

K-Pop 댄스 하지동작의 생체역학적 남녀 차이 분석

장영관* · 홍수연** · 기재석*** · 장인영**

*강원대학교 산업경영공학과 · **강원대학교 산학협력단 · **상명대학교 전기전자제어학과

The analysis of biomechanical gender difference of K-Pop dance lower body movement

Young-Kwan Jang* · In-Young Jang** · Su-Yeon Hong** · Jae-sug Ki***

* Industrial & Management Engineering Department of Kangwon National University,

** Industry-University Cooperation Foundation of Kangwon National University,

*** Electrical, Electronics and Control Engineering Sangmyung University,

Abstract

The purpose of this study was to investigate the biomechanical of K-Pop dance movement. The study was conducted on 15 male and 15 female subjects in 20-30 age groups. And they choose 150 K-Pop dance choreographies in the top 10 ranking of the main charts. We analyzed the RoM, joint moment and impulse force of the highlight movements. First, During the K-Pop dance motion, the usage of knee joints are more than the hip joints and the ankle joints, and female dancers has a larger range of motion than the male dancers. Second, male dancer uses more than female dancers when they compared the load of male dancers and female dancers. In particular, flexion and extension of the hip joints are mostly used in this study. Third, the impulse force of male dancers was greater than of female dancers, but it was statistically insignificant, this is equal to the impulse on walking. In conclusion, Female dancers use more range of motion than male dancers, but male dancer choreography requires greater torque, which can strain joints. Most choreographic exercises involve movements such as hip joint, knee joint, flexion of ankle joint, extension, rotation, and jumping.

KeyWords : K-Pop dance, moment, range of motion, impulse

1. 서론

K-Pop 댄스는 발레와 같은 규범적인 동작의 집합체가 아니라 불특정한 여러 장르의 동작이 융복합적으로 결합되어 창의적인 동작으로 재탄생된 것으로, 몇 가지 지정된 동작으로 안무를 한정 지을 수 없다. 따라서 K-Pop 댄스 안무동작의 특성을 파악하기 어려우며, 연구된 자료도 없을 뿐만 아니라 안무 동작의 난이

도에 따른 상해 위험도 배재할 수 없다. 현대 사회의 스포츠는 사회적으로나 국가적으로 긍정적인 영향을 주기 때문에 활발한 스포츠 활동을 독려하고 있다. 하지만 이러한 활동이 많아지면서 심한 육체활동과 연습으로 인한 상해위험도 그만큼 증가하게 되었으며, 그에 따른 부상요소를 줄이기 위한 많은 연구들이 진행되고 있다. 특히, 스포츠 활동의 달리기, 정지, 점프, 착지, 회전 등의 운동동작들은 스포츠 상해와 관련이 있으며,

†본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2016년도 문화기술연구개발지원사업의 연구결과로 수행되었음.

†Corresponding Author: Inyoung Jang, Kangwon National University,
346 joongang-ro Samcheok, Gangwondo.

Received January 20, 2017; Revision Received February 11, 2017; Accepted March 7, 2017.

그 중 하지의 상해 발생빈도가 가장 높다. K-Pop 댄스에서도 마찬가지로 안무동작의 대부분은 무릎의 굴곡과 신전, 회전, 점프 동작으로 구성되어지므로 이러한 동작들 역시 상해와 관련이 높다고 할 수 있다. 또한 무릎과 발목은 해부학적으로 체중과 중력을 지속적으로 받는 부위이기 때문에 부상이 발생하기 쉬운 부분이다. 특히, 무릎관절은 넙다리정강관절(patellofemoral joint), 넙다리무릎관절(tibiofemoral joint)로 구성된 관절로 관절의 구조상 불안정하고 외력을 받기 쉬운 위치에 있다.

K-Pop은 아시아(한국, 중국, 일본, 베트남, 홍콩), 미주(미국), 유럽(독일, 프랑스, 폴란드, 스페인, 스위스),과 기타(호주 등) 총 12개국에 드라마, K-Pop, 영화, 한류-관광, 한류-경제, 한류-문화예술, 한류-전통문화 등 다방면으로 산업이 진출하고 있으며, 전세계 86개국의 한류 동호회 1493개 회원이 16년 1월 26일 기준으로 3559만 명을 돌파했다. 특히, K-Pop에서 사이의 ‘강남스타일’, ‘젠틀맨’ 과 ‘행오버’는 국내 가수 중 최초로 연속 역대 조회 수를 기록하는 쾌거를 이루었고, 2011년도부터 시작된 ‘K팝 커버댄스 페스티벌’은 K-Pop 팬들이 아이돌 가수들의 안무를 따라 하는 국제 K-Pop 댄스대회로 K-Pop에 대한 열기는 대단하다. 하지만 중주국인 한국에서 K-Pop에 대한 연구는 실상 미미한 수준으로 다른 스포츠들과 마찬가지로 K-Pop에 대한 여러 연구가 필요한 실정이다. 또한 K-Pop 댄스는 곡에 따라 난이도 수준이 상이하기 때문에 운동부하를 예상하기 어려우

며, 상해의 위험성을 내재하고 있기 때문에 그와 관련된 생체역학적 연구가 시급하다.

따라서 본 연구는 K-Pop 댄스 동작 중 하지안무가 남·녀의 하지관절에 생체역학적으로 어떠한 영향이 있는지 분석하는데 목적이 있으며, 2000년부터 2016년 주요차트 10위권 내에 하지안무 150곡의 하이라이트동작을 무선 표집하여 분석하였다.

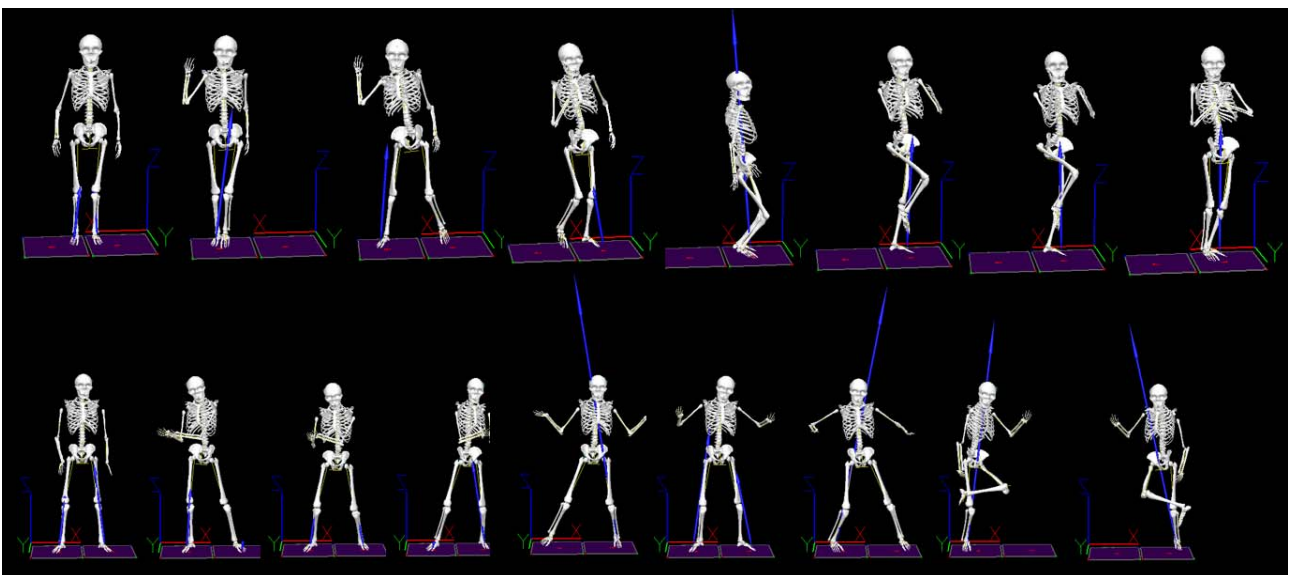
2. 연구 방법

2.1 연구대상 및 분석동작

본 연구는 현재 K-Pop 댄스 안무 분야의 전문가로서 지난 3년간 정형 외과적 질환 및 수술 경험이 없는 20-30대의 남자 15명, 여자 15명을 대상으로 전문댄서 1인 당 5곡씩 총 150곡을 수집하였다. 피험자들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같으며, 하지안무의 하이라이트 동작의 예는 [Figure 1]과 같다.

<Table 1> Characteristic of the subjects

group	age (yrs)	body mass (kg)	height (cm)
male(n=15)	28.7±3.92	69.5±5.99	178.0±4.75
female(n=15)	26.3±3.01	52.1±3.09	162.8±3.52



[Figure 1] High light dance motion of “nobody”, “sorry sorry”

2.2 연구의 제한점

이 연구의 제한점은 다음과 같다.

- 1) 실험 대상자의 생리적·심리적 요인은 통제하지 않았다.
- 2) 인체를 핀 관절(pin joint)로 연결된 강체(rigid body)로 보았다.
- 3) 분석동작에 관한 자료는 2000년부터 2016년의 차트 10위권 내 대표곡 230중 곡을 가장 잘 표현하는 하이라이트 동작 150개를 무선 표집 하였다.
- 4) 하이라이트 동작은 각 곡마다 다르므로 동작을 제한할 수 없다. 따라서 모든 하이라이트 동작은 8박자로 제한하였다.

2.3 실험방법

본 실험은 K-Pop 전문안무가를 대상으로 생체역학적 부상요인을 연구한 실험으로 실험의 목적과 내용 및 실험방법에 관한 내용을 실험참가자들에게 설명한 후 참여 동의서에 서명한 전문 댄서를 대상으로 실험을 진행하였다. 실험 전 충분한 연습시간을 제공하고, 실험대상자가 준비되었다는 의사를 밝히면 실험을 시작하였다.

하지안무동작은 2000년부터 2016년 사이 국내·외 주요 차트 10위권 안에 있는 230곡 중 전문안무가를 대상으로 설문조사 후 그에 따라 대표동작을 선정하였다. 대표동작의 선정은 전문안무가의 자문에 따라 각 곡의 특징이 잘 표현될 수 있는 하지동작으로 전문 댄서 1인 당 무선 표집으로 5곡씩 총 150곡을 수집하였고, 이에 대한 변인을 분석하였다.

대상자는 실험복을 착용하고 3차원 동작분석 자료를 획득하기 위하여 적외선 카메라 12대(Qualisys Track Manager, Qualisys, Sweden)를 사용하여 영상자료를 얻었으며, 지면반력기(9286AA, Kistler, Switzerland) 2대를 사용하여 지면반력자료를 획득하였다. 인체 좌표는 Visual 3D 마커셋에 준하여 마커를 신체에 부착하고 댄스 안무 동작을 측정 하였다.

2.4 실험변인 및 자료처리

영상분석 데이터는 모션캡처 시스템인 QTM프로그램을 이용하여 2차원 평면상의 원자료를 수집하였으며 (sampling rate: 150Hz), NLT(nonlinear transformation)방법으로 3차원 공간상의 자료로 변환시켜 사용하였다. 이때 역동역학 방법(Inverse

dynamic method)을 사용하는 Visual 3D(C-motion, USA) 프로그램을 이용하여 하지관절(엉덩관절, 무릎관절, 발목관절)의 관절가동범위(range of motion), 부하율/loading rate), 충격량(impulse)을 계산하였다. 영상 및 지면반력(sampling rate: 1500Hz)의 데이터는 노이즈 제거를 위해 각각 차단 주파수는 6Hz와 14Hz로 설정하였으며, Butterworth 4차 저역통과 스무딩 방법으로 필터링 하였다.

영상자료로 획득한 엉덩관절의 관절가동범위는 X축(굴곡, 신전), Y축(외전, 내전), Z축(외회전, 내회전)으로 무릎관절의 관절가동범위는 X축(굴곡, 신전), Y축(외반슬, 내반슬), Z축(외회전, 내회전)으로 발목관절의 X축(저측굴곡, 배측굴곡), Y축(외번, 내번), Z축(외회전, 내회전)으로 정의 하였다.

지면반력에서 얻은 부하율데이터는 엉덩관절 X축(굴곡, 신전모멘트), Y축(내전, 외전모멘트), Z축(외회전, 내회전모멘트)으로 무릎관절 데이터는 X축(굴곡, 신전모멘트), Y축(내반슬, 외반슬모멘트), Z축(외회전, 내회전모멘트)으로 발목관절 데이터는 X축(배측굴곡, 저측굴곡모멘트), Y축(외번, 내번모멘트), Z축(외회전, 내회전모멘트)으로 정의하였다.

2.5 통계 처리

K-Pop 댄스 하지동작에서 남성댄서와 여성댄서의 차이를 비교하기 위해 남성댄서는 남성그룹 댄스곡의 안무 75개 여성댄서는 여성그룹 댄스곡의 안무 75개의 안무를 수집하여 IBM SPSS Statistics 12.0을 이용하여 독립표본 t검정을 실시하였다.

3. 연구 결과 및 논의

3.1 남성댄서와 여성댄서의 관절 가동범위

남성댄서와 여성댄서의 관절가동범위는 <Table 2>와 같다. 엉덩관절의 굴곡, 신전인 X축의 관절가동범위는 남성댄서 45.2 ± 14.9 도, 여성댄서 55.1 ± 18.9 도로 여성댄서의 굴곡신전 가동범위가 남성댄서보다 더 컸으며, 통계적으로 유의하게 나타났다($p < .05$). 외전, 내전을 나타내는 Y축의 엉덩관절 가동범위에서도 남성댄서 28.2 ± 10.2 도, 여성댄서 40.1 ± 14.0 도로 좌우로 움직이는 관절가동범위가 여성댄서가 더 크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 하지만 외회전과 내회전을 나타내는 Z축의 엉덩관절 가동범위에서는 남성댄서 32.7 ± 11.3 도, 여성댄서

35.1±12.9 도로 여성댄서가 남성댄서 보다 더 큰 결과를 보였지만, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 남성댄서 보다 여성댄서가 엉덩관절을 회전하는 기술 보다 굴곡과 신전(X축), 외전과 내전(Y축)을 더 많이 사용하는 것을 나타내며, 남성댄서 보다 더 유연함을 시사한다.

무릎관절의 관절가동범위에서 굴곡, 신전인 X축의 값은 남성댄서보다 여성댄서의 평균이 좀 더 크게 나타났지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 외반과 내반을 나타내는 Y축의 무릎관절은 남성댄서 17.8±5.3 도, 여성댄서 19.6±4.8 도로 여성댄서가 좀 더 큰 결과를 보였고, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.05). 외회전과 내회전을 나타내는 Z값은 여성댄서보다 남성댄서가 더 큰 평균값을 보였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 특히, 외반과 내반을 나타내는 Y축에서 남성댄서 보다 여성댄서의 관절가동범위가 더 크다는 것을 확인할 수 있다.

발목관절의 배측굴곡과 저측굴곡을 나타내는 X축의 관절가동범위는 남성댄서 46.7±13.3 도 여성댄서 56.4±19.1 도로 남성댄서 보다 여성댄서의 평균이 더 큰 것으로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 외반과 내반을 나타내는 Y축의 발목관절 가동범위는 남성댄서 28.7±10.7 도 여성댄서 31.7±13.9 도로 남성댄서가 여성댄서보다 작은 결과 값을 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 외회전과 내회전을 나타내는 Z축의 관절가동범위는 남성댄서 25.5±7.5 도 여성댄서 27.2±8.0 도로 여성댄서가 남성댄서 보다 더 큰 평균을 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 하지만 남성댄서 보다 여성댄서의 발목관절 가동범위가 전체적으로 크다는 것을 알 수 있었다.

따라서 연구결과를 토대로 K-Pop 댄스 동작의 하지관절가동범위는 전체적으로 남성댄서보다 여성댄서에서 더 크게 나타나 하지의 안무동작 시 남성댄서보다 여성댄서가 더 유연하게 움직이는 것으로 보여진다. 그중 여성댄서의 무릎관절에서 외반과 내반을 나타내는 Y의 값은 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 이는 무릎관절이 2자유도로 이마면(fontal plane)에서 6도-7도로 움직이는 것을 감안하면, Y의 결과 값은 굉장히 큰 움직임을 만들어 내는 것으로 관절의 부상을 내재하고 있다고 사료된다.

또한 남성댄서보다 여성댄서의 Y값의 차이는 선행연구와 마찬가지로 해부학적으로 남성과 여성이 다르게 움직임을 다르게 만들기 때문에 남성보다 여성의 무릎 손상이 더 많을 것으로 판단된다. 특히, 무릎관절은 관절 주변의 전방십자인대, 후방십자인대, 내측 측부인대, 외측 측부인대와 근육들로 하여금 과도한 관절의 움직

임을 제어하는데, 이는 기능적으로 근육의 수축 없이 체중을 지지하며 서있는 것을 가능하게 하며 앉기, 쪼그리고 앉기, 으르기, 차기 등을 가능하게 하는 중요한 관절로, 정상관절 가동범위를 넘어 힘이 작용했을 때 조직이 손상되기 쉽기 때문에 주의해야 한다.

<Table 2> Range of Motion male and female unit : degree

		male dancer	female dancer	t	p
hip	X	45.2 ±14.9	55.1 ±18.9	-4.0 2	.000 *
	Y	28.2 ±10.2	40.1 ±14.0	-6.3 6	.000 *
	Z	32.7 ±11.3	35.1 ±12.9	-1.2 8	.202
knee	X	76.9 ±22.5	78.9 ±26.7	-.48 4	.629
	Y	17.8 ±5.3	19.6 ±4.8	-2.1 7	.032 *
	Z	31.1 ±7.9	29.3 ±7.2	1.46	.145
ankle	X	46.7 ±13.3	56.4 ±19.1	-4.1	.000 *
	Y	28.7 ±10.7	31.7 ±13.9	-1.5 8	.115
	Z	25.5 ±7.5	27.2 ±8.0	-1.5 3	.127

p<.05

3.2 남성댄서와 여성댄서의 부하

남성댄서와 여성댄서의 하지관절의 부하율은 <Table 3>과 같다. 엉덩관절의 굴곡, 신전을 나타내는 X축 관절의 부하율은 남성댄서 5.75±3.60 sec·kg/N·m, 여성댄서 3.56±2.47 sec·kg/N·m로 남성댄서가 여성댄서보다 큰 부하율을 보였다(p<.05). 내전과 외전을 나타내는 Y 축의 부하율은 남성댄서 5.10±3.95 sec·kg/N·m, 여성댄서 3.84±2.96 sec·kg/N·m로 남성댄서가 여성댄서보다 더 큰 부하율을 보였다(p<.05). 내회전과 외회전을 나타내는 Z축의 관절부하율은 통계적으로 유의하지 않았다. 즉, 여성댄서 보다 남성댄서가 굴곡과 신전(X축), 외전과 내전(Y축)에서 더 많은 부하를 받는 것으로 나타났다.

무릎관절의 굴곡과 신전을 나타내는 X축의 관절부하율은 남성댄서 $0.12 \pm 0.17 \text{ sec} \cdot \text{kg/N} \cdot \text{m}$, 여성댄서 $0.06 \pm 0.07 \text{ sec} \cdot \text{kg/N} \cdot \text{m}$ 로 남성댄서가 더 큰 값을 보였다($p < .05$). 내반슬과 외반슬을 나타내는 Y값은 남성댄서 $0.208 \pm 0.29 \text{ sec} \cdot \text{kg/N} \cdot \text{m}$, 여성댄서 $0.10 \pm 0.10 \text{ sec} \cdot \text{kg/N} \cdot \text{m}$ 로 남성댄서가 더 큰 값을

<Table 3> Load factor of male and female

unit : $\text{sec} \cdot \text{kg/N} \cdot \text{m}$

		male dancer	female dancer	t	p
hip	X	5.75 ± 3.60	3.56 ± 2.47	4.257	.000 *
	Y	5.10 ± 3.95	3.84 ± 2.96	2.175	.031 *
	Z	9.85 ± 7.82	11.87 ± 10.67	-1.301	.196
knee	X	0.12 ± 0.17	0.06 ± 0.07	2.97	.004 *
	Y	0.20 ± 0.29	0.10 ± 0.10	2.957	.004 *
	Z	0.36 ± 0.37	0.22 ± 0.25	2.648	.009 *
ankle	X	1.02 ± 3.67	0.47 ± 1.71	1.157	0.25
	Y	2.58 ± 8.04	0.83 ± 2.47	1.764	.081
	Z	1.42 ± 3.76	0.50 ± 1.08	2.01	.048 *

$p < .05$

보였으며, 통계적으로 유의하였다($p < .05$). 내회전 외회전을 나타내는 Z축의 관절부하율은 남성댄서 $0.36 \pm 0.37 \text{ sec} \cdot \text{kg/N} \cdot \text{m}$, 여성댄서 $0.22 \pm 0.25 \text{ sec} \cdot \text{kg/N} \cdot \text{m}$ 로 남성댄서가 더 큰 값을 보였으며($p < .05$), 남성댄서가 여성댄서 보다 무릎이 받는 부하가 더 큰 것으로 나타났다.

발목관절의 배측굴곡과 저측굴곡을 나타내는 X축의 관절부하율은 남성댄서가 더 크게 나타났지만 통계적으로 유의하지 않았고, 내번과 외번을 나타내는 Y축의 관절 부하율 역시 남성댄서가 더 큰 값을 보였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 내회전, 외회전을 나타내는 Z축의 관절부하율은 남성댄서 $1.42 \pm 3.76 \text{ sec} \cdot \text{kg/N} \cdot \text{m}$, 여성댄서 $0.50 \pm 1.08 \text{ sec} \cdot \text{kg/N} \cdot \text{m}$ 로 남성댄서가 더 큰 결과($p < .05$)가 나

타나 발목관절의 내회전, 외회전에서 남성댄서가 더 큰 부하를 받는 것으로 나타났다.

부하란 동작의 시간에서 최대 모멘트와 최소모멘트의 차이를 나눈 값으로 바닥에 닿는 동안 부하를 설명하는 변인이다. 부하율이 크면 단위시간당 많은 충격을 받는 것으로 부상의 중요한 원인으로 작용한다. 결과에서는 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절 대부분 여성댄서보다 남성댄서의 부하율이 큰 것으로 나타났고, 이는 남성과 여성의 모멘트를 비교한 드롭 착지 동작, 계단 내려오는 동작, 달려 방향전환 등의 선행연구와 다르게 여성보다 남성의 모멘트가 더 크게 나타났다. 이는 여성은 남성보다 발목관절을 효율적으로 사용하지 못하기 때문으로 보이며, K-Pop댄스 곡 특성상 남성댄서들은 안무 동작을 빠르고 박력 있게 추기 때문에 남성댄서들이 여성댄서 보다 더 많은 부하를 받는 것으로 사료된다.

3.3 남성댄서와 여성댄서의 충격량

여성댄서와 남성댄서가 받는 하지관절의 충격량은 <Table 4>와 같다. 남성댄서는 $1.03 \pm 0.28 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}$ 여성댄서는 $0.94 \pm 0.32 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}$ 로 남성댄서가 여성댄서보다 더 큰 하지관절의 충격량을 보였지만, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 이는 선행연구들의 하지의 충격량과 비슷한 결과로 K-Pop 댄스를 하는 동안 하지 관절이 받는 충격량은 보행 시 하지가 받는 충격량과 동일한 것으로 보인다. 또한 보행에서 정상적인 무릎관절은 체중의 4-6배에 해당하는 수직힘을 받을 수 있으며, 신체활동을 하는 동안 수직으로 지면을 누르는 힘의 크기가 증가할수록 관절이 받는 부하가 크기 때문에 관절이 상해를 입을 수 있는 위험성을 증가된다. 특히, 보행 시 느끼는 관절의 충격이 미미해도 보행 및 달리기와 같은 운동들은 지속적으로 반복되기 때문에 작은 충격에도 신체에 큰 영향을 줄 수 있으므로 주의해야 한다.

<Table 4> Impulse of male and female

unit: $\text{kg} \cdot \text{m/s}$

	male	female	t	p
impulse	1.03 ± 0.28	0.94 ± 0.32	1.945	.053

$p < .05$

4. 결론

본 연구는 K-Pop 댄스 동작 중 하지안무가 남·녀의 하지관절에 생체역학적으로 어떠한 영향이 있는지 분석한 논문으로 연구결과를 바탕으로 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 전문 댄서의 하지 안무에서 남성댄서보다 여성댄서가 더 큰 관절가동범위를 사용한다.
2. 남성댄서와 여성댄서의 부하율은 남성댄서가 여성댄서 보다 더 많은 관절의 부하를 받는 것으로 나타났다.
3. 하지가 받는 충격량은 남성댄서가 여성댄서보다 더 큰 값을 보였지만, 통계적으로 유의하지 않았고 이는 보행에서 받는 하지의 충격량 정도와 같다.

스포츠상해란 그 수행에 의해서 발생하는 급·만성 신체적 상해를 말하며, 신체는 각종 스포츠 활동은 물론 모든 운동에서 같은 힘에 반복으로 노출되어 피로가 쌓여 손상을 만들며, 장소, 조명, 안전장치, 기상조건 등 역시 스포츠 상해에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 K-Pop댄스의 안무연습에서도 남성댄서와 여성댄서의 특성을 이해하고 이를 바탕으로 상해를 예방할 수 있도록 해야 한다. 또한 후속연구로 특정 안무에서 오는 상해를 찾는 연구도 이루어져야 할 것이다.

5. References

- [1] Boden, B. P., Dean, G. S., Feagin, J. A., &Garrett, W. E. (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23(6), 573-578
- [2] Choi, I., & Lim, B. O. (2009). Difference in lower extremity landing biomechanics between male and female ballet dancers during the box drop landing. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(4), 647-653
- [3] Eckel, T. T., Abbey, A. N., Butler, R. J., Nunley, J. A., &Queen, R. M. (2012). Effect of increased weight on ankle mechanics and spatial temporal gait mechanics in healthy controls. *Foot & ankle international*, 33(11), 979-983.
- [4] Go, E., Hong, S. Y., Lee, K. K., & An, K. O. (2013). Effect of Active Change of Foot Progression Angle on Lower Extremity Joint During Gait. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 23(1), 85-90.
- [5] Hah, C. K., Jang, Y. K., & Ki, J. S. (2015). Biomechanical Analysis of Key Motion on BoA's No. 1 in K-Pop Dance. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 16(2), 970-977.
- [6] Jang, Y. K., Hong, S. Y., and Kim, J. H. (2016). Comparison of Biomechanical Energy and Muscle activation Analysis of K-Pop Dance Level. *The Korea Journal of Sport*, 14(1), 317-323.
- [7] Jeong, J. Y. and Shin, C. S. (2014). Gender difference in Ankle Joint 3D Kinematics during Side-Step Cutting. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 663-663.
- [8] Kim, H. J., Kim, J. D., and Kim, M. Y. (2010). Effects of female maturation on the Lower extremity injury risk factors during the box drop Landing. *The Korean journal of physical education*, 49(1), 437-443.
- [9] Kim, R. B. and Cho, j. H. (2011). The Effect of Weight Loading on Lower Extremity During Walking. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 46(2), 1161-1170.
- [10] Kim, W. L. "A study on Analysis and Prevention of Injuries incurred to Professional and Amateur Golfers during their exercise" Wonkwang University(2010)
- [11] Korea Foundation for International Culture Exchange [Global Hallyu Issue] [http://kofice.or.kr/a10_KoreanWave/a10_KoreanWave_02_view.asp?seq=180&page=1&find=104&search=\(2016.02.02\)](http://kofice.or.kr/a10_KoreanWave/a10_KoreanWave_02_view.asp?seq=180&page=1&find=104&search=(2016.02.02))
- [12] Lee, S. H., Hong, Y. N., Kim, Y. J and Shin, C. S. (2012). Gender difference in kinetic of knee during stair descending. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 877-878.
- [13] Lim, B. O., Chung, C. S., Shin, I. S., Kim, S. B., Nam, K. J., Lee, S. W., & Park, Y. H. (2008). The Effects of Sports Injury Prevention Training Program on the Ground Reaction Force during the Rebound in Female Highschool Basketball Players. *Korean Journal of Sport Biomechanics*,

18(1), 31-38.

- [14] Morrison, J. B. (1970). The mechanics of the knee joint in relation to normal walking. Journal of biomechanics, 3(1), 51-61.
- [15] Neumann, D. A. (2013). Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation. Elsevier Health Sciences.
- [16] Shin, S. H., Lee, H. K. and Kwon, M. S. (2008). Correlation between Lower Extremities Joint Moment and Joint Angle According to the Different Walking Speeds. Korean Journal of Sport Biomechanics, 18(2), 75-83.

저자 소개

장영관



한양대학교 산업공학과 산업공학 석사 취득. 한양대학교 산업공학과 산업공학박사 취득. 현재 강원대학교 산업경영공학과 교수
관심분야 : 물류정보시스템, MIS, ERP, SCM, 인간공학

장인영



서울여자대학교 일반대학원 체육학과 운동역학 석사 취득. 현재 강원대학교 산학협력단 외부연구원, 차의과학대학교 스포츠의학박사과정
관심분야 : 스포츠의학, 생체역학, 스포츠재활

홍수연



서울여자대학교 일반대학원 체육학과 운동역학 석사 취득. 국민대학교 일반대학원 체육학과 이학박사 취득. 현재 강원대학교 산학협력단 연구원
관심분야 : 스포츠공학, 스포츠킴리닉, 스포츠재활, 생체역학

기재석



한양대학교 산업공학과 산업공학 석사 취득. 한양대학교 산업공학과 산업공학박사 취득. 강원대학교 산업경영공학과 교수 역임. 현재 상명대학교 전기전자제어학과 교수
관심분야 : 인간공학, VR, 스포츠 산업