

## 한국무용 숙련자와 미숙련자에 따른 폐기능, 부드러움, 그리고 지면반력의 차이 분석

박양선<sup>1</sup> · 김미예<sup>2</sup> · 이성노<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한양대학교 체육대학 체육학과, <sup>2</sup>한양대학교 교육대학원 체육교육과

## The Analysis of Differences in Pulmonary Functions, Jerk Cost, and Ground Reaction Force Depending on Professional and Amateur Dancers in Korea Dance

Yang-Sun Park<sup>1</sup> · Mee-Yea Kim<sup>2</sup> · Sung-Ro Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education, College of Performing Arts & Sport, Hanyang University, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Major in Physical Education, Graduate School of Education, Hanyang University, Seoul, Korea

Received 1 November 2014 Received in revised form 24 December 2014 Accepted 30 December 2014

### ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the differences in the performance of dancing motions depending on the level of skill by investigating pulmonary functions, ground reaction force, and jerk cost. The subjects of this study were 12 professional dancers (career: 16 yrs) and 12 amateur dancers (career: 9 yrs) who had similar physical conditions. We selected four motion phases which included the diagonal line motion, the deep flexion motion, the breath motion, and the turn motion with one leg after a small step walking motion, with Goodguri Jangdan. In the experiment, 6 infrared cameras were installed in order to analyze the value of the jerk costs and the force plate form. Finally, we measured the pulmonary functions of the subjects. For data analysis, independent t-tests according to each event, were carried out in the data processing. According to the results of FVC % Predicted, the professional dancers showed greater lung capacities than the amateur dancers, indicating that the level of dancing skill influences lung capacity. Based on the result of the balance test, the professional dancers used more vertical power than did the amateur dancers when performing maximal flexion motion. The professional dancers used a propulsive force of pushing their body forward by keeping the center of body higher while the amateur dancers used a braking power by keeping their bodies backward. When performing medial-lateral movements, the amateur dancers were less stable than the professional dancers. There were no differences in values of jerk costs between the amateur dancers and the professional dancers.

*Keywords* : Korea Dance, Balance, Jerk, Pulmonary Function, Skill

### I. 서 론

한국춤의 구조 원리는 맺고 어르고 푸는 세 가지의 춤사위를 기본으로 하며, 기본 춤사위의 반복구조로 인해 한

국춤 전체가 이루어진다(Jung, 1985). 서양춤과 한국춤을 비교할 때 동작면에서 가장 큰 다른 점은 표현의 절제를 사용하는 것에 있다. 서양춤 중 발레로 예를 들면 동작의 시작은 유연한 동작으로 시작하다가 끝에 가서 포즈를 취하는 강한 동작으로 정지한다. 하지만 한국춤에서 동작의 시작은 제자리에서 정지한 상태로 순간적인 힘을 주어 맺는 춤사위부터 시작되므로 멀리서 볼 때는 움직임이 없는 정적인 동작처럼 보이나 실제적으로는 내적인 힘을 계속해서 사용하며, 춤사위가 시작과 끝이 뚜렷하게 나타나지 않고 동작 형태만 보여주는 특징을 가지고 있다(Jung,

Corresponding Author: Sung-Ro Lee  
Department of Physical Education, College of Performing Arts & Sport, Hanyang University, 222 Wangsimni-ro Seongdong-gu, Seoul, Korea  
Tel : +82-2-2220-1323 / Fax : +82-2-2220-1337  
E-mail: snl743@hanyang.ac.kr

2004; Kim, 2005). 이러한 한국춤이 갖는 동작적 특징(정적인 움직임)을 미적으로 표현하는 데 있어서 한국춤을 이해하는 가장 첫 단계는 호흡이라고 많은 학자들이 보고하고 있다(Jung, 2004; Kim, 2005; Sim, 2004, 2011). 그 이유는 서양춤은 심장박동에 의해 리듬에 대한 템포를 조절하는 춤인데 반해 한국춤은 폐의 호흡 조절로 추는 춤이기 때문이다. 따라서 한국춤은 호흡법이 제대로 되지 않을 때는 움직임도 불안정해질 뿐만 아니라 미적 표현도 불가능해진다고 보고 있다(Jung, 2004). 이에 한국춤을 표현하는데 있어서 호흡의 사용 방법 뿐 아니라 호흡 훈련에 대한 중요성이 부각되어 오래전부터 연구들이 진행되어 왔다.

한국무용과 호흡을 연구한 학자들에 의하면, 한국무용시 호흡법을 변화시키는 방법에 따라 숙련자의 동작 변화에 직접적인 영향을 끼치고(Whang, 1980), 한국무용의 호흡 유형에는 여러 가지가 있어 그 특성이 다르다고 하였다(Lim, 2003). 호흡과 한국무용 동작간의 특성에 관해서는 호흡훈련에 따라서 한국무용 동작의 안정성(Kim, 2005)과 하지 관절의 근파위에 영향을 미치고(Park, 2008), 한국춤에서 사용하는 복식호흡의 사용이 호흡을 사용하지 않는 동작보다 역학적으로 제동력 증가에 영향을 미친다고 하였다(Park & Jang, 2009).

무용의 숙련자와 비 숙련자를 구분할 때 언급되는 무용의 특징 중 하나로 표현의 부드러움 정도로 평가하는데, 이에 따라 부드러움을 밝히려는 연구들이 진행되었다. Hreljac (1993, 2000), Nagasaki (1991), Schneider와 Zernicke (1989), 그리고 Wiegner와 Wierzbicka (1992) 등은 동작의 부드러움을 측정할 수 있는 객관적 평가방법으로 저크 코스트(jerk-cost [JC])를 제시하였다. Jerk는 위치 좌표를 시간에 대하여 3번 미분한 값이며, JC는 주어진 시간 동안에 발생한 저크의 제곱을 시간에 대하여 적분한 값으로 정의되어 사용된다. 운동 역학 분야에서 숙련된 운동수행은 저크 강도의 감소라는 특성을 가지고 있다고 시사하고 있고 최소 저크 가설에 입각하여 숙련된 사람의 경우 팔은 최대한 매끄럽게(smooth) 움직인다는 것이다. 즉, 전체 움직임에 대한 저크 제곱의 적분 값이 최소화한다는 이론이다(Zatsiorsky, 1998). 이 이론에 입각하여 무용 동작의 부드러움을 정량화 시키려는 연구들이 진행되었는데, 호흡의 사용이 한국무용과 현대무용의 부드러움에 영향을 미친다는 연구(Chung, 2009), 발레 포드 브라 동작의 부드러움에 영향을 미친다는 연구(Chung & Nam, 2007), 그리고 한국무용 팔 들어 감아올리기 동작의 부드러움(Jeong & Chung, 2007)에 영향을 미친다는 연구들이 동작 수행시 호흡 사용의 유무를 기준으로 저크값의 검토가 이루어졌다.

무용을 운동학적 관점에서 동작을 관찰하자면, 무용은

짧은 시간에 순간적인 동작을 통해 그 예술성이 결정되기 때문에 완벽한 동작을 행하기 위해서는 자세의 안정감을 중시 하였다(Son, 1986). 완벽한 동작을 위한 자세의 안정감은 신체균형을 유지하는 능력으로서 곧 평형성이라 할 수 있으며(Na, 1996), 평형성은 신체의 안전과 원활한 동작수행에 매우 중요한 역할을 한다(Oak, 1997). 무용수에게 평형성의 유지와 감각 능력의 향상은 주로 하지의 움직임에 관여하는데, Park (2004)은 평형성은 동적인 행동에서 정적인 동작으로 이어지면서 신체에 작용되는 힘의 평형상태를 유지시키는 과정이라고 하였다. 또한 평형성을 유지하기 위해서는 감각계와 신경계뿐 아니라 관절의 가동범위, 척추의 유연성, 근육의 기능 등을 포함한 근골격계의 기능이 중요하게 작용한다(Wernick-Robinson, Krebs, & Giorgetti, 1999; Kim, & Choi, 2004).

이에 본 연구에서는 한국무용 수행에 있어 호흡사용의 중요성이 한국무용의 동작 표현에 영향을 미친다는 선행 연구에 따라 이미 오랜 기간 호흡을 훈련을 받아왔을 프로 무용수의 호흡훈련 효과가 신체적 기능에 영향을 미쳤는가에 첫 번째 의문점을 가졌다. 또한 한국무용수의 숙련도에 따라 동작 수행에 있어서 부드러움의 표현이나 역동적인 표현 그리고 힘의 분배의 차이가 숙련도에 따라 영향을 미치는지에 대한 의문을 갖고 본 연구에 대한 필요성을 가졌다.

이에 본 연구의 목적은 한국무용 숙련도(프로 무용수, 아마추어 무용수)에 따라 폐기능의 차이를 검증하고, 잔걸음 동작과 균형능력을 유발을 극대화 시킨 동작을 통하여 숙련도에 따른 역학적 분석을 실시하여 숙련자가 갖는 동작의 파워와 부드러움의 차이에 대해 과학적 근거를 제공하는데 목적이 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 한국무용을 전공으로 하여 프로 무용단에 입단한 경력 6년 이상인 무용수 12명(professional group [Pro])과 H대 무용학과 1학년 재학생 12명(amateur group [Ama])을 대상으로 하였다. 피험자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Physical characteristics of participants

Group	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Career
Pro	31±1.26	166.25±1.60	52.16±3.68	16.67±3.56
Ama	18.5±0.92	164.55±4.31	51.5±4.60	9±3.26

2. 척추 측만 각도 및 운동학적 변인 측정

1) 폐기능 측정

연구대상자들에 대한 폐기능 검사는 폐기능 측정기를 이용하여 시행하였다. 폐기능 검사는 측정 장비를 통해 폐활량(vital capacity), 노력성 폐활량(forced vital capacity [FVC]), 일초노력성호기량(forced expiratory volume in 1second [FEV1])과 노력성폐활량비(FEV1/FVC) 등을 측정하였다. 폐활량은 최대 호기 후에 들며 마시거나 최대 흡기 후 내 쉴 수 있는 최대의 공기 양으로 정의되며, 노력성 폐활량은 최대한도로 공기를 흡입하도록 지시한 다음에 가능한 빨리, 힘껏, 그리고 끝까지 공기를 배출하도록 하여 측정 한 호흡의 양으로 정의된다. 또한 일초노력성호기량은 최대 노력성 호기를 시작한 후 1초간에 내쉬 호흡량은 말하며, 노력성폐활량비는 1초간의 강제폐활량에 대한 백분율로 표시함으로써 개괄적으로 기도 폐쇄 정도를 평가하는 지표이다. 모든 폐기능 지표의 측정값은 3회 측정 후 그 평균값으로 산출하였다.

2) 지면반력 측정

실험 시 한국무용의 역학적 분석을 위한 지면반력기는 본 연구의 예비 동작인 간걸음이 끝나는 부분(Figure 2)과 맞추어 공간 확보를 한 후 설치하였다. 지면반력기(force plate form, OR 6-7, AMTI, USA)는 캘리브레이션 후 초당 샘플링 율은 1000 Hz로 설정하고, Low pass filter는 6 Hz, Amplifier gain은 4000 으로 설정한 후, 3차원 영상과 동기화하여 회전직후 반력판에 닿는 순간부터 이벤트에 따른 데이터를 수집하였다. x 축은 좌우방향, y축은 전후 방향, 그리고 z 축은 수직방향으로 설정하였다. 6 대의 적외선 카메라(Motion master 100, Visol, Korea)에서 촬영한 동작을 자료처리 motion capture 전용 소프트웨어(Kwon 3D, Visol, Korea)로 실시간 동작데이터를 capture 하고, motion 과 지면반력기를 동조시키기 위해 Kwon 3d software 와 호환이 가능한 AD sync box를 사용하였다.

3) 부드러움 분석을 위한 운동학 측정

실험 시 <Figure 1>과 같이 한국무용 동작을 수행하는데 있어서 지장을 받지 않을 충분한 공간을 확보한 후 6 대의 적외선 고속 카메라를 이용하여 촬영하였다. 카메라 속도는 초당 100 field/sec, Shutter speed는 1/500, 주파수는 1000 Hz, low pass filter는 6 Hz, Amplifier gain은 4000 으로 설정하였다. 대상자의 진행방향을 중심으로 y축은 전후방향, x축은 좌우방향, z축은 상하방향으로 설정하였다. 저크값을 추출하기 위해 관절의 가장 끝부분인 피험자의 양 손끝(right and left hand finger)과 양 발 끝

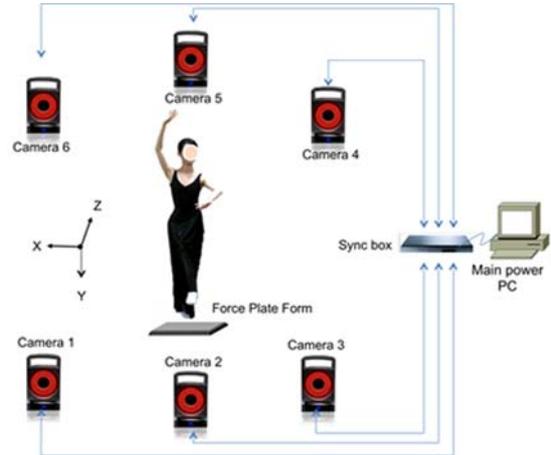


Figure 1. Setting of experimental situation

(right and left toe) 에 볼마크를 부착하였고, 위치 값을 최대한 잘 얻기 위해 1×2×3 m의 통제점 틀을 이용하여 캘리브레이션(calibration)을 1분간 실시하였다.

3. 자료 분석

1) 폐기능

프로무용수와 아마추어 무용수의 폐활량을 각 3회씩 측정하여 페이퍼로 제출된 결과값인 FVC, FEV1, FEV1%, PEF 를 엑셀로 코딩하여 그 평균값을 산출하고, 숙련도에 대한 차이를 검증하기 위해 집단(Pro, Ama) 간 각 변인에 따라 independent t-test를 실시하였다.

2) 지면반력기 자료처리

지면반력기에서 얻어진 결과는 x, y, z 축의 결과로 세분화하여 산출하였고, 숙련도에 대한 차이를 검증하기 위해 지면반력의 GRF 변인은 집단간(Pro, Ama) independent t-test를 실시하였다.

3) 부드러움 분석(jerk cost)을 위한 운동학 자료 처리

동작분석을 통해 얻어진 손과 발 끝점의 위치벡터를 시간에 대하여 3번 미분하여 얻어진 값을 제공하고 이를 동작시간에 대하여 적분하여 그 값을 산출하여 저크값을 구하였다. 미분에 의한 오차값을 최소화하기 위해 Butterworth 필터를 사용하여 차단주파수 20 Hz, 차수(order) 100으로 필터링 하였으며, 1회 미분계산 후 1회 필터링을 하는 순으로 총 3회를 걸쳐 필터링을 실행하였다. 저크 코스트 산출 공식을 아래와 같으며, 운동 위치 점에 대한 동작시간(T) 에 대하여 다시 표준화하는 과정을 거쳤다(Hreljac, 2000). 단위는 m<sup>2</sup>/s<sup>6</sup> 이며, MATLAB 8.1 version(Mathworks, USA) 을 이용하여 저크 비용 함수(jerk cost)

를 계산하였다.

$$Jerk Cost = \frac{1}{3T} \int_0^T \left[ \left( \frac{d^3x}{dt^3} \right)^2 + \left( \frac{d^3y}{dt^3} \right)^2 + \left( \frac{d^3z}{dt^3} \right)^2 \right] dt$$

자료처리는 숙련도에 따른 부드러움의 차이를 검증하기 위해, 이벤트 전 구간에 걸친 저크값을 산출하여 집단간 (Pro, Ama) independent t-test를 실시하고, IBM SPSS Statistics 21.0 version 을 이용하였으며, 유의수준은 5%로 설정하였다.

#### 4. 분석구간

한국무용 동작은 아래와 같이(Figure 2), 4단계의 한국무용 동작으로 나누어 진행하였다. 1) 예비동작은 상지의 사용이 없는 잔걸음을 확보된 공간을 큰 원으로 사용하여 곳거리 3장단 동안(1, 2, 3, 4 & 2, 2, 3, 4 & 3, 2, 3, 4 count) 실행하였다. 본 연구에서 예비동작을 선정한 이유는 본 동작에 임하기 전 무용의 난이도를 높이기 위함이다. 2) 사선체(양 팔이 사선으로 크게 벌어지는 모양의 동작) 동작은 예비 잔걸음 동작이 끝나고 난후, 호흡의 쉽 없이 본 연구의 첫 번째 동작에 해당하는 잔걸음의 동작을 실행하였다. 동작의 구성은 곳거리 1장단 동안(4, 2, 3, 4 count) 하지는 최대 잔걸음(상체 움직임을 최소화시키는 최대 작은 보폭 걸음)을 구사하고 상지는 오른팔 아래, 왼팔 위의 사선체를 구사하면서 동작을 실행하였으며, 마지막 장단(4 count)에 동작이 최대 신전되는 호흡을 구사하

도록 유도하였다. 이때 잔걸음 동작의 끝을 지면반력기 위에서 실행할 수 있도록 사전 연습을 통해 공간을 확보해 두었다. 3) 장급힘(무릎을 이용하여 최대로 쭉그려 앉는 동작) 동작은 상지는 첫 번째 동작에 해당되는 사선체를 서서히 풀면서 허리 뒤로 두손을 여미는 동작으로 구사하고, 하지는 굴신동작의 최대 굽힘인 장급힘을 구사한다. 이때 1장단 동안 굴신으로 최대 내려가는 동작만을 구사한다. 4) 호흡체(숨을 크게 이용하여 몸 전체가 위아래 들썩이는 동작)와 돌담체(하지를 이용하여 몸이 180도 회전하는 동작) 동작은 최대 장급힘 상태에서 호흡을 위아래로 반장단(1, 2 count) 동안 실행하고, 그 후 반장단(3, 4 count) 동안 돌담체를 이용하여 반바퀴를 일어서면서 도는 동작이다. 이때, 상지는 왼손이 아래, 오른손이 위인 태극선(태극 모양으로 한팔은 위로 한팔을 가슴 아래로 반 둥근상태)을 유지하고, 하지는 오른발을 중심을 잡고 왼발을 바닥에서 떨어뜨려 한발로 서는 동작인 발바치를 사용하였다. 동작의 이벤트는 아래 그림(Figure 2) 와 같이 5개로 구분하였다.

### III. 결 과

#### 1. 폐기능 결과

폐활량 측정기를 이용하여 무용수의 흡기와 호기 시 전체 폐활량(FVC), 1초 동안 내뿜는 호기량(FEV 1), 전체 폐활량에 대한 1초 동안의 비율(FEV 1%), 호기 시 속도



Figure 2. Motion & event

Table 2. Result of forced vital capacity (FVC)

	Pro	Ama	t-value
FVC	3.30±0.24	3.11±0.36	1.484
FVC %PREDICTED	89.42±5.61	82.42±9.71	2.162*
FEV 1	2.93±0.25	2.90±0.24	0.207
FEV1 %PREDICTED	91.08±8.56	88.25±7.10	0.882
FEV 1% (%)	89.03±8.68	93.66±4.37	1.648
FEV1% %PREDICTED	106.83±10.42	110.92±5.33	1.209
PEF	6.01±1.60	5.41±0.85	1.155
PEF %PREDICTED	84.33±22.99	74.58±10.99	1.325

Note. Mean±SD, significant at \* $p<.05$

(PEF) 4가지 변인에 대해 측정하였다.

폐활량 측정 결과, FVC은 폐활량, FVC%PREDICTED는 폐활량 수치를 체격과 나이로 환산한 % 예상값, FEV 1는 1초 동안 호기량, FEV1%PREDICTED는 1초 동안 호기량을 체격과 나이로 환산한 % 예상 값, FEV 1%는 전체 호기 중 1초 동안의 비율, FEV1%PREDICTED는 전체 호기 중 1초 동안의 비율은 체격과 나이로 환산한 % 예상 값, PEF는 호기 속도, PEF %PREDICTED는 호기 속도에 대해 체격과 나이로 환산한 % 예상 값을 나타낸다. 본 연구에서는 프로 무용수와 아마추어 무용수 간에 폐활량 수치를 체격과 나이로 환산한 % 예상값(FVC %PREDICTED)에서 유의한 차이가 나타났다(Table 2).

2. 지면반력 결과

1) 수직 지면반력

지면반력기를 통하여 한국무용 돌담체 동작 시 수직 지면반력의 결과는 아래 <Table 3, Figure 3>과 같이 나타났다. 수직 지면반력 결과, 최대 굴신 시점인 E2에서 프로 무용수가 더 큰 힘을 지면에 가하는 것으로 나타났다( $t=2.293, p<.05$ ). 나머지 이벤트에서는 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다.

2) 전후 지면반력

지면반력기를 통하여 한국무용 돌담체 동작 시 전후 지면반력의 결과는 아래 <Table 4, Figure 4> 와 같이 나타났다. 전후 지면반력 결과, 사선체의 정점인 E1에서 프로 무용수가 아마추어 무용수보다 유의하게 앞으로 추진하는 힘이 더 큰 것으로 나타났다( $t=2.284, p<.05$ ). 나머지 이벤트에서는 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 3. Result of vertical ground reaction force (unit: N)

Event	Pro	Ama	t-value
E1	497.43±41.30	473.50±25.08	1.622
E2	581.23±49.99	528.22±55.96	2.293*
E3	420.76±48.68	407.52±55.93	.580
E4	655.09±64.38	598.72±144.54	1.135
E5	332.04±264.79	428.89±153.23	1.037
Max	712.77±44.94	693.01±99.48	.577

Note. Mean±SD, significant at \* $p<.05$

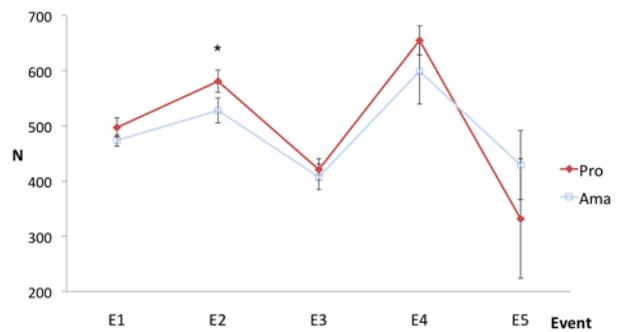


Figure 3. Graph of vertical force result

3) 좌우 지면반력

지면반력기를 통하여 한국무용 돌담체 동작 시 좌우 지면반력의 결과는 아래 <Table 5, Figure 5> 와 같이 나타났다. 좌우 지면반력 결과, 사선체의 정점인 E1에서 프로 무용수가 아마추어 무용수보다 좌우측으로 흔들리지 않는 지면의 힘을 이용하는 것으로 나타났다( $t=2.501, p<.05$ ). 그리고 좌우의 최대 지면반력 비교에서도 프로무용수가 아마추어 무용수보다 더 유의하게 작은 좌우의 지면반력 힘을 구사하는 것으로 나타났다( $t=2.239, p<.05$ ). 나머지 이

Table 4. Result of anterior-posterior ground reaction force (unit: N)

Event	Pro	Ama	t-value
E1	0.03±2.71	-12.14±14.11	2.684*
E2	1.41±6.50	-1.24±14.17	.543
E3	4.74±4.88	1.21±9.19	1.113
E4	0.18±11.57	-7.07±22.30	.949
E5	3.96±9.00	-1.90±12.42	1.246
Max	26.75±6.78	26.60±18.69	.025
Min	-84.51±26.99	-102.96±14.85	1.963

Note. Mean±SD, significant at \* $p < .05$

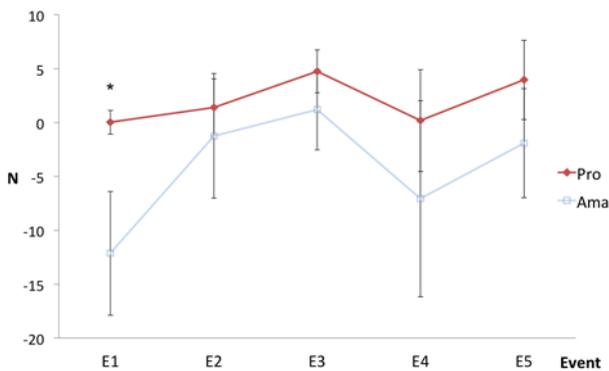


Figure 4. Graph of anterior-posterior force result

벤트에서는 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다.

### 3. 저크 결과

#### 1) 손끝점의 저크 코스트

한국무용 동작 시 오른쪽과 왼쪽 손목 손끝점의 저크 코스트 값은 아래 <Table 6> 과 같이 나타났다. 오른쪽과 왼쪽 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

#### 2) 발끝점의 저크 코스트

한국무용 동작 시 오른쪽과 왼쪽 발끝점의 저크 코스트 값은 아래 <Table 7> 과 같이 나타났다. 오른쪽과 왼쪽 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

## IV. 논 의

무용수가 움직임 표현하기 위해서 호흡에 대한 중요성을 강조하고 있다. 특히 흔들림이 없고 안정감을 유발할 수 있는 바른 자세는 바로 호흡의 기능과 밀접한 관련이 있으며, 이것은 폐활량의 범위가 크게 좌우되고 복식호흡의 훈련이 무용 표현에 영향을 미치는 요소로 보고 있다 (Kang, 1994). 또한 복식호흡의 연습은 끊임없는 노력에

Table 5. Result of lateral-medio ground reaction force (unit: N)

Event	Group A	Group B	t-value
E1	0.86±1.87	6.25±6.58	2.501*
E2	1.70±2.44	-0.64±8.62	.829
E3	1.95±3.78	4.57±4.45	1.463
E4	-0.29±5.21	3.07±8.41	1.113
E5	-2.27±6.48	3.13±8.54	1.641
Max	29.22±7.24	40.98±15.10	2.239*
Min	-25.79±3.86	-25.52±8.10	.099

Note. Mean±SD, significant at \* $p < .05$

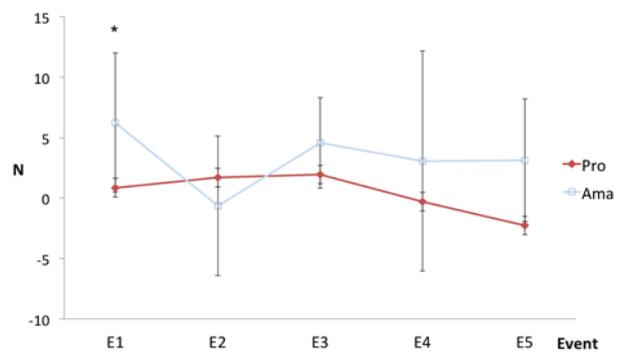


Figure 5. Graph of lateral-medio force result

Table 6. Jerk cost of finger-end point

	Pro	Ama	t-value
R_finger end	1743.94±1989.07	2788.75±2905.0	1.028
L_finger end	112.99±66.48	168.59±152.61	1.157

Note. Mean±SD, significant at \* $p < .05$ , R: right, L: left

Table 7. Jerk cost of toe point

	Pro	Ama	t-value
R_toe	1449.47±1932.73	396.87±263.19	1.869
L_toe	365.64±378.26	1313.35±1605.19	1.991

Note. Mean±SD, significant at \* $p < .05$ , R: right, L: left

의하여 얻어지는 것이며, 호흡에 대한 올바른 이해와 호흡법의 훈련으로 폐기능을 향상시킬 수 있다고 하였다(Jang, 2000). 그리고 호흡에 대한 완전한 이해는 호흡의 흡기와 호기를 조절하는 능력인데, 이것을 움직임과 연관하여 보았을 때, 신체의 운동 중심을 이용한 정확한 타이밍과 확실한 호흡을 통하여 과도한 긴장을 하지 않아야 한다고 하였다. 이러한 이유는 호흡으로 인해 신체 중심의 안정화를 유지하고 동작의 정확성을 표현하며, 조절과 평형능력을 향상시켜 신체를 유연하게 할 수 있기 때문이다(Latey, 2001).

본 연구에서는 프로 무용수와 아마추어 무용수의 폐기능 측정 결과, 폐활량을 신체조건과 나이에 따라 %로 환산한 결과(FVC%PREDICTED)에서 프로 무용수가 아마추어 무용수보다 7% 높게 나타났다. 이러한 결과는 일반 폐활량 수치(FVC) 보다 더 의미 있게 해석된다. 복식호흡을 통한 호흡의 안정성의 이유는 생리학적 관점에서 접근하였을 때, 흉식호흡시에는 횡경막이 복강쪽으로 1-1.25 cm 내려가는 데 비해 복식호흡 시에는 7 cm 가 더 내려간다는 점이다. 이에 따라 흉식호흡 보다 5-6배의 공기를 더 흡입할 수 있다고 하였다(Miles, 1964). 복식호흡 훈련으로 인한 폐활량 증가에 대한 선행된 연구로는 단전호흡 훈련에 대한 중요성을 부각한 연구(Park & Cho, 1999; Kim, 2001; Hyun, 2001)가 진행되어 왔으며, 무용과 관련된 연구로는 호흡 훈련을 통하여 한국무용 시 기본동작의 변화를 가져올 수 있다는 연구(Kim, 2005; Na, 1996)가 진행되어 왔다. 위의 선행연구에서 보는 것처럼, 한국무용에서 복식 호흡의 훈련으로 인한 동작에 영향을 줄 수 있음을 끊임없이 제시하여 왔다. 이에 본 연구에서 나타난 결과는 프로 무용단 및 일반 무용수들에서 호흡의 쓰임을 계속적으로 훈련해 나갈 수 있는 과학적 근거를 마련하였다고 보여 진다.

숙련도에 따른 무용수의 힘의 분배 능력을 평가하기 위해 한국무용 동작 시 지면반력기를 이용하여 분석하였다. 수직 지면반력 결과, 사선체 이후 최대 굴신 시점(장굽힘체)인 E2에서 프로 무용수가 아마추어 무용수보다 53.01 N 차이로 더 큰 힘을 지면에 부하하는 것으로 나타났다. 다른 event에서는 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 프로 무용수가 굽히는 동작(굽힘체)에서는 더 큰 힘을 이용하였고, 펴는 동작(태극선)에서는 더 작은 힘을 이용하여 동작을 구사하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 한국무용 동작 시 굴신 동작 시 더 크다는 것을 시사하는 바이며, 앉았다 한발로 일어나 중심잡기 동작에서는 지면의 힘을 작게 사용하게 가볍게 일어서기 동작을 실시하는 것으로 보여진다. Kim (2001)은 한국춤에서 역동성을 가질 수 있는 요인은 맺고 폼의 동작에 있어 맺음에 의해 발생한 긴장감을 풀음으로 인한 반복과정에서 생긴다고 하였다. 이러한 관점에서 볼 때, 본 연구에서 실행된 장굽힘체(최대 굴신동작)에서 숙련자는 최대 무릎 굴신을 통해 호흡을 푸는 동작에서 그다음 호흡을 위로 담은 맺음으로의 연결 동작 시, 지면의 수직 힘을 아마추어 무용수 보다 더 많이 이용하였다고 볼 수 있다.

전후 지면반력 결과를 보면 음의 값과 양의 값으로 나누어 지면의 힘을 전·후 방향으로 이용하는 것을 알 수 있다. 일반적으로 보행 시 음의 값을 제동력을 설명할 수 있고, 양의 값은 추진력을 설명할 수 있다. 연구결과, 사선체의 정점인 E1에서 아마추어 무용수가 프로 무용수 보다

-12.17 N 차이로 유의하게 제동력의 힘이 더 이용하는 것을 알 수 있다. 결국 프로 무용수는 사선체 동작을 구사할 시 추진력을 더 이용하고, 아마추어 무용수는 제동력을 더 이용하여 지면에서의 두발 평형을 유지하는 동작을 구사한다는 것을 알 수 있다.

좌우 지면반력 결과 또한 음의 값과 양의 값으로 나누어지는데, 음의 값은 외측으로의 이동을 의미하고 양의 값은 내측으로의 이동을 의미한다. 연구 결과, 사선체의 정점인 E1에서는 아마추어 무용수가 프로 무용수 보다 5.39 N 차이로 더 큰 내측으로의 움직임을 유의하게 유발하였다. 또한 전체 event 구간에서 가장 큰 좌우지면반력 값을 나타낸 Max 값에서도 아마추어 무용수가 프로 무용수 보다 11.76 N 차이로 더 큰 좌우 지면반력 값을 유의하게 나타냈다. Lee와 Oh (2012)의 연구에 의하면 무용 숙련자가 미숙련자에 비해 수직, 전후, 좌우 지면반력을 작게 사용한다고 하였다. 본 연구의 결과는 좌우측에 대한 이동이 아마추어 무용수가 프로 무용수보다 더 크다는 것을 의미하며, 이러한 시점이 특히 최대 균형감각을 유도하는 사선체 동작에서 나타났다는 것은 매우 의미 있는 해석이 될 수 있다.

Laban (1963)의 이론에 근거하면 몸을 사용하여 움직이는 리듬적 움직임 즉, 무용에서 Effort Shape을 강조하고 있는데, 이는 동작을 수행할 시에는 단 한가지의 특징을 지니는 것이 아니라 여러 가지의 요소들이 결합되어 융합되는 형태로 움직임이 일어난다는 이론이다. 그 요소로 공간(space), 시간(time), 무게(weight), 흐름(flow)의 변인을 각각 다르게 분석하여 결합시킨 결과물로 움직임의 성질(quality)을 규명하게 된다. 여기서 부드러운 움직임의 성질은 곡선적(indirect)이며 지속적(sustained)이고 가볍(light)이라고 표현된다. 이것을 다시 말한다면 춤에 있어서 부드러운 동작 수행은 곧 무용수의 동작이 완성도와 직결된다고 하였다. 본 연구에서는 저크코스트를 통해 부드러움을 정량적으로 측정할 수 있는 하나의 변인으로 선정하였다. 기존의 최대 스무드니스이론(maximum smoothness theory) 혹은 최소저크이론(minimum jerk theory)은 일반적으로 동작의 궤도 끝점(the end point of motion trajectory)에서 저크비용함수를 최소화하면서 동작이 이루어진다는 이론이다(Viviani, 1995; Hreljac, 2000). 본 연구에서도 이 이론에 따라 숙련자의 무용동작에 부드러움을 찾으려는 방법을 시도하였다. 그러나 숙련자와 미숙련자의 손끝과 발끝에서 모두 저크값의 차이가 나타나지 않았다.

선행된 연구들에 의하면, 특히 숙련도가 증가할수록 동작이 부드러워진다는 연구들이 진행되었는데, 이러한 연구들의 주제는 장애물을 피하는 동작에서 숙련도에 따라 저크함수비용을 비교하였고(Hreljac, 1993), 피험자가 선호하는 보행 속력에서 저크비용함수가 작아져 부드러움을 측

정하는 도구로 사용되었다(Hreljac & Martin, 1993). 이러한 연구들로 볼 때, 본 연구에서 선정된 동작은 선행된 연구에서 제시한 일반적 자세에서 장애물을 피하던지 연속적으로 보행을 반복하는 동작과는 상이하게 다르게 신체의 선을 이용한 표현적 움직임 사용했다는 점으로 볼 때, 본 연구 결과에서 숙련자와 미숙련자의 저크값 차이가 나타나지 않은 첫 번째 이유로 볼 수 있다고 생각된다.

또한 선행된 무용동작 및 호흡과 관련된 연구에서는 매우 제한적인 동작에서 저크값을 산출했기 때문에(Chung, 2009; Chung & Nam, 2007; Jeong, & Chung, 2007), 본 연구에서 설계된 상체의 선을 가장 크게 유도하는 동작, 하지의 굴신을 최대 유도한 동작, 동적 움직임 및 무게중심을 가장 크게 유도한 동작에 대해 저크값의 결과에서 유의한 차이가 나타나지 않은 것은, Kitazawa, Goto와 Urushihara (1993) 가 제시한 전체적 움직임 수행 시간이 길어질수록 저크값이 커지는 현상을 나타낸다는 문제점과 같은 맥락일 수 있다고 생각한다. 또한 저크값은 작의 궤도 끝점에서 저크비용함수를 최소화하면서 동작이 이루어진다는 이론(Viviani, 1995; Hreljac, 2000)이므로 무용처럼 여러 관절의 각을 유도한 움직임을 유도하는 동작에서 하나의 저크값을 산출하여 부드러움에 대한 평가를 지표로 사용하는 것에 대해서는 문제점을 가질 수 있다. 그러므로 추후 관절 및 각도에 대한 부드러움을 평가하거나, 동작과 동작이 연결되는 부분에서의 부드러움을 측정할 수 있는 평가 분석 방법이 개발된다면, 무용의 미적 표현 동작을 과학적으로 제시해 주는데 있어서 많은 도움일 될 것으로 기대된다.

## V. 결 론

본 연구는 한국무용 시 무용수의 숙련도에 따라 무용동작 표현에 따른 차이가 어떠한 요인들에 의해 영향을 받는지 알아보기 위해 폐기능, 지면반력 그리고 부드러움의 측정요인인 저크코스트(jerk cost) 값을 산출하고 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 폐활량 측정기를 이용하여 무용수의 흡기와 호기를 측정된 결과, 폐활량을 신체조건과 나이에 따라 %로 환산한 결과(FVC%PREDICTED)에서 프로무용수가 아마추어 무용수보다 높게 나타나 무용의 숙련이 폐활량에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

2. 한국무용 동작 시 지면반력의 결과는 프로 무용수가 아마추어 무용수 보다 최대 굴신 동작 시 지면의 수직의 힘을 더 많이 사용하였다. 신체중심을 최대 위쪽으로 유지하는 동작에서는 프로 무용수는 신체의 중심을 전(anterior) 방향으로 더 밀어주는 추진력의 힘을 이용하였고, 아마추어 무용수는 신체가 후(posterior) 방향에서 멈추는 제동력

의 힘을 이용하였다. 좌우의 움직임은 아마추어 무용수가 프로 무용수에 비해 더 많은 움직임을 나타내 좌우균형의 불안정성을 나타냈다.

3. 한국무용 동작 시 부드러움을 측정한 저크값은 프로 무용수와 아마추어 무용간에 차이가 나타나지 않았다.

## 참고문헌

- Chung, K. I., & Nam, K. J. (2007). Does the control of breathing help a dancer to perform a smoother ballet Pour de Bra. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(1), 185-190.
- Chung, K. I. (2009). *The influence that breathing has on the smoothness of dance movement*. Unpublished Doctoral Dissertation, Graduate School of Seoul National University.
- Hreljac, A. (1993). The relationship between smoothness and performance during the practice of a lower limb obstacle avoidance task. *Biological Cybernetics*, 68(4), 375-379.
- Hreljac, A. (2000). Stride smoothness evaluation of runners and other athletes. *Gait and Posture*, 11, 199-206.
- Hreljac, A. & Martin, P. E. (1993). The relationship between smoothness and economy during walking. *Biological Cybernetics*, 69, 213-218.
- Hyun, K. S. (2001). The effect of the Danjeon breathing exercise program applied to health promotion in women in mid life. *The Korean Academic Society of Adult Nursing*, 14, 1-9.
- Jang, M. H. (2000). *The principle of breathing in singing with a feigned voice when we study the humanbody and the research on the practical training*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Kyunghee University.
- Jeong, C. S., & Chung, K. I. (2007). The relationship between smoothness and breathing for the "Pal Duleo Gamaoligy" technique in Korean traditional dancing. *Official Journal of Korean Society of Dance Science*, 14, 1-9.
- Jung, B. H. (2004). *The aesthetics of Korea dance*. Seoul: Jipmoon-dang.
- Jung, B. H. (1985). *Korea Dance*. Seoul: Yeolhwadang.
- Kang, R. H. (1994). *A study on the proper breathing method for the efficiency of dance movement*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of King Sejong University.
- Kim, C. J. (2001). A study on the natural beauty of Korean dance. *Kyeongnam Physical Studies*, 6(1), 93-112.
- Kim, E. J. (2005). *The effects of basis training for korean dance breathing on lower extremities*. Unpublished Doctoral Dissertation, Graduate School of Dankook University.
- Kim, H. J., & Choi, J. H. (2004). Effect of the PNF and weight training on muscular strength and flexibility of the lower limbs in the elderly. *Journal of Physical Growth and Motor Development*, 12(1), 125-134.
- Kim, Y. K. (2005). A study of the co-relation between the principle of movement and the aesthetic characteristic in Korean traditional dance. *Asian Comparative Folklore Society*, 28, 175-206.
- Kim, Y. M. (2001). *Effect of Dan-jeon breathing on physical fitness and physical self-efficacy in junior high school students*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Kyungsoong University.

- Kitazawa, S., Goto, T., & Uruhihara, Y. (1993). *Quantitative evaluation of reaching movements in cats with and without cerebellar lesions using normalized integral of jerk*. In N. Mano, I. Hamada, & J. Wartenweiler (Eds.), *Role of the cerebellum and basal ganglia in voluntary movement* (pp. 11-19). Tokyo: Elsevier Science.
- Laban, R. (1963). *Modern educational dance*. 2nd edition revised by L. Ullmann. London: Mac Donald and Evans. (First published 1948).
- Latey, P. (2001). The Pilates method: history and philosophy. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 5(4), 275-282
- Lee, J., & Oh, C. H. (2012). A biomechanical analysis of lower extremity segment during the Fouette En Dehors performed by ballet dancers. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 22(1), 43-53.
- Lim, H. S. (2003). A study on breathing type in breath structure of Korean dance. *The Korean Journal of Dance*, 35, 139-152.
- Miles, W. R. (1964). Oxygen consumption during three yoga-type breathing patterns, *Journal of Applied Physiology*, 19(1), 75-82.
- Na, J. S. (1996). *Effects of respiration training on the dance balance in the high school Korean dancers*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Sookmyung Women's University.
- Nagasaki, H. (1991). Asymmetrical trajectory formation in cyclic forearm movements in man. *Experimental Brain Research*, 87, 653-661.
- Oak, J. S. (1997). Effects of physical activity on postural balance and reaction time. *Korean Journal of Physical Education*, 36(1), 1276-1287.
- Park, J. S., & Cho, C. H. (1999). The effect of Dan-jeon breathing on the cardio respiratory function. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 12, 731-743.
- Park, K. J. (2004). The biomechanical analysis on the Demi-Point balance of the leg segment in modern dance. *Journal of Korean Society for the Study of Physical Education*, 8(4), 283-297.
- Park, S. J. (2008). The effects of a basis respiration training on lower extremities muscle power during Kueb-Guel-Um in Korean dancing. *The Korean Society of Dance*, 54, 59-74.
- Park, Y. S., & Jang, J. Y. (2009). The effects of breathing control on kinetic parameters of lower limbs during walking motion in Korean dance. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(4), 627-636.
- Schneider, K., & Zernicke, R. F. (1989). Jerk-cost modulations during the practice of rapid arm movements. *Biological Cybernetics*, 60(3), 221-230.
- Sim, H. G. (2004). A study on the characteristics of traditional dance by type of its breath. *Korea Sport Research*, 15(4), 923-938.
- Sim, M. S. (2011). A study of the importance of respiration while performing Korean folk dance? Perspective on Northeast Asian. *The Korean Cultural Studies*, 21, 265-301.
- Son, J. H. (1986). *(The) EMG change for the Rond De Jambe movement according to music tempo : with lower limbs as its center*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Hanyang University.
- Viviani, P. & Flash, T. (1995). Minimum-jerk, two-thirds power law, and isochrony: converging approaches to movement planning. *Journal of Experimental Psychology*, 21, 32-53.
- Wernick-Robinson, M., Krebs, D. E., & Giorgetti, M. M. (1999). Functional reach: Does it really measure balance? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80, 262-269.
- Whang, H. Y. (1980). *The analysis of breathing in Korean dancing movements*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Ewha Womans University.
- Wiegner, A. W., & Wierzbicka, M. M. (1992). Kinematic models and human elbow flexion movements: Quantitative analysis. *Experimental Brain Research*, 88, 665-673.
- Zatsiorsky, V. M. (1998). *Kinematics of human motion*. Champaign, IL: Human Kinetics.