

발레 Fouette Turns 동작 시 음악반주 유무에 따른 정면응시도 및 회전축 이동거리 차이

조남규¹ · 오성근^{2*} · 신화경³ · 박재근⁴ · 이승연⁵ · 기재석⁶ · 하종규⁷

¹상명대학교 문화기술대학원 공연예술경영학과, ²상명대학교 예술경영연구소, ³상명대학교 소비자주거학과, ⁴상명대학교 무용학과, ⁵상명대학교 문화기술대학원 뮤직테크놀로지학과, ⁶인천대학교 산학협력단, ⁷한국스포츠클리닉공학연구소

A Comparative Study on Orientation density to the Front and Path Length of Rotational Axis with/without Music during Fouette Turns

Nam-Gyu Cho¹ · Seong-Geun Oh^{2*} · Hwa-Kyung Shin³ · Jae-Keun Park⁴ · Seung-Yon Lee⁵ · Jae-Seok Ki⁶ · Chong-Gu Hah⁷

¹Performing Arts Management, Graduate School of Culture & Technology, Sangmyung Univ., Seoul, Korea

²The Arts Management Institute, Sangmyung Univ., Seoul, Korea

³Consumer & Housing Studies, College of Natural Science, Sangmyung Univ., Seoul, Korea

⁴Dance Arts, College of Visual Arts, Sangmyung Univ., Seoul, Korea

⁵Music Technology, Graduate School of Culture & Technology, Sangmyung Univ., Seoul, Korea

⁶Industry Academic Cooperation Foundation, Incheon National Univ., Incheon, Korea

⁷Korea Institute of Sports Clinic & Engineering, GyeongGido, Korea

Received 30 November 2013; Received in revised form 22 December 2013; Accepted 29 December 2013

ABSTRACT

S, G. OH, Y. K. AHN, A Comparative Study on Orientation density of Head and Trunk to the Front with/without music during Fouette Turns. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 00, No. 0, pp. 00-00, 2013. Fouetté turns are repeated pirouettes which begin as a normal pirouette en dehors but include a movement that allows the rotational momentum lost to friction to be regained once each revolution. The purpose of this study was to investigate on orientation density of head/trunk to the front with and without music to which dancers perform the Fouette turn in time. 10 female dancers(21.0±1.4 years old, height; 165.3±3.9 cm, weight: 50.5±5.7 kg) who are the students of S University participated in this study. It took shorter time to perform one revolution of fouette turn with music (930 ms) than without music (961 ms), which reason may be the shorter time of phase 2 in which the rotational momentum is not produced but lost to fiction. Orientation density of trunk to the front was smaller with music (.176) than without music (.196), while the one of head had not significant difference between with and without music. And the path length of marker on 2nd left metatarsal bone during one revolution was smaller with music (35.7 cm) than without music (40.2 cm) but the difference was not statistically significant ($p=.267$).

Keywords : Fouette, Turn, Orientation Density, Ballet, Music, Rotational Axis

Corresponding Author Oh Seong-geun
Arts Management Institute, Sangmyung Univ., 1-38 Dongsung-dong
Jongno-gu, Seoul Korea
Tel : +82-10-6757-1248
E-mail : osg2333@hanmail.net

본 연구는 미래창조과학부 및 한국산업기술평가관리회 2013년도 디지털콘텐츠 원천기술개발 사업 중 전통 및 대중 무용의 체험 학습 창작을 위한 퍼포먼스 분석 및 생성 기술개발 과제의 연구결과로 수행되었음(과제번호 : 10044309)

I. 서 론

전통 발레 Fouette turns 동작은 일반적인 Pirouette en dehors 동작과 마찬가지로 인해 손실된 회전운동량 및 회전안정성을 회복하기 위해 수행되는 또 다른 동작을 번갈아 연속적으로 수행하는 복합동작이다. 양팔은 앞쪽으로 원을

이루고, 지지다리의 무릎에 발을 붙이면서 다리를 접어 올린 채, 디딤(왼) 발가락 끝으로 서서 마찰을 최소화하며 회전한다. 그러다 몸통과 머리가 정면을 향할 때 다리를 앞쪽으로 뺄으며 팔은 벌리기 시작하며 지지다리는 약간 굽히며 뒤꿈치를 내린다. 접어 올린 다리가 앞에서 옆으로 이동할 때 그 다리는 회전운동량을 흡수하는 반면 팔은 벌려 몸통과 머리가 관중을 향하게 유지한다(Imura, Iino & Kojima, 2008; Imura, Iino & Kojima, 2010; Imura & Yeadon, 2010; Laws, 2002; Lee, 2012a; Lee & Oh, 2012b).

Fouette 동작을 운동역학적으로 설명하면, 마찰로 인한 회전운동량 감소를 최소화하기 위해 디딤 발가락 끝으로 서서 회전하다가 마찰로 인해 회전운동량이 감소하고 이로 인해 균형을 잃게 되면, 디딤 발바닥을 지면에 대며 무릎을 굽히면서 다시 균형을 잡는다. 이 때 디딤 발바닥으로 회전력을 발생시켜 회전운동량을 회복한다(Laws, 2002).

Fouette 동작 시 무용수는 운동역학적 효율성뿐만 아니라 공연성 또는 미학적 측면 때문에 몸통과 머리가 정면(관객)을 향하는 시간이 되도록 길게 하도록 요구받는다. 따라서 마찰로 인해 상실된 회전운동량과 회전안정성을 회복함과 동시에 관객을 최대한 오래 응시하는 두 가지 목적을 추구해야 한다. 이를 위해 무용수는 정면을 향할 때 다리와 양팔을 벌려 회전관성을 가능한 크게 함으로써 회전속도를 최소화하려 한다.

또한 회전축의 이동도 최소화해야 한다. 그렇지 않고 회전축이 심하게 움직인다면 미학적으로 좋지 않기 때문이다.

따라서 정면응시 정도 및 회전축의 고정성을 정량화하는 작업이 필요하며, 이는 발레의 미학적 측면을 평가하는 중요한 도구 중 하나가 될 것이다. 그러나 이러한 문제는 아직까지 선행 연구자들의 관심 밖에 있었다.

한편, 무용수는 운동역학적 측면과 미학적 측면을 고려하면서 음악에 맞춰 제때에 Fouette turns을 수행해야 한다는 또 다른 요구를 충족해야 한다. 무용수들이 음악에 맞춰 성공적인 Fouette turns을 수행하기 위해서는 선호속도보다 때론 너무 빠르거나 때론 너무 느린 박자에 맞춰 돌게 된다(Imura et al., 2008). 이로 인해 발레의 미학적 요소가 위협받게 될지도 모른다. 왜냐하면 음악 반주에 맞춰 동작을 수행할 때 발레 미학적 요구도 충족시키기 위해서는 다리 관절의 각도, 근육 활성화 시기 및 활성화양 등을 변화시켜야 하며, 이는 결과적으로 발레 동작의 시공간적 및 운동학적 변인의 변화를 유발할 것이기 때문이다. 그러나 이러한 음악 반주에 따른 영향에 대해서는 아직 연구된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 여자 발레 전공대학생들을 대상으로 발레 Fouette turns 동작 시 상체(머리와 몸통, 양팔)의 정면응시 정도 및 회전축의 이동정도 등 미학적 요소를 정량화하여 음악 유무에 따른 차이를 알아보고자 한다.

이는 발레 훈련 및 평가 현장에서 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 실험에서는 신경정형외과적 질환이 없는 ‘사’ 대학교 여자 발레전공자 10명(나이 21.0±1.4 yrs; 신장 165.3±3.9 cm; 체중 50.5±5.7 kg)을 대상으로 전통 발레 Fouette turns 동작이 수행되었다.

2. 실험도구 및 절차

본 연구 목적을 수행하기 위하여 3차원 동작분석이 실시되었다. 영상자료 수집을 위해 Qualisys사의 적외선 카메라 (Motion capture system인 Pro Reflex MCU 240, SF: 100 frame/sec) 12대가 사용되었으며, 동작 중 두 발에 의한 지면반력을 측정하기 위하여 두 대의 지면반력기 (Kistler, Type 9286A, SF: 1000 Hz)가 사용되었다. 동작이 행해지는 구간은 NLT (Nonlinear Transformation)방법을 이용하여 calibration 되었으며, 각 기기들을 메인 컴퓨터로 동조시켰다.

상이는 등이 파진 어깨띠 형 하의는 짧은 반바지형 레오타드를 입고 발레슈즈를 신고 본 동작을 수행하였다. 운동학적 자료의 산출을 위하여 인체는 15개의 분절로 구성된 강체로 정의하였고, 각 분절의 위치를 계산하기 위하여 지름 15 mm의 구형 반사마커를 피험자의 몸에 부착하였다(Figure 1).

자신의 선호속도와 음악(‘백조의 호수’ 제3막에서 흑조가 수행하는 32 연속 Fouette turns)에 맞춰 무작위로 가능한 최대 연속 회전수를 수행토록 하였다.

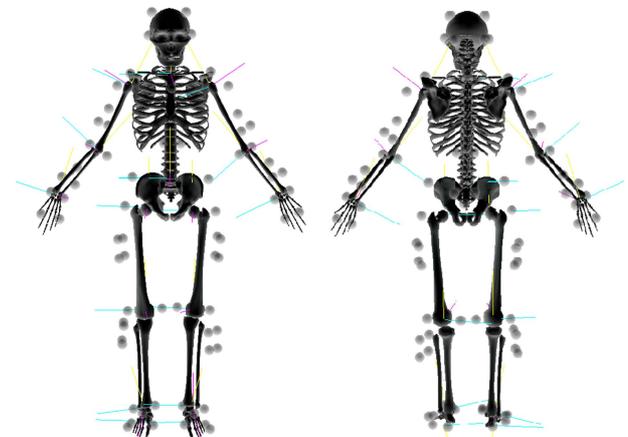


Figure 1. Anatomical location of reflective markers

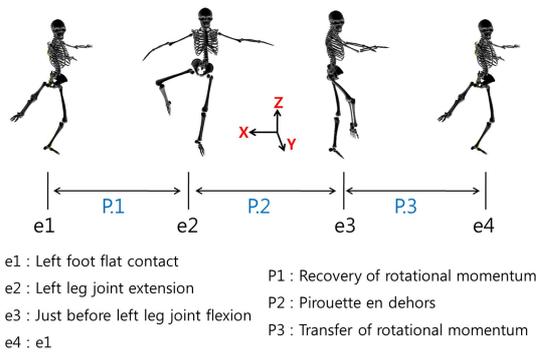


Figure 2. events and phases. Left foot GRF was maximal at e1 and e4 while it was minimal at e2 & e3

3. 분석 방법 및 자료 처리

1) 분석구간

제1구간 : 디딤(왼) 발(supporting foot)로 지면에 대하여 회전토크를 발생시켜 회전운동량을 회복하고 다리관절을 최대한 신전시켜 발가락 끝으로 서는 구간.

제2구간 : 휘젓는(오른) 다리(working leg)를 접어 거뒤돌아 Pirouette en dehors 동작 수행하는 구간.

제3구간 : 지지 다리관절을 굽히며 거뒤돌아 오른 다리관절을 펴면서 몸통회전을 감속시킴으로써 몸통의 회전운동량은 줄이고, 다리 회전관성(moment of inertia)을 크게 함으로써 다리의 회전운동량은 증가시키는 즉, 회전운동량이 전이되는 구간.

2) 분석 변인

(1) 국면별 소요시간

원다리로 회전운동량을 생성시키는 국면(P1), 최소의 마찰력으로 회전하는 Pirouette 국면(P2), 정면을 오래도록 응시하기 위해 머리와 몸통의 운동량은 감소시키고, 팔과 다리의 운동량은 증가시키는 국면(P3)으로 구분하여 각 국면별 소요시간을 계산하였다.

(2) 머리 및 몸통의 정면응시도

머리 또는 몸통의 정면응시도(orientation density to the front)를 나타내는 정면응시지수를 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Orientation density} = \frac{1}{T} \int_{t_{e1}}^{t_{e4}} \cos \theta dt$$

범위 : $-1 < \text{Orientation density} < 1$

θ : 머리 또는 몸통각의 수직성분(Z)

t : 시간

T : 1 주기(P1 - P3) 소요시간

이 값은 일정한 속도로 회전할 경우에 '0'이 되며, 가능한 정면을 오래 응시할 경우에 '1'에 가까워지고, 반대로 가능한 뒷면을 오래 응시할 경우에는 '-1'에 가까워진다.

(3) 회전축-지면 교점의 이동거리

회전이 안정적으로 이뤄지고 발레의 미학적 측면을 고려한다면 회전축의 변화가 적을수록 좋은 동작수행일 것이다. 이러한 회전축의 변화를 정량화하는 것은 쉽지 않다. 왜냐하면 Fouette turns을 하는 동안 신체 각 분절의 움직임에 따라 회전축이 계속 변하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 왼발 두 번째 중족골 원위단에 부착한 마커의 위치를 회전축과 지면의 교점을 대신할 수 있는 변인으로 삼고, 이 마커 좌표(x, y)의 이동 거리를 계산하였다.

(4) 회전수

동작 수행 시 처음 회전동작(Pirouette)을 제외한 동작의 회전수를 측정하였다.

3) 자료 및 통계 처리

데이터 분석은 Visual 3D(C-Motion Inc, USA)를 이용해 이뤄졌으며, 분석 구간은 디딤 발이 지면에 완전히 착지한 순간(e1: 지면반력 최대값)을 기준으로 1주기로 정의하였다(Figure 2). 영상 데이터 및 지면반력 데이터는 노이즈 제거를 위해 butterworth 4차 저역통과 필터를 사용하였으며, 차단 주파수는 6 Hz로 설정하였다. 이벤트 구분은 왼발 지면반력의 극대값(e1와 e4)과 극소값(e2와 e3)을 기준으로 설정하였다.

통계적 분석을 위해 SPSS 18.0(SPSS Inc, USA)을 사용하였으며, 분석변인들에 대해 paired t-test를 실시하였으며, 유의 수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

1. 국면별 소요시간

<Table 1>에 나타난 국면별 소요시간을 살펴보면, 1회전(P1~P3) 소요시간은 음악에 맞춰한 경우(930 ms)가 그렇지 않은 경우(961 ms)에 비해 작게 나타났다($p=0.0026$). 회전운동량을 재생성하는 국면(P1)과 회전안정성을 되찾으며 회전속도를 줄이는 국면(P3)에 소요되는 시간은 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 발가락 끝으로 회전하는 국면(P2)에서는 음악에 맞춰한 경우가 더 작게 나타났다($p=0.0499$).

Table 1. The elapsed times of each phase with and without music (unit: ms)

phase	music	without		with		p
		M	SD	M	SD	
P1		228	18	217	22	.3454
P2		576	39	554	47	.0499*
P3		186	14	184	19	.7264
P1~P3		961	42	930	52	.0026*

*p < .05

2. 머리 및 몸통 정면 응시도

무용수가 관중을 응시하는 정도를 나타내는 정면응시도(orientation density of head to the front)를 살펴보면, 머리의 정면응시도는 통계적으로 유의한 차이가 없으나 <Table 2>, 몸통의 정면응시도는 음악에 맞춰한 경우(.176)가 그렇지 않은 경우(.196) 보다 더 작게 나타났나(p=.013).

3. 회전축-지면 교점의 이동거리

한 바퀴 회전하는 동안 회전축과 지면과의 교점을 대신 할 왼발 중족골 원위단에 부착한 마커의 평면위치(x,y)를 추적하여 그 이동거리를 계산한 결과를 <Table 2>에 나타냈으며, 이동거리는 음악에 맞춰한 경우(35.7 cm)가 그렇지 않은 경우(40.2 cm)보다 더 작게 나타났으나 통계적으로 유의하지는 않았다(p=.276).

4. 회전수(number of rotations)

무용수들이 한 번에 수행한 최대 연속 회전수를 비교해 보면, 음악에 맞춰 한 경우(18.2)와 그렇지 않은 경우(17.8) 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p=.820).

IV. 논 의

1. 국면별 소요시간

한 바퀴 회전(P1~P3) 소요시간은 음악에 맞춰한 경우(930 ms)가 그렇지 않은 경우(961 ms)에 비해 짧게 나타났는데(p=.0026), 이는 회전운동량 생성 없이 발가락 끝으로 회전하는 국면(P2) 소요시간이 더 짧은 것이 주원인이다. 관중을 최대한 오래 응시하며, 등지고 있는 시간을 최소화해야 한다는 발레의 미학적 요구를 충족시키기 위해 이 국면(P2)에서는 최대한 빨리 회전해야 하기 때문에 마찰을 최소화할 목적으로 발가락 끝으로 서서 들게 되며, 그 때문에 회전운동량이 생성 없이 마찰로 인해 점차 감소된다. 따라서 이 국면에서는 그 이전 국면(P1)에서 생성된 운동량에 의존할 수밖에 없기 때문에 이전 국면에서 더 많은 운동량이 생성됐다고 추론할 수 있다. 즉, 지지다리 특히 발목 관절의 가쪽돌림 근육들의 활성이 더 컸을 것으로 예상할 수 있다. 이는 차후에 근전도를 이용한 연구가 진행된다면, 확인될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 머리 및 몸통 정면 응시도

머리의 정면응시도(orientation density of head to the front)는 통계적으로 유의한 차이는 없으나<Table 2>, 몸통의 정면응시도는 음악에 맞춰한 경우(.176)가 그렇지 않은 경우(.196) 보다 더 작게 나타났나(p=.013). 이는 음악에 맞춰 수행할 때는 상대적으로 빨리 수행해야 하는데, 머리는 정면을 응시하는데 어려움이 없으나 몸통까지 빨리 정면으로 돌아서기에는 회전운동량이 부족한 탓으로 사료된다. 따라서 몸통의 정면응시도를 향상시키기 위해서는 무용수는 회전운동량을 더 많이 생성할 수 있도록 해야 할 것으로 판단된다.

3. 회전축-지면 교점의 이동거리

한 바퀴 회전하는 동안 회전축의 이동거리는 비록 통계

Table 2. Mean & standard deviation

	without music		with music		p
	M	SD	M	SD	
Orientation density of head to the front	.538	.065	.532	.074	.564*
Orientation density of trunk to the front	.196	.062	.176	.061	.013*
Number of rotations	17.9	7.4	18.2	4.9	.820
Distance of marker on 2nd left metatarsal bone during 1 revolution. (cm)	40.2	11.0	35.7	6.8	.276*

*p<.05

적으로 유의하지는 않았지만($p=.276$), 음악에 맞춰한 경우 (35.7 cm)가 그렇지 않은 경우(40.2 cm)보다 더 작게 나타났는데, 이는 음악에 맞춰할 경우가 그렇지 않은 경우 보다 회전속도가 빠르기 때문에 회전안정성이 더 크며, 이로 인해 무용수는 회전안정성을 회복하는 국면(P3)에서 회전축을 이동해야 할 필요성이 적어지거나 회전축을 조금 이동하면서도 회전안정성 회복이 가능하기 때문인 것으로 사료된다. 만약 더 많은 피험자수로 연구를 진행한다면 통계적으로 유의한 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

V. 결 론

본 연구에서는 발레 Fouette 턴 동작 시 소요시간, 머리와 몸통의 정면응시도, 회전수 및 회전축-지면 간 교점을 정량화하여 음악반주 유무에 따른 차이를 알아보고자 하였다.

음악에 맞춰 수행하는 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 회전운동량의 생성 없이 회전하는 Pirouette 국면(P2)이 더 빠르게 수행된 것으로 나타나 이전 국면에서 더 큰 회전운동량이 생성된 것으로 추론되며, 머리의 경우는 차이가

없었으나 몸통의 정면응시도는 더 낮은 것으로 나타나 비교적 빠른 음악에 맞추기 위해 몸통의 정면응시도의 손해를 초래한 것으로 사료된다. 이는 더 큰 회전운동량을 생성함으로써 해결될 것으로 생각된다.

참고문헌

- Imura A., Iino Y., Kojima T. (2008). Biomechanics of the continuity and speed change during one revolution of the Fouette turn. *Human Movement Science*, 27, 903-913
- Imura, A., Iino Y., Kojima T. (2010). Kinematic and Kinetic Analysis of the FouettTurn in Classical Ballet. *Journal of Applied Biomechanics*, 26, 484-492
- Imura, A., Yeadon, M.R.(2010). Mechanics of the Fouette turn. *Human Movement Science*, 29, 947-955.
- Laws, K.. (2002). *The physics and Art of dance : understanding Movement*. New York, USA, Oxford University Press.
- Lee J. (2012). Differences in Kinetic Variables of Fouette en Dehors by Upper Extremity Usage. *Journal of Sport and Leisure Studies*. 50. 913-922.
- 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), 043-053.