

## 보아의 K-Pop 넘버원 댄스 핵심동작의 생체역학적 분석

하중규<sup>1</sup>, 장영관<sup>2\*</sup>, 이재석<sup>3</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 산학협력단, <sup>2</sup>강원대학교 산업경영공학과, <sup>3</sup>상명대학교 전기전자제어학과

### Biomechanical Analysis of Key Motion on BoA's No. 1 in K-Pop Dance

Chong-Ku Hah<sup>1</sup>, Young-Kwan Jang<sup>2\*</sup>, Jae-Sug Ki<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Industry-University Collaboration Foundation, Kangwon National University,

<sup>2</sup>Department of Industrial & Management, Kangwon National University,

<sup>3</sup>Electrical, Electronics and Control Engineering, Sangmyung University

**요약** 본 연구의 목적은 보아의 넘버원 댄스 핵심동작의 생체역학적 3차원분석이며 보아의 전문 안무가가 실험에 참가하였다. 핵심동작의 관절 동작범위는 견관절과 주관절의 전후회전, 분절 동작범위는 몸통과 골반의 좌우회전이 가장 크며 몸통이 골반보다 더 크다. 무게중심이동 속도는 상하방향의 가장 빠르고 좌우, 전후방향 순이다. 최대각속도는 상지관절의 견관절과 주관절 및 하지관절의 고관절과 슬관절의 전후회전에서 가장 크게 나타났으나 족관절의 동작범위와 각속도는 거의 생성되지 않았다. 그리고 최대 회전과위는 상지 견관절과 하지 슬관절을 중심으로 원위분절로 갈수록 작게 나타나고 회전력은 고관절 외전모멘트가 가장 크고 슬관절은 신전모멘트가 크게 나타났다.

**Abstract** The purpose of this study was to investigate biomechanical factors on key motions in K-Pop dance(BoA's No.1). A professional choreographer who was BoA's K-Pop No. 1 dance participated in this study. ROMs(range of motion) of shoulder and elbow joints in AP direction were greater than other joints. Those of trunk and pelvis in ML direction were the greatest of other directions. The velocity of CoG in SI direction was greater than other directions, and also max angular velocities of shoulder, elbow, knee, and hip joints in AP direction were the greatest of all directions. But ROM and angular velocity of ankle joint were very small. Max rotational powers of shoulder and knee joints were larger than other joints.

**Key Words** : Biomechanics, BoA's NO.1 dance, K-Pop dance, Moment, Power

#### 1. 서론

1970년부터 2009년까지 국외의 댄스 생체역학 분야의 연구동향은 EMG, 지면반력, 동작분석과 신체분석이 주류를 이루며 주로 동작의 개념과 특정 동작을 분석한 것이다. 이 기간 중 89편의 논문을 조사한 결과 alignment (편수=8), plie(8), releve(8), passe (3), degage(3),

developpe(7), rond de jambe(3), grand battement(4), arm movements(1), forward stepping(3), turns(6), elevation work(28), falls(1)과 dance-specific-motor strategies(6)이고 주로 발레동작 이었다[1]. 한편, 국내 댄스 생체역학 분야 역시 발레 연구가 주류를 이루어 왔으며, 점차적으로 스포츠 댄스와 에어로빅스를 중심으로 간헐적이지만 지속적인 연구가 이루어지고 있다[2].

\* 이 논문은 2014년 제52회 한국체육학회 학술발표회에 포스터로 발표한 내용을 수정, 보완하였음을 밝힙니다.  
본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2014년도 문화기술연구개발지원의 연구결과로 수행됐음.

\*Corresponding Author : Young-Kwan Jang(Kangwon Univ.)

Tel: +82-33-570-6585 email : ykjang@kangwon.ac.kr

Received January 22, 2015

Revised February 10, 2015

Accepted February 12, 2015

오늘날 K-Pop의 세계적 선풍의 핵심에는 K-Pop 댄스가 자리 잡고 있으며 가장 큰 특징이다. 전 세계에 열병처럼 퍼진 사이의 '강남스타일'의 말춤이 그 대표적인 예이다. K-Pop 댄스는 일체화된 군무로, 때론 과위풀하고 창의적인 동작으로 K-Pop의 끝없는 '빅뱅'을 주도하고 있다.

그러나 지금까지 K-Pop 댄스의 종주국인 한국에서조차도 과학적 실험에 근거한 K-Pop 댄스의 생체역학적 연구가 거의 이루어지지 않고 있어 관계자들의 요구를 충족시키지 못하는 현실이다. 특히, K-Pop 댄스는 발레와 같이 규범적인 동작의 집합체가 아니라 불특정 다수 장르의 동작이 융복합적으로 결합된 창의적인 동작으로 재탄생된 것이다. 그럼에도 불구하고 지도자, 안무가와 수련생들에게 효율적으로 지도, 학습과 창작에 필요한 주요 생체역학적 정보를 제공하지 못하고 있다[2].

댄스는 얼굴 표정 또는 동작을 매개체로 하여 인간의 내면세계를 외면세계로 이끌어 내는 과정의 예술 형식이다. 이러한 과정에서 기쁨과 분노의 표현은 동작 속도와 동작범위를 크게 하고, 반면에 만족과 슬픔의 표현은 작게 수행한다[3-7]. 그러나 최근 국내의 한국무용에 대한 생체역학 연구로써 서양댄스와 달리 한국무용의 양손감기 동작은 체중 수용기에 엉덩, 무릎, 발목관절 순으로 그 움직임이 완결되며, 댄서의 감정 완급 표현은 상지관절과 엉덩관절의 동작범위와 속도로 제어하지만, 다리관절의 운동범위는 신체 이동특성에 영향을 크게 받기 때문에 감정적 요인이라 말하기 어려우며 동서양 문화차이와 춤의 특성에 따라서 차별적으로 나타난다[8].

이와 같이 지금까지의 연구들은 댄서의 감정(분노, 공포, 비애, 즐거움 등)의 표현이나 인지를 어떻게 댄스 동작으로 나타내어야 하는가에 대한 정성적인 접근이었으며, 그나마 정량적 연구는 주로 시공간변인(지속시간, 박자 변화, 변화들 사이에 멈춤의 길이, 동작범위 등)이 답습적으로 연구되고, 생체역학적인 변인은 매우 제한적으로 진행되어왔다[9, 10].

K-Pop 댄스를 통한 한류문화산업 생태계 조성과 확장을 위하여 과학적이고 체계적인 생체역학 데이터베이스 구축은 시급한 현실이다. 이러한 데이터베이스 구축의 일환으로 특정 K-Pop 댄스곡의 특성을 대표하는 전문 안무가에 의한 오리지널 댄스의 핵심동작을 생체역학적으로 분석하는 것은 과학적인 이론에 근거한 안무지도와 학습에 매우 필요하다.

댄스 동작의 형태를 잘 나타내는 분절 및 관절각의 동작범위(ROM), 감정을 표현할 수 있는 무게중심(CoG)의 속도 및 관절 각속도, 동작의 역동성을 표현하는 순발력(Power)과 관절의 회전력을 나타내는 모멘트(Moment)를 규명하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구대상

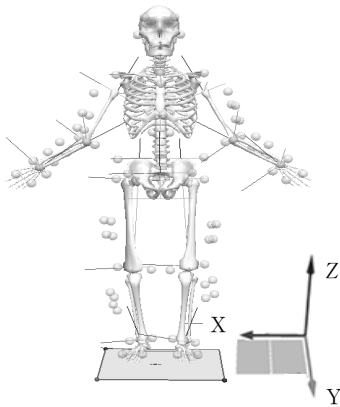
지난 3년간 신경정형외과적 질환이 없고 안무의 의도를 가장 잘 이해하고 표현할 수 있는 보아의 전문안무가 1인(경력: 10년 이상, 나이: 28세, 신장: 170 cm 체질량: 75 kg)을 선정하였다.

### 2.2 실험절차 및 도구

실험 전 연구원이 대상자에게 실험의 목적을 충분히 설명하고 동의를 획득한 후 대상자에게 상의는 탈의하고, 하의는 스포츠 반바지를 착용케 하였다. 대상자에게 실험의 주의사항을 숙지시키고 넘버원댄스를 충분히 연습하고 대상자의 준비완료 신호를 받은 후 실험을 시작하였다.

3차원 자료획득을 위해 모션캡처시스템(motion capture system)을 사용하고, 영상자료는 Oqus-5, 적외선 카메라 12대(Qualisys, Sweden)를 샘플링율 100Hz. 지면반력자료는 Type 9286A, 지면반력기(Kistler, Switzerland) 2대를 샘플링율 1000Hz.로 설정하여 두 장비를 동조하여 사용하였다.

축방향과 동작 범위내의 공간좌표화는 오리엔테이션 프레임(Orientation Frame)과 캘리브레이션 wand(Calibration Wand)를 이용하고, 인체 좌표화는 Visual-3D의 마커시스템 준하여 78개의 구형 반사마커를 대상자의 신체에 부착하고 스탠딩 캘리브레이션(standing calibration)을 실시하였다(Fig. 1).



[Fig. 1] Directions of axes & standing calibration

### 2.3 분석 동작 및 국면과 이벤트

보아의 K-Pop 넘버원 댄스 동작 중에서 전문 안무가가 다른 댄스와 구분되는 특징적인 동작을 핵심동작으로 선정하여 다음과 같이 12이벤트와 11국면으로 분류하였다(Fig. 2).

제1국면(점프국면): 양발접지 시점 - 점프 후 양발 착지 시점.

제2국면(1<sup>st</sup> 웅크리기국면): 점프 후 양발착지 시점 - 몸을 웅크리며  $CoM_z$  최하 시점.

제3국면(손 찌르기국면): 몸을 웅크리며  $CoM_z$  최하 시점 - 오른손 최고높이 시점.

제4국면(점프 준비국면): 오른손 최고높이 시점 - 2<sup>nd</sup>  $CoM_z$  최하 시점.

제5국면(2<sup>nd</sup> 점프국면): 2<sup>nd</sup>  $CoM_z$  최하 시점 - 수직 지면반력 최대 시점.

제6국면(오른발 하강국면): 수직지면반력 최대시점 - 오른발 착지 시점.

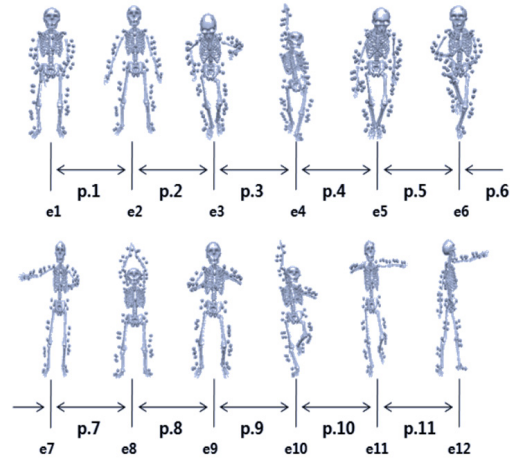
제7국면(두손 찌르기국면): 오른발 착지 시점 - 양손 최고높이 시점.

제8국면(2<sup>nd</sup> 웅크리기국면): 양손 최고높이 시점 - 3<sup>rd</sup>  $CoM_z$  최하 시점

제9국면(3<sup>rd</sup> 점프국면): 3<sup>rd</sup>  $CoM_z$  최하 시점 - 점프 후  $CoM_z$  최고 시점(오른손 최고높이 시점)

제10국면(왼팔 수평외전국면): 점프 후  $CoM_z$  최고 시점(오른손 최고높이 시점) - 오른발 2<sup>nd</sup> 수직 지면반력 최대 시점(왼팔 최대 수평외전 시점).

제11국면(마무리국면): 오른발 2<sup>nd</sup> 수직지면반력 최대 시점(왼팔 최대 수평외전 시점) - 왼발 접지 시점(몸통 좌외전 종료 시점).



[Fig. 2] Events and phases

### 2.4 분석방법 및 자료처리

3차원 인체모델은 강체시스템(rigidbody system)으로 간주하고 QTM(Qualisys track man ager)을 이용하여 획득한 2차원 원자료를 NLT (Non-Linear Transformation)방법으로 3차원 자료화하였다. 영상 및 지면반력자료의 노이즈 제거를 위해 원자료를 파워스펙트럼 분석하여 각각 차단 주파수는 6Hz.와 14Hz.로 Butterworth 4차 저역통과 스무딩방법으로 필터링하였다. 연구변인의 분석은 역동역학 방법(Inverse dynamic method)을 사용하는 Visual 3D(C-Motion Inc, USA)를 이용해 분석하였다.

축방향은 전방향이 Y축, 상방향은 Z축X축은 오른손 나사법칙에 준하였으며, 각 정의는 해부학적 자세를 기준(0°)으로 상대관절각인 견관절각은 굴곡, 외전과 수평 외회전, 주관절각은 굴곡, 외전과 회외전, 족관절각은 배측굴곡, 외번과 회외전, 슬관절각과 고관절각은 굴곡, 외전과 회외전을 양의 방향(+)으로, 절대 몸통각과는 좌측 회전/ 후경/ 우경, 골반은 내측회전/후경/좌상승 방향(+)으로 반대를 음의 방향으로 정의하였다.

#### 2.4.1 자료 및 통계 처리

K-Pop댄스 전문안무가 1인의 사례연구로써 핵심동작 5회의 평균값을 이용하였다.

### 2.5 분석변인

분석변인은 댄스 동작의 형태를 잘 나타내는 분절 및 관절각의 동작범위(ROM), 감정을 표현할 수 있는 무게중심(CoG)의 속도 및 관절 각속도 및 동작의 역동성을 표현하는 회전력(Moment)과 순발력(Power)을 선정하였다.

## 3. 결과

### 3.1 관절 및 분절의 동작범위

보아의 넘버원 댄스의 핵심동작 형태를 나타내는 관절의 ROM(range of motion)은 모든 관절에서 전후회전(x축)이 가장 크며 견관절>주관절>슬관절>고관절 이었다. 그리고 좌우회전(y축)과 수평회전(z축)은 견관절>주관절>고관절>슬관절이며 족관절의 회전은 거의 나타나지 않았다. 공통적으로 견관절과 주관절의 동작범위가 고관절과 슬관절의 동작범위 보다 크게 나타나 상체의 동작이 하체보다 크게 나타났다(Table 1).

[Table 1] ROM of joint angle Unit: deg

Joint	ROM					
	Right			Left		
	x	y	z	x	y	z
Shoulder	190.55	102.25	100.45	182.52	85.64	140.51
Elbow	145.38	46.03	87.88	142.37	40.72	43.18
Hip	89.92	24.72	34.92	73.23	30.38	23.38
Knee	119.97	18.73	36.19	126.81	17.02	20.47
Ankle	0.0001	0.0002	0.0007	0.0002	0.0001	0.0002

상체분절인 몸통 동작은 좌우측회전(z축)> 전후경> 좌우경이고, 하체분절인 골반도 좌우측회전>전후경>상승/하강으로 나타났다. 그리고 몸통의 좌우측회전각 범위는 골반에 비해 약 3.4배 크고 전후경각은 유사하며 좌우경각은 약 1.5배 더 크게 나타났다(Table 2).

[Table 2] ROM of segment angle Unit: deg.

Segment	ROM		
	x	y	z
Trunk	56.91	12.90	114.63
Pelvis	16.82	15.78	74.89

### 3.2 무게중심(CoG)의 속도 및 관절과 분절 각속도

#### 3.2.1 무게중심의 성분 및 합성속도

댄스 동작에서 무게중심의 성분별 최대/평균속도는 상하방향>좌우방향>전후방향이고 최대합성속도는 평균보다 약 1.3배 크게 나타났다(Table 3).

[Table 3] Velocity of CoG Unit: m/s

CoG(m)	Max			Average		
Axis	x	y	z	x	y	z
Velocity (m/sec.)	41.47	26.58	53.62	29.97	16.65	44.71
Resultant velocity	72.81			56.34		

#### 3.2.2 관절 및 분절의 최대각속도

신체 관절의 최대각속도는 주로 상지관절인 견관절과 주관절의 전후회전방향에서 생성되었으며 성분별로 다소 차이를 보였다. 하지관절의 경우 고관절과 슬관절의 최대각속도 역시 전후회전방향에서 성분별로 차이를 보이며 유사하게 나타났으며 족관절의 최대각속도가 매우 작게 나타났다.

상지 관절의 성분별 최대각속도는 우측 견관절은 신전>굴곡>수평내회전>외전>수평외회전>내전이고 좌측은 수평외회전>굴곡>수평내회전>신전>내전>외전이다. 그리고 주관절의 성분별 최대각속도는 우측에서 신전>내전>굴곡>외전>내회전>외회전이고 좌측은 신전>굴곡>외전>내회전>외회전>내전이다.

한편 하지의 성분별 고관절 최대각속도는 우측이 굴곡>신전>내회전>외회전>내전>외전이며 좌측은 신전>굴곡>외회전>외전>내회전>내전이다. 그리고 성분별 슬관절 최대각속도는 우측이 신전>굴곡>외회전>내전>외전>내회전이고 좌측은 굴곡>신전>내회전>외회전>내전>외전이다. 그러나 족관절의 최대각속도는 모든 성분에서 매우 작게 생성되었다.

우측관절의 굴곡과 신전에서 최대각속도는 주관절>견관절>슬관절>고관절이고 상지관절이 하지관절보다 평균적으로 약 1.5배 크게 나타났다. 외전각속도 역시 주관절>견관절>슬관절>고관절으로 상지관절이 하지관절보다 평균적으로 약 2배 크며, 내전각속도는 주관절>견관절>고관절>슬관절으로 상지가 하지보다 평균적으로 약 3배 크게 나타났다. 한편, 외회전각속도는 주관절>견

[Table 4] Max angular velocity

Unit:  $\Theta/s$

Joint	Max angular velocity											
	Right						Left					
	Direction	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y
Shoulder	434.75	319.4	257.66	-447.75	-241.48	-423.84	345.91	240.88	347.95	-288.15	-245.27	-329.2
Elbow	460.4	385.82	268.82	-671.3	-479.45	-220.88	462.73	194.3	158.89	-726.7	-108.12	-182.23
Hip	218.95	86.96	121.15	-166.64	-117.29	-140.34	208.71	91.79	126.25	-266.40	-60.01	-89.96
Knee	375.9	103.67	134.71	-409.09	-105.2	-84.34	538.74	79.85	111.2	-384.53	-99.57	-113.93
Ankle	0.001	0.002	0.05	-0.06	-0.16	-0.005	0.001	0.13	0.03	-0.52	-0.01	-0.48

관절>슬관절>고관절으로 상지가 하지 보다 평균적으로 약 2배 크며 내회전각속도는 견관절>주관절>고관절>슬관절으로 나타나고 상지가 하지 보다 평균적으로 약 2배 크게 나타났다. 공통점은 상지관절의 각속도가 하지관절 보다 크게 나타났으며 특히, 주관절의 신전각속도가 671  $\Theta/s$  가장 빠르고 고관절의 외전각속도는 86.96 $\Theta/s$ 로 가장 느리게 나타났다.

좌측관절의 굴곡각속도는 슬관절>주관절>견관절>고관절이고 신전각속도는 주관절>슬관절 >견관절>고관절이다. 그리고 외전각속도 역시 견관절>주관절>고관절>슬관절이고 내전각속도 견관절>주관절> 슬관절>고관절이다. 또한 외회전 각속도 견관절>주관절>고관절>슬관절이고, 내회전 각속도 역시, 견관절>주관절>슬관절>고관절 이며 슬관절의 굴곡 각속도를 제외하고 상지 관절각속도가 하지관절 각속도보다 크게 나타났다. 특히, 주관절의 신전각속도가 -726.7 $\Theta/s$  가장 빠르고 고관절의 내전각속도는 86.96  $\Theta/s$  로 가장 느리게 나타났다. 또한 우측 족관절 각속도는 거의 나타나지 않았으며 좌측 족관절 각속도는 매우 미세하게 나타났다(Table 4). 한편, 몸통분절의 성분각속도는 좌측회전>전경>우측회전>후경>우경>좌경이고 몸통 좌측 가쪽 회전과 앞으로 굽힘동작이 빠르게 나타났다. 그리고 골반 분절의 각속도는 몸통분절 각속도와 비교하여 거의 생성되지 않았으며 좌측회전이 매우 낮은 각속도를 나타냈다(Table 5).

[Table 5] Max angular velocity of the segment

Unit:  $\Theta/s$

Segment	Max angular velocity					
	Direction	x	y	z	x	y
Trunk	109.17	37.59	264.79	-130.22	-34.74	-116.83
Pelvis	0.43	0.87	1.42	-0.66	-0.58	-0.92

### 3.3 순발력(Power)과 모멘트(Moment)

덴스의 역동성을 표현하는 최대 회전파워에서 상지는 견관절, 하지는 슬관절을 중심으로 원위분절로 갈수록 작게 나타났다. 상하지의 가장 큰 성분별 최대 회전파워는 우측 견관절이 외전>내전>수평내회전>굴곡>신전>수평외회전이고, 좌측 견관절은 굴곡>수평내회전>내전>수평외회전>외전>신전이다. 그리고 우측 슬관절은 굴곡>외회전>신전>내회전>외전>내전이고 좌측 슬관절은 굴곡>신전>외전>내회전>내전>외회전으로 나타났다. 견관절의 최대 회전파워는 우측은 외전, 좌측은 굴곡에서 나타났고 슬관절의 최대 회전파워는 좌우측 모두에서 굴곡이 가장 크게 나타났다(Table 6).

덴스 동작에서 하지 관절의 최대 모멘트(회전력)는 족관절이 전반적으로 고관절과 주관절에 비해서 작게 나타났으며 고관절의 성분별 최대 모멘트는 우측이 외전>외회전>내회전>신전>굴곡>내전이고, 좌측은 외전>외/내회전>신전>굴곡>내전으로 거의 같은 패턴을 보였다. 그리고 슬관절의 최대 모멘트는 우측이 신전>외회전>외전=내회전>굴곡>내전이고 좌측이 신전>내전>굴곡>외회전>외전>내회전이다. 또한 족관절의 성분별 최대 모멘트는 우측이 저측굴곡>외변>외회전>내변>내회전>배측굴곡이며, 좌측은 저측굴곡>외회전>외변>배측굴곡=내회전>내변이다(Table 7).

## 4. 논의

보아의 넘어진 덴스의 핵심동작 형태는 상지관절인 견관절과 주관절의 전후방향 회전이 주로 사용하며 견관절의 회전범위가 다른 관절에 비교하여 가장 크게 사용되었다. 그런데 몸통과 골반은 좌우회전이 가장 크게 사

[Table 6] Max power of joint

Unit: W/kg

Joint	Max power											
	Right						Left					
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
Wrist	0.01	0.01	0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01
Shoulder	4.04	9.91	3.12	-3.76	-8.09	-6.86	5.58	3.82	4.59	-1.47	-4.84	-5.34
Elbow	0.21	0.69	0.28	-0.13	-2.09	-0.34	0.25	0.13	0.15	-0.65	-0.10	-0.10
Hip	1.81	0.67	2.36	-2.67	-1.29	-3.76	1.70	2.36	2.10	-2.72	-3.46	-1.97
Knee	5.21	1.04	4.23	-3.34	-0.90	-1.76	9.36	1.31	0.48	-4.56	-0.64	-0.90
Ankle	0.98	0.31	0.04	-1.43	-0.52	-0.07	0.93	0.13	0.30	-1.78	-0.15	-0.31

[Table 7] Max moment of lower extremity

Unit: Nm/(kg×height)

Joint	Max moment											
	Right						Left					
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
Hip	0.54	0.94	0.93	-0.71	-0.39	-0.78	0.47	1.20	0.94	-0.89	-0.29	-0.94
Knee	0.63	0.78	0.81	-0.94	-0.36	-0.78	0.48	0.16	0.27	-1.70	-0.69	-0.15
Ankle	0.01	0.49	0.41	-1.13	-0.23	-0.06	0.02	0.25	0.27	-1.18	-0.10	-0.02

용되고 몸통이 골반보다 회전 동작범위가 크다. 그러므로 댄서는 몸통과 팔(전완과 상완)의 동작을 좌우와 전후 방향으로 가장 크게 움직이고 다음으로 대퇴와 정강이를 움직이며 발은 거의 움직이지 않았다. 골반회전은 몸통보다 작게 움직이지만 모든 방향에서 나타나 중요한 동작요인이라 생각된다. 전체적으로 살펴보면 몸통이 댄스를 주도하고 팔과 골반 동작이 중요한 메시지를 전달하는 역할을 한다. 발은 단지 신체이동의 매개체로 사용한다고 생각된다.

신체의 동작의 빠르기는 댄서의 감정을 표현하는 중요 수단으로써 무게중심의 이동속도로 가늠할 수 있다. 넘버원 댄스는 상하방향의 신체 이동속도가 가장 빠르고 좌우방향, 전후방향 순으로 주로 빠른 점프동작과 사이드 스텝을 이용한 것을 반영한 것이다. 상하방향이 가장 빠른 것은 점프 동작시 중력의 영향으로 생각되며 전후방향의 동작이 상대적으로 느린 것은 공간적인 제약과 관객을 향하여 표정을 통한 소통이 이루어져야 하기 때문에 속도를 늦추는 것으로 생각된다.

상지관절의 최대각속도는 동작범위가 큰 관절과 동일하게 견관절과 주관절에서 나타나며 방향 역시 전후회전 방향에서 생성되었다. 이는 큰 동작을 빠르게 수행하고 있음을 반영한 결과라고 생각된다. 그리고 하지관절인 고관절과 슬관절도 전후회전방향으로 가장 빨리 회전하

였으나 족관절의 동작범위와 각속도는 거의 생성되지 않아 발의 회전이 거의 일어나지 않는 것으로 생각된다. 이것은 스포츠 동작의 체적질 효과에 반하는 현상이며 스포츠 동작은 주로 팔로우 국면에서 신체가 오픈시스템으로 종료되나 댄서는 댄스의 규칙대로 능동적 의지대로 근골격계를 사용해야 하기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 분절인 경우 몸통은 좌측회전과 전방굽힘을 스피드하게 움직이는데 반하여 골반은 거의 동작이 작아 골반보다는 몸통의 빠른 속도로 감정을 표출하는 것으로 생각된다.

최대 회전과위는 상지 견관절의 외전과 굴곡 및 하지 슬관절의 굴곡이 가장 크고 원위분절로 갈수록 작게 나타났다. 이는 댄서가 팔과 정강이의 회전 순발력으로 댄스의 역동성을 표현하는 것이다. 또한 하지관절의 좌우 모멘트에서 고관절 외전모멘트가 가장 크고 좌우 동일한 패턴을 보여 좌우 대퇴를 가장 큰 회전력으로 회전 시켰다. 또한 슬관절은 신전모멘트가 크게 나타나 정강이를 펴는 동작을 보였다. 그러나 족관절모멘트는 다른 관절에 비하여 상대적으로 매우 작은 회전력을 보였다.

## 5. 결론

보아의 넘버원 댄스의 핵심동작은 댄스 동작의 형태를 나타내는 관절의 동작범위(ROM)는 상지 관절인 견관절과 주관절의 전후방향 회전이 가장 크고, 몸통과 골반 분절은 좌우회전이 가장 크고 몸통이 골반보다 회전 동작범위가 크게 나타났다.

감정을 표현할 수 있는 무계중심이동 속도는 상하방향 가장 빠르고 좌우방향, 전후방향 순이며 최대각속도는 상지관절의 견관절과 주관절 및 하지관절의 고관절과 슬관절의 전후회전방향에서 가장 크게 나타났다. 그러나 족관절의 동작범위와 각속도는 거의 생성되지 않았다.

댄스의 역동성을 표현하는 최대 회전과위는 상지 견관절과 하지 슬관절을 중심으로 원위분절로 갈수록 작게 나타나고 회전력은 고관절 외전모멘트가 가장 크며 슬관절은 신전모멘트가 크게 나타났다.

이상을 요약하면 보아의 넘버원댄스의 핵심동작은 전반적으로 하체 보다는 상체 위주의 동작으로 몸통 동작범위가 크고, 팔의 빠른 속도와 순발력을 가지며 하체는 정강이의 큰 순발력과 회전력 및 허벅지의 큰 회전력을 보인 반면 발의 회전력은 작게 나타났다.

향후 동작의 이벤트 별로 더욱 심층적인 생체역학적 분석이 필요하다.

## References

[1] D. Krasnow, M. V. Wilmerding, S. Stecyk, M. Wyon, & Y. Koutedakis, "Biomechanical Research in Dance: A Literature Review", *Medical problems of performing artists*, 26, 1, pp.3-23. 2011.

[2] C. K. Hah, "Biomechanical Pattern Analysis of Core motion in K-Pop dance", *Proc. of KAHPERD Conference for International Game*, pp.319, October, 2014.

[3] H. G. Wallbott. "Bodily Expression of Emotion", *European Journal of Social Psychology Eur. J. Soc. Psychol.* 28, pp.879-896. 1998.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0992\(199811\)28:6<879::AID-EJSP901>3.0.CO;2-W](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1099-0992(199811)28:6<879::AID-EJSP901>3.0.CO;2-W)

[4] M. M. Gross, E. A. Crane, B. L. Fredrickson, "Effort-Shape and Kinematic Assessment of Bodily Expression of Emotion during Gait", *Human*

*Movement Science* 31, pp.202-221. 2012.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2011.05.001>

[5] J. M. Montepare, E. Koff, D. Zaitchik & M. Albert, "The Use of Body Movements and Gestures as Cues to Emotions in Younger and Older Adults", *Journal of Nonverbal Behavior*, 23, pp.133-152. 1999.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1021435526134>

[6] A. Imura, M. R. Yeadon, "Mechanics of the Fouette turn". *Human Movement Science*, 29, pp. 947-955. 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2010.08.002>

[7] A Imura, Y .Iino, T. Kojima, "Kinematic and Kinetic Analysis of the Fouetté Turn in Classical Ballet", *Journal of Applied Biomechanics*, 26, 484-492, 2010.

[8] N. G. Cho, S. G. Oh, H. K. Shin, J. K. Park, S.Y. Lee, J. S. Ki, & C. K. Hah, "Comparing the Kinetics of Movement while Expressing Different Emotions during the Korean Traditional Dance Movement Gam-ki". *International Journal of Advanced Science and Technology*, 73, pp.75-88, 2014.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/ijast.2014.73.05>

[9] J. Lee, C. H. Oh, " A Biomechanical Analysis of Lower Extremity Segment during the Fouette en dehors Performed by Ballet Dancers". *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 22, 1, pp. 043-053. 2012.

[10] K. Laws, *The Physics and Art of Dance: Under-standing Movement*. New York, USA, Oxford University Press. 2002.

## 하 종 규(Chong-Ku Hah)

[정회원]



- 1990년 2월 : 한양대학교 일반대학원 산업공학과 (산업공학석사)
- 2005년 8월 : 한국체육대학교 일반대학원 체육학과 (이학박사)
- 2012년 2월 ~ 현재 : 한국 스포츠 클리닉 & 공학 연구소 대표
- 2013년 6월 ~ 현재 : 강원대학교 산학협력단 연구교수

<관심분야>

스포츠공학, 스포츠클리닉, 인간공학, 생체역학

---

**장 영 관(Young-Kwan Jang)**

[정회원]



- 1990년 2월 : 한양대학교 일반대학원 산업공학과 (산업공학석사)
- 1996년 8월 : 한양대학교 일반대학원 산업공학과 (산업공학박사)
- 1996년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 산업경영공학과 교수

<관심분야>

물류정보시스템, MIS, ERP, SCM, 인간공학,

---

**기 재 석(Jae-Seok Ki)**

[정회원]



- 1987년 8월 : 한양대학교 일반대학원 산업공학과 (산업공학석사)
- 1993년 2월 : 한양대학교 일반대학원 산업공학과 (산업공학박사)
- 1993년 2월 ~ 2000년 6월 : 강원대학교 산업경영공학과 교수
- 2014년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 전기전자제어학과 교수

<관심분야>

인간공학, VR, 스포츠산업