

Kinematic Analysis between Three Groups according to Proficiency in Fencer's Fente Movement

펜싱 팡트 동작 숙련도에 따른 세 그룹간의 운동학적 비교분석

Hyun Dai Jo¹, Ho Yeol Park²

¹Gonjiam Middle School, Gyeonggi-do, South Korea

²Cheongwon High School, Chungcheongbuk-do, South Korea

Received : 06 February 2020

Revised : 09 March 2020

Accepted : 13 March 2020

Corresponding Author

Hyun Dai Jo

Gonjiam Middle School, 82,
Gonjiam-ro, Gonjiam-eup,
Gwangju-si, Gyeonggi-do,
12804, South Korea
Tel : +82-10-4195-3323
Fax : +82-31-763-1773
Email : scottiejoe@korea.kr

Objective: The purpose of this study is to analyse and comparison the differences of kinematic variables for Fente skill in Fencing.

Method: For this, 15 people were selected as 5 beginners with less than 2 years of experience, 5 intermediate-class people with more than 2 years and less than 4 years, and 5 experts-class people with more than 4 years. Through the comparison of Marche Fente motion according to proficiency, for the necessary time, travel distance, the kinematic factor of joint angle, one-way ANOVA was performed in order to identify differences according to variables by phase.

Results: The time required for each phase was shown to be shorter for all phases experts than for beginners and intermediates. At the horizontal displacement of the foot, the right foot left out the last phase and the experts appeared long. The left foot showed short beginners in all phases. The angle of forward lean showed that the angle of forward lean was tilted forward by the experts of all phases. There was a difference between the left and right joint angles of the lower limb, both of the ankle, knee and hip joints.

Conclusion: In overall, Beginners should quickly widen the distance of their feet when they make a Fente movement. The beginner shall tilt the upper body forward in order to increase the angle of forward lean. The beginner shall, in the last phase, have a smaller angle on the hip joint.

Keywords: Fente, Marche fente, The angle of forward lean, The horizontal displacement of the foot

INTRODUCTION

펜싱의 마르쉬(Marche) 동작은 팡트(Fente) 공격을 최적으로 수행하기 위하여 거리를 확보하는 동작이다(Jung, 2010). 마르쉬 동작은 앞으로 앞발이 먼저 나가고 뒷발이 따라오는 동작이며, 팡트를 하기 전 한 스텝을 밟은 자세이다. 팡트는 마르쉬 동작에 이어져서 길게 런지 자세를 취해 칼로 상대를 찌르는 행위이며, 뒷다리를 세계 차며 앞다리를 전방으로 보내 주고 뒷다리는 길게 퍼주는 동작이다. 이러한 팡트의 공격은 다른 공격 방법에 비해서 공격에 실패했을 때 비교적 안정적인 자세로 돌아오는 장점을 가지고 있다(Kim, 2003). 이러한 동

작을 수행할 때 근육이 원심성 수축을 하는 동안 근육의 탄성 성분을 최대한 많이 활용하여 탄성 에너지를 많이 저장하는 것이 추후 이어지는 구심성 수축 동작의 효율을 높여주는 방법이 될 수 있다고 알려져 있다(Trimble, Kukulka & Thomas, 2000). 또한 Kettleinski & Pickens (1973)는 같은 동작의 반복이 계속 수행되는 스포츠이며, 순간적으로 거리를 좁혀서 공격을 계속하는 동작의 정확성과 민첩성이 요구되는 종목이라고 하였다. 이렇듯 펜싱의 동작은 근육의 탄성이 많이 요구되며 같은 동작이 반복되고 같은 날 경기의 수도 많은 종목이다. 많은 선수들은 길게 다리를 뻗는 수많은 팡트 자세의 연습을 통해서 정확하고 빠르며 안정적인 자세를 찾기 위해 노력한다. 또

한 팡트 동작은 경기력과 직결되는 가장 기본적인 동작으로 선수에게는 정확성과 스피드가 요구된다. 펜싱 경기는 순간적으로 득점과 실점이 나타날 수 있으며, 상대방의 움직임과 공격하는 위치에 따라 팡트 동작이 다르게 나타날 수 있다(Lee, 2010). 이 동작은 항상 두발의 중심을 유지하고 다음 동작을 고려하며 유연성이 요구되는 동작이다. 또한 Nelson & Reiff (1975)은 상대방을 잘 관찰할 수 있는 시각과 예측하기 힘든 공격에 대응을 위한 심리적인 이해가 필요하다고 하였다. 왼발의 차주기, 중심이동, 왼팔 젓기 등의 세 가지로 이루어지며 칼을 쥔 팔을 뻗어 앞발을 전진시키고 뒷발을 밀어 앞발이 지면에 닿을 때 튕겨 나가면서 힘과 균형을 유지시킨다(Lee, 2003). 이렇게 정확성과 스피드, 상대방의 움직임과 심리적 이해, 유연성과 힘 등이 펜싱 경기에서 팡트 자세를 결정짓는 요인이겠지만 더 중요한 것은 팔의 역할은 빠르고 정확하게 하며 다리의 역할은 디스탕스(distance)를 유지하는데 있고, 팔과 다리는 서로 조화를 잘 이루어야 한다(Manley, 1979). 그러므로 팡트의 발의 변위와 상체의 전경 각도는 하체의 각도와 조화롭게 어우러져 얼마큼 정확하고 빠르게 공격을 수행하였느냐를 팡트를 수행한 시간과 함께 알 수 있다. 이렇듯 팡트 동작의 우수한 수행을 알아볼 수 있는 운동학적 변인으로는 소요 시간, 이동거리, 상체의 전경 각도, 하체의 각도를 들 수 있다. 칼로 찌르기 위해서는 상대에게 빠른 속도로 다가서는 것과 다리를 길게 벌리는 것이 필요하다. 그러기 위해서는 뒤의 다리는 길게 뻗어야 할 것이며 앞의 무릎은 많이 구부린 자세가 나와야지 상대에게 칼을 가까이 가져갈 수 있을 것이다. 이러한 결과로 볼 때 부하가 앞으로 과하게 작용하게 되면, 허리 부상을 초래할 가능성이 있을 수 있다(Moon & Chun, 2013). 다리를 길게 뻗으며 상체의 전경을 유지하는 것은 힘든 일이다. 발목을 굴곡시켜 전후 방향의 신체 무게 중심의 이동이 불안정한 상태가 되기 때문에, 일정한 동작 수행 시 신체가 이를 극복하기 위해 척추 주변 근육에서도 협력적인 작용이 필요하다고 하였다(Oh, Kang, Kwon & Min, 2015). 그러므로 하지의 자세와 그런 동작을 만드는 하지 관절의 각도가 중요하다고 하겠다. 하지만 과하지 않는 범위 내에서 칼을 상대보다 길게 찌르기 위함은 그러한 무게 중심을 관성의 방향으로 더욱 빠르게 전진을 하기 위해 상체를 앞으로 던져주듯이 상체의 전경 각도를 유지해야 하는 이유일 것이다. 그리하여 팡트 동작의 우수한 수행을 결정짓는 요소를 위해서 상대와의 거리를 위한 운동학적 변인인 발의 수평 변위와 소요시간 그리고 상체의 전경각과 하체의 관절 각도를 보고자 하였다.

세 그룹으로의 숙련단계를 나누는 것은 숙련과 비숙련의 단순한 비교를 떠나서 발달단계에 따른 초급자가 중급자의 과정을 거쳐서 자동화 되고 숙련화 되는 숙련자 단계의 비교가 의미 있다고 판단된다. 특정 스포츠종목에서 숙련단계까지 이르기 위해서는 신체적 특징(physical attributes), 재능(talent), 지식

(knowledge), 기술(skill), 직관(intuition), 동기(motivation) 등 다양한 요인을 통제할 수 있어야 하며, 숙련의 단계에 오르기 위해서는 특정 과제들의 다양한 경험과 연습을 통한 학습이 필요하며(Kim, 2009), 이러한 요인에 따라 숙련의 단계가 나누어진다(Ericsson, 2014). 중간의 형성단계인 중급자의 과정을 같이 비교함으로써 성장 발달단계의 펜싱을 배우는 학생들에게 의미있는 정량적 자료를 제공하고자 하였다.

이와같은 목적으로 펜싱 경기에서 가장 많이 사용되는 공격 기술인 팡트 동작을 자연스러운 마르쉬 동작과 연결하여 팡트의 동작을 통제하였고 기존의 숙련과 비숙련의 선행연구를 넘어서서 발달단계 별 남자 중·고등학교 펜싱선수들을 숙련도 별로 세 그룹으로 나누었다. 초급과 중급, 중급과 상급, 그리고 초급과 상급의 그룹으로 나누어 운동학적 변인들을 비교분석하여 펜싱 입문자와 지도자들에게 과학적이고 정량적인 정보를 제시하는데 있다.

METHOD

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 충북 소재 S중학교 10명과 C고등학교 5명으로 선정하였다. 이들은 남자 펜싱 에페(epee)선수로서 숙련도에 따라서 초급자는 펜싱선수 경력 2년 미만이며, 중급자는 펜싱선수 경력 2년 이상 4년 미만으로 전국소년체육대회 출전경력이 있는 학생이다. 그리고 상급자는 펜싱선수 경력 4년 이상으로 전국체육대회 출전경력이 있는 학생으로 초급자 5명(키: 169±3.2, 몸무게: 55.2±6.2), 중급자 5명(키: 175.8±3.3, 몸무게: 64±1.4), 상급자 5명(키: 175.8±3.6, 몸무게: 68.6±3.4)으로 총 15명을 실험 대상으로 하였다.

2. 실험절차

이 연구는 남자 중·고등학교 펜싱 에페선수를 대상으로 팡트 동작의 운동학적 변인을 분석하기 위해서 충북 K 대학교 운동역학 실험실에서 진행하였다. 각도의 정의는 Figure 1와 같다.

연구 동작을 제약 받지 않고 수행할 수 있는 공간에 3차원 공간좌표 설정을 위한 가변형 통제점 틀을 2 m×2 m×1 m 크기로 설치하였다. 또한 펜싱화를 신고 수행하여 부상을 예방하고 경기와 최대한 비슷한 자료를 수집하도록 하였다. 연구 동작에 대한 영상을 촬영할 수 있는 범위에 6대의 고속카메라 설치하고, IEEE1394 케이블을 통해서 영상신호를 저장하였다. 카메라의 촬영 속도는 100 frames/s로 설정하였으며, 6대의 고속카메라와 동조를 위해 2대의 Sync LED를 카메라의 촬영 범위 안에 설치하였다. 연구 대상자들의 팡트 동작 후 목표

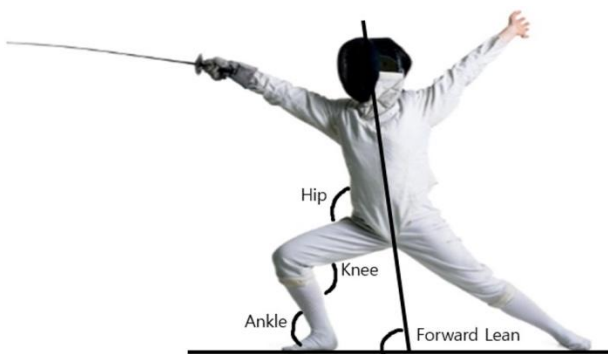


Figure 1. Angle definition

지점을 정확하게 찌를 수 있도록 평소에 실시하는 준비운동과 펜싱 기본 동작에 대한 연습을 충분히 실시할 수 있도록 하였다. 이 후 연구 대상자들에게 연구의 목적과 실험 방법을 충분히 설명을 하고 학부모의 동의를 받았으며, 실험을 이해하고 성실하게 참여하도록 하였다. 또한 연구 실험 중 발생할 수 있는 안전사고에 대한 예방을 위해 유의점을 설명해 주었다. 연구 대상자들은 3차원 영상 촬영을 위해 신체의 해부학적 위치에 관절점 30개(Figure 2), 검의 양끝에 원형 반사마커(직경 15 mm)를 부착하고, 인체의 해부학적 자세를 취한 후 5초간 static trial을 1회 측정하였다. 그리고 앞발을 놓고 양가르드 자세로 팡트 동작을 위한 준비 자세를 하였다. 이때 인체 좌·우

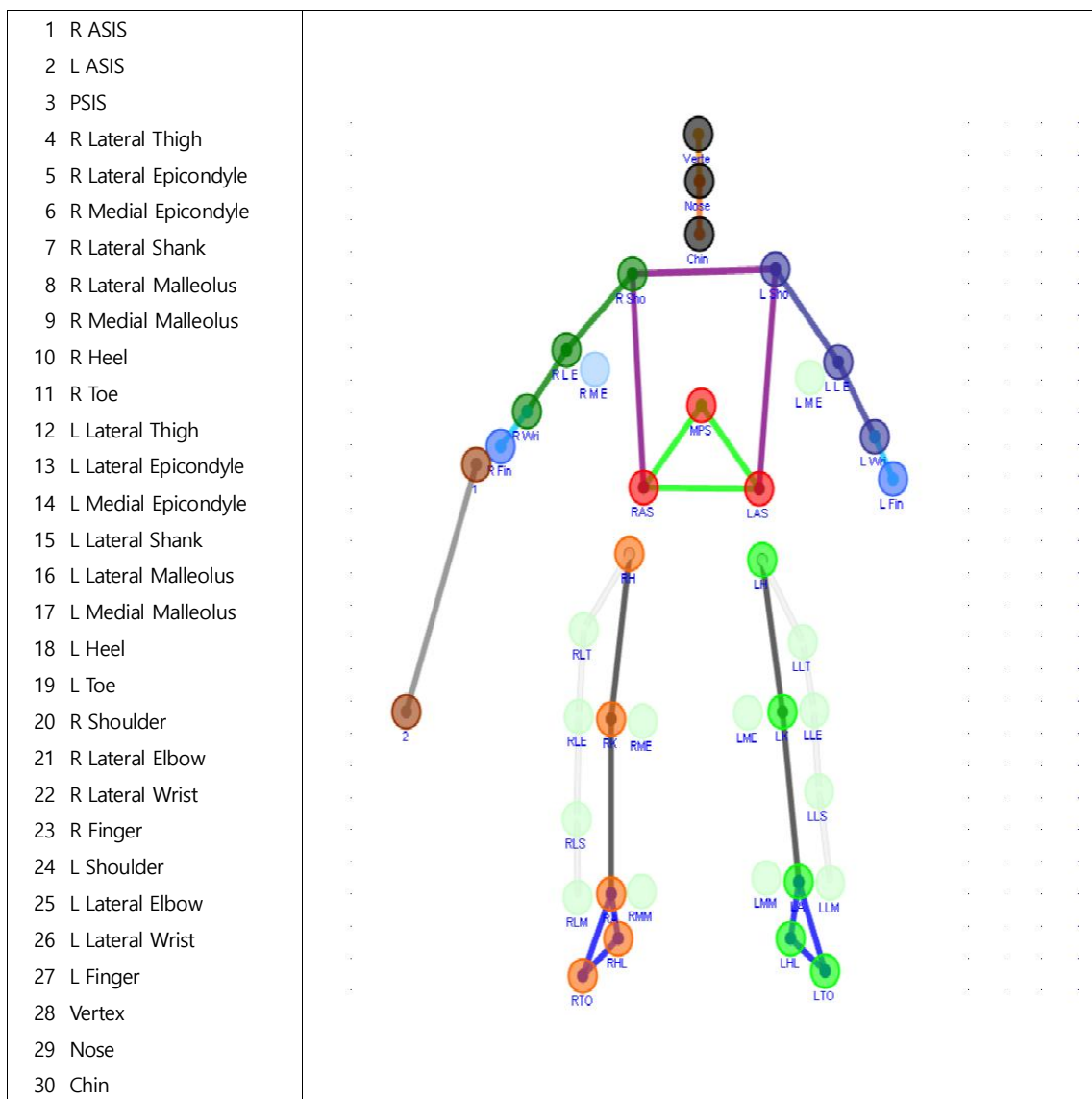
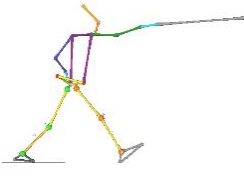
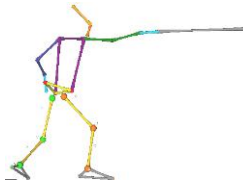
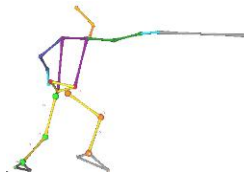
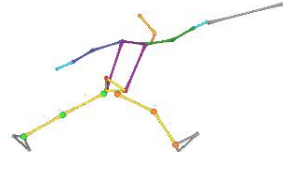


Figure 2. Body joint points

Table 1. Events and phases

Marche fente event			
			
Event1	Event2	Event3	Event4
Phase 1		Phase 2	Phase 2

방향을 X축, 검의 진행 방향을 Y축, 지면에 대한 수직 방향을 Z축으로 설정하였다. 본 실험이 이루어지기 전에 연구 대상자들은 실제 경기 시 팡트 동작과 유사하게 측정하기 위해 투수가 이루어지는 칼끝을 자신의 어깨부위에 표적지점으로 설정하였다. 연구 동작 수행 간 약 1분의 휴식시간을 주고, 마르쉬 팡트 동작을 각각 10회에 걸쳐 dynamic trial을 측정하였고, 이 자료 중 전문 펜싱지도자가 성공적으로 수행한 것으로 판단된 trial 자료를 개인 별 3회를 선정하여 숙련도 별 각 15회의 trial을 연구분석을 위한 자료로 사용하였다.

3. 자료분석방법

기준척의 통제점과 인체 관절 중심점의 좌표화는 Kwon3D XP 프로그램을 이용하였다. 공간 좌표계 설정을 위한 통제점들에 지면에 3개의 좌표점을 설정하여 전역 좌표계를 설정하고, 총 36개의 통제점을 10 프레임을 촬영하여 좌표화 시켰다. 30개의 신체 관절점과 6개의 인체 관절 중심점, 2개의 칼끝의 포인트점 총 38개의 좌표점을 설정하였다. 이 연구에서 인체 분절 지수(Body Segment Parameters)는 Tylkowski, Simon & Mansour (1982)의 연구 자료를 사용하였다.

3차원 좌표의 계산은 Abdel-Aziz와 Karara (1971)의 DLT 방법(Direct Linear Transformation method)을 사용한다. 3차원 좌표값을 계산할 때 여러 가지 원인에 의해 노이즈(Noise)가 발생하게 되며 이러한 노이즈를 제거하기 위하여 평활화(Smoothing)를 하게 되는데, 이 연구에서는 저역 통과 필터(LowPass filter) 방법을 이용하여 6 Hz로 평활화(Smoothing)를 한 후 3차원 좌표값을 계산하였다.

4. 측정국면 및 구간

마르쉬 팡트 동작을 분석하기 위해 다음과 같이 분석 구간을 설정하였다.

1) 국면(Event) 설정

- Event1: 앞(오른)발이 지면에 닿는 순간
- Event2: 뒷(왼)발이 지면에 닿는 순간
- Event3: 앞발이 지면에서 떨어지는 순간
- Event4: 목표 지점을 찌르는 시점

2) 구간(phase)

- 제 1구간(P1): 앞발이 지면에 닿는 순간부터 뒷발이 지면에 닿는 순간까지의(마르쉬) 구간
- 제 2구간(P2): 뒷발이 지면에 닿는 순간부터 한발이 지면에서 떨어 지는 구간
- 제 3구간(P3): 한발이 지면에서 떨어지는 시점부터 목표 지점을 찌르는 순간까지의 구간(Table 1 참조)

5. 통계처리

본 연구에서 자료는 SPSS (Version 18.0) 프로그램을 이용하여 펜싱의 마르쉬 팡트의 운동학적 변인들에 대한 평균과 표준편차를 산출하고, 마르쉬 팡트의 각각의 변인 별을 펜싱의 숙련도(초급자, 중급자, 상급자)간의 차이를 일원변량분석(One-way ANOVA)에서 사후분석으로 등분산이 가정되면 Tukey 검증을 실시하였고, 등분산이 가정되지 않으면 Dunnett T3로 사후검증을 실시하여 팡트의 숙련도에 따른 유의한 차이를 알아 보았다. 이때의 유의 수준은 .05로 설정하였다.

RESULTS

1. 구간 별 소요시간

마르쉬 팡트의 숙련도에 따른 소요시간은 (Table 2)와 같다.

Table 2. Time of phases (sec)

Phase	Level (N)	M ± SD	F	Sig.	Tukey Dunnnett
P1	Beginner (N=5)	0.31±0.05	38.92	.00*	B > I, B > E
	Intermediate (N=5)	0.22±0.02			
	Expert (N=5)	0.20±0.04			
P2	Beginner (N=5)	0.13±0.08	16.18	.00*	B > I, B > E
	Intermediate (N=5)	0.06±0.04			
	Expert (N=5)	0.03±0.01			
P3	Beginner (N=5)	0.38±0.03	69.49	.00*	B > I, B > E, I > E
	Intermediate (N=5)	0.28±0.04			
	Expert (N=5)	0.23±0.03			
Total	Beginner (N=5)	0.82±0.10	80.02	.00*	B > I, B > E, I > E
	Intermediate (N=5)	0.57±0.07			
	Expert (N=5)	0.46±0.07			

* $p < .05$

1 Phase (P1): Marche phase

2 Phase (P2): The phase where forward foot falls off the ground after Marche

3 Phase (P3): The phase where forward foot falls off the ground and hits the target point

마르쉬 팡트를 수행하는 모든 구간에서 초급자, 중급자, 상급자는 유의한 차이가 있었다. 마르쉬 구간(P1)은 초급자보다 중급자와 상급자가 약 0.1 sec 정도 빠르게 이동하는 것으로 나타났다. 동작의 시작부터 숙련도에 따라 소요시간의 차이를 보여주고 있다. 공격을 수행하기 위해 앞발이 떨어지는 구간(P2)에서도 중급자와 상급자는 초급자보다 소요시간이 짧게 나타났으며, 유의미한 차이가 있었다. 이는 중급자와 상급자는 마르쉬 동작을 빠르게 수행하기 위해서 착지한 앞발이 지면에 닿는 시간을 최소화 시키는 것으로 사료된다. 앞발이 착지하면서 목표 지점을 찌르는 구간(P3)에서는 초급자(0.38±0.03 sec), 중급자(0.28±0.04 sec), 상급자(0.23±0.03 sec) 순으로 상급자가 가장 짧은 시간에 동작을 수행한 것으로 나타났다.

2. 발의 수평 변위

1) 오른발 수평 변위

숙련도에 따른 마르쉬 팡트의 오른발의 수평 변위는 (Table 3)과 같이 나타났다. 앞(오른)발이 지면에 닿는 국면(FT)에서 상급자(1.29±0.05 m)는 중급자(1.23±0.05 m)와 초급자(1.23±0.06 m)보다 약 0.06 m 전방으로 더 이동시키며 유의한 차이가 있었다. 뒷발을 전방으로 당기는 국면(ST)에서도 상급자(1.37±

0.06 m)는 중급자(1.27±0.04 m)와 초급자(1.28±0.07 m)보다 약 0.1 m 정도 이동시키며 유의한 차이가 있었다. 앞발이 지면에 닿는 국면(TO)에서 상급자(1.42±0.05 m)는 초급자(1.31±0.08 m)와 중급자(1.33±0.04 m)보다 전방으로 약 0.1 m 정도 이동하였으며 유의한 차이를 보였다.

2) 왼발 수평 변위

숙련도에 따른 마르쉬 팡트의 왼발의 수평 변위는 (Table 4)과 같이 나타났다. 앞발이 지면에 닿는 국면(FT)에서 초급자(0.14±0.08 m)는 중급자(0.06±0.06 m)와 상급자(0.07±0.04 m)보다 약 0.06 m 전방으로 이동하였고, 유의한 차이를 보였다. 따라서 초급자는 앞발을 전방으로 내딛을 때 뒷발이 따라가는 것으로 나타났다. 반면에 중급자와 상급자는 뒷발을 뒤에 위치하고 있으며 오른발로 지면을 지지하였다. 뒷발을 전방으로 당기는 국면(ST)에서도 초급자(0.68±0.06 m)는 중급자(0.57±0.04 m)와 상급자(0.63±0.08 m)보다 전방에 위치하고 유의한 차이가 나타났다. 상급자와 중급자는 앞발이 전방으로 이동할 때 뒷발이 끌려가지 않았다. 초급자는 앞다리와의 보폭이 좁아지기 때문에 기저면이 좁아지면서 자세를 유지하는데 어려움이 있었다. 앞발이 지면에 닿는 국면(TO)에서는 초급자가 중급자보다 전방으로 이동시키며, 유의한 차이가 나타났다. 마치

Table 3. The horizontal displacement of the right foot of the Fante (m)

Phase	Level (N)	M ± SD	F	Sig.	Tukey Dunnett
FT	Beginner (N=5)	1.23±0.06	7.58	.00*	B < E, I < E
	Intermediate (N=5)	1.23±0.05			
	Expert (N=5)	1.29±0.05			
ST	Beginner (N=5)	1.28±0.07	15.16	.00*	B < E, I < E
	Intermediate (N=5)	1.27±0.04			
	Expert (N=5)	1.37±0.06			
TO	Beginner (N=5)	1.31±0.08	15.48	.00*	B < E, I < E
	Intermediate (N=5)	1.33±0.04			
	Expert (N=5)	1.42±0.05			
HT	Beginner (N=5)	2.32±0.13	.95	.40	·
	Intermediate (N=5)	2.29±0.12			
	Expert (N=5)	2.35±0.10			

* $p < .05$

FT : The moment front foot touch the ground

ST : The moment hind foot touch the ground

TO: The moment front foot take off the ground

HT: The moment subject hit the target

Table 4. The horizontal displacement of the left foot of the Fante (m)

Phase	Level (N)	M ± SD	F	Sig.	Tukey Dunnett
FT	Beginner (N=5)	0.14±0.08	6.88	.00*	B > I, B > E
	Intermediate (N=5)	0.06±0.06			
	Expert (N=5)	0.07±0.04			
ST	Beginner (N=5)	0.68±0.06	12.81	.00*	B > I, B > E
	Intermediate (N=5)	0.57±0.04			
	Expert (N=5)	0.63±0.08			
TO	Beginner (N=5)	0.72±0.06	10.18	.00*	B > I
	Intermediate (N=5)	0.62±0.05			
	Expert (N=5)	0.67±0.08			
HT	Beginner (N=5)	0.89±0.12	3.73	.03*	B > I
	Intermediate (N=5)	0.78±0.11			
	Expert (N=5)	0.80±0.10			

* $p < .05$

FT : The moment front foot touch the ground

ST : The moment hind foot touch the ground

TO: The moment front foot take off the ground

HT: The moment subject hit the target

Table 5. The angle of forward lean (deg)

Phase	Level (N)	M ± SD	F	Sig.	Tukey Dunnett
FT	Beginner (N=5)	-0.77±5.15	20.10	.00*	B < I, B < E
	Intermediate (N=5)	6.28±3.24			
	Expert (N=5)	8.22±3.63			
ST	Beginner (N=5)	4.47±5.76	12.49	.00*	B < I, B < E
	Intermediate (N=5)	10.70±2.55			
	Expert (N=5)	11.13±3.24			
TO	Beginner (N=5)	1.94±6.09	20.73	.00*	B < I, B < E
	Intermediate (N=5)	10.40±2.82			
	Expert (N=5)	11.08±3.36			
HT	Beginner (N=15)	4.15±5.13	41.84	.00*	B < I, B < E
	Intermediate (N=5)	17.99±4.36			
	Expert (N=5)	16.38±4.03			

*p<.05

FT : The moment front foot touch the ground

ST : The moment hind foot touch the ground

TO: The moment front foot take off the ground

HT: The moment subject hit the target

막 뛰세(HT) 국면에서도 뒷발이 초급자가 중급자보다 전방으로 더 이동하였으며 유의한 차이를 보였다.

3. 상체 전경각

팡트 동작의 전경각은 (Table 5)과 같이 나타났다. 마르쉬(FT-ST) 구간에서 중급자와 상급자는 초급자보다 전경각이 유의한 차이가 크게 나타났다. 앞발이 지면에서 떨어지는 구간(TO)과 뛰세(TO)가 이루어지는 국면에서도 중급자와 상급자의 전경각이 크게 유의한 차이를 보였다. 반면에 초급자는 마르쉬 팡트를 수행할 때 상체를 전방으로 기울이지 않는 것으로 나타났다.

4. 하지 관절각(오른쪽)

마르쉬 팡트 동작에서 오른다리의 관절각은 (Table 6)과 같이 나타났다. 앞발이 지면에 닿는 국면(FT)에서 발목각은 상급자가 초급자와 중급자보다 각이 약 10° 작게 나타났으며, 유의한 차이를 보였다. 무릎각도 상급자가 초급자와 중급자보다 각도가 작게 유의한 차이가 나타났다. 고관절각에서는 초급자가 중급자와 상급자보다 큰 각을 보이며 유의한 차이가 있었다. 오

른 다리의 엉덩 관절각이 큰 것은 전경각이 상급자와 중급자보다 작기 때문이다. 뒷발을 끌어당기는 국면(ST)에서 발목각은 중급자와 상급자가 초급자보다 유의한 차이를 크게 보였는데 신체를 빠르게 전방으로 이동시키기 위해서 발목 관절의 굴신의 힘이 작용하였다. 무릎과 엉덩 관절각은 초급자, 중급자, 상급자 순으로 유의한 차이가 나타났다. 무릎각은 상급자가 초급자와 중급자보다 각이 작게 나타났으며, 유의한 차이를 보였다. 상급자는 무릎의 신장력을 짧은 시간에 등척성 수축을 발휘하여 전방으로 이동하기 위한 추진력을 발휘하였다. 무릎각과 고관절 각에서 초급자, 중급자, 상급자 순으로 크게 나타났고, 고관절 각은 초급자가 중급자와 상급자보다 큰 것으로 유의한 차이를 보였다.

DISCUSSION

소요시간에서는 가장 중요한 구간이라고 할 수 있는 앞발이 착지하면서 목표 지점을 찌르는 구간(P3)에서는 초급자(0.38±0.03 sec), 중급자(0.28±0.04 sec), 상급자(0.23±0.03 sec) 순으로 상급자가 가장 짧은 시간에 동작을 수행한 것으로 나타났다. 그러므로 잘 훈련이 된 상급자는 한발이 떨어지자마자 곧바로 빠르게 전방으로 이동하며 공격하는 것으로 판단된다. Han

Table 6. The angle of right leg joint on Fante (deg)

Joint	Phase	Level (N)	M ± SD	F	Sig.	Tukey Dunnett
Ankle	FT	Beginner (N=5)	100.77±5.85	18.97	.00*	B > E, I > E
		Intermediate (N=5)	100.10±5.87			
		Expert (N=5)	89.11±5.74			
	ST	Beginner (N=5)	99.15±7.49	11.58	.00*	B < I, B < E
		Intermediate (N=5)	105.29±4.57			
		Expert (N=5)	109.76±5.75			
	TO	Beginner (N=5)	99.85±7.59	22.33	.00*	B < I, B < E
		Intermediate (N=5)	110.74±5.21			
		Expert (N=5)	113.96±5.02			
HT	Beginner (N=5)	104.42±10.30	1.86	.17	·	
	Intermediate (N=5)	100.23±6.74				
	Expert (N=5)	99.34±5.15				
Knee	FT	Beginner (N=5)	171.23±5.92	19.82	.00*	B > E, I > E
		Intermediate (N=5)	166.94±7.09			
		Expert (N=5)	154.59±9.16			
	ST	Beginner (N=5)	135.49±9.27	33.79	.00*	B > I, B > E, I > E
		Intermediate (N=5)	126.37±12.86			
		Expert (N=5)	106.16±6.98			
	TO	Beginner (N=5)	116.56±10.73	15.01	.00*	B > E, I > E
		Intermediate (N=5)	109.11±4.28			
		Expert (N=5)	100.45±7.85			
HT	Beginner (N=5)	151.61±11.81	1.53	.23	·	
	Intermediate (N=5)	153.96±9.40				
	Expert (N=5)	157.51±5.62				
Hip	FT	Beginner (N=5)	133.90±6.48	40.10	.00*	B > I, B > E, I > E
		Intermediate (N=5)	124.91±5.36			
		Expert (N=5)	115.96±4.43			
	ST	Beginner (N=5)	130.78±7.40	66.43	.00*	B > I, B > E, I > E
		Intermediate (N=5)	118.48±5.32			
		Expert (N=5)	106.71±3.89			
	TO	Beginner (N=5)	126.12±7.56	69.23	.00*	B > I, B > E, I > E
		Intermediate (N=5)	110.63±4.56			
		Expert (N=5)	102.20±4.21			

Table 6. The angle of right leg joint on Fente (deg) (Continued)

Joint	Phase	Level (N)	M ± SD	F	Sig.	Tukey Dunnett
Hip	HT	Beginner (N=5)	109.57±6.98	43.55	.00*	B > I, B > E
		Intermediate (N=5)	92.96±5.13			
		Expert (N=5)	95.70±2.64			

* $p < .05$

FT : The moment front foot touch the ground

ST : The moment hind foot touch the ground

TO: The moment front foot take off the ground

HT: The moment subject hit the target

(2018)은 국면 별 수행시간은 우수선수 그룹이 비 우수그룹보다 마르쉬에서는 뒷발을 힘 있게 밀어주면서 이지를 빠르게 해주고, 팡트에서는 뒷발을 길게 밀어주고 단 박자에 킥 동작과 뒷팔 젓기가 이루어져 국면 별 수행시간이 짧은 것으로 나타났다. Lee (2003)은 여자 청소년대표와 고등학생을 대상으로 한 플러레 마르쉬 팡트 동작의 생체역학적 분석에서 앞발의 뒤꿈치가 지면에 닿을 때 뒷발을 밀어내는 소요시간이 짧게 가져가야 바람직하다고 하였다. 따라서 마지막 구간(P3)의 움직임이 팡트 동작에서 중요한 요소로 나타났다. 소요시간의 중, 고등학생의 세 그룹 비교에서 숙련도 별로 소요시간이 짧은 것으로 나왔다. 초급자가 소요시간을 단축시키며 빠르게 팡트 동작을 하기 위해서는 마르쉬 뒷 발의 이지를 빠르게 하며 팡트의 동작에서는 뒷 발을 길게 밀어주어야 한다. 그리고 팡트 동작에서 앞발이 닿을 때에는 뒷 발을 미는 시간을 짧게 하는 것이 마르쉬와 팡트 동작의 소요시간을 줄이는데 도움이 될 것이라 사료된다.

발의 수평 변위에서 오른발의 수평 변위는 총 4개의 구간 중에서 처음 3개의 구간에서는 상급자와 초, 중급자의 차이를 보였다. 마지막 팡트 구간에서는 차이를 보이지 않았는데 이는 상급자가 마지막 구간에서만 길게 뻗는게 아니고 처음부터 점진적으로 발의 길이를 넓히는 것으로 보인다. 팡트의 길이가 길다는 것이 항상 좋은 것 만은 아니다. Manley (1979)는 펜싱에서 팔의 역할은 강함이 아니고 정확함이 제일이라는 특성을 가지고 있으며 다리의 역할은 거리를 유지하는데 있으므로 팔과 다리는 조화를 이루어야 한다고 하였다. 하지만 포인트를 내야하는 결정적인 순간에 빠르고 길게 뻗는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다. An (2003)의 플러레의 마르쉬 팡트 동작의 운동학적 분석에서 신체 중심의 속도 변화는 보폭의 길이가 짧은 피험자 일수록 수평 속도가 늦게 나타났다고 하였다. 거리의 폭을 조절하는 것도 중요하지만 보폭의 길이를 길게 해야 한다. Gholipour, Tabrizi & Farahmand (2008)는 펜싱 숙련자는 비숙련자보다 런지의 길이가 길며, 상체 전경각 더 큰 것

으로 나타나기 때문에 강한 대퇴의 근력이 필요하다고 주장하였다. 이는 뒷발을 당기면서 앞발은 초급자와 중급자보다 전 국면(SS)에서 이미 빠르게 전방으로 앞발을 이동시킨 결과이다. 또한 Kim (1987)은 남자 고등학생으로 한 팡트에 관한 생체역학적 연구에서 팡트 동작에서 앞쪽에 있는 발이 빠르고 멀리 이동하기 때문에 중요하다고 하였다. 그러므로 앞발을 길게 뻗지 못하면서 속도가 느린 것이 초급자의 이유라고 하였다. 인체 중심의 변화는 팡트 동작에서 인체 중심을 크게 하는 것이 보폭의 거리를 늘리는 것으로 나타났다. 그리고 왼발의 수평 변위는 따라서 상급자는 전방으로 신체를 이동시킬 때 신체의 자세를 유지하고, 이후 동작에 대한 준비를 하는 것으로 나타났다. Oh (2009)은 남자 고등학생을 대상으로 근대5종 펜싱 에베에서 마르쉬 팡트 동작의 운동학적 분석에서 우수선수 집단은 앙가르드 자세가 안정되어 무게 중심을 양다리에 균일하게 배분하여 팡트 시 안정된 자세에서 힘 있게 밀어주어 동작을 크게 하면서 멀리 이동시킬 수 있다고 하였다. Park (1995)과 Seo (2017)는 여자 사브르 마르쉬 팡트에 관한 연구에서 우수한 선수일수록 안정된 자세를 위해 마르쉬에서 보폭이 비교적 크지 않아 소요시간이 짧게 나타난다고 하였다. 따라서 팡트 동작을 위해 마르쉬를 수행하는데 양발의 균형이 다음 동작으로 연결시키는데 매우 중요한 역할을 담당하였다. 오른발의 수평 변위에서 상급자와 초, 중급자의 차이를 보이는 것은 초, 중급자는 마르쉬에서 팡트로 연결되는 동작에서 마지막 길게 찌르는 동작에만 집중이 되어서 오른발의 처음부터 중간 과정까지는 보폭에 신경을 쓰지 않았다. 마지막을 빠르고 길게 동작을 만들기 위해서는 앞서 연결되는 구간에도 보폭, 즉, 거리를 늘려 주어야 관성에 의한 속도를 마지막에 증가시킬 수 있기 때문에 상급자는 초반 부터의 거리의 증가가 이루어졌다고 할 수 있다. 왼발의 수평 변위에서 초급자와 중, 상급자의 차이를 보이는 것은 초급자는 마르쉬 동작과 팡트의 동작의 연결이 오직 팡트의 목적에만 있기 때문에 뒷발의 변위를 앞발에 가깝게 붙인 것으로 보인다. 즉, 마지막 팡트를

길게 하기 위해서 마르쉬 동작에서 뒷발을 앞발에 많이 모으기 위해 원발 변위가 커진 것이고 중, 상급자가 초급자에 비해서 변위가 작은 것은 전진으로만 풋 워크(foot walk)를 생각하지 않기 때문이다. 뒤로 풋 워크를 하는 롬페(rompez)를 항상 준비하고 있기 때문에 뒷발의 변위를 앞발에 많이 가까이 두지 않는다. 하지만 펜싱 자세에서 변위의 직접적인 영향이 있는 다리 길이 등의 신체조건이 숙련도를 넘어서는 것에 의문을 가질 수 있다.

상체 전경각은 전반적으로 초급이 수치가 낮고 중급, 상급이 수치가 높아 크게 차이가 있었다. 안정된 팡트와 전진하려는 관성에 힘을 실는 게 중, 상급자가 초급자 보다 월등하다고 할 수 있다. Kim (2013)은 대학생과 중학생의 롬쁘르 팡트 기술의 운동학적 변인의 연구에서 대학생의 상체 전경 각도가 중학생의 각도보다 더 크게 나타났다. An (2003)은 마르쉬 팡트 동작의 운동학적 분석에서 상체 전경각이 큰 피험자는 찌르는 팔과 뒷 팔의 어깨와 팔꿈치각을 크게 신전시키면서 안정된 공격 자세가 이루어진다고 하였다. 상체를 앞으로 숙이는 것은 관성의 작용 뿐 아니라 안정된 공격 자세를 유지하는데 도움이 된다고 할 수 있다. 초급자는 마르쉬 동작과 팡트를 연결시키는 동작을 하기 위해서 하체의 발의 스텝과 스텝의 거리, 그리고 마지막의 찌르는 런지 동작 수행의 완성을 위한 하체의 움직임에만 신경을 쓰다 보니 직접 찌르기 위한 상체를 숙인 동작에 부자연스러운 것으로 판단되어 상체 전경 각도가 중, 상급자보다 작게 나타난 것으로 사료된다.

하지 관절의 각도는 발목 각도에서 마르쉬를 하기 위해 첫발을 밟는 순간에 상급자 보다 초, 중급자가 각도가 컸다. 그리고 그 뒤로는 모두 상급자가 초, 중급자 보다 컸다. 이는 상급자가 마르쉬와 팡트의 연결을 위해 발목의 움직임을 최대화하기 위한 동작으로 보여진다. 그리고 마르쉬 이후의 각도가 상급자가 크게 나온 것은 전체 각도의 비교를 통해 봤을 때 유일하게 상급자가 크게 나온 구간이며, 이는 마르쉬에서 다음 팡트를 빠르게 하기 위한 동작으로 보여진다. Oh (2009)은 발목과 무릎, 고관절 각도는 안정된 중심이동으로 각도를 크게 하는 것이 보폭에 영향을 주는 것으로 나타났다. 이것은 발목과 마르쉬가 시작되는 구간에 적용된다고 할 수 있다.

무릎의 각도는 마지막 구간을 빼고 모두 상급자가 초, 중급자 보다 각도가 작게 나왔다. 이것은 상체 전경각과 관련이 있다. 상체 전경각이 커질수록 신체의 중심과 무게 중심이 앞으로 이동하게 되기 때문에 앞다리의 무릎에 체중이 실리게 된다. 그러므로 상체 전경각이 큰 상급자는 자연스럽게 무릎의 각도가 작을 수 밖에 없는 것으로 판단된다. An (2003)은 신체 중심의 높이를 일정한 상태를 유지하여 안정된 자세로 이동할 수 있으며, 무릎각의 조절을 통하여 신체 높이가 낮아질 수 있다고 하였다. 앞발이 지면에서 떨어지는 국면(TO)에서 전방으로 앞발을 보내기 위해서는 발목각의 신전력이 중요하게 작용

하는데 초급자는 상급자와 중급자보다 작게 나타났다.

무릎 관절과 대칭적으로 엉덩관 절에서도 상급자가 각도가 작게 나왔다. 네 구간 모두 차이가 있었으며, 전 구간에서 숙련도 순으로 작도가 작았다. 이것은 숙련도에 따라 무릎과 엉덩관절의 각도를 작게 해준다고 할 수 있다. 상급자는 무릎을 크게 신전시켜 원다리에서 밀어주는 힘을 발생할 수 있도록 하였다. 반면에 초급자는 무릎의 신전시간이 길어지면서 효율적인 움직임을 보여주지 못했다. Bottoms, Greenhalgh & Sinclair (2013)은 뒷다리의 무릎굴곡은 칼로 목표 지점을 찌르는 속도를 결정짓는 중요한 요인이라고 하였다. 마지막 찌르는(TC) 국면에서 고관절각은 초급자에서 과신전이 되었으며, 유의한 차이가 나타났다. 이는 팡트의 추진력의 대부분을 차지하는 원다리에서 효율적으로 추진력을 발휘하지 못하는 원인으로 분석된다. 발목의 두 세 번째 시점을 빼고 모든 구간 숙련도 순으로 상급자가 각도가 작았다. 숙련도가 높을수록 두 발의 보폭과 상체 전경의 영향으로 상급자가 각도가 작게 나타난 것으로 판단된다.

CONCLUSION

본 연구의 목적으로 펜싱 경기에서 가장 많이 사용되는 공격 기술인 팡트 동작을 남자 중·고등학교 펜싱선수들이 숙련도 별로 세 그룹으로 나누었다. 초급과 중급, 중급과 상급, 그리고 초급과 상급의 그룹으로 나누어 운동학적 변인들을 비교 분석하여 펜싱 입문자와 지도자들에게 과학적이고 정량적인 정보를 제시하는데 있었으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

초급자들은 펜싱의 팡트를 할 때 발 거리를 빠르게 넓혀야 한다. 초급자는 팡트 동작을 할 때에 상체를 앞으로 기울여 상체의 전경 각도를 크게 해야 한다. 초급자는 마지막 찌르는 단계에서 엉덩관절의 각도가 작아지고, 무릎과 발목의 각도 역시 작아져야 한다.

REFERENCES

- Abdel-Aziz, Y. I. & Karara, H. M. (1971). Direct linear transformation from computer coordinates into objects coordinates in close-range photogrammetry. Proceeding ASP UI Symposium on Close-Range photogrammetry, Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry.
- An, S. Y. (2003). Kinematic Analysis of Marche Fente Motion in a Fleuret Attack Technique. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 13(3), 277-291.
- Bottoms, L., Greenhalgh, A. & Sinclair, J. (2013). Kinematic determinants of weapon velocity during the fencing lunge in experienced epee fencers. *ACTA of Bioengineering and*

- Biomechanics*, 15(4), 109-113.
- Ericsson, K. A. (2014). *The Road to Excellence: The Acquisition of Expert Performance in the Arts and Sciences, Sports, and Games*. Psychology Press.
- Gholipour, M., Tabrizi, A. & Farahmand, F. (2008). Kinematics Analysis of Lunge Fencing Using Stereophotogrametry. *World Journal of Sport Sciences*, 1(1), 32-37.
- Han, J. H. (2018). *Athletic Analysis of the Marche Fente Movement in Modern Pentathlon Fencing*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Chungnam National University.
- Jung, H. G. (2010). *A Comparison Analysis with Kinematic Variables of Marche Fente according to the Target Position between an Excellent and Nonexcellent Players in Fencing*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Ulsan University.
- Ketlinski, R. & Pickens, L. (1973). Characteristics of male fencers in the 28th annual NCAA fencing championships. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 44(4), 434-439.
- Kim, D. H. (2013). *A Kinematic Analysis of Rompre Fente in Fencing*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Mokpo National University.
- Kim, S. J. (2009). *Motor learning and control*. Daehan Media.
- Kim, S. S. (1987). *Biomechanical analysis on fente motion in fencing*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Chonnam National University.
- Kim, Y. S. (2003). *The Study On the Chief Muscles Practically Used In Fente Movement Of Fencing*. *The Journal of Korea Sport Research*, 20(1), 113-131.
- Lee, J. R. (2003). *Biomechanical analysis of fleuret marche fente motion in fencing*. Unpublished Doctor's Dissertation. Graduate School of DanKook University.
- Lee, S. M. (2010). *Analysis of fente performance according to patellar tendinitis in elite fencing athletes*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Korea National Sport University.
- Manley, A. (1979). *Complete fencing*. Doubleday Books. arden City. New York, 72-73.
- Moon, J. H. & Chun, Y. J. (2013). *Biomechanical Analysis of the Effect that Various Loads has on the Lower Limbs while Descending Stairs*. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 23(3), 245-252.
- Nelson, M. & Reiff, R. (1975). *Winning Fencing*. Contemporary Books. Henry Regnery Company Chicago, 87-91.
- Oh, J. H., Kang, S. R., Kwon, T. K. & Min, J. Y. (2015). *The Effect on Muscle Activation in the Trunk and Lower Limbs While Squatting with Slope-whole-body Vibration*. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 25(4), 383-391.
- Oh, Y. I. (2009). *The Kinematic Analysis of Marche Pente Motions in Modern Pentathlon Fencing Epee*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Chungbuk National University.
- Park, G. C. (1995). *A Study on the Stand and Attack Time of Fencing Flore*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Inha University.
- Seo, H. (2017). *The kinematic Analysis of Marche Fente Technology in Women's Fencing Sabre*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Honam University.
- Trimble, M. H., Kukulka, C. G. & Thomas, R. S. (2000). *Reflex facilitation during the stretch-shortening cycle*. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(3), 179-187.
- Tylkowski, C. M., Simon, S. R. & Mansour, J. M. (1982). *Internal rotation gait in spastic cerebral palsy in the hip*. In Nelson, J. P. (Ed.), *Proceeding of the 10th Open Scientific Meeting of the Hip Society*, St. Louis, MS: Mosby.