한국무용과학회지, 2019, 제36권 제3호, pp.73~86
Official Journal of Korean Society of Dance Science
2019, Vol.36, No.3, pp.73~86
1229-7836/19/536
DOI http://dx.doi.org/10.21539/Ksds.2019.36.3.73

댄스스포츠 쿠반락 동작에서 벡터코딩에 의한 초보자와 숙련자의 몸통과 골반 협응 패턴 차이 분석

이우진·김영관* 전남대학교

본 연구는 초보자와 숙련자가 댄스스포츠의 쿠반락 동작을 수행할 때 운동역학과 운동제어 관점에서 몸통과 골반의 움직임들 간의 협응 관계를 밝히고자 벡터코딩법을 사용하였다. 댄스스포츠에 입문한지 1년 미만의 초보자 10명과 선수 경력 5년 이상의 숙련자 3명이 연구에 참여하였으며 연구자의 지시에 따라 쿠반락 동작을 15회 반복하였다. 전자기장 센서를 이용하여 3차원 분절 움직임을 측정하였고 분절각을 계산하였다. 협응 패턴은 관상면과 횡단면에서 몸통 각도-골반 각도 다이어그램 상의 커플링 각도로 정량화하였다. Mann-Whiteney 검정으로 초보자와 숙련자 집단의 시계열 각도 비교, 커플링 각도 분포 차이를 살펴본 결과, 초보자는 관상면에서 몸통과 골반의 역위상(anti-phase) 협응을 숙련자만큼 만들지 못했다($p<.05$). 수평면에서는 관절 가동범위가 작았고 동위상(in-phase) 협응을 만들지 못하고 역위상(anti-phase) 협응을 만들어 냈다($p<.05$). 결론적으로 쿠반락 동작은 관상면에서 몸통과 골반의 역위상, 횡단면에서 동위상 협응을 필요로 한다. 초보자는 각 운동면의 특징적인 협응 패턴을 염두해 두고 몸통과 골반을 의지적으로 분리하는 연습이 필요하다.

주요어 : 쿠반락, 운동학, 벡터코딩, 협응 패턴

Ⅰ. 서 론

예술과 스포츠가 결합된 댄스스포츠는 우아하면서도 역동적인 성격을 지닌 스포츠이다. 연령, 체력, 개인 능력에 따라 누구나 즐길 수 있는 댄스스포츠에 참여하면 몸의 균형과 신체의 움직임 테크닉을 배울 수 있고 성취감, 자신감과 즐거움 등 심리적인 자존감도 높일 수 있다(김경래, 신현군, 김문석, 이소영, 2003; 황미숙, 권오륜, 2008). 원주연과 김윤태(2001)는 댄스스포츠가 지닌 정치, 사회, 예술, 오락, 운동학 및 교육적 가치를 높게 평가하고 있으며 향후 댄스스포츠의 발전 방향에도 대중들이 상당한 관심을 갖고 있다고 하였다. 이러한 댄스스포츠의 대중적인 인기와 관심은 2010년 광저우 아시안 게임 정식종목 채택으로 이어졌다.

댄스스포츠의 대중적 관심과 더불어 학문적인 측면에서도 다수의 운동역학적 접근이 있어 왔다. 룸바 포워드 워킹 스텝 동작 분석, 룸바의 하지 근전도 분석, 룸바 쿠카라차 동작의 견갑골 움직임 분석, 트윈 바를 활용한 쿠카라차 훈련시 발 압력 분포 분석, 스파이럴 턴 동작 분석 등 다양한 연구가 있어 왔다(마정순, 2002; 박양선, 2004; 박종율, 2015; 서국은, 김용재, 정용민, 2006; 유혜숙, 2013; 이진, 오정환, 허은혜, 2011; 정광호, 2013; 최수영, 2017; 최인애, 2004). 이러한 대부분의 국내 댄스스포츠 연구는 단순한 동작을 놓고 숙련자와 비숙련자 간의 동작 차이, 동작 자체의 운동학적 변인, 족저압과 근전도 분석 등에 국한되어 왔다.

라틴댄스 동작을 수행할 때, 신체의 각 분절은 각각 고유한 기능을 가진다. 몸통은 표현의 중심 역할로서 동작의 힘, 변화, 율동을 만들어 내고, 골반은 힘과 유연성을 지닌 상태에서 다리의 선과 몸통을 연결시킨다.

* 교신저자 : ykim_01@naver.com

따라서, 몸통과 골반이 조화롭게 움직여야 좋은 동작으로 표현된다(우명희, 2008). 분절 사이에 발생하는 협응의 중요성을 인식한 선행 연구들도 있어 왔다. 이진 등(2011)은 쿠카라차 동작에서 의도적으로 하강시킨 견갑골은 무게중심 이동과 고관절 가동 범위를 크게 한다는 것을 보여 주었으나, 골반 움직임이 상지 분절과 무게중심에 주는 영향을 밝혀내지 못했다. 김선진과 김수연(2010, 2011)은 표현 동작의 움직임 형태와 숙련도에 따른 사지 협응을 동작 타이밍과 위상변화 관점에서 살펴보았다. 숙련자는 동작에 관여하는 관절들의 자유도가 풀리면서 타이밍 과제를 상·하지가 독립적으로 수행한 반면, 비숙련자는 관절들의 자유도가 제한되어 상·하지가 서로 구속된 상태에서 동작하는 모습을 보여 주었다. 문영(1997)은 사지 동작의 협응구조가 무용수의 기술 수준에 따라 어떻게 변하는지 살펴 본 결과, 기술 수준이 높아짐에 따라 협응구조(coordinative structure)는 자기조직의 원리(self-organization)에 부합되는 쪽으로 형성됨을 보여주었다. 또한 하지 움직임의 협응구조를 강조한 이경옥과 윤남식(1999)은 발레 턴-아웃 수직점프의 도약과 착지에서 하지 관절 사이에 운동량이 순차적으로 전이되는 것을 보여주었다. 이는 지면 충격력을 최소화해서 착지하려고 하는 관절 움직임의 협응구조로 해석하였다. 그러나 이러한 연구들은 무용을 대상으로 한 결과이어서 댄스스포츠 동작을 대상으로 분절 간 움직임의 협응구조를 살펴본 연구는 부족한 실정이다.

협응구조란 움직임에 관여하는 여러 분절들이 주어진 목표를 이루려고 하나의 운동집단처럼 결속된 움직임으로 행동하는 것을 의미한다(Kugler, Kelso, & Turvey, 1980, 1982; Newell, 1985). 즉, 여러 분절들이 각각 독립적으로 움직이는 것이 아니고, 예정된 순서에 따라 서로 협력하면서 계획된 동작을 만들어 내는 것이다. 협응구조가 존재한다는 것은 이웃하는 분절각 또는 관절각 사이에 특정한 움직임 관계가 있다는 것이다. 이분절 또는 이관절 사이의 협응구조 중 대표적인 것이 동위상(in-phase) 협응과 역위상(anti-phase) 협응이다. 동위상(in-phase) 협응은 두 개 분절(또는 관절)각이 같이 증가하거나 같이 감소하는 현상이다. 반면 역위상(anti-phase) 협응은 하나가 증가하면 다른 것은 반대로 감소하는 현상이다(Kelso, Scholz, & Schöner, 1986). 각도 그래프를 통해 분절각(관절각)의 관계를 정성적으로 파악할 수 있으나 각도들이 동시에 변할 때는 정성적인 판단이 힘들어 분절 또는 관절 간의 협응 관계를 정량화할 필요성이 있다(Chang, Van Emmerik, & Hamill, 2008).

본 연구는 협응 관계를 정량화하는 방법 중 벡터코딩법(vector coding method)을 따랐다(Change et al., 2008; Needham, Gosling, Naemi, & Chockalingam, 2017; Reeve, Hopper, Elliott, & Ackland, 2013). 벡터코딩법은 각도-각도 다이어그램법(Sparrow et al., 1987)에서 확장되어 분절이나 관절 간 협응을 정량화하고 그 변화를 쉽게 시각화할 수 있도록 연속적인 변수로 제시하는 방법이다. Chang et al.의 연구(2008)는 보행의 입각기에서 역위상(anti-phase) 동작 이외에도 동위상(in-phase), 전족부 우세(forefoot phase), 후족부 우세(rearfoot phase) 등 복잡한 협응 패턴이 공존함을 벡터코딩으로 간단히 보여주었다. Reeve et al.(2013)은 처음으로 벡터코딩을 무용 착지 동작에 적용하여 바닥의 특성이 변할 때 하지 관절들의 가변성을 살펴보았다. 착지 직후 무릎과 발목 관절의 운동학적 가변성이 낮게 나타나다가 착지 후반부에는 증가하는 것을 벡터 코딩 방법으로 보여주었다. Needham et al.(2017)은 축구 인스텝 킥 동작에서 몸통과 골반의 움직임을 벡터코딩으로 해석하여 동작 중에 발생하는 몸통 주도 협응, 골반 주도 협응 패턴을 찾아내어 코칭 현장에 필요한 지식을 제공하였다. 이러한 해석 기법은 몸통과 골반의 협응이 강조되는 댄스스포츠 동작도 유용하게 활용될 수 있다.

댄스스포츠 동작에 정량화된 분절(관절) 협응을 찾아내는 방법을 적용하면 기존 코치가 제공하는 정성적인 피드백보다 객관적이고 일관성 있는 피드백을 받을 수도 있다. 학습자는 자신의 결과를 숙련자와 비교하여 기술 습득 단계를 객관적으로 파악할 수 있을 것이고, 코치는 학습자에게 부족한 분절(관절) 움직임을 객관적이고 정량화된 정보로 제공할 수 있을 것이다. 따라서, 본 연구는 댄스스포츠 라틴종목에서 가장 기본적인 쿠반락 동작을 벡터코딩의 관점에서 해석하여 몸통과 골반 협응 패턴을 정량적으로 분석하고자 하였다. 더 나아가

Copyright© 2019 by the Korean Society of Dance Science

숙련자와 초보자의 협응 패턴을 비교 분석 함으로써 댄스스포츠 지도자들에게 동작의 핵심 요인을 파악하는 팁을 제공하고자 하는 부차적인 목적도 있다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구 대상

연구 대상자 중 초보자 집단은 댄스스포츠 경력 1년 미만의 남학생 5명과 여학생 5명(나이: 16.0±0.0세, 신장: 1.68±0.09m, 몸무게: 60.3±10.2kg중)으로 하였다. 연구 대상자와 법적 보호자의 동의하에 연구를 진행하였다. 숙련자 집단은 댄스스포츠 경력 최소 경력 5년 이상의 남자 1명과 여자 2명(나이: 22.3±2.9세, 신장: 1.64±0.10m, 몸무게: 57.0±7.6kg중)이었다. 대상자 선정에 앞서 본 연구의 목적과 진행 과정을 연구 참여자들에게 충분히 설명하였고, 실험을 이해하고 참여 의사를 밝힌 자들만 실험에 참여하게 하였다. 모든 실험 과정은 생명윤리위원회의 승인을 받았다(승인번호: 1040198-180511-HR-045-01).

2. 실험 장비

3차원 전자기장(electromagnetic device) 동작 측정 시스템(Polhemus Liberty 2.0, Colchester, VA, USA)과 이를 구동하는 소프트웨어(AMM3D, Advanced Motion Measurement 3D, Pheonix, AZ, USA)로 실험과 분석 장비를 구성하였다. 전자기장 센서는 운동학 정보(3차원 센서 위치와 공간상의 자세 각도)를 초당 240Hz로 컴퓨터에 저장하였다. 구동 소프트웨어는 센서가 부착된 분절들 사이에 생성되는 관절각을 계산하였다. 6개의 측정 센서는 피험자의 머리, 골반, 몸통, 팔꿈치, 손목, 무릎 아래에 부착하였으며 이들을 통해 어깨, 팔꿈치, 손목, 엉덩관절, 무릎, 골반의 3차원 움직임 각을 각각 얻었다(그림 1).

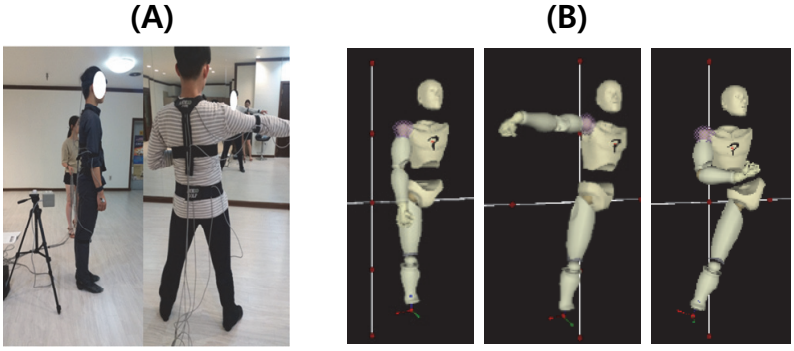


그림 1. (A) 3차원 전자기장 장착 모습과 (B) AMM3D 프로그램에서
로봇 움직임 형태로 구현된 쿠반락 동작의 모습

3. 실험절차

피험자가 연습실에 오면 실험에 대한 정보를 충분히 전달하였다. 초보자는 실험 일주일 전부터 매일 20분 이상씩 쿠반락 동작을 지도 받았다. 실험 당일 15분 정도 개인적으로 워밍업(warm-up)과 스트레칭을 실시하게 하였고, 이 과정이 끝난 후 몸에 전자기식 센서를 부착하였다. 피험자들은 룸바음악(24 bpm의 비트)에 맞

춰 제자리에서 쿠반락 동작을 5회 반복 실시하였고, 5회 동작을 1세트로 하여 3세트를 실시해 총 15회 동작 자료를 얻었다.

4. 자료처리와 분석

측정된 자료들은 해석용 컴퓨터에 내려 받은 후 상용 수치 해석 프로그램(Matlab® ver. 2009, MathWorks Co., USA)에서 차단주파수(cutoff frequency) 8Hz의 저역통과필터(Butterworth low-pass filter)로 스무딩(smoothing)하였다. 해석을 위한 시점 및 국면 정의는 다음과 같다(그림 2).

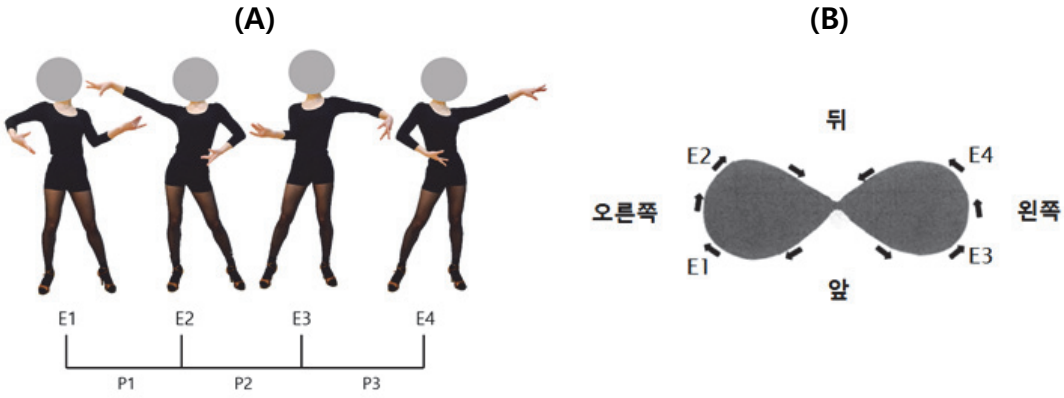


그림 2. (A) 쿠반락 동작의 주요 시점 및 동작 구간 정의와 (B) 주요 시점에 따른 골반 중심의 이동 궤적

- E1 시점: 체중을 오른 다리에 싣고, 우측 골반을 오른쪽 앞에 위치시킨다.
- E2 시점: 체중을 오른 다리에 유지한 채 우측 골반을 오른쪽 뒤로 이동시킨다.
- E3 시점: 체중을 왼 다리에 싣고, 좌측 골반을 왼쪽 앞에 위치시킨다.
- E4 시점: 체중을 왼 다리에 유지한 채 좌측 골반을 왼쪽 뒤로 이동시킨다.

각 국면은 이벤트 사이의 기간으로 E1에서 E2까지는 P1, E2에서 E3까지는 P2, E3에서 E4까지 P3로 설정하였다.

1) 몸통각과 골반각

몸통과 골반 분절의 움직임을 관상면(frontal plane)과 횡단면(transverse plane)에서 각각 살펴보았다. 몸통각과 골반각은 운동학 측정의 기준이 되는 전역좌표계와 몸통 분절과 골반 분절에 위치한 각각의 지역좌표계 사이에 이루는 각으로 정의하였다(그림 3). 관상면에서 몸통 기울기각은 전역좌표계(Z-X축)와 몸통 직교좌표계(Z_T-X_T축)의 평면 회전각으로 정의하였고, 골반 기울기각은 전역좌표계(Z-X축)와 골반 직교좌표계(Z_P-X_P축)의 평면 회전각으로 하였다. 횡단면에서는 몸통 회전각과 골반 회전각을 각각 정의하였으며, 이것은 각 분절이 전역좌표계의 Z축(수직축)을 중심으로 회전한 양을 나타내었다. 각도의 방향은 반시계 방향 회전을 (+) 각도, 시계 방향 회전을 (-) 각도로 하였다.

Copyright© 2019 by the Korean Society of Dance Science

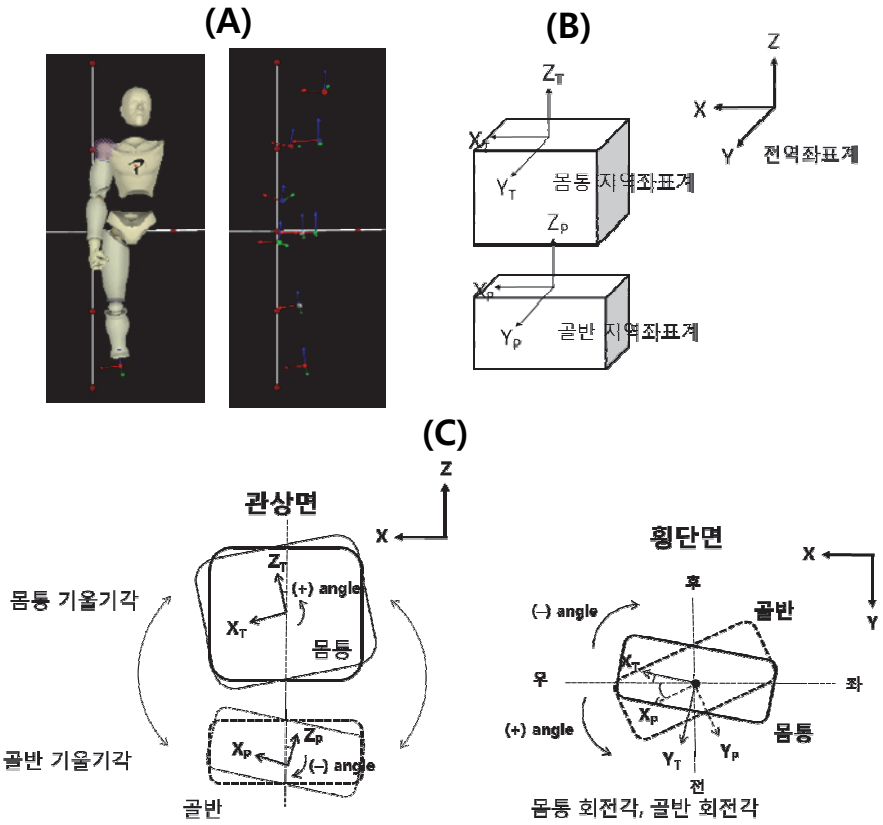


그림 3. (A) AMM3D 프로그램에서 각 분절의 로봇 형태 모델과 내면에 형성된 분절의 지역좌표계 모습, (B) 몸통과 골반 분절의 지역좌표계(골반축은 소첨자 P, 몸통축은 소첨자 T)와 전역좌표계(X, Y, Z축)의 정의, (C) 몸통 기울기각과 골반 기울기각 정의(관상면) 및 몸통 회전각과 골반 회전각 정의(횡단면)

2) 벡터 코딩(vector coding)과 커플링 각도(γ)

두 분절의 움직임에 따라(그림 4(A)) 형성되는 벡터코딩을 정의하려고 각 피험자의 평균 각도값(15회 반복 측정의 평균)을 우선 계산했다(그림 4(B)). 이 후 분절 간의 각도-각도 다이어그램을 만들어 협응 변인을 나타내는 커플링 각도(γ)를 얻었다(그림 4(C))(Hamill, Haddad, & McDermott, 2000; Heiderscheit, Hamill, & Van Emmerik, 2002; Sparrow, Donovan, Van Emmerik, & Barry, 1987). 커플링 각도는 각도-각도 다이어그램에서 연속적인 두 시간 지점(i 시점과 i+1 시점)을 연결한 직선(벡터)에 의해 형성되는 절대각으로 정의했다. 각도 값은 오른쪽 수평면으로부터 반시계 방향으로 형성되는 각(0°부터 360°)으로 한다(그림 4(C)). 예를 들면 몸통 기울기각-골반 기울기각 다이어그램에서 커플링 각도가 0°와 180° 근처에서 형성되면 골반 기울기각(Y축)은 거의 변화가 없는 상태에서 몸통 기울기각(X축)만 크게 커지거나(0° 근처) 크게 작아지는 것(180° 근처)이다. 이것은 몸통을 주로 움직이는 '몸통 주도 협응'이 된다. 한편 커플링 각이 90°와 270° 근처에서 형성되면 몸통 기울기각(X축) 변화보다는 골반 기울기각(Y축)이 더 많이 바뀌게 되어 '골반 주도 협응'이 된다. 45° 근처(몸통과 골반이 함께 반시계방향으로 움직임)와 225° 근처(몸통과 골반이 함께 시계방향으로 움직임)에서 커플링각도가 형성되면 몸통과 골반이 같은 방향으로 움직이는 '동위상(in-phase) 협응'이고, 135°와 315° 근처에서는 몸통과 골반 서로 반대 방향으로 회전하는 '역위상(anti-phase) 협응'이다(그림 4(D)). 커플링 각도(γ) 계산은 아래와 같다(Hamill et al., 2000; Heiderscheit et al., 2002; Sparrow et al., 1987).

$$\gamma_i = \tan^{-1}\left(\frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}\right) \quad (1)$$

$0^\circ \leq \gamma \leq 360^\circ$ 이고, i는 시간 흐름에서 측정된 시간 프레임이고, $i+1$은 차순위 시간 프레임이다.

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(\cos\gamma_{j,i}) \quad (2)$$

$$\bar{y}_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(\sin\gamma_{j,i}) \quad (3)$$

$$\bar{\gamma}_i = \begin{cases} \tan^{-1}(\bar{y}_i/\bar{x}_i) & \text{if } \bar{x}_i > 0 \\ 180 + \tan^{-1}(\bar{y}_i/\bar{x}_i) & \text{if } \bar{x}_i < 0 \end{cases} \quad (4)$$

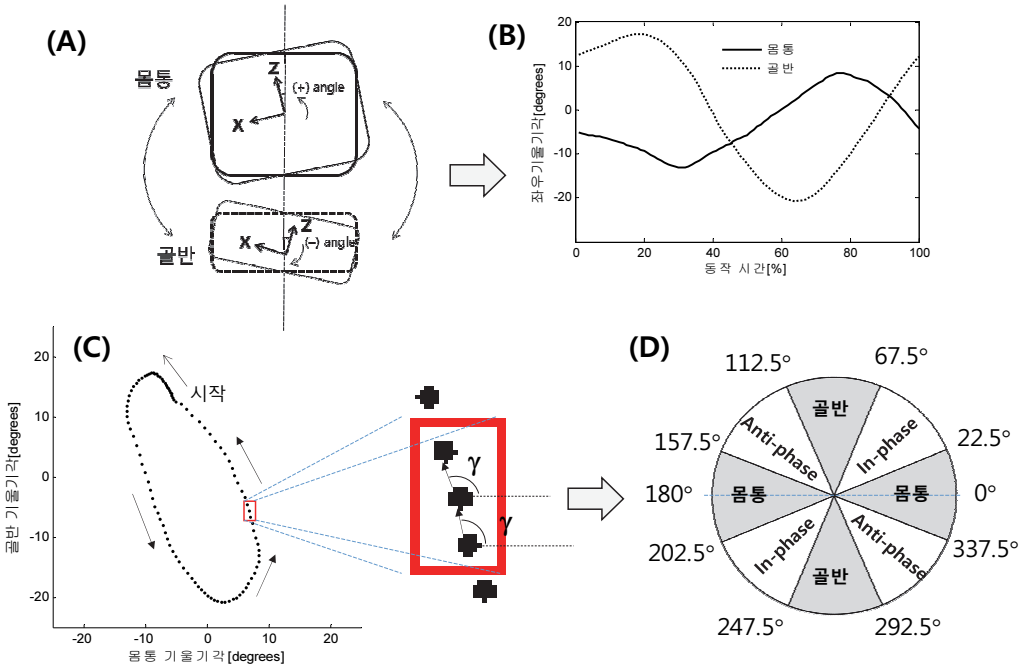


그림 4. (A) 관상면에서 몸통과 골반의 기울기각의 상대 움직임 예시, (B) 100%로 환산한 동작 시간에 따른 몸통과 골반의 기울기각 변화 예시, (C) 각도-각도 다이어그램에서 몸통 기울기각과 골반 기울기각의 정량적 관계 및 벡터에 의해 형성된 커플링 각도(γ)의 정의, (D) 커플링 각도의 군집에 따른 협응 패턴의 의미

커플링 각도를 군집화하면 〈표 1〉에 정의되는 네 가지 협응 패턴으로 분류할 수 있다.

표 1. 커플링 각도값의 군집에 따른 협응 패턴의 분류

협응 패턴	커플링 각도
동위상(in-phase) 협응	$22.5^\circ \leq \gamma < 67.5^\circ, 202.5^\circ \leq \gamma < 247.5^\circ$
역위상(anti-phase) 협응	$112.5^\circ \leq \gamma < 157.5^\circ, 292.5^\circ \leq \gamma < 337.5^\circ$
몸통 주도 협응	$0^\circ \leq \gamma < 22.5^\circ, 157.5^\circ \leq \gamma < 202.5^\circ, 337.5 \leq \gamma \leq 360^\circ$
골반 주도 협응	$67.5^\circ \leq \gamma < 112.5^\circ, 247.5^\circ \leq \gamma < 292.5^\circ$

횡단면 상에서 발생하는 몸통과 골반의 회전각 커플링 각도도 같은 방식으로 정의했다(그림 3(C)).

5. 통계처리

각 피험자의 15회 평균값을 피험자의 대푯값으로 설정하고 통계 분석을 하였다. 통계분석은 SPSS® (ver. 20.0,

Copyright© 2019 by the Korean Society of Dance Science

IBM, USA) 소프트웨어를 사용하였고, 두 집단에 대한 유의한 차이를 분석하기 위해 비모수 검정인 Mann-Whitney 검정을 실시하였다. 유의 수준은 0.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 관상면에서 몸통과 골반의 협응 패턴 비교

1) 몸통과 골반의 기울기각 비교

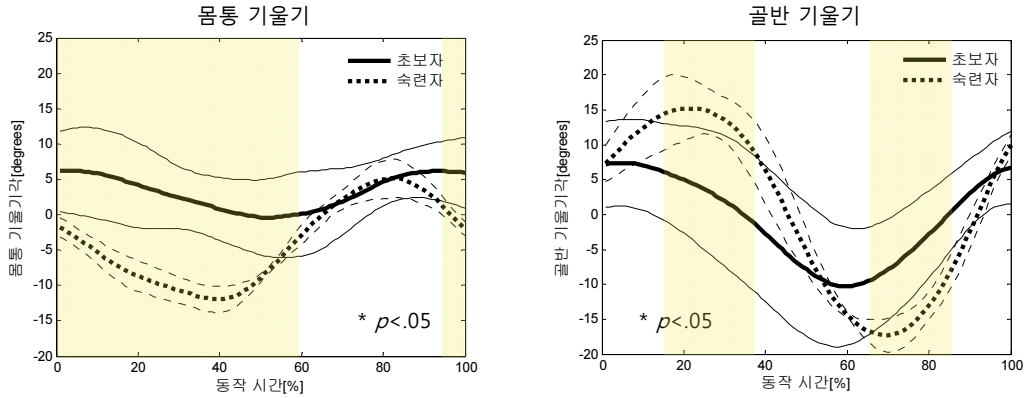


그림 5. 쿠반락 동작 중 관상면의 몸통 기울기각과 골반 기울기각의 변화

그림 5는 쿠반락 동작 중에 초보자와 숙련자에서 발생하는 몸통 기울기각과 골반 기울기각의 변화를 나타냈다. 굵은 선은 집단 평균값이고 얇은 선은 위·아래로 표준 편차 영역을 표시했다. 몸통 기울기각과 골반 기울기각이 0°이면 지면과 수평인 중립 자세이다. 0°보다 크면 분절들이 반시계방향으로 회전한 것이고 0°보다 작으면 시계방향으로 회전한 것이다. 표준화된 동작 시간의 1~59% 구간과 95~100% 구간(색칠 구간)에서 초보자의 몸통 기울기각은 숙련자의 값보다 유의하게 컸다(p<.05). 초보자의 몸통 기울기각은 10° 이내의 평균값을 보여주어 몸통의 측면 움직임이 전체 동작 중에 적게 발생했다. 반면 숙련자는 처음부터 60% 시간까지 음(-)의 기울기각을 나타내어 왼쪽 어깨가 오른쪽 어깨보다 처진 것을 알 수 있었다. 초보자의 평균 가동범위(9.7±8.6°)는 숙련자의 가동범위(17.4±4.0°)와 통계적으로 차이가 없었다(p>.05).

골반 기울기각은 15~37% 구간과 66~86% 구간(색칠 구간)에서 유의한 차이가 있었다(p<.05). 15~37% 구간에서는 초보자의 골반 기울기각이 숙련자보다 유의하게 작았고, 66~86% 구간에서는 숙련자보다 유의하게 컸다. 즉, 동작의 초반(15~37% 구간)에는 반시계방향 기울기가 작았고, 후반(66~86% 구간)에는 시계방향 기울기가 작았다. 초보자의 골반 기울기각 가동범위(21.9±4.0°)는 숙련자의 가동범위(33.5±5.8°)보다 유의하게 작았다(p<.05).

정성적으로 보면 초보자의 표준편차 값은 전구간에 걸쳐 숙련자의 값보다 크게 나타났다.

2) 각도-각도 다이어그램으로 협응 패턴 비교

초보자의 경우 동작 시작과 동시에 50% 시간까지 몸통과 골반의 기울기각이 시계방향(감소하는 방향)으로 같이 움직였고, 동작 중후반기(60% 이후)에는 반시계방향(증가하는 방향)으로 함께 움직이는 경향을 나타냈다

(그림 6). 즉, 동위상(in-phase) 협응이 다수 나타났다. 한편 숙련자는 동작 초반(1~21%), 중반(40~70%), 후반(83~100%)에서 각각 몸통 기울기각이 골반 기울기각과 서로 반대 방향으로 움직이는 것을 보였다. 몸통 기울기각이 감소할 때는 골반 기울기각이 증가하고, 몸통 기울기각이 증가할 때 골반 기울기각은 감소하는 경향을 보여 역위상(anti-phase) 구간이 다수 나타났다.

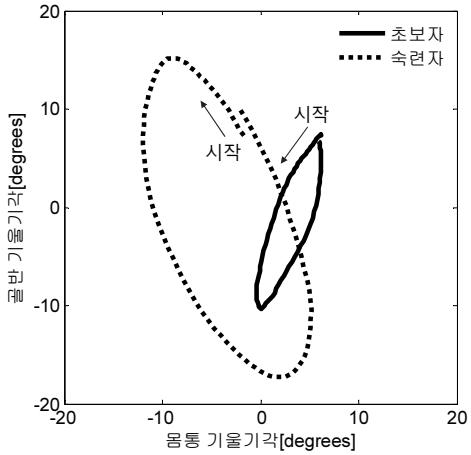
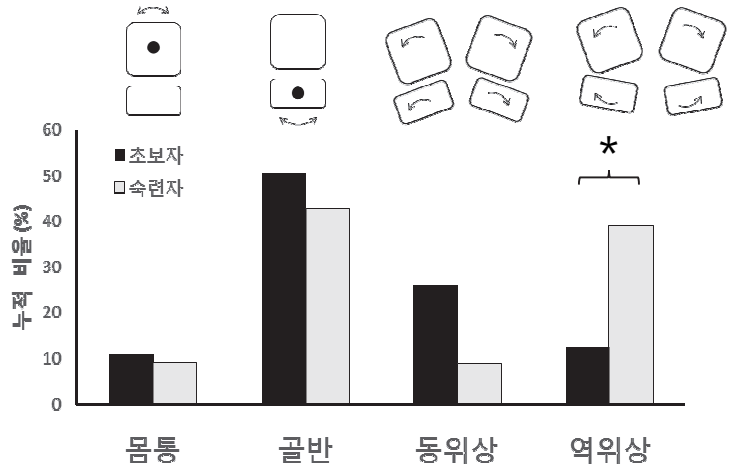


그림 6. 관상면에서 몸통 기울기각-골반 기울기각의 각도-각도 다이어그램

3) 커플링 각도의 군집 분포로 본 협응 패턴 비교



* p<.05

그림 7. 관상면에서 집단 간의 커플링 각도 군집 비율 비교

그림 7은 그림 6의 각도-각도 다이어그램에서 얻어진 커플링 각도를 표1의 군집 구분에 따라 배분한 결과를 보여 준 것이다. 전반적으로 초보자와 숙련자 모두 '골반 주도 협응'을 40% 이상(초보자는 50.51%, 숙련자는 42.84%) 보여 주었고, '몸통 주도 협응'을 11% 이내(초보자는 10.98%, 숙련자는 9.17%)로 나타냈다. 집단 간 유의한 차이는 '역위상(anti-phase)' 구간에서 나타났다(Z=-2.54, p<.05). 초보자의 누적분포(12.45%)는 숙련자의 결과(39.02%)보다 유의하게 작았다. 동위상(in-phase) 협응의 평균값은 두 집단간 차이가 있었지만(초보자는 26.06%, 숙련자는 8.97%) 통계적으로 유의하지 않았다(p>.05). 그림 6과 그림 7을 같이 고려하면 관상면에서 초보자는 동위상(in-phase) 협응, 숙련자는 역위상(anti-phase) 협응의 특징을 보여 주었다.

Copyright© 2019 by the Korean Society of Dance Science

2. 횡단면에서 몸통과 골반의 협응 패턴 비교

1) 몸통과 골반의 회전각 비교

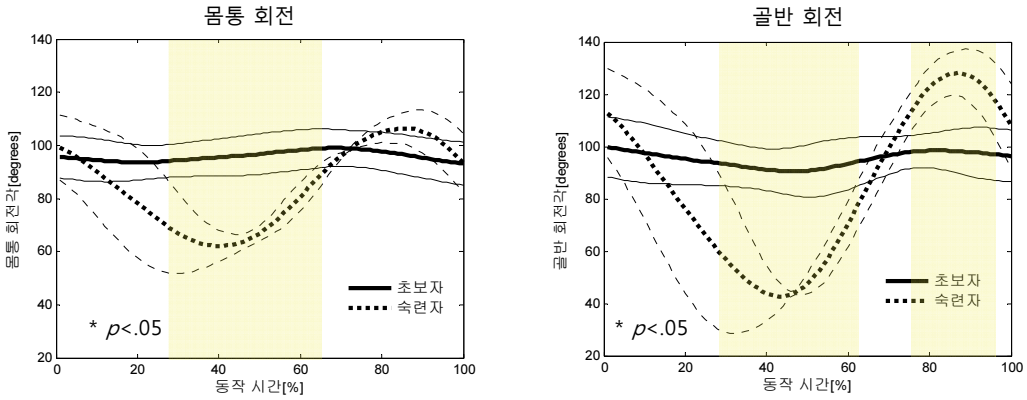


그림 8. 쿠반락 동작 중 횡단면의 몸통 회전각과 골반 회전각의 변화

그림 8은 쿠반락 동작 중에 발생하는 몸통 회전각과 골반 회전각의 변화를 나타낸 것이다. 굵은 선은 집단 평균값이고 얇은 선은 위·아래로 표준 편차 영역을 표시한 것이다. 몸통 회전각과 골반 회전각이 90°이면 몸통이 전방을 바라 본 중립 자세이다. 90° 이상이면 중립자세에서 반시계방향으로의 회전, 90° 이하이면 시계방향으로의 회전을 의미한다. 몸통 회전각에서는 표준화된 동작 시간의 27~64% 구간(색칠 구간)에서만 두 집단 간에 유의한 차이가 있었다(p<.05). 초보자의 몸통 회전각이 숙련자보다 유의하게 컸다. 즉, 초보자는 숙련자처럼 시계방향의 몸통 회전을 하지 못했다. 관절 가동범위에 있어서도 초보자의 가동범위(11.2±4.6°)는 숙련자의 값(47.0±5.0°)보다 유의하게 작았다(p<.05).

골반 회전각은 28~62% 시간 구간과 74~96% 시간 구간(색칠 구간)에서 두 집단 간 유의한 차이가 있었다. 28~62% 시간에서 초보자는 시계방향의 몸통 회전을 잘 못했고, 74~96% 시간에서는 반시계방향으로 몸통회전을 잘 하지 못했다. 관절 가동범위에 있어서도 초보자의 가동범위(33.5±5.8°)는 숙련자의 값(92.3±5.1°)보다 유의하게 작았다(p<.05).

2) 각도-각도 다이어그램으로 협응 패턴 비교

그림 9에서 초보자는 매우 제한적인 몸통 회전각과 골반 회전각을 보여 주었다. 동작 초반(1~21%)과 중후반(40~70%)에서 미세하게 몸통과 골반 회전각이 서로 반대 방향으로 움직이는 패턴(역위상 협응)을 보이다가 후반(83~100%)에서는 몸통과 골반 회전각이 같이 시계방향(동위상 협응)으로 미세하게 움직였다. 한편 숙련자는 매우 뚜렷하게 몸통 회전각과 골반 회전각이 같이 감소하고 함께 증가하는 모습(동위상 협응)을 보였다(그림 9). 가동범위도 초보자보다 뚜렷이 크게 나타났다.

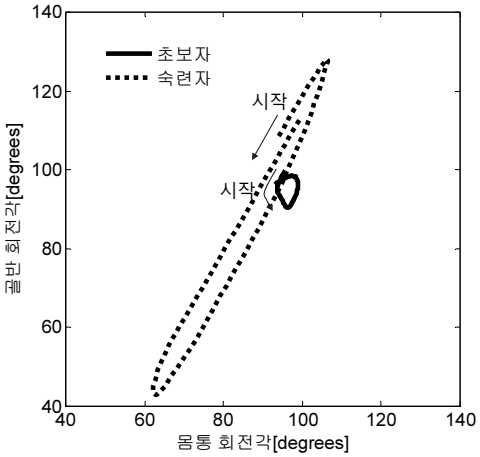


그림 9. 횡단면에서 몸통 회전각-골반 회전각의 각도-각도 다이어그램

3) 커플링 각도의 군집 분포로 본 협응 패턴 비교

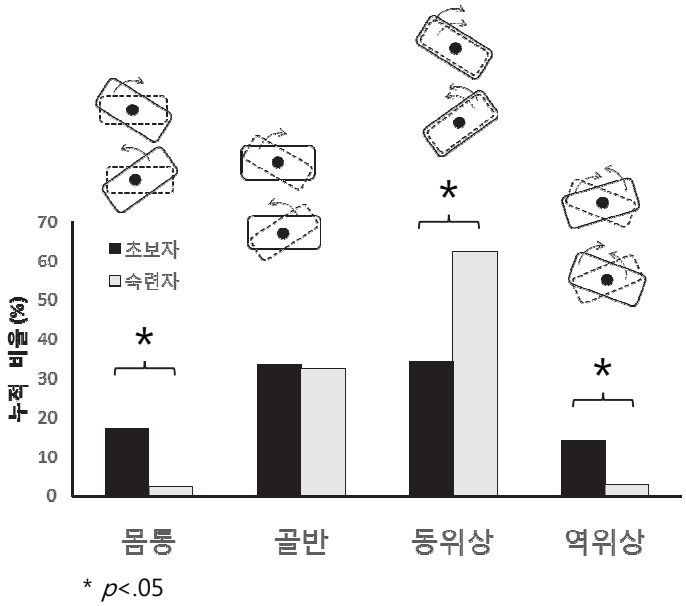


그림 10. 횡단면에서 집단 간의 커플링 각도 군집 비율 비교

그림 10은 그림 9의 각도-각도 다이어그램에서 얻어진 커플링 각도를 표1의 군집 구분에 따라 배분한 결과를 보여 준 것이다. 집단 간 유의한 차이는 '몸통 주도 협응'(Z=-2.37, p<.05), '동위상(in-phase) 협응'(Z=-2.20, p<.05), '역위상(anti-phase) 협응'(Z=-2.20, p<.05)에서 나타났다. 쿠반락을 하는 동안 초보자(17.47%)는 숙련자(2.34%)보다 유의하게 많은 몸통 주도 협응을 보였다. 동위상(in-phase) 협응은 초보자(34.61%)가 숙련자(62.39%)보다 유의하게 적게 나타난 반면 역위상(anti-phase) 협응은 초보자(14.27%)가 숙련자(2.75%)보다 유의하게 많은 것을 보여 주었다. 골반 주도 협응에서는 두 집단의 차이가 무의미했다. 그림 9과 그림 10을 같이 고려하면 수평면 회전에서 초보자는 몸통 주도 협응과 역위상(anti-phase) 협응을 많이 보였고, 숙련자는 동위상(in-phase) 협응을 많이 보였다.

Ⅳ. 논 의

본 연구는 댄스스포츠의 쿠반락 동작을 대상으로 벡터코딩법을 사용하여 몸통과 골반 분절 움직임 협응 패턴을 파악하였다. 그리고, 초보자와 숙련자의 결과를 비교하여 초보자에게 필요한 운동학적 요인을 파악하고 코치들에게 정보를 주고자 하였다. 벡터코딩법은 각도-각도 다이어그램에서 나타난 정성적인 특성을 정량화하는 방법이다. 선행연구에서는 걷기, 공차기, 드롭 렌딩 동작 등에 적용되어 해석되어 왔었고(Chang et al., 2008; Needham et al., 2017; Reeve et al., 2014), 본 연구는 이 기법을 댄스스포츠 동작에 처음으로 적용하였다.

쿠반락 동작은 라틴댄스 동작에 기본적으로 포함되는 것으로 골반의 움직임을 중요시한다. 골반은 기능해부학적으로 하지와 몸통을 연결해 주는 부분이다. 골반은 몸통과 복횡근, 복직근, 내복사근, 외복사근, 척추기립근, 요방형근의 근육으로 연결되기 때문에 골반이 움직이면 몸통도 같이 움직일 수 밖에 없다(Floyd, 2012). 숙련자의 결과를 기준으로 올바른 몸통과 골반 협응 패턴을 파악한 결과 해부학적 운동면에 따라 다르게 나타

Copyright© 2019 by the Korean Society of Dance Science

났다. 관상면에서는 몸통과 골반이 서로 다른 회전 방향을 나타내줘야 하며(역위상 협응), 횡단면에서는 같은 회전 방향을 나타내줘야 한다(동위상 협응). 이는 각도-각도 다이어그램의 폐곡선의 기울기와 커플링 각도 군집 분석 결과에서도 잘 나타나 있다(그림 6, 7, 9, 10)

쿠반락 동작은 8자를 그리듯이 좌우측으로 체중을 이동한다. 이 때 발을 통해 지면을 눌러주는 듯한 느낌으로 동작을 한다. 댄스스포츠에서는 이를 '세틀링(settling)'이라고 표현하는데, 체중으로 지면을 누르는 동작을 만들어 내기 위해서는 복사근을 수축하여 몸통 분절과 골반 분절이 서로 가까워져야 한다. 관상면에서 볼 때 몸통과 골반 분절의 서로 반대방향으로 좌우 기울기각(역위상 협응)이 발생해야 한다. 본 연구에서 근전도 측정을 하지 않았기 때문에 연구의 제한점이 있지만, 선행연구를 보면 스텝의 추진력을 얻기 위해 몸의 오른쪽과 왼쪽이 분리되도록 외복사근과 골반 부분을 압축시켜야 한다는 주장이 있어 본 연구의 역위상 협응 패턴을 일부 지지하였다(이진 등, 2011; 최인애, 2004).

연구결과에 따르면 초보자는 몸통과 골반 움직임을 유기적으로 만들어 내지 못하였다. 관상면의 각도-각도 다이어그램 궤적을 보면 숙련자와 반대되는 기울기의 모습(동위상 협응)을 보여 주었다(그림 6). 이것은 몸통과 골반의 기울기 움직임을 의지적으로 분리하지 못한 것으로 볼 수 있다. 반면 숙련자는 관절 가동범위도 초보자에 비해 크고 역위상(anti-phase) 협응을 나타내 몸통과 골반의 분리가 의지적으로 이루어졌음을 알 수 있었다. 횡단면 결과를 보면 초보자의 각도-각도 다이어그램 궤적은 그 면적이 매우 작았다. 즉, 대부분 좌우 방향으로 축회전을 못한 채 동작을 수행했다. 숙련자는 넓은 가동범위에 걸쳐 명확한 대각선 각도-각도 다이어그램을 보여주어 몸통과 골반의 동위상(in-phase) 협응 패턴을 나타내었다.

이러한 명확한 결과 차이는 운동제어 측면과 코칭 측면에서 몇 가지를 시사해 준다. 첫째, 근신경계의 차이라고 볼 수 있다. 숙련자는 동일한 동작을 반복한 많은 누적 시간이 있기 때문에 근육계와 신경계가 쿠반락 동작을 수행하는데 최적화되었다고 볼 수 있다. 하지만 초보자는 학습 초기 단계이기 때문에 쿠반락 동작을 수행하는데 근신경계 시스템이 원활하게 작동하지 못했을 것으로 생각된다(김선진, 2009; Schmidt & Wrisberg, 2004). 또한, 초보자와 숙련자의 동작 숙련도 차이도 있으나 초보자들이 모두 중학생으로 생리학적 연령대별 근력 차이에 기인한 효과도 내재되어 있다고 생각한다. 둘째, 운동학습의 다이내믹 시스템 이론에서 해석하면 초보자는 '자유도 구속(freezing degrees of freedom)' 단계이고, 숙련자는 '자유도 풀림(releasing degrees of freedom)' 단계로 볼 수 있다(Bernstein, 1967). 이것은 각도-각도 다이어그램에서 매우 제한적인 궤적 면적이 나온 초보자 결과를 보면 알 수 있다. 몸통과 골반은 관상면과 횡단면에서 움직임이 가능하다. 하지만, 어떤 이유인지 초보자는 횡단면 움직임을 매우 구속하였고, 숙련자는 넓은 가동범위를 활용하여 동작을 만들어내 분절이 움직일 수 있는 자유도를 잘 활용하였다. 김선진과 이수연(2010, 2011)의 선행 연구에서도 초보자들은 학습과정 초기에 자유도를 고정하는 경향이 있고, 학습 과정이 진행됨에 따라 자유도 풀림 경향이 나타난다고 하여 숙련도가 증가함에 따라 관절 가동범위가 증가함을 보여 주었다. 셋째, 초보자에게 적용할 효과적인 지도법에 대해 고민하게 했다. 연구 결과를 따르면 해부학적인 운동면에 따라 확연히 차이가 나는 협응 패턴(관상면에서는 역위상 협응, 횡단면에서는 동위상 협응)이 존재한다. 초보자는 쿠반락 동작을 배울 때 이러한 협응 패턴을 인지하면서 연습해야 효과가 있을 것으로 생각한다. 또 하나는 보강 운동의 필요성이다. 지속적으로 쿠반락 동작을 반복 학습하면 언젠가는 몸통과 골반의 분리된 협응 패턴을 만들어 낼 수 있다. 하지만, 최근 운동과학 측면에서는 기능성 보강운동(필라테스나 기능성 트레이닝)이 분절을 둘려싸고 있는 근육의 안정성과 유연성에 영향을 주어 분절의 협응력을 향상시킨다는 결과가 있다(신성휴 등, 2010). 신성휴 등(2010)은 12주가 필라테스 훈련이 한국 무용 돋음체 동작의 협응력을 향상시켰다고 보고하였다. 또한, 코어의 협응력을 향상시키는 훈련법은 트레이닝 현장에 많이 보급되어 있으므로 이런 훈련법을 컨디셔닝 운동에 활용하면 몸통과 골반을 연결해 주는 코어 근육의 독립적 협응 패

턴을 만드는데 도움을 줄 것이다(Willardson, 2014). 댄스스포츠는 예술이기도 하지만 경쟁을 하는 스포츠이기 때문에 몸은 만들어가는 훈련 요소를 잘 활용하는 것도 기술 습득에 도움이 될 것이다.

벡터 코딩은 지금까지 스포츠 동작(Needham et al., 2017)이나 보행(Chang et al., 2008) 등의 운동제어 문제를 다루는데 활용되어 왔다. 본 논문에서 처음으로 댄스스포츠 동작에 활용해 보았다. 댄스스포츠 동작은 스텝을 밟으면서 체중이동을 시도하는데 골반의 움직임이 매우 중요하다. 또한 골반에 연계된 상체와 이에 연결된 상지 움직임을 통해 에너지의 흐름이 부드럽게 전달이 되어야 한다. 기존 댄스스포츠의 동작 평가나 코칭은 나안(naked eye)에 의한 주관적인 평가가 대부분이 이었다. 경험이 많은 전문가는 매우 미묘한 협응의 차이를 느낌으로 찾아낼 수 있을 수 있으나 정량적인 값으로 나타내는데는 어려움이 있을 것으로 생각된다. 연구에 사용된 벡터코딩법은 두 개 분절의 협응만 볼 수 있다는 한계점이 있으나 정량적인 협응 패턴을 제시할 수 있다는 점에서 장점이 있다. 특히 코치가 바르게 볼 수 없는 횡단면 움직임의 협응 패턴을 파악하는데도 도움이 된다.

본 연구에서는 연구 대상자 선정에서 한계점이 있었다. 초보자와 숙련자 숫자가 동일하지 못했고, 피험자 수가 많지 않았기 때문에 결과를 일반화하는데 한계점이 있을 것으로 생각한다. 또한, 초보자들은 중학생들로 뼈 성장이 근육계 성장보다 빠른 시기이여 근육계의 활성이나 조절 능력이 숙련자(20대 초반)보다 부족하였다. 따라서, 결과에는 학습 효과와 연령 차이에 의한 근신경계 발달 차이도 같이 내재해 있다고 볼 수 있다. 향후 동일 연령대의 비교 연구가 필요하다고 생각한다.

V. 결론 및 제언

본 연구 결과 댄스스포츠의 쿠반락 동작에서 몸통과 골반 분절의 올바른 협응 패턴은 운동면에 따라 다르게 나타났다. 즉, 관상면에서는 몸통과 골반이 서로 반대방향으로 움직이는 역위상(anti-phase) 협응이 나와야하고, 횡단면에서는 같은 방향으로 움직이는 동위상(in-phase) 협응이 되어야 한다. 초보자는 관절가동 범위가 작았고, 몸통과 골반을 분리하지 못해서 올바른 협응 패턴을 만들지 못했다. 따라서, 초보자는 학습할 때 각 운동면의 특징적인 협응 패턴을 염두해 두고 몸통과 골반을 의지적으로 분리하는 연습이 필요하다.

참고문헌

김경래, 신현군, 김문석, 이소영 (2003). 무용철학: 댄스스포츠의 가치와 활성화 방안. **움직임의철학: 한국체육철학회지, 11**(2), 355-373.

김선진 (2009). **운동학습과 제어**. 서울: 대한미디어.

김선진, 김수연 (2010). 표현 움직임의 형태와 숙련성에 따른 사지 협응 변화. **한국체육학회지, 49**(6), 225-233.

김선진, 김수연 (2011). 숙련도에 따른 표현 동작 타이밍과 사지 협응 형태의 변화. **한국스포츠심리학회지, 22**(2), 111-121.

마정순 (2002). 룸바의 워킹스텝 시 하지관절각의 변화에 관한 동작분석. **한국무용교육학회, 13**(2), 401-410.

문영 (1997). 과제 및 환경속박에 따른 무용수의 기술수준별 협응구조 변화. **한국체육학회지, 36**(2), 225-233.

박양선 (2004). 룸바 포워드 워크 동작의 운동학적 분석. **한국스포츠리서치, 15**(5), 1979-1987.

박종율 (2015). 댄스 스포츠 탱고의 오버 스웨이 동작을 통한 근육 손상에 대한 분석. **한국무용과학회지, 32**(4), 139-149.

서국은, 김용재, 정용민 (2006). 댄스스포츠 룸바 동작의 근전도 분석. **한국스포츠리서치, 17**(6), 177-185.

신성휴, 김현숙, 김은경, 최혜원, 변경석, 오은영 (2010). 12주간의 필라테스 훈련이 한국 무용 돋움체에 동작에 미치는 영향.

Copyright© 2019 by the Korean Society of Dance Science

한국무용과학회지, 20(1), 1-14.

원주연, 김윤태 (2001). 대학생들의 댄스스포츠에 대한 인식 조사 연구. **대전대학교 기초과학연구소, 12**(1), 189-229.

우명희 (2008). **라틴댄스에 나타난 춤 특성에 관한 연구**. 미간행 석사학위논문. 이화여자대학교 대학원.

유혜숙 (2013). **댄스스포츠 스파이럴 턴 동작 시 근 협응 패턴과 운동역학적 요인 분석**. 미간행 박사학위논문. 한양대학교 대학원.

이경옥, 윤남식 (1999). 무용/무용 Turn-out 수직점프의 하지내 분절협응과 수직지면반력 유형. **한국체육학회지, 38**(4), 1006-1014.

이진, 오정환, 허은혜 (2011). 룸바 쿠카라차 댄스 시 견갑골 하강에 따른 운동학적 분석. **한국운동역학회지, 21**(1), 77-83.

정광호 (2013). **룸바 스파이럴 동작의 운동학적 분석**. 미간행 석사학위논문. 순천대학교 대학원.

최수영 (2017). **룸바 쿠카라차 동작 시 트윈 바가 발의 족저압에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문. 이화여자대학교 대학원.

최인애 (2004). 룸바 쿠카라차 동작의 운동학적 분석. **한국운동역학회지, 14**(1), 145-160.

황미숙, 권오륜 (2008). 무용철학: 해석학적 관점으로 본 댄스스포츠의 사회적 역할과 내재성 의미 연구. **움직임의철학: 한국체육철학회지, 16**(1), 267-278.

Berstein, N. A. (1967). *The Co-ordination and Regulation of Movements*. New York, New York: Pergamon Press.

Chang, R., Van Emmerik, R., & Hamill, J. (2008). Quantifying rearfoot-forefoot coordination in human walking. *Journal of Biomechanics, 41*, 3101-3105.

Floyd, R. T. (2013). *Manual of Structural Kinesiology*. New York, New York: McGraw Hill.

Hamill, J., Haddad, J. M., & McDermott, W. J. (2000). Issues in quantifying variability from a dynamical systems perspective. *Journal of Applied Biomechanics, 16*, 407-418.

Heiderscheit, B. C., Hamill, J., & Van Emmerik, R. A. (2002). Variability of stride characteristics and joint coordination among individuals with unilateral patellofemoral pain. *Journal of Applied Biomechanics, 18*, 110-121.

Kelso, J. A. S., Scholz, J. P., & Schöner, G. (1986). Nonequilibrium phase transitions in coordinated biological motion: critical fluctuations. *Physics Letters A, 118*(6), 279-284.

Kugler, P. N., Kelso, J. S., & Turvey, M. T. (1980). On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. Theoretial lines of convergence. *Advances in Psychology, 1*, 3-47.

Kugler, P. N., Kelso, J. S., & Turvey, M. T. (1982). On the control and coordination of naturally developing systems. *The Development of Movement Control and Coordination, 5*, 1-78.

Needham, R. A., Gosling, J. A., Naemi, R., & Chockalingam, N. (2017). Quantifying segmental coordination during a sport specific movement using a modified vector coding technique: A comparison between two coordination pattern classifications. *ISBS Proceedings Archive, 35*, 1146-1149.

Newell, K. M. (1985). Coordination, control and skill. *Advances in Psychology, 27*, 295-317.

Reeve, H. K., Hopper, L. S., Elliott, B. C., & Ackland, T. R. (2013). Lower limb kinematic variability in dancers performing drop landings onto floor surfaces with varied mechanical properties. *Human Movement Science, 32*(4), 866-874.

Schmidt, R. A. & Wrisberg, C. A. (2004). *Motor Learning and Performance*. Champaign, Illnois, Human Kinetics.

Sparrow, W. A. Donovan, E., Van Emmerik, R. E. A., & Barry. E. B. (1987). Using relative motion plots to measure changes in intra-limb and inter-limb coordination. *Journal of Motor Behavior, 19*, 115-129.

Willardson, J. M. (2014). *Developing the Core*. Champaign, Illinois: Huaman Kinetics.

ABSTRACT

Analysis of Coordination Patterns of Trunk and Pelvic Motions between Novices and Experts in Terms of Vector Coding Method in Cuban Rock Motion of Dance Sports

Lee, Woojin · Kim, Young-Kwan *Chonnam National Univ.*

This study was purposed to investigate coordination patterns of trunk and pelvic motions between novices and experts in performing Cuban lock motion of dance sports in terms of vector coding method. Ten novices and three experts participated in the study and performed Cuban rock movements repeatedly. Three-dimensional motion measurements were made by electromagnetic field sensors and segment angles were calculated. The coordination pattern was shown on angle-angle plots of the frontal and transverse planes, respectively, and the coupling angle was defined by the vector coding method to quantify the coordination patterns of trunk and pelvic motions. The Mann-Whitney U test was used to compare mean values between novices and experts. The novice did not perform anti-phase coordination pattern of trunk and pelvis on frontal plane and did not do in-phase coordination pattern of them on transverse plane, respectively, in comparison with those of the expert ($p<.05$). In conclusion, Cuban rock movement in dance sports showed different coordination pattern between frontal and transverse planes, respectively. Since the novice lacks the ability of trunk and pelvic separation during movement, it is recommended for beginners to keep in mind the principal coordination pattern on each motion planes during their practices.

Key words : Cuban rock, kinematics, vector coding, coordination pattern

논문투고일: 2019. 05. 31
논문심사일: 2019. 07. 13
심사완료일: 2019. 07. 23

Copyright© 2019 by the Korean Society of Dance Science