



한국운동역학회지, 2004, 제14권 1호, pp. 1-12
Korean Journal of Sport Biomechanics
2004, Vol. 14, No. 1, pp. 1-12

뒤 공중 돌기 유형에 따른 착지동작의 성공요인 분석

한윤수(경북대학교)*

ABSTRACT

Analysis of Successful Landing by the Type of the Salto Backward

Han, Yoon-Soo*(Kyungpook National University)

Y. S. Han, Analysis of Successful Landing by the Type of the Salto Backward. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 14, No. 1, pp. 1-12, 2004. The purpose of this study is to provide training materials for practical use by investigating the kinematical variables of the successful landing by the type of the salto backward such as Tuck, Pike. For this study, the subjects are 4 male national gymnasts using 3-dimensional cinematographic method. Based on the results of this study, the conclusions are drawn as follows.

1. In flight phase, Tuck and Pike show fast extension after completing minimum angle of hip joint passing through the peak. It is very important factor to control body with gaining time before landing while decreasing the velocity of

이 논문은 2003년도 경북대학교의 연구비에 의하여 연구되었음

투 고 일 : 2004년 2월 15일 접수

심 사 일 : 2004년 3월 8일

심사완료일 : 2004년 3월 30일

* Corresponding author, 교수, 702-701 대구 북구 산격동 1370번시 경북대학교 사범대 체육교육과
연락처: hanysgym@yahoo.co.kr, Tel: 053-950-5934

flight rotaion.

2. In Landing phase, the angles of each joint for successful landing are shown as 92deg~100deg for knee angle, 52deg~57deg for hip angle, and 56deg~70deg for shoulder angle.
3. Tuck and Pike dramatically decrease the height of COG, and horizontal/vertical velocity of COG from TD to LD. Also, it is shown that the knee angle, the hip angle and the shoulder angle decrease drastically. On the other hand, the angular velocity of trunk rotation shows negative direction and due to this, the angle of trunk rotation is shown as re-flexion.

KEY WORDS : BACKWARD SALTO WITH TUCK AND PIKE, LANDING

I. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

기계체조경기에서 뒤 공중 돌기 동작은 고난이도 기술을 수행하기 전에 필수적으로 습득해야할 기본적인 동작이다. 뒤 공중 돌아 내리기 동작은 연기구성의 마지막 단계로써 전체 연기의 내용을 평가받는데 매우 중요한 부분을 차지하고 있다. 그럼에도 불구하고 공중국면과 착지국면에는 복잡한 역학적 요인이 내재되어 있어 움직임 없이 완전한 착지동작을 수행하는데 많은 어려움이 따른다. 1992년 바르셀로나 올림픽대회와 1996년 애틀랜타 올림픽대회에 참가한 남녀 체조선수 800명을 대상으로 단체경기에서 착지성공률이 50%도 미치지 못하는 것으로 나타났다(Jill, 2000). 또한 2000년 제 27회 시드니 올림픽대회에서 남자 기계체조 평행봉 종목별 결승경기에 참가한 8명 선수 모두 몸 접고 2회전 뒤 공중돌아 내리기 동작을 실시하였으며, 그 결과 8명의 선수 중 3명만 착지에 성공한 것으로 나타났다(한윤수, 2001).

현행 체점규칙(FIG, 2001)에 의하면 도마종목을 제외한 5개의 종목에서 최소 C 난이도 이상의 내리기 동작으로 연기를 종료 해야하며, 내리기의 안정성과 중요성을 강조하고 있다. 만일 체조선수가 내리기 동작을 실시하지 않을 경우 0.3의 감점을 받게되며, 불완전하거나 부적절한 착지를 실시했을 경우 0.1~0.3까지 감점을 받게된다. 또한 착지 시 넘어졌을 경우에는 0.5의 감점을 받게되며, 추가적

으로 부적절한 착지동작은 연기요소그룹의 내리기 동작을 충족시키지 못한 것으로 간주되어 최대 0.8의 감점을 받게될 수 있어 내리기 동작이 전체 연기내용을 평가받는데 있어 매우 큰 비중을 차지하고 있다. 따라서 보다 완전한 착지동작을 수행하기 위해서는 이에 영향을 미치는 운동학적 변인의 특성을 규명하는 것이 필요하다. 이러한 관점에서 볼 때 뒤 공중 돌아 내리기 동작 유형에 따른 착지 자세의 특성을 연구하는 것은 매우 중요한 과제 중의 하나라고 할 수 있다.

선행연구를 살펴보면, 체조 경기에서 착지에 관련하여 국내외 연구들은 각 종목별로 착지 성공률에 관해 비율로 환산해 분석이 이루어지고 있으며, 영상분석을 통한 역학적 연구에서 류지선, 한충식(1994)은 135cm의 높이의 점프 보드 위에서 뒤 공중 돌아 내리기 동작의 운동학적 특성을 비교한 결과 숙련자 집단이 미숙련자 집단 보다 공중동작시 높은 중심위치와 착지시 고관절의 각도가 평균 70deg를 나타내 적절한 각도를 유지한 것으로 보고하고 있다.

Jill(1993)의 연구에서 매트와 떨어지는 높이에 따른 착지 전략을 분석하였으며, Jill(1994)은 훈련된 체조선수들의 착지시 최대수직 지면반력이 높이 32cm, 72cm, 128cm에서 체중의 3.9배, 6.3배, 11배로 각 각 나타났으며, 세가지 조건(no mat, soft mat, stiff mat)의 착지조건을 설정하여 하지의 최대수직력, 착지구간의 소요시간, 슬관절과 고관절의 각도 변화에서 착지면이 단단할수록 각 관절의 각운동 범위가 증가된다는 것을 보여주었다. 이상에서 살펴본 바와 같이, 선행연구들은 착지의 성공률, 높은 위치에서 점프하여 뛰어내리기 등 실제 뒤 공중 돌기 유형에 따른 착지자세에 관한 운동학적인 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 뒤 공중 돌기 유형(터크, 파이크)에 따른 착지 자세의 운동학적 특성을 규명함으로써 성공적인 착지동작을 수행하는데 중요한 요인을 밝혀 현장의 훈련자료를 제공하는데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 뒤 공중돌아 내리기 동작 시 터크(tuck)자세와 파이크(pike)자세를 실시할 수 있는 남자 국가대표 기계체조선수 4명을 선정하였으며, 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자의 신체적 특성

대상자	신장(cm)	체중(kg)	경력(yr)
S1	170	63	11
S2	170	64	11
S3	172	67	11
S4	168	63	10
M±SD	170±1.63	64.25±6.89	10.75±0.50

2. 실험장비

본 연구에 사용된 실험장비는 촬영장비와 분석장비로 분류되며, 그 자세한 사항은 <표 2>와 같다.

표 2. 실험장비의 특성

구분	기기명	제품명	제작사
촬영장비	Camcorder 2대	5100HS	Panasonic
	Control object	1m × 1m × 1m	KMU
	Video tape	S-VHS	SKC
분석장비	VCR	AG-7350	Panasonic
	Monitor	PVM-1454Q	Sony
	비디오 분석 프로그램	Kwon3D Ver.2.1	V-TEK
	Computer	IBM 586 펜티엄	IBM

3. 실험절차

본 연구의 대상인 뒤 공중 돌아 내리기 동작의 범위를 충분히 포함할 수 있게 통제점들을 길이 2m, 폭 1m, 높이 3m의 공간좌표계를 설정하여 약 2분간 촬영하였으며, 2 대의 비디오카메라는 동작이 수행하는 지점에서 약 15m 거리에서 삼각대로 고정시켜 설치하였다. 촬영속도는 30frames/sec이고 셔터스피드는 1/250초로 하였다. 통제점들을 촬영한 후 이를 제거하였고, 착지매트로부터 1.15m 높이의 점프보드 위에서 뒤 공중 돌아 내리기 동작 시 터크(tuck)자세와 파이크(pike)자세를 충분히 연습시킨 후 실제 동작을 각각 5회씩 수행하였으며, 이를 촬영하였다. 이렇게 실시된 동작은 4명의 국제심판에 의해 평가되었으며, 그 중에서 착지 시 전혀 움직임이 없고 가장 우수한 동작을 선정하여 분석하였다.

4. 자료처리

본 연구의 자료처리는 Kwon3D 2.1 동작분석 프로그램을 사용하였다. 자료처리과정은 통제점 틀을 이용하여 실 공간 좌표가 계산된 후 인체의 3차원 좌표가 얻어졌다. 축 정의는 좌·우 방향을 X축, 운동 진행 방향인 전·후 방향을 Y축, 그리고 상·하 방향을 Z축으로 정의하였다. 인체의 모델은 총 21개의 관절점에 의한 16개의 신체 분절로 연결된 강체 시스템으로 정의하고, 각 분절의 무게중심과 전체 무게중심의 위치를 계산하기 위한 인체 분절 모수치(body segment parameters)는 Chandler 등(1975)의 자료를 이용하였다. 각 각의 비디오카메라로부터 얻어진 2차원 좌표는 3차 스플라인 함수를 이용하여 0.016초 간격으로 보간하여 동조시켰다. 또한 3차원 좌표 계산은 Abdel-Aziz와 Karara(1971)가 개발한 DLT(direct linear transformation)방식을 사용하였으며, 이때 디지털이징 등과 같은 여러 가지 원인에 의해 발생하는 노이즈에 의한 오차 제거는 Butterworth 2차 저역 통과 필터(low-pass filter)를 이용하여 스프딩하였고, 차단 주파수는 6Hz로 설정하였다. 본 연구대상인 뒤 공중돌아 내리기 동작의 국면구분은 신체중심의 최고점에서 양발이 매트에 접촉하는 순간(TD)을 공중국면, 양발이 매트에 접촉하는 순간부터 신체중심의 최고 낮은 수직위치까지를 착지국면이라고 정의하였다. 각 관절의 각도에서 견관절 각도는 상완과 동체가 이루는 상대각도, 고관절 각도는 대퇴와 동체가 이루는 상대각도, 슬관절 각도는 대퇴와 하퇴가 이루는 상대각도, 통체의 회전 각도는 동체와 Y축과 이루는 절대각도로 정의하였다.

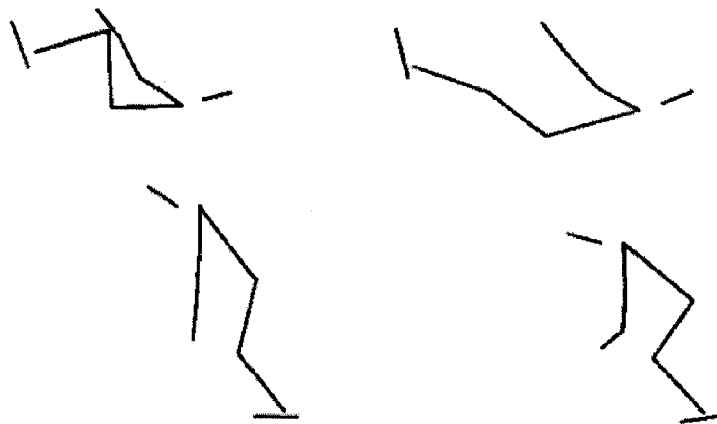


그림 1. 터크동작과 파이크 동작

Ⅲ. 연구결과 및 논의

이 연구는 남자 국가대표 기계체조선수 4명을 대상으로 운동학적 분석을 실시하였으며, 그 결과

는 다음과 같다.

1. 공중국면

표 3. 공중국면의 운동학적 변인

변 인	유 형	터크		파이크	
		M	SD	M	SD
소요시간(s)		0.60	0.02	0.60	0.02
신체중심의 수평변위(m)		0.78	0.14	0.71	0.17
신체중심의 최고높이(m)		2.52	0.12	2.52	0.13
최고점 시 고관절 각도(deg)		85	16.66	123	20.18
최고점 시 동체 회전각도(deg)		171	10.30	154	12.66
최고점 시 동체 회전각속도(deg/s)		391	53.19	46	34.45
고관절의 최소 각도(deg)		66	14.84	70	13.28
고관절의 최대 각도(deg)		153	8.39	147	5.77
고관절의 최소 각도시 동체회전각도(deg)		214	10.67	202	13.26
고관절의 최대 각도시 동체회전각도(deg)		364	12.02	384	17.76
동체의 평균 회전 각속도(deg/s)		373	18	391	23.19
TD 시 신체중심의 높이(m)		0.74	0.04	0.74	0.06
TD 시 신체중심의 수평속도(m/s)		1.21	0.31	1.38	0.16
TD 시 신체중심의 수직속도(m/s)		-2.43	0.35	-1.92	0.50
TD 시 슬관절 각도(deg)		127	1.85	124	8.33
TD 시 고관절 각도(deg)		118	2.86	117	11.86
TD 시 견관절 각도(deg)		28	39.28	21	41.01
TD 시 동체의 회전각도(deg)		406	3.03	405	6.10
TD 시 슬관절 각속도(deg/s)		-805	111.47	-816	103.58
TD 시 고관절 각속도(deg/s)		-524	93.70	-585	101.33
TD 시 견관절 각속도(deg/s)		200	235.13	280	170.87
TD 시 동체 회전각속도(deg/s)		-16	45.96	-42	25.80

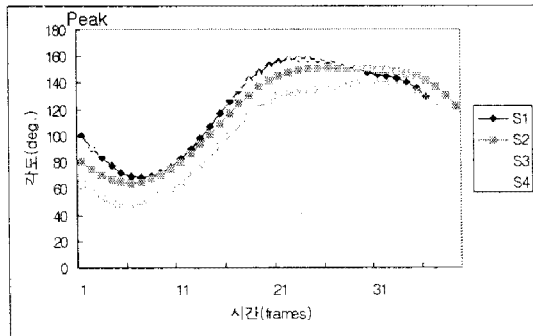


그림 2. 터크동작의 고관절 각도변화

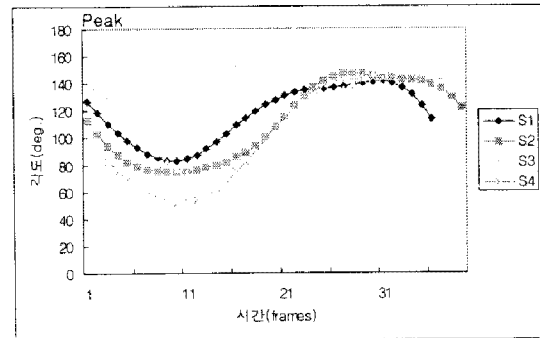


그림 3. 파이크동작의 고관절 각도변화

공중국면 동안 터크와 파이크의 운동학적 변인의 결과를 나타낸 것은 <표 3>과 같다. 표에서 나타난 바와 같이, 공중국면 동안 소요시간은 터크와 파이크 동작 모두 0.60sec로 동일하게 나타났고, 신체중심의 수평변위는 유사하게 나타났으며, 최고높이는 터크와 파이크 모두 2.52m로 동일하게 나타났다. 한편 최고점 시 고관절 각도는 터크가 85deg로써 파이크의 123deg보다 더 굴곡하면서 뒤 공중돌기를 수행하는 것으로 나타난 반면에 동체의 회전각도와 회전 각속도에서 각 각 터크가 171deg, 391deg/s로써 파이크의 154deg, 46deg/s보다 더 빠르게 뒤 공중 회전하는 것으로 나타났다. 고관절의 최소각도와 최대각도에서 터크와 파이크는 유사한 값으로 나타났으나, 동체의 평균 회전각속도는 파이크가 391deg/s로써 터크의 373deg/s보다 약간 빠르게 뒤 공중회전하는 것으로 나타났다. 또한 고관절의 최소 및 최대각도 시 동체의 회전각도에서 각 각 터크가 214deg, 364deg, 파이크가 202deg, 384deg로써 터크는 파이크 보다 뒤 공중 회전의 각변위를 작게하면서 고관절의 최소 및 최대동작이 이루어지고 있는 것으로 나타났다. <그림 2,3>에서 보는 바와 같이 터크와 파이크 모두 최고점 이후 고관절 각도를 최대한 굴곡하다가 다시 빠르게 신전하는 특징을 보이고 있으며, 이후 두 동작 모두 유사한 패턴을 보이고 있다.

한편 TD시 신체중심의 높이는 터크와 파이크 모두 0.74m로 동일한 값으로 나타났으며, 수평속도는 터크가 1.21m/s로써 파이크의 1.38m보다 느리게 나타난 반면에 수직속도는 터크가 -2.43m/s로써 파이크의 -1.92m/s보다 빠르게 나타났다. 또한 TD시 슬관절, 고관절, 견관절, 동체의 회전각도 및 슬관절 각속도에서 매우 유사한 값으로 나타났다. 그러나 파이크는 고관절, 견관절, 통체의 회전각속도에서 각 각 -524deg/s, 200deg/s, -16deg/s로써 파이크의 -585deg/s, 280deg/s, -42deg 보다 느리게 나타났다.

이러한 결과에 의하면, 최고점 시 고관절 각도와 동체의 회전 각속도에서 터크가 파이크 보다 더 굴곡된 자세와 빠른 회전속도를 보이고 있다. 즉, 터크동작은 무릎을 굽혀 신체를 웅크린 자세를 취함으로써 최고점까지 회전반경이 작아져 뒤 공중회전을 빠르게 수행하는 것으로 나타났다. 이와 반대로 파이크 자세의 뒤 공중돌기는 터크자세의 뒤 공중돌기 보다 관성모멘트가 커져 회전속도가 느리게 나타난 것이다. Takei, Nohara, Kamimura(1992)는 성공적인 공중동작을 수행하기 위한 조건으

로 뒤 공중돌기의 최고점에 도달하였을 때 신체를 최대한 웅크린 자세를 취하여야 한다고 하였으며, 최고점 이후 고관절을 빠르게 신전하여 착지 전에 신체를 조절할 수 있는 시간적 여유를 얻을 수 있어야한다고 보고하고 있다. Takei(1992) 등이 보고한 바와 같이 본 연구에서도 터크와 파이크는 최고점을 지나자마자 동체의 회전 각변위를 작게하면서 고관절을 최대한 빠르게 굴곡하고 신전하는 것으로 나타났는데 이는 착지 전에 신체를 제어시켜 시간적 여유를 확보하는데 매우 중요한 요인임을 다시 확인할 수 있었다. 즉, 공중돌기의 경우 보존된 각운동량으로 신체의 분절들의 관성모멘트와 각속도를 조절함으로써 공중돌기의 회전 수와 신체를 제어시키는데 영향을 미칠 수 있다. 따라서 최고점 이후 몸통회전 각변위를 작게하면서 고관절의 빠른 굴신운동으로 신체를 제어시켜 주는 것이 중요하다. 또한

한편 TD 시 각 관절의 각도에서 유사한 패턴을 보이고 있으며, 고관절 각속도에서 파이크는 터크보다 음(-)의 방향으로 빠르게 나타나고 있는 반면에 견관절 각속도에서는 양(+)의 방향으로 빠르게 나타나고 있다. 이는 TD 시 고관절 각도를 빠르게 굴곡시키는 반면에 견관절 각도는 빠르게 신전하는 것임을 알 수 있다. 이와 같이 공중회전하는 동안 터크와 파이크자세 차이로 인해서 파이크가 신체를 제어시키는데 더 많은 어려움이 따르기 때문에 고관절과 견관절의 각속도 변화가 크게 나타난 것으로 판단된다. 즉, <그림 2.3>에서 보는 바와 같이 파이크는 터크보다 최고점 이후 고관절의 각도가 작게 나타내 완전하게 신전시켜주지 못하는 것으로 나타났는데, 이는 신체를 제어시켜 시간적 여유를 확보하는데 더 많은 노력이 필요할 것으로 생각된다. 따라서 파이크는 터크보다 긴 체공시간을 확보하는 것이 선행되어야 하며, 최고점 이후 고관절의 빠른 신전운동으로 착지를 위한 시간적 여유를 확보하여 올바른 착지자세를 취하는 것이 중요하다.

2. 착지구면

착지구면 동안 Tuck동작과 Pike동작의 운동학적 변인의 결과를 나타낸 것은 <표 4>와 같다.

<표 4>에서 나타난 바와 같이, 소요시간과 신체중심의 수평변위는 터크가 각각 0.22sec, 0.58m, 파이크가 0.24sec, 0.53m로 유사하게 나타났으며, LD시 신체중심의 높이에서 터크와 파이크 모두 0.59m로 동일하게 나타났다. 반면 LD시 신체중심의 수평속도와 수직속도는 각각 터크가 0.43m/s, 0.26m/s로써 파이크의 0.66m/s, 0.42m/s보다 느리게 나타났다.

LD시 슬관절 각도는 터크와 파이크가 각각 96deg, 100deg로 유사하게 나타났으며, 고관절 각도는 터크와 파이크가 모두 57deg로 동일하게 나타났다.

표 4. 착지국면의 운동학적 변인

변 인	유 형	터크		파이크	
		M	SD	M	SD
소요시간(s)		0.22	0.09	0.24	0.09
신체중심의 수평변위(m)		0.58	0.04	0.53	0.10
LD 시 신체중심의 높이(m)		0.59	0.08	0.59	0.09
LD 시 신체중심의 수평속도(m/s)		0.43	0.78	0.66	0.51
LD 시 신체중심의 수직속도(m/s)		0.26	1.52	0.42	0.22
LD 시 슬관절 각도(deg)		96	5.72	100	8.42
LD 시 고관절 각도(deg)		57	21.26	57	23.05
LD 시 견관절 각도(deg)		62	41	56	27.16
LD 시 동체의 회전각도(deg)		379	16.31	376	17.86
LD 시 슬관절 각속도(deg/s)		59	56.59	89	57.68
LD 시 고관절 각속도(deg/s)		-97	113.12	-122	84.73
LD 시 견관절 각속도(deg/s)		167	133.98	144	134.66
LD 시 동체의 회전각속도(deg/s)		-67	66.69	-120	54.97

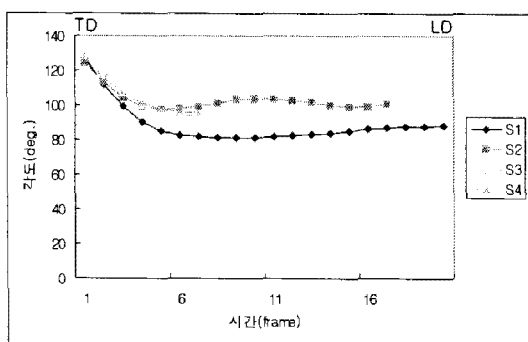


그림 4. 터크동작의 슬관절 각도변화

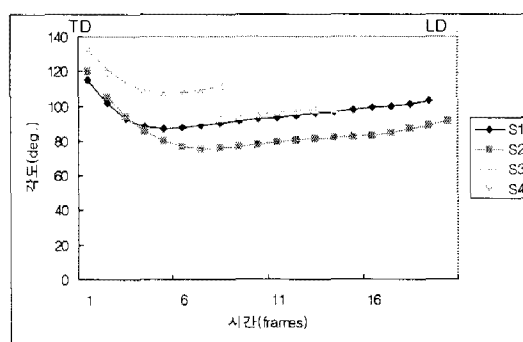


그림 5. 파이크동작의 슬관절 각도변화

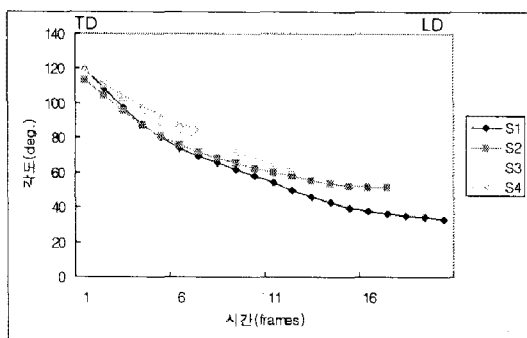


그림 6. 터크동작의 고관절 각도변화

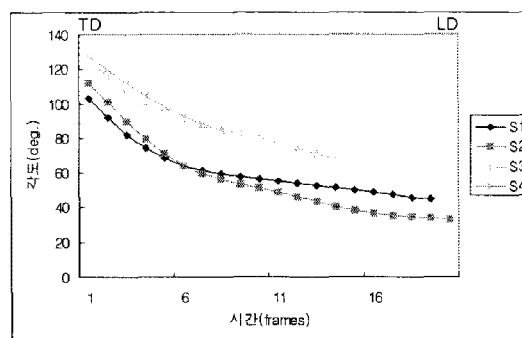


그림 7. 파이크동작의 고관절 각도변화

또한 견관절 각도와 동체의 회전각도에서 터크가 각 각 62deg, 379deg, 파이크가 각 각 56deg, 376deg로 유사하게 나타났다. 한윤수와 이용식(2003)은 평행봉 몸 잡고 2회전 뒤 공중 돌아 내리기 동작에 따른 성공적인 요인분석에서 착지시 슬관절 각도 92deg, 고관절 각도 52deg, 견관절 각도 70deg라고 보고하고 있다. 본 연구의 터크와 파이크동작을 선행연구와 비교해 볼때 매우 유사한 결과를 보이고 있다. 따라서 성공적인 착지수행을 위한 각 관절의 각도는 슬관절 각도가 92deg ~ 100deg, 고관절 각도가 52deg ~ 57deg, 견관절 각도가 56deg ~ 70deg 범위 내에서 이루어지는 것이 적절하다고 할 수 있다. <그림4,5,6,7>에서 보는 바와 같이, 슬관절 각도는 TD 이후 약간 굴곡하다가 일정하게 유지하는 패턴을 보이고 있는 반면에 고관절 각도는 TD 이후 계속 굴곡하는 패턴을 보이고 있다. 이와 같이 슬관절 각도를 TD 이후 약간 굴곡하다가 일정하게 유지하면서 고관절 각도를 완만하게 굴곡시켜주는 것이 신체를 제어시키려는데 있어 매우 중요한 요인이라고 생각한다. 다시 말하면, 슬관절의 각도를 유지하지 못하고 계속 굴곡하게 되면 신체중심의 위치가 계속 낮아지게 되고 결국 완전한 착지동작을 수행하지 못하고 뒤로 넘어지는 결과를 초래할 수 있다.

한편 슬관절, 고관절, 몸통의 각속도는 터크가 각 각 59deg/s, -97deg, -67deg/s로써 파이크의 89deg/s, -122deg/s, -120deg/s보다 느리게 나타났으며, 반면에 견관절 각속도는 터크가 167deg/s로써 파이크의 144deg/s보다 빠르게 나타났다. 그러나 이러한 결과에 의하면 터크와 파이크 모두 TD에서 LD까지 신체중심의 높이를 낮추면서 신체중심의 수평속도와 수직속도를 빠르게 감속시키는 것으로 나타났으며, 또한 슬관절, 고관절, 견관절 각속도를 느리게 감속하는 것으로 나타났다. 반면에 동체의 회전각속도에서는 음(-)의 방향으로 빠르게 나타나 동체의 각도를 다시 굴곡하는 것임을 알 수 있다. 즉, 동체의 회전각속도가 양(+)의 방향으로 증가하게 되면 동체의 회전각도가 커지면서 신체중심의 수평속도가 후방으로 빠르게 증가하여 신체를 제어시키지 못하고 결국 뒤로 넘어지거나 완전한 착지동작을 수행할 수 없게 된다. 이상을 종합하면 슬관절 각도를 TD 이후 약간 굴곡하다가 일정하게 유지하면서 고관절 각도를 완만하게 굴곡시켜주어야하며, 슬관절, 고관절, 견관절 각속도를 TD 이후 빠르게 감속시키는 것이 성공적인 착지를 수행하는 매우 중요한 요인이다.

IV. 결 론

본 연구의 목적은 뒤 공중 돌기 유형(터크, 파이크)에 따른 착지 자세의 운동학적 특성을 규명함으로써 성공적인 착지동작을 수행하는데 중요한 요인을 밝혀 현장의 훈련자료를 제공하는데 있다. 이를 위해 남자 기계체조 국가대표선수 4명을 대상으로 2대의 비디오 카메라를 이용한 3차원 영상분석을 통하여 운동학적 변인을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 공중국면 동안 터크와 파이크는 최고점을 지나 고관절의 최소각도를 이루자마자 빠르게 신전하는

것으로 나타났다. 이는 공중회전속도를 감속시켜 착지 전에 신체를 제어시킴으로써 시간적 여유를 확보하는데 매우 중요한 요인이다.

2. 착지국면 동안 성공적인 착지동작을 수행하기 위한 각 관절의 적절한 각도는 슬관절 각도가 92deg ~ 100deg, 고관절 각도가 52deg ~ 57deg, 견관절 각도가 56deg ~ 70deg 범위 내에서 이루어져야 하는 것으로 나타났다. 특히, 슬관절 각도는 TD 이후 약간 굴곡하다가 일정하게 유지해야 하며 고관절 각도를 완만하게 굴곡시켜주는 것이 신체를 제어시키는데 중요한 요인이다.
3. 터크와 파이크 모두 TD에서 LD까지 신체중심의 높이를 낮추면서 신체중심의 수평속도와 수직속도를 빠르게 감속시키는 것으로 나타났으며, 또한 슬관절, 고관절, 견관절 각속도를 빠르게 감속하는 것으로 나타났다. 반면에 동체의 회전각속도에서는 음(-)의 방향으로 빠르게 나타나 동체의 회전각도를 다시 굴곡하는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 류지선, 한충식(1994). 뒤 공중 돌아 내리기 동작의 운동학적 특성 비교. 한국체육대학교 체육과학연구소 논문집, 제13권, 제1호, pp.143-155.
- 한윤수(2003). 평행봉 몸 잡고 2회전 뒤 공중 돌아 내리기 동작에 따른 착지동작의 성공요인 분석, 운동역학회지, 제13권 2호, pp. 75-87.
- Abdel-Aziz, Y. I., & Kararah, M. (1971). *Direct linear transformation from comparator coordinates object space coordinates in close-range photogrammetry*. Proceeding of ASP/UI Symposium on Close Range photogrammetry. Falls Church, VA:American Society photogrammetry, 1-18.
- Chandler, R. F., Clauser, C. E., McConville, J. T., Reynolds, H. M., & Young, J. W.(1975). *Investigation of inertial properties of the human body*. Dayton, OH: Aerospace Medical Research Lab., Wright-Patterson Air Force Base.
- Federation of International Gymnastics(2001). *The code of points: Artistic gymnastic for men*. Switzerland.
- Kwon, Y. H.(1994). *KWON3D Motion analysis package version 2.1 User's Reference Manual*. Anyang, Korea:V.TEK corporation.
- Jill McNitt-Gray(1993). Landing strategy adjustments made by female gymnasts in reponse to drop height and mat composition, *Journal of Applied Biomechanics*, 9 (3), 173-190.

Jill McNitt-Gray(1994). Landing strategies used by gymnasts on different landing surfaces, *Journal of Applied Biomechanics*.

Jill McNitt-Gray, P Requejo, K, W Mathiyakom(2000). Landing success rate during the artistic gymnastics competition of the 2000 olympic games: Implications for improved gymnast/Mat interaction. Report of Federation of International Gymnastics.

Yoshiaki Takei, Hiroshi Nohara, and Mamoru Kamimura(1992). Techniques used by elite gymnasts in the 1992 olympic compulsory dismount from the horizontal bar. *Journal of sport Biomechanics*. 8, 207-232.