

발레 삐루엣 동작 수행정도에 따른 각도, 중심변인 및 근활동 분석

권안숙¹

¹ 동덕여자대학교 공연예술대학 무용학과

Analysis for Angle, Center of Mass and Muscle Activity on Good and Bad Motion of the Pirouette in Ballet

An-Sook Kwon¹

¹ Department of Dancing, College of Performing Art, Dongduk Womans University, Seoul, Korea

Received 31 January 2011; Received in revised form 17 February 2011; Accepted 21 June 2011

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify major factors on pirouette in ballet, and especially angle, Center of Mass(CM) & muscle activity aspects. The data were collected by using Motion Analysis System with 12 cameras to analyze kinematic variables with 120 Hz and Electromyography(EMG; 4,000 Hz) & Force Platform(1,000 Hz) to analyze kinetic variables. The subjects of this study were 8 female ballet dancers. The results as follow. First of all, full extension of knee joint and full plantar flexion of ankle joint appeared at the similar point. Secondly, in the rotational phase, total movement of segments in Good motion is smaller than that of Bad motion(in Good motion, head movement 2.70 cm, right shoulder movement 0.72 cm, left shoulder 4.26 cm, left wrist 17.4 mm smaller than Bad motion). Third, CoP distance of Good motion is 11.76 mm, and CoP distance of Bad motion is 11.76 mm, so Good motion is 5.98 mm smaller). Lastly, Pirouette need more retus femur activity than gastrocnemius activity in extention phase and rotation phase of support leg.

Keywords : Ballet, Pirouette, Motion Analysis, EMG

I. 서론

무용은 신체를 매개체로 한 역동적인 시공간 예술로 간주되며, 인간의 신체와 움직임에 의해서 물리적 공간에 나타나는 현상으로 평가 받는다(Hyun, 1993). 또한 무용은 신체의 움직임을 동적 매개체로 삼아 유발되며 무용 형태에 상관없이 그 근본을 신체의 움직임에 두고 있다. 무용은 그 동작의 수행에 있어서는 기술성에 의해서 지탱되는 부분이 매우 크며 그것에 의해 예술적 평가가 이루어지는 것은 부정할 수 없는 사실이다.

그리고 다른 무용 중에서도 발레는 이러한 기술성을 가장 고도로 요구하는 무용예술이다(You, Park, Lim & Park, 1999).

발레는 다른 무용과는 다르게 동작에 정해진 규칙이 있기 때문에 동작의 수행함에 있어서 이러한 규칙을 정확히 따라야 하는 특성이 있고 동작 하나 하나를 구사함에 있어서도 올바른 동작의 수행이 필수적이다. 따라서 항상 긴장하고 정확한 동작을 하기 위해 노력한다는 점에서 일반 운동 경기의 동작과 유사하다고 할 수 있다(Kim, Lee & Lee, 2001). 이러한 춤 동작은 적성과 지식, 그리고 능력이 요구되기 때문에 하나의 기술로 평가된다(Bourmonville, 1993). 발레와 같은 무용 기술을 과학적으로 분석하는 것은 예술성을 떨어뜨린다고 오인하는 경우가 많다(Ramney, 1988). 그러나 춤의 과학적인 분석은 그 예술성의 평가에는 관여하지 않기 때문에 신체의 춤 동작을 운동학적,

Corresponding Author : An-Sook Kwon
Department of Dancing, College of Performing Art, Dongduk Womans University, 23-1 Hawolgok-dong, Seongbuk-gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-940-4310 / Fax : +82-2-940-4310
E-mail : kwonansook@hanmail.net

운동역학적으로 분석하는 것은 상당히 가치 있고 필요한 과제라고 사료된다(Choi, Kim & Kim, 1999).

발레를 중심으로 무용수들의 여러 동작을 분석하는 운동학적 연구들이 행해져오고 있다(Kim, 1992; Kim, 1978; Lee, 1997; Min, 1996). Kim(1978)은 한국무용의 구슬돌기와 빠루엣(Pirouette)의 회전 동작을 비교하였는데, 연구 결과 한국무용수는 발뒤꿈치로 회전하고 이동 회전 보다 제자리 회전의 평형감각이 더 좋은 것으로 보고하였다. Choi et al.(1999)은 1, 2, 3회전 빠루엣 안 디올을 기능학적으로 분석하여 회전수에 영향을 미치는 대표적인 운동학적 변인에 대하여 연구를 진행하였으며 회전바퀴수가 증가할수록 구간별의 시간차가 나타나고 회전바퀴 수가 증가할수록 팔 분절의 각운동량이 구간별로 증가한다고 보고하였다.

발레 동작에 관한 운동역학적 연구들로는 Kim과 Choi(2000), Kim(1997), Song(1999) 등의 연구가 있다. Kim et al.(2000)은 발레 빠루엣 동작의 회전수에 따른 지면 반력의 특성을 규명하였으며 회전이 증가할수록 디딤 발의 지면반력이 유의하게 감소한다고 하였다. Sparger(1997)는 회전기술과 같은 고난도 동작을 잘 수행하기 위해서는 도약과 균형 능력이 중요하다고 하였으며 동작을 분석하는 데에 균형의 유지가 가장 핵심적인 요인으로 작용한다고 하였다. Imura, Lino와 Kojima(2010)는 전통 발레에서 꿨페(fouette)를 운동역학적으로 분석하였다. 이 연구는 동작의 강렬함 측정을 목적으로 하였으며 회전을 지지하는 다리의 고관절 외전토크, 슬관절 신전, 발바닥 굴곡 토크가 극한치에 가깝게 측정되었다고 보고하고 있다. Biringen(2010)은 빠루엣 턴의 수행 능력을 향상시키기 위한 분석을 하였다. 성공한 빠루엣 턴에서 지면에 떨어진 다리는 지지하고 있는 다리 길이의 40%에 위치했을 때 나타났고, 최대 토크와 성공한 턴의 위치는 부합하지 않았다고 하였다.

이상의 선행연구들을 통해서 발레 동작에 대한 기술적 특성을 정량적으로 분석함으로써 발레 기술을 향상시켜 왔지만, 기술의 숙련도에 따른 성공과 실패 동작에서 나타나는 운동학적 변인과 근전도 그리고 압력중심 이동에 관한 연구들은 미흡한 실정이다. 회전동작은 발레의 여러 동작 중 발레에서 가장 어려운 기술 중 하나이다. 빠루엣 동작은 가장 화려하면서 기술적으로 난이도가 높아 작품의 절정의 부분에서 가장 많이 사용하는 동작이라 할 수 있는데(Kim, 1998) 이 동작은 ‘발끝으로 신속하게 돌다’란 뜻을 지니며 한발을 축으로 하여 회전하는 기법으로서 여러 가지 다른 회전 동작 형태로 변형된다(Jung, 2000). 빠루엣 동작 수행 시 무용수는 먼저 양발에 체중을 적당하게 분배하고 지지하고 있는 발의 모든 발가락을 사용하여 지지면을 넓히고 지면에 발가락을 강하게 누르며(Jung, 2000) 회전직전에는 발바닥 전체가 바닥에 닿아 있는 상태에서 드미 플리에(demi-pile)를 하여 발 뒤꿈치를 강하게 밀어내야한다(Do, 1991). 이때 플리에를 거치면서 체중은 발뒤꿈치에서 발바닥의

중앙으로 이동된 후 마지막으로 중족골과 발 앞꿈치로 이동하게 된다(Kwak, 2009).

발레에 있어서 회전 동작은 무용수에게 있어서 화려한 기술임과 동시에 어려운 기술로 인식되어 있어서 이 기술의 숙련도 정도에 따라서 발레 기술의 완성도 또한 달라진다. 따라서 이 기술에 대한 과학적 분석을 통하여 회전의 역학적 기전 및 성공 여부를 결정하는 변인에 대하여 연구하는 것은 매우 의미 있는 일이라 할 수 있다. 따라서 본 연구는 발레의 빠루엣 동작의 수행 정도에 대한 운동역학적 분석을 통해 회전 동작의 완성도를 높이기 위해 요구되는 수행 조건을 밝혀내는 데에 그 목적이 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 건강하고 의학적 질환이 없는 여자 무용수 8명으로 선정하였다. 모든 피험자는 연구의 목적과 절차를 잘 이해하고 실험에 참여할 것을 서면 동의하였으며 연구 대상자의 신체적 특성과 기록은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Subject Demographic Data

	Hight(cm)	Weight(kg)	Age(yrs)	Experience(yrs)
Subject (n=8)	162.25±2.76	46.88±2.70	20.00±1.31	5.75±1.58

2. 실험 절차

Motion Analysis System Eagle(Motion Analysis, USA)을 활용하여 실험 전 동작이 완전히 포함 될 수 있도록 카메라를 설치하였으며, NLT(non linear transformation)방법을 이용하여 3차원 캘리브레이션을 수행하였다. 이때 축의 정의는 좌우 방향을 X축, 대상자의 진행방향인 전후 방향을 Y축 그리고 상하 방향을 Z축으로 정의하였다. 측정에 앞서 연구자는 연구 대상자들에게 실험의 목적 및 주의사항 등에 대하여 충분히 설명하였으며 몸에 달라붙는 의상을 착용하고 준비운동을 실시한 후 동작을 수행하도록 유도하였다. 본 연구의 목적을 수행하기 위하여 인체를 16개의 분절로 이루어진 강체로 규정하였으며 직경 2.7 cm의 반사마커를 이용하였으며, Helen-Hayes Marker Set을 사용하였다 총 31개의 마커를 부착하였다<Figure 1>. 지면반력측정기(Kistler, SWI) 1대와 EMG(Noraxon, USA) 분석시스템을 영상분석시스템과 동조하여 압력중심이동, 하지 지지발의 근활동양상 데이터를 획득하였다. EMG 측정을 위해 실험 전 알코올을 이용하여 전극 부착위치의 이물질을 제거하고 표면전극을 사용하

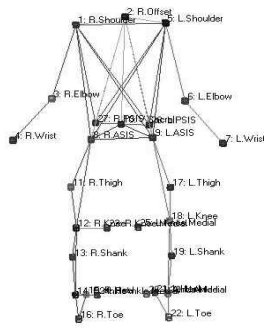


Figure 1. Marker Set

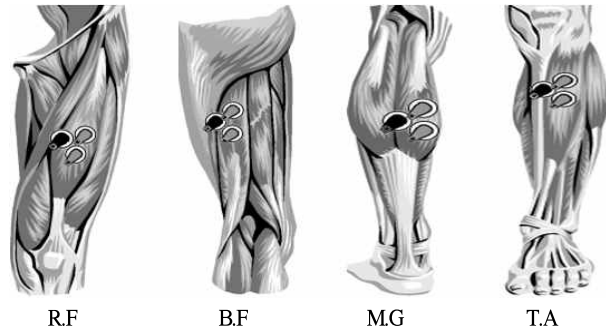


Figure 2. Position of Attached Electrode

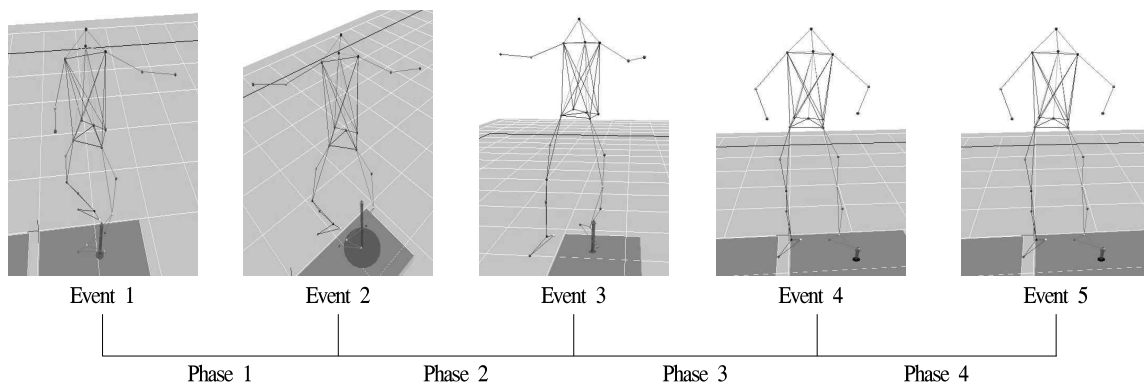


Figure 3. Event and Phase

여 부착하였다. 지지발인 왼 다리의 대퇴직근(retus femoris : R.F), 대퇴이두근(biceps femoris : B.F), 내측 비복근(medial gastrocnemius : M.G) 그리고 전경골근(tibialis anterior : T.A)을 선정하여 근육의 기시점과 저지점을 기준으로 50% 지점에 부착하였다(Figure 2).

3. 분석구간

본 연구에서 이벤트와 국면은 <Figure 3>과 같이 구분하였으며 이는 아래와 같다.

- Event 1(E1) - 준비자세
- Event 2(E2) - 지지 발의 무릎이 최대로 굴곡 되는 순간
- Event 3(E3) - 지지 발의 발뒤꿈치 높이가 최대인 순간
- Event 4(E4) - 회지지 발의 발뒤꿈치가 하강하는 순간
- Event 5(E5) - 회전 후 착지자세

4. 자료 분석

모든 연구 대상자는 삐루엣 동작 5회를 실시한 후 국립 발레단 지도자 2명의 평가에 의해 가장 바람직한 동작을 수행하였

다고 판단되는 1회의 동작을 Good, 가장 좋지 않은 동작을 수행했다고 판단되는 1회의 동작을 Bad 로 선정하여 분석하였다. 자료의 분석은 삐루엣 동작을 성공적으로 수행하는데 있어 가장 중요한 회전의 축이 되는 지지발로 제한하였다. 측정 시 얻어진 Raw data는 Motion Analysis사의 Evart 5.0 프로그램을 사용하였으며 실험 중 발생하는 오차를 감소시키기 위하여 Butterworth 4차 저역필터(차단주파수: 10 Hz)를 사용하였다. 지면반력 데이터는 초당 1,000 Hz로 측정하였다. EMG 데이터는 초당 4,000 Hz로 샘플링을 하였으며, 주파수 대역폭은 10-500 Hz로 설정하였다. Raw Data를 정류한 후 RMS 100 ms로 스무딩한 후 적분근전도(integrated EMG)를 산출하였다. 각 근육의 활동비율을 분석하였으며, Choi와 Lim(2009), Back et al.(2010)의 선행연구에서와 같이 아래의 공식에 의해 표준화하였다. 모든 자료는 C3D 포맷으로 변환하여 Visual 3D Ver 4.75.14를 이용하여 Good 동작과 Bad 동작에 대한 분석변인을 산출하였으며, 동작에 따른 운동학적, 운동역학적 차이를 확인하기 위해 SPSS 17.0을 이용해 독립표본 t-test를 실시하였다. 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

$$EMG \text{ ratio}(\%) = [\text{각 근육의 평균 적분근전도} / (\text{전체 근육의 평균 적분근전도 합계})] \times 100$$

III. 연구 결과

1. 시간요인

본 연구에서 시간요인은 동작에 있어서 회전축이 이루는 하지의 신전이 빠른 수행동작에 큰 영향을 미치는 발목이 최대 저축굴곡되는 시점, 무릎의 최대 신전되는 시점 그리고 발뒤꿈치가 가장 높은 시점까지를 분석하였다(Table 2).

Table 2. Time of Joint Extension (unit: sec)

	Good	Bad	<i>t</i>	<i>p</i>
Ankle	0.73±0.13	0.77±0.30	-.357	.729
Heel	0.67±0.14	0.74±0.28	-.636	.539
Knee	0.67±0.12	0.57±0.25	1.007	.338

발목이 최대 저축굴곡되는 시점을 살펴보면, Good 동작의 경우 0.73 s, Bad의 경우 0.77 s로 Good 동작이 빠르게 최대 저축굴곡되는 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(*p*>.05). 발뒤꿈치의 최대 높이에 이르는 시점에서는 Good 동작이 Bad 동작에 비해 0.07 s 빠른 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(*p*>.05). 무릎이 최대 신전되는 시점은 Good 동작이 Bad 동작에 비해 0.10 s 느리게 나타났는데 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(*p*>.05).

2. 신체분절 중심 이동거리의 합

발레 빠른 동작의 회전구간인 E3과 E4 사이에서의 신체분절 이동거리의 합을 산출하였는데 연구 대상자 개인의 신체적인 특성을 배제하기 위하여 모든 데이터는 초기의 값을 0으로 표준화하였다(Table 3).

머리의 총 이동거리 합은 Good 동작이 14.65 cm, Bad 동작이 17.38 cm로 나타나 차이가 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(*p*>.05). 오른쪽과 왼쪽의 어깨는 Good 동작

Table 3. Segment Dispersion of Good and Bad (unit: cm)

	Good	Bad	<i>t</i>	<i>p</i>
Head	14.65±4.47	17.38±2.85	-1.459	.171
R. Shoulder	19.49±5.34	20.21±6.37	-.316	.757
L. Shoulder	21.84±6.99	26.10±3.49	-1.541	.153
R. Wrist	66.94±10.27	60.85±9.59	1.226	.241
L. Wrist	62.29±12.70	67.82±8.45	-1.026	.325

이 Bad 동작보다 모두 이동폭이 작은 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(*p*>.05). 손목의 경우 오른쪽은 Good 동작이 큰 것으로 나타났고, 왼쪽은 Bad 동작이 큰 것으로 나타났는데, 양쪽 손목 모두 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(*p*>.05).

3. 각도요인

각도 요인은 발목과 무릎으로 설정하였으며, 각 시점에 따른 결과는 <Table 4>, 변화 패턴은 <Figure 4>에 나타내었다.

Table 4. Angle of Good and Bad (unit: deg)

	Good	Bad	<i>t</i>	<i>p</i>	
Ankle	E1	71.68±7.04	74.42±6.05	-.834	.418
	E2	72.07±6.71	78.80±8.04	-1.817	.091
	E3	149.67±6.38	145.67±6.11	1.283	.220
	E4	154.12±8.14	144.64±12.27	1.822	.093
	E5	92.10±20.85	78.14±10.27	1.698	.120
	ROM	93.01±5.78	93.73±4.49	-.278	.786
Knee	E1	150.80±9.48	150.03±7.92	.175	.864
	E2	127.43±4.13	129.08±8.29	-.503	.626
	E3	167.80±0.86	164.95±8.49	.944	.376
	E4	161.12±4.05	168.37±2.30	-4.404	.001**
	E5	161.67±5.50	150.98±7.71	3.190	.007**
	ROM	43.77±7.40	42.85±5.80	.277	.786

** *p*<.01

발목 각도의 ROM은 Good 동작의 경우 93.01°로 나타났고 Bad 동작에서는 93.73°로 나타나 Good 동작에서의 발목 각도 변화가 작은 것으로 나타났다. 또한 Bad 동작과 Good 동작을 비교하였을 때 빠른 동작을 준비하는 동작인 E1과 E2에서 더 작게 배축 굴곡 된 경향이 나타났고, 회전을 하는 동작인 E3과 E4에서는 크게 배축굴곡 된 것으로 나타났다. 이후 착지 시점인 E5에서는 Good 동작 시 92.10°를 나타내 Bad 동작의 78.14°와 차이를 나타냄으로써 안정된 착지자세를 취한 것으로 나타났지만, 모든 시점의 발목각도에서 통계적인 차이는 나타나지 않았다(*p*>.05).

무릎각도는 각도의 변화에 있어서 Good 동작은 Bad 동작에 비하여 E2에서는 굴곡 된 상태를 유지하고 E3에서는 신전된 것으로 나타났다. 특히, E4와 E5에서 Good 동작의 경우 각각 161.12°와 161.67°로 일정한 각도를 유지하면서 회전 후 착지를 수행한 반면, Bad 동작은 168.37°와 150.98°로 무릎이 크게 굴곡 되어 각도의 변화가 큰 것으로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(*p*<.01).

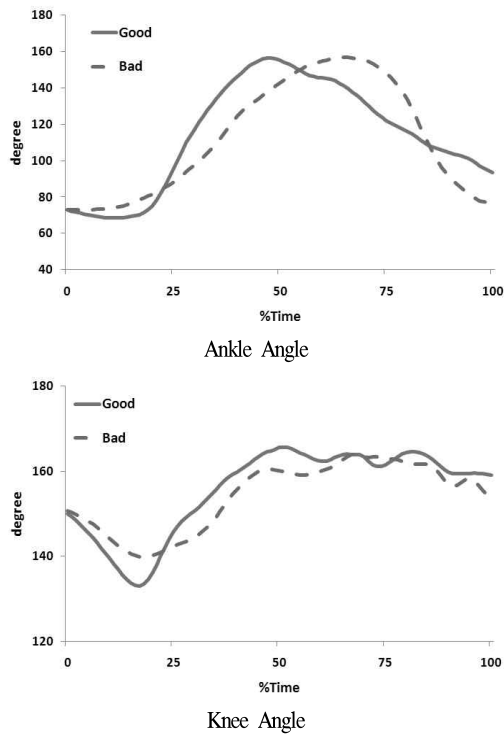


Figure 4. Angle Pattern of Good and Bad

4. 지지발의 주요 근육에 대한 EMG 분석결과

지지발인 왼발의 주요 근육에 대한 근전도 측정 결과는 <Table 5>와 같다.

Table 5. Muscle Activation Ratio (unit: %)

	Good	Bad	t	p	
R.F	P1	26.0±8.3	12.8±12.8	-.359	.726
	P2	46.2±11.9	30.4±13.2	2.519	.025*
	P3	34.5±28.0	21.7±12.3	1.188	.263
	P4	29.7±15.2	23.8±13.1	.822	.425
B.F	P1	8.5±2.6	14.3±4.1	-3.360	.006**
	P2	14.8±6.2	18.2±5.8	-1.149	.270
	P3	16.5±6.5	18.5±5.8	-.656	.523
	P4	16.7±8.3	14.3±6.0	.650	.528
M.G	P1	28.4±26.6	41.9±18.1	-1.185	.528
	P2	22.8±19.3	35.8±18.0	-1.391	.186
	P3	33.6±60.3	37.3±5.2	-.337	.745
	P4	29.7±26.7	38.3±8.8	-.868	.409
T.A	P1	37.0±26.8	15.8±10.5	2.083	.067
	P2	16.1±5.5	15.6±8.5	.159	.877
	P3	15.4±8.5	22.5±12.3	-1.351	.201
	P4	24.0±11.9	23.5±17.4	.058	.955

* p<.05, ** p<.01

대퇴직근의 경우 모든 구간에서 Good 동작이 Bad 동작에 비해 큰 근 활동 비율을 나타냈는데, P1, P3~4구간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았지만 P2구간의 경우 Good 동작이 46.2%, Bad 동작이 30.4%로 나타나 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<.05). 대퇴이두근의 경우는 대퇴직근과 반대로 모든 구간에서 Bad 동작이 큰 근 활동비율을 나타냈으며 P1구간의 경우 Good 동작이 8.5%, Bad 동작이 14.3%로 나타나 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<.01). 비복근의 경우 모든 구간에서 Good 동작이 Bad 동작에 비해 근 활동비율이 작은 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>.05). 전경골근의 경우 P1과 P2구간에서는 Good 동작이 큰 근 활동비율을 나타냈고, P3는 Bad 동작이 큰 것으로 나타났다. P4에서는 Good 동작과 Bad 동작 모두 근 활동비율이 유사한 것으로 나타났지만, 모든 구간에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>.05).

5. 압력중심 분산의 합

Good 동작과 Bad 동작의 빠루엣 동작의 안정성을 평가하기 위하여 회전 구간인 Event 3부터 Event 4 구간에서의 압력중심의 이동거리의 합을 분석하였다(Table 6).

Table 6. Center of Pressure Dispersion (unit: mm)

	Good	Bad	t	p
CoP dispersion	11.76±13.40	17.74±21.01	-.679	.510

Good 동작의 압력중심 이동거리의 합은 11.76 mm로 나타나 Bad 동작의 17.74 mm 보다 5.98 mm 이동 폭이 작은 것으로 나타났지만 통계적인 차이는 나타나지 않았다(p>.05).

IV. 논 의

발레 빠루엣 동작은 발끝으로 서서 빠르게 회전을 하는 동작으로 안정성이 동시에 요구되는 동작이다. 발목이 최대로 저축굴곡되는 시점과 발뒤꿈치의 높이가 최대에 이르는 시점에서는 Good 동작이 빠른 것으로 나타났지만, 무릎이 최대로 신전되는 시점은 Good 동작이 Bad 동작에 비해 0.10 s 느리게 나타났는데, Bad 동작의 경우 무릎이 빠르게 신전되면서 발뒤꿈치가 최대 신전되는 것으로 나타나 무릎과 발뒤꿈치의 신전 타이밍이 맞지 않는 것은 회전 속도를 상승시키지 못하는 주요 원인으로 판단되며, 무릎과 발뒤꿈치를 동시에 수직 상승시키는 것이 회전의 안정성 및 회전 속도를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

신체의 각 분절의 이동거리에서는 좋은 동작일수록 이동거리가 작게 나타났는데, 이러한 결과는 압력중심의 이동 폭이 작은 것에도 일치하는 것으로 Good 동작에서 빠르고 안정된 회전을 위해 관성모멘트를 줄이는 동작으로 판단된다. Imura, Iino와 Kojima(2008)가 연구한 발레 빠루엣 동작에서의 일관성과 속도를 연구한 결과에서 신체중심의 이동거리를 최소화하는 것이 좋다고 보고하고 있어 본 연구의 결과 유사한 것으로 나타났다. 이는 신체중심의 이동거리는 각운동량과 회전량에 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다.

각도 요인에서는 Good 동작은 발목을 최대한 배측굴곡 시킴으로써 곧게 선 자세를 유지한 상태로 준비하고 회전을 위해 몸을 끌어 올리면서 착지하는 시점까지 저축굴곡 된 상태를 나타낸 반면 Bad 동작의 경우 발목을 회전 시 중심을 잡기 위해 저축굴곡 시키지 못한 결과로 판단된다. 무릎관절의 경우 준비자세에서 굴곡 된 상태로 유지하였다가 이후 회전 시 최대한 신전시켜야 착지 시 일정한 각도를 유지하면서 안정된 착지 동작을 수행할 수 있었던 것으로 나타났다($p < .01$). Kim과 Choi(2001)는 회전축을 이루는 다리에서의 슬관절은 주로 굴곡과 신전의 움직임이 발생하게 되는 동작초기에서 회전이 시작되기 전까지 굴곡이 이루어지는 경향을 보이며 이후 완전한 빠루엣 자세를 이루어지는 시점에서는 완전히 신전된다고 보고하고 있으며, 본 연구 결과 최대한 신전시키며 회전동작이 잘 이루어져야만 착지 동작에서도 일정한 각도를 유지하면서 안정된 착지를 할 수 있어 다음 동작으로의 연결이 매끄럽게 진행될 수 있을 것으로 판단된다.

Good 동작으로 수행하기 위해서는 동작을 시작하는 P1에서 전경골근의 사용을 최소화하면서($p < .01$) 전경골근과 비복근을 사용하며 지면을 눌러 상승하여야 하며, P2에서 대퇴직근으로 중심을 잡아 회전하는 것으로 나타났다($p < .05$). 이후 P3와 P4구간에서는 대퇴직근과 비복근을 이용해 안정된 착지를 하는 것으로 나타난 반면, Bad 동작은 비복근을 이용해 상승하여 이후 착지하는 시점까지 비복근을 주동근으로 동작을 수행하는 것으로 나타났다. Leonard(1995)는 비복근의 경우 발목관절의 저축굴곡과 슬관절에 굴곡, 대퇴직근은 슬관절의 신전에 관여한다고 보고하고 있어 Bad 동작 시 슬관절을 최대한 신전시키지 못해 균형을 잡기 위해 슬관절의 굴곡에 관여하는 비복근이 지속적으로 사용된 것으로 판단된다. 반면 지면을 강하게 누르기 위해 비복근과 족관절의 배측굴곡에 관여하는 전경골근을 이용해 지면을 밀어내면서 이후 무릎의 신전근, 엉덩이 굴곡근으로 작용하는(Park, Lee & Moon, 2010) 대퇴직근을 이용해 중심을 잡으며 회전하는 것이 중요한 것으로 나타났는데, Na, Lim, Kim과 Ji(2002)의 연구결과 슬관절이 신전될수록 대퇴직근의 길이를 길게하여 큰 힘을 나타낸다고 보고하고 있어 본 연구의 Good 동작의 지지 발의 발뒤꿈치가 최대인 순간에서 슬관절 각도가 크게 신전되며 회전을 위한 중심잡기가 원활했던 것으로 판단된다.

하지근력 분석결과는 각도분석과 연계하여 살펴보면 더 많은 운동가동범위로 동작을 수행하는 것이 필요하며, 동작 초기 안정된 자세로 지면을 누르기 위한 전경골근과 비복근의 활용과 이후 회전 동작에서는 슬관절을 최대한 신전시키면서 대퇴직근을 이용하는 것이 원활한 동작으로 이어질 수 있는 것으로 판단된다. 또한, Park et al.(2010)은 전경골근과 비복근은 발목관절의 안정성에 기여하는 근육으로 보고하고 있어 착지 시 안정성 확보를 위해 크게 사용되는 것으로 나타났다.

IV. 결 론

본 연구는 발레의 빠루엣 동작의 수행정도에 따른 문제점을 찾아내고 나아가서 빠루엣 동작의 완성도를 높이기 위해 요구되는 능력과 수행 조건을 밝혀내기 위하여 수행하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, Good 동작은 Bad 동작보다 발목이 최대한 저축굴곡되는 시점과 발뒤꿈치의 높이가 최대에 이르는 시점에서는 빠른 것으로 나타났지만, 무릎이 최대한 신전되는 시점은 느린 것으로 나타났다.

둘째, 회전 구간에서 Good 동작의 이동거리의 합이 Bad 동작 보다 오른쪽 손목을 제외하고 모두 작은 결과를 보였다.

셋째, 압력중심 이동거리의 합은 Good 동작이 11.76 mm로 Bad 동작의 경우 17.74 mm 보다 5.98 mm 작은 결과를 나타냈다.

넷째, 발목 각도의 변화에 있어서 Good 동작의 변화량이 Bad 동작의 변화량 보다 큰 결과로 나타났고 슬관절에서는 큰 차이가 나타나지 않았다.

다섯째, 빠루엣 동작수행 시 왼 하지 지지발에서 신전동작 수행이나 회전동작 시 비복근보다 대퇴직근의 활성화도가 큰 것으로 나타났다.

안정된 발레 빠루엣 동작을 위해서는 발목의 저축굴곡, 무릎관절의 신전 능력이 요구되며, 대퇴직근을 이용해 균형을 유지하면서 압력중심 이동거리를 최소화 할 수 있어야 하는 것으로 나타났다. 이를 위해 올바른 근육의 사용을 위한 트레이닝이 요구되는 것으로 나타났다. 본 연구는 성공적인 발레 빠루엣 동작을 수행하기 위해 지지발의 각 변인에 대하여 분석하였지만 추후 연구에서는 회전을 수행하는 동안의 리드발에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

Back, H. S., Park, J. C., Kim, M. S., Park, J. H., An, W. S., &

- Back, J. H.(2010). The kinetical Comparative analysis of tippelt motion on the parallel bars. *Korean Journal of Sport Science*, 21(3), 1337-1345.
- Biringen, K. E.(2010). Analysis of Pirouette Execution for Improved Performance. *Medical Problems of Performing Artists*, 25(3), 136.
- Bournoville, A.(1993). *Etude Choreographique*. Translated by Ulla Skow, copenhagen.
- Choi, I. A., & Im, B. O.(2009). Difference in Lower Extremity Landing Biomechanics between Male and Female Ballet Dancers During the Box Drop Landing, *Korean Journal of Biomechanics*, 19(4), 647-653.
- Choi, K. H., Kim Y. E., & Kim S. J.(1999). Biomechanical Analysis of Pirouette en Dehors. *Korean Journal of Physical Education*, 28(2), 576-584.
- Do, J. N(1991). *Ballet Class*. Seoul: Samsinkak.
- Hyun, H. J.(1993). *Department of Dance Teaching*. Seoul: Bojinjae.
- Imura, A., Iino, Y., & Kojima, T.(2010). Kinematic and Kinetic Analysis of the Fouette Turn in Classical Ballet, *Journal of Applied Biomechanics*, 26, 484-492.
- 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(6), 903-913.
- Jung, S. H.(2000). *Ballet Kinematic Analysis of Pirouette en Dehors*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Chungbuk National University.
- Kim, E. H.(1998). *Kinematic Analysis of Ballet Pirouette en Dehors*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Dongduk Womens University.
- Kim, E. H., Lee, G. B., & Lee K. C.(2001). Analysis of the Ballet Pirouette en de hors According to the Number of Turn, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 11(2), 217-230.
- Kim, J. H.(1997). *Kinetic Analysis on Movement of Grand Jete*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Chungbuk National University.
- Kim, K. H.(1992). *Kinetic Analysis of Kangrhyoung Masque Dance : with focus on fold-make-up & open-shut-on-sit*. Unpublished Master's Thesis, Ewha Womans University.
- Kim, Y. A.(1978). *Analysis of Rotation Motion of Korea Dancing Kuseuldolgi and Ballet Pirouette*. Unpublished Master's Thesis, Seoul National University.
- Kim, Y. E., & Choi, K. H.(2000). A analysis of the ground reaction force of a rotational movement in dance. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 10(1), 259-269.
- Kim, Y. L., & Choi S. L.(2001). Three Dimensional Anatomical Angular movement of Pirouette En dehors, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 10(2), 99-133.
- Kwak, Y. A.(2009). *Effect of Pirouette en Dehors Motion on Turn-Out Angle of Lower Limb*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of HanYang University.
- Lee, H. S.(1997). Biomechanical Analysis of Ballet Movement, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 7(1), 139-161.
- Leonard, R. J.(1995). *Human Gross Anatomy*. Oxfordshire county: Oxford University Press.
- Min, H. S.(1996). *Saute Motion's Biomechanical Analysis on Basic Feet Positions*. Unpublished Master's Thesis, Kyungsung University.
- Na, Y. M., Lim, G. B., Kim, H. S., & Ji, S. H.(2002) The Myoelectrical Activities of Quadriceps Femoris According to Hip Joint Angle By Electromyographic Analysis, *The Korean Society of Sports Medicine*, 20(1), 201-208.
- Park, J. Y., Lee, H. J., & Moon, G. S.(2010). The Analysis Electromyography Pattern according to Foot Orthotic Type. *The Korean Journal of Sports Medicine*, 28(1), 50-56.
- Ranney, D.(1988). Biomechanics of dance. *Science of Dance Training*, 125-144.
- Song, I. A.(1999). A study on Dance Biomechanics. *The Korean Journal of Dance*, 25, 129-141.
- Sparger, C.(1971). *Anatomy and Ballet*. London: Theater Arts Book.
- You, B. J., Park K. S., Lim, K. C., & Park, J. J.(1999). Kinematic Analysis of Fouette en tournant en dehors in Ballet. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 9(1), 87-102.