[UCI]I804:24011-200000234022

2007년 2월

박사학위논문

발레 뚜르 앙 레르 동작의 생체역학적 분석

조선대학교 일반대학원

체육학과

박 양 현

발레 뚜르 앙 레르 동작의 생체역학적 분석

The biomechanical analysis of Tour en l'air of ballet

*2007*년 *2*월 일

조선대학교 일반대학원

체육학전공

박 양 현

발레 뚜르 앙 레르 동작의 생체역학적 분석

지도교수 이 경 일

이 논문을 이학박사학위신청 논문으로 제출함.

*2007*년 *2*월 일

조선대학교 일반대학원

체육학과

박 양 현

박양현의 박사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 인
위 원 조선대학교 교수 인
위 원 조선대학교 교수 인
위 원 조선대학교 교수 인
위 원 조선대학교 교수 인

*2007*년 *2*월 일

조선대학교 일반대학원

목 차

I. 서 론 ····· *1*
A. 연구의 필요성 ····· 1
B. 연구의 목적 ····· 4
C. 연구의 제한점 ····· 4
D. 용어의 정의 ····· 5
E. 이벤트 및 국면구분 ····· 6
1 . 이벤트(EVENT)의 구분 ····· 7
2 . 국면(Phase)의 구분 ····· 7

II. 이론적 배경 ····· *9*
A. 발레의 형성 ····· 9
B. Tour en L'air의 운동학적 특성 ····· 10
C. 회전의 원리 ····· 12
D. 각운동량 ····· 13
E. 근전도(Electro myogrphy) ····· 14
F. 무용상해 ····· 15
G. 선행연구 ····· 17

III. 연구 방법 ····· *19*
A. 연구대상자 선정 ····· 19
B. 연구 절차 ····· 20
C. 실험 및 분석장비 ····· 21
1 . 영상분석 도구 ····· 21
2 . 자료 분석 도구 ····· 23
3 . 실험 절차 ····· 23
D. 자료산출 방법 ····· 25

1 . 통제점 좌표화와 인체관절 중심점의 좌표화 ····· 25
2 . 통제점 및 인체관절점의 수치화(digitizing)및 동조화(synchroniza tion) ····· 26
3 . 3차원 실공간 좌표의 계산 ····· 27
4 . 운동학적 · 역학적 변인 계산 ····· 2
5 . 근전도 자료의 분석 ····· 29

IV. 연구결과 및 논의 ····· *3*
A. 운동학적(Kinematic)적 요인 분석 ····· 32
1 . 구간별 소요시간 ····· 32
2 . 각도 ····· 35
3 . 각속도 ····· 44
2 . 각운동량 ····· 49
2 . 속도 ····· 55
2 . 신체중심 변위 ····· 69
B . 운동역학(Kinetic)적 분석 ····· 79
1 . 지면반력 GRF ····· 79
C . EMG 분석 ····· 86
1 . 회전 준비기 ····· 87
2 . 회전 진행기 ····· 93
3 . 착지기 ····· 99

V . 결론 및 제언 ····· 105
A . 결 론 ····· 105
B . 제 언 ····· 107

<표 차례>

<표 1>. 연구 대상자의 신체적 특성 ····· 19
<표 2>. 실험 및 분석장비 ····· 21
<표 3>. 2회전시 구간별 수행시간 ····· 32
<표 4>. 3회전시 구간별 수행시간 ····· 33
<표 5>. 2회전시 무릎각도 ····· 36
<표 6>. 3회전시 무릎각도 ····· 36
<표 7>. 2회전시 상체전경각도 ····· 40
<표 8>. 3회전시 상체전경각도 ····· 40
<표 9>. 2회전시 우측 전완 각속도 ····· 45
<표 10>. 3회전시 우측 전완 각속도 ····· 45
<표 11>. 2회전시 각운동량 ····· 50
<표 12>. 3회전시 각운동량 ····· 51
<표 13>. 2회전시의 몸통속도 ····· 56
<표 14>. 3회전시의 몸통속도 ····· 57
<표 15>. 2회전시 머리(vertex) 속도 ····· 63
<표 16>. 3회전시 머리(vertex) 속도 ····· 64
<표 17>. 2회전시 신체중심 이동변위 ····· 71
<표 18>. 3회전시 신체중심 이동변위 ····· 72
<표 19>. 2회전시 지면반력 ····· 79
<표 20>. 3회전시 지면반력 ····· 79
<표 21>. 2회전시 회전 준비기 근전도 ····· 88
<표 22>. 3회전시 회전 준비기 근전도 ····· 89
<표 23>. 3회전 회전중 근전도 ····· 95
<표 24>. 2회전 회전중 근전도 ····· 96
<표 25>. 2회전 착지기 근전도 ····· 100
<표 26>. 3회전 착지기 근전도 ····· 101

<그림 차례>

<그림 1>. 국면별 뚜르 앙 레르 동작 ····· 8
<그림 2>. 뚜르 앙 레르 동작의 연속적 스틱피겨 ····· 10
<그림 3>. 실험 설계도 ····· 20
<그림 4>. 촬영도구의 배치 ····· 24
<그림 5>. 인체관절중심점 좌표화 ····· 26
<그림 6>. 각 변인들간의 관계 체계도 ····· 29
<그림 7>. 근전도 부착부위 ····· 30
<그림 8>. MVIC측정방법 ····· 31
<그림 9>. 국면별 소요시간 2회전 ····· 35
<그림 10>. 2회전 무릎각도 ····· 39
<그림 11>. 2회전 상체전경각도 ····· 43
<그림 12>. 2회전 각속도 ····· 48
<그림 13>. 2회전 우전완의 각운동량 ····· 53
<그림 14>. 2회전 몸통의 각운동량 ····· 54
<그림 15>. 2회전 머리의 각운동량 ····· 54
<그림 16>. 2회전 몸통속도 x축 ····· 60
<그림 17>. 2회전 몸통속도 y축 ····· 60
<그림 18>. 2회전 몸통속도 z축 ····· 61
<그림 19>. 2회전 머릿속도 x축 ····· 66
<그림 20>. 2회전 머릿속도 y축 ····· 66
<그림 21>. 2회전 머릿속도 z축 ····· 67
<그림 22>. subA의 분절속도 비교 ····· 68
<그림 23>. subD의 분절속도 비교 ····· 69
<그림 24>. 2회전 좌우변위 ····· 73
<그림 25>. 2회전 전후변위 ····· 76
<그림 26>. 2회전 수직변위 ····· 78
<그림 27>. 2회전 좌우지면반력 ····· 81
<그림 28>. 2회전 전후지면반력 ····· 83
<그림 29>. 2회전 수직지면반력 ····· 85
<그림 30>. 2회전 회전준비기 근활동 ····· 91
<그림 31>. 3회전 회전준비기 근활동 ····· 92

<그림 32>. 2회전 회전진행기 근활동 ····· 97
<그림 33>. 3회전 회전진행기 근활동 ····· 98
<그림 34>. 2회전 착지기 근활동 ····· 102
<그림 35>. 3회전 착지기 근활동 ····· 103

ABSTRACT

The biomechanical analysis of Tour en l'air of ballet

Park, Yang-Hyun
Advisor : Prof. Lee, Kyung-Il
Department of Physical Education
Graduate School of Chosun University

In this study , for getting overall data to provide base data about Tour en l'air movement and express safe and effective movement through practising correct movement, we analyzed Tour en l'air movement motion dynamically using 3-dimensional image anysis, the surface force plate and electromyogram. As the results of analyzing the data, we got the following conclution

1. When we practice Tour en l'air, at jumping, the 2phase the time for half-turn has to be short and for turing should be long.

2.When we practice Tour en l'air, if we bend the knee too much at plie movement, if wouldn't help to jump and from jumping position, the angle of the knee should be stretched quickly and during turning, the angle should not be changed. When landing, we should make the bending angle large so that it can decrease the impact.

3.When we practice Tour en l'air, for increasing the time of staying in the air during turning we have to maintain angle of the trunk inclination at straight position without leaning forward or backward but in this study we found it is not. So we need some training to complement this.

4.For increasing spinning force at Tour en l'air movement , the role of right fore arm is important. At E2,jumping motion, we need to increase spinning

force by beating the right forearm and during turning , we should decrease inertia moment and maintain spinning force by taking right forearm close to the body center. When landing, we have to decrease the spinning force by stretching right forearm.

5. When we practice Tour en l'air, the velocity of the body has to be speed up (fast)at E2, jump position along z axis, so that we can jump much higher. To help turning, the velocity of the head has to be fast during first turning point and from the second half-turn to landing.

6.When we practice Tour en l'air, the surface GRF of Fx, Fy axis need to be close to 0. When landing after turning, anterior-posterior, left-right movement should be little, then the surface GRF of Fz axis will be little so that there will be less risk of injury.

7.When we practice Tour en l'air, At strart and landing point of turning, the angular momentum of right forearm should be large and during turning , we should make forearm to close to the body to decrease the inertia moment. We need to make the angular momentum of right forearm small.
At turning point(E4,E6), the angular momentum of the head should be close to 0 so that we can turn maintaing vertical balance.

8.When we practice Tour en l'air, the activity of muscles showed following orders.
Left Gastrocnemius, Left Rectus Femoris, Right Gastrocnemius, Right Rectus Femoris, Left Hamstring, Right Hamstring, Left Posterior Deltoid, Right Posterior Deltoid.
At preliminary point of turning, the activity of left musculi extremitatis inferior should be vital to make reaction torque to the opposite direction of turning large for increasing spinning force(turning force).
At progressive point of turning, the activity of muscles showed following orders of vitality. Right Gastrocnemius, Left Rectus Femoris, Left Gastrocnemius, Right Rectus Femoris, Right Hamstring, Left Hamstring, Left Posterior Deltoid, Right Posterior Deltoid. At landing point, the activity of muscles followed Right Gastrocnemius, Left Gastrocnemius,Left Rectus

Femoris, Right Rectus Femoris, Right Hamstring, Left Hamstring, Left Posterior Deltoid, Right Posterior Deltoid orders.

Briefly speaking of muscle activity, when we practice Tour en l'air the vitality of muscle activity showed Gastrocnemius, Rectus Femoris, Hamstring, Posterior Deltoid orders and it had a big difference between experts and non-experts. So we need training and practice for non-experts to strengthen the lower limb muscles.

I. 서 론

A. 연구의 필요성

무용은 인간의 신체 움직임을 보다 아름답게 묘사하는 신체활동이며, 음악, 미술, 연극 등이 종합적으로 조화를 이루는 예술 활동이다. 또한 한편으로 무용은 자신의 감정이나 사상 등을 충분히 무대 밖의 관객들에게 자신의 신체움직임을 통하여 표현해 내는 활동이며, 그 움직임들이 단순하지 않고 복잡하며 자연스럽고 미적으로 아름답게 표현되는 완전한 연기를 위해서 신체적 한계를 뛰어넘어야 한다. 박기자(1999)는 무용은 인간의 의사를 언어나 물질을 이용하기 이전에 내적 의식의 전달수단으로서 신체를 매개체로 하여 무의식적인 행위를 표현하기 시작하였으며, 인간의 가장 근원적인 감정들을 표현하는 방법으로서 모든 예술의 모티브가 된다고 하였다.

무용은 신체의 특성을 기저로 신체의 가장 긴 선과 가장 짧은 선 또는 이동 운동 등을 이용하여 아름답고 우아한 표현을 신체 훈련을 통하여 표출하여야 한다. 그렇게 하기위해서는 신체의 표현 기술은 과학적인 지도 방법의 토대 위에서 반복적으로 연습하여야 정확하게 습득할 수 있으며(이혜숙, 1997) 인체의 정확한 정렬과 균형을 유지하면서 길고 아름다운 선을 사용하도록 고안된 무용예술이다(정현주, 2001).

모든 형태의 무용 중에서도 특히 발레는 무용의 타 분야 보다 격렬한 신체적 활동은 물론 평형력, 회전감각 등 고도의 신체적 능력과 리듬 감각이 수반되는 표현 활동인 동시에 이러한 신체 운동의 과학적인 모든 면을 포함하고 있는 동작표현의 기본이다(김경희, 1980). 또한 무용은 적성과 지식 그리고 숙련이 요구되기 때문에 하나의 기술로 평가되기도 한다. 무용수에게 있어서 주된 과제중의 하나는 가장 어려운 동작을 하는 동안에 자연스러움과 우아함을 유지하는 것이다(Bournonville, 1983).

이렇듯 모든 무용이 정해진 규칙에 맞게 수행되어야 하지만 그 중에서도 발레는 더욱 높은 정확성을 요구하기 때문에 보다 더 신중하고 긴장된 상태에서 이루어져야 한다. 권영후(2001)는 무용수가 자신의 몸을 이용하여 예술적인 의도를

제대로 표현해 내는 능력은 근육을 적절하게 동원하고 관절운동을 제어하는 능력에 달려 있다고 하였다. 또한 발레는 턴아웃(turn-out), 토댄싱(toe-dancing), 도약(jumping), 회전(pirouette)등 일상생활에서 자주 사용하지 않는 동작으로 해부학적 구조의 한계를 넘어서는 특수한 동작들을 필요로 하기 때문에 발레 무용수는 항상 각종 상해에 노출되어 있다(Compaisis, 1984: Quirk, 1988: Ryan & Stephens. 1988: Thomasen, 1982: Washington. 1978:). 이러한 상해를 피하기 위해서는 발레를 시작하면서부터 기본동작들의 올바른 습득 역학적 원리를 이해하고 꾸준히 자신들만의 신체적 특성에 맞는 연습을 통하여 예방할 수 있다.

해방이후 우리나라에 도입된 발레는 꾸준히 많은 발전을 이루어 왔으나 서구에 비교하면 아직도 부족한 부분이 많다고 볼 수 있다. 그 한 예로 발레는 여성무용수도 중요하지만 남성무용수도 무시할 수 없는 비중을 차지하고 있다. 하지만 사람들의 고정관념 때문인지 여성무용수의 수에 비하면 일찍부터 발레교육을 받은 남성무용수가 부족하며, 남성무용수의 동작에 대한 연구도 많지 않다.

무용수들의 발레동작은 예전부터 전통적인 방법으로서 스승으로부터 일종의 구전을 통하고 선생님이 앞에서 보이는 시범을 따라서 모방하는 형태로서 습득되어졌다. 즉, 발레는 발레지도자와 무용수의 직접적인 교류를 통하여 세대에서 세대로 전해지는 것이 발레의 전통이었으며 유일한 존재수단이었다(유봉준 외, 1999).

최근에 들어서는 새로운 교습방법과 더욱 다양하고 다이내믹한 기술들을 기대하고 있기 때문에 무용수들은 이러한 것들을 습득하는데 있어서 좀 더 체계적이고 과학적인 수업방식들을 요구하고 있다. 이러한 과학적 지식이 연습 시에 신체교정을 위해서 필요한 단순한 학문만은 아니라는 것을 우리는 인정해야 한다(Anna Paskevska, 2000). 발레는 그 특성상 기본동작의 범주를 벗어날 수는 없지만 올바른 기술의 습득과 점수를 위해서라도 각 기본 동작들의 역학적 특성들이 밝혀져야 한다(유봉준,1999).

발레 동작 중에서도 관객에게 가장 흥미있는 볼거리는 회전동작이라 할 수 있다. 회전(turn) 동작은 관객의 입장에서는 발레 동작중 그 어떤 동작보다도 흥미를 유발시키지만 그 동작을 수행하는 무용수들에게는 고난도의 힘든 동작이라 할 수 있다. 발레에서 일반적인 회전동작은 발이 떨어지지 않고 행하는 회전동작과 공중에서 회전하는 동작들이 있다.

회전을 성공시키는 데에는 몇가지 중요한 요소가 있다. (1) 한 지점을 주시하는 능력(spotting) (2) 호흡을 정확하게 이용하는 능력 (3) 팔(port de bras)을 정확하게 조화시키는 능력 (4) 턴(turn)하는 동안 턴-아웃을 유지하는 능력 (5) 효과적인 준비동작의 숙달, 끝을 조절하는 능력등이다(Gretchen Ward Warren, 2003). 이러한 것들이 조화롭게 이루어 졌을때 완벽하고 정확한 회전동작이 이루어진다. 여성무용수들의 고난이도에 해당하는 회전동작이 그랑 푸에떼 를르베(Grand Fouette Releve)나 그랑 푸에떼 를르베 앙뚜르낭(Fouette Releve en tournant), 푸에떼 앙 뚜르낭(Fouette en tournant)이라면 남자무용수의 경우는 뚜르 앙 레르(Tour en l'air)라고 할 수 있겠다.

뚜르 앙 레르 처럼 공중에서 도는 것은 남성무용수의 기술에 필수적인 묘기이며 일반적으로 두 번 회전으로 실시한다(Gretchen Ward Warren, 2003). 뚜르 앙 레르는 수직방향으로 뛰어올라 팔(port de bras)의 형태는 아나방(En avant) 위치에서 2회전을 한 다음 5th position으로 착지하는 동작이다. 뚜르 앙 레르는 중력선 주위로 회전을 하는데 바닥을 밀어내는 순간의 몸무게는 몸의 양 옆과 양발 사이로 균등하게 나누어진다 위쪽으로 미는 동작은 완전히 수직으로 한다. 그렇지 않으면 정확한 동작을 할 수 없게 되는데 그 이유는 축에서 깨끗한 회전이 불가능하기 때문이다(Anna, 2000). 이러한 고난도의 테크닉을 완벽하게 수행하기 위해서는 예술로써의 발레를 과학적으로 분석하여 회전에 도움이 되는 변인들을 명확히 밝혀낼 필요가 있다(김용이, 최성이, 2001). 그러나 이러한 필요성에도 불구하고 발레동작에 대한 역학적분석이 미비하고 특히 회전에 대한 문헌이 현재로서는 부족한 실정이다.

무용분야에서 생체역학에 대한 관심이 증가되고 있는 것은 최근의 추세이며, 그 이전에는 무용동작의 역학적 분석 특히, 고난도의 동작(삐루에뜨 동작이나 그랑 알레그로 동작)은 무용역학 선행연구의 부족으로 인한 자료의 미흡 등 여러 가지 어려움이 따르기 때문에 무용전공자들이 역학 학문을 기피하는 경향이 있었다(임승희, 1998).

이렇듯 발레동작의 역학적 연구가 미흡한 실정이고, 특히 공중회전동작에 관한 연구는 더더욱 부족한 상황이다. 이러한 측면에서 볼 때 본 연구의 논제인 뚜르 앙 레르와 같은 기술은 역학적 분석을 통하여 정확한 회전에 도움이 되는 변인

들을 규명함으로써 보다 완벽한 동작을 할 수 있도록 무용수나 무용지도자에게 도움을 줄 수 있을 것이다.

B. 연구의 목적

본 연구는 3차원 영상분석, 지면반력기, 근전도를 이용하여 남자 무용수들의 공중회전동작인 뚜르 앙 레르 동작의 정확한 분석을 위하여 운동학 및 운동역학적 변인의 분석을 통하여 숙련자그룹과 비숙련자들의 동작 수행 시에 나타나는 여러 변인들의 차이점을 규명하여 안전하고 효율성 있는 동작으로 표현할 수 있도록 전반적인 자료를 제시하는 것이다.

이러한 연구의 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 구체적인 연구 목표를 설정하였다.

1. 숙련자와 비숙련자간 체공시간의 차이를 비교하기 위해 국면별(Phase1~Phase5) 소요되는 동작수행시간을 분석하였다.
2. 이벤트별(Event1~Event6) 각 관절의 각도 및 각속도, 각운동량을 분석하였다.
3. 이벤트별(Event1~Event6)신체중심의 이동거리, 속도의 변인을 분석하였다..
4. 쁠리에와 착지시 지면반력의 크기와 양상을 분석하였다.
5. 뚜르 앙 레르 동작시 사용되는 근 활동량의 크기를 분석하였다.

C. 연구의 제한점

1. 동작수행을 실험 상황에서 측정하였기 때문에 연구대상자의 생리적, 심리적 상태를 일상생활과 동일하게 통제하지 못하였다.

2. 인체의 하지 분절들은 서로 연결된 강체(linked rigid body system)로 간주하고 자료는 Plagenhoef(1983)의 인체측정학 자료를 이용하였다.

3. 뚜르 앙 레르 동작은 연속 2회전을 연구 대상으로 하였다.

D. 용어의 정의

본 연구에서 자주 사용되는 용어들에 대해 혼동을 피하도록 다음과 같이 정의한다.

1. 프레파라숑(preparation) : 춤의 시작을 준비하는데 실시하는 동작들. 바에서 무용수가 운동을 시작할 포지션으로 팔을 들어 올리는 동안 그 준비는 2박자나 4박자에 걸친다.

2. 5번 포지션(5th position) : 양발이 턴-아웃 된 상태에서 오른발이 앞으로 왼발이 뒤로 놓인상태이며, 오른발 뒤꿈치와 왼발 앞꿈치가 포개진 형태이다.

3. 를르베 (releve) : 뒷꿈치를 마루에서 들어주고 발가락 밑으로 균형을 잡는(또는 쁘웽뜨를 했다면 발끝으로) 지탱하는 발의 포지션을 나타낸다. 마루에서 뒤꿈치를 들고 서는 드미 쁠리에의 결합이다.

4. 업(up) : 일반적으로 demi-point를 업이라고하며 뒷꿈치를 마루에서 들어 올려주는 발의 포지션이며 발가락 밑으로 균형을 잡는다. 이 용어는 종종 “를르베”와 비슷하게 사용된다-즉, 를르베하는 무용수는 드미 포인트자세인 것이다.

5. 뚜르(Tour) : 뚜르는 몸의 턴을 말한다

6. 뚜르낭(Toutnant, en) : 뚜르 처럼 턴하는 것을 말한다. 일반적으로 통용됨.

7. 스파팅(spotting) : 삐루엣을 하는 동안 어지럽게 되지 않기 위해서 하는 머리를 턴하는 기술. 스팟팅을 할때 무용수는 머리를 재빨리 돌려서 몸을 턴할 때 마다 눈의 초점을 다시 맞춘다.

8. 턴-아웃(Turn-out) : 무릎뼈와 발끝이 몸의 중앙에서 멀리 바깥쪽을 보도록 힙 관절로부터 바깥으로 양 다리를 회전한다. 모든 클래식 발레의 동작들은 턴아웃을 하면서 수행한다.

9. 뽈드 브라(Port de bras) : 팔의 동작이나 포지션.

10. 풀-업(Pulled-up) : 몸통과 양 다리의 근육을 올바르게 사용하고 수축시킨 결과로 몸의 무게가 마루에서 멀리 들어 올려진 것처럼 보이게 하는 것을 표시하는 용어. 풀-업을 하지 않고 무용수가 올바른 자세를 유지하거나 기술적으로 정확하게 하는 것은 불가능하다.

11. 발목관절 각도(angle of ankle joint) : 뒤꿈치와 발끝의 연장선과 발목관절과 무릎관절의 연장선이 이루는 각도.

12. 무릎관절 각도(angle of knee joint) : 무릎관절과 고관절의 연장선과 무릎관절과 발목관절의 연장선이 이루는 각도.

13. 고관절 각도(angle of hip joint) : 몸통 벡터와 고관절과 무릎관절을 연결하는 연장선이 이루는 각도.

14. 상체전경각도(angle of the trunk inclination) : 몸통 벡터와 수직축(Z축)이 이루는 각도를 시상면(segital plan)에 투영한 각도

E. 이벤트 및 국면구분

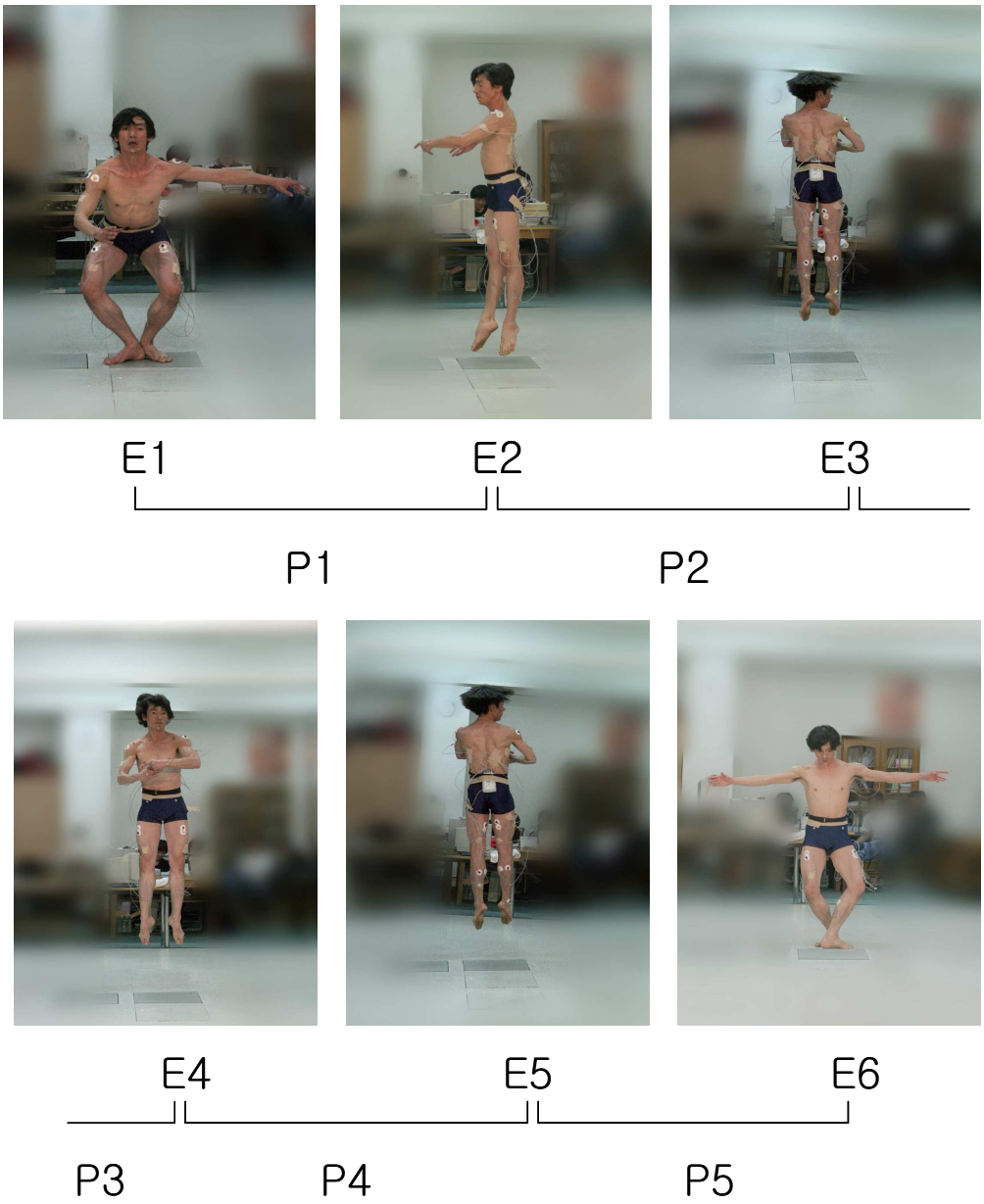
본 연구는 (그림 1)과 같이 뚜르 앙 레르의 동작을 총6개의 이벤트와 5개의 국면으로 구분하였다.

1 . 이벤트*(EVENT)*의 구분

a . Event1(E1): 업 준비 자세에서 쁠리에(plie)하여 양쪽 뒷꿈치가 닿아있는 순간.
b . Event2(E2): 쁠리에 후 점프 하는 순간.
c . Event3(E3): 점프 후 회전을 시작해서 어깨가 180도 향해있는 순간.
d . Event4(E4): 1회전 후 정면을 바라보는 순간.
e . Event5(E5): 2회전 시작해서 다시 180도 향해있는 순간.
f . Event6(E6): 2회전 후 발이 지면에 닿아 착지하는 순간.

2 . 국면*(Phase)*의 구분

1Ph(회전을 준비하는 국면): 쁠리에에서 점프하여 회전을 준비하는 시기(E1-E2).
2Ph(180°회전 국면)): 회전을 시작하여 half turn이 이루어지는 시기(E2-E3).
3Ph(1회전이 이루어지는 국면): 완전한 1회전이 이루어지는 시기(E3-E4).
4Ph(2회전이 시작되는 국면): 2회전이 시작되는 시기(E4-E5).
5Ph(착지가 이루어지는 국면): 2회전 후 착지가 이루어지는 시기(E5-E6).
이벤트 및 국면의 구분은 <그림1>과 같다.



(그림 1). 뚜르 앙 레르 동작의 구분

II. 이론적 배경

A. 발레의 형성

“Ballet”는 프랑스어로 어원을 살펴보면 ”춤춘다“는 뜻을 가진 이탈리아어 Ballare라는 말과 무용장에서 춤을 춘다는 의미의 Ballo 또는 Balleti에서 유래된 말이며, 모든 사람들이 참여할 수 있었던 일종이 사교댄스인 danse de cour가 관람예술로서 발생한 것이라 할 수 있다(Martin, 1946).

1460년 이탈리아인 도미니꼬 드 피아젠자(Domenico da Piacenza)는 무용기법과 안무법의 논문을 통해 교사가 가르쳐야할 동작과 스타일을 제시했다. 그는 무용이 순수한 육체의 움직임으로 극장 무대를 위해서 무용수의 우아함, 경쾌함, 조절능력 등을 제시하고 12개의 기본동작을 세분화하였다. 이것은 9개의 자연동작과 3개의 인위적 동작으로 이루어져야 한다. 인위적인 동작이란 팔의 움직임(Port de Bras)과 글리사드(Glissade), 삐루에뜨(Pirouette)등이다(백의선,1995).

현재 우리들이 즐기고 있는 발레의 근원은 르네상스 절정기의 이태리 왕실에서 찾아 볼 수 있다. 발레는 15세기 이태리에서 시작하여 프랑스로 옮겨지면서 공연예술로서 자리잡게 되었으며, 궁정무용과 발레가 종합예술로 발전하게 되면서 보다 아름답고 경쾌한 발레의 동작을 행하기 위하여 신체동작의 기초가 되는 기초체력의 단련과 더불어 체계적이고 과학적인 동작분석의 필요성을 깨닫게 되었으며, 발레의 움직임은 고도로 기술(technique)화 되어갔다(임승희, 1998). 즉 프랑스 혁명이 일어난지 약 10년 동안 발레는 그것의 미적인 내용과 구성, 기교의 종류와 용어에 있어서 급격한 변화와 발전을 거듭하게 되었으며 보샹(Pierre Beauchamps)의 발의 위치를 출발점으로 다리, 팔, 상체, 머리의 포지션과 신체상으로 8개의 방향이 생성되었다(정형수, 1998).

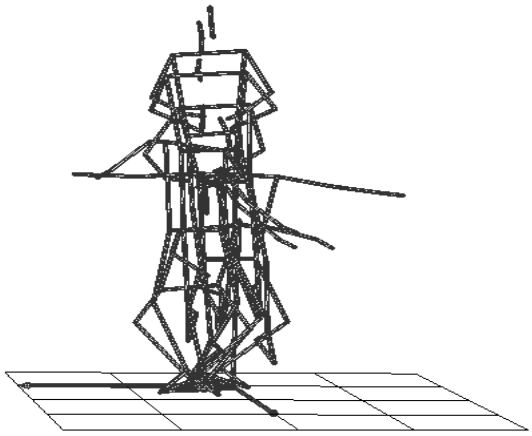
루이14세 시기에는 발레가 많은 변화가 있었는데 그 중 하나는 현재의 파리 오페라발레의 초기 시절인 ‘왕실음악무용아카데미’를 1672년에 설립하여 발레테크닉을 개발시키고, 발레용어들을 정리하여 발레를 학문적으로 정착시킨 것이다. 그러므로 현재 우리가 사용하는 용어가 불어인 이유도 여기에 있다. 또 다른 하나는 무도회장의 발레가 극장으로 옮겨지면서 공연예술로 자리잡아 더 정교하며

과학적인 움직임들로 테크닉화 되어갔다(서수민, 2003).

발레는 세계적으로 동작용어가 공통어로서 정의되어 보급되고 있는 것이 큰 특징이며, 발레의 기본기술을 습득함으로써 현대무용, 재즈댄스 등의 다른 무용의 기초능력을 발달시킬 수 있다(김은경, 2004)

발레 동작의 근간이 되는 다리포지션에서 특징적인 것을 보면 발을 일직선 즉 180도로 벌리는 것이다 이것은 일상생활에는 없는 것이며 또한 자연스럽지 않기 때문에 반대하는 사람이 많다. 그러나 우리가 지금까지 그것을 지지하고 계속하고 있는 것은 발레의 생명이 안정감을 가지고 움직일 수 있도록 하기 위해서 5가지 기본 포지션을 만들어 낸것이다. 이 포지션은 결국 다리를 외향으로 잘 벌릴 수 있도록 하기 위한 것이며 외향이란 근본원칙의 다리 기법을 가진 춤을 발레라 한다(이예순, 1985)는 내용에서도 알 수 있는 것이다. 이렇듯 발레라는 무용은 그 어떤 무용보다도 복잡하고 정교한 무용이라 할 수 있다.

*B. Tour en L'air*의 운동학적 특성



(그림2). 뚜르 앙 레르 동작의 연속적 스틱피겨

동작은 두 가지 형, 즉 선형 또는 회전형 가운데 하나라고 할 수 있다. 무용수가 곡선이든 직선이든 간에 하나의 가상 선을 따라 무대를 질러갈 때 신체는 한 장소에서 다른 곳으로 이동한다. 무용수가 몸을 회전 시키면 이것은 각운동이라고 부르며, 각도를 갖는 무용수의 동작은 '도'라는 용어로 나타낼 수 있다(프리실라 M. 클락슨, 1995).

뚜르 앙 레르는 남자무용수들의 회전동작이며 그 동작들은 전형적으로 더블 턴으로 실시된다. 공중에서 하는 턴의 몇가지 종류는 보통 남성 무용수들에 의해서만 실시되는데 그들의 힘있는 다리 근육이 필요한 높은 도약을 달성하도록 가능하게 해준다(Gretchen Ward Warren, 2003). 점프들은 힘과 높이 뿐만 아니라 상해 예방을 위해서 완전한 조절하에 실시되는 착지도 요구된다. 고난도에 해당하는 공중에서 턴을 수행할 때에는 팔의 조화도 이루어져야한다. 뿔 드 브라는 공중에서 회전 할 때 회전력증가와 함께 중심을 잡는 중요한 역할도 하지만 자칫 곡예처럼 보일 수 있는 동작을 우아하게 만들어주기 때문이다.

간단한 뚜르 앙 레르의 시작은 5번 포지션이다. 오른쪽으로 돌 경우는 오른발이 앞에 놓이고 오른팔은 1번 자세에 두고 왼팔은 2번 자세에 둔다. 바닥을 밀어차는 순간은 오른팔을 2번 위치로 열어주는데 이때는 이미 공중에서 회전이 이루어지는 상태이고 몸이 완전히 돌아오기 전에 중심을 잡기위한 스파팅이 이루어져야한다. 회전상태에서 다리는 오른발이 뒤로 옮겨지고 샤쥬망을 한 동작처럼 발이 바뀌어 왼발이 앞으로 위치해 있어야 한다. 그리고 빠른 회전력을 얻기 위해서는 오른팔이 1번 위치로 간 직후 바로 왼팔이 2번 위치로 감아주어야 한다. 착지를 할 때는 양팔이 옆으로 벌려져 알 라 스공드 자세가 되어야 한다.

무용수는 추진력을 위해 몸의 중심을 앞쪽으로 이동시키면서 뛰고, 중심선에 두 다리를 걸치면서 높이 뛰어오르고, 공중에서 동작을 잡는 것처럼 보이게 자신의 축을 회전시키고, 또 다른 도약을 하기 위해 몸을 무게 중심선 주위로 붙여서 착지한다. 한 순간에 에너지는 바깥쪽으로 흐르고 공간을 통해 분산되면서 다음 도약을 하기 위한 힘을 모으려고 내부의 힘을 나선모양으로 지나간다. 무용수가 훈련을 통하여 연기에 대한 안목을 갖게 되면 그것은 자유로운 동작으로 표현되어진다(Anna, 2000).

C. 회전의 원리

회전은 무용구성 중에서도 가장 절정부분에 사용된다. 회전은 무용용어로는 일반적으로 삐루에뜨라고 한다. 삐루에뜨는 무용수의 기교 중에서 특별한 위치를 차지하고 있다. 삐루에뜨 동작은 회전 운동으로 구성되어 있기 때문에 동작을 효율적으로 수행하기 위해서는 동작에 대한 원리 이해가 필요하다. 이 동작의 완벽한 수행을 위해 무용수들은 하루에도 수십 바퀴씩 연습을 하지만 발레의 여러 동작 중 특히 회전 동작에서는 동작의 수행에 있어 미세한 오차도 허용되지 않기 때문에 완벽한 동작을 성공하기란 쉬운 일이 아니다. 동작 수행 중 성공과 실패를 거듭하는데 원인을 찾기에 고심하게 되며 이러한 원인을 찾는데 과학적인 근거가 없기 때문에 수많은 반복연습과 시행착오를 거쳐 단지 수행을 성공시켰을 때의 개인적인 느낌이나 감을 기억하여 다음 수행에서 적용하곤 한다(정성화,2000).

회전을 일으키는데 있어 힘의 효과는 그 모멘트 암(moment arm)의 길이에 달려 있다. 시소의 끝에 앉아 있는 작은 아이는 중심쪽에 더 가까이 앉아있는 더 큰 아이와 균형을 맞출 수 있다. 회전 중심으로부터의 거리 또는 회전축 점을 모멘트 암이라고 부른다. 각 동작을 일으키는 힘은 어떤 것이든 그 효과는 힘의 크기 곱하기 그 모멘트 암의 길이와 같다. 이것을 때로는 토크(torqe)라고 부르지만 삐루에뜨에서처럼 신체를 긴 축으로 해서 회전시킬 때 토크라는 말대신 힘의 모멘트(moment of force)라고 사용하기도 한다.

삐루에뜨를 바르게 수행하기 위한 원칙은 다음과 같다.

1. 양발로 삐루에뜨를 할 때 필요한 토크(Torqe)를 만들어 내기 위해 양발은 똑같은 압력을 준다.
2. 준비자세가 제4번 자세일 때, 무게 중심은 턴을 할 때 지지하게 되는 다리 위에 놓인다.
3. 삐루에뜨 앙 드오르를 같은 쪽으로 연속할때는 한 번 회전할 때 마다 제5번 자세로 마무리하고 다음 회전을 하며 움직이는 다리는 가장 마지막 삐루에뜨 때까지 앞쪽에서 끝날 수도 있고 뒤쪽에서 끝날 수도 있다. 그러므로 회전방향과 그것을 마무리하는 가장 확실한 방법을 제시한 이론적인 규칙이다.

4. 힘을 주는 팔은 회전 방향쪽에 있는 팔이며 오른쪽으로 돌기 위해서는 오른팔에, 왼쪽으로 돌기 위해서는 왼팔에 힘을 가해야 하며 양팔은 발이 지면에서 떨어지는 순간에 제 포지션을 취해야 한다.
5. 몸의 회전을 시작하여 다시 앞쪽까지 오는 동안 눈은 한점을 응시했다가 빠르게 돌아 회전한 후에 다시 그점으로 돌아온다(spotting)(Anna,2000).

회전(turn)은 일반적으로 배우는 것처럼 점프의 정점에서가 아니라 신체가 바닥을 떠나기 전에 이미 시작되는 것이다. 시작할 때 발생되는 각도의(회전의) 운동량은 운동량 보존의 법칙에 의해서 설명됐던 것처럼 그대로 유지된다. 하지만 '속도는 다양한 신체분절의 조종으로 바뀔 수 있다(Ryman, 1978).

D. 각운동량

신체가 왜 움직이는지, 어떻게 회전하는지를 이해하기 위해서는 각운동량이 고려되어야 한다.

신체 회전에 의한 각운동량은 관성모멘트와 각속도의 곱이다.

$$L\ (\text{각운동량}) = I\omega$$

L = 각운동량
I = 관성모멘트
ω = 각속도

회전운동에 뉴턴의 제3법칙을 적용시키는 것은 다양한 자세 변화에 대한 적응이 가능하고 체공상태에서의 자세 조절이 가능한 인체에도 모두 관련된다.
여기에서 두 가지에 주목하게 되는데, 하나는 인체가 가진 고유의 질량분포, 즉 주어진 축을 중심으로 발생한 관성능률을 변화시키는 능력이며, 또 하나는 보다 의미 있는 것으로써 신체 분절들 간의 각운동량을 재분배시킬 수 있다는 것이다(B.J.Hopper,1998).

일단 신체가 지면을 떠나면 작용하는 유일한 외력은 중력이다. 중력은 자유비행 중에 회전축의 위치가 되는 신체의 무게중심을 통하여 작용한다. 중력은 회전축으로부터 어떤 수직거리도 갖지 않아서 토크도 각운동량도 낼 수가 없다. 각운동

량을 내는 요소들은 질량, 회전반경, 그리고 각속도의 곱에 크기가 같은 한도 내에서 크기나 방향이 변할 수 있다. 외부 토크가 없기 때문에 착지하거나 다른 물체와 충돌하기 전에는 각운동량 변화는 없을 것이다(Ellen,1986). 이것은 곧 뉴튼의 제 1법칙 형태로 설명된다.

만약, 어떤 외적인 짝힘이나 이심력이 물체에 작용하지 않는다면 어떤 회전물체는 일정한 각운동량을 가진 회전축에 대하여 회전을 계속할 것이다.

각운동량 보존의 원리로서 잘 알려진 이러한 법칙은 회전하고 있는 물체는 어떤 다른 물체에 각운동을 수정하는 원인이 되는 외력이 없는 한 같은 각운동량으로서 회전할 것이다라는 사실을 뜻한다(Hay,1985).

그러므로 회전속도를 증사시키려면 각운동량을 크게 하여야 하며, 체공 중에는 관성모멘트를 감소시켜야 한다. 릴리스 직전 각운동량을 증가시키기 위해서는 분절들을 신전시켜 관성모멘트를 증가시키고 회전속도를 높여야 한다. 반면 피겨스케이팅의 스핀(spin)동작에서 양손을 가슴에 붙이고 비지지 다리의 무릎을 굽히는 동작은 수직회전축으로부터 분절의 회전반경을 짧게 하여 관성모멘트를 줄여 회전속도를 증가시키기 위한 것이다(박성순, 2005).

E. 근전도*(Electro myogrphy)*

근수축이 일어나는 동안 근섬유에서는 미세한 전위차가 발생하게 되는데, 이 전위차를 전극으로 감지하여 기록한 것을 근전도라고 한다. 즉, 근전도는 근육의 활동정도를 직접 파악할 수 있는 유용한 분석 방식이다(박성순, 2005).

근전도는 선별된 근육이 발생시키는 전기적 활동을 기록한다. 신체 표면에 설치하는 전극들은 그런 활동을 탐지하는데 가장 흔히 쓰인다. 근육 활동의 타이밍은 싱크로니케이션 펄스라는 방법으로 동작과 관련되는데, 이것은 동작과 근육 활동의 기록을 동시에 나타낸다. 근전도 신호는 힘 발생 측정을 전자공학적으로 조사하고 처리하지만 매우 대략적인 근사치이며 그 자체가 상당히 질적이다(프리실다, 1995).

근전도를 기록하기 위해 사용하는 전극에는 침전극(Needle electrode)과 표면전극(surface electrode)의 두 종류가 있는데 침전극은 문제된 근의 활동양상을 자

세히 알고자 할 때 사용하는 근육내로 투입하는 어려움이 따른다. 한편, 표면전극은 동작시 여러근의 동시적 활동이나 상호작용을 고찰하는 것이다. 피부 표면으로부터 20mm이내에 있는 표면근육에 은판을 피부에 부착하여 활동전류를 유도하는 것이므로 기록에 타 근육방전이 교차하여 방전된 부분을 구별하는 것이 불가능한 즉 심재근(Deed muscle)의 근전도를 정확히 유도할 수 없고 표배근(superficial muscle)에서만 근전도를 유도할 수 있는 결점이 있다(배정현, 1992).

운동학적 측정과 운동역학적 측정이 추가될 때 움직임 동안의 E.M.G 신호는 어떻게 근육이 움직임에 기여하는지를 분석하기 위한 포괄적인 방법으로 제시될 수 있다. 또한 E.M.G는 목적 있는 움직임의 신경조절에 대한 통찰력을 제공해 줄 수 있다(Donald, 2004).

F. 무용상해

무용수의 예술성과 테크닉의 발전은 진행이 느리며, 수많은 무용교사들의 주장은 무용수 한명을 배출하는데 10년이 걸린다고 한다. 이런 훈련 과정중에는 종종 바람직한 상태의 증가를 최대화하는 초과 자극과 부상을 유발시키는 초과 자극과의 사이에 미묘한 차이가 있다(프리실다 M. 클락슨, 1995).

무용수의 부상은 다음 두 종류의 기준으로 나눌 수 있다. 즉, 사고에 의한 부상과 과사용 증후군으로 유발되는 부상으로 구분된다. 과사용 증후군으로 분류되는 부상은 계속되는 신체의 스트레스로부터 온다. 신체 연결 부위가 약해지면서 경골 부상, 점액낭염, 만성 힘줄통증 등의 질병이 생긴다. New York City Ballet의 전임 정형외과 의사의 말에 따르면, 평균적으로 90명의 단원중 15~20명이 부상으로 공연에 참가하지 못한다고 한다. 그리고 또 다른 통계를 보면 발레단원 중 80%가 1년에 한번 이상의 직업적인 부상의 경험이 있는 것으로 나타난다. 반 이상이 발목아래 부분에서 나타나고 있으며, 목, 허리, 엉덩이 및 양무릎의 부상의 빈도도 매우 높은 편이다(손윤숙, 1990).

발레는 발끝으로 서서 움직이는 동작 등의 기본동작이 반복되어지므로 특이한 상해가 많으며, 현대무용은 강한 근육의 수축, 격렬한 동작 및 도약, 과장되고 딱딱한 동작, 맨발 연기 등의 특징으로 아킬레스건이나 발바닥의 굳은 살 등의 상

해가 많다. 그리고 발레를 하는 동안에 무용수의 발은 체중의 약 4배의 충격을 받게 되며, 통증을 유발할 수 있는 슈즈를 신은 채로 반복적인 동작 수행, 부적절한 위생, 생체역학에 대한 지식의 결여, 딱딱한 표면, 부적절한 준비운동 등이 상해를 증가시키는 원인이다(염창홍, 2005).

대개 무용수는 근육의 피로, 경련 그 다음에 신전이나 파열로 인한 통증을 경험하고 있다. 긴장의 시작은 피로감을 느끼는 순간 활동을 중단함으로써 예방될 수 있다. 이러한 피로감은 전개과정동안 반드시 신체에 불편한감이 발생한다는 잘못된 생각으로 인해 흔히 무시되곤 한다. 무용수들이 갖고 있는 또 다른 그릇된 생각은 근육강화를 위한 중요한 지지 프로그램 없이 어느 부분을 단지 신전시키기만 하면 된다는 것이다. 신전시키기와 동작의 완전한 범주는 무용에 성공을 위해 필수적이다. 이는 결코 어떤 특별한 부문에 적절한 근육 상태를 손상시키는 단계까지 진행되어서는 안된다(Daniel, 1992).

인대의 상해는 조직을 연결하는 부위에서 과도한 움직임의 결과로 발목, 무릎, 요추 부위에서 통상적으로 일어나며, 그 원인은 주로 부적절한 기교와 잘못된 정렬이다. 그리고 가장 일반적으로 근육이 찢어지는 것과 관련되어 있는 건의 상해(strain)는 혈관, 근조직, 신경조직과 같은 연조직의 상해로 제한 되며, 주로 길항근이 강력하게 수축되어질 때 일어난다(Fitt, 1996).

고관절의 관절낭을 늘려주기 위한 대퇴부의 과도한 외전도 궁극적으로는 엄지발가락의 내측에 스트레스를 가하게 된다. 이러한 이유들은 모지외반증(hallux valgue), 모지점액낭염(hallux bursitis)을 일으키는 원인으로 작용한다(Fitt, 1996).

무용에 있어서 를르베(releve), 뿌엥뜨(point)등 발끝이나 중족지골에 체중을 올리는 동작, 쁠리에 점프 동작등은 아킬레스건염을 일으킬 수 있다. 아킬레스건염(achilles tendonitis)은 보다 긴장되어 있는 아킬레스건, 선천적으로 작고 얇은 아킬레스건, 아치구조가 높은 경우, 뿌엥뜨 슈즈의 리본을 너무 세게 매어서 아킬레스를 조이는 경우에 일어난다(이경태, 1995).

무용관련 부상의 세가지 패턴을 보면, 무용수가 필수적으로 사용해야 되는 기본체력 때문에 발행하는 경우, 기술적인 무용 능력부족 때문에 발생하는 경우, 환경 여건의 미비 때문에 발생하는 경우로 나눌 수 있다. 남성 무용수들은 여성 무용수들과는 다른 형태의 부상을 입는다. 점핑(jumping), 리핑(leaping), 파터닝의

작업 때문에 발목 및 허리 부상을 입을 가능성이 크다(손윤숙, 1990).

G. 선행연구

최근에는 체계적이고 과학적인 발레동작 수행과 교습을 위하여 동작분석 및 역학적 분석에 대한 연구들이 다양하게 이루어지고 있다.

먼저 동작분석으로는 임승희(1998)는 데벨로뻬 에까르떼 데리에르동작 분석에서 아띠튜드 동작이 데벨로뻬 에까르떼 데리에르 동작수행 성공여부에 많은 영향을 준다고 하였다. 김은지(2003)는 정확한 파드샤 동작을 위해서는 체공시간이 길고, 높게 점프해야 하며, 적절한 슬관절 각도로 중심이 흔들리지 않도록 고관절 각변위가 작아야 한다고 하였다. 유봉준(1999)의 푸에떼 앙뚜르낭 앙드오르 동작의 분석에서는 푸에떼 앙뚜르낭 앙드오르 크로와제 동작이 푸에떼 앙뚜르낭 앙드오르 아라스공드 동작보다 안정성의 유지가 뛰어난 것으로 나타났다. 서수민(2003)은 그랑 아쌈블레 동작분석에서 도약하기 전 동작에서 중심의 위치를 지지하는 다리에 옮기는 것도 동작의 효율성을 높이고 뽀르 드 브라는 체공시간을 길게 하여 공중으로 높이 도약하는데 상당한 도움을 주는 것으로 나타났다. 김은희(1998), 삐루엣에 대한 동작분석에서 회전을 효과적으로 하기 위해서는 동작 시작 시 신체 중심을 높게 유지시키고, 정면 자세시 팔을 지면과 수평이 되도록 유지하는 것이 바람직하며, 회전 속도를 빠르게 하기위해서 순발력과 평형성을 강화시키는 것이 중요하다고 하였다.

역학적 분석을 살펴보면, 정성화(2003)는 삐루엣 앙 드올 동작 수행시 우아하고 완벽한 회전을 하기위해 쁠리에 단계에서 최대수직 지면 반력이 최고가 되도록 해야 하며 좌우전후 흔들림이 없어야 한다고 하였다. 염창홍(2005)은 그랑 바뜨망 제떼 알 라 스공드 동작시 바동작이 센터동작 보다 안정적인 동작수행을 보였으며, 숙련그룹이 모멘트를 크게 발휘하여 자세의 안정을 기한다고 하였다. 송인아(1998)는 턴 아웃 점프시 충격을 적게 하면서 우아하게 착지하기 위해서는 수동적 정점의 크기가 적을수록 좋으며 착지시 천천히 무릎을 구부려 착지시간을 길게 하는 것이 우아하고 안정적이며, 충격이 적다고 하였다. 심재희(2004)는 아라베스크 동작의 역학적분석, 권안숙(2005)은 아라베스크 회전동작의 역학적

분석에서 압력의 중심과 몸의 무게 중심을 연결하는 선을 일치시키고 균형을 유지하는 순간에 반발력을 작게하고 발란스를 유지한다고 하였고, 회전시 뒤로 뻗어 든 다리의 신전상태 유지와 두 팔이 외전하는 방향을 따라 회전하는 궤적이 매끄러워야 한다고 하였다.

근전도에 관한 연구로는 홍명엽(1994)이 발레 바 기본동작시 하지근의 근전도에 관한 연구에서 발레에서 많이 사용하는 근육은 비복근, 대퇴직근, 대퇴이두근으로 나타났으며 이러한 근육을 훈련 시킴으로써 올바른 하지근의 발달을 꾀할 수 있다고 하였고, 배정현(1992)은 근전도를 이용한 한국무용과 발레무용수들의 하지근력에 관한 비교연구에서 한국무용 전공자는 주동근 중에서도 앞경골근이 발달하고 발레 전공자는 외측넓은근과 장딴지근이 가장 많이 훈련되어 발달되어 있다고 하였다.

박기연(2004)은 발레동작 데벨로뻬 알 라 스공드의 족저압 분석에서 르띠레 동작과 마지막 과정인 데벨로뻬 알 라 스공드 동작 비교에서 미숙련자는 두 동작에서 압력은 가하지만, 데벨로뻬 알 라 스공드 동작에서는 벨런스를 유지하지 못하였고, 숙련자는 시각적인면도 미숙련자보다 아름답고. 통계적으로 최대 압력도 낮았으며 중심 이동횟수도 적어 안정감 있는 동작을 수행하였다고 하였다. 홍명엽(2004)은 발레 무용수의 발의 형태변형 및 보행시 압력 분포에 관한 연구에서 발레 무용수의 발은 보행시 엄지발가락과 둘째, 셋째 발가락, 전족부 내측에서 압력이 높게 나타났으며, 발의 형태 변형은 토댄싱으로 인한 엄지발가락과 전족부 내측에 가해지는 힘과 압력이 커서 중족골과 지골에 염좌와 상해유발이 클 것이라고 했다.

발레는 매우 체계적이고 과학적인 바탕위에 만들어진 예술이지만 오랜 세월 교습방법들이 구전으로 내려오고 행해지고 있다. 그렇기 때문에 무용수 자신의 몸을 이해하지 못하고 동작의 원리를 이해하지 못한 채 과도한 훈련으로 인하여 여러 가지 부상을 유발하게 되고 무용수로서의 수명을 단축하게 되는 이유가 된다. 그러므로 과학적인 분석과 연구로 발레의 교습방법은 꾸준히 발전되어야 한다.

III. 연구 방법

본 연구는 직업 무용수들 중에서도 경력에 따라 뚜르 앙 레르(Tour en Lair)동작에 대한 3차원적 영상과 운동역학적 그리고 그 동작 수행시 근 활동을 통하여 숙련도 및 동작수행에 따른 역학적 차이를 알아보고자 하였다. 본 연구에서 수행한 연구 방법으로서 연구대상자 선정, 실험설계, 실험장비, 실험장면, 실험방법, 분석과정 및 자료분석 방법은 다음과 같다.

A. 연구대상자 선정

본 연구의 대상자는 광주광역시 시립무용단에서 활동 중인 직업무용수 중에서 경력상으로 10년이상 경력을 가진 무용수를 숙련자 그룹으로 10년 이하를 비숙련자그룹으로 하였으며 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

<표 1>. 연구 대상자의 신체적 특성

숙련자그룹	신장(cm)	체중(kg)	나이(세)	경력(년)
A	180	67	39	13
B	178	63	32	11
C	176	64	28	13
M	178	65	33	12.3
비숙련자 그룹	신장(cm)	체중(kg)	나이(세)	경력(년)
D	173	56	22	4
E	168	61	29	8
F	188	78	27	5
M	176.3	65	26	5.66

B. 연구 절차

피험자들을 대상으로 뚜르 앙 레르 동작을 실시하여 운동학적 변인과 지면반력(Ground reaction force), 근전도(EMG) 자료 등의 운동역학적 변인을 분석하여 처리 하였다. 본 연구의 실험 설계는 (그림 3) 과 같다.

(그림 3). 연구절차의 흐름도

C. 실험 및 분석장비

본 연구에서 사용된 장비는 <표 2>와 같이 크게 영상 분석 도구, 자료 분석도구로 나눠지고 그 주요 장비의 특성 및 용도는 다음과 같은 장비를 사용하였다.

<표 2>. 실험 및 분석장비

장비명	모델	제조회사
디지털 캠코더 (Digital Camcorder)	VX2000	Sony(일본)
통제점틀 (Control Object)	2m×3m×1m	V-Teck
지면반력 (Force Flatform)	OR6-7-4000	AMTI(미국)
LED	Silk-8555	V-Teck
근전도	WEMG-8	Laxtha
분석용 프로그램 (soft ware)	Kwon 3D ver(3.16) Kwon GRF ver(2.0)	Visol(한국)

1. 영상분석 도구

본 연구에서 이용한 기자재는 DLT(Direct Linear Transformation)방법을 이용하기 위한 3차원 영상분석용 촬영기자재이다. 실험장비의 특성 및 용도는 다음과 같다.

a . 디지털 캠코더*(Digital Camcorder)*

본 연구에서는 3차원 영상 분석을 위하여 줌 렌즈가 장착된 SONY사의 카메라 4대를 사용하였으며, 이 디지털 캠코더의 특징은 고해상도로 촬영할 수 있으며 촬영속도는 초당 60frame으로 사용할 수 있다. 본 연구에서는 이 카메라의 최적 촬영속도인 초당 60frame임의 속도로 촬영 하였으며 노출시간은1/2000초로 촬영 하였다.

b . 디지털 테이프*(Digital Tape)*

본 연구에서는 6mm 디지털 테이프로 녹화를 하였으며 분량은 60분용을 사용하였다.

c . 통제점 틀*(Control Object)*

3차원 영상분석법에 필요한 통제점 틀은 통제점군(contrl points)의 공간좌표 설정을 위하여 32개의 통제점을 가지고 있는 정육면체형으로 실물공간(object space) 내에서 최대한 선형성을 살릴 수 있게 설계되어 있다.

d . 지면반력 시스템*(Ground Reaction Force Platform System)*

측정 대상이 압력판을 밟거나 누르면 압력판에 내장된 Load Cell이 전후, 좌우, 수직 방향의 힘과 모멘트의 크기를 감지하여 Analog신호를 Signal Conditioner에 보내면 Signal Conditioner가 적당한 크기로 증폭한 다음 A/D Converter로 수치화 하여 컴퓨터에 넘겨준다. 컴퓨터는 압력 중심의 위치등 필요한 각종 데이터를 처리, 저장, 출력 시킨다.

e . 근전도 장비

뚜르 앙 레르(Tour en Lair)의 동작 시 하지와 상지의 근전도를 측정하기 위하여 WEMG-8System을 사용하였다.

WEMG-8System은 Laxtha의 제품으로 근육의 전기활동 즉, 근전도(Electromyogram)를 측정하기 위한 장비이다. WEMG-8System은 크게 무선 근전도 측정장비(WEMG-8)와 데이터 수집 및 분석을 위한 프로그램(TeleScan)으로 구분할 수 있으며 근육에 전극을 부착하여 측정되는 근전도 신호는 측정장비가 사용자의 컴퓨터에 연결되어 수집되고, 여기에서 얻어진 데이터를 TeleScane이라는 프로그램을 이용하여 저장, 분석하게 된다.

2 . 자료 분석 도구

a . 디지타이징 시스템*(Digitizing System)*

본 연구에서 촬영된 테이프의 영상분석을 위해 Kwon(2004)이 개발한 프로그램(kwon 3D ver 3.16)을 이용하여 분석하였다.

3 . 실험 절차

촬영도구의 배치는 연구대상자의 뚜르 앙 레르 동작을 완전히 포함하는 범위내에 통제점 틀을 세우고 4대의 고속 디지털 켐코더는 좌표 기준으로부터 각각 8m 떨어진 곳에 렌즈 중심의 높이가 1m가 되도록 삼각대 위에 수평상태로 설치하였다.

통제점 틀이 카메라 필드 안에 들어오도록 줌렌즈를 맞추고 또한 켐코더의 촬영 속도를 60fram/s로 하고 노출시간(exposure time)을 1/2000로 하였다. 4대의 고속 디지털 카메라를 작동시켜 통제점틀을 3분~4분 동안 촬영한 후 통제점틀을 제거하였으며 피험자의 복장은 몸에 붙는 짧은 반바지를 착용하고 인체 관절에 반사마커의 표식과 표면전극을 부착하였다. 뚜르 앙 레르 동작은 피험자들이 충

분히 워밍업을 한 다음 한 사람씩 지면반력판 위에 올라가서 체중을 측정하고, 1대의 지면 반력판에 올라간 상태에서 를르베 업(releve-up)인 준비자세를 취하였다.

연구자의 신호에 의해서 지면반력판 측정이 개시되고 피험자는 동작을 수행하였다. 피험자 한 사람이 2회전시 성공, 실패 각 3회와 3회전 3회를 수행하였고 성공은 피험자의 동작과 근전도가 양호한것을 선별하였다. 지면반력의 데이터 샘플링 속도(Data Sampling Rate)는 240Hz로 설정하였다. 분석과정에서 카메라 시간 간격을 재조정하여 동작분석 자료와 지면반력 자료간의 시간 간격을 동일하게 구성하였다. 본 연구의 촬영도구의 배치는 (그림 4)와 같다.

(그림 4). 촬영 도구의 배치

D. 자료산출 방법

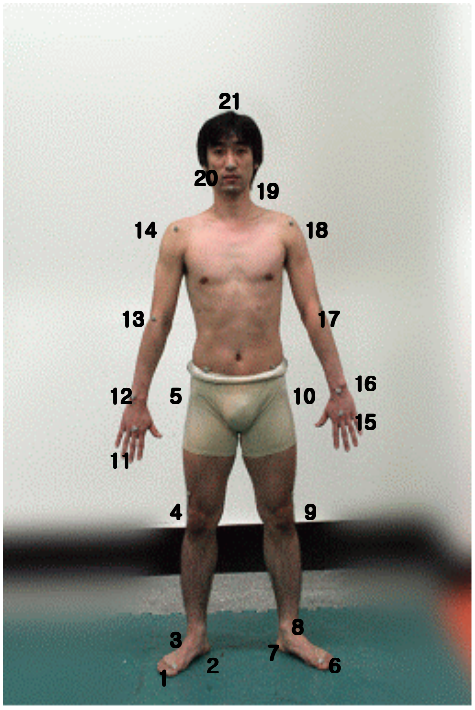
본 연구의 통제점 좌표화와 인체관절 중심점의 좌표화, 동조, DLT방법에 의한 3차원 좌표 계산과 스무딩, 동작분석, 지면반력은 권영후(2000)가 개발한 프로그램(Kwon 3d ver 3.16, Kwon GRF ver2.0)을 사용하였다.

또한 산출된 자료는 Exell(2002)로 전환하여 국면별 자료와 그래프를 도식화 하였다.

1 . 통제점 좌표화와 인체관절 중심점의 좌표화

인체 모델은 신체 분절들을 서로 연결된 강체(rigid body)의 연결 시스템(linked system)으로 정의하고 23개의 인체관절 점으로 정의하였다. 인체 모델을 구성하는 점들의 위치와 명칭은 (그림 5)와 같으며 신체분절의 무게중심위치에 대한 인체분절자료(body segment parameter)는 Plagenhoef (1983)의 자료를 이용하였다.

좌표화는 통제점 좌표화와 인체관절 중심점의 좌표화로 나누어 처리하였다. 통제점 좌표화는 26개의 통제점을 5번 반복하여 좌표화한 후 컴퓨터에 파일로 저장하였으며 관절의 중심위치(Winter, 1979)는 (그림5)와 같은 순서대로 좌표화하였으며, 집단간 결과와의 관계를 알아보기 위하여 SPSS 13.0 통계 프로그램을 이용하였다. 집단간의 관계를 알아보기 위해 일원변량분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며 사후검증으로는 Tucky를 사용하였고 이때의 유의수준은 $p<.05$로 하였다.



1.	오른 발끝(Right Toe)
2.	오른 뒤꿈치(Right Heel)
3.	오른 발목관절(Right Ankle Joint)
4.	오른 무릎 관절(Right Knee Joint)
5.	오른 고관절(Right Hip Joint)
6.	왼 발끝(Left Toe)
7.	왼 뒤꿈치(Left Heel)
8.	왼 발목관절(Left Ankle Joint)
9.	왼 무릎(Left Knee Joint)
10.	왼 고관절(Left Hip Joint)
11.	오른 손가락 끝(Right Finger)
12.	오른 손목관절(Right Wrist Joint)
13.	오른 팔꿈치(Right Elbow Joint)
14.	오른 견관절(Right Shoulder Joint)
15.	왼 손가락 끝(Left Finger)
16.	왼 손목관절(Left Wrist Joint)
17.	왼 팔꿈치 관절(Left Elbow Joint)
18.	왼 견관절(Left Shoulder Joint
19.	턱(Chin)
20.	코(Nose)
21.	이마(Forehead)

(그림 5). 인체관절중심점 좌표화

2 . 통제점 및 인체관절점의 수치화(*digitizing*)및 동조화(*synchroniza tion*)

본 연구에서 영상분석을 위한 디지타이징 포인트(랜드 마크)는(그림5)와 같다. 본 연구는 피험자가 서있을 때 좌우 방향을 X축 방향으로, 지면에 대하여 수직 방향을 Z축 방향을 하였고, 전후 방향을 Y축으로 정의하였다. 영상분석 축과 지면반력 축을 동일하게 설정하였으며, 인체 관절 중심점의 좌표화는 동작 시작하기 전 5프레임부터 끝나기 전 5프레임까지 하였다.

일반적으로 촬영 시 맞추어 놓은 카메라의 촬영속도와 실제촬영속도는 미세한 차이가 있으므로 카메라의 정확한 촬영속도를 계산하는 것은 중요하다. 따라서 본 실험에서는 4대의 LED와 트리거 신호의 채널을 동시에 지면반력에 동조신호를 주어서 고속 디지털 켐코더로 촬영한 영상과 2대의 지면반력기를 동조화 시켰다. 본 연구의 동조를 위해 3차 스플라인 함수(Cubic Spline)를 이용한 보간법(Interpolation)을 사용하였다. 본 연구에서의 동조시간 간격은 0.016초로 하였다.

3. 3차원 실공간 좌표의 계산

DLT(Direct Linear Transformation) 기법을 이용하여 디지타이저 좌표계와 실공간 좌표계로부터 DLT 변환식의 계수를 산출하였다. 그 후 계산된 DLT 계수와 인체관절 중심점의 평면좌표를 이용하여 피험자의 3차원 공간좌표를 산출하였다. 3차원 공간좌표의 산출 후 공간좌표의 우연오차(random error)를 제거하기 위한 스무딩(smoothing)방법으로 2nd Order Butter- worth Low Pass Filterling 방법을 이용하였으며 이때 cut-off frequence는 10Hz로 하였다.

4. 운동학적 · 역학적 변인 계산

본 연구의 운동학적 · 역학적 변인에는 거리, 속도, 각도, 체중 이동 변화 등이 있으며, 이러한 운동학적 변인들의 관계는 (그림6)과 같은 체계도로 구성하였으며, 계산 프로그램의 기법으로 3차 스플라인 함수를 이용하였고 모든 자료의 평균과 표준편차를 구하였다.

a. 신체중심의 위치

3차 스플라인법으로 구한 변위의 일반식은 S(T)=C3 · t3 +C2 · t2 + C1 · t + C0 로 나타나는데, 본 연구에서 구하고자 하는 변위는 신체 중심의 위치이다. 전신의 무게중심의 위치인 신체 중심의 위치 SCG는 식 ①과 같은 방법으로 구하였다.

$$SCG = \left[\sum_{I=1}^{14} (cgi \cdot mi) \right] / M \text{ ----------①}$$

cgi : I 번째 분절의 무게중심의위치
mi : 전체 질량의 백분율로 표시된 i번째 분절의 질량
M : 인체 측정한 자료의 백분율로 표시된 분절의 질량을 합한 전체 질량

b . 속 도

본 연구에서 구하고자 하는 속도에는 손끝동작의 속도가 있다. 속도는 변위 함수 S(t)를 일차 미분하면 속도의 함수 S,(t)가 산출되는데 식 ①에서 구한 변위로 부터 속도를 구할 수 있다. 속도의 함수는 식 ②와 같다.

$$S/(t) = 3C_3 / t^2 + 2C_2 / t_1 + C_1 \text{ ---------- ②}$$

c . 각 도

본 연구에서 산출한 각도들은 주관절의 좌·우 각도 차이들이 있으며, 각을 이루는 벡터를 $A(A_x, A_y, A_z)$, $B(B_x, B_y, B_z)$라고 할 때 식 ③에서와 같이 A, B 벡터의 내적으로 구하였다.

$$\Theta = \arccos \left[\frac{AxBx + AyBy + AzBz}{\sqrt{Ax^2 + Ay^2 + Az^2}\sqrt{Bx^2 + By^2 + Bz^2}} \right] \text{ ------ ③}$$

d . *3*차 스플라인법

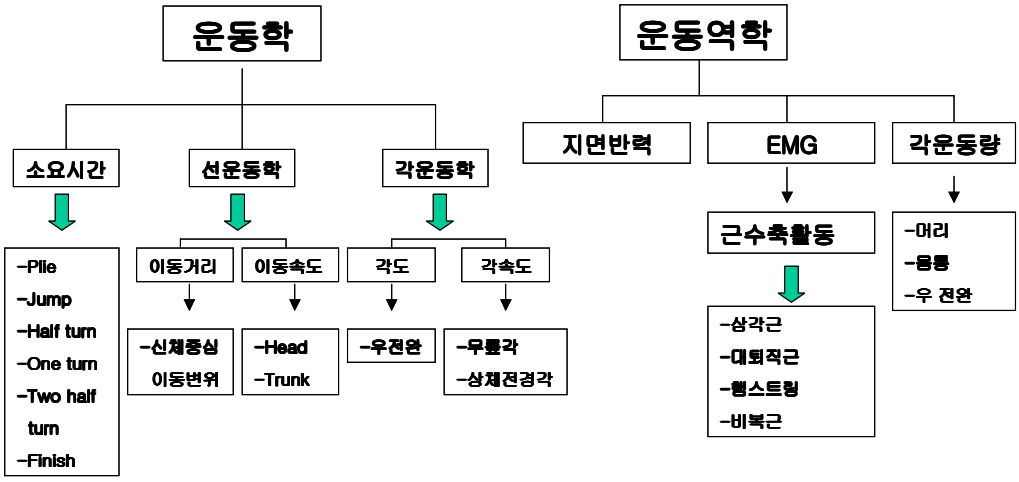
원 자료를 스무딩하고 1차, 2차 미분 함수의 형태를 얻기 위하여 3차 스플라인법을 이용하였다. 3차 스플라인 함수는 식 ⑤와 같은 형태를 가진다.

$$S(t) = C_3 \cdot t^3 + C_2 \cdot t^2 + C_1 \cdot t + C_0 \text{ ---------- ④}$$
$$t = T - X_i,\ X_i \le T < X_{i+1}$$

C_3, C_2, C_1, C_0: 스플라인 상수 3차 스플라인 함수 S(t)에서 미분계수의 결정은 다음과 같이 하였다.

$S(t) = C_3 \cdot t_3 + C_2 \cdot t_2 + C_1 \cdot t + C_0$ 이므로 S(t)의 일차 미분 S,(t)는 $S,(t) = 3C_3 \cdot t_2 + 2C_2 \cdot t + C_1$ 가 되며, $t = T - X_i$이므로 $S(X_i) = C1$이 된다. S(t)의 2차 미분 S,(t)는 $S,(t) = 6C_3 \cdot t + 2C_2$ 이므로 $S,(X_i) = 2C_2$가 된다. 따라서 변위 벡터 X_i

의 속도는 C_1, 각속도는 $2C_2$가 된다.



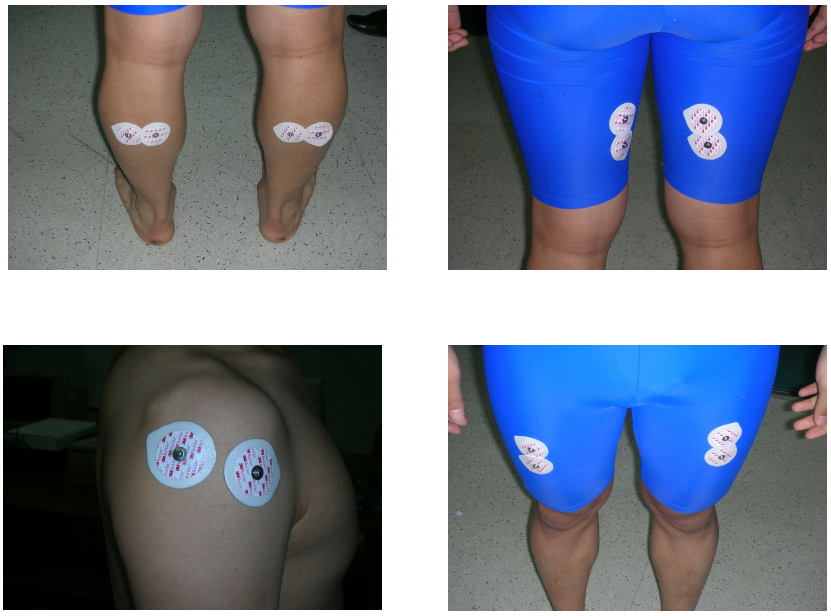
(그림 6). 각 변인들간의 관계 체계도

5. 근전도 자료의 분석

a. 표면전극 부착 부위

본 연구는 뚜르 앙 레르(Tour en Lair) 동작 시 쁠리에(plie) 동작과 공중회전시의 점프(jump)에 기여를 하는 슬굴곡근(Hamstrings), 대퇴직근(Rectus Femoris) 비복근(Gastrocnemius)과 회전에 도움이 되는 뽈드브라(port de bras)에서 필요한 삼각근(Posterior deltoid)을 선정하여 좌우 양쪽에 표면전극(3M Red Dot Foam Monitoring Electrode 2237)을 부착하였다.

표면전극(surface electrode)은 검사결과에 영향을 미칠 수 있기 때문에 부착부위의 이물질을 제거하기위한 알코올 소독을 하였고 전극사이의 거리는 2cm를 유지하여 부착하였다. 근전도 부착부위는 (그림7)과 같다



(그림 7). 근전도 부착부위

b . MVIC 측정 방법

MVIC 측정을 위한 동작은 위 사진과 같다. 대퇴직근 측정을 위해 피험자가 테이블에 앉은 자세에서 슬관절을 90° 굴곡 후 신호와 함께 최대로 신전을 실시하였다. 이 때 보조자는 족관절에 강한 저항을 주었다 . 비복근 측정을 위한 것으로 테이블에 앉은 자세에서 족관절을 배측굴곡한 후 신호와 함께 강한 저측굴곡을 실시하였다. 햄스트링을 측정하기 위한 것으로 피험자를 테이블에 엎드리게 한 후 슬관절을 110° 굴곡상태에서 신호와 함께 강한 굴곡을 실시하였다. 삼각근 측정을 위한 것으로 견관절을 80° 외전하게 한 후 신호와 함께 강한 외전을 실시하였다.

(그림 8). MVIC측정방법

c. 근전도 신호 처리방법

근전도 신호는 Telescan program(Laxtha Korea)으로 분석하며 일차적으로 얻어진 EMG 원자료는 노이즈(noise) 제거를 위해 전자필터(Mathlab Eliptic filter, 8차, 10 band pass)를 이용하여 필터링 한 후 전파정류(full-wave rectification) 하였다. 근전도 공식은 다음과 같다

$$EMGrms = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{t_a}^{t_b}\{S(t)\}^2 dt}$$

$T = t_b - t_a$

S(t)는 시계열 근전도 신호

IV. 연구결과 및 논의

본 연구에서는 뚜르 앙 레르 동작을 3차원 영상분석과 근전도를 이용하여 숙련자와 비숙련자와의 동작수행에서의 차이와 원인을 밝혀내고, 무용수들이 올바른 뚜르 앙 레르 동작을 수행하고 발전시키며 체계적으로 교육하는데 목적을 두고 분석한 결과와 논의는 다음과 같다.

A. 운동학적*(Kinematic)*적 요인 분석

본 연구에서는 운동학적 요인, 운동역학적 요인으로 구분하여 분석하였으며 운동학적 요인으로는 구간별 소요시간, 각도, 각속도, 속도, 신체중심 변위에 대해서 분석하였다.

1 . 구간별 소요시간

뚜르 앙 레르의 각 구간별 소요시간을 알아보기 위해 5개의 구간을 나누어 를르베에서부터 착지 시까지의 구간별 소요시간을 분석하였다. 이에 대한 분석결과는 <표3>, <표4>와 (그림9)와 같다.

<표 3>. 2회전시 구간별 수행시간 unit:sec

2회전								
phase	숙련자				비숙련자			
	성공		실패		성공		실패	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
P1	0.22	0.01	0.22	0.01	0.22	0.04	0.22	0.01
P2	0.11	0.42	0.11	0.02	0.07	0	0.08	0
P3	0.19	0.02	0.19	0.08	0.18	0.02	0.19	0.01
P4	0.19	0.03	0.19	0	0.19	0.19	0.2	0.02
P5	0.28	0.01	0.31	0.11	0.18	0.07	0.15	0.05
total	0.99		1.02		0.84		0.84	

<표 4>. 3회전시 구간별 수행시간 unit:sec

3회전								
phase	숙련자				비숙련자			
	성공		실패		성공		실패	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
P1	0.23	0.02	0.22	0.02	0.20	0.06	0.24	0.05
P2	0.08	0	0.06	0.05	0.07	0.06	0.05	0.01
P3	0.15	0.01	0.17	0.02	0.14	0.02	0.01	0.02
P4	0.17	0.02	0.15	0.02	0.16	0.02	0.16	0
P5	0.33	0.05	0.3	0.01	0.34	0.02	0.35	0.02
total	0.96		0.9		0.91		0.81	

2회전 숙련자 그룹의 성공 시기 때의 구간별 수행시간을 살펴보면 <표 3>에서 보는바와 같이 점프 시작해서 하프 턴까지의 2국면이 0.11초로 가장 짧게 나타났으며 두 번째 하프 턴에서 착지 시까지의 구간인 5국면이 0.28초로 가장 길게 나타났다.

여홍철(2004)의 도마 손 짚고 몸펴 앞 공중 돌아 540도 비틀기의 분석에서 고득점 자는 발구름이 끝나고 점프해서 손을 짚는 구간에서 0.128초로 짧은 시간을 나타냈고 그렇기 때문에 체공시간이 길게 나타났다고 하였다. 반면 저득점자는 반대 현상이 나타나기 때문에 체공시간이 짧게 나타난 것으로 보고 하였다. 이는 본 연구에서도 점프에서 하프 턴 구간이 짧게 나오면 체공시간이 길어지는 것과 유사하게 나타났다. 실패 시기에서도 2국면에서 0.11초로 가장 짧고 5국면에서 0.31초로 성공시의 착지 때 보다 더 수행시간이 길게 나타났다.

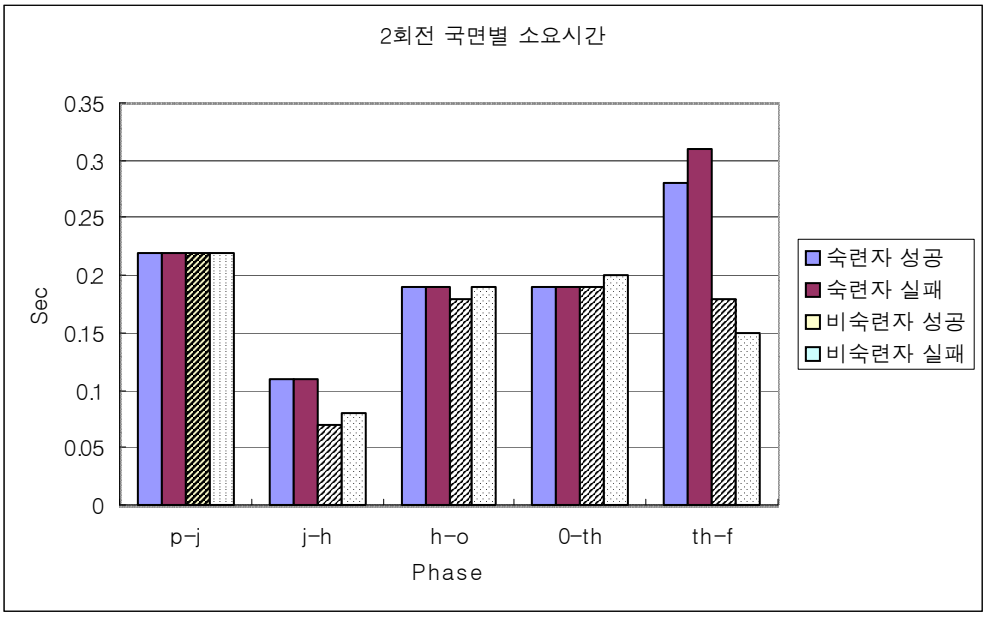
비숙련자들의 성공 시기에는 2국면에서 0.07초로 가장 짧았으며 4국면인 첫 번째 회전 후 두 번째 하프 턴까지의 구간이 0.19초로 길게 나타났다. 실패 시기에서도 2국면에서 0.08초로 가장 짧게 나타났으나 숙련자와는 다르게 뿔리에 동작에서 점프직전까지의 1국면에서 0.22초로 길게 나타났다. 이와 같은 현상은 숙련자들과 비교해 볼 때 비 숙련자들의 2회전 수행 실패 시기에서 체공시간이 짧아 착지가 빠르게 이루어진 것으로 사료된다.

3회전 시도에서는 <표 4>에서 보는바와 같이 숙련자 그룹의 성공시 2회전과 비교해 보면 2국면에서 0.08초로 2회전시의 같은 구간에서의 시간보다 더 짧은 것으로 나타났다. 길게 나타난 구간은 5국면으로서 0.33초로 길게 나타났다. 실패시기에서도 2국면에서 0.06초로 성공시보다 짧게 나타났으나 착지 국면인 5국면에서 0.3으로 성공시보다 짧은 시간대를 나타냄으로써 전체적인 체공시간이 짧았음을 알 수 있다.

비숙련자그룹의 3회전 시도를 보면 성공시에는 2국면에서 0.07초, 5국면에서 0.34초로 2회전을 했을 때 보다 더 길게 나타났다. 2회전이나 3회전을 비교해 보면 비숙련자 2회전 성공과 실패시기에서만 제외하고 숙련자 그룹, 비숙련자 그룹은 공통적으로 5국면인 두번째 회전에서 착지까지의 수행시간이 가장 길었던 것으로 나타났다.

숙련자 그룹, 비숙련자 그룹 모두 2국면에서 수행시간이 짧은 것은 쁠리에(plie)를 길게 하면서 시계방향으로 이미 몸 방향이 돌아간 상태인 것으로 보이며 상대적으로 점프(jump) 후 하프 턴 까지의 구간소요시간이 짧은 것으로 생각되어지며 2회전 착지 시보다 3회전 시도에서 착지구간이 더 길게 나타난것은 숙련자 그룹이나 비 숙련자 그룹 모두 3회전을 시도하였으나 3회전은 이루어지지 않고 2½ 회전 후 착지가 이루어지기 때문에 시간이 더 길어진 것으로 사료된다.

종합적으로 P2,P3,P4의 체공시간을 보면 숙련자 그룹 2회전 시 성공 시나 실패시에 0.49로 길게 나왔으며 3회전 에서는 결과적으로 5국면인 착지구간에서 시간이 길어짐으로써 결코 좋은 동작이라 볼 수 없으며 숙련자 그룹 2회전 시가 이상적인 뚜르 앙 레르 동작을 수행한 것으로 보인다.



(그림 9).국면별 소요시간 2회전

뚜르 앙 레르 동작 시 숙련자와 비숙련자를 비교해 보면 시간적인 큰 차이는 나타나지 않으나 숙련자는 점프를 시작해서 하프 턴 까지의 2국면이 짧고 체공시간이 길게 나타났으나 비숙련자는 2국면은 숙련자보다 짧고 전체적인 체공시간이 짧은 것으로 나타났다. 그러므로 뚜르 앙 레르 동작의 올바른 수행을 위해서는 최대한 체공시간을 길게 유지함으로써 완전한 회전이 이루어지도록 해야 할 것으로 사료된다.

2. 각도

뚜르 앙 레르 동작시 무릎각도를 알아보기 위해 공중에서 회전 중일때를 제외한 뻘리에, 점프, 착지시의 무릎각도와 동작 수행중의 상체의 기울기를 알아보기 위해 전체 이벤트를 분석하였다.

a . 무릎각도

무릎각도에 대한 분석결과는 <표5><표6>과 (그림10)과 같다.

<표 5>. 2회전시 무릎각도 unit:degree

2회전								
event	숙련자				비숙련자			
	성공		실패		성공		실패	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
E1	103.3	2.48	111.54	12.57	98.83	9.13	96.8	9.49
E2	162.34	3.79	149.82	9.57	162.9	7.36	161.31	8.47
E6	119.11	23.92	122.8	9.27	126.34	15.08	125.44	7.55

<표 6>. 3회전시 무릎각도 unit:degree

3회전								
event	숙련자				비숙련자			
	성공		실패		성공		실패	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
E1	87.9	6.30	101.24	0.62	101.13	12.96	196	10.47
E2	150.43	12.20	143.62	7.39	145.34	23.26	160.91	5.09
E6	105.6	6.66	116.2	27.53	109.9	13.56	120.52	11.17

<표 5>에서 보는바와 같이 2회전 시 숙련자 그룹은 성공시기의 뿔리에 동작에서 103.3˚ 비 숙련자 그룹은 98.83˚의 무릎굴곡을 보였다. 이는 도약 시 관절각이 작을 수록 점프에 유리하지만 너무 깊은 뿔리에는 도약에 장애가 될 수도 있다

(Laws, 2002)는 이론을 비추어 볼 때 비숙련자들의 뻘리에가 너무 깊게 나타난 것으로 보인다. 점프를 시작하기 위한 발끝이 지면을 미는 순간은 숙련자 그룹 162.34˚ 비숙련자 그룹 성공 시 162.9˚로 비슷한 각도를 보였다. 그러나 실패 시기에서는 비숙련자 그룹은 성공 시와 비교해 볼 때 차이가 없으나 숙련자 그룹은 149.82˚로 다소 성공시와 차이를 보인 것으로 보아 뻘리에 후 빨리 차오르지 못한 것으로 보인다.

이러한 현상은 무릎의 신전 능력이 다소 떨어지는 것으로 볼 수 있으며, 무릎의 신전 능력을 향상시키기 위해서 대퇴사두근의 근력과 햄스트링의 신전능력 향상이 요구된다(Fitt, 1996).

E1인 뻘리에 동작에서 숙련자 그룹이 비숙련자 그룹보다 무릎각도가 크게 나타난것은 E2인 점프를 빨리해서 체공시간을 확보하기 위함일 것으로 사료된다. 서수민(2003)도 그랑 아쌈블레 동작 시 뻘리에에서 중급자 보다 상급자의 무릎각이 큰것은 다음 동작을 하기 위해 수행하는 시간이 짧았기 때문이라고 한 것처럼 같은 예로 보인다.

착지 시점인 E6에서는 숙련자 그룹의 성공은 119.11˚ 비숙련자 그룹의 성공은 126.34˚를 보였다. E6에서 숙련자 그룹의 무릎각도가 더 작게 나타난 점으로 보아 착지시 뻘리에 동작을 좀 더 깊게 함으로써 안정적인 자세로 착지를 유도했다고 볼 수 있다. 송인아(1998)도 우아하고 아름다운 발레 점프는 도약시 고관절, 무릎관절, 발목관절, 중족골관절과 발앞꿈치가 순차적으로 움직여지는 것이 바람직하며, 착지시에도 순차적으로 충격력을 최소화하면서 균형 있게 착지하여야 한다고 하였다.

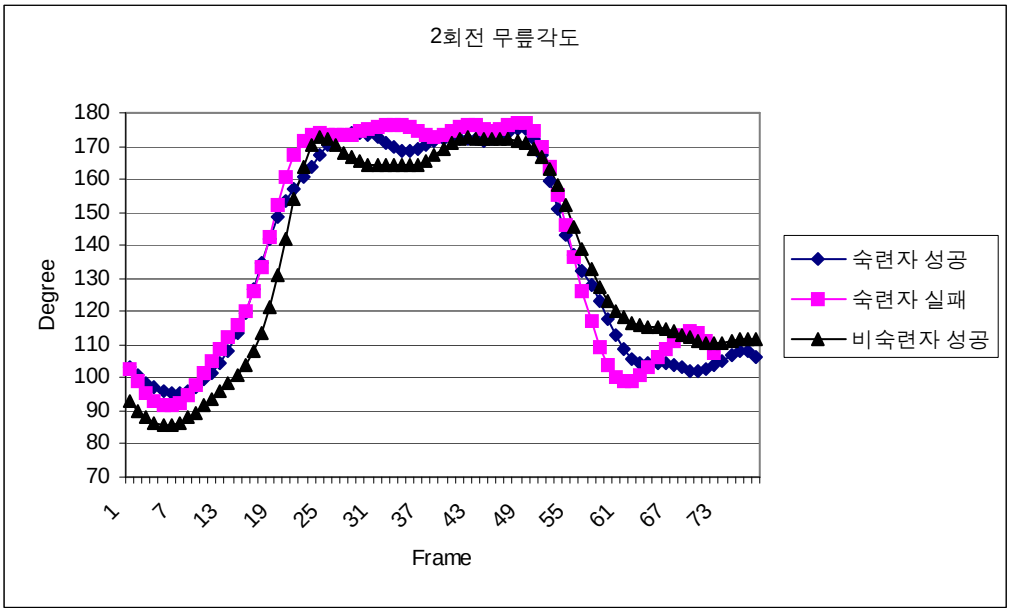
3회전 시도에서는 <표 6>에서 보는바와 같이 숙련자 그룹의 성공시 E1에서 87.9˚ 비 숙련자 그룹의 성공시 101.13˚를 보였는데 송인아(1998)의 턴-아웃 수직점프의 미적 특성에 대한 연구에서 2번 포지션에서 도약시 무릎관절의 최소각이 98.13˚를 보인점과 비교하면 5번 포지션에서의 무릎 굴곡이 더 많이 이루어 졌음을 알 수 있다. E1에서 숙련자 그룹의 실패 시기의 각도가 101.24˚ 비숙련자 그룹의 성공시 101. 12˚의 비슷한 각도를 보이는 것은 숙련자와 비숙련자와의 동작 수행시 수행능력의 차이가 남을 알 수 있다.

3회전 시도에서는 점프를 높게 하기 위해서 뻘리에시 두 그룹 모두 2회전과 비

교해보면 최대의 굴곡을 한 것으로 보이며 이와 연결되어 E2인 점프시 숙련자 그룹이 150.43° 비숙련자 그룹이 145.34°를 나타냈고 2회전시에는 숙련자 그룹이 162.34° 비숙련자 그룹이 162.9°와 비교해서 볼 때 쁠리에를 2회전 수행할 때 보다 더 깊게 앉은 만큼 점프 시작시 무릎이 더디게 신전됨을 알 수 있다.

E6인 착지시에도 3회전을 시도했을 때 숙련자 그룹 성공에서는 105.6° 비 숙련자 성공시 109.9°였으며 2회전시 숙련자 성공 119.11°와 비숙련자 그룹 성공시 126.34°보다 더 큰 굴곡을 보임으로써 3회전시 깊은 쁠리에와 더불어 높이 뛰어오른 만큼 착지시에도 중심을 잡기 위함과 안정성을 기하기 위해 착지시 무릎의 굴신을 크게 한 것으로 사료된다.

결과적으로 점프를 하기 위한 쁠리에 동작에서는 너무 깊은 굴신은 피해야 하고 E2시점인 점프시에는 무릎각이 빠르게 신전되어져야 하며 착지시기의 쁠리에 동작에서도 굴신을 크게 해야 하는 것으로 나타났다. 이러한 것을 종합해 볼 때 숙련자 그룹은 E1 쁠리에 동작에서 비숙련자 그룹보다 굴신이 작은 상태를 보였다. 점프 동작 시기에서 숙련자그룹은 162.34° 비숙련자그룹은 162.9°로 비슷한 수치로써 숙련자그룹이 더 높이 점프가 이루어 졌을것이라 사료되면 착지 시기인 쁠리에 동작에서도 숙련자그룹의 무릎각이 더 작게 나타난 것은 충격력 완화를 위해 무릎의 굴신을 비숙련자보다 더 크게 한 것으로 사료된다.



(그림 10). 2회전 무릎각도

(그림10)은 숙련자 성공시기와 숙련자의 실패시기, 그리고 비숙련자의 성공시기를 나타낸 그림이다.

(그림10)의 그림을 살펴보면 뻘리에 동작시 비숙련자의 무릎각의 굴곡각도가 가장 크게 나타났으며 신전각도가 가장 큰 지점은 숙련자 실패시와 같은 시점에서 가장 큰 신전각도를 나타냈다.

숙련자 성공은 뻘리에 동작시 비숙련자 성공시보다는 깊은 뻘리에가 이루어 지지 않았으나 비숙련자 보다 무릎각의 신전속도가 빠르게 나타났고 가장 큰 신전각도를 이루는 시점은 비숙련자 보다 늦게 이루어진 것으로 나타났다.

공중회전기 동안 비숙련자 성공시는 숙련자 성공, 실패시보다 무릎각의 변화가 크게 나타났다. 숙련자 실패시 공중회전기 동안 무릎각의 변화가 성공 시보다 작았지만 착지가 빨리 이루어진 것으로 나타났다.

숙련자 성공시와 비숙련자 성공시 착지는 비슷한 시점에서 이루어졌으나 비숙련자 성공시는 착지시 무릎각이 더 크게 나타나 안전하지 못한 착지가 이루어진 것으로 보이며 숙련자 성공시는 무릎각도가 큰 굴곡각을 보임으로써 충격력 완화를 위해 착지시 뻘리에를 깊게 해준 것으로 나타났다.

결과적으로 뻘리에 후 무릎각도는 빠른 신전을 하여야 하고 공중회전기 동안은 무릎각의 변화가 없어야 하며 착지시에는 충격력 감소를 위해 무릎굴곡각도를 크게 해주어야 좋은 동작이라 할 수 있겠다.

b . 상체전경각도

뚜르 앙 레르 동작시 상체 전경각도에 대한 분석은 대퇴와 상체사이의 각도로 분석하였으며 분석결과는 <표7>, <표8>과 (그림11)과 같다.

<표 7>. 2회전시 상체전경각도 unit:degree

2회전								
event	숙련자				비숙련자			
	성공		실패		성공		실패	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
E1	109.4	6..41	109.9	9.34	109.1	8.86	110.7	13.08
E2	146.6	6.78	147.9	6.32	142.9	5.29	142.5	9.18
E3	148.6	1.86	149.1	2.75	149	2.33	149.2	2.17
E4	155	6.75	153.1	4.26	150.1	4.19	149.4	4.71
E5	149.1	3.70	148.3	5.01	155	4.44	152.4	6.80
E6	147.	16.69	150.7	9.10	151	4.92	143.4	6.31

<표 8>. 3회전시 상체전경각도 unit:degree

3회전								
event	숙련자				비숙련자			
	성공		실패		성공		실패	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
E1	101.7	2.82	95.9	4.99	99.5	12.34	95.6	21.25
E2	145.6	3.48	142.7	13.41	128.7	22.39	139.1	13.84
E3	153.4	2.71	151.1	5.59	131.5	20.41	143.8	1.11
E4	148.9	0.93	455.4	5.26	144.4	5.99	148.3	3.74
E5	153.2	4.44	148.8	2.65	149.2	3.25	147.2	2.21
E6	136.5	4.59	134.9	22.23	153.8	10.80	120.6	4.73

숙련자 그룹의 2회전 성공 시를 보면 <표 7>에서 보는바와 같이 E1인 뻘리에 동작에서 109.4˚로 가장 작은 각도를 나타냈으며, E2부터는 점프가 이루어지는 시점으로 상체가 수직으로 펴지는 현상을 보이다가 1회전이 이루어지는 E4에서 가장 큰 155˚의 수치를 나타냈다. 다시 2회전이 시작되면서 상체가 앞으로 숙여지는 현상을 보이며 E5인 두 번째 하프 턴 시점에서 149.1˚를 나타내고 착지시에는 147˚로 나타났다.

숙련자 그룹의 실패시 가장 큰 각도는 1회전이 이루어지는 E4시점에서는 153.1˚로 성공시와 약 1˚의 차이밖에 보이지 않으며 착지시에는 실패시에 비해 상체가 세워진 상태에서 착지가 이루어졌다.

비숙련자 그룹의 성공시를 보면 가장 작은 각도는 E1에서 109.1˚로 숙련자 그룹과 비슷하게 나타났고, 점프부터 상체가 펴지다가 E5인 두 번째 하프 턴에서는 숙련자 그룹의 실패시와 유의한 차이를 보였다.

E5에서는 155˚로 가장 큰 각도를 나타냈으며 E6에서는 숙련자 그룹의 성공 시보다 더 큰 각도인 151˚로 나타났다. 실패시에는 뻘리에 동작에서 110.8˚로 성공시와 1˚정도 차이를 보이며 E5시점에서는 152.4˚로 약 성공시와 2˚차이를 보인다. E6시점인 착지시에도 143.4˚로 성공시보다 상체가 앞으로 많이 기울어져 있음을 알 수 있다. 숙련자 그룹과 비숙련자 그룹의 성공시를 비교해 보면 1회전이 이루어진 순간인 E4에서는 숙련자 그룹이 155˚로 상체가 가장 많이 신전된 상태를 보이나 비숙련자 그룹 성공시에는 두 번째 하프 턴 순간인 E5에서 155˚로 크게 신전된 상태를 보이며, 착지시는 151˚로 숙련자 그룹보다 더 바른 자세를 유지하며 착지했다고 볼 수 있다.

<표8>에서 3회 숙련자 그룹의 성공을 보면 E1에서는 가장 작은 각도인 101.7˚를 보여서 2회전 보다는 상체가 앞으로 기울어져 뻘리에를 수행하고 있음을 알 수 있다. E2에서 145.6˚로 약간 신전되고 2회전시와는 달리 E3 순간인 하프 턴에서 153.4˚로 큰 신전상태를 보이다가 E4에서 148.9˚로 다시 굴곡되고 두 번째 하프 턴에서 153.2˚로 신전된 것은 회전력이나 체공시간을 늘리기 위해 몸을 위로 더 끌어올려준 결과라고 생각되어지며 착지시기인 E6에서는 136.5˚로 2회전시보다 상체가 앞으로 더 기울어져 착지가 이루어졌다.

비숙련자 그룹의 성공을 보면 E1인 쁠리에 시 99.5˚로 나타났으며 서서히 신전되면서 동작이 수행되어 E6에서 153.8˚로 큰 신전각도를 보였다.

3회전 실패시에는 숙련자 그룹, 비숙련자 그룹 모두 E1에서 95.9˚와 95.6˚의 비슷한 기울기를 보였고 숙련자 그룹은 151.1˚로 E3인 하프 턴에서 큰 신전각도를 보였으나 비숙련자 그룹에서는 1회전 순간 E4에서 148.3˚로 큰 신전각도를 나타내고 착지시기인 E6에서는 숙련자 그룹이 134.9˚로 비숙련자 그룹이 120.6˚를 보임으로써 3회전 착지시 가장 상체가 많이 앞으로 기울어져 있는 좋지 않은 자세임을 알 수 있다.

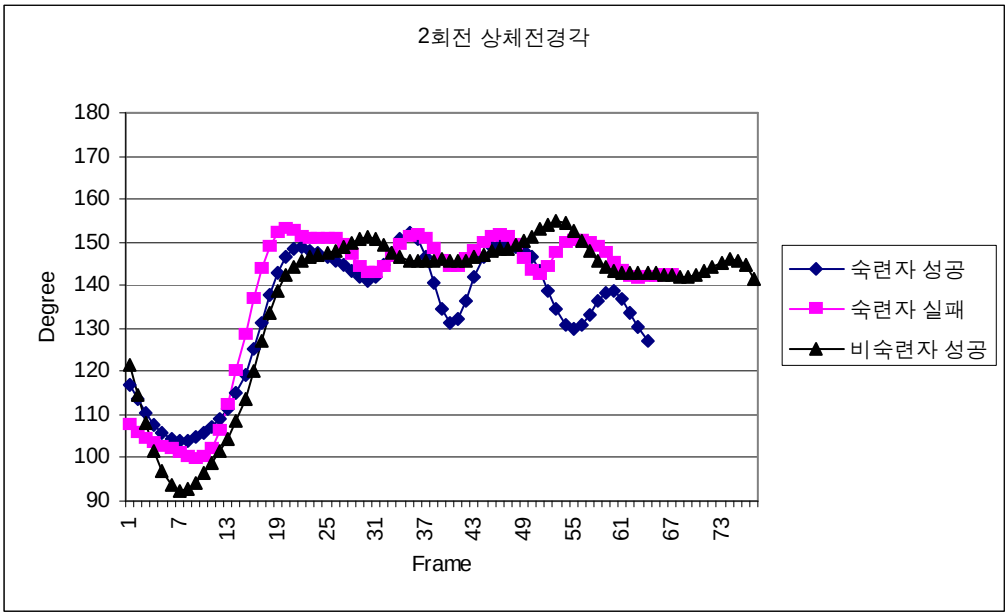
상체 전경각도를 분석한 결과 발레에서는 쁠리에를 할 때나 착지를 할 때에는 머리나 가슴이 앞으로 숙여지지 않고 엉덩이가 뒤로 빠지지 않는 옆에서 보았을 때 일자로 반듯하게 내려가는 것을 완벽한 동작이라 정의 하는데 본 연구의 분석을 보면 쁠리에시 상체가 모두 많이 기울어져 올바른 동작수행이 이루어지지 않았음을 알 수 있었다.

염창홍(2003)도 발레의 1st Position 점프 동작 시 신발 유형에 따른 하지의 운동학적 분석에서 발레 점프의 경우에 상체를 수직으로 들어 올린 상태에서 하지를 많이 굴곡하기란 쉽지 않다고 하였다. 특히 뚜르 앙 레르 동작 시나 회전시에는 머리끝을 위쪽방향으로 끌어올리듯이 몸을 쭉 펴고 해야 조금이라도 높이 뛸 수 있고 회전력을 높이며 동작을 수행할 수 있는데 분석결과 꼿꼿이 서있는 180˚ 신전상태와 비교하면 상체각도가 회전시 앞으로 많이 기울어져 있는 좋지 않은 동작임을 알 수 있다.

유봉준(1999)은 푸에떼 앙뚜르낭 앙드오르 회전시 일반적으로 쁠리에는 상체의 기울기가 없이 동작을 수행해야 하며 연속동작으로 회전시 쁠리에 동작의 상체 기울기가 큰 것은 고관절의 턴 아웃이 완벽하지 않거나 대퇴와 힙 근육의 사용이 완벽하지 않았음을 유추한다고 하였듯이 본 연구자는 숙련자나 비숙련자들의 턴 아웃의 문제이거나 공중에서의 회전동작을 생각해서 과도하게 상체를 기울여 그 추진력으로 회전수를 증가시키기 위해 위와 같은 결과가 나온 것이라고 생각되어지며 완전한 턴 아웃의 훈련과 점프에 필요한 근육의 훈련이 더 필요하다고 사료되어진다.

숙련자와 비숙련자의 상체전경각도를 비교해보면 숙련자들은 E1에서부터 E2인

점프시기를 기준으로 상체의 각도가 빠르게 펴지고 있음을 알 수 있다.
특히 체공기의 정점이라 할 수 있는 E4시점인 첫 번째 회전이 이루어지는 시점에서 가장 큰 각도를 보인 반면 착지 시로 가면서 각도가 급격히 작아짐을 나타내고 비숙련자들은 상체전경각도가 서서히 커지며 두 번째 하프 턴인 E5에서 가장 큰 각도를 보였다. 그 결과로 착지시 숙련자 그룹보다 더 큰 전경각도를 나타냈다. 그렇기 때문에 무릎각도 또한 숙련자 그룹보다 더 크게 나타났고 숙련자 그룹도 상체전경각이 작게 나온 만큼 무릎각도도 작게 나타났다. 이러한 것은 착지시 충격력을 줄이기 위해 무릎각도를 작게 함으로써 상체도 앞으로 많이 기울어지는 현상을 보인것이라 사료되며 2회전시에는 원회전이 이루어지는 시점에서 상체전경각이 최대로 커야 공중에서의 체공시간을 확보 할 수 있을 것으로 사료된다.



(그림 11). 2회전 상체전경각도

(그림 11)은 숙련자 성공시기와 숙련자의 실패시기, 그리고 비숙련자의 성공시기를 나타낸 그림이다.
(그림 11)의 상체전경각도를 보면 숙련자의 성공시 상체가 가장 펴져있는 것으로 나타났지만 이는 회전 중 상체전경각의 변화가 심하게 나타나는 바람직하지 못

한 현상인 것으로 나타났다.

숙련자 실패시에도 뿔리에 동작시 비숙련자 성공시보다는 상체가 펴져 있는 듯 보이나 회전 중 성공시보다는 심한 변화는 나타나지 않으나 굴곡과 신전이 반복적으로 나타났다.

비숙련자 성공시는 뿔리에 동작시 가장 깊게 상체를 숙이는 현상을 보였으나 회전 중 가장 변화가 없는 것으로 나타나났다. 착지시에도 숙련자 실패 시와 비슷한 각도를 나타내며 숙련자 성공시보다 상체가 세워진 상태에서 착지가 이루어진 것으로 나타났다. 그래프를 보면 모두 공중회전시 상체가 160˚도 유지하지 못한 것으로 나타났다. 이는 수직으로 상체가 펴져서 동작이 수행되어져야 함에도 불구하고 숙련자, 비숙련자 모두 이러한 현상을 보이는 것은 훈련을 통하여 교정해야 할 것으로 사료된다.

3. 각속도

뚜르 앙 레르 동작 시 각속도를 분석하기 위해 동작 수행 중 가장 크게 움직이는 우측 전완을 중심으로 x-y면상에서 전체 이벤트로 분석하였다.

(1) 우측 전완 각속도

x-y면에 투사하여 분석한 이벤트 별 우측 전완의 각속도에 대한 결과는 <표9>, <표10>과 (그림12)와 같다.

<표 9>. 2회전시 우측 전완 각속도 unit: deg/sec

2회전								
event	숙련자				비숙련자			
	성공		실패		성공		실패	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
E1	530.89	217.66	463.73	283.85	329.02	208.26	298.91	222.89
E2	83.13	72.72	42.56	127.85	75.93	99.33	52.05	63.16
E3	83.80	101.35	119.64	139.57	53.85	107.13	2.16	123.82
E4	72.31	83.90	40.06	62.72	155.86	166.64	120.32	87.15
E5	101.59	190.51	76.06	227.17	195.60	97.54	148.34	114.74
E6	2.26	190.87	18.60	207.68	142.56	185.81	237.07	274.10

<표 10>. 3회전시 우측 전완 각속도 unit: deg/sec

3회전								
event	숙련자				비숙련자			
	성공		실패		성공		실패	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
E1	392.91	120.00	773.52	206.32	635.72	208.26	224.14	222.89
E2	205.27	94.63	32.00	123.92	48.26	99.33	17.66	63.16
E3	205.27	165.70	16.28	163.10	17.83	107.13	114.55	123.82
E4	263.01	84.14	53.33	128.49	52.24	166.64	155.92	87.15
E5	332.93	97.96	123.47	51.15	18.83	97.54	193.24	114.74
E6	9.42	245.33	170.51	49.97	22.71	185.81	100.63	274.10

회전을 할 때는 스파팅도 중요하지만 회전력을 더해주기 위해 팔의 움직임도 중요하다. 팔을 뿌려주고 신체중심 가까이 얼마만큼 빨리 끌어오느냐에 따라 회전

력에 영향을 끼치기 때문이다.°°°

2회전시 숙련자 성공을 보면 <표 9>에서와 같이 E1에서 -530.89°/sec로 가장 빠르게 나타났고 두번째는 E5에서 101.59°/sec로 나타났으며 가장 속도가 작게 나타난곳은 E6으로 2.26°/sec로 나타났다. 이는 뿔리에에서 우측 전완이 재빠르게 뿌려주기 위해 -방향으로 짧은 시간동안 많이 감아주었다가 E2에서 83.13°/sec 속도로 뿌려 주었고 E3 하프 턴 시점과 E4 원 회전이 이루어질 때 까지는 양팔이 몸 가까이 모아져 있는 상태이므로 큰 변화를 보이지 않았다가 E5인 두 번째 하프 턴에서 부터는 착지 시점으로 들어가므로 다시 오른쪽 팔이 펴지는 시점으로 101.59°/sec 로 가속되어지다가 E6에서는 2.26°/sec 으로 감속되는 것으로 보아 착지를 위해 더 이상의 움직임을 보이지 않은 것을 알 수 있다.

유봉준(1999)이 연구한 푸에떼 앙 뚜르낭 앙드오르 분석에 의하면(푸에떼의 경우는 1회전씩 한쪽 팔과 한쪽 다리를 채찍질하듯 쳐주면서 하는 회전동작이다) 회전력이 붙는 2차 뻗기시에 -809±3.35deg/sec로 나타났는데 본 연구 E1에서 보인 -530.89°/sec로써 유봉준의 연구 결과와 비슷한 수치를 보였다고 할 수 있다.

숙련자 실패시를 보면 E1에서 463.73°/sec로 성공 시보다는 많은 차이를 보이며 E2에서도 팔을 뿌려 줄 때 약 40.57°/sec 정도 각속도가 느리게 나타났다. E3에서는 신체중심에 가깝게 양팔이 모아져야 하는데 119.64°/sec로 각속도의 증가를 보임으로써 이는 몸에서 떨어져 움직는 것으로 나타났다. E5,E6을 보면 두 번째 하프 턴에서 76.06°/sec로 감속을 보이다가 착지 시 18.60°/sec 각속도로 성공시보다 빠른 각속도를 보이며 착지를 수행하였다.

비숙련자 성공시를 보면 E1에서 329.02°/sec를 보였고 E2에서는 숙련자 그룹 비숙련자 그룹 성공 시나 실패 시 모두 유의한 차이가 있음을 보였다. 이 시점에서 75.93°/sec를 보인 것으로 미루어 볼 때 팔을 회전하는 반대방향인 -방향으로 감았다가 풀어주는 것이 늦음을 알 수 있고 E3인 하프 턴에서 몸보다 팔이 먼저 돌아가고 다시 원 회전이 이루어지는 E4에서 155.86°/sec의 각속도를 보이고 있다. E5인 두 번째 하프 턴시점에서 지면으로 떨어지면서 팔이 풀리는 속도도 빨라져 195.60°/sec로 가속을 보이다가 E6 착지시에서도 142.56°/sec로 감속되었지만 빠른 각속도가 유지되면서 회전력을 감소시키지 못하고 착지를 수행하고 있음을 알 수 있다.

비숙련자 실패시를 보면 비숙련자 성공시와 같이 E2에서 팔을 뿌려주는 속도가 늦음을 알 수 있고 E5에서 148.34°/sec, E6에서 237.07°/sec의 각속도를 보인 것으로 보아 비숙련자 성공시보다 체공시간이 짧게 되어 팔도 빨리 풀어지게 됨으로써 충분한 회전이 이루어지는데 방해요인으로 작용됨을 알 수 있다.

3회전 숙련자 그룹 성공시 E1에서 -392.91°/sec로 감아주었다가 E2에서 205.27°/sec, E3에서 205.27°/sec로 유지되고 E4인 원 회전 시 263.01°/sec로 가속되는 현상을 보이다가 E5에서 332.93°/sec로 팔이 풀어지면서 신전되는 현상을 보인다. 이는 앞서도 언급했듯이 3회전을 시도 하였지만 3회전이 이루어지지 않았고 회전을 하려는 만큼 E6인 착지시점에서 9.42°/sec로 2회전시 보다 감속 속도가 크게 나타났다.

숙련자 그룹 실패시를 보면 E1에서 773.52°/sec로 가속도의 증가를 보이나 E2에서 2회전과 비교해 볼 때 32°/sec로 각속도를 보였기에 회전력이 감소하여 좋은 동작이 이루어지지 않은 것으로 보인다.

비숙련자 그룹 성공시를 보면 E1에서 635.72°/sec로써 각속도의 증가를 보이다가 E2에서 48.26°/sec로 팔을 충분히 뿌려주지 못했기 때문에 숙련자와 비교해서 회전력이 떨어졌을 것으로 판단되며 각 시점들을 보더라도 숙련자와 많은 차이를 보이는 것으로 나타났다. 그러나 E6인 착지시에 숙련자들 보다 더 회전이 된 상태에서 착지를 하였기 때문에 22.71°/sec로 착지시 우측 전완의 회전력을 감소시키지 못한 것으로 나타났다.

비숙련자 실패시를 보면 E1에서 224.14°/sec의 각속도를 나타냈으며 E2에서 17.66°/sec로 성공시보다 더 매우 낮은 각속도를 보이다가 E3에서는 114.55°/sec로 가속은 되었지만 회전 방향으로 전완이 따라가지 못하고 있음을 알 수 있고 E4인 1회전에서 약간 가속된 155.925°/sec를 보이나 두번째 하프 턴인 E5에서 역시 팔이 빨리 풀어짐으로써 193.44°/sec의 각속도를 보이며 E6인 착지시 몸이 완전히 돌아가지 못한 상태에서 착지가 이루어지므로 인해 100.63°/sec로 나타났다.

종합적으로 볼 때 E2 점프 시점에서 우측 전완의 움직임(port de bras)이 +방향으로 빠르게 움직여 줘야 회전력이 상승함을 알 수 있듯이 유봉준(1999)도 푸에떼 앙뚜르낭 앙드오르 분석에서 우 전완 각속도가 좌 전완 각속도 보다 크므로 오른팔이 회전 각속도를 주도하는 것으로 판단된다는 내용이 본 연구와 일치하

고 있으며, E3, E4에서는 신체 중심 가까이 양팔을 모아주고 E5에서는 회전을 멈추기 위해 오른팔을 펴서 회전력을 감소시켜 E6에서 속도의 변화가 없어야 좋은 회전이 수행된다고 볼 수 있다.

결과적으로 숙련자와 비숙련자를 비교해 보면 숙련자들은 E1인 뽈리에 동작에서 작용, 반작용(reaction torque)에의 한 우측 전완이 시계반대방향으로 빠른 속도로 움직임이 나타났고 E2인 점프시점에서도 점프와 함께 회전하는 방향으로 전완의 움직임이 빠르게 나타났다. 하프 턴에서 1회전이 이루어질 때까지는 전완을 신체중심 가까이 끌어들여 속도의 변화가 없어야 한다. E5인 투 하프 턴부터는 착지를 해야 하므로 회전력을 감소시키기 위해서는 전완을 신전시켜 중심을 잡아주어야 하며 E6인 착지 시에는 속도의 변화가 없어야 한다. 회전을 할 때는 전완의 움직임이 회전력에 영향을 준다고 사료된다.

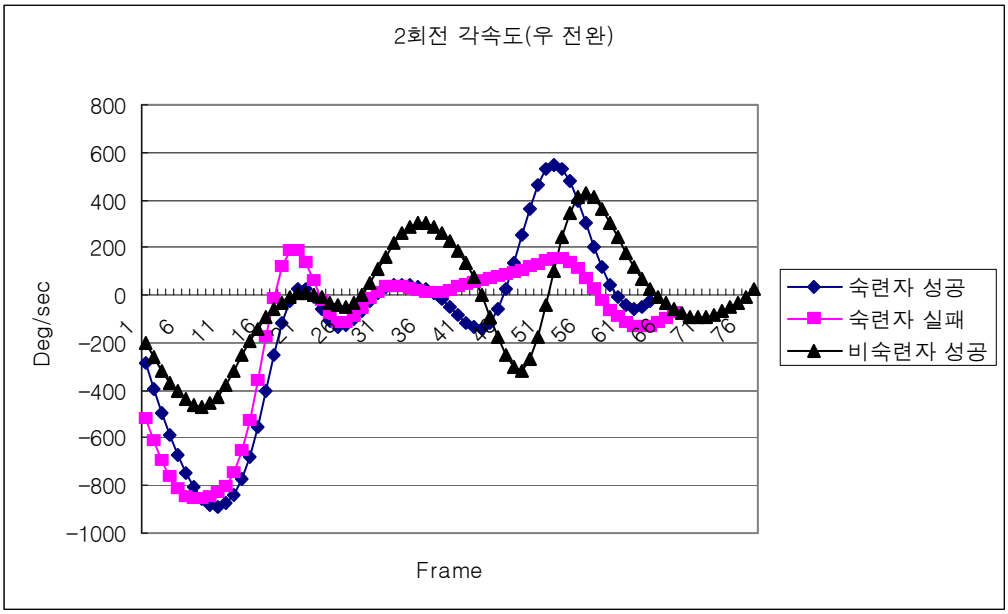


그림12. 2회전 각속도

(그림12)는 숙련자 성공시기와 숙련자의 실패시기, 그리고 비숙련자의 성공시기를 나타낸 그림이다.

(그림12)를 살펴보면 숙련자 성공시 회전력 증가를 위해 오른손을 왼쪽으로 빠

르게 감아주었다가 펴주고 있음을 알 수 있다. 회전 중에는 변화를 보이지 않다가 착지 시점이 가까워지면서 빠른 속도로 우측 전완이 펴짐으로써 회전력을 감소시키고 착지시에는 변화가 없는 것으로 나타났다.

숙련자 실패 시는 숙련자 성공시보다 우측 전완의 움직임이 빠르게 나타나고 회전시에는 성공 시와 비슷한 유형을 보였으나 착지시 회전력 감소를 위한 우측 전완의 움직임이 성공시보다 늦음을 알 수 있다.

비숙련자 실패시는 쁠리에 시점에서 우측 전완이 감아주고 풀어주는 속도도 늦을 뿐만 아니라 회전 중 전완의 움직임 변화가 크게 나타났는데 이는 신체중심에서 전완이 멀어지고 있음을 알 수 있고 이는 곧 관성모멘트가 커짐으로써 회전력을 저해하는 요인이 되므로 결코 좋은 동작이라 할 수 없다. 위의 내용을 종합해 해 보면 뚜르 앙 레르 동작 수행시 회전력을 증가 시키기 위한 우측 전완의 비팅(beating) 속도가 빨라야 하고 회전 중에는 축에 가깝게 팔을 끌어 당김으로써 관성모멘트를 작게하여 회전속도를 증가시키고 착지시에는 팔을 빨리 펴주어 회전력을 감소시켜 목표점을 보고 착지가 이루어 질 수 있도록 하는것이 올바른 수행 방법이라 할 수 있겠다.

4. 각운동량

각운동량(angular moment)은 관성모멘트에 각속도를 곱(L=Iω)한 값이다.

본 연구에서는 회전에 도움이 되는 우 전완, 몸통, 머리의 각운동량을 분석하여 뚜르 앙 레르 동작시 상호간의 차이점을 알아보고자 하였다. 뚜르 앙 레르 동작은 신체중심을 지나는 장축을 축으로 각 분절별 각운동량을 이벤트 별로 산출하였다.

각운동량의 분석에 대한 결과는 <표11, 12>과 (그림13 ,14, 15)와 같다.

<표 11>. 2회전시 각운동량 unit:kg㎡/sec

2회전									
분절	Event	숙련자				비숙련자			
		성공		실패		성공		실패	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
몸통 (Trunk)	E1	-0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.01
	E2	0.04	0.07	0.01	0.09	0.07	0.02	0.02	0.02
	E3	0.04	0.05	0.03	0.05	0.03	0.04	0.02	0.08
	E4	0.08	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.06	0.03
	E5	0.04	0.05	0.01	0.06	0.09	0.05	0.06	0.07
	E6	0.05	0.06	0.04	0.06	0.02	0.04	0.00	0.07
머리 (Head)	E1	-0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.01
	E2	0.07	0.02	0.04	0.03	0.01	0.03	0.01	0.02
	E3	0.03	0.02	0.03	0.02	0.05	0.02	0.04	0.02
	E4	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
	E5	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.05	0.02	0.04
	E6	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.05
우전완 (R. Forearm)	E1	-0.07	0.01	-0.06	0.02	-0.06	0.01	-0.06	0.01
	E2	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
	E3	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
	E4	0.05	0.01	0.04	0.03	0.07	0.01	0.06	0.02
	E5	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02
	E6	0.03	0.02	0.04	0.03	0.06	0.02	0.06	0.04

<표 12>. 3회전시 각운동량 unit:kg㎡/sec

3회전									
분절	Event	숙련자				비숙련자			
		성공		실패		성공		실패	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
몸통 (Trunk)	E1	0.00	0.01	-0.04	0.02	-0.07	0.01	-0.04	0.02
	E2	0.05	0.01	0.01	0.08	0.04	0.05	0.04	0.01
	E3	0.02	0.02	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01	0.05
	E4	0.07	0.01	0.01	0.05	0.04	0.08	0.05	0.03
	E5	0.04	0.05	0.07	0.08	0.00	0.05	0.04	0.06
	E6	0.06	0.08	0.09	0.12	0.04	0.26	0.11	0.09
머리 (Head)	E1	-0.02	0.01	-0.04	0.02	-0.04	0.01	-0.05	0.02
	E2	0.08	0.01	0.04	0.05	0.00	0.08	0.03	0.01
	E3	0.01	0.01	0.05	0.03	0.08	0.08	0.04	0.02
	E4	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
	E5	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04
	E6	0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.04	0.00	0.02
우전완 (R. Forearm)	E1	-0.10	0.02	-0.08	0.01	-0.08	0.02	-0.06	0.03
	E2	0.02	0.01	0.02	0.03	0.00	0.02	0.01	0.01
	E3	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01
	E4	0.06	0.01	0.08	0.02	0.05	0.03	0.05	0.03
	E5	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.05	0.00	0.02
	E6	0.05	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01

몸통의 각운동량을 보면 숙련자그룹 성공시 1회전이 이루어지는 E4에서0.08kg㎡/s로 큰 값을 나타냈고, E1인 뻘리에 동작에서 -0.01kg㎡/s로 가장 작은 값을 나타냈다. 뻘리에 동작에서 각운동량이 가장 작은 값을 나타냈는데 이것은 회전이 시작되기 전이기 때문에 각운동량이 보존되어야 하는 당연한 결과이다.

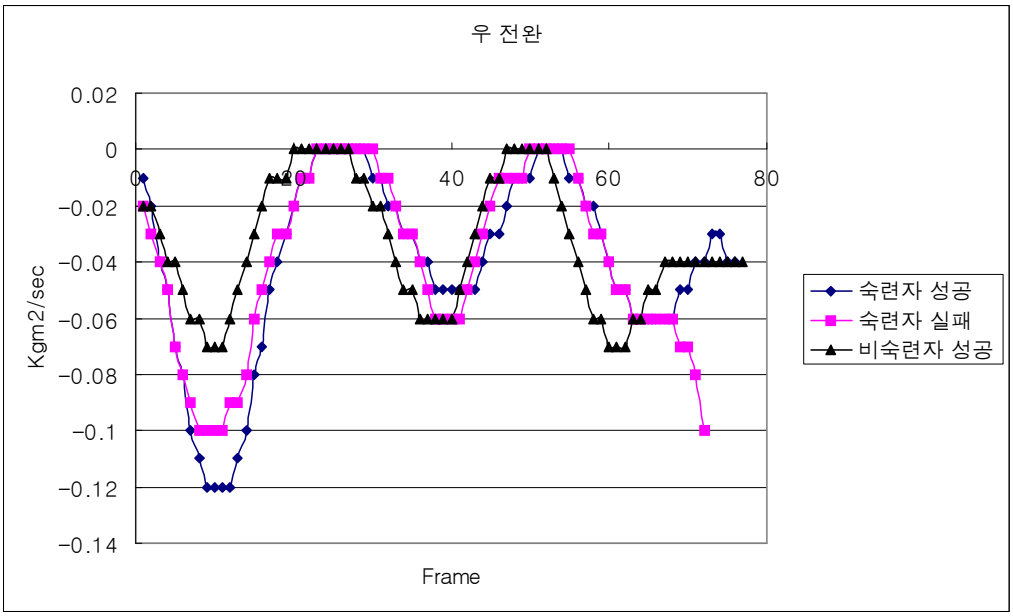
비숙련자그룹 성공시는 두번째 하프 턴이 이루어지는 E4에서 0.09kg㎡/s의 큰 값을 나타냈고 E6인 착지 시점에서 0.02kg㎡/s로 가장 작은 값을 나타냈다. 숙련자의 경우는 공중체공기의 정점인 E4에서 각운동량을 크게 하였고, 비숙련자 그룹은 E5에서 각운동량을 크게 함으로써 숙련자 그룹보다 효율적이지 못한 회전을 수행한 것으로 나타났다.

머리의 각운동량을 보면 숙련자 그룹 성공시에는 점프 시점인 E2에서 0.07kg㎡/s로 큰 값을 나타냈고, 몸통 각운동량 값보다 머리의 각운동량 값이 더 크게 나타난 것으로 보아 머리의 회전이 더 빨리 이루어진 것으로 사료된다. 그렇지만 착지시에는 몸통 각운동량보다 머리 각운동량 값이 작게 나타난 것은 몸통이 착지시까지 돌아오기 전 스파팅에 의한 머리의 회전이 더 빨리 이루어져 목표점을 바라보고 정지 상태로 있기 때문이다.

우 전완의 각운동량을 보면 숙련자 그룹 성공 시에는 뻘리에 시점인 E1에서 -0.07kg㎡/s로 가장 큰 값을 나타냈고, 하프 턴이 이루어지는 E3에서 가장 작은 값을 나타냈다. 비숙련자 그룹은 원회전이 이루어지는 E4에서 0.07kg㎡/s로 가장 큰 값을 나타냈고 E2, E3, E5에서 0의 값이 나타났다. 숙련자 그룹은 E1에서 각운동량을 크게 함으로써 비팅(beating)을 하는데 도움이 되려고 했고 E3에서는 회전 중에 관성모멘트를 줄이기 위해 각운동량 값이 작게 나타난 것으로 보인다. 그러나 E3에서부터 체공 중에 각운동량을 유지 및 크게하기 위해서 관성모멘트의 값을 줄여야 한다. 즉 모멘트 팔을 신체중심 축으로 가까이 끌어 당겨야 관성모멘트의 영향을 받지 않고 회전을 수행 할 수 있는데 그렇지 못한 것으로 나타났다. 그렇지만, 비숙련자 그룹은 점프 시점인 E2에서부터 각운동량이 변화가 없다가 E4에서 숙련자 보다 더 큰 각운동량 값을 나타냈다.

우 전완의 각운동량에서는 E2에서부터 E5인 두 번째 하프 턴 까지는 각운동량의 변화가 적어야 회전하는데 관성모멘트의 영향을 적게 받고 동작 수행이 이루어 질 것이라고 사료된다.

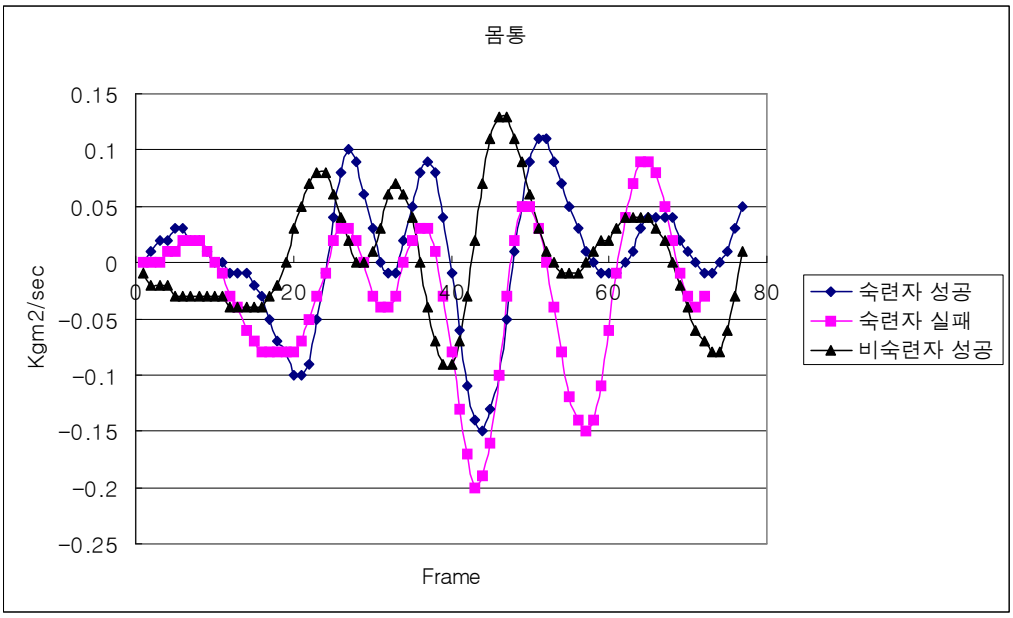
결과적으로 몸통의 각운동량은 E4인 1회전이 이루어지는 시점에서 크게 나타나야 하고 머리의 각운동량은 E3와 E5에서 크게 나타나야 한다. 이것은 몸통의 회전보다 머리의 회전이 빨라야 한다는 의미이다. 우 전완의 경우는 E1에서 크게 나타나야 회전에 도움을 주고 체공기인 E2에서부터 E5까지는 각운동량의 큰 변화가 없어야 정확한 뚜르 앙 레르를 수행 할 수 있다고 사료된다.



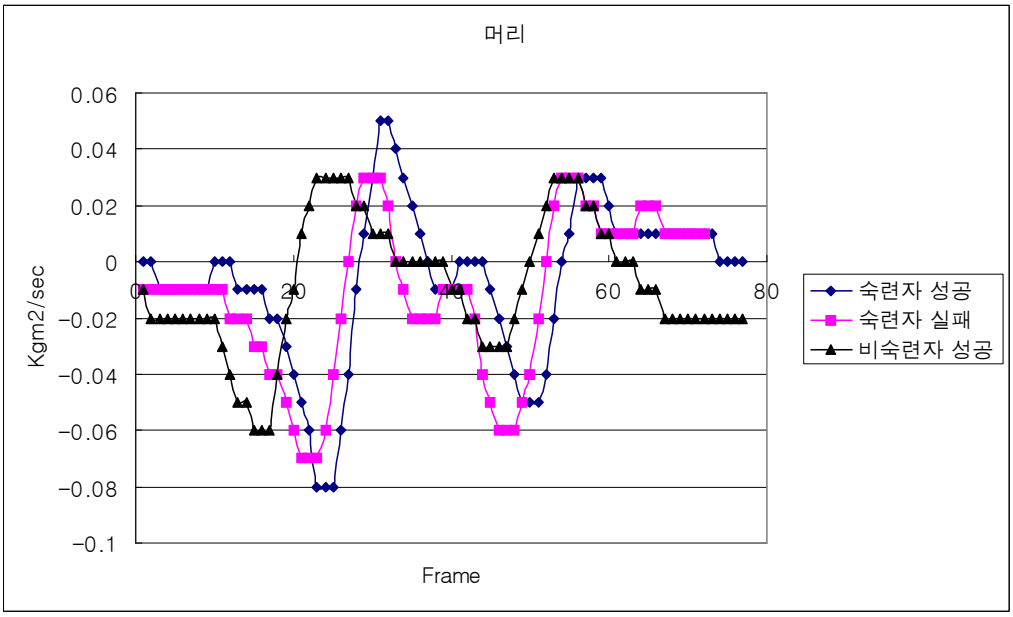
(그림 13). 2회전 우 전완의 각운동량

우 전완의 각운동량을 살펴보면 뿔리에 동작에서는 숙련자가 각운동량이 가장 크게 나타났다. 하프 턴 시점에서는 숙련자 비숙련자 모두 각운동량이 0을 나타냈으나 원회전이 이루어지는 시점에서 숙련자 실패시와 비숙련자 성공시가 비슷한 각운동량 값을 나타내고 숙련자 성공시는 그 보다 작은 각운동량 값을 나타냈다.

뚜르 앙 레르 동작시 시작과 착지를 제외한 공중에서의 회전동안은 회전력이 증가하기 위해서는 관성모멘트의 영향을 적게 받아야 하는데 전완의 각운동량의 변화가 크게 나타남으로써 회전력에 많은 영향을 주었을 것으로 사료된다.



(그림 14). 2회전 몸통의 각운동량



(그림 15). 2회전 머리의 각운동량

머리와 몸통의 각운동량을 함께 살펴보면, 숙련자 성공시 동작을 시작한 시점으로 0.4초 정도에서 몸통의 각운동량 값은 회전방향으로의 값을 나타낸 것과 반대로 머리의 각운동량 값은 반대로 나타났다. 0.64초에서 몸통의 각운동량 값은 계속 나타나지만 머리의 각운동량 값은 회전방향으로 증가를 보이고 어느 시점에서 숙련자 비숙련자 모두 각운동량이 움직이지 않고 정지해 있다가 다시 각운동량이 증가하고 있음을 나타냈다. 0.8초 정도에서는 몸통의 각운동량이 회전방향으로의 각운동량값을 나타내고 머리의 각운동량은 몸통과는 반대의값을 나타내다가 착지 시점에 들면서 각운동량이 0에 가깝게 정지하는 것으로 나타났다. 위의 내용을 정리하면 E1인 뽈리에와 E4인 원회전, E6인 착지 시에는 머리의 각운동량은 나타나지 않는다. 몸통의 각운동량은 머리의 각운동량 보다 E2부터 큰 값으로 나타나지만 결국은 머리의 회전이 몸통 회전을 앞서 나가는 것을 알 수 있다. 그러므로 앞서 언급했듯이 회전 동작에서는 스파팅(spotting)이 중요하듯이 목표점을 바라보고 있다가 몸통이 어느정도 회전 되었을 때 머리를 몸통보다 빠르게 회전 시킴으로써 회전 시 수직적 안정감을 유지할 수 있게 해준다.

각운동량 분석으로 인하여 우 전완의 비팅(beating)이 회전력에 영향을 주고 다음으로는 머리의 스파팅이 이루어짐으로써 안전하고 만족할 수 있는 뚜르 앙 레르 동작을 수행할 수 있다고 사료된다.

5. 속도

뚜르 앙 레르 동작시 속도를 분석하기 위해 동작 수행 중 몸통속도와 머리 속도를 분석하기 위해 좌우(x축), 전후(y축), 수직(z축)에서 전체 이벤트로 분석하였다.

(2) 몸통 속도

몸통분절은 회전이 발생되면서부터 착지시 까지 하나의 연결된 강체로 간주할 수 있으며 이에 따라서 우측 어깨의 중심점을 몸통으로 간주하였다

뚜르 앙 레르 동작 시 몸통의 속도를 분석하기 위한 결과는 <표13, 14>와(그림 16, 17, 18)과 같다.

<표 13>. 2회전시의 몸통속도 unit: cm/sec

2회전									
event				E1	E2	E3	E4	E5	E6
숙련자	x	성공	M	-1.6	7.5	-14.2	39.0	-22.6	6.7
			SD	3.9	15.8	31.5	20.9	22.5	16.0
		실패	M	-1.8	2.8	-6.5	40.4	-16.9	-0.3
			SD	7.3	18.2	24.8	39.8	20.1	20.9
	y	성공	M	-7.5	-27.4	-42.0	-30.3	13.7	-55.1
			SD	23.7	64.7	61.4	31.6	46.2	58.1
		실패	M	-9.5	-7.6	-24.0	-52.1	15.2	-51.1
			SD	19.2	74.2	44.2	64.1	62.2	55.8
	z	성공	M	-23.9	300.1	185.5	-15.3	-204.3	-182.7
			SD	32.2	13.6	41.0	38.0	59.9	78.6
		실패	M	-27.0	294.4	177.6	-32.0	-206.5	-139.2
			SD	31.8	18.8	19.9	16.0	18.6	123.9
비숙련자	x	성공	M	18.4	3.1	-6.1	47.4	-21.7	-2.2
			SD	4.9	24.0	18.1	12.8	16.8	14.6
		실패	M	13.1	1.6	-16.9	44.5	-20.7	-2.3
			SD	4.6	16.6	30.5	15.1	32.8	30.8
	y	성공	M	-4.6	55.1	8.2	18.8	45.7	20.7
			SD	13.7	14.3	45.4	24.8	26.3	41.2
		실패	M	-5.0	12.1	7.0	-8.0	14.1	8.3
			SD	8.6	24.7	29.5	42.0	35.6	76.8
	z	성공	M	-11.4	299.0	199.2	13.4	-190.6	-161.3
			SD	27.2	21.2	25.9	11.7	26.4	111.3
		실패	M	-15.4	283.0	183.7	-20.8	-228.4	-142.5
			SD	38.5	18.7	15.8	27.8	48.8	119.4

<표 14>. 3회전시의 몸통속도 unit: cm/sec

3회전									
event				E1	E2	E3	E4	E5	E6
숙련자	x	성공	M	3.8	3.0	-28.2	47.0	-33.9	13.9
			SD	3.1	12.4	14.4	16.7	21.0	24.3
		실패	M	5.9	-0.0	8.3	13.4	-32.0	-48.3
			SD	4.2	8.8	9.2	12.7	22.8	21.4
	y	성공	M	7.6	-40.7	-14.1	-6.9	31.8	-80.1
			SD	10.3	22.0	14.5	10.7	8.6	51.3
		실패	M	-19.6	51.4	-52.7	-19.4	42.0	114.4
			SD	7.1	42.9	28.5	31.7	52.3	58.8
	z	성공	M	-0.3	306.3	221.5	59.5	-109.6	-91.1
			SD	30.2	5.6	15.3	22.0	45.1	21.9
		실패	M	-17.3	281.0	225.2	59.8	-100.4	-179.1
			SD	21.5	30.5	7.1	31.6	45.5	96.7
비숙련자	x	성공	M	3.1	46.3	13.7	27.4	1.3	50.1
			SD	17.5	31.0	26.0	41.7	39.2	46.8
		실패	M	4.2	38.8	-3.7	42.0	-14.9	-35.5
			SD	12.5	34.1	5.7	26.7	38.4	13.5
	y	성공	M	-43.9	39.5	-23.5	-11.6	-4.8	-68.9
			SD	14.2	53.4	36.2	17.0	11.4	28.3
		실패	M	-21.6	73.4	-27.8	4.5	17.0	75.4
			SD	20.5	23.4	53.3	13.1	30.1	77.7
	z	성공	M	3.7	260.4	194.1	79.9	-104.3	-93.8
			SD	22.3	79.3	70.7	24.3	32.2	93.1
		실패	M	33.4	294.1	222.4	68.8	-93.4	-60.7
			SD	95.4	16.4	6.8	21.0	4.9	24.9

2회전에서 숙련자의 성공시 몸통 속도를 좌우방향(x축)에서 살펴보면 <표 13>에서 가장 속도가 빠른 순간은 1회전이 이루어지는 시기인 E4로서 39.0cm/sec로 나타났고 가장 느린 시점은 E1인 뽈리에에서 1.6cm/sec로 나타났다. E1에서는 숙련자 그룹 비 숙련자 그룹 성공시나 실패시에 모두 유의한 차이를 보였다 좌우방향을 중심으로 보면 E4가 1회전 시점이므로 두 번째 회전을 하기 위해 +방향으로 속도가 빨라짐을 알 수 있다.

전후방향(y축)에서는 첫 번째 하프 턴이 이루어지는 E3에서 -42.0cm/sec로 가장 빠르게 나타났고 역시 E1에서 -7.5cm/sec로 느리게 나타났다. E2와 E6에서는 비숙련자 실패시와 유의한 차이를 보인다.

수직방향(z축)에서는 뽈리에 후 점프시점인 E2에서 300.1cm/sec로 빨랐으며 1회전 시점인 E4에서 -15.3cm/sec로 느리게 나타났다. 수직방향을 중심으로 보면 뽈리에 후 점프하는 속도가 빠름을 알 수 있고 E5인 두 번째 하프 턴에서 착지시까지 속도가 빨라진 것은 회전력의 감소로 보인다. 몸통의 좌우, 전후,수직을 종합적으로 볼 때 착지시 정면이 아닌 오른쪽으로 몸통이 더 틀어지고 중심이 뒤쪽으로 치우쳐 착지가 이루어진 것이라 볼 수 있다.

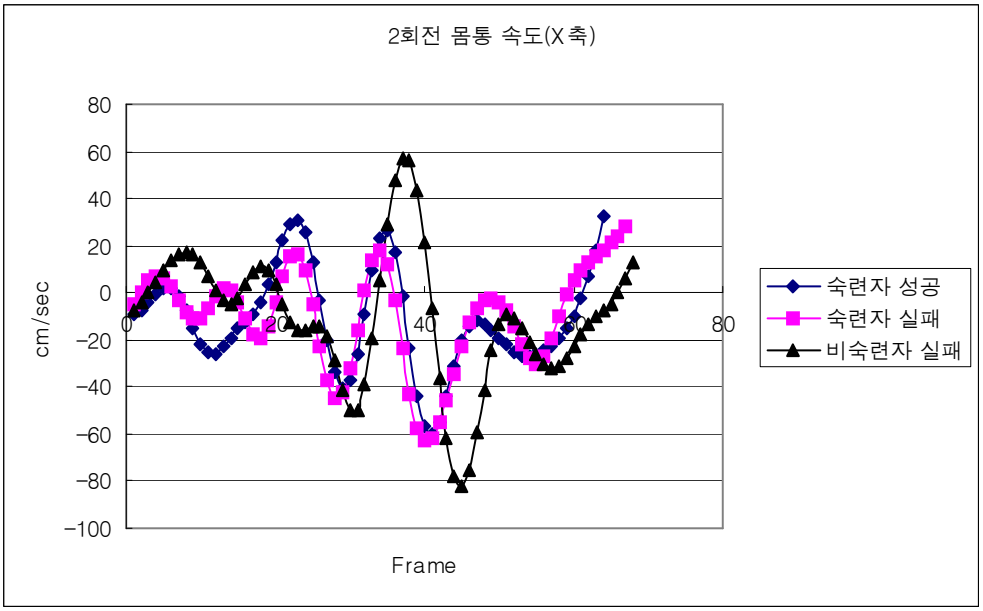
숙련자 그룹의 실패시기를 보면 좌우방향을 중심으로 E4에서 비숙련자 그룹의 성공시와 유의한 차이를 보이며 40.4cm/sec로 빠르게 나타났고 E6에서 -0.3cm/sec로 나타나 착지시점에서 속도의 변화가 나타나지 않았다. 전후방향에서 성공시와 비교해 볼 때 근소한 차이를 보이나 E4에서 -52.1cm/sec로 빠른 속도를 보였고 E2에서 -7.6cm/sec로 느리게 나타났다. z축에서 보면 성공시와 마찬가지로 E2에서 294.4cm/sec의 빠른 속도를 보였고 두 번째 하프 턴인 E5에서 -206.5cm/sec를 보인 것으로 보아 급격히 하강되고 있음을 알 수 있다. 전체적으로 보면 성공 시 보다는 자세가 안정적이지만 공중에서 회전 후 체공시간이 짧음을 알 수 있다. 이 시점에서는 비숙련자 그룹의 성공과 실패 시에서 유의한 차이를 보였고, 비숙련자 성공시와 숙련자 실패시에 유의한 차이가 나고 있음을 보여준다.

비숙련자의 성공 시기를 보면 좌우방향에서는 숙련자 그룹과 같이 E4에서 실패시와 유의한 차이를 보이고, 숙련자 그룹 실패시와 유의한 차이가 있음을 알 수 있듯이 47.4cm/sec로 빠르고 E6에서 -2.2cm/sec로 느리게 나타났

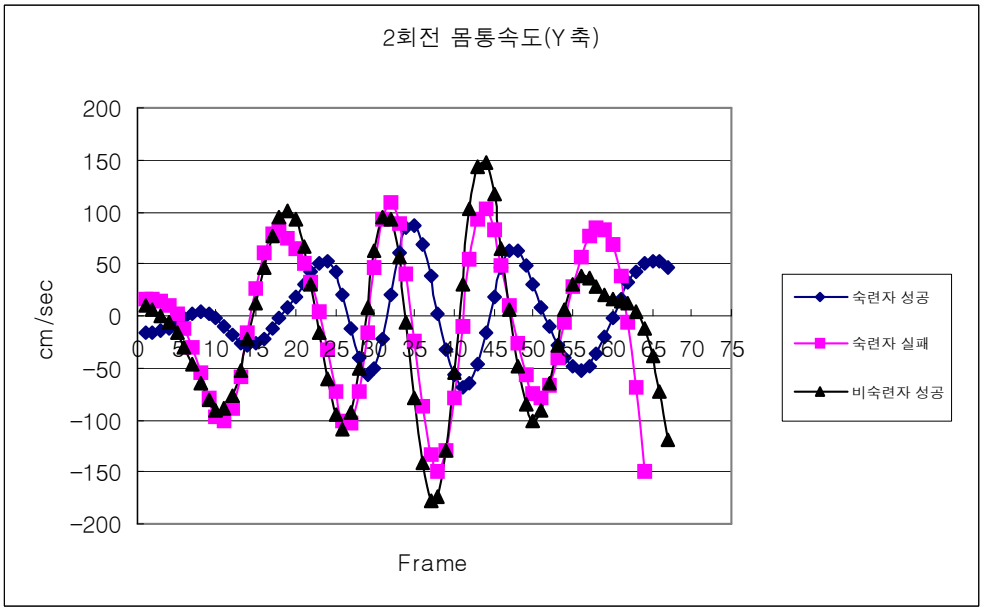
다. 전후방향을 보면 E2에서 55.1cm/sec로 빠르게 나타났으며 수직방향 또한 숙련자 그룹의 성공시와 같이 E2에서 299.0cm/sec로 빠르게 나타나고 E4에서는 13.4cm/sec로 큰 속도 변화를 나타냈는데 숙련자 성공시와는 반대되는 현상을 보였다.

실패시기를 보면 좌우방향에서는 E4에서 44.5cm/sec로 빠르게 나타났고 전후방향에서는 E5에서 14.1cm/sec로 빠르게 나타났다. 수직방향에서는 E2에서 283.9cm/sec로 빠르게 나타났으나 전체적으로 E2시점만을 볼 때 가장 낮은 수치를 나타냈고 상승속도가 낮은 것에 대한 반대로 하강속도는 빠르게 나타났고 E2에서는 속도 변화가 거의 이루어지지 않았다. 전후방향에서는 E6에서 -80.1cm/sec로 빠르게 나타났으며 E4에서 -6.9cm/sec로 속도가 느리게 나타났다. 수직방향으로는 E2에서 2회전시보다 약간 빠른 306.3cm/sec를 나타냈고, E1에서 0.3cm/sec로 나타난 것으로 보아 3회전 에서는 쁠리에를 천천히 해주고 점프에서 빠르게 차오른 다음 그 추진력으로 하프 턴에서 1회전까지의 속도가 빨라졌다가 두번째 하프 턴에서 하강하는 속도가 빨라지면서 착지시에 뒤쪽으로 속도가 빠르게 나타났다.

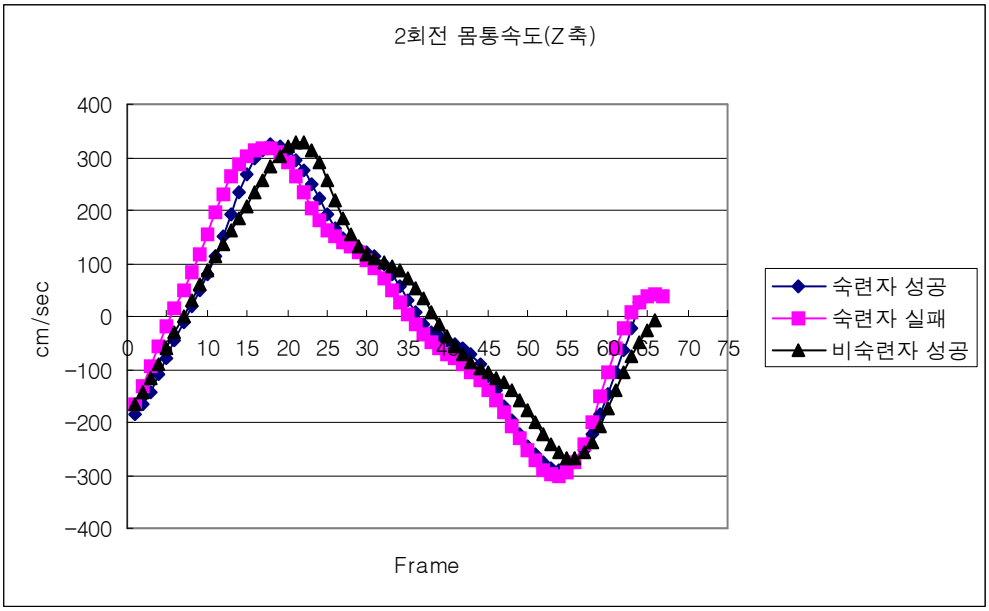
비숙련자 3회전 성공을 보면 좌우방향 E6에서 실패시와 숙련자 그룹 성공시와 실패시에 유의한 차이를 보이며 50.1cm/sec로 빠르고 전후방향에서는 E1에서 숙련자 그룹 성공시와 유의한 차이를 보이며 E6에서 -68.9cm/sec로 빠르게 나타났고, 수직방향에서는 E2에서 260.4cm/sec로 나타났다. 비숙련자들은 3회전 시도했을 때 숙련자와 같이 2바퀴 반도 회전하지 못한 것임을 알 수 있으며 점프시에도 빨리 차오르지 못하기 때문에 떨어지는 속도도 빨라 착지시 숙련자들의 성공시 착지 시간보다 더 빠른 -93.8cm/sec로 나타났다. 3회전 숙련자 실패를 보면 좌우방향은 E6에서 -48.3cm/sec로 가장 빠르고 E2에서는 0으로 속도의 변화가 없는 것으로 나타났다. 전후방향은 E6에서 114.4cm/sec로 빠르고 E4에서 -19.4cm/sec로 느리게 나타났으며 수직방향은 E2에서 281.0cm/sec E4에서 59.8cm/sec로 나타났다. 실패 시기에는 성공시보다 E2에서 점프 속도는 느렸으나 착지시 좌우방향은 -48.3cm/sec 전후방향이 114.4cm/sec로 나온 것으로 보아 2와1/4지점 까지 몸 방향이 돌아갔기 때문이라고 사료된다.



(그림 16). 2회전 몸통속도 x축



(그림 17). 2회전 몸통속도 y축



(그림 18). 2회전 몸통속도 z축

좌우방향을 살펴보면 숙련자 성공시만이 우측 어깨가 -방향으로 속도가 빠르게 나타남으로써 회전이 이루어지기전 뿔리에 동작에서 좌측방향으로 몸이 트위스트 되었다가 점프시작과 함께 우측 어깨가 빠르게 +방향으로 움직이는 것으로 나타났다. 착지시에는 속도가 -방향으로 줄어들다가 +방향으로 급격히 상승하고 있음을 알 수 있다.

비숙련자 성공시는 뿔리에 동작에서도 우측어깨가 +방향에서의 속도가 서서히 증가하다가 뿔리에로부터 0.5초 정도 부터는 숙련자 성공과 실패시보다 빠른 속도를 보이며 착지시 정면을 향하는 속도가 숙련자 성공시보다 느리게 나타났다.

전후방향의 속도를 살펴보면 숙련자 성공시에는 전체적으로 앞쪽(+), 뒤쪽(-)으로의 속도 변화가 일정하게 나타남으로써 어깨가 회전하는 시간이 일정함을 알 수 있다.

수직방향의 속도를 살펴보면 숙련자 성공 시와 실패 시기에 비숙련자 성공시보다 더 빠르게 차오른 것으로 나타났으며 전체적으로 모두 비슷한 양상을

보였으나 착지시 숙련자 그룹이 더 깊게 착지가 이루어진 것으로 나타났다.

(3) 머리의 속도

뚜르 앙 레르 동작 시 헤드의 속도에 대한 결과는 <표15, 16>과 (그림19, 20, 21)과 같고 회전 시 분절의 속도 비교는 (그림22, 23)과 같다.

숙련자 2회전 성공시 좌우방향(x축)에서 하프 턴 시점인 E3에서 154.1cm/sec로 빠르게 나타났으며, 두 번째로 빠르게 나타난 시점은 두번째 하프 턴 시점인 E5에서 -143.9cm/sec로 나타났다. 실패시에서는 E3에서 -149.0cm/sec로 나타났고 E5에서는 더 빠른 -174.3cm/sec 수치를 보였다. 성공시에서 같은 시점인 E5 값보다 실패시 약 30cm/sec 더 빠른 속도를 나타냈다.

비숙련자 2회전 성공시에는 E5에서 -129.8cm/sec로 가장 빠르게 나타났으며, 점프 시점인 E2에서 -120.3cm/sec로 빠르게 나타났다. 이는 뿔리에에서 몸이 정면이 아닌 회전방향으로 회전 된 상태에서 점프를 시작 하였으며 머리의 스파팅을 주기위해 점프 시점부터 미리 머리의 회전이 시작되기 때문에 E2에서 빠른 속도가 나타난 것으로 보인다.

실패시기에서는 E5에서 -160.9cm/sec로 빠르게 나타났으며 E3에서 -88.0cm/sec로 두번째로 빠르게 나타났다. 성공시와 비교해 보면 다른 시점에서 실패시 확연히 속도가 떨어짐을 알 수 있고 E5에서는 성공시보다 더 빠르게 나타났다.

숙련자들의 성공시기를 보면 하프 턴에서 1회전을 위해 스파팅을 빠른 속도로 함으로써 회전시 회전력을 증가시킴과 동시에 중심을 잡는 역할을 하며, E5에서 속도가 빠른 것은 착지시 안정적인 자세를 취하기 위해 머리를 빨리 돌려 목표점을 보고 회전력을 제동시키기 위한 올바른 방법을 취하고 있음을 알 수 있다. 이는 Grectchen Ward Warren(2003)이 스파팅을 하지 않고 회전을 할 경우는 초점을 맞추지 못해서 어지럽거나 방향을 잃어버릴 수 있고, 회전 마지막에서 안전하고 자신있는 마무리를 할 수 없다고 하였다는 것과 같은 결과를 보였다.

3회전에서 숙련자 그룹 성공시를 보면 E5에서 150.3cm/sec로 가장 빠른 속도로 나타났고 E3에서 -147.8cm/sec로 빠르게 나타났다. 2회전과는 다르게

E5에서 속도가 빠르게 나타난 것은 3회전을 하기 위해서 E3시점보다 E5에서 스파팅을 빠르게 하였으나 결과적으로 3회전은 이루어지지 않았고 E6에서 회전하려는 힘 때문에 착지가 정면에서 끝나지 않고 몸이 회전방향으로 돌아가기 때문에 착지 시에도 64.3cm/sec로 2회전시 보다 속도가 더 빠르게 나타났다.

<표 15>. 2회전시 머리(vertex) 속도 unit:cm/sec

				2회전					
event				E1	E2	E3	E4	E5	E6
숙련자	x	성공	M	3.1	-19.5	-154.1	18.9	-143.9	0.7
			SD	19.6	127.4	49.7	33.1	56.7	30.0
		실패	M	6.8	81.5	-149.0	16.3	-174.3	9.7
			SD	7.9	19.1	31.3	24.5	34.9	39.7
	y	성공	M	-32.9	-144.3	85.7	-15.4	-68.4	29.9
			SD	12.5	84.5	75.8	36.2	83.5	68.4
		실패	M	-28.1	-196.0	55.6	-25.5	-68.6	19.8
			SD	25.8	89.8	120.2	55.4	53.1	43.1
	z	성공	M	-3.4	308.6	184.7	-5.2	-205.1	-116.4
			SD	43.9	18.8	50.1	38.6	52.6	113.3
		실패	M	-6.5	302.2	189.2	-16.3	-204.8	-139.8
			SD	48.9	16.3	22.3	19.7	27.4	108.9
비숙련자	x	성공	M	23.1	-120.3	-99.1	30.3	-129.8	19.1
			SD	16.4	36.1	45.6	38.3	62.4	27.0
		실패	M	21.2	-84.3	-88.0	33.5	-160.9	28.7
			SD	18.3	30.7	46.5	32.7	27.0	54.6
	y	성공	M	-19.7	-51.3	109.4	27.3	-15.3	101.3
			SD	15.4	88.1	64.8	22.2	153.6	16.0
		실패	M	-17.3	-109.2	102.9	-1.0	-61.5	105.8
			SD	13.7	61.3	70.8	32.5	64.2	46.4
	z	성공	M	-4.3	292.1	193.6	16.3	-171.4	-168.8
			SD	36.2	25.6	35.1	15.4	32.8	120.2
		실패	M	-23.6	285.4	175.2	-3.3	-219.1	-157.4
			SD	34.4	13.9	24.7	29.8	46.4	110.3

<표 16>. 3회전시 머리(vertex) 속도 unit: cm/sec

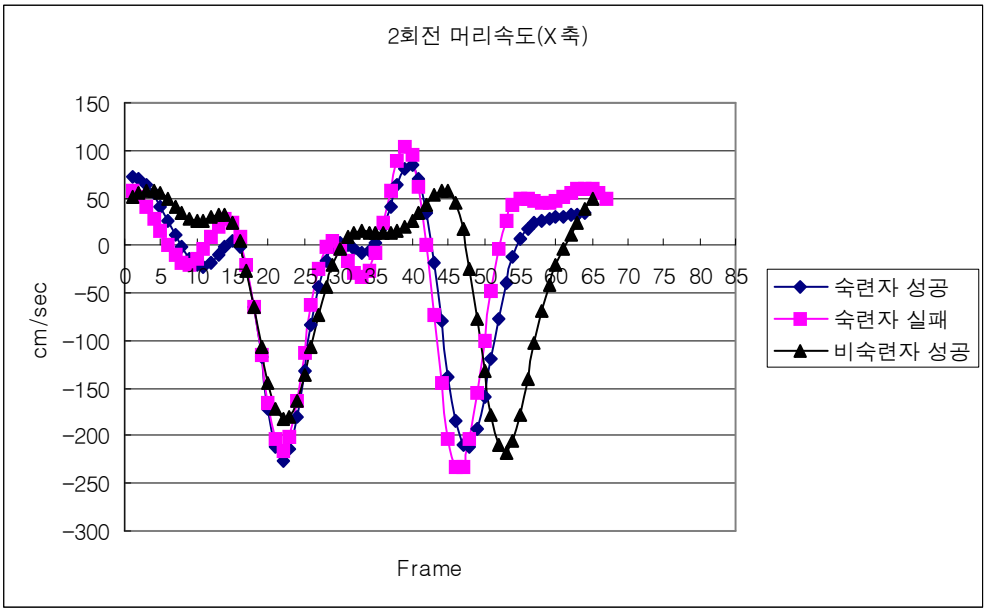
3회전										
event				E1	E2	E3	E4	E5	E6
숙련자	x	성공	M	13.9	55.8	-147.8	42.5	-150.3	64.3
			SD	10.4	21.9	14.4	5.0	32.4	44.7
		실패	M	12.8	-157.7	-157.7	8.1	-121.9	-177.1
			SD	8.2	106.6	12.5	3.5	48.4	71.9
	y	성공	M	-42.2	-217.8	-114.8	4.0	-141.0	-94.3
			SD	2.2	37.0	26.4	21.7	89.3	48.7
		실패	M	-85.9	-147.0	183.4	65.5	-114.9	-155.0
			SD	30.5	134.9	107.2	14.4	61.3	64.3
	z	성공	M	42.7	308.1	260.3	42.7	-77.2	-107.3
			SD	42.9	10.5	14.7	20.0	42.4	23.5
		실패	M	-14.5	319.6	261.9	56.5	-89.6	179.0
			SD	22.0	10.0	49.9	31.3	72.8	100.9
비숙련자	x	성공	M	44.4	-118.3	-83.2	20.1	-97.1	31.5
			SD	27.8	71.6	26.1	20.9	28.7	43.3
		실패	M	71.1	-150.8	-83.2	20.1	-97.1	31.5
			SD	30.5	49.1	37.8	60.2	25.6	97.5
	y	성공	M	-72.1	101.2	149.4	-17.1	129.6	-38.4
			SD	10.0	92.5	54.2	39.9	32.1	84.5
		실패	M	-77.6	26.6	121.0	-8.5	35.9	15.0
			SD	89.5	95.5	116.9	39.6	164.0	45.6
	z	성공	M	4.7	221.4	230.1	88.2	-82.4	95.7
			SD	143.4	151.6	15.5	99.7	83.4	65.4
		실패	M	-33.7	303.6	219.1	70.0	-70.8	-44.6
			SD	111.5	14.7	12.2	21.7	34.7	55.9

숙련자 그룹의 실패시를 보면 착지시점인 E6이 -177.1cm/sec의 수치로 가장 빠른 속도를 보였는데 이는 머리회전이 몸통회전보다 늦게 이루어진 것으

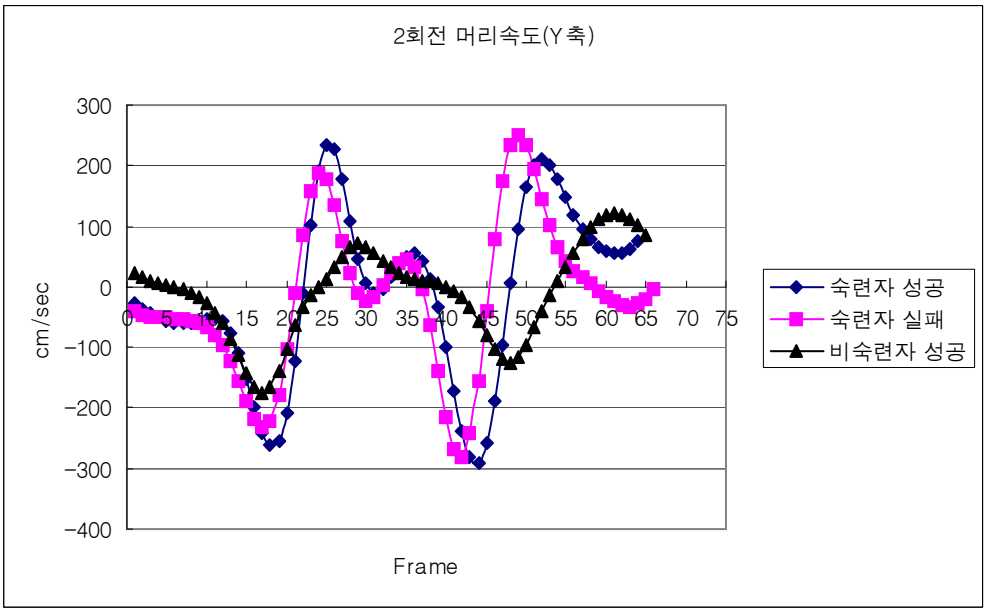
로 판단되어진다.

비숙련자 그룹 성공시의 속도는 E2에서 -118.3cm/sec로 빠르게 나왔고 E5에서 -97.1cm/sec로 두 번째로 빠르게 나타났지만 숙련자 그룹과 비교하면 30cm/sec의 속도 차이를 보인다. 비 숙련자 그룹은 2회전시와 같이 3회전에서도 E2시점에서 속도가 가장 빠르게 나타났다. 비숙련자 그룹 실패시를 보면 E2에서 -150.8cm/sec로 빠른 수치를 보였고 E5에서 -116.8cm/sec로 나타났다. E2에서의 속도는 성공시보다 빠르지만 숙련자 실패에서처럼 이미 착지는 이루어졌는데 회전력에 의해 머리분절이 멈추지 못한 것으로 추측된다.

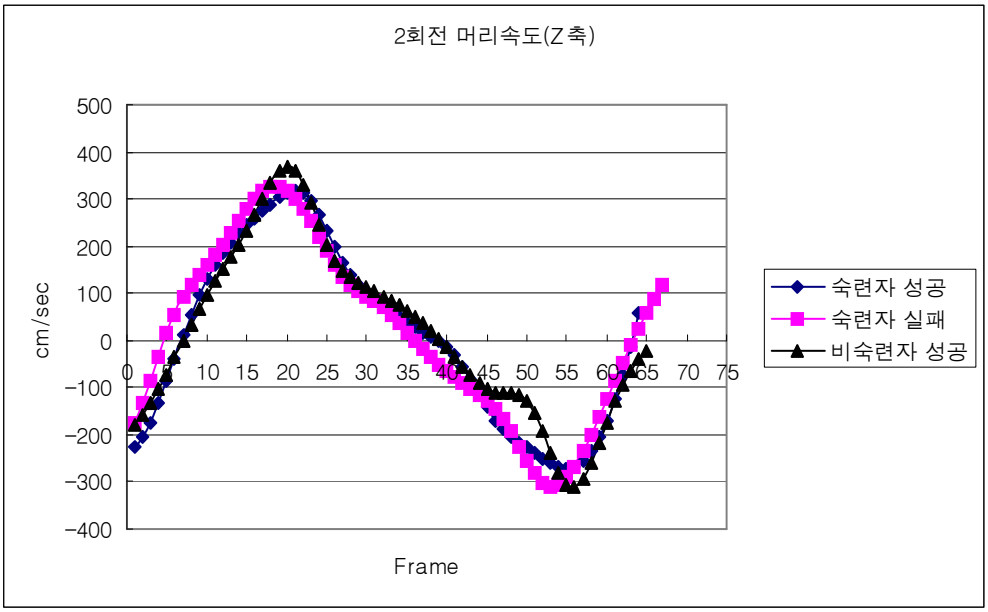
회전 할 때는 준비 자세에서 어느 한 지점에 초점을 맞춘 다음 몸이 돌아가더라도 눈은 목표점을 바라보다가 충분한 몸통의 회전이 이루어진 후 머리를 빨리 회전시켜 목표점을 다시 주시해야 안정적인 회전이 이루어 질 수 있다. 그러나 비숙련자들은 E2에서부터 머리가 먼저 회전동작이 이루어지는 것을 알 수 있고 착지시에도 목표점을 향해 머리를 고정시키지 못한 것으로 나타났다. 그와 반대로 숙련자 그룹의 2회전 성공 시는 E3에서 가장 빠른 속도를 보이고 E6에서 거의 속도의 변화가 없는 것으로 나타난 것으로 미루어 볼 때 가장 안정적이고 정확하게 수행되어졌다고 생각된다. 이렇듯 스파팅은 회전에서 중요하다고 할 수 있으며 뚜르 앙 레르 동작에서도 높이 도약하는것도 중요하지만 머리의 회전기술 연마도 중요 하다고 사료된다.



(그림 19). 2회전 x축의 머리속도



(그림 20). 2회전 y축의 머리속도

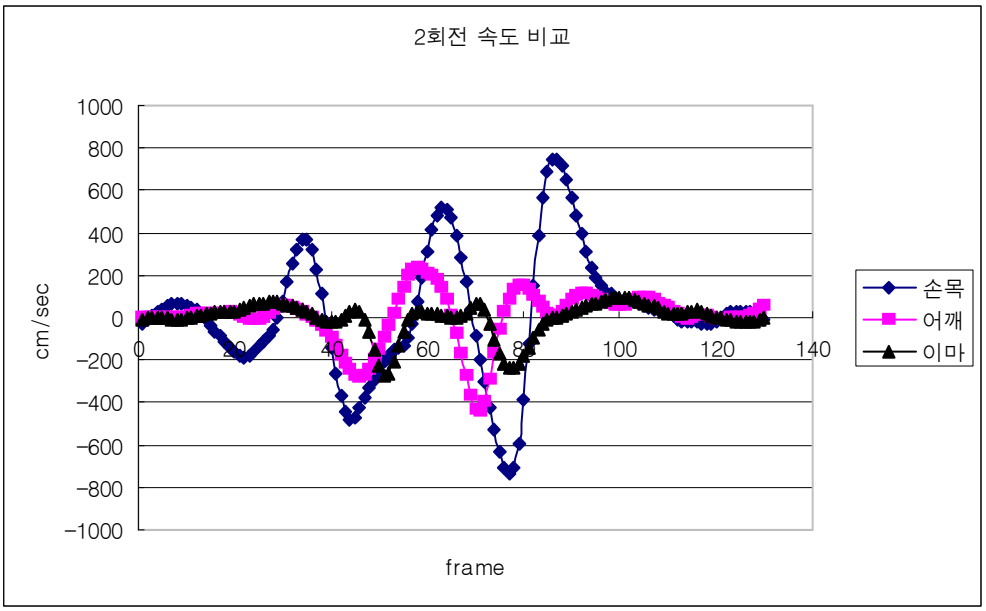


(그림 21). 2회전 z축의 머리속도

(그림19)에서 보면 좌우방향에서 숙련자, 비숙련자의 머리 속도를 비교해 보면 몸통속도에서 어깨는 회전시작해서 0.32초 정도에서 +방향이었으나 머리 속도는 같은 시점에서 -방향으로 속도가 빨라지고 0.4~0.5초 사이에서는 머리의 속도는 +방향에서 정지 상태를 보이나 몸통속도에서는 -방향으로 향하고 있는 것으로 볼 때 이 시점에서는 머리가 더 빨리 회전하고 있음을 알 수 있다.

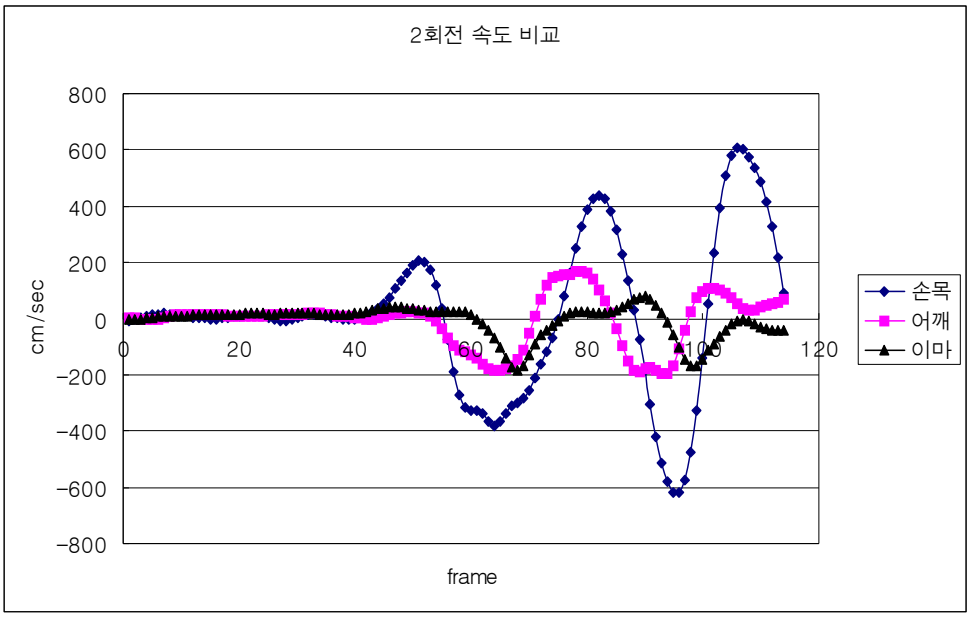
한편 전후방향(y축)의 속도를 살펴보면 몸통 속도와 비슷한 유형을 나타내고 있다. 몸통속도와 머리 속도를 종합해 보면 뻘리에 동작에서는 머리의 속도변화는 없어야 하고 우측 어깨가 회전을 한 다음 머리가 회전에 들어가야 한다. 하프 턴 이후부터는 머리회전이 어깨회전 보다 빠르게 나타나야 한다. 1회전이 이루어지는 시점에서는 머리의 속도변화가 없어야 하고 다시 어깨회전이 먼저 이루어지고 머리회전이 이루어져서 두번째 하프 턴 이후부터는 다시 머리회전 속도가 빨라야 회전에 도움이 된다. 이러한 것을 볼 때 숙련자 성공시 1회전과 두번째 하프 턴 이후부터는 머리 회전 속도가 빠르게 나

타났으나 대체적으로 어깨 회전이 먼저 이루어지는 것으로 나타났다.



(그림 22).숙련자 subA의 분절 속도 비교(숙련자, 성공)

뚜르 앙 레르 동작 수행시 숙련자 A의 몸통, 머리, 우 전완의 속도를 비교하기 위해 우측 손목, 우측 어깨, 머리의 움직이는 순서를 그래프로 분석한 결과 우측 손목이 가장 먼저 움직였고, 이마와 어깨는 회전시작 직후 0.11초 정도에서부터 서서히 움직이기 시작했다. 뿔리에(0.5초) 동작에서 팔이 가장 빠르게 움직였고 이마와 어깨의 움직임이 없다가 어깨가 먼저 0.6초부터 회전에 들어가고 이마는 0.61초부터 회전이 시작한다. 이마는 0.9~1초까지는 제자리에 위치 하지만 어깨는 0.92초부터 두 번째 회전이 시작된다. 그래프 분석 결과 회전 시작되기 전과 착지시는 손목이 먼저 빠르게 움직이고, 회전 중에는 이마보다 어깨가 먼저 회전이 시작되나 하프 턴에서 1회전이 이루어질때는 이마의 회전 속도가 빠르게 나타났다.



(그림 23). sub D의 분절 속도 비교(비숙련자, 성공)

비숙련자 D역시 손목이 먼저 움직였고 다음으로 어깨가 서서히 움직였다. 이마는 움직임이 거의 없다가 숙련자와 같이 손목 다음으로 어깨가 움직이고 이마가 나중에 회전되는 것으로 나타났다. 비숙련자 역시 1회전이 이루어지기 전 구간이 가장 빠르게 움직였다. 그러나 두번째 하프 턴 이후 착지기로 드는 시점에서는 숙련자와는 다르게 어깨가 먼저 회전하고 손목, 이마 순으로 나타났다. 이는 손목을 더 빠르게 움직임으로써 우 전완이 신전을 하게되어 회전력을 감소시킬 수 있으며, 또한 어깨가 더 빠르게 회전을 했기 때문에 착지 시 어려움이 있었을 것으로 사료된다.

6. 신체중심 변위

뚜르 앙 레르의 동작 수행 중 신체중심 이동 변위를 분석하기 위하여 수평(x축), 전후(y축), 수직(z축)방향에서 분석하였다.

(4) 좌우변위

뚜르 앙 레르의 동작 수행 시 좌우변위에 대한 분석결과는 <표17, 18>과 (그림24, 25, 26)과 같다.

좌우변위의 움직임을 보면 숙련자 그룹의 2회전 성공시 2국면에서 -4.39cm로 가장 많은 움직임이 나타났는데 이는 반작용력에 의해 점프 시 회전방향으로의 회전과 다른 반작용 토크가 발생함에 따라 신체 중심이 좌측으로 움직인 것으로 보인다. 또한 하프 턴에서 1회전이 이루어지는 3국면에서는 움직임의 변화가 없었다. 숙련자 그룹의 실패시를 보면 두번째 하프 턴에서 착지구간인 5국면에서 -4.14cm로 많은 움직임이 나타났는데 이는 두 번째 하프 턴에서 급격히 하강함으로써 착지가 빠르게 이루어져 정면이 아닌 1¾ 부분에서 착지가 이루어짐으로써 신체중심이 좌측으로 이동된 것으로 사료된다. 3국면에서는 -1.64cm로 가장 적은 이동변위로 성공시와 비교해 볼 때 0.79cm의 차이밖에 나타나지 않았다. 5국면에서는 성공시 1.45cm 인데 반하여 실패시에는 -2.69cm의 차이를 보임으로써 실패시 좌우의 움직임이 성공시보다 많음을 알 수 있다.

비숙련자 성공시에는 2국면에서 -3.11cm로 숙련자 그룹 성공시보다 작게 나타났는데 이는 곧 반작용력이 작게 작용함으로써 결과적으로 수직으로 뛰어오르는 원동력이 밑받침되어 주지 못한 것으로 사료된다. 3국면에서는 원회전이 이루어지는 시점으로 체공기의 정점기로서 움직임의 변화가 없어야 하는데 비숙련자 그룹 성공시 에는 2.21cm로 움직임이 많이 나타난다. 그렇기 때문에 착지가 빨리 이루어진 것으로 사료되며, 4국면인 두번째 하프 턴 구간이 -1.02cm로 이동변위가 가장 작게 나타났다. 실패시에는 2국면에서 성공시보다 더 많은 움직임으로 -4.05cm의 움직임을 나타냈고 3국면에서도 성공시보다 0.93cm 실패시 움직임이 더 작게 나타남으로써 3국면에서는 거의 제자리임을 보였다. 비숙련자의 성공시는 숙련자의 실패시기와 같은 국면에서 크고 작은 움직임을 나타냈다. 5국면에서는 -4.82cm의 가장많은 변위의 움직임을 나타냈고 이는 숙련자 그룹 실패시보다 더 좌측으로 신체중심이 기울어진 것으로 나타났다.

<표 17>. 2회전시 신체중심 이동변위 unit: cm

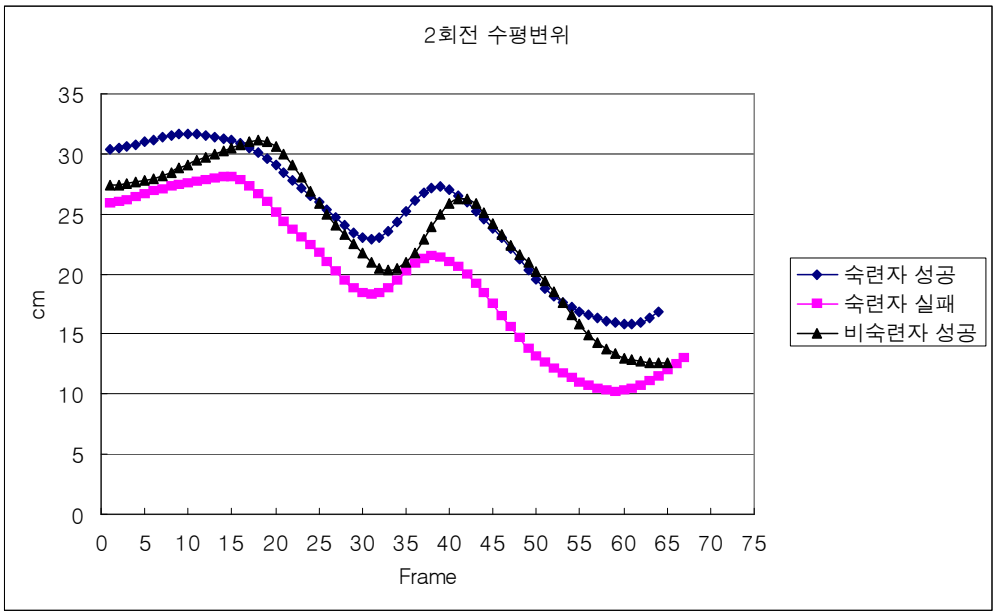
2회전									
phase				P1	P2	P3	P4	P5	total
숙련자	x	성공	M	1.88	-4.39	0.86	1.65	1.45	1.45
			SD	4.10	1.65	2.75	4.06	2.53	
		실패	M	2.82	-3.85	-1.64	-3.03	-4.14	-9.84
			SD	3.25	0.30	1.06	1.57	1.26	
	y	성공	M	-6.44	-5.10	3.89	-9.96	-1.46	-19.07
			SD	4.32	5.44	3.72	7.88	2.17	
		실패	M	-6.98	-4.40	2.34	-11.72	-0.56	-21.32
			SD	4.69	4.52	7.27	1.43	5.11	
	z	성공	M	37.64	27.48	15.76	-22.93	-38.46	19.49
			SD	2.96	8.61	6.21	10.94	14.72	
		실패	M	35.41	28.11	15.61	-23.36	-37.12	18.65
			SD	6.07	6.32	1.15	2.27	9.25	
비숙련자	x	성공	M	2.15	-3.11	2.21	-1.02	-4.82	-4.59
			SD	1.87	1.71	1.54	2.14	3.29	
		실패	M	2.82	-4.05	0.93	-2.27	-3.76	-6.33
			SD	2.59	2.53	2.51	5.03	1.26	
	y	성공	M	-4.18	1.83	11.48	-4.52	6.64	11.25
			SD	2.87	0.85	2.73	2.91	2.76	
		실패	M	-5.38	-0.01	9.08	-6.90	4.46	1.25
			SD	2.73	0.57	5.21	2.78	8.35	
	z	성공	M	36.93	17.4	19.64	-18.17	-37.48	18.32
			SD	7.89	1.89	1.96	2.19	6.21	
		실패	M	37.26	20.07	15.28	-23.84	-30.27	18.5
			SD	4.56	1.96	1.18	4.71	3.19	

<표 18>. 3회전시 신체중심 이동변위 unit: cm

2회전									
phase				P1	P2	P3	P4	P5	total
숙련자	x	성공	M	4.40	-3.09	-0.92	-1.99	0.08	-1.52
			SD	0.98	0.42	1.07	1.54	1.76	
		실패	M	-0.57	-1.74	-1.51	-1.91	-7.24	-11.83
			SD	2.77	0.90	0.76	0.91	3.69	
	y	성공	M	-7.57	-3.98	7.96	-11.55	-0.23	-15.37
			SD	1.90	0.48	4.79	0.53	1.61	
		실패	M	8.97	-3.59	5.82	-13.93	-3.08	-5.81
			SD	1.27	7.31	8.38	5.62	4.86	
	z	성공	M	36.69	21.83	25.26	-6.89	-63.86	13.03
			SD	3.55	0.87	2.61	5.69	6.31	
		실패	M	36.51	15.88	24.76	-4.59	-57.08	15.48
			SD	8.98	13.65	1.84	6.82	12.85	
비숙련자	x	성공	M	0.29	-0.48	1.24	-0.61	0.15	0.59
			SD	5.09	1.65	2.94	3.55	10.11	
		실패	M	0.07	-2.09	1.08	-0.46	-1.64	-3.04
			SD	3.54	0.54	3.46	1.64	7.18	
	y	성공	M	-3.94	1.76	5.80	-4.83	1.21	0
			SD	4.00	1.52	3.79	1.90	7.57	
		실패	M	-4.9	2.25	7.39	-3.31	1.39	2.82
			SD	2.28	0.99	6.86	4.52	6.93	
	z	성공	M	32.28	14.12	21.43	-2.56	-53.04	12.23
			SD	16.36	5.64	3.87	4.06	13.75	
		실패	M	37.83	14.29	21.8	-1.06	-62.88	9.98
			SD	8.13	2.86	1.96	2.60	2.74	

3회전에서는 숙련자 그룹 성공시 1국면에서 4.40cm로 이동 폭이 크고 P5에서 0.08cm로 이동폭이 작았다. 숙련자 그룹 실패시에는 5국면에서 -7.24cm로 이동폭이 크고 1국면에서 -0.57cm로 이동폭이 작게 나오는 반대되는 현상이 나타났다. 비숙련자 성공시는 3국면에서 1.24cm로 크게 나타났고 5국면에서 0.15cm로 이동 폭이 작게 나타났다. 실패시에는 2국면에서 -2.09cm로 이동폭이 크게 나타났고 1국면에서 0.07cm로 작게 나타났다.

좌우변위의 2회전 total을 보면 숙련자 그룹의 실패 시 -9.84cm, 비 숙련자 그룹의 실패시기에 -6.33cm, 비 숙련자 성공시기에 -4.59cm, 숙련자 성공 시 1.45cm로 숙련자 성공시가 좌우의 움직임이 가장 적은 것으로 나타났다. 김은희(2001)의 회전수에 따른 발레 삐루엣 앙드올 동작의 분석에서 회전수가 증가 할수록 압력중심의 변화폭은 크나 1회전(1.17cm)과 2회전(1.77cm)의 경우 시작점으로 2cm를 벗어나지 않아 안정된 상태에서 회전이 이루어진다고 하였다. 비록 김은희의 연구는 지면에 한 쪽발이 닿은 상태의 회전이지만 본 연구의 숙련자 성공시와 비슷한 결과를 보여 안정된 동작임을 알 수 있다.



(그림 24). 2회전 수평변위

(그림24)의 좌우변위를 살펴보면 숙련자 실패시와 비숙련자 성공시 시작한 시점의 변위와 끝나는 시점의 변위가 비슷하게 나타났다.

숙련자 성공 시의 변위차를 보면 최고 32cm에서 최하 16cm를 나타냄으로써 차이는 16cm정도를 나타냈으며 숙련자 실패 시는 최고 27cm를 나타냈고, 최하 10cm를 나타냄으로써 17cm정도의 차이를 보였다.

비숙련자 성공시는 최고 31cm에서 최하 13cm 정도를 나타냄으로써 18cm 정도의 변위의 차를 나타냈다.

좌우변위를 보면 모두 비슷한 양상을 나타냄으로써 뚜르 앙 레르 동작시 수평변위의 변화는 숙련자, 비숙련자 모두 많은 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다.

(5) 전후 변위

전후변위의 움직임을 보면 숙련자 그룹 성공시 쁠리에 동작에서부터 신체중심이 뒤쪽에서 시작하는 것을 알 수 있다. 1회전 후 두번째 하프 턴 구간인 4국면에서 -9.96cm로 이동 폭이 컸고, 두 번째 하프 턴에서 착지 구간인 5국면에서 -1.46cm로 이동 폭이 가장 작았다. 회전 준비시점인 쁠리에 시점보다 착지시점이 신체중심 이동변위가 작게 나타났다. 숙련자 그룹의 실패 시를 보면 성공시와 같은 시점인 4국면에서 -11.72cm로 이동변화가 많은 것으로 나타났는데 이는 공중에서 더 버티기 위해 몸을 뒤로 젖힌 것으로 추측된다. 이와 관련지어 이 시점의 상체전경각도도 1회전시 가장 큰 각도를 나타냄으로써 체공시간을 끌기위해 이와같은 현상이 나타난 것으로 판단된다. 5국면에서는 -0.56cm로 성공 시보다 작은 변위를 나타냈다.

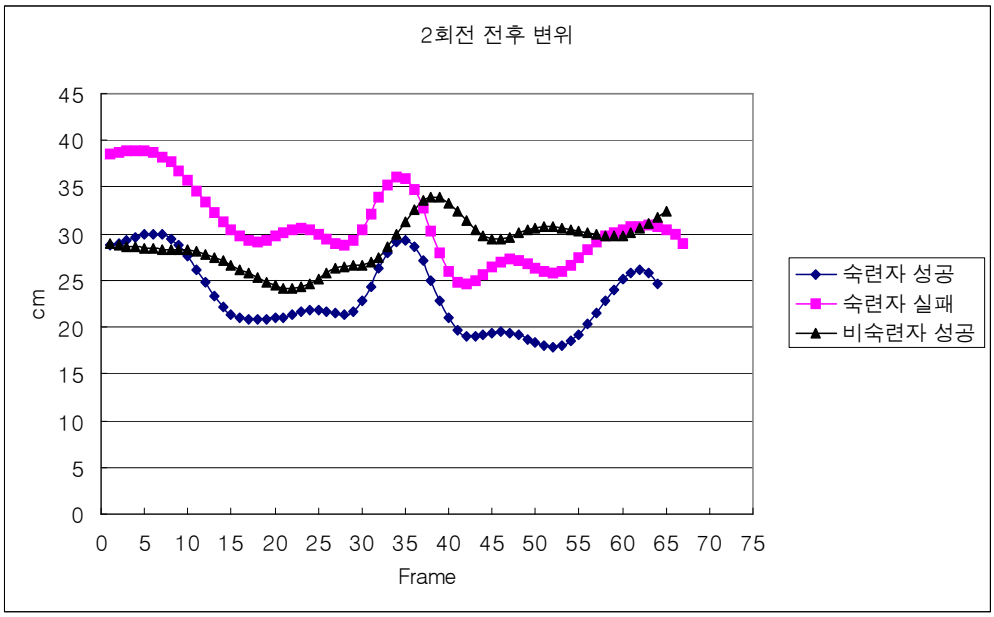
비숙련자 성공시는 하프 턴에서 1회전이 이루어지는 구간인 3국면에서 11.48cm로 움직임이 많았고 점프에서 하프 턴 구간인 2국면에서 1.83cm로 이동변위가 가장 작았다. 비숙련자 성공시는 1국면과 4국면에서 뒤쪽으로 신체중심이 움직이는 것으로 나타났는데 이는 상체전경각도를 비교해 볼 때 E1에서 E2까지의 상체전경각도 차이가 많이 나타났고 이는 상체가 급격히 펴지는 것을 알 수 있으며 높이 뛰기 위해 신체중심이 뒤로 젖혀지면서 뛰었음을 유추할 수 있고 원회전에서 두 번째 하프 턴 구간인 4국면도 상체전경각이 가

장 크게 나타난 시점으로 -방향으로의 값이 나타난 것으로 사료된다.비숙련자 실패시는 3국면에서 9.08cm로 이동변화가 많았고 2국면에서 -0.01cm로 제자리에서 회전이 이루어졌다.

3회전에서는 숙련자 그룹 성공시는 4국면에서 -11.55cm로 이동 폭이 컸고 5국면에서 -0.23cm로 이동 폭이 작았으며 실패시에는 4국면에서 비숙련자 그룹 실패시와 유의한 차이를 보이며 -13.93cm로 컸고 성공시와 같이 5국면에서 -3.08cm로 작았다. 숙련자 그룹은 같은 구간에서 크고 작은 수치를 보였다. 비숙련자 그룹 성공시에는 3국면에서 5.80cm로 이동 폭이 컸고 5국면에서 1.21cm로 이동 폭이 작게 나타났으며 실패시에도 3국면에서 7.39cm로 이동폭이 컸고, 5국면에서 1.39cm로 작게 나타났다.

전후 변위에서 숙련자그룹에서 이동변화가 가장 큰 구간은 4국면으로 -9.96cm와 실패시 -11.72cm로 나타났고 두번째로 거리변화가 많은 구간은 1국면인 쁠리에 동작에서 점프가 시작되는 구간으로서 -6.44cm와 6.98cm가 나타난 것으로 보아 숙련자 그룹은 회전시 얼굴이 향하는 쪽으로 몸의 중심 이동거리 변화도 크다는 것을 알 수 있다. 비숙련자 그룹은 3국면에서 11.48cm와 9.08cm로 이동 변화가 크게 나타났고 비숙련자 성공에서는 착지 구간인 5국면에서 6.64cm 실패시에는 두번째 하프 턴 구간인 4국면에서 -6.90cmfh 나타났다. 여기에서도 숙련자 그룹과는 다른 구간이지만 신체중심이 얼굴이 향하는 쪽으로 변화가 크다는 것을 알 수 있다.

결과적으로 전후 변위에서는 체공시간을 벌기위해 대체적으로 뒤쪽으로 중심이 치우쳐야 힘을 위쪽으로 끌어올려 높이 뛸 수 있는 것으로 나타났다.



(그림 25). 2회전 전후변위

(그림 25)의 전후변위를 살펴보면 숙련자 성공시는 최고 30cm에서 최저 18cm의 전후변위의 움직임을 나타냈으며 그 차이는 12cm내외였고, 숙련자 실패시는 최고 38cm에서 최저 24cm로 14cm의 차이를 나타냈다.

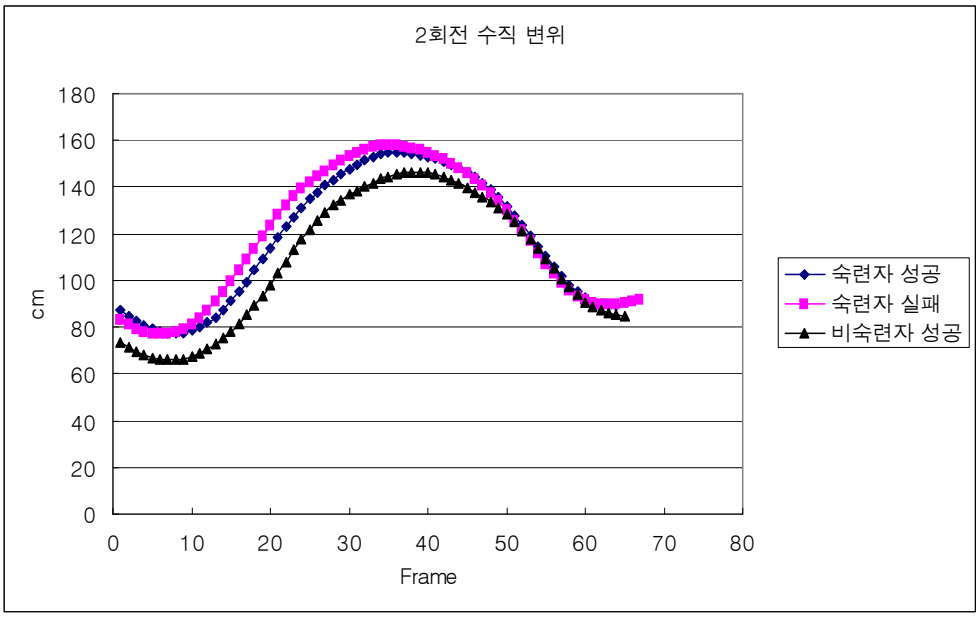
비숙련자 성공시에는 최고 34cm에서 최저 24cm의 폭을 나타냈고 그 차이는 10cm 내외로 비숙련자 성공시에 전후로 움직이는 신체중심 변위의 폭이 가장 작게 나타났다. 이와 같이 나타난 이유는 비숙련자는 숙련자와 비교해 볼 때 뛰는 높이가 높지 않았을 것이라 추측되며 동작 수행시 무리하지 않고 하였기 때문에 전 후 움직임이 숙련자 보다 작게 나타난 것이라 사료된다.

(6) 수직 변위

수직변위의 움직임을 보면 숙련자 그룹 성공시 뻘리에 동작에서 하프 턴 까지의 구간인 5국면에서 37.64cm로 많은 움직임이 나타났다. 이는 뻘리에 동작을 깊게 해주고 점프를 하기 위한 지면에서의 발끝이지 직전까지로 수직으로의 변화가 가장 크게 나올 수 밖에 없는 구간이다. 1회전에서 두 번째 하

프 턴이 이루어지는 4국면에서 -22.93cm로 3국면에서 최고의 높이에 위치하다가 4국면에서 급격히 하강하고 있음을 알 수 있고, 두 번째 하프 턴에서 착지 구간인 5국면에서 -38.46cm로 이동변화가 가장 크게 나타났다. 숙련자 그룹 실패시를 보면 1국면에서 성공시보다 작은 35.41cm를 나타냈는데 무릎 각도에서 뿔리에시 성공시보다 더 큰 각도를 나타냄으로써 실패시에 뿔리에가 성공시보다 덜 이루어진 것으로 나타났다. 4국면에서도 성공시보다 하강이 빠름을 알 수 있고 5국면에서도 -37.12cm로 성공시보다 1.34cm 작은 이동 폭을 보이는 것은 착지시의 무릎각도가 성공 시에는 119.11˚로 더 굴곡이 된 상태였고 실패시에는 122.76˚로 성공시보다는 더 신전된 상태였으므로 수직변위도 착지구간에서 성공 보다 약간의 차이를나타냈다.

비숙련자 그룹을 살펴보면 성공시 숙련자 그룹과 같이 P5에서 -37.48cm로 이동 폭이 크고 점프에서 하프 턴 구간인 2국면에서 17.4cm로 이동 폭이 적었다. 실패시에는 뿔리에에서 점프 구간인 1국면에서 37.26cm로 이동 폭이 크고 3국면에서 15.28cm로 이동 폭이 적었다. 숙련자 그룹과 비 련자 그룹의 총 수직변위의 움직임을 비교해 보면 숙련자 그룹 성공시에는 19.49cm, 실패시에는 18.65cm 비숙련자 성공시에는 18.32cm, 실패시에는 18.5cm로 나타났다. 뚜르 앙 레르 동작시 제자리에서 행하여지는 회전이므로 좌우,전후변위의 움직임은 작게 나타나야 하지만 수직변위는 높은 점프와 함께 회전이 이루어져야 함으로 크게 나타나야 한다. 이러한 것을 볼 때 숙련자 성공시가 가장 바람직한 현상으로 볼 수 있으며 숙련자 그룹 실패시와 비숙련자 그룹 성공시가 비슷하게 나타났다. 숙련자 그룹은 성공시와 실패시에 하프 턴에서 원회전 구간인 3국면에서 15.76cm와 17.4cm로 가장 이동 폭이 적게 나타났으며 비숙련자 그룹에서 실패시기에서는 숙련자 그룹과 같으나 성공시에서는 점프에서 하프 턴 구간인 2국면에서 이동 폭이 가장 적게 나타났다. 숙련자 그룹이나 비숙련자 그룹 모두 1국면과 5국면에서 뿔리에가 있기 때문에 상하 움직임의 폭이 유사하게 나타났으며, 이는 김은희(2001)의 회전수에 따른 발레 삐루엣 앙드올의 동작분석에서도 시작과 착지 단계에서 중심의 높이가 유사하다고 한 연구와 같은 결과이다.



(그림 26). 2회전 수직변위

(그림26)을 살펴보면 숙련자 실패시 80cm에서 160cm로 수직변위가 가장 높게 나타났고 숙련자 성공시 실패시보다 약간 떨어진 수치를 나타냈다. 비숙련자 성공시에는 숙련자 보다 낮은 위치에서 시작해서 150cm가 약간 못되는 높이의 수치를 나타냈으나 결과적으로 숙련자, 비숙련자의 수직으로 움직인 변위의 차는 약 80cm로 비슷하게 나타났다.

비숙련자의 경우는 낮게 시작해서 움직인 만큼 하강 위치도 빠르게 낮아지고 착지 시에도 숙련자보다 더 낮은 신체중심 위치를 볼 수 있다.

뚜르 앙 레르 동작시 높은 점프를 위해서는 과도한 뿔리에를 피하여 수행하는 것이 보다 높은 점프를 위해서 바람직하다고 사료된다.

B. 운동역학(*Kinetic*)적 분석

1. 지면반력 *GRF*

뚜르 앙 레르 동작 수행 중 공중에서 회전중인 체공기를 제외한 뽈리에와 착지 시 좌우방향(Fx), 전후방향(Fy), 상하방향(Fz)의 힘 성분을 분석함으로써 동작수행에 따른 체중지지 및 숙련자와 비숙련자와의 착지시 유형을 분석하고 상해원인을 규명할 수 있을 것으로 판단된다.

a. 좌우(Fx)지면반력

좌우 지면반력에 대한 분석결과는 <표19, 20>과 (그림 27)과 같다.

<표 19>. 2회전시 지면반력 unit:BW

2회전									
GRF	시점	숙련자				비숙련자			
		성공		실패		성공		실패	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
x	뽈리에	0.00	0.03	0.00	0.06	0.04	0.04	0.00	0.14
	착지	-0.37	0.67	-0.09	0.36	-0.21	0.16	-0.02	0.34
y	뽈리에	-0.11	0.36	-0.04	0.06	0.06	0.04	0.06	0.05
	착지	-0.58	0.60	0.06	0.52	0.00	0.28	0.08	0.24
z	뽈리에	2.67	0.56	2.71	0.43	2.68	0.35	2.54	0.31
	착지	4.53	0.82	4.78	0.41	4.62	0.74	4.39	0.86

<표 20>. 3회전시 지면반력 unit:BW

3회전									
GRF	시점	숙련자				비숙련자			
		성공		실패		성공		실패	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
x	뽈리에	-0.04	0.02	0.14	0.06	0.06	0.02	0.03	0.03
	착지	0.43	0.30	0.41	0.43	0.65	0.67	0.65	0.67
y	뽈리에	-0.07	0.07	0.03	0.04	0.00	0.07	0.13	0.09
	착지	0.68	0.56	0.45	0.17	0.63	0.27	0.63	0.27
z	뽈리에	2.48	0.08	2.84	0.01	2.74	0.09	2.74	0.09
	착지	4.59	0.53	5.10	0.01	4.30	1.04	4.30	1.04

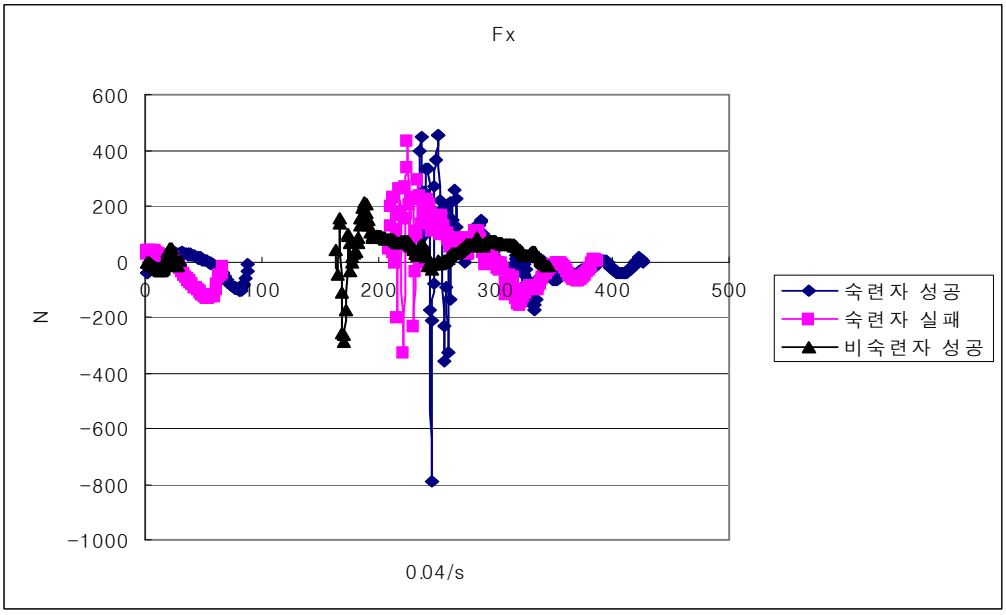
<표 19>에서 보는바와 같이 2회전시를 보면 숙련자 그룹 성공시에서나 실패 시 0.00±0.03BW, 0.00±0.06BW로 제자리에서 수행되어지는 형태를 보인다. 그러나 비숙련자 그룹 성공시와 실패시를 보면 0.04±0.04BW, 0.00±0.14BW로 숙련자 그룹보다는 약간 오른쪽 방향으로 미는 형태로 나타났다.

3회전시에도 뻘리에에서 숙련자 그룹 성공시 -0.04±0.02BW와 실패시 0.14±0.06BW를 보이고 비숙련자 그룹 성공시 0.06±0.02BW, 실패시 0.03±0.03BW로 숙련자 그룹은 성공 왼쪽으로 미는 힘이 나타나고, 비숙련자 그룹은 성공시 오른쪽으로 미는 힘이 나타났다. 이는 성공시 3회전을 돌아야 하기 때문에 2회전시와는 달리 회전력 증가를 목적으로 왼쪽으로 더 밀어주는 형태를 보이고, 실패시에는 성공 시와는 달리 오른쪽으로 더 눌러 주었다가 먼저 시계방향으로 돌기 위해 오른쪽으로 미는 힘이 더 나타난 것으로 보인다. 그러나 착지시점에서는 숙련자 성공시에 -0.37±0.67BW, 실패 시 -0.09±0.36BW로 나타났고, 비숙련자 성공시 -0.21±0.16BW, 실패시 -0.02±0.34BW로 나타났는데 이는 뻘리에시점에서는 회전 준비시점이므로 제자리에서 체중이 벗어나질 않았지만 착지시에는 회전 후 정면을 보고 착지는 했으나 몸이 완전히 돌아가지 않은 상태로 왼쪽 방향으로 중심이 실려 착지가 되는 형태를 보인다. 3회전 착지시 숙련자 그룹 성공시에는 0.43±0.30BW, 실패시0.41±0.43BW, 비숙련자 그룹 성공시 0.65±0.67BW, 실패 시 0.65±0.67BW로 나타났는데, 이는 2회전과 비교해 볼 때 3회전에서는 회전하는 힘 때문에 오른쪽 방향으로 반작용력이 더 커지면서 착지가 이루어진 형태를 보인다.

권안숙(2005)이 연구한 아라베스크 회전동작의 분석에서도 준비자세 5번 포지션은 발레에서 기본이 되는 자세로 이 자세를 취할 때는 힘의 중심(the center of force)은 두 발사이의 한 가운데 두어야 한다고 하였으며 권안숙의 연구에서도 Fx값이 0.014BW가 가장 0에 가깝게 나타났다. 이것은 본 연구의 뻘리에 동작에서 0.00±0.05BW,-0.04±0.16BW의 수치와 유사하게 나타났다고 볼 수 있다.

이렇듯 5번 포지션에서 뻘리에를 할 때 0에 가깝게 나타나는 것은 두 발 가운데 중심을 두고 고르게 지면을 미는 자세이기 때문이라고 생각하며 매우

안정적인 자세를 나타내고 있다.



(그림 27). 2회전 좌우 지면반력

2회전 좌우 지면반력을 살펴보면 뽈리에 동작에서는 숙련자, 비숙련자 모두 0에 가깝게 지면을 밀고 있는 것으로 나타났고 숙련자 성공, 실패시 지면을 더 오랫동안 눌러주었다가 점프를 한 것으로 나타났다.

착지 시를 보면 비숙련자는 숙련자보다 착지가 빨리 이루어졌고 좌측을 밀었다가 우측으로 미는 힘도 비슷한 수치를 나타냈다.

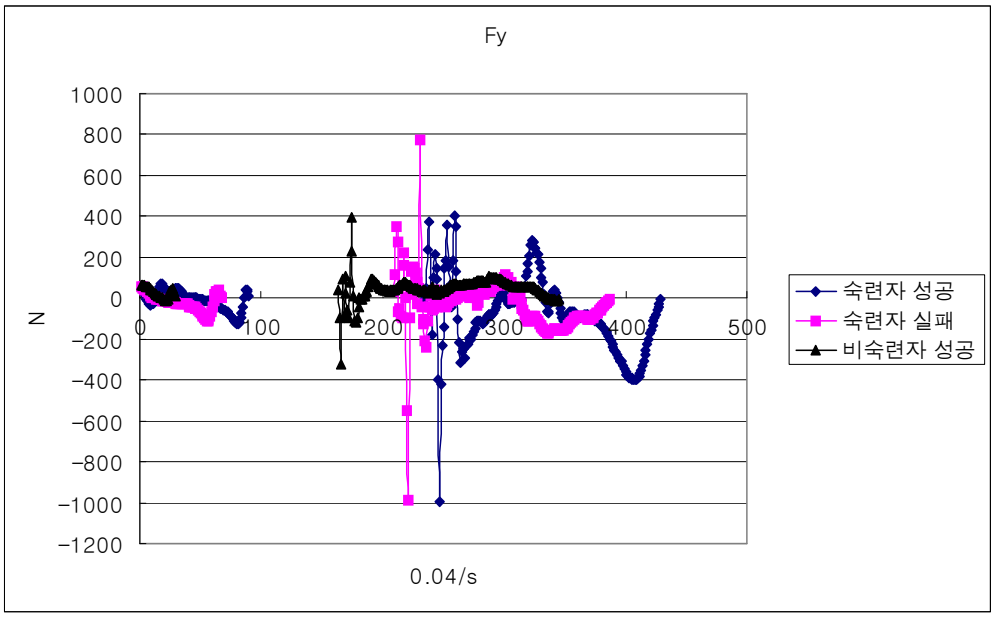
숙련자는 착지시 좌측으로 미는 힘이 더 크게 나타났고 정지 상태로 들면서 우측으로 미는 힘이 나타나다가 0에 가까운 수치를 나타냈다. 이는 회전 후 착지를 하면서 회전을 제동시키기 위해 착지시 회전반대 방향인 좌측으로 더 밀어줌으로써 회전력을 감소시키기 위한 것으로 사료된다.

b . 전후(Fy)지면반력

전후지면반력에 대한 분석 결과는 <표19, 20>과 (그림 28)과 같다.

2회전 시 뽈리에 동작에서 숙련자 그룹 성공시 -0.11±0.36BW, 실패시 -0.04±0.06BW로 나타났고, 비숙련자 그룹 성공시 0.06±0.04BW, 실패시 0.06±0.05BW를 나타냈다. 3회전시 숙련자 그룹 성공시 -0.07± 0.07BW, 실패시 0.03±0.04BW, 비숙련자 그룹 성공시 0.00±0.07BW와 실패시 0.13±0.09BW를 나타냈다.

숙련자 그룹은 뽈리에에서 뒤쪽으로 미는 힘이 작용하는 반면 비숙련자 그룹은 지면을 앞쪽으로 미는 형태를 보이고 있다. 이는 숙련자 그룹이 비 숙련자 그룹과 비교해 볼 때 바람직한 동작은 아니라고 볼 수 있으며 권안숙(2005)의 연구에서도 피험자 한 사람만 제외하고는 0.027, 0.031, 0.012BW의 수치를 나타냈으며 본연구 결과와 비교해 볼 때 약간 유의한 차이를 보였다. 2회전 착지시를 보면 숙련자 그룹 성공시 -0.58± 0.60BW, 실패시 0.06±0.52BW, 비숙련자 그룹 성공시 0.00±0.28BW, 실패시 0.08±0.24BW로 나타났고 3회전시에는 숙련자 그룹 성공시 0.68±0.56BW, 실패시 0.45±0.17BW와 비숙련자 그룹 성공시 0.63± 0.27BW, 실패시 0.63±0.27BW로 나타났다. 착지시에서도 숙련자 그룹이 뒤쪽으로 지면을 미는 형태를 많이 보이는데 이는 회전을 과감히 함으로써 착지시 비 숙련자 그룹보다 안정감이 떨어진 것으로 보이며 좌우(Fx)지면 반력이나 전후(Fy)지면 반력이 0에 가깝게 동작이 수행되어야 균형을 유지하고 안정된 동작을 수행했다고 볼 수 있다.



(그림 28). 2회전 전후 지면반력

전후 지면반력에서도 뽈리에 동작에서는 숙련자 비숙련자 모두 0에 가깝게 지면을 밀고 있는 것으로 나타났고 비숙련자는 착지시 뒤쪽으로 미는 힘이 더 작게 나타나고 그 후 앞쪽으로 미는 힘이 400N으로 약간 더 많이 나타났다.

숙련자는 실패시 뒤쪽으로 미는 힘이 더 크게 나타났고 앞쪽으로 미는 힘이 약 200N의 차이를 보이며 서서히 0에 가까운 안정적인 자세를 보였다.

또한 숙련자 성공시에는 착지시 실패시와 같이 뒤쪽으로 미는 힘이 나타났으나 앞쪽으로 미는 힘이 뒤쪽으로 밀었던 힘보다 작게 나타남으로써 앞뒤의 불균형을 이루고 착지시 안정적인 자세를 취하는데 전후의 움직임이 많이 나타났다.

c . 수직지면반력

수직 지면반력에 대한 분석결과는 <표19, 20>과 (그림 29)와같다.

2회전시 숙련자 그룹 쁠리에 동작을 보면 성공시 2.67±0.56BW, 실패시 2.71±0.43BW이고 비숙련자 그룹 성공시 2.68±0.35BW, 실패시 2.54±0.31BW로 나타났다.

3회전을 보면 숙련자 그룹 성공시 2.48±0.08BW, 실패시 2.84±0.01BW를 보였고 비숙련자 그룹 성공시 2.74±0.09BW, 실패시 2.74±1.03BW를 보였다. 위에서 보는 바와 같이 숙련자 그룹, 비숙련자 그룹 모두 쁠리에에서 지면을 누르는 힘이 비슷하게 나타났다.

권안숙(2005)은 5번 포지션에서 Fz값이 1.054, 1.096, 1.104, 1.079BW로 본연구와는 차이를 보였는데 이는 권안숙의 연구는 무릎이 신전된 상태의 5번 포지션이고 본연구는 쁠리에로 굴곡되어 지면을 누르고 있는 5번 포지션이기 때문에 수치가 더 크게 나타난 것으로 사료된다.

여홍철(2004)의 도마 손 짚고 몸펴 앞 공중돌아 540도 비틀기의 연구에서 공중 체공 전 발구름 국면에서 수직반력이 평균 16.52BW로 나타났다. 이는 본 연구 보다 더 높은 수치를 보였으나 발구름 국면에서 강한 블로킹을 향상시킨다면 보다 강한 힘을 발휘하여 체공높이와 소요시간이 길어지므로써 기술의 완성도를 높일 수 있을것으로 보았듯이 뚜르 앙 레르 동작에서도 쁠리에 동작에서 지면을 최대한 더 밀어주고 점프가 이루어진다면 여홍철의 연구에서 제시된 내용과 같이 체공시간이 길어지게 되고 그 결과로 많은 회전을 수행하는데 도움이 될것이라 사료된다.

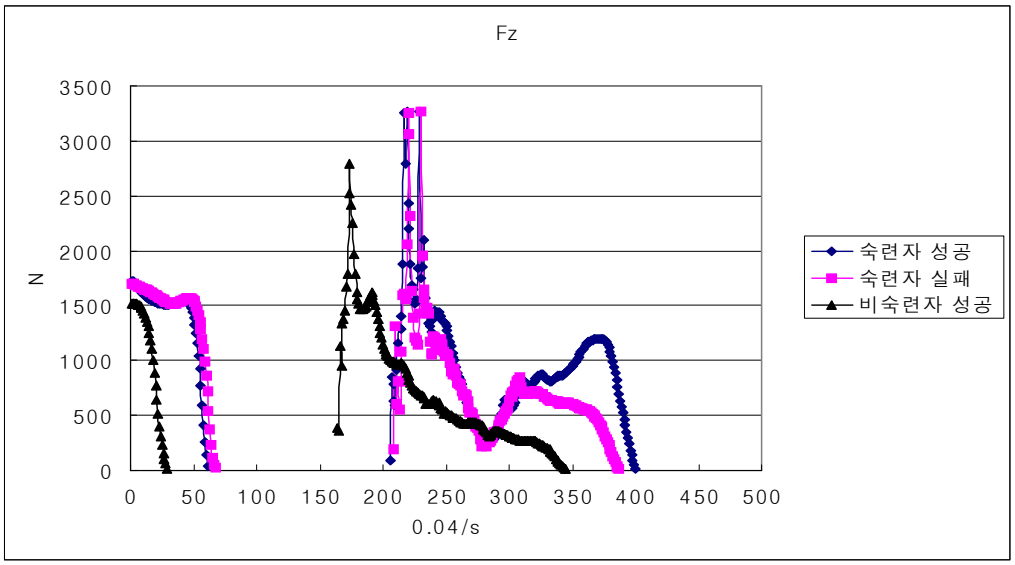
2회전 착지시를 보면 숙련자 그룹 성공시 4.53±0.82BW 실패시 4.78±0.41BW와 비숙련자 그룹 성공시 4.62±0.74BW, 실패시 4.39 ±0.86BW를 나타냈다.

3회전 착지시를 보면 숙련자 그룹 성공시 4.59±0.53BW, 실패시 5.10±0.01BW와 비숙련자 그룹 성공시 4.30±1.04BW, 실패시 4.30±1.04BW를 나타냈다. 비숙련자 그룹은 성공시나 실패시 같은 수치가 나온 것으로 보아 3회전 시 동작을 무리하지 않고 일정하게 수행한 것으로 사료된다.

2회전 착지시에는 비숙련자 그룹 실패시가 4.39BW로 가장 작은 수치를 나

타났는데 이는 높이 점프가 이루어지지 않아 체공시간이 짧았기 때문에 착지시 중심을 잡기가 편한 관계로 충격력이 약해 수치가 작게 나타난 것으로 추측되며, 3회전 착지시에는 2회전 시와 비슷한 수치를 보이지만 숙련자 그룹 실패 5.50BW로 가장 높은 수치를 보이는데 이는 3회전을 위해 최대의 수직 점프가 이루어진 후 최소의 충격력으로 착지하지 못함으로써 매우 큰 충격량에 의해 상해의 위험이 클것으로 판단된다.

정현주 송인아(1998)의 turn-out과 parallel 수직 점프의 분석에서 turn-out 착지시 0.1553BW와 parallel 착지시 0.3462BW의 결과로 본 연구 결과와 많은 차이를 보였고 turn-out 보다 parallel 착지시 더 수치가 크게 나왔듯이 본 연구의 3회전 실패시에도 5.10BW가 나온것은 착지시 5번 포지션이 이루어지지 않고 발이 벌어진 좋지 않은 자세로 착지가 이루어진 것으로 보인다.



(그림 29). 2회전 수직 지면반력

수직 지면반력을 살펴보면 숙련자가 더 깊게 오랫동안 지면을 눌러주었다가 점프를 시작한 것으로 나타났다. 그 결과로 비숙련자보다 체공시간도 길었고 착지 시점도 비숙련자보다 늦게 나타난 것으로 사료된다. 착지시 지면반력도 비숙련자보다 크게 나타남으로써 충격력도 클 것으로 사료된다. 이러한 충격력을 줄이기 위해서는 지면과의 접촉순간에 무릎을 굽히거나 허리를 굽히는

동작을 하면 지면과 몸 전체가 접촉하는 시간간격을 길게하여 충격력을 줄일 수 있다(박성순,2005)고 하였다. 충격력을 줄이기 위해 본 연구의 무릎각과 상체전경각도에서도 착지시 비숙련자 그룹보다 숙련자 그룹의 무릎각이 더 굴곡된 수치로 나타났고, 상체전경각도도 앞으로 더 기울어진 각도로 나타났다.

C. EMG 분석

무용수들에게 있어서 춤을 춘다는 것은 자신의 몸을 얼마만큼 잘 알고 수행하려는 동작들에 맞게 관절들과 근육들을 조화롭게 사용하는가와 작품을 표현하는 무용수의 감정이 드러나야 완벽한 춤을 추었다고 할 수 있다. 그러기에 무용수들에게는 너무 강하고 큰 근육을 가진 무용수는 좋은 무용수로 평가 받지 못한다. 본 연구는 EMG를 이용하여 숙련자들과 비 숙련자들의 동작수행 시 근육의 쓰임과 차이를 알아보고 보다 좋은 동작수행을 위한 개선점을 마련하고자 한다. 본 연구는 EMG 분석에서는 회전준비기, 회전수행기, 착지기로 숙련자와 비 숙련자들의 동작 시 근육에 따른 활동 정도를 분석하려고 한다.

EMG는 측정을 통해 근육의 수축 시기와 수축 유무 등을 측정하여 근피로와 근력등과 같은 것들을 측정하거나 예측할 수 있는데 측정을 위해 고려되어야 할 여러 문제점 중에 가장 중요한 부분이 표준화이다(Gregor et al, 1991). 그러한 이유로 근육의 활동강도를 알아보기 위해서 가장 선호되어지는 근전도 신호의 표준화 방법인 최대수의등척성수축(MVIC)을 측정하여 비교분석하였다. 이지선(2005)의 연구와 같이 평균진폭과 활동강도 또는 작업량을 비교함으로써 절대적인 근육 활동 강도는 알 수 없지만 상대적인 근육의 활동강도를 측정하고자 한다.

1. 회전 준비기

회전 준비기는 E1인 뿔리에에서 E2인 점프가 시작한 시점까지의 근활동을 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표21, 22>과 (그림30, 31)과 같다.

<표 21>. 2회전시 회전 준비기 근전도

2회전														
구분	총 평균		숙련자				비숙련자				F	P	Post-hoc
			성공		실패		성공		실패				
			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD			
좌삼각근	1047.44	㎶	359.48	182.11	466.38	257.63	396.91	186.96	629.39	380.85	1.87	.153	
	1336.78	㎷	34.3		44.5		29.6		47				
좌햄스트링	477.00	㎶	244.22	199.75	311.94	311.12	116.99	112.03	318.45	326.46	1.22	.316	
	644.22	㎷	51.1		65.3		18		49				
좌대퇴직근	357.22	㎶	360.53	333.55	451.20	387.24	244.29	269.37	302.08	313.23	.618	.609	
	496.44	㎷	100		126.3		49		60.8				
좌비복근	406.56	㎶	479.18	388.13	604.25	456.34	254.32	249.97	385.25	355.88	1.38	.266	
	481.56	㎷	117.8		148.6		52.8		80				
우삼각근	1192.67	㎶	533.16	411.29	638.05	315.24	209.77	258.80	386.83	344.73	2.88	.051	P2-P3*
	1176.78	㎷	44.7		53.4		17.8		32.8				
우햄스트링	553.89	㎶	262.13	231.90	356.68	328.16	129.77	182.78	278.85	340.00	.998	.407	
	733.78	㎷	47.3		64.3		17.6		38				
우대퇴직근	398.67	㎶	329.28	322.69	482.74	396.03	173.88	174.46	381.62	361.13	1.374	.269	
	650.67	㎷	82.5		121		26.7		58.6				
우비복근	416.44	㎶	503.26	402.78	578.93	471.41	370.47	210.18	493.54	363.56	.466	.708	
	452.22	㎷	96.7		139		81.9		109.1				

※p1:비숙련자 실패 p2:비숙련자 성공 p3:숙련자 실패 p4:숙련자 성공

*p 〈.05, **p 〈.01, ***p 〈.001

<표 22>. 3회전시 회전 준비기 근전도

3회전														
구분	총 평균		숙련자				비숙련자				F	P	Post-hoc
			성공		실패		성공		실패				
			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD			
좌삼각근	1047.44	㎶	529.19	231.45	226.47	68.45	582.50	123.32	571.63	238.06	.880	.491	
	1336.78	㎷	50		20		43.5		42.7				
좌햄스트링	477.00	㎶	407.15	103.16	64.14	80.08	226.30	337.49	292.38	239.38	1.308	.337	
	644.22	㎷	85		13		35		45				
좌대퇴직근	357.22	㎶	572.75	40.07	268.41	394.47	135.23	97.46	172.00	100.75	2.031	.188	
	496.44	㎷	160		75		27		34.6				
좌비복근	406.56	㎶	591.02	382.43	376.85	459.62	268.40	104.10	363.29	204.17	.343	.795	
	481.56	㎷	145		92		55.7		75				
우삼각근	1192.67	㎶	653.47	298.97	400.33	527.64	270.15	181.68	413.39	221.88	.681	.588	
	1176.78	㎷	54		33		22.9		35				
우햄스트링	553.89	㎶	421.18	316.43	99.44	132.39	121.57	150.10	75.85	48.83	2.24	.164	
	733.78	㎷	76		17.9		16.5		10				
우대퇴직근	398.67	㎶	632.66	245.21	266.78	382.55	241.00	365.00	365.39	295.09	.901	.482	
	650.67	㎷	158.6		66.9		56		56				
우비복근	416.44	㎶	757.72	448.79	290.54	327.87	371.74	324.45	1225.55	1717.83	.653	.603	
	452.22	㎷	181.9		69.7		82		271				

회전 준비기를 살펴보면 2회전 숙련자 그룹 성공시에는 편심성 수축의 발생으로 왼쪽 비복근이 MVIC와 비교해 볼 때 117.8%의 활동을 함으로써 이구간에서 최대수의적 등척성수축시의 수치보다 더 많이 활용한 것으로 나타났다. 또한 이시기에는 왼쪽 비복근이 오른쪽 비복근보다 활동정도가 더 높게 나타났다. 왼쪽 삼각근은 34.4% 오른쪽 삼각근은 44.7%를 활동함으로써 10.4% 더 활동한 것을 보이며 회전 준비기에서는 오른손이 왼쪽으로 감아 주었다가 시계방향으로 뿌려주기 때문에 활동 정도가 더 많이 나타난 것으로 보인다.

비숙련자 그룹에서도 왼쪽 삼각근이 254.32㎶로 52.8%의 활동을 보였고 오른쪽 삼각근이 370.47㎶로 81.9%의 활동을 보여 MVIC와 비교해보면 가장 많은 활동 정도를 보였으며 숙련자 실패 시와 유의한 차이를 보였다. 숙련자 그룹과 달리 왼쪽 비복근 보다는 오른쪽 비복근 활동이 더 많고 숙련자 그룹과는 다른 현상을 보였다.

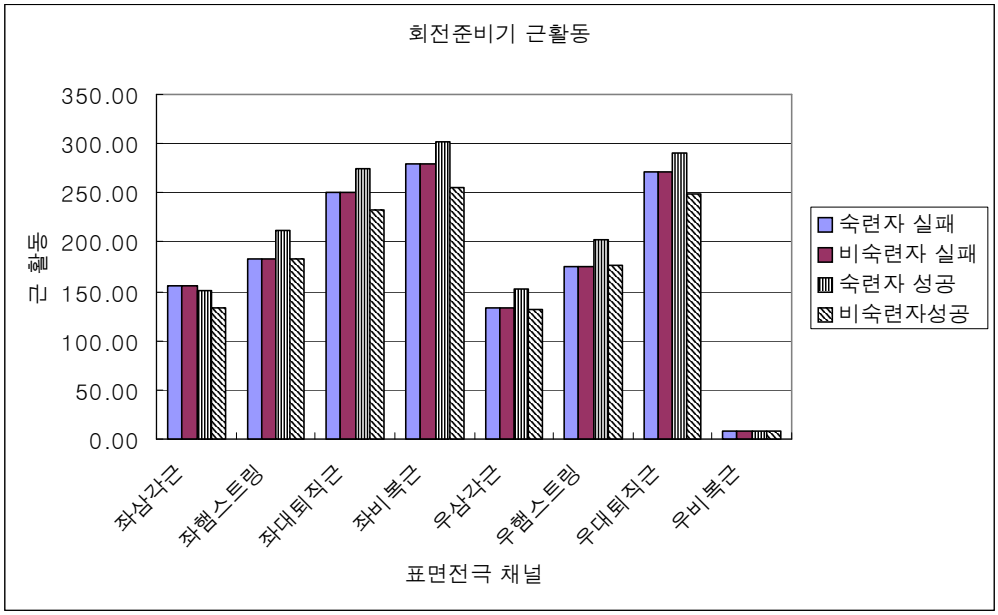
숙련자 그룹이나 비숙련자 그룹이나 성공시보다 실패 근육의 활동 정도가 높게 나타난 것은 과하게 근육에 힘이 들어가 몸이 경직되어 좋은 동작수행이 이루어 지지 않은 것으로 생각되어진다. 이러한 현상은 문선희(1981)의 연구에서 비 숙련자가 기본 동작을 행할 때 동작이 미숙해 긴장으로 인하여 근섬유의 운동단위가 많이 동원되어 근 활동이 많이 나온 것으로 보고 하였는데 본 연구에서도 근육긴장으로 인한 결과로 보인다.

3회전에서도 2회전시와 같이 비복근에서 757.72㎶로 181.9%와 591.02㎶로 145%의 근 활동이 많았고 2회전시보다는 햄스트링의 활동량도 많은 것으로 나타났다. 3회전 숙련자 그룹의 성공을 보면 비복근과 대퇴직근의 활동량이 가장 활발한 것으로 나타났다. 숙련자 그룹의 실패시를 보면 2회전 과는 다르게 3회전 실패시에 근육의 활동량이 성공시보다 확연히 작게 나타났다. 비숙련자 그룹은 비복근의 활동량이 MVIC의 100%에도 미치지 못한 82%로 나타났다. 이성철(2005) 등이 연구한 점프 유형에 따른 하지의 근 활동 형태 연구에서는 발이 지면에서 떨어져서 점프하기 직전까지의 근 활동에 대한 연구로 양발 점프시에는 비복근의 근수축 최대값이 521.5㎷로 나왔고 한발 점프시는 696.1㎷로 나타났다. 이는 본연구의 숙련자 그룹의 2회전 성공 시

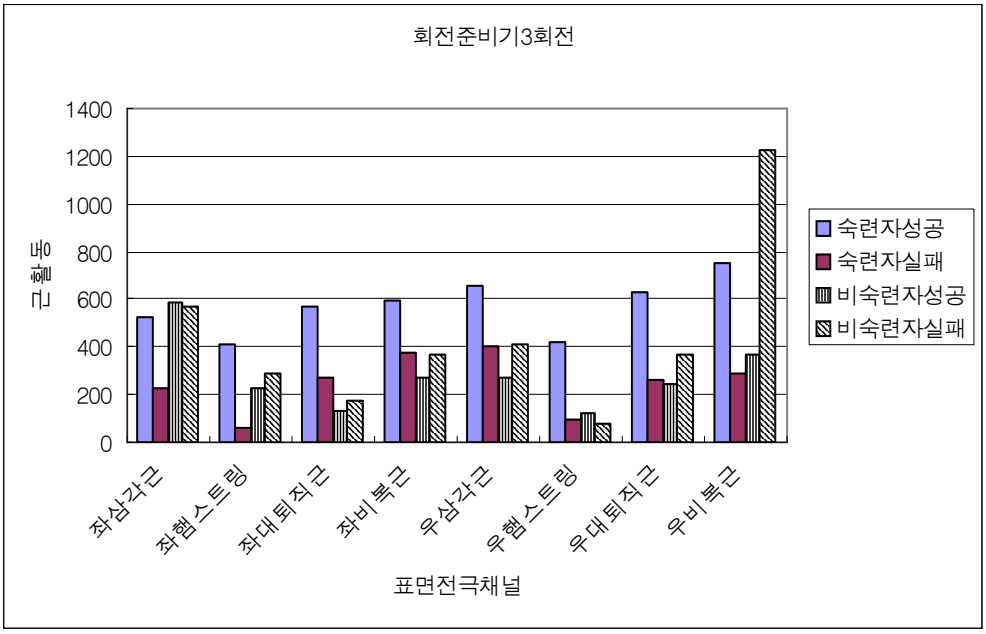
503.26μV와 유사한 결과를 나타냈다.

숙련자 그룹의 오른쪽 삼각근의 활동량이 54%인 것에 반해 비숙련자들의 오른쪽 삼각근은 22.9%의 활동밖에 나타나지 않은 것으로 보아서는 회전에 도움이 되는 팔의 움직임을 제대로 사용하지 못한 것으로 판단된다.

숙련자 그룹의 성공시와 실패시의 비교에서도 실패시에서는 33%의 활동량 밖에 나타나지 않은 것은 회전을 하기 전 채찍 역할을 해주는 팔의 움직임을 제대로 활용하지 못한 것으로 보이며 위에서 보는바와 같이 이 시기에서는 회전이 시작되기 전 뻘리에 에서의 하지근의 활동도 중요하지만 삼각근의 활용도 중요함을 알 수 있다.



(그림 30). 2회전 회전 준비기 근활동



(그림 31). 3회전 회전 준비기 근활동

회전 준비기의 근 활동 정도를 종합해 보면 숙련자 그룹은 좌 비복근, 좌 대퇴직근, 우 비복근, 우 대퇴직근, 좌 햄스트링, 우 햄스트링, 우 삼각근, 좌 삼각근 순으로 나타났다. 이는 E1인 쁠리에에서 E2인 점프 직전까지의 단계로 작용, 반작용 토크에 의한 우측 회전을 위해 좌측으로 더 눌러 줌으로써 좌측 비복근과 대퇴직근의 활동정도가 우측보다는 높게 나타났다. 그렇기 때문에 신체중심 변위에서도 전후축 움직임에서도 같은 시점에서 신체중심이 숙련자 그룹은 뒤쪽으로 치우쳐 있는 이유와 연관 지어볼 수 있고 회전력을 증가시키기 위해서는 이 시점에서 회전 반대방향으로 반작용 토크를 증가시키는 것이 바람직한 현상이다. 삼각근의 경우도 하지근 활동과 마찬가지로 우측 팔을 좌측으로 감아주는 것이 필요함으로 좌측보다는 우측 삼각근 활동이 더 많은 것으로 나타났다.

비숙련자 그룹은 우비복근, 좌비복근, 좌대퇴직근, 좌삼각근, 우대퇴직근, 좌 햄스트링, 우삼각근, 우햄스트링 순으로 나타났다. 숙련자 그룹과는 달리 우 비복근의 활동이 많이 나타났고 좌 삼각근의 활동이 우 대퇴직근보다 더 많

이 나타난것은 우측 팔만 비팅(beating)이 이루어져야 하는데, 좌측 팔을 먼저 회전하는 방향으로 끌어들였기 때문이라고 사료되며 각속도에서도 우측 팔의 움직임이 숙련자 그룹보다 작은 것으로 나타났다.
결과적으로 회전준비기에서는 좌측 비복근과 대퇴직근이 우측 보다는 근 활동이 많아야 하고 우측 삼각근의 근 활동이 많아야 회전력을 증가시킬 수 있을 것을 사료된다.

2. 회전 진행기

회전 진행기는 E3인 하프턴에서부터 두번째 하프턴인 E5까지의 시점의 근 활동을 분석 하였다 분석결과는 <표23, 24>와 (그림32, 33)과 같다.
회전 중일때의 2회전 숙련자 그룹 성공시를 보면 비복근의 경우 좌우 97.5%와 92.7%로 비슷한 활동을 보였고 햄스트링의 경우는 2회전 준비시점 성공시 244.22μN로 51.1%와 262.13μN로 47.3%를 나타냈는데 회전 중 일 때는 288.54μN로 60%와 311.70μN으로 56.2%의 활동을 보임으로써 회전중일 때 근수축 활동이 많이 나타났다. 이와 같이 나타난 이유를 Anna(2000)는 발레는 안쪽 근육을 수축 시키도록 하는데 안쪽 대퇴를 좀 더 수축 시킴으로써 몸의 힘을 마루바닥으로 보내는 대신 밑으로 가는 에너지를 위쪽으로 다리 사이로 가게 만든다고 하였다. 그러한 이유로 회전 준비기 보다 회전 중일 때 햄스트링의 수축 활동이 더 활발하게 나타난것을 보인다.
실패시에는 점프를 할 때 필요한 비복근과 대퇴직근이 성공시보다 좌우 5.9%, 18%씩 적게 타나냄으로써 체공시간이 길지 못한 것으로 보인다.
비숙련자 그룹 성공시에는 좌우 비복근이 346.45μN로 71.9%와 420.12μN로 92.9%의 근수축 활동을 보였고 다음으로 대퇴직근이 근활동이 많은 것으로 나타났다. 그러나 실패시에는 왼쪽 대퇴직근이 왼쪽 비복근과 비슷한 524.95μN로 105.7%의 활동을 보이며 전체적으로 불규칙한 양상을 보이는 것으로 미루어 볼 때 실패시에는 성공시보다 동작수행시 무용수들의 근육조절이 잘 이루어지지 않음을 알 수 있다.
성공시를 숙련자 그룹과 비숙련자 그룹을 비교해 보면 숙련자 그룹의 비복

근 수축은 335.46μN, 406.09μN 비숙련자 그룹의 비복근 근수축은 346.45μN, 420.12μN로 나타났지만 MVIC와 비교해서 활동 정도를 볼 때 숙련자 그룹은 92.7%, 97.5%로 최대 근수축 수치에 가까운 근 활동을 보였지만 비숙련자 그룹은 71.9%와 92.9%로 왼쪽 비복근의 근 수축 활동이 적게 나타났다.

<표 23>. 3회전 회전중 근전도

3회전															
구분	총 평균		숙련자						비숙련자				F	P	Post-hoc
			성공		실패		성공		실패						
			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD					
좌삼각근	1047.44	㎶	271.60	61.45	462.81	101.34	557.96	153.92	224.64	67.89	7.029	.012	P2-P4* P3-P4*
	1336.78	㎷	20.3		34		53		21						
좌햄스트링	477.00	㎶	124.57	166.39	369.84	253.69	546.59	324.70	146.53	223.44	1.940	.202	
	644.22	㎷	19		57		114.5		30						
좌대퇴직근	357.22	㎶	324.40	437.74	596.56	463.04	736.50	217.98	123.23	143.92	1.906	.027	
	496.44	㎷	65		120		206		34						
좌비복근	406.56	㎶	308.20	137.98	882.28	648.89	630.44	264.66	187.36	164.53	1.498	.285	
	481.56	㎷	64		180		155		46						
우삼각근	1192.67	㎶	163.45	50.70	236.30	32.30	741.18	111.41	200.00	170.03	19.79	.000	P1-P4*P2- P4*P3-P4*
	1176.78	㎷	13.8		20		62		16.7						
우햄스트링	553.89	㎶	198.75	279.86	296.82	216.65	449.92	316.88	252.91	396.29	.365	.780	
	733.78	㎷	27		40		81		45.6						
우대퇴직근	398.67	㎶	181.47	259.76	398.96	305.10	585.29	247.28	89.10	101.35	.901	.482	
	650.67	㎷	27.8		60		146.8		22						
우비복근	416.44	㎶	462.54	470.71	1051.43	1225.46	767.28	248.55	216.09	198.84	.867	.497	
	452.22	㎷	102		232		184		51						

※p1:비숙련자 실패 p2:비숙련자 성공 p3:숙련자 실패 p4:숙련자 성공

*p 〈.05 ,**p 〈.01, ***p 〈.001

<표 24>. 2회전 회전중 근전도

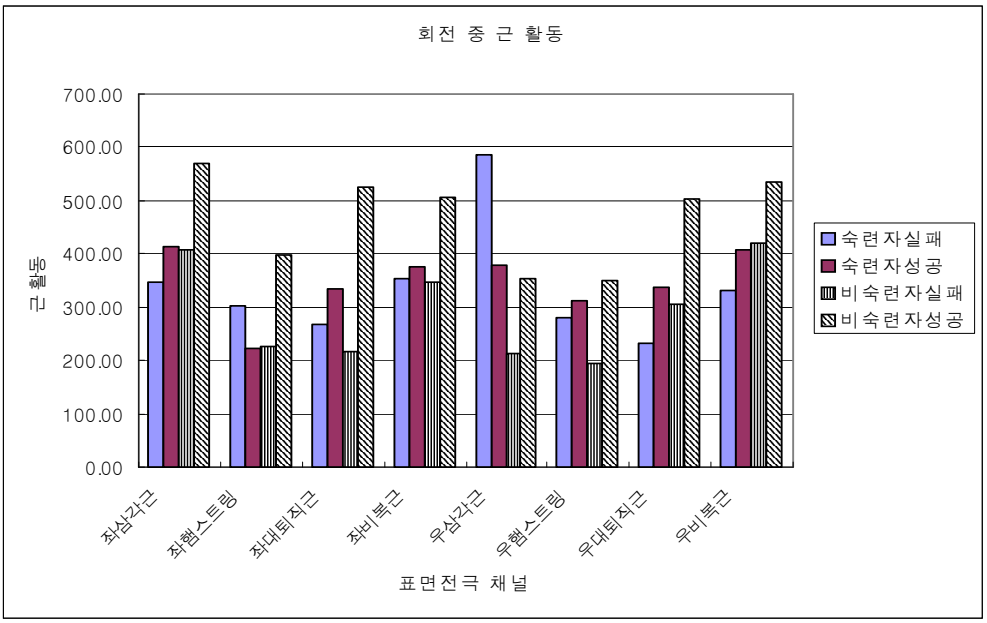
2회전														
구분	총 평균		숙련자				비숙련자				F	P	Post-hoc
			성공		실패		성공		실패				
			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD			
좌삼각근	1047.44	㎶	412.93	172.10	345.46	102.30	405.72	164.72	569.10	162.21	3.76	.020	P1-P3*
	1336.78	㎷	39		32.9		30		42.5				
좌햄스트링	477.00	㎶	288.54	165.32	308.85	233.87	226.77	167.52	397.68	199.22	1.22	.316	
	644.22	㎷	60		64.7		35		61.7				
좌대퇴직근	357.22	㎶	335.46	382.12	267.38	221.43	216.94	217.59	524.95	369.55	.618	.609	
	496.44	㎷	93.9		74.8		43.6		105.7				
좌비복근	406.56	㎶	376.96	242.73	352.97	215.67	346.45	276.00	505.65	298.95	.723	.546	
	481.56	㎷	92.7		86.8		71.9		105				
우삼각근	1192.67	㎶	379.54	273.66	586.85	365.98	214.50	96.50	353.63	121.52	.355	.025	P2-P3*
	1176.78	㎷	31.8		49.2		18.2		30				
우햄스트링	553.89	㎶	311.70	193.85	281.33	202.53	192.67	195.57	349.63	1212.52	.954	.427	
	733.78	㎷	56.2		50.7		26.2		30				
우대퇴직근	398.67	㎶	335.86	349.92	231.23	184.82	304.72	201.05	502.95	241.13	1.704	.174	
	650.67	㎷	84.2		58		46.8		77.2				
우비복근	416.444	㎶	406.09	257.69	330.69	193.61	420.12	203.75	535.46	255.07	1.157	.342	
	52.22	㎷	97.5		79.4		92.9		118.4				

※p1:비숙련자 실패 p2:비숙련자 성공 p3:숙련자 실패 p4:숙련자 성공

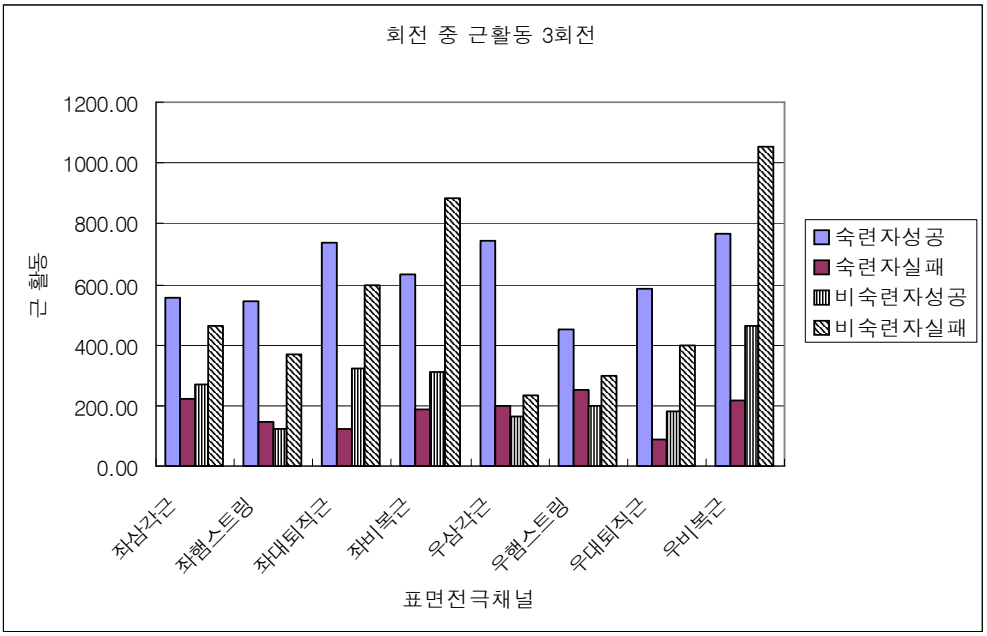
*p 〈.05, **p 〈.01, ***p 〈.001

3회전시 숙련자 그룹 성공을 보면 오른쪽 비복근이 767.28㎶로 184%의 활동으로 최대 근수축 수치보다 많은 활동을 보였고 왼쪽 대퇴직근이 736.50㎶로 206%의 많은 활동을 보였다. 그러나 숙련자 그룹 실패시를 보면 최대 등척성 근수축 수치의 50% 미만의 근수축 활동을 보임으로써 성공 시와 다르게 근수축 활동이 적게 나타났으므로 좋은 동작이 이루어지지 않음을 나타내고 있다. 오른쪽 삼각근 왼쪽 삼각근 모두 비 숙련자 그룹 성공시와 실패 시와 유의한 차이를 보였다. 비숙련자 그룹에서는 성공시보다 실패시기에 좌우 비복근의 근수축 활동이 882.28㎶로 180%, 1051.43㎶로 232%의 활동을 나타냈다.

숙련자 그룹과 비숙련자 그룹의 성공시를 보면 햄스트링에서도 숙련자 그룹은 좌우 546.29㎶ 114.5%, 449.92㎶ 81%의 활동을 했고 대퇴직근도 좌우 736.50㎶ 206%, 585.29㎶ 146.8%의 활동을 보인반면 비숙련자 그룹의 햄스트링의 경우 좌우 124.57㎶ 19%, 198.75㎶ 27%의 활동과 대퇴직근 좌우 324.40㎶ 65%와 181.47㎶ 27.8%의 다소 차이가 나는 근활동을 보인다. 이렇듯 숙련자 그룹보다 비숙련자 그룹의 근활동 수치가 적게 나타나는 것은 점프해서 회전하는 동안 비숙련자 그룹이 숙련자 그룹보다 근활동이 적음을 알 수 있으며 근육을 필요시에 따라 적절히 조절할 수 있는 훈련이 필요하다고 본다.



(그림 32). 2회전 회전 중 근 활동



(그림 33). 3회전 회전 중 근 활동

회전중 근활동을 종합해 보면, 숙련자는 우비복근, 좌대퇴직근, 좌비복근, 우대퇴직근, 우햄스트링, 좌햄스트링, 좌삼각근, 우삼각근 순으로 나타났다. 점프 후 회전중이기 때문에 점프에 필요한 우비복근의 활동이 가장 많이 나타났고, 좌대퇴직근과 좌비복근의 활동이 우대퇴직근보다 활동이 많이 나타난것은 회전 중 좌측 다리의 위치가 바뀌기 때문에 그에 따른 결과라고 사료된다. 햄스트링의 근활동은 회전 준비기 보다는 활동량이 떨어진 것으로 나타났으며 이는 회전중에는 다리가 신전되어 있기 때문에 무릎굴곡근인 햄스트링의 근활동은 상대적으로 작아지는 것으로 나타났다.

삼각근의 활동은 좌삼각근이 우삼각근보다 활동량이 많은 것으로 나타난것은 회전준비기에서 우측 팔이 회전방향으로 뿌려주었고 회전이 진행되면서부터는 좌측 팔이 감아주기 때문에 우측 삼각근의 활동보다 좌측 삼각근의 활동이 더 많이 나타난다.

비숙련자는 우비복근, 좌비복근, 우대퇴직근, 좌대퇴직근, 좌햄스트링, 좌삼각근, 우햄스트링, 우삼각근순으로 나타났다. 하지근인 우측 햄스트링의 근 활

동보다 좌삼각근의 활동이 많은 것으로 나타났다. 점프시에는 대퇴직근의 수축이 커야 높이 뛸 수 있는데 비숙련자의 근활동은 대퇴직근의 활동이 약하게 나타났다. 그러한 결과로 숙련자 보다 공중에서 회전할 수 있는 체공기가 짧은 것으로 사료된다. 따라서 비숙련자들은 숙련자와 비교해 볼 때 대퇴직근이나 햄스트링의 강화훈련이 더불어 필요한 것으로 사료된다.

3 . 착지기

착지기는 두 번째 하프 턴이 끝나는 시점부터 양 발이 바닥에 떨어지는 시점까지의 근활동을 분석 하였다 분석결과는 <표25, 26>과 (그림34, 35)와 같다.

착지시에는 다른 시기와는 달리 좌우의 근활동이 비슷하게 나타났으며 특히 2회전 성공시와 실패시에 오른쪽 비복근의 근활동이 같게 나타났으며 좌측 비복근은 실패시와 유의한 차이를 보이고 우측 비복근은 비숙련자 성공시와 유의한 차이를 보였다. 성공시의 좌우 근활동이 규칙적인 것에 반해 실패시에 좌우 근활동이 불안정하게 나타난 것은 동작 수행시 신체의 조절과 안정성이 약해진 것으로 사료된다.

비숙련자 그룹의 실패시 근 활동이 성공시보다 최대 근수축 수치보다 더 많은 활동을 보였다. 숙련자 그룹 성공시와 비교해 보면 숙련자 그룹보다 근활동이 최대 근수축 수치보다 적은 활동을 보이는 것으로 보아 동작 수행 능력이 현격한 차이가 남을 알 수 있다. 다른 시기와 달리 숙련자 그룹 성공시는 좌우 삼각근의 근수축 활동이 많이 나타났는데 이는 회전 후 착지시 양쪽 팔을 빨리 벌려줌으로써 흔들림 없는 착지를 하기 위한 것으로 보이며 비 숙련자 그룹은 숙련자 그룹과 좌우 삼각근이 33.5%와 41.1%의 차이를 보이는 것으로 미루어 볼 때 숙련자 그룹보다 착지시 안정성이 떨어질 것으로 생각되어진다. 회전 준비기나 회전 진행 중 일 때 보다 착지기에 비복근, 대퇴직근, 햄스트링의 근수축 활동이 크게 나타나는 것은 발레의 특성상 점프 후 착지시 몸의 긴장이 풀어지지 않고 가볍게 하기위하여 충격을 최소화 하기 때문이라고 판단되어진다. 숙련자 그룹의 3회전은 최대 근수축 수치보다 훨씬 많은 양의 활동을 보인 반면 비숙련자 그룹 성공시에는 최대 근수축에 미치지 못한 근활동을 보였다.

<표 25>. 2회전 착지기 근전도

2회전														
구분	총 평균		숙련자				비숙련자				F	P	Post-hoc
			성공		실패		성공		실패				
			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD			
좌삼각근	1047.44	㎶	718.32	264.29	511.26	216.49	471.97	243.01	556.57	462.53	1.19	.328	
	1336.78	㎷	68.5		48.8		35		40				
좌햄스트링	477.00	㎶	448.09	267.21	237.52	167.74	294.97	187.79	482.60	297.31	2.11	.118	
	644.22	㎷	93.9		49.7		45.7		74.9				
좌대퇴직근	357.224	㎶	527.91	260.51	374.68	242.91	259.78	172.81	454.56	380.62	1.55	.219	
	96.44	㎷	147.7		104.8		52.3		91.5				
좌비복근	406.56	㎶	655.44	327.75	282.27	147.06	329.53	229.21	514.24	306.98	3.654	.023	P3-P4*
	481.56	㎷	161		69.4		68		106.7				
우삼각근	1192.67	㎶	756.44	418.34	706.49	658.44	262.80	129.33	345.20	311.26	3.19	.037	
	1176.78	㎷	63.4		59		22.3		29				
우햄스트링	553.89	㎶	634.82	457.47	634.82	457.47	226.16	186.73	462.09	312.88	2.17	.111	
	733.78	㎷	114.6		114.6		30		62.9				
우대퇴직근	398.67	㎶	561.13	271.71	561.13	271.71	385.45	218.08	623.91	380.61	1.012	.401	
	650.67	㎷	140.7		140.7		59		95.8				
우비복근	416.44	㎶	705.21	404.41	705.21	404.41	286.41	180.92	651.15	348.16	4.145	.014	P2-P4*
	452.22	㎷	169.3		169.3		63		143				

※p1:비숙련자 실패 p2:비숙련자 성공 p3:숙련자 실패 p4:숙련자 성공

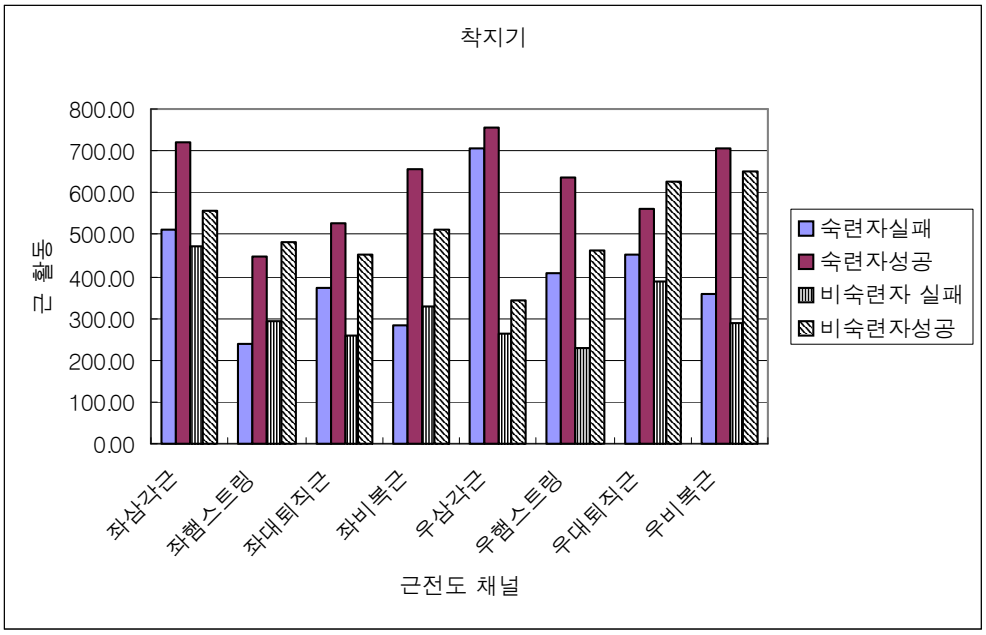
*p 〈.05, **p 〈.01, ***p 〈.001

<표 26>. 3회전 착지기 근전도

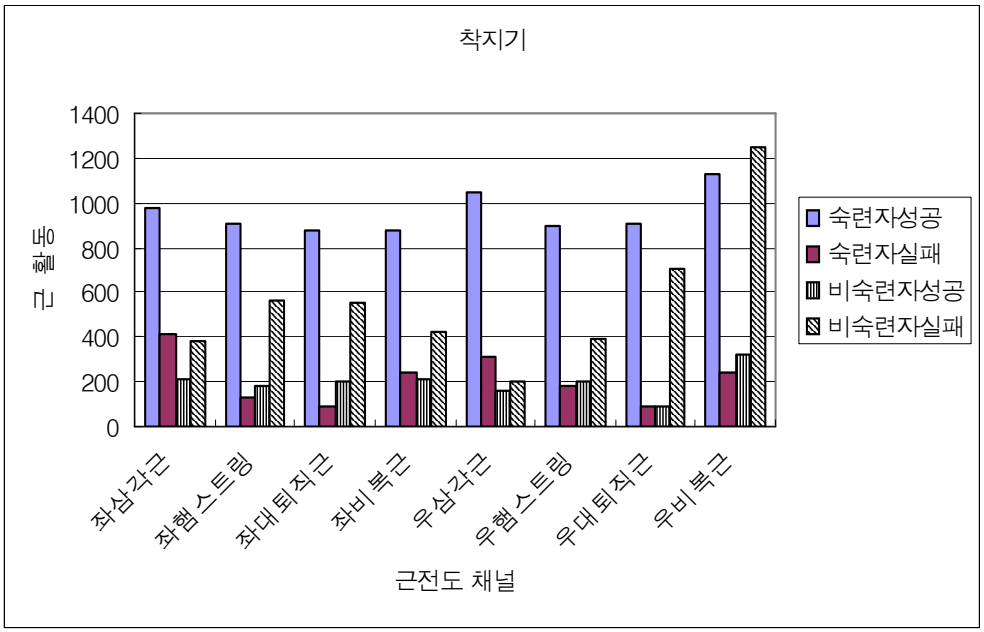
3회전														
구분	총 평균		숙련자				비숙련자				F	P	Post-hoc
			성공		실패		성공		실패				
			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD			
좌삼각근	1047.44	㎶	981.91	667.36	413.97	348.87	211.75	92.21	386.99	124.78	2.27	.157	
	1336.78	㎷	93.7		39.5		15		28.9				
좌햄스트링	477.00	㎶	901.73	531.24	126.25	185.33	181.35	248.03	565.78	454.06	2.70	.116	
	644.22	㎷	189		26		28		87.8				
좌대퇴직근	357.22	㎶	876.01	651.19	92.74	89.32	200.73	206.66	551.64	426.55	2.315	.152	
	496.44	㎷	245		25.9		40		111				
좌비복근	406.56	㎶	872.14	514.34	242.13	288.11	208.11	51.04	419.17	318.86	.854	.503	
	481.56	㎷	214.5		59.5		43		87				
우삼각근	1192.67	㎶	1043.72	612.88	309.77	386.07	157.12	86.09	203.48	55.56	3.86	.056	
	1176.78	㎷	87.5		25.9		13		17				
우햄스트링	553.89	㎶	894.78	668.60	180.19	258.53	197.57	247.20	396.51	257.07	2.077	.182	
	733.78	㎷	161		32.5		26.9		54				
우대퇴직근	398.67	㎶	904.32	647.51	88.92	96.28	89.65	98.38	708.96	213.85	4.41	.041	
	650.67	㎷	226		22.3		13.7		108				
우비복근	416.44	㎶	1132.47	744.23	243.71	228.93	319.07	287.52	1245.21	994.46	1.985	.195	
	452.22	㎷	271.9		58.5		70		275				

숙련자 그룹 성공시나 실패시에는 좌우 근육들의 근수축 활동이 유사하게 나타났으나 비숙련자 그룹은 2회전에서처럼 좌우 근육들의 근수축 활동이 불안정하게 나타났다.

EMG 분석을 종합해 보면 뚜르 앙 레르 동작시 가장 활동이 많은 근육은 비복근이었고 그 다음은 대퇴직근, 햄스트링, 삼각근으로 나타났고 숙련자와 비 숙련자간의 근육의 활동이 차이가 남을 알 수 있었다. 그러므로 완벽한 뚜르 앙 레르 동작을 위해서는 높이 차오르는 것이 매우 중요함으로 비복근과 대퇴직근에 대한 집중적인 훈련이 필요하다고 판단된다.



(그림 34). 2회전 착지기 근 활동



(그림 35). 3회전 착지기 근 활동

착지기의 근 활동을 종합해보면 숙련자는 우비복근, 좌비복근, 좌대퇴직근, 우대퇴직근, 우햄스트링, 좌햄스트링, 좌삼각근, 우삼각근 순으로 나타났다. 착지시에는 좌비복근과 우 비복근의 비슷한 근활동을 보였고, 좌대퇴직근과 우대퇴직근도 유사하게 나타났으나 햄스트링의 근활동은 좌우의 차이가 나타났다. 우측 햄스트링의 근활동이 더 많이 나타난 것은 착지시 신체중심이 앞쪽으로 치우쳐 착지가 이루어지고 충격량을 완화시키기 위해 굴곡을 깊게 해주었기 때문이고 이러한 결과로 나타난 것이라고 사료된다. 삼각근의 활동도 좌측 삼각근이 우측 삼각근 보다 근활동이 많은 것으로 나타난 것은 착지시 좌측 팔을 뻗어줌으로써 회전력을 감소시키기 위한 것으로 사료된다.

비숙련자는 근활동이 숙련자와는 다르게 나타났다. 숙련자와는 달리 좌햄스트링의 근활동이 더 많이 나타났고, 좌삼각근의 활동도 우햄스트링의 활동보다 더 많은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 회전 후 급격히 하강함으로써 완전히 발이 지면에 닿기 전에 팔동작이 먼저 이루어 진 것으로 보이며, 좌햄스트링의 근활동이 더 많이 나타난 것도 착지가 빨리 이루어져 신체중심이

뒤로 밀려 착지가 이루어 진 것으로 사료된다.

결과적으로 숙련자와 비숙련자의 근 활동이 차이가 많이 타나남으로써 비숙련자들의 하지근 강화를 위한 훈련과 연습방법이 필요하고 연구 결과 점프를 하기 위해서는 비복근, 대퇴직근, 햄스트링의 근활동이 상대적으로 많아야 좋은 동작을 수행할 수 있는 것으로 나타났다.

Ⅴ. 결론 및 제언

A. 결 론

본 연구는 3차원 영상분석과 지면반력, 근전도를 사용하여 뚜르 앙 레르 동작을 운동역학적으로 분석하여 뚜르 앙 레르 동작에 대한 기초자료를 제공하고, 바른 동작 수행을 하며 안전하고 효율적인 동작으로 표현할 수 있도록 전반적인 자료제시를 위하여 실시된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 뚜르 앙 레르 동작 수행시 국면별 동작 수행시간은 2국면인 점프에서 하프턴 구간의 수행시간이 짧아야 하고 회전을 할 수 있는 체공시간이 길어야 하는 것으로 나타났다

2. 뚜르 앙 레르 동작 수행시 무릎의 각도는 쁠리에 동작에서 너무 깊게 굴곡하는 것은 점프에 도움이 되지 못하며, 점프시점 부터의 무릎각도는 빠른 신전이 이루어져야 하고 회전동안에는 무릎각도의 변화가 없어야 한다. 착지 시에는 무릎의 굴곡각도를 크게 해주어 충격력을 감소 시킬 수 있어야 한다.

3. 뚜르 앙 레르 동작 수행시 상체전경각도는 앞이나 뒤로 기울어짐이 없이 수직의 자세를 유지해야 공중에서의 회전동안 체공시간을 늘릴 수 있지만 본 연구에서는 그렇지 못한 것으로 나타났다. 그러므로 이를 보완할 수 있는 훈련이 필요하다

4. 뚜르 앙 레르 동작 수행시 회전력을 증감시키는데 우전완의 역할이 중요하다. E2인 점프동작에서 우전완을 비팅(beating) 함으로써 회전력을 증가시키고 회전 중에는 전완을 신체중심 가까이 끌어들임으로써 관성모멘트를 줄이고 회전력을 유지시켜야 한다. 착지 시에는 우 전완을 신전시킴으로써 회전력을 감소시키고 착지가 이루어지도록 해야 한다.

5. 뚜르 앙 레르 동작 수행 시 몸통속도는 수직(z축)축으로 점프시점인 E2에서 빠른 속도를 내야 보다 높은 점프를 할 수 있다.
머리 속도는 하프턴에서 첫 번째 회전이 이루어지는 시점과 두 번째 하프턴에서 착지 시까지의 회전속도가 빨라야 회전에 도움이 된다.

6. 뚜르 앙 레르 동작 수행 시 지면반력의 형태는 Fx, Fy축의 지면반력은 0에 가까워야 하고 ,회전 후 착지 시에도 전후, 좌우의 움직임이 적어야 착지 시 Fz축의 지면반력을 작게 함으로써 상해의 위험을 줄일 수 있다.

7. 뚜르 앙 레르 동작 수행 시 각운동량은 회전의 시작과 착지에서는 우 전완의 각운동량이 커야 하고 회전 중에는 관성모멘트를 줄이기 위해 전완의 각운동량이 적도록 몸에 밀착 시키는 것이 좋다.
머리의 각운동량은 회전이 이루어진 시점(E4, E6)에서는 각운동량이 0에 가까워야 수직적 안정감을 유지하며 회전할 수 있다.

8. 뚜르 앙 레르 동작 수행시 회전 준비기의 근활동은 좌비복근, 좌대퇴직근, 우비복근, 우대퇴직근, 좌햄스트링, 우햄스트링, 우삼각근, 좌삼각근 순으로 나타났다.
회전 준비기에서는 회전력을 증가시키기 위해 회전반대 방향으로의 반작용 토크를 크게 하기위해 좌측 하지근의 활동이 많아야 한다.
회전 진행기 근활동은 우비복근, 좌대퇴직근, 좌비복근, 우대퇴직근, 우햄스트링, 좌햄스트링, 좌삼각근, 우삼각근 순이었고, 착지기의 근활동은 우비복근, 좌비복근, 좌대퇴직근, 우대퇴직근, 우햄스트링, 좌햄스트링, 좌삼각근, 우 삼각근순으로 나타났다.
근활동을 종합적으로 정리하면, 뚜르 앙 레르 동작 수행시 비복근, 대퇴직근, 햄스트링, 삼각근 순으로 근활동이 활발했으며, 숙련자와 비숙련자의 근활동의 차이가 많이 나타남으로써 비숙련자들의 하지근 강화를 위한 훈련과 연습방법이 필요하다.

B. 제 언

위와 같은 결론에서 뚜르 앙 레르 동작에 대한 차후 연구를 위해 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

1. 좀 더 많은 실험 대상자들을 연구로 많은 객관적 자료수집이 이루어졌으면 한다.

2. 근전도 분석을 이용하여 몇 가지 고정적인 근육의 발휘정도는 알 수 있었으나 추후 연구에서는 근전도를 다른 근육들에 실험을 해봄으로써 다른 근육들의 근 활동도 분석하는 연구가 이루어지고 그에 따른 훈련방법을 제시하여야 할 것이다.

3. 본 연구의 뚜르 앙 레르 동작 뿐만 아니라 다른 여러 가지 복잡하고 다양한 남자 무용수들의 고난도 기술의 무용동작을 분석하여 올바른 동작수행 방법과 자세교정등 전반적인 자료를 더 많이 제시 함으로써 여자무용수들 보다 위험 부담이 더 많은 남자 무용수들의 안전과 동작 습득에 대한 효율성을 높일 수 있는 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

참고 문헌

김경희(1980).“ Ballet 동작의 운동역학적 분석”, 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.

김은경(2004). “고유감각수용기 트레이닝이 연령대별 발레무용수의 근골격 특성과 근신경 조절능력에 미치는 영향”, 서울대학교대학원 박사학위논문.

김용이, 최성이(2001). “삐루엣 앙 디올의 3차원 해부학적 각운동”, 「한국운동역학회지」 제10권 2호 p99~113.

김은지(2003). “발레동작 pas de chat동작분석”, 한양대 교육대학원 석사학위논문.

김은희(1998). “발레 삐루엣 앙드올 동작이 운동학적 분석”, 동덕여대 대학원 석사학위 논문.

김은희,이건범,이기청(2001). “발레 삐루엣 앙드올 동작의 분석”, 「한국운동역학회지」 제11권 제2호 pp217-230.

김학자(1999). “발레무용수의 움직임과 그 내부”, 한성대학교 출판부.

권안숙(2005). “발레 아라베스크회전동작의 주요요인에 관한 운동역학적 분석”, 동덕여대 대학원 박사학위논문.

권영후(2001).“ 역학적 관점에서의 무용의 이해”, 무용역학. 「대한무용학회」 제30집,134-143.

문선희(1980). “한국무용 기본동작의 근전도적 분석”, 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.

박기연(2004). “발레 동작 데벨로뻬 알 라 스공드의 족저압 분석”, 수원대학교 교육대학원 석사학위 논문.

박기자(1999). “아라베스크 토-밸런스 동작의 운동역학적 특성 분석”, 성균관대학교대학원 박사학위논문.

박성순(2005). “운동역학”, 도서출판 대경북스.

배정현(1992). ″근전도를 이용한 한국무용과 발레 무용수들의 하지근력에 관 비교연구″. 동아대 체육대학원 석사학위 논문.

백의선(1995). ″발레의 발달사″. 원광대학교 출판국.

서수민(2003). "발레의 그랑 아삼블레 동작의 운동학적 분석". 성균관대 대학원 석사학위논문.

손윤숙, 전홍조(1990). "발레무용수의 건강". 도서출판 금광.

송인아(1998). "발레 Turn-out수직점프의 미적특성에 대한 무용역학적 분석". 이화여대 대학원. 박사학위논문.

심제희(2004). "발레 아라베스크 동작의 역학적 분석". 한양대대학원 박사학위논문.

여홍철, 류재균(2004). "도마 손 짚고 몸펴 앞 공중 돌아 540도 비틀기의 운동역학적 분석". 「한국운동역학회지」, 제14권 1호, pp. 13-26.

염창홍(2005). "발레 그랑 바뜨망 제떼 알 라 스공드 동작 시 하지의 운동역학적 분석". 부산대 대학원 박사학위논문.

염창홍, 박영훈, 서국웅(2003). "발레의 1st Position 점프 동작 시 신발 유형에 따른 하지의 운동학적 비교분석".「한국운동역학회지」, 제13권 3호.

이경태(1995). "무용의학". 서울: 도서출판 금광.

이성철, 황인승, 조영재, 김선정(2005). "점프유형에 따른 하지의 근 활동 형태 연구(근전도 데이터 표준화 방법을 중심으로)". 「한국 운동역학회지」, 제15권 2호 pp155-165.

이혜숙(1997). "발레 동작의 운동학적 분석 -그랑 바뜨망 디벨로빼와 아띠튜드 크로와즈 데리에르를 중심으로-", 「한국운동역학회지」 제7권 제1호.

유봉준, 박계순, 임규찬, 박종진(1999). "발레 푸에떼 앙뚜루낭 앙드오르 동작의 운동학적 분석". 「한국운동역학회지」, 제9권, 제1호, 87-102.

이예순(1985). "Ballerina에 적합한 신체조건에 관한 소고". 「한국체육대학교 논문집」, 20, 81-89.

이지선(2006). "연풍대 동작의 운동역학적 분석", 국민대학교 대학원 박사학위논문.

임승희(1998). "발레의 데벨로빼 에까르떼 데리에르 동작의 운동학적 분석". 성균관대학교 대학원 석사학위논문.

유봉준(1999). "발레 푸에떼 앙뚜루낭 앙드오르 동작의 운동학적 분석". 울산대학교 교육대학원 석사학위 논문.

정성화(2000). "발레 Pirouette동작의 운동역학적 분석". 전북대 교육대학원 석사학위논문.

정현주(2001). "모션캡처 테크놀러지를 활용한 Fouette en Tournant의 무용역학적 분석과 3D멀티미디어 컨텐츠 개발". 이화여자대학교 박사학위논문.

정현주, 송인아(1998)." turn-out과 parallel 수직점프의 무용역학적 분석". 「대한 무용학회지」 20호.

정형수(1998). "발레 기본동작에 대한 준거지향검사의 기능학적 분석". 명지대학교대학원 박사학위논문.

홍명엽(1994)." 발레 바(Barre) 기본동작 시 하지근의 근전도에 관한 연구", 동아대 대학원 석사학위논문.

홍명엽(2004). "발레무용수의 발의 형태 변형 및 보행 시 압력분포에 관한 연구“, 동아대학교대학원 박사학위논문.

프리실다 M. 클락슨. 마거릿 스크리나르. 도정임 역(1995). 과학적인 무용훈련. 도서출판 삼신각.

Anna Paskevska(2000). 거울의 양면과 같은 발레예술과 과학. 도서출판 금광.

Bournonville, August(1983). Etude choregraphique. trans. by Barton, R. New York: Univers Books.

B. J. Hopper. M. Sc.(1998). 정철수 역. 운동역학의 정성적 분석. 도서출판 21세기 교육사.

Compaisis, J. : "Common adolescent dance injuries". dirty, 1(3):631-44,1984.

Donald A. Neumann.(2004). 근골격계의 기능해부 및 운동학 도서출판: 정담미디어.

Ellen Kreighbaum, KatharinenM, Barthels.(1986). 강충식, 정철정. 홍성균 역. 생체역학. 도서출판 보경문화사.

Fitt,S.S.(1996). Dance Kinesiology. New York: Schirmer.

Gretchen Ward Warren(2003). 클래식 발레 테크닉. 대한미디어.

James G. Hay. (1985). 박성순, 신보삼, 양동영, 이긍세 역. 스포츠 기술의 생체역학. 도서출판 동화문화사.

Kwon, Y. H.(2004). KWON3D Motion Analysis Package Version 3.1 User's Reference Manual. Seoul, Korea : Visol corp.

Laws, K. R.(2002). *Physics and the art of dance*. New York: Oxford University. Press.

Martin, j.(1946). The Story of the Dance. New York :A.S. Barnes and Company.

Plagenhoef, S. C., Evans, F. G. & Abdelnour, T.(1983). Anatomical Data for Analyzing Human Motion. *Research Quarterly for Exercise and Sport 54(2), pp.169~178*

Quirk R. (1983). Ballet injurise : The Australian experience. Clin. Med. 2(3):507-14.

Ryan,A.J. and Stephens, R.E.(1988). The Dancer's complete guide to Healthcare and a Long Career. Bonus book. Chicago.

Ryman, R.S.(1978). A Kinematic analysis of selected grand allegro jumps. CORD Dance Research Annual,9,231-242.

Thomasen. E. and Anne Rist R. (1996). Anatomy and Kinnesiology for ballet Teachers. Dance books Ltd. cecil court. London.

Washington. E.L. (1978). Musculoskeletal injurries in theatrical site. frequency and severity. Am. J. Sports Med. 6(2):98-98

Winter, D. A.(1979). Biomechanics of human movement. New York: John Wiley and Sons.