to find biomechanical parameters for optimal shoes production through an ergonomic usability assessment of five existing types of shoes preferred by B-BOY. Ten experts and ten non-experts participated in the experiment, and 12 infrared cameras (Qualisys, Oqus), force plate (Kistler, 9286AA) and foot pressure plate (Zebris GmbH, Zebris PDM-System) were used to obtain the data. The results of the study are as follows. First, P shoes with a friction coefficient of 0.38 and a free moment of 0.32 N/m/kg are desirable in terms of traction capability and safety. Second, on the cushion, it was found that the N shoes 2.51 N, sec/kg and non-expert, and 2.86 N and sec/kg were suitable. Third, it is deemed appropriate for C shoes with a forefoot average pressure of 10.11 KPa (right), 10.05 KPa (left), and V shoes with a rearfoot average pressure of 8.4 KPa (right) and 8.36 KPa (left). In conclusion, the combination of the structure and material of V shoes should be developed for traction and stability, N shoes for cushion, and walking balance for C and V shoes.

Key Words : B-BOY, Exclusive shoes, Coefficient friction, Free moment, Impulse, Feet pressure

*The study is supported by 2017 Research Grant from Kangwon National University(No. 620170023).

*Corresponding Author : Young-Kwan Jang(ykjang@kangwon.ac.kr)

Received June 17, 2019

Revised July 23, 2019

Accepted August 20, 2019

Published August 28, 2019

1. 서론

B-BOY의 시작은 1970년대 초반 미국 뉴욕의 브롱크스(Bronx)지역에 거주하던 아프리카계 흑인들과 히스패닉계의 세력다툼에서 시작되었으며, 상대방 구역에서 춤으로 시위하고 기를 죽이려고 온갖 기묘한 동작을 개발하게 되었다. 이것이 브레이크댄스(Break dance)이며 브레이크댄스의 다른 이름으로는 비보잉(b-boying)이라고 불린다. 브레이크댄스를 추는 남성은 비보이(B-boy) 여성은 비걸(B-girl)이라고 한다. 1990년대 한국에서도 “익스프레션(Expression)”이라는 최초의 비보이 그룹이 등장하였으며 비보이 문화가 본격적으로 시작되었다[1]. 우리나라에서도 최초의 비보이 전용극장이 만들어지고 세계대회우승 및 해외공연 등으로 인기가 올라가면서 새로운 문화 트렌드를 만들었다[2].

비보이 동작은 프리즈 무브(Frieze Move), 파워 무브(Power Move), 스타일 무브(Style Move)로 나눌 수 있다. 프리즈 무브(Frieze Move)는 비보잉중 가장 기본이라고 많이 알려져 있으며 마무리 동작으로 많이 사용하고, 파워 무브(Power Move)는 원심력을 이용한 동작들이 주를 이룬다. 마지막 스타일 무브(Style Move)는 파워 무브(Power Move)와 다르게 역동적이지는 않지만 음악에 맞춰 스텝위주의 동작이므로 자신만의 스타일 및 개성이 들어간 무브를 창작할 수 있기에 댄스의 요소가 더욱 강조된다. 이처럼 비보잉은 다양한 동작들이 있으며 이러한 동작들을 수행하기 위해선 엄청난 연습시간이 필요하며 신체능력이 뒷받침 되어야 한다.

비보이 프로와 아마추어 42명을 대상으로 근골격계 손상을 연구한 결과 95.2%에 해당하는 40명이 브레이크 댄스 및 비보잉을 시작한 후 근골격계 손상을 경험한 것으로 나타났다[3]. 또한 청소년 브레이크댄서를 3개월 동안 측정 한 결과, 척골 축 부근에 굳은살이 생성되어 골절을 야기시킬 수 있다[4].

비보잉 동작들은 다양하고, 화려하고, 역동적이며 섬세하다 보니 가벼운 부상부터 심한 부상까지 늘 위협에 노출되어 있다.

비보이들의 부상요인들은 다양하지만 주로 지면, 신발과 발의 복잡하고 유기적인 상호작용에 기인하며 이러한 상호작용을 연구하기 위하여 사용되는 변인으로써 족저압은 지면조건(콘크리트, 모래 지반)과 신발종류(실내화, 실외화, 워킹화, 운동화)에 따른 보행 시 전축, 중축, 후축 영역에서 응력 및 압력을 규명하고[5], 또한 족저압 분포를 분석하여

신발 아웃솔 구조와 기능을 향상시킨 고기능성 스포츠클라이밍용 신발을 개발하였다[6].

회전마찰력(자유모멘트)은 인체 내부의 근육과 건 등을 통한 동작에 대한 저항으로써 자세 유지(평형 유지)를 위한 변인으로 신발 바닥의 형태에 따라 신발과 바닥면에서 발생하는 회전 안전성 평가에 사용되었다[7].

신발의 발바닥 부위별 인솔 소재 및 경도 변화에 따라 충격량과 착화감은 최적의 소재와 경도를 분석하는데 사용되었으며[8]. 그리고 마찰계수(UCOF)는 보행 시 신발 착용 유무에 따른 보행속도, 지면반력, 사용마찰계수(UCOF) 최대시점, COP-COM-수직선 각도의 차이를 조사하고, 사용마찰계수(UCOF)와의 상관관계를 분석하였다[9].

한편 쿠션닝기술이 다른 3종류 러닝신발(Gel, Air, and ethylene-vinyl acetate)을 대상으로 충격량과 족저압력은 안락감 간의 상관 유의성과 차이를 평가하기 위하여 사용되었고[10], 쿠션이 다른 2종류 신발과 관련 부상의 메커니즘을 규명하기 쿠셔닝 시스템과 체질량 변인이 사용되었다[11].

전술한 바와 같이 지금까지 신발 관련 연구에 사용되는 주요 지표로써 접지능력(Traction), 안정성(Stability), 쿠션(Cushion)과 족저압력 (Foot pressure) 등을 나타내는 변인이 연구의 주류를 이루고 있다.

농구선수들에게 맞는 전용농구화, 배구선수들에게 맞는 전용 배구화 등 각 운동종목의 퍼포먼스 향상과 부상을 방지하고자 운동종목별, 포지션에 적합한 종목 특성을 고려한 종목 전용 보호대와 전용신발이 개발되고 있다. 그러나 현재까지 세계적으로 비보이 전용신발은 개발된바 없으며 연구도 미미한 실정이다.

따라서 B-BOY의 퍼포먼스 향상과 근골격계 부상을 예방할 수 있는 생체역학적 기능 관점에서의 비보잉 전용 풋웨어의 개발은 매우 필요하다. 그러므로 비보이들이 선호하는 기존 신발 5 종류를 대상으로 신발 생체역학 이론을 바탕으로 설문지 및 인터뷰 등을 통한 정성적 연구와 생체역학 변인을 이용한 정량적 연구를 통합한 사용성 평가를 실시하여 최적의 B-BOY 전용 신발을 만들기 위한 주요변인을 규명하고 제조사에게 정보를 제공하는 것이다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

연구대상자는 발의 기형이 없고 발바닥 굴(아치) 정상적

인 비보이들을 대상으로 비보잉 지도자들이 비보이의 기술 정도와 경력을 기준으로 분류하였다. 경력 8년 이상의 20~30대 남자 10명을 비보이 숙련자로, 경력 7년 이하 남자 10명을 비숙련자로 선정하여 총 20명을 대상으로 하였다. 연구대상자의 신체적 특성 및 경력은 Table 1과 Table 2와 같다.

2.2 연구도구

2.2.1 사용성 평가 대상 신발

생체역학 기반 사용성 평가의 비교 대상 신발은 브랜드가 다른 기존 신발에 대한 목표치 제공을 위하여 비보이들이 선호하는 5개 제조사의 신발 5종을 대상으로 하였으며 Table 3과 같다.

2.2.2 비보잉 대상동작 및 이벤트와 구간

비보잉 분석 동작은 기본 동작 중 빈도가 높은 3가지의 동작으로 인디언 스텝, 레인보우 점프와 턴동작 Fig. 1, 2, 3과 보행의 전면접지(foot flat) 이벤트를 선정하였다.

2.3 측정장비

비보잉 동작의 3차원 동작과 생체역학적 변인 측정을 위하여 Qualisys사의 적외선카메라(Oqus, SF: 100 frame/sec) 12대, 두 발의 지면반력을 측정하기 위하여 지면반력기(Kistler, Type 9286A, SF: 1000 Hz) 2대와 족저압력의 평가를 위하여 판형 발압력 분포측정기(Zebris PDM-System, Zebris GmbH, Germany)를 사용하였다.


Table 1. the traits of experts

Name	age (years)	height (cm)	body mass (kg)	shoes size (mm)	career (years)
CCB	28	180	69	260	13
LM	23	170	72	250	7
SCH	33	170	65	260	18
MJY	22	170	78	250	8
JSJ	27	170	72	250	8
KDH	22	179	68	260	9
ATJ	25	170	61	260	11
AH	23	176	65	250	8
CHW	25	170	63	250	12
KYI	24	181	50	250	7
Mean	25.2	173.6	66.3	245	10.10
±SD	±5.16	±4.81	±7.3	±16	±3.48

Table 2. the traits of non-experts

name	age (years)	height (cm)	body mass (kg)	shoes size (mm)	career (years)
JSJ	20	170	70	260	5
KMS	20	170	60	260	5
KSH	20	170	61	260	5
KKK	20	176	64	260	5
KMH	20	178	81	260	6
AKH	22	172	65	250	7
SJH	21	176	88	260	7
SJH	22	157	63	260	2
KHJ	16	172	63	260	3
SMS	16	173	55	260	1
Mean	19.7	173.2	67	259	4.6
±SD	±2.1	±2.9	±10.1	±3.7	±2.0

Table 3. Five kinds shoes

Brand	Model	Side View	Sole View
N Inc.	Cortez		
A Inc.	Super star		
P Inc.	Swede		
C Inc.	All star		
V Inc.	Old school		

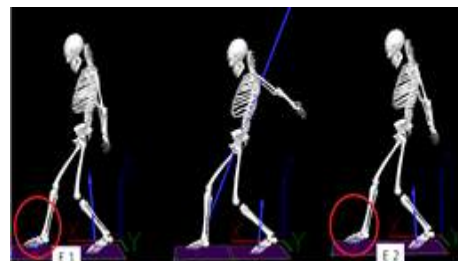


Fig. 1. Indian step

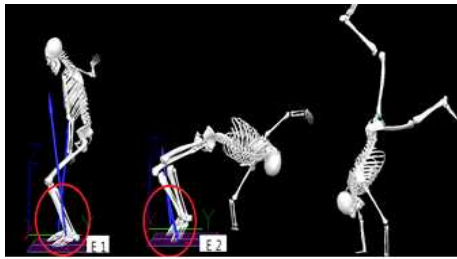


Fig. 2. Rainbow jump

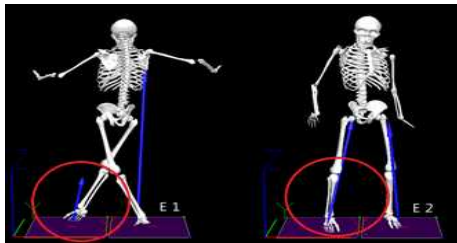


Fig. 3. Turn movement

2.4 연구 방법

2.4.1 정량적 사용성 평가

비보잉 동작의 퍼포먼스와 상해 예방의 객관적 사용성 평가를 위하여 생체역학적 연구변인을 Table 4와 같이 선정 하였다.

Table 4. Research Variables

Indicator	Function	Variables
Traction	Resistance of translational sliding	Coefficient of friction
Stability	Resistance of rotation	Free moment (Mz)
Cushion	Absorbing impact	Impulse
Balance	Pressure distribution of feet	Foot pressure

가. 접지능력(마찰계수)

비보잉 동작 중 레인보우 점프(rainbow jump) 동작 시 신발의 형태에 따른 주요 국면의 미끄럼정도(우세발 앞꿈치 접지, 이지)를 나타내는 마찰계수를 변인으로 하였다.

나. 안정성(자유모멘트)

비보잉 동작 중 턴(turn) 동작 시 신발의 종류에 따라 접프하여 우측 발목 회전 시 회전저항인 자유모멘트(N·m/kg)를 변인으로 하였다.

다. 쿠션(충격량)

비보잉 동작 중 인디언 스텝(indian step) 동작 시 신발의 형태에 따라서 숙련자와 비숙련자의 충격량(N·sec/kg)을 변인으로 하였다.

라. 발란스(족저압력)

비보이들의 보행 동작에서 전면접지(foot flat) 이벤트에서 양발의 부위별, 전족부(Forefoot), 중족부(Midfoot)와 후족부(Rearfoot)의 평균족저압력(KPa)을 변인으로 하였다.

2.4.2 정성적 사용성 평가

비보잉 동작의 주관적 사용성 평가를 위하여 신발 종류에 따라 실험 직후 발의 압력과 신발 기능에 관한 문항을 설문지를 통하여 조사하였으며 설문지는 사용자 정보 3문항과 설문문항 19항(발의 압박정도 8문항, 기능성 11문항)으로 구성하였으며 각 문항은 5점 척도("매우 좋지 않다 - 조금 좋지 않다 보통이다 조금 좋다 아주 좋다 ")로 하였다.

2.5 자료처리

숙련자, 비숙련자 각 10명으로 구분된 20명 대상자의 3종류의 비보잉 동작과 숙련정도를 구분치 않은 보행 동작 각 3회(Trial) 측정치 중 중앙치와 설문지 각 20개의 데이터를 가지고 SPSS 23.0을 이용하여 기술통계량(평균, 표준편차, 변이계수, 백분율)을 구하였다.

3. 결과

3.1 정량 및 정성적 사용성 평가

3.1.1 접지능력(Traction)

미끄럼 방지 기능은 Table 5와 같이 비보잉 레인보우 점프 동작 시 신발의 형태에 따른 주요 국면의 미끄럼 정도(우세발 앞꿈치 접지, 이지)를 나타내는 마찰계수의 최대치를 산출하였으며, 숙련자의 최대 마찰계수는 $P > C > N = V > A$ 를 보였고 비숙련자의 경우는 $A = C > V > N = P$ 를 보였다. 그리고 마찰계수의 평균값 이상을 나타내는 신발은 숙련자의 경우 P사, C사이며, 비숙련자의 경우 A사, C사로 나타났다. 신발 종류에 따라 마찰의 변동성을 나타내는 변이계수는 숙련자가 비숙련자보다 크게 나타났다.

Table 5. Coefficients of Frictions in five kinds of shoes

Type	Maximum coefficient of friction	
	Expert	Non-expert
N	0.34	0.28
A	0.31	0.32
P	0.38	0.28
C	0.37	0.32
V	0.34	0.29
Mean±SD	0.35±0.03	0.30±0.02
C.V.(%)	7.97	6.88

Table 6과 같이 설문조사 결과는 '아주 좋다'는 응답 비율만 보면 P사의 신발이 29%로 가장 높았고 그 다음으로 V사가 19% A사 14% C사와 N사가 5%의 순으로 나타났다. P사의 제품이 미끄럼에 관련하여 비보이들이 가장 선호하는 신발로 나타났으며, 가장 높은 응답비율은 N사의 '보통이다'가 52%로 전체 중 가장 높은 응답비율이 나타났다.

3.1.2 안정성

안정성(Stability)은 Table 7과 같이 평형붕괴에 대한 회전 저항으로 비보이 텀 동작 시 신발 종류에 따라서 발목의 자유모멘트를 산출 하였으며, 숙련자의 자유모멘트는 V > C > P = N > A 순으로 나타났고 비숙련자의 자유토크는 P > N > C > A > V 순으로 나타났다. 그리고 자유모멘트의 평균값 이상을 나타내는 신발은 숙련자의 경우 V사, 비숙련자의 경우 P사, N사로 나타났다. 신발 종류에 따라 안전성의 변동성을 나타내는 변이계수는 비숙련자가 숙련자보다 크게 나타났다.

Table 8의 설문조사 결과는 '매우 잡아준다' 의 응답 비율만 보면 A사, P사와 V사의 신발이 19%로 가장 높았고 N사가 14%, C사 5%로 순위였다. 가장 높은 응답비율은 P사의 '보통이다'가 48%로 전체 중 가장 높은 응답 비율을 나타냈다. 자유모멘트 평균값 이상의 값을 갖는 신발은 숙련자의 경우 C사 V사이고, 평균값 이하의 값을 갖는 신발은 N, A, P사 이다.

Table 6. Results of traction questionnaire

Type	very hard (Below 20%)	hard	medium	soft	very soft (Above 80%)	No answer	
N	# of answer	1	3	11	5	1	0
	%	5	14	52	24	5	0
A	# of answer	0	1	7	10	3	0
	%	0	5	33	48	14	0
P	# of answer	0	0	8	6	6	1
	%	0	0	38	29	29	5
V	# of answer	0	3	5	7	4	2
	%	0	14	24	33	19	10
C	# of answer	3	6	7	3	1	1
	%	14	29	33	14	5	5

Table 7. Free moments of right ankles joint during turn- movement

Type	Free moment (N·m/kg)	
	Expert	Non-expert
N	0.32	0.31
A	0.30	0.26
P	0.32	0.32
C	0.34	0.29
V	0.35	0.25
Mean±SD	0.33±0.02	0.29±0.03
C.V.(%)	5.98	10.66

Table 8. Results of stability questionnaire

Type	very hard (Below 20%)	hard	medium	soft	very soft (Above 80%)	No answer	
N	# of answer	1	5	3	9	3	0
	%	5	24	14	43	14	0
A	# of answer	0	6	6	5	4	0
	%	0	29	29	24	19	0
P	# of answer	0	1	10	5	4	1
	%	0	5	48	24	19	5
V	# of answer	1	1	8	6	4	1
	%	5	5	38	29	19	5
C	# of answer	3	6	7	3	1	1
	%	14	29	33	14	5	5

3.1.3 쿠션(Cushioning)

쿠션(Cushioning)은 충격흡수 능력으로 비보잉 인디언 스텝 동작 시 신발의 형태에 따라서 충격량(Impulse)을 산출하였다(Table 9). 그 결과 숙련자는 N > A > P > V > C 순으로 나타났고, 비숙련자 같은 경우에는 N > C > A > P > V 순 이었다. 숙련자와 비숙련자 모두 N사 신발이 가장 높은 충격량을 보였다. 그리고 충격량의 평균값 이상을 나타내는 신발은 숙련자의 경우 N사, A사이며, 비숙련자의 경우 N사, C사로 나타났다. 신발 종류에 따라 충격흡수의 변동성을 나타내는 변이계수는 비숙련자가 숙련자보다 크게 나타났다.

Table 9. Impulses of five kinds of shoes

Type	Impulse(N · sec/kg)	
	Expert	Non-expert
N	2.51	2.86
A	2.48	2.69
P	2.45	2.68
C	2.39	2.75
V	2.44	2.60
Mean±SD	2.45±0.05	2.72±0.10
C.V.(%)	1.84	3.56

Table 10의 설문조사 결과는 ‘매우 푹신하다’의 응답 비율만 보면 N사와 A사 P사의 신발이 14%로 나타났으며, 그다음 V사 5% C사 0% 순이었다. 전체 가장 높은 응답 비율은 N사 ‘보통이다’가 43%로 전체 중에서 가장 높았다.

3.1.4 보행 발란스

발바닥의 족저압력은 보행 Table 11, Table 12와 같이 발란스를 평가할 수 있는 변인으로 발을 좌·우 부위별(전족부, 중족부, 후족부)로 구분하여 평균 족저압력과 좌·우 차이를 산출하였다.

비보이들의 보행 족저압력은 전체적으로 전족부> 후족부> 중족부 순으로 압력을 받는 것으로 나타났다.

좌측발의 전족부(Forefoot)는 P사의 신발이 최대치, C사의 신발이 최소치를 보였고, 중족부(Midfoot)는 V사 신발이 최대치, N사의 신발이 최소치를 보였으며, 후족부(Rearfoot)에서 좌측은 V사 신발, 우측은 N사 신발이 최대치를 보였으며, A사 신발이 최소치를 보였다. 좌·우의 전족부는 모두 P사의 신발이 족저압력의 영향을 제일 많이 받았으며, 또한 C사의 제품이 압력을 가장 적게 받은 것으로 나타났다.

좌우 발란스를 분석하기 위해서 우측발 평균압력 - 좌측발 평균압력을 산출한 결과, 전족부에서 A사와 C사 신발이 차이가 가장 작고 V사 신발의 차이가 가장 크게 나타나고, 중족부에서 N사 신발이 차이가 가장 작고 P사 신발의 차이가 가장 크게 나타났으며, 후족부에서 V사 신발이 차이가 가장 작고 N사 신발이 차이가 가장 크게 나타났다. 전족부는 N사를 제외하고 모든 회사 신발에서 우측발이 좌측발보다 크게 나타나고, 중족부는 모든 신발에서 좌측발이 우측발보다 크게 나타난 반면 후족부에서는 반대로 나타났다.

Table 10. Results of cushion questionnaire

Cushion	very hard (20%이하)	hard	medi-um	soft	very soft (80%이상)	No answer	
N	# of answer	0	2	9	7	3	0
	%	0	10	43	33	14	0
A	# of answer	2	4	5	7	3	0
	%	10	19	24	33	14	0
P	# of answer	1	2	5	9	3	1
	%	5	10	24	43	14	5
V	# of answer	3	7	7	2	1	1
	%	14	33	33	10	5	5
C	# of answer	4	8	8	0	0	1
	%	19	38	38	0	0	5

Table 11. Mean foot pressures for five kinds shoes

	Left (kPa)			Right (kPa)		
	Fore foot	Mid foot	Rearfoot	Forefoot	Midfoot	Rearfoot
N	10.69±0.98	4.03±0.96	8.35±0.98	10.55±0.80	3.95±0.61	9.23±1.13
A	10.68±0.99	5.82±1.89	7.33±1.46	10.74±0.80	5.20±1.39	8.17±1.22
P	10.70±1.19	5.69±1.12	7.98±1.22	10.81±1.04	4.71±0.83	8.57±0.98
C	10.05±1.53	5.00±1.06	7.74±0.90	10.11±1.38	4.12±0.89	8.37±1.12
V	10.26±1.10	5.85±1.42	8.36±1.11	10.53±0.73	5.35±0.62	8.40±1.21

Table 12. Differences of foot pressures for five kinds shoes

Type	Right- Left (KPa)		
	Fore foot	Mid foot	Rear foot
N	-0.14	-0.08	0.88
A	0.06	-0.62	0.84
P	0.11	-0.98	0.59
C	0.06	-0.88	0.63
V	0.27	-0.50	0.04

4. 논의

4.1 접지능력

신발의 마찰력을 이용하여 몸을 뒤로 점프하는 레인보우 점프동작에서 마찰계수를 측정하였을 때 P사의 신발이 마찰계수가 크게 나타났고, 비보이들이 선호하는 미끌림 정도의 신발도 P사의 신발로 정량, 정성적 결과가 같게 나타났다. 그러므로 P사 신발의 마찰계수가 비보이들 에게 마찰면 에서는 적절한 것으로 판단된다. 그러므로 P사 신발의 마찰 계수가 0.38 정도의 값을 가지므로 신발 제작 시 아웃솔의 재질과 트레드 고려하여 이를 구현하는 것이 바람직하다고 생각된다. 그리고 설문조사에서 A사의 '조금 좋다'가 48%, N사의 '보통이다'가 52% 인 것을 감안할 때 A사의 신발 트레드와 N사의 신발 트레드를 함께 고려해 볼 필요가 있다고 생각된다.

4.2 안정성

자유모멘트는 숙련자의 동작에서 회전저항이 더 크게 나타나는 특성이 있다. P사 신발이 자유모멘트는 숙련 정도에 관계없이 동일하게(0.32) 나타났으며, 주관적 평가에서도 '매우 잡아준다'와 '보통이다' 문항에서 최고의 응답비율을 보여서 발목회전에는 P사 신발이 가장 바람직하다고 사료된다. 일맥상통하게 비보이들이 발목까지 감싸는 하이넥(High neck style) 신발유형을 선호하지 않는 것은 발목의 회전저 항을 증가시키기 때문이라고 생각된다. 그리고 비숙련자의 변이계수가 10% 이상으로 나타나 비숙련자는 신발 종류에 따라서 회전저항의 차이가 다소 발생한다고 생각된다.

4.3 쿠션

충격량은 비숙련자가 숙련자보다 높게 나타났으며 이는 비숙련자의 동작은 발의 충격을 흡수할 수 있는 하지관절의

움직임 기술을 완전히 습득하지 않았거나, 충격량($f \times t$) 변 인 중 시간(t) 요인을 크게 하여 야기된 것 이라고 생각된다.

충격시간의 증가는 바닥면과 관련된 요소(인솔, 아웃솔 의 재질, 탄성도, 트레드 모양 등)와 상호 연관을 가진다. 이것은 숙련자와 비숙련자 모두 N사 신발이 가장 높은 충 격량을 보이고, '매우 폭신하다' 문항과 연관성이 있는 것은 흡수력이 좋은 소재나 바닥 구조가 충격시간을 늘려서 발생 하는 것으로 생각된다. 그리고 숙련자와 비숙련자 모두 N 사 신발이 가장 높은 충격량을 보이고 이는 주관적 평가에서 '매우 폭신하다' 문항과 연관성이 있으며 신발 종류에 관 계없이 '보통이다' 문항이 가장 큰 48% 비율을 보여 신발의 쿠션은 중간정도가 바람직하다고 생각된다. 한편 비보이들 은 C사의 제품을 선호하는데 '보통이다'와 '조금 딱딱하다' 문항 비율, 38%가 이를 반영하는 것으로 생각된다.

4.4 평균 족저압력

개인마다 발바닥의 형태나 보행 패턴이 상이하기 때문에 반드시 평균 족저압력의 대소가 절대적으로 좋다고는 할 수 없다. 평균 족저압력의 최소치는 전족부 C사, 중족부 V사, 후족부 A사 나타나고, 평균 족저압력의 최대치는 전족부 P 사, 중족부 V사, 후족부는 V사와 N사로 나타났다. 한편 평 균 족저압력의 좌·우 차이로 나타나는 보행균형에서 전족 부는 A사와 C사, 중족부는 N사, 후족부는 V사가 바람직하 다고 생각된다.

두 가지 변인을 함께 분석하면 전족부는 평균 족저압력 의 최소치로 좌·우 차이가 작은 C사 신발, 중족부는 공통 신발이 없으며, 후족부는 평균 족저압력의 최대치로 좌·우 차이가 작은 V사 신발이 보행 균형성에서는 유리하다고 생각된다. 그러므로 각 제조사의 아웃솔 재질, 트레드 패턴, 인솔에 대한 특성을 심층 조사하여 부위별로 다르게 제작하 는 것도 고려 해 볼만한 방법이라고 생각된다.

5. 결론 및 제언

생체역학 근거 인간공학적 B-BOY 전용 신발의 연구 결 과 요약 및 결론은 다음과 같다. 첫째, 접지능력과 안전성 면 에서 마찰계수 0.38, 자유모멘트가 0.32 N·m/kg인 P사 신 발이 바람직하다. 둘째, 쿠션면에서 충격량이 숙련자, 2.51 N·m/kg과 비숙련자, 2.86 N·m/kg인 N사 신발이 적절한 것으로 나타났다. 셋째, 보행균형성은 전족부의 평균 족저압 력이 10.11 KPa(우측), 10.05 KPa(좌측)인 C사 신발, 후족

부의 평균 족저압력이 8.40 KPa(우측), 8.36 KPa(좌측)인 V사 신발 적정하다고 판단된다. 결론적으로 접지능력과 안전성은 P사, 쿠션면은 N사와 보행 균형성은 C사 및 V사 신발들의 구조와 재질을 조합한 신발을 개발하여야 한다.

향후 세계최초로 개발되는 비보이 전용신발의 디자인 및 사용성 평가를 통해 신발 고도화를 하여야 한다.

REFERENCES

- [1] Y. J. Kang & M. W. No. (2007). Analysis of success factors of B-boy performances and study of global marketing strategy. *Human Contents of Association*, (10), 263-282.
- [2] S. J. Kim. (2008). B-boys and traditional culture met. *Korea Institute of Brain Science, Brain*, 10, 68-69.
- [3] C. H. Cho, K. S. Song, B. W. Min, S. M. Lee, H. W. Chang & D. S. Eum. (2009). Musculoskeletal injuries in break-dancers. *Injury*, 40(11), 1207-1211.
- [4] Y. H. Chen, C. L. Kuo, L. C. Lin, S. J. Wang, C. H. Lee (2008). Stress fracture of the ulna in a break-dancer. *Journal of Sports Science & Medicine*, 7(4), 556-559.
- [5] S. H. Kim, H. Y. Lee & Y. D. Kim. (2015). Plantar foot pressure distribution depending on ground conditions and shoe type. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 16(4), 2899-2905.
- [6] S. H. Ryu, H. J. Gil, S. J. Kong, Y. S. Choi, J. S. Ryu, S. H. Yoon & S. K. Park. (2018). The Effects of Insole Material and Hardness in Different Plantar Sites on the Comfort and Impact Absorption. *Journal of the ergonomics society of Korea* , 37(4), 475-487.
- [7] J. S. Lee & S. K. Park. (2004). Rotational Friction of Different Soccer Stud. *Korean Society of Sport Biomechanics*, 14(2), 121-138.
- [8] S. B. Park, K. D. Lee, D. W. Kim, J. H. Yoo, J. M. Jung & K. H. Park. (2017). Analysis of plantar pressure during climbing for the development of sports climbing shoes. *Journal Footwear Science, Issue sup1: Proceedings of the Thirteenth Footwear Biomechanics Symposium*. (pp. 5111-5113).
- [9] S. G. Oh & J. H. Kim. (2018). A Comparative Study on the Characteristics of Friction with/without shoes by Analyzing Bio-signals during walking. *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(6), 59-66.
- [10] R. C. Dinato, A. P. Ribeiro, M. K. Butugan, I. L. Pereira, A. N. Onodera & I. C. Sacco. (2015).

Biomechanical Variables and Perception of Comfort in Running Shoes with different Cushioning Technologies. *Journal of Science Medical Sport*, 18(1), 93-97.

- [11] L. Malisoux, N. Delattre, A. Urhausen & D. Theisen (2017). Shoe Cushioning, Body Mass and Running Biomechanics as Risk Factors for Running Injury: a Study Protocol for a Randomised Controlled Trial. *BMJ Open*, 1-7.

하 종 규(Chong-Ku Hah)

[정회원]



- 1981년 2월 : 한양대학교 산업공학과 (공학사)
- 1997년 2월 : 한양대학교 산업공학 (공학석사)
- 2019년 1월 ~ 현재 : ㈜알앤디비 대표

- 관심분야 : 제품사용성능평가, 생체신호 빅데이터
- E-Mail : kuya-hah@hanmail.net

장 영 관(Young-kwan Jang)

[정회원]



- 1986년 2월 : 한양대학교 산업공학과 (공학사)
- 1996년 8월 : 한양대학교 산업공학과 (공학박사)
- 1996년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 산업경영공학과 교수

- 관심분야 : 인간공학, 정보시스템
- E-Mail : ykjang@kangwon.ac.kr

김 진 현(Jin-Hyun Kim)

[정회원]



- 2008년 8월 : 제주대학교 체육교육 전공(체육교육학석사)
- 2012년 2월 : 제주대학교 체육학과 (체육학박사)
- 2004년 9월 ~ 현재 : 제주국제대학교 스포츠재활학과 조교수

- 관심분야 : 스포츠과학, 스포츠재활, 운동역학
- E-Mail : jinhyun0829@jeju.ac.kr