

평행봉 Tippet 동작의 운동역학적 분석

김민수¹ · 백진호² · 백훈식¹

¹강원대학교 스포츠과학부 · ²강원대학교 인문사회과학대학 레저스포츠학과

Biomechanical Analysis of the Tippet Motion on the Parallel Bars

Min-Soo Kim¹ · Jin-Ho Back² · Hun-Sig Back¹

¹Division of Sports Science, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

²Department of Leisure Sports, College of Humanities & Social Sciences, Kangwon National University, Samcheok, Korea

Received 31 January 2011; Received in revised form 8 February 2011; Accepted 24 March 2011

ABSTRACT

This research was conducted to biomechanically analyze Tippet motion in parallel bars, and establish technical understanding. To achieve that goal, the performances of the Tippet acts carried out by five world top-class national gymnasts in the parallel bars 3-dimensional cinematographic analysis and EMG analysis were conducted and following conclusion were obtained. The Tippet motions of excellent national gymnasts perform tap motion through the down swing of a large circular movements, and perform kick-out motion rapidly extending shoulder joint angle and hip joint angle with the trunk in a position close to perpendicular position at the vertical downwardness of the grasping the bars. At this time, if handstand starting the movement is too delayed or rapidly down swung, it was shown that from the initial falling, unnecessary muscular power was wasted in trapezius, anterior deltoid, erector spinae, latissimus dorsi, upper rectus abdominis, lower rectus abdominis. The muscular parts in tap motion generating muscle action potential were pectoralis major, rectus femoris, upper rectus abdominis, lower rectus abdominis, and those in kick-out motion were upper rectus abdominis, lower rectus abdominis, trapezius and anterior deltoid.

Keywords : Tippet, Parallel Bars, Tap Motion, Kick-Out Motion

I. 서론

기계체조는 18세기 후반부터 유럽에서 시작하여 발전되어 온 스포츠이며, 기술과 미적 아름다움을 겨룬다. 또한 역학적 원리와 기술의 조화가 요구되는 스포츠이다. 종목 중 평행봉 운동은 대부분이 전형적인 연직선상에서 실시하는 운동으로 기구의 구조상이나 연기내용에 있어서 흔들기와 비행요소로 구성되어 내용이 풍부하고 흥미가 있으며 기술이 매우 다양하고 고도의

기술과 세밀한 동작을 조화 있게 구성하여 독창적인 연기를 해야 하며, 가급적 평행봉 전체를 골고루 사용하여 연기를 수행해야 높은 점수를 획득할 수 있다(Kong, 2005). Tippet 동작은 세계 정상급 선수들에게 보편화 되어있는 기술로서 평행봉 끝에서 물구나무 선 자세로 시작하여 크게 휘돌기 도중 상승스윙동안 동체를 역동작시켜 봉 위로 올라서면서 다시 봉을 잡고 물구나무서기 기술이다.

이와 관련된 매달리기계 기술의 선행연구를 살펴보면 Kong, Kim과 Yoon(2005)은 Kenmotsu 동작의 분석에서 하강 속도와 상승속도의 빠르기와 상승시점에서 견관절각의 크기와 고관절의 굴신운동을 크게 해야 하는 것으로 보고 하였다. 또한 Nam(2005)은 Belle 동작의 분석에서 큰 원운동, 빠른 하강스윙, 그리고 견관절의 굴신 운동에 의존한 Tap 스윙은 크게 휘돌기

Corresponding Author : Jin-Ho Back
Department of Leisure Sports, College of Humanities & Social Sciences,
Kangwon National University, 1 Joogang-ro, Samcheok-si, Gangwon-do, Korea
Tel : +82-42-528-9053 / Fax : +82-42-528-9057
E-mail : kosme@hanmail.net

의 원심력이 강화되고 상·하 중심의 뒤 공중회전운동을 유발 시켜서 비행높이와 비행시간의 증가를 가져오는 것으로 보고하고 있다. Park(2005)은 Belle Piked 동작 시 견관절과 고관절을 신전시켜 신체를 후방으로 밀어내어 큰 원운동을 실시하고 수평속도 증가에 의한 역동적인 하강스윙 동작이 신체를 움크려서 하강하고 어깨 추기기에 의존한 스윙동작보다 상승스윙국면의 수직속도 증가에 좋은 영향을 미친다고 보고 하였다.

이상의 평행봉 매달리기계 기술의 선행연구 분석결과를 종합하여 보면 하강스윙시의 속도와 상승 스윙시의 빠른 속도로부터 인한 긴 체공 시간 및 견관절과 고관절의 각도가 동작의 완성도에 영향을 미치는 것으로 보고하고 있다.

이와 같이 평행봉 종목의 경기력을 가늠케 하는 각 기술 동작의 운동학적 분석은 다양하게 연구되어지고 있다. 그러나 체조 경기의 다양한 기술동작에 대한 운동학적 분석에 관한 연구에 비례하여 체조기술을 수행하는데 지대한 영향을 미칠 것이라 생각되는 근 활성도와 관련된 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 기계체조 체점규칙집(F.I.G, 2005)에 명시되어 있는 체조 기술들을 수행하는 데에는 복합적이고 역학적인 신체의 움직임 을 가져야 기술을 완성할 수 있으며, 근육의 쓰임도 복합적인 신체의 움직임만큼이나 요구하는 기술의 요소요소에 다양하게 요구될 것이라 생각한다.

따라서 특별한 힘과 Tap 타이밍, 신체자세의 변화가 요구되며, 근육의 동원양상이 기술의 복잡성만큼이나 큰 변화가 예상되기 때문에 동작수행에 따른 운동학적변인과 동원되는 근육의 각 시기별 힘 발현과 변화패턴을 규명할 필요가 있다. 따라서 이 연구는 평행봉의 5개 요소그룹 중 매달리기계(long swing in hang)에 속해있는 Tippelt 동작을 국가대표 체조선수들을 대상으로 운동역학적으로 분석하여 기술적 이해를 정립하는데 목적이 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 Tippelt 동작을 완벽하게 수행할 수 있는 국가대표선수 5명(연령 22.2±2.2 years, 신장 166.4±3.6 cm, 체중 61.6±2.9 kg, 경력 14.2±3.2 years) 선정하였다.

2. 실험 도구

Tippelt 동작의 영상분석을 위해 Sony DSR PD-170 Camera 3

대를 설치하여 60 fields/sec로 촬영 분석하였다. EMG를 측정하기 위한 근전도계는 Zero Wire(ITA)사의 제품으로 완전 무선으로 모션의 제한성이 없으며, 동작분석 시스템과 호환이 가능한 16채널을 사용하였다. 3대의 비디오카메라와 EMG 데이터의 동조를 위해 (주)비솔에서 자체 제작한 AD Board(DT9800)를 사용하였다. 직육면체의 통제점들은 Tippelt 동작의 촬영을 위하여 대상자들의 동작이 모두 관찰될 수 있는 범위 안에 1 m, 폭 1 m, 높이 4 m로 조립한 직육면체 2 set를 설치하였다.

3. 실험 절차

3대의 비디오카메라를 정 측면과 후면 좌·우 후방 15 m 거리에 설치하였다. 비디오카메라는 렌즈를 조절하여 삼각대로 고정시켰으며, 약 1분간 통제점들을 촬영한 후 통제점들을 제거하여 촬영하였다.

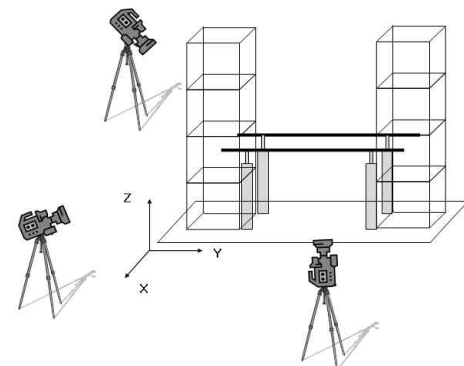


Figure 1. Experimental setting

근전도 신호에 대한 피부저항의 노이즈를 최소화하기 위하여 전극부착부위의 피부 외피층에 털이 있는 경우 면도기와 알코올을 사용하여 털과 피부표면 이물질 을 깨끗하게 제거하였으며, 전극사이의 거리가 2 cm를 유지하도록 접지전극을 부착하였다.

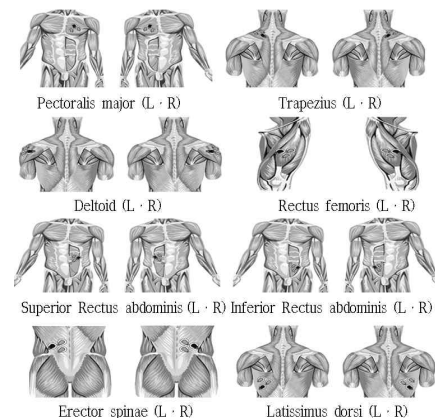


Figure 2. Electrode placements

양극성 표면전극(bipolar surface electrode) 16 channel은 주요 근육으로 작용할 것으로 판단되는 16개 근육의 기시점(origin)과 정지점(insertion)의 중간부위에서 가장 발달된 부위의 근육(belly of the muscle)에 부착하였다. 표집 주파수는 1,200 Hz로 Raw Data Signal을 측정하였으며, 대역통과필터는 60~500 Hz, 노치 필터(notch filter)는 60 Hz 조건에서 특정주파수 성분을 제거하고, 평활화(smoothing)하여 수집하였다(Hermens, Freriks & Merlitti, 1999). 실험 전 연구대상자들에게 연구의 목적과 절차, 측정방식에 대한 설명을 전달하여 이해도를 높였으며, 또한 근전도 장비의 부착으로 인한 거부감을 최소화할 수 있도록 충분한 연습을 실시하여 적극적인 자세로 실험에 참여할 수 있도록 지도하였으며, 동작의 움직임을 정확하게 파악하기 위하여 실험장면에서 오는 심리적 부담감과 환경에 동요됨이 없도록 지도자의 도움을 받아 편안한 분위기를 조성하였다.

4. 자료 분석

1) 동작분석

3차원 동작분석은 Kwon3D program ver. 3.10을 사용하였으며, 디지털화하여 얻은 2차원 좌표값을 3차원 공간 좌표값으로 변환하기 위하여 Abdel-Aziz와 Kararah(1971)가 개발한 DLT 방법을 이용하여 계산하였다. 각 각의 비디오카메라로부터 얻은 정보를 3차 스플라인 함수(cubic spline function)를 이용, 보간하여 동조하였으며, 노이즈를 제거하기 위해 Butterworth의 2차 저역통과필터(2nd low-Pass filter)를 사용하여 스무딩하였으며, 이때 차단 주파수는 10 Hz로 설정하였다.

2) EMG 분석

실험에서 측정된 모든 EMG의 자료(raw date)는 노이즈(noise) 주파수를 제거하기 위해 전자필터(FIR filter, 10 - 500 Hz band pass)를 이용하여 필터링한 후 전파정류(full wave rectification)를 하였다. 그리고 IEMG(integrated EMG) 분석은 rectified EMG 신호를 근수축 지속시간에 대하여 적분하여 산출하였다. EMG 신호는 Noraxon MyoResearch XP(USA)로 분석하여 일차적으로 얻어진 원 자료는 10 Hz의 고역 통과필터와 500 Hz의 저역 통과필터를 사용하여 필터링 한 후 전파 정류하였고, 그 이후 얻어진 IEMG 값을 다음과 같이 평균적분 근전도 값을 계산하였다.

$$\text{적분근전도(IEMG)} = \int_a^{a+t} m(t) dt$$

$$\text{평균적분근전도} = \frac{1}{T} \int_{ta}^{ta+T} m(t) dt$$

3) 용어의 정의

Tippelt 동작에서 하강하기 시작하는 시점(E1), 하강을 시작

하여 고관절이 최대로 신전되는 시점(E2), 상승을 준비하면서 고관절이 최대로 굴곡되는 시점(E3), 상승하면서 양손이 평행봉에서 이탈되는 시점(E4), 양손이 평행봉을 다시 잡는 시점(E5)으로 총 5개의 국면(event)로 나누어 분석하였다.

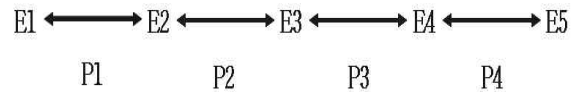
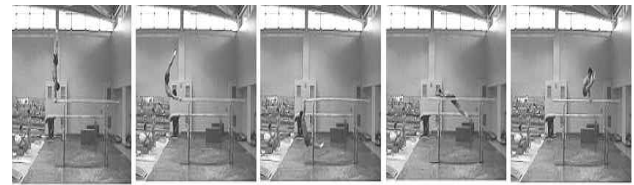


Figure 3. Event & Phase

4) 각도의 정의

- 견관절각도(θ1) : 상완과 동체가 이루는 상대각도
- 고관절각도(θ2) : 대퇴와 동체가 이루는 상대각도
- 동체전경각도(θ3) : 동체와 Y축이 이루는 절대각도

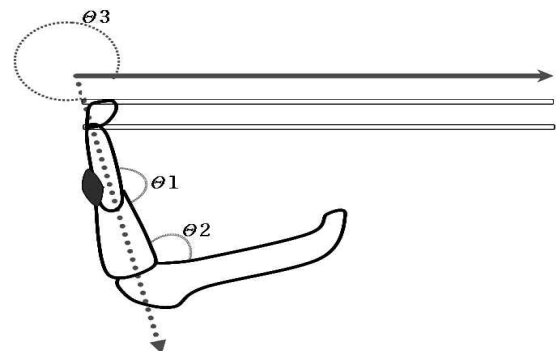


Figure 4. Angle of segment(θ1: Shoulder θ2: Hip θ3: Trunk)

III. 결과

1. 시간요인

평행봉 Tippelt 동작을 수행하는 동안 전체국면의 총소요시간은 평균 1.81±0.11 sec, 탭스윙 국면(P2)은 평균 0.48±0.03 sec, 킥아웃 국면(P3)은 평균 0.3±0.02 sec로 나타났다.

	P1	P2	P3	P4	Total
<i>M</i>	0.61	0.48	0.30	0.42	1.81
<i>SD</i>	0.11	0.03	0.02	0.02	0.11

2. 위치요인

1) 신체중심의 전·후 위치변화

평행봉 Tippet 동작을 수행하는 동안 각 이벤트별 신체중심의 전·후 위치변화에서 고관절이 최대신전을 이루는 시점(E2)은 평균 -0.67 ± 0.05 m, 고관절이 최대굴곡을 이루는 시점(E3)은 평균 0.03 ± 0.16 m로 나타났다.

Table 2. Position of center of mass (unit: m)

		E1	E2	E3	E4	E5
Horizontal	<i>M</i>	-0.11	-0.67	0.03	0.97	1.55
	<i>SD</i>	0.07	0.05	0.16	0.10	0.24
Vertical	<i>M</i>	0.80	0.17	-0.90	-0.24	0.29
	<i>SD</i>	0.06	0.12	0.05	0.10	0.07

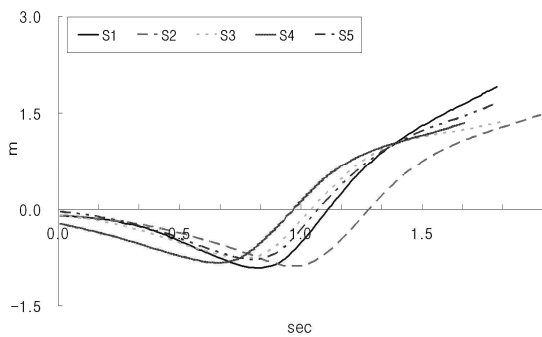


Figure 5. Horizontal position of center of mass

2) 신체중심의 상·하 위치변화

평행봉 Tippet 동작을 수행하는 동안 각 이벤트별 신체중심의 상·하 위치변화에서 고관절이 최대신전을 이루는 시점(E2)은 평균 0.17 ± 0.12 m, 양손이 평행봉을 이탈하는 시점(E4)은 평균 -0.24 ± 0.1 m로 나타났다.

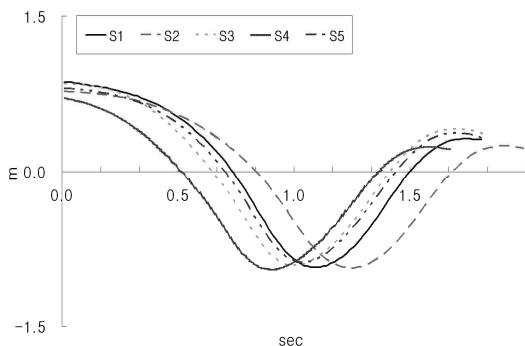


Figure 6. Vertical position of center of mass

3. 속도요인

1) 신체중심의 전·후 속도변화

평행봉 Tippet 동작을 수행하는 동안 각 이벤트별 신체중심의 전·후 속도변화에서 고관절이 최대 신전을 이루는 시점(E2)은 평균 -1.28 ± 0.24 m/s, 고관절이 최대 굴곡을 이루는 시점(E3)은 평균 4.24 ± 0.34 m/s로 나타났다.

Table 3. Velocity of center of mass (unit: m/s)

		E1	E2	E3	E4	E5
Horizontal	<i>M</i>	-0.48	-1.28	4.24	1.95	1.28
	<i>SD</i>	0.21	0.24	0.34	0.40	0.42
Vertical	<i>M</i>	-0.22	-2.34	0.72	3.07	-0.48
	<i>SD</i>	0.17	0.23	0.59	0.15	0.19

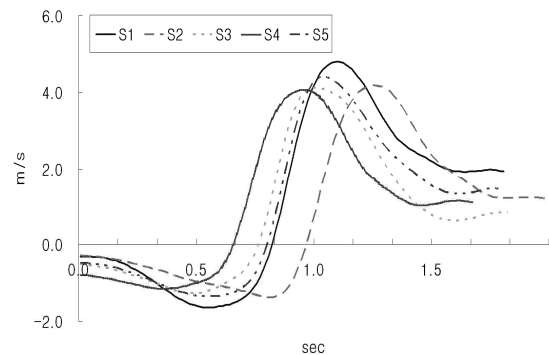


Figure 7. Horizontal velocity of center of mass

2) 신체중심의 상·하 속도변화

평행봉 Tippet 동작을 수행하는 동안 각 이벤트별 신체중심의 상·하 속도변화에서 고관절이 최대 신전을 이루는 시점(E2)은 평균 -2.34 ± 0.23 m/s, 양손이 평행봉을 이탈하는 시점(E4)은 평균 3.07 ± 0.15 m/s로 나타났다.

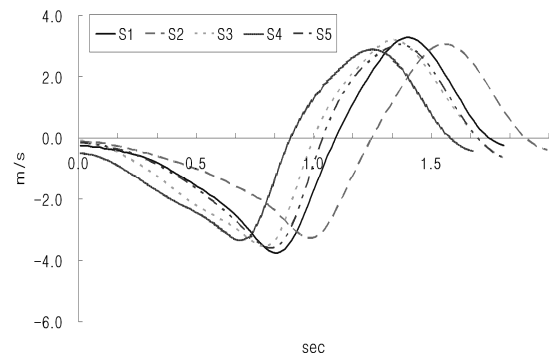


Figure 8. Vertical velocity of center of mass

4. 각도요인

1) 견관절각도

평행봉 Tippelt 동작을 수행하는 동안 각 이벤트별 견관절의 각도변화에서 하강하는 시점(E1)은 평균 161±18°, 평행봉을 다시 잡는 시점(E5)은 평균 411(51)±12°로 나타났다.

Table 4. Angle of segment (unit: deg)

	E1	E2	E3	E4	E5
Shoulder	161±18	202±9	163±11	176±9	411±12
Hip	202±14	253±9	134±6	181±10	77±11
Trunk	102±7	158±11	275±12	337±4	248±12

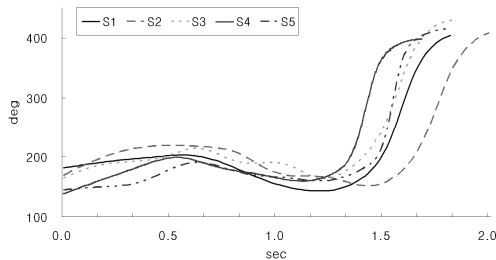


Figure 9. Shoulder Angle

2) 고관절각도

평행봉 Tippelt 동작을 수행하는 동안 각 이벤트별 고관절의 각도변화에서 고관절이 최대굴곡을 이루는 시점(E3)은 평균 134±6° 양손이 평행봉을 이탈하는 시점(E4)은 평균 181±10°로 나타났다.

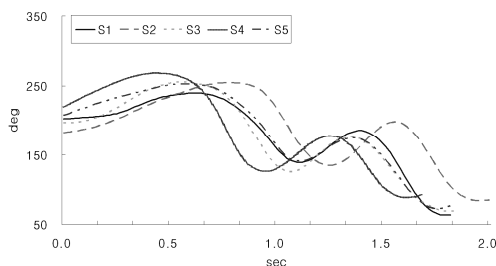


Figure 10. Hip Angle

3) 동체전경각도

평행봉 Tippelt 동작을 수행하는 동안 각 이벤트별 동체 전경각의 변화에서 하강하는 시점(E1)은 평균 102±7°, 양손이 평행봉을 이탈하는 시점(E4)은 평균 337±4°로 나타났다.

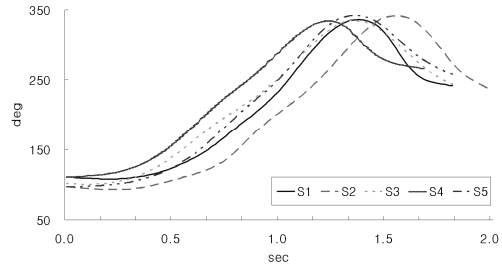


Figure 11. Trunk Angle

5. 근전도요인

1) 국면별 근활성도

각 국면별 근육의 평균적분근전도를 살펴보면, 우측 대흉근의 경우 P4가 평균 288±145 μV, 우측 승모근의 경우 P3이 평균 443±165 μV, 좌측 전삼각근의 경우 P3이 평균 561±291 μV, 좌측 대퇴직근의 경우 P4는 평균 342±162 μV, 우측 상복직근의 경우 P4가 평균 557±441 μV, 우측 하복직근의 경우 P2가 평균 346±108 μV, 척추기립근의 경우 P2는 좌측평균 106±27 μV, 우측평균 106±29 μV, 좌측 광배근의 경우 P2는 평균 257±120 μV로 나타났다.

2) 근활동 전위양상

Tippelt의 주요 동작에서 큰 원운동의 다운스윙을 통한 탭동작을 수행하면서 대흉근, 대퇴직근, 상복직근과 하복직근의 활동전위가 높게 나타났다. 킥아웃동작을 수행하면서 승모근, 전삼각근, 상복직근과 하복직근의 활동전위가 높게 나타났다. 또한 동작 초반 물구나무서기 동작에서 시간을 지체하거나 급하게 다운스윙하게 될 경우 승모근, 전삼각근, 척추기립근, 광배근, 상복직근과 하복직근의 불필요한 근 활동전위가 발생하는 것으로 나타났다.

Table 5. Average IEMG of muscle

	P1		P2		P3		P4	
	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right
Pectoralis major	42±24	46±26	180±42	196±46	40±27	83±45	180±30	288±145
Trapezius	95±80	71±56	145±73	127±88	416±199	443±165	132±81	120±49
Anterior Deltoid	248±229	184±110	266±197	274±228	453±154	56±291	332±217	304±259
Rectus femoris	45±21	47±24	231±69	230±89	241±94	183±62	342±162	326±175
Upper Rectus abdominis	141±66	149±88	430±142	352±118	338±210	359±243	451±194	557±441
Lower Rectus abdominis	79±70	71±69	339±148	346±108	226±116	327±148	249±158	327±131
Erector spinae	77±43	80±57	106±27	106±29	81±29	78±17	33±6	32±7
Latissimus dorsi	30±14	49±68	257±120	217±75	249±87	246±95	139±36	97±19

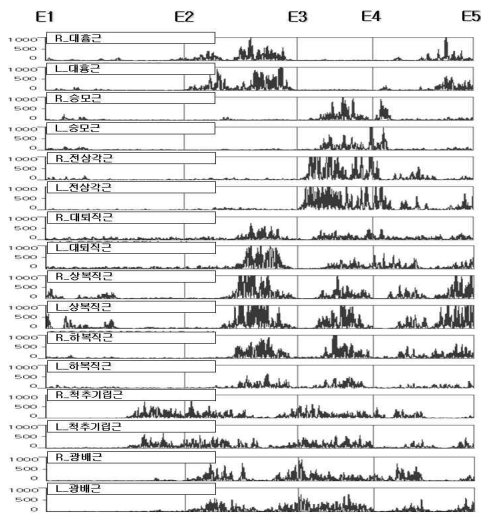


Figure 12. Muscle Activity of S1

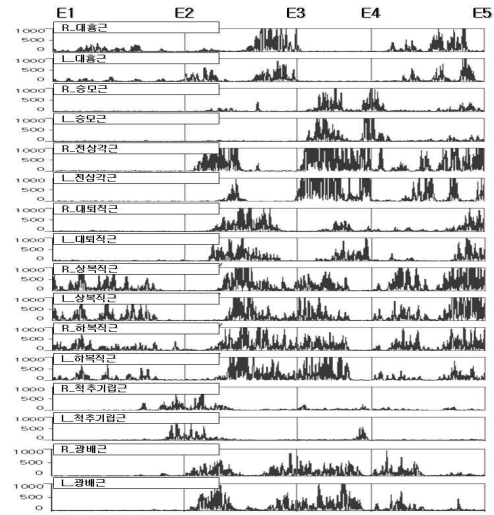


Figure 15. Muscle Activity of S4

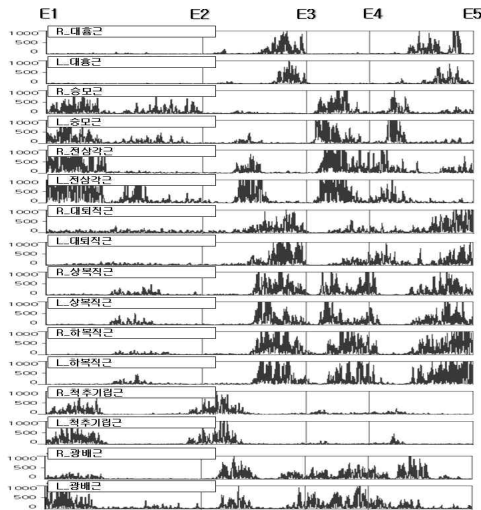


Figure 13. Muscle Activity of S2

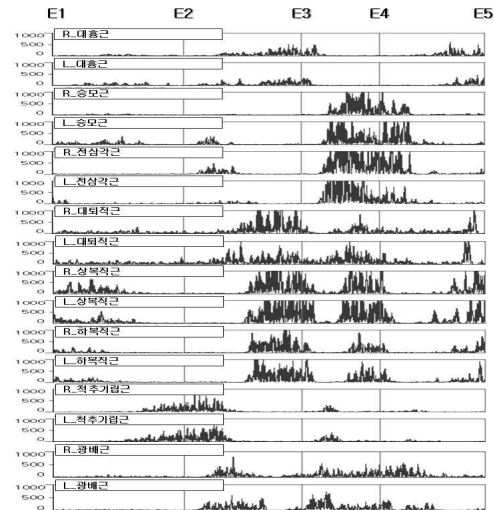


Figure 16. Muscle Activity of S5

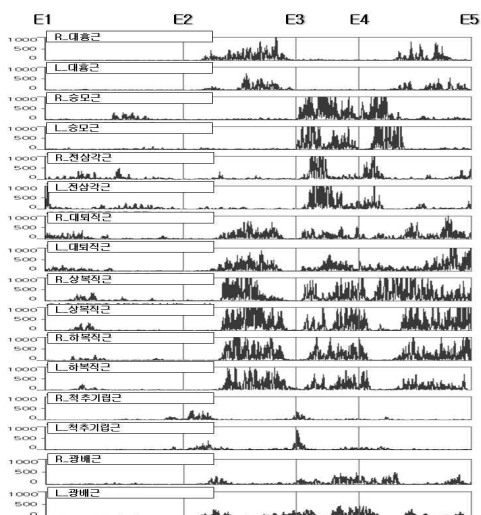


Figure 14. Muscle Activity of S3

IV. 논의

Tippelt 동작의 소요시간은 대상자들 모두가 다운스윙 국면에서 가장 긴 시간을 소비한 반면 킥아웃 국면에서 가장 짧은 시간을 소비하는 것으로 나타났다. 텡스윙국면(0.48 sec)과 킥아웃 국면(0.30 sec)의 소요시간은 Back, Park과 Yoon(2008)의 연구결과 (P2: 0.38 sec, P3: 0.28 sec)와 Back, Kim, Moon, Back & Yoon(2007)의 연구결과(P2: 0.28 sec, P3: 0.33 sec)보다 텡동작의 소요시간이 다소 길게 나타났다. 이와 같은 소요시간의 증가는 텡동작과 킥아웃동작 시 견관절과 고관절의 각운동이 보다 충분하게 이루어지고 웅대한 휘돌기가 수행된 결과로 이해되며, 이로 인해 용이해진 역동작 운동은 커다란 반작용력이 발휘되어 신체 의 상승과 전방이동 효과를 증대시킨 것으로 판단된다.

신체중심의 위치변화 결과를 살펴보면, 다운스윙 시 탭동작을 위한 고관절의 최대 신전은 봉 위의 위치에서 이루어졌고, 탭동작이 끝나면서 다운스윙의 역동작을 위해 킥아웃동작이 시작되는 시점이 봉을 잡고 있는 손의 연직하방에 근접한 위치에서 이루어졌으며, 킥아웃동작을 하면서 봉을 이탈하는 시점은 봉 위로 올라가기 이전에 이루어지는 것으로 나타났다. 동작이 마무리되는 봉 잡기 시 전·후 위치는 1.55 m로 나타났고, 상·하 위치는 0.29 m로 나타났다. 이는 전·후 위치의 경우 Back et al.(2008)의 연구결과(137.8~144.0 cm)와 큰 차이가 있는 것으로 보아 세계적인 선수에게서 웅대함과 역동성 있는 동작이 더 크게 발휘되었음을 알 수 있다.

신체중심의 속도변화 결과를 살펴보면, 다운스윙 동안 그렇게 빠르지 않은 휘둘기 속도를 유지하지만 킥아웃동작이 이루어지는 지점에서부터 매우 빠른 전방이동속도와 상승속도가 유발되는 것으로 나타났으며, 공중비행 후 하강하는 동안 전방이동속도가 점차 감소되는 결과를 나타냈다. 매달리기 계통 기술의 준비동작인 뒤 휘둘기의 분석 결과를 보면 신체가 평행봉을 경과하는 순간의 다운스윙 시 Lee(2009)은 전후속도가 -0.14 m/s, 상하속도가 -3.3 m/s로 나타났다고 보고하였으며, Kong et al.(2005)은 전후속도가 -0.26 m/s, 상하속도가 -3.29 m/s로 나타났다고 보고하였다. 또한 다운스윙 시 탭동작 시작 시 전후속도는 -1.28 m/s로서 Back et al.(2008)의 연구결과(0.47 m/s)와 Ahn(1996)의 연구결과(-0.96 m/s)보다 매우 빠른 반면 탭동작 시작 시 상하속도는 -2.34 m/s로서 Back et al.(2008)의 연구결과(3.23 m/s)와 Ahn(1996)의 연구결과(-2.8 m/s)보다 느리게 나타났다. 신체가 완전히 신전되어 킥아웃동작이 이루어지면서 봉을 이탈하는 지점에서 전방이동속도와 상승속도는 주요국면인 비행동작에 결정적인 영향을 미치는데 이때(봉 이탈 시)의 전후속도는 1.95 m/s로서 Back et al.(2007)의 연구결과(1.68 m/s)와 Back et al.(2008)의 연구결과(1.54 m/s) 그리고 Ahn(1996)의 연구결과(176 m/s)보다 매우 빠르게 나타난 반면 상하속도는 3.07 m/s로서 Back et al.(2007)의 연구결과(3.48 m/s)와 Back et al.(2008)의 연구결과(3.16 m/s) 그리고 Ahn(1996)의 연구결과(4.18 m/s)보다 다소 느리게 나타나는 특징을 보였다. 이와 같은 결과로 볼 때 Tippet 동작이 다운스윙의 역동작으로 하지보다는 상반신과 상지가 전방으로 빠르게 이동해야 하는 동작이기 때문에 우수한 국가대표선수들은 다운스윙뿐만 아니라 상승하면서 봉을 이탈할 때에도 수직상승보다는 전방으로 빠르게 움직이는 것을 알 수 있다.

주요관절의 각도변화를 살펴보면, 휘둘기를 위해 다운스윙 동안에 견관절과 고관절의 굴신운동을 통해 탭동작을 시행하는데 이때(탭동작 시작 시) 고관절의 최대 신전각은 253°이며, 견관절각은 202°를 나타냈는데, Back et al.(2008)의 연구결과(고관절각은 257°, 견관절각은 199°)와는 유사하나 Back et al.(2007)

의 연구결과(고관절각은 229°, 견관절각은 122°)보다 비교적 큰 각변위가 나타났다. 최대 탭동작이 이루어지고 킥아웃동작으로 전환되는 시점에서 견관절각은 163°, 고관절각은 134°를 나타냈는데, Back et al.(2008)의 연구결과(견관절각은 147°, 고관절각은 112°)보다 큰 각변위가 나타났다. 킥아웃동작 시점에서 강력한 탭동작은 신체의 상승 스윙력에 영향을 미친 것이다. 따라서 세계 정상급 국가대표선수들은 견관절과 고관절의 각운동 폭을 크게 한 탭동작을 통하여 신체의 상승을 유도하기 보다는 안정적인 탭동작과 큰 원운동의 다운스윙을 통해 신체의 상승력을 유발하고 있음을 알 수 있다. 동체전경각을 살펴보면, 다운스윙 국면에서부터 킥아웃동작이 시작되는 순간까지 일관성있게 점차 증가하다가 킥아웃동작 이후부터 역동작하여 점차 감소하는 현상을 나타냈다. 킥아웃동작 수행 순간부터 역동작이 이루어지는데 이때 동체회전각은 275°로서 동체가 수직에 가까운 각 위치를 보이고 있다. 이는 동체가 Back et al.(2008)의 연구결과(286°)보다 작게 회전한 것으로써 수평방향으로의 이동과 원활한 역동작운동을 수행하게 된 원인으로 판단된다.

근 활동전위양상을 살펴보면, 다운스윙국면에서 대부분의 근육부위별로 근 활동전위가 전체적으로 낮게 나타났다. 그러나 S2는 승모근과 전삼각근 그리고 척추기립근과 광배근의 근 활동전위가 다운스윙국면과 미세한 근 활동전위가 나타나는 특징을 보였는데 이는 Tippet 동작의 다운스윙 초기의 물구나머시기동작에서 신체의 균형이 정확히 잡히지 않은 상태에서 시간이 지체되면서 신체의 균형조절을 위해 어깨관절의 주변 근육들과 몸통의 근육들이 함께 작용한 결과로 판단된다. 또한 S4는 상복직근과 하복직근의 활동전위가 높게 나타났는데 이는 다운스윙 국면의 소요시간에서도 알 수 있듯이 급하게 다운스윙되는 과정에서 고관절의 굴신운동에 따른 탭동작을 수행하기 위해 상복직근과 하복직근이 크게 동원된 결과로 이해된다. 따라서 다운스윙국면 초기의 물구나머시기 동작을 정확하게 취하여 불필요한 근육활동을 최소화할 수 있도록 해야 하며, 세계적인 우수선수라고 평가받는 국가대표선수들의 Tippet 동작은 다운스윙 시 수평중심의 역동성이 발견되었으며, 하강속도를 제어하면서 탭동작을 위한 견관절과 고관절의 신전운동에 치중한다는 것을 알 수 있다.

탭스윙국면에서는 대흉근, 대퇴직근, 상복직근과 하복직근의 활동전위가 매우 높게 나타났으며, 대흉근과 대퇴직근보다는 상복직근과 하복직근의 활동전위가 더욱더 활성화된 것으로 나타났다. 이는 탭동작을 위해 고관절과 견관절이 빠르게 굴곡되는 동작을 취하기 위하여 나타나는 당연한 결과라고 생각되어진다.

킥아웃 국면에서는 상복직근과 하복직근의 활동전위는 계속적으로 높게 유지되고 대퇴직근의 활동전위가 다소 감소한 상태에서 승모근과 전삼각근의 활동전위가 매우 높게 나타났다.

이는 당연히 역동작을 위해 다리를 전방향으로 차 내면서 신체를 뺏어주는 동작에서 전삼각근과 승모근 그리고 상복직근과 하복직근이 모두 강하게 동원되고 있음을 알 수 있으며, 신체가 곧게 펴진 상태에서 신체중심이 전방으로 이동하면서 붐을 잡고 있는 양팔은 상체가 양쪽 봉사이로 상승할 때까지 뒤쪽으로 곧게 뺏어 붐을 잡아주는 동작에서 광배근의 활동전위가 다소 증가되었다는 점도 간과해서는 안 될 것이다.

양손이 붐을 다시 잡는 국면에서는 대흉근이 활동전위가 높게 나타났으며, 상복직근과 하복직근의 활동전위는 고관절이 굴곡되는 동작으로 마지막 붐을 다시 잡는 순간까지 계속 이어졌으며, 붐 잡기 동작에서 동체가 세워지면서 안정성이 결여되었던 S4의 경우 전삼각근의 활동전위가 높게 나타났는데, 이는 신체가 뒤쪽 방향으로 쓰러짐으로 인해 균형이 무너지려고 할 때 삼각근의 근력으로 호트러지는 균형을 잡기 때문으로 이해될 수 있다. 키크아웃국면에서 얻어진 수평방향의 빠른 속도를 유지하면서 상체가 전방으로 흐르지 않도록 고관절과 가슴을 빠르게 굴곡하여 오목하게 모아주는 상승운동으로의 전환이 중요하며, 비행 후 붐을 다시 잡을 때에는 고관절의 빠른 굴곡으로 안정된 동작을 유지하는 것이 중요하다고 하였다(Back et al., 2008). 한편 수평운동중심의 Tippelt 동작을 수행한 S1의 경우 대부분의 국면에서 척추기립근을 포함한 나머지 근육들의 국면별 근 활동량은 대체적으로 낮게 나타났다. 휘둘기에 따른 탭 동작과 키크아웃동작의 수행은 그만큼 고관절과 견관절의 굴신관절을 작게 하여 큰 힘을 들이지 않아도 회전과 수평이동을 용이하게 한다는 것을 알 수 있었다. 이는 견관절의 하강과 고관절의 최대신전이 이루어지는 탭동작, 상체가 정방으로 흐르지 않고 고관절과 가슴이 빠르게 굴곡되는 키크아웃동작의 상승과 붐을 잡을 때에 고관절의 굴곡동작이 안정되게 유지할 때 높은 평가와 힘의 효율적인 활동전위 양상을 나타낸다고 판단된다.

V. 결론

본 연구는 평행봉 Tippelt 동작을 운동역학적으로 분석하여 기술적 이해를 정립하는데 목적이 있다. 이를 위해 평행봉종목 세계 정상급 국가대표 체조선수 5명이 실시한 Tippelt 동작의 연기를 3차원 영상분석과 근전도분석을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

우수한 국가대표선수들의 Tippelt 동작은 큰 원운동의 다운스윙을 통한 탭동작을 수행하며, 신체가 붐을 잡고 있는 손의 연직하방에 근접한 위치에서 동체가 수직에 가까운 자세를 유지한 상태로 견관절각과 고관절각을 빠르게 신전시키면서 키크아웃 동작을 수행한다. 이는 수평중심의 빠른 전방이동과 함께 효율

적인 역동작 운동을 유발하는 것으로 나타났다. 이때 동작이 시작되는 물구나무서기에서 너무 지체하거나 급하게 다운스윙하게 되면 하강 초반부터 승모근, 전삼각근, 척추기립근, 광배근, 상복직근, 그리고 하복직근의 불필요한 근력이 소모되는 것으로 나타났다. 탭동작에서 근 활동전위가 주로 발현되는 근육 부위는 대흉근, 대퇴직근, 상복직근 그리고 하복직근이며, 키크아웃동작에서 근 활동전위가 주로 발현되는 근육부위는 상복직근과 하복직근, 승모근 그리고 전삼각근이다. 또한 견관절과 고관절의 굴신 폭의 증가에 의한 탭동작은 수평중심의 공중비행에 지장을 초래하며, 붐 잡기 시 동체전경각이 수평면과 70°정도를 유지케 하는 것이 전삼각근의 에너지 소모를 줄이고 신체의 안정적인 균형을 유지할 수 있기 때문에 평가에 도움이 될 것으로 판단된다. Tippelt 동작에서 슬관절을 곧게 펴주는 자세는 평가에 긍정적인 영향을 미치지 않기 때문에 탄력과 역동작을 유발하기 위한 탭동작과 키크아웃동작 수행 시 슬관절을 과도하게 굽혀지지 않도록 하여야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M.(1971). *Direct Linear Transformation From Comparator Coordinates in Object-Space Coordinates in Close-Range Photogrammetry*. Proceedings of the ASP Symposium of Close-Range Photogrammetry. Urbana, IL.
- Ahn, W. S.(1996). Kinematic Analysis of Tippelt uprise Motion on Parallel Bars. *The Korean Journal of Physical Education*, 35(2), 323-332.
- Bark, J. H.(2005). Kinematical Analysis of Belle piked Motion in Parallel Bars. *The Korean Journal of Physical Education*, 44(6), 633-641.
- Bark, H. S., Kim, M. S., Moon, B. Y., Bark, J. H., & Yoon, C. S.(2007). Kinematical Analysis of Tippelt Motion in Parallel Bars. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(2), 167-176.
- Bark, J. H., Park, J. C., & Yoon, C. S.(2008). A Study about the Training Program for Tippelt Technique on the Parallel Bars. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 18(2), 29-39.
- Chandler, R. F., Clauser, C. E., McConville, J. T., Reynolds, H. M., & Young, J. W.(1975). *Investigation of Inertial Properties of the Human Body*. AMRL-TR-74-137, AD-A016-485. DOT-HS-801-430. Aerospace Medical Research Laboratories,

Wright-Patterson Air Force Base, Ohio.

- Hermens, H. J., Freriks, B., & Merlitti, R.(1999). *European Recommendations for Surface Electromyography: Results of the Seniam project*. Netherlands, Roessingh Research and Development.
- Kong, T. U.(2005). A Kinematical Analysis of Belle Motion on Parallel Bars. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(4), 43-53.
- Kong, T. U., Kim, Y. S., & Yoon, C. S.(2005). A Kinematical Analysis of the Kenmotsu on the Parallel Bars. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(3), 61-70.
- Korea Gymnastic Association(2005). *Technical Regulations of the Male Gymnast's*. Korea Gymnastic Association.
- Kwon, Y. H.(2002). *KWON3D Motion Analysis Package Version 3.1 User's Reference Manual*. Seoul, Korea: Visol corp.
- Lee, J. H.(2009). A Study about Applied to Training to Improve the Giant Swing Technique on the Parallel Bars. *The Korean Journal of Physical Education*, 48(2), 433-443.
- Nam, K. H.(2005). *Kinematical Analysis of Belle Motion on Parallel Bars*. No Publication a Master's Thesis. Graduate School of Education Kwandong University.