

# 鐵棒運動 2回轉 및 3回轉 空中動作의 運動學的 分析

南 獅 雄\*

## Kinematic Analysis about 2 & 3 Backward Somersault Takedown in Horizontal bar

Sa-Woong Nam\*

### Summary

The purpose of the study was undertaken to analysis cinematographically the 2 and rotations in airborne of horizontal bar. The equipment recruited was photosonic high speed camera and calcomp 9100 digitizer system. The subjects participated were 3 athletes.

The conclusions resulted were as follows :

For more completed 3 somersault rotation and take-down, it is necessary to increase more rapid initial velocity and angular velocity just after release from bar for completion of one and 1/2 rotation before pre-peak point.

### 서 론

최근 들어서 체조경기의 세계적인 추세는 각 종목마다 경기력을 향상시키기 위한 수단으로서 훈련의 량 및 강도 면에서 더욱 더 많은 투자를 하고 있는 반면 선수들의 평균 연령은 점점 더 낮아지고 있는 실정이다.

체조의 기술을 개발하여 경기력을 향상시키는 과정에서 지도자 및 선수간의 많은 시행착오와 노력이 필요하다. 또한 이러한 시행착오와 노력과정에서 선수가 겪는 신체의 상해 및 시간적 낭비가 따를 수 있

다. 이러한 절차를 조금이나마 줄이기 위해서는 지도자의 경험을 바탕으로 하여 더 과학화된 연구를 통하여 훈련현장에 적용할 때 효과적이고 능률적인 지도 및 기술개발을 할 수 있고 선수들이 흔히 입는 상해의 확률을 줄일 수 있다.

체조에서 더 높은 점수를 획득하기 위해서는 결국 더 높은 기술을 개발하여 난이도가 높고, 신체의 아름다움 및 독창성있는 연기를 하므로써 가능하다. 이를 위해서는 지도자의 경험에만 의존한다는 것은 한계가 있다 할 수 있고, 실제 선수가 연기하는 동작을 정량화(Quantification) 시키므로써 신체가 공간 및 평면상에서의 정확한 지도가 가능할 수 있다.

특히 철봉종목에서 연기는 붐을 회전축으로 스윙

\* 자연과학대학 체육학과 (Dept. of Physical Education, Cheju Univ., Cheju-do, 690-756, Korea)

동작을 기초로 하여 각종 기술을 발휘하여 착지동작으로 이루어지는 데 붕에서 아무리 훌륭한 연기를 한 다 하더라도 착지동작에서 완전하지 못하면 고득점을 획득할 수 없다. 따라서 철봉 운동에서 손이 붕을 떠나 착지하는 국면이 중요함을 인식할 수 있다.

지금까지 철봉 운동에 대해 정량적으로 분석한 경우는 타 종목에 비해 드문 편이다. 즉 Kaneko (1970), Mitsukuri (1975), Igrashi (1980), Frederick (1979) Cross (1980), 박 (1985), 배 (1984), 이 (1989), 이 (1992) 등을 대표로 꼽을 수 있다.

Cross (1980)는 공중 2회전의 동작을 분석하는 과정에서 완전한 착지가 되기 위해서는 이륙 직후 공중기의 상승국면 동안 1회전을 완수하고, 그 후부터는 자세를 Tuck 자세를 취하여 착지시 까지 가능한 공중의 체체시간을 많이 하므로써 가능함을 보고했다.

Frederick (1979)는 3회전을 분석한 결과 완전한 착지 동작을 위해서는 비록 전과정에서 신체 중심(CG)은 포물선을 형성하게 되지만 3회전 중 1회전은 상승하는 과정에서 완료를 했고, 나머지 2회전은 하강기에 이루어 졌다고 보고 했다. 따라서 3회전을 완수하기 위해서는 신체 중심을 축으로 회전의 속도 빠르게 하는 방법인데 이를 위해서는 공중기에서 신체의 분절이 갖는 관성모멘트(moment of inertia)를 줄이므로써 각속도를 증대시킬 수 있다. 따라서 2회전 시작 부분부터 착지까지는 신체의 중심에 대해 완전한 Tuck 자세를 취하는 것이 필요하다고 주장하였다.

Kaneko (1970)은 철봉 바를 이탈하여 착지까지 완전한 2회전을 하기 위해 영향을 미치는 요인들에 대해 분석했다. 그 연구 결과 바를 릴리즈 할 때 신체의 위치, 공중에서 Tuck 자세, 허프와 어깨의 각도 등이 3회전을 완수하는데 결정적인 요인이었다고 보고했다.

Mitsukuri (1975)는 철봉 바를 릴리즈할 때 2회전의 경우와 3회전의 경우를 분석한 결과 3회전의 경우에서 어깨의 각도가 2회전의 경우 보다 더 큰 각도를 보였지만 3회전의 경우 바를 릴리즈하는 순간부터 허프각도에서 급속한 감소현상을 보였지만, 2회전의 경우는 허프각에서 더 늦은 감소현상을 보였다.

Mitsukuri et al (1975)은 연기가자 Tcuk 자세를 얼마나 잘 이루는 지에 따라서 완전한 3회전을 할 수

있는 지를 알아보기 위해 연구 한 결과를 보고했다. 즉 이 연구 결과 공중에서 각운동량을 더 많이 발휘하기 위해 릴리즈시 회전중심으로 부터 신체의 질량을 배분(distribution)하는 역할이 중요한 요인이라고 보고했다. 즉 허프와 무릎의 각도를 줄이므로써 관성모멘트(moment of inertia)를 감소시키므로써 공중에서 회전을 더 많이 할 수 있었다고 보고했다.

Igrishi (1980)의 연구는 철봉 바를 릴리즈 하는 순간부터 착지까지 4회전의 가능성을 타진하기 위해서 실제 실험을 3회전을 하게 한 후 각 회전마다의 속도, 각도, 시간의 변인을 바탕으로 통계적인 절차에 의한 4회전을 예측했다. 이 연구의 결과 바를 릴리즈 한 후부터 착지까지의 시간은 회전의 회수와 상관 없이 비교적 일정한 시간이 소요되었고, 허프의 작은 1, 2, 3회전 중 가장 작은 각을 이루는 시점을 분석한 결과 4회전은 총 착지시간이 1.877-2.037초가 0.83-0.99초가 되도록 하면 4회전이 가능할 것으로 예측했다. 따라서 이를 위해서는 릴리즈 전에 각속도를 증가시키고, 릴리즈시각도 및 완전한 Tuck 자세를 취하는 것이 필요하다 했다.

박 (1985)의 경우는 철봉운동에서 바를 릴리즈한 후 공중동작에서 분석모형을 개발하여 이를 토대로 연구할 수 있는 바탕을 마련하였다.

이 (1989)는 철봉 공중동작에서 경기력을 향상시키기 위한 컴퓨터 시뮬레이션용 할 수 있는 토대를 마련하였고, 이 (1992)의 경우는 철봉 ENDO 동작시 철봉에 가해지는 힘을 측정하기 위해 스트레인 게이지를 부착하여 나온 결과를 영상 분석의 결과와 서로 비교하여 그 정확도를 검증하였다.

이상을 종합할 때 철봉에서 새로운 기술을 개발하기 위한 시도가 계속되고 있음을 알 수 있고, 이들 연구 결과가 서로 차이를 보여 앞으로 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 철봉의 기술을 개발하고 이를 바탕으로 선수들의 효율적인 지도 및 시행착오를 감소시킬 수 있는 방안을 위한 자료를 제시하기 위해 철봉의 2회전과 동작을 운동역학적으로 분석하는 데 있다.

이를 위해서 철봉운동에서 손을 릴리즈한 후부터 착지까지의 공중동작을 분석하기 위해 착수하였으며, 연구는 2회전과 3회전을 택하였으며, 그 세부 내

용은 각 국면별 소요시간 및 신체중심의 운동학적인 변인에 대해 분석한 후 2회전의 경우와 3회전의 경우 각 집단간 운동학적 변인의 평균치를 상호 비교한다.

## 재료 및 방법

Table 1. Subject's characteristics

Subject	Age	Weight (kg)	Height (cm)	Experience (yr)
A	20	60	163	8
B	22	56	165	9
C	21	57	166	8
Mean	21	58	165	8.3

### 2. 분석내용 및 국면구분

분석내용은 철봉을 릴리즈한 후 부터 착지시 까지로서 2회전과 3회전 완료까지 신체 중심의 운동학적 변인으로 시간, 변위, 속도, 각도, 각속도를 분석하는 것이다.

국면구분은 1회전(SBS), 1½회전 2회전(DBS), 2½회전, 3회전(TBS)으로 구분하여 분석했다.

### 3. 실험방법, 장비 및 분석기기

실험장소는 실내체육관에서 철봉이 설치된 장소로 기준으로 촬영셋트를 설치하였다. 철봉의 측면으로부터 15m 거리에 고속카메라를 설치하였고, 2.75m 높이의 철봉과 피실험자의 동작이 모두 카메라의 뷰에 포착이 되게 설치하였다. 촬영은 피실험자가 봉을 릴리즈하기 2초전부터 촬영을 하므로써 카메라의 정상속도를 유지하게 했으며, 카메라 스피드는 초당 100프레임, 촬영시 개각도는 30도, 셔터스피드는 1/600초로 하였다.

동작을 촬영하기 전에 세로높이가 1m되는 기준척을 미리 촬영하므로써 실제의 피사체의 크기의 배율을 알게 했고, 실내인 까닭으로 조명등을 켜므로써 조도를 높였다.

사용된 실험 장비는 Photosonic High Speed Camera로서 최대 초당 500프레임까지 촬영이 가능

### 1. 피실험자

본 연구에 참가한 피실험자는 3명으로서 국제시합에 출전 경력이 많은 선수들로 구성하였고, 이들 신체적 특성은 평균신장이 165cm, 평균체중이 57kg, 평균연령은 21세, 체조선수 경력은 9.5년이였다.

한 것이다. 사용된 필름은 코닥칼라 ASA300으로서 고감도 필름을 이용했다. 카메라에 Angenieux Zoom (10×12)를 부착시켜 촬영하였고, 시험 결과물 분석하기 위한 기기로서는 Positive로 현상된 필름을 디지털라이징(Digitization)하기 위해 사용된 프로젝터는 Vanguard제품, 디지털라이저는 Calcomp9100이었다. 여기서 나온 X, Y 좌표가 입력이 되도록 16bit IBM VGA 컴퓨터와 연결을 시켰다.

### 4. 자료 처리

영상으로 나타난 인체 분절에 대해 디지털라이징을 한 부위는 손목, 팔꿈치, 어깨, 머리, 엉덩이, 무릎, 발목, 발끝으로 모두 8개 관절점 및 7개 분절에 대해 분석하였다. 각 관절에 대해 산출된 X, Y 좌표는 오차가 존재하므로 이를 보완시키기 위해 스무딩을 하였다. 이 스무딩은 Butterworth의 Digital filtering을 이용하여 cutoff frequency를 6Hz로 하였다.

스무딩된 자료를 이용하여 운동학적 변인(kinematic variable)을 산출하였으며, 운동학적 변인은 16mm 필름의 매 프레임간의 경과 시간을 합수로 현재의 프레임과 이전의 프레임 및 그 다음의 프레임에서 digitizing points에 대한 변위를 토대로 매 프레임간의 인체관절의 움직임을 분석하여 이를 토대로 시간에 대해 다시 미분을 하여 각 분절과 신체중심(center of gravity)의 속도를 산출하였고, 매 프레임마다 각 분절에 대한 절대각변위(absolute angu-

lar displacement) 및 각속도를 각각 산출하였다.

신체 중심 및 신체 각 분절의 중심을 산출하는 과정에서 필요한 인체측정자료 (anthropometrics)는 Dempster (1955) 및 Hanavan (1964)의 연구 결과를 각각 참조하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 소요시간

봉을 릴리즈한 직후 부터 2회전을 실시하고 착지한 시점까지의 소요된 시간은 Fig. 1에서 알 수 있듯이 2회전의 경우 총 소요시간은 평균 1.333초가 소요되었고, 시간의 변화곡선은 한바퀴 반을 회전하기 전까지는 각 국면별 큰 차이가 없이 직선적인 증가현상을 나타냈으나 한바퀴 반 이후부터 두 바퀴를 완전히 돌아 착지 할 때까지는 다소 더 많은 시간동안 공중에서 지체한 것을 알 수 있다. 이를 볼 때 공중에서 2회전을 하는 동안 완전한 착지를 위해 신체분절을 Tuck 자세를 했다가 다시 2회전시 하강하는 국면에서 신체 분절을 완전히 신전시키는 자세를 취했음을 알 수 있다. 이러한 신전 자세를 취하므로써 더 완벽한 착지동작을 할 수 있을 것으로 생각된다.

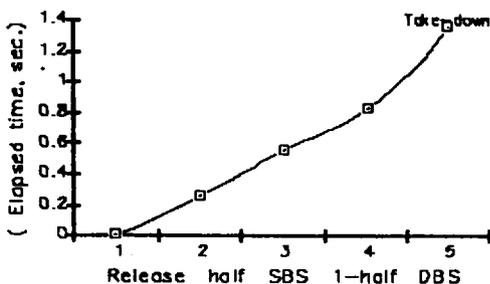


Fig. 1. Mean time elapsed in double backward somersault

한편 3회전의 경우 Fig. 2와 같이 평균 1.44초를 소요했고, 2회전의 경우와 달리 봉을 이탈하여 1/2회전을 경과하면서 한바퀴를 완료하는 과정에서 공중에서 더 많은 시간을 소요했음을 알 수 있고, 그 후부터 착지할 때까지는 거의 직선적으로 시간이 누적되어감을 알 수 있다. 이로 볼 때 1/2회전부터 완전히 Tuck 자세를 3회전을 완전히 끝난 착지시까지 계속

취했음을 알 수 있다. 이는 공중에서 3회전을 위해 가능한 관성모멘트를 감소시키기 위한 자세로서 2회전의 경우와는 달리 하강하는 과정에서도 계속 Tuck 자세를 취했음을 알 수 있다.

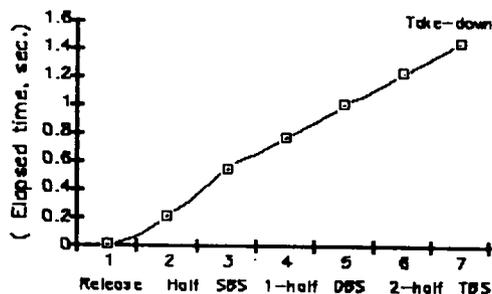


Fig. 2. Mean time elapsed in triple backward somersault

### 2. 신체 중심의 운동학적 분석

#### 1) 변위

봉을 이탈하여 착지시 까지 2회전과 3회전의 이동양상은 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다. Fig. 3을 보면 3회전의 경우 수평변위는 작은 반면 수직높이는 큼을 알 수 있고, 2회전의 경우는 수평변위가 큰 반면 수직변위가 작음을 알 수 있다. 이는 3회전의 경우 수평

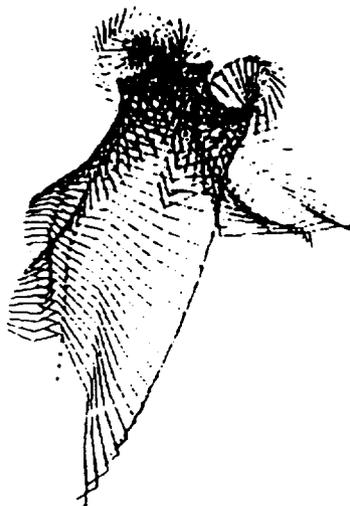


Fig. 3. Stick figure of take-down after double backward somersault (Subj. 3)



Fig. 4. Stick figure of take-down after triple backward somersault (Subj. 3)

변위보다는 수직 변위에 중점을 두므로서 공중에서의 지체하는 시간을 더 많이 갖게되고, 따라서 전 국면동안 Tuck 자세를 취함을 알 수 있고, 2회전의 경우는 수평변위를 더 많이 하므로서 2회전을 완료한 후 안전한 착지자세를 유지하기 위해 하강 국면에서는 신전(extension, pike)된 자세를 취함을 알 수 있다.

Fig. 5와 Fig. 6은 신체 중심의 수평 및 수직 변위를 나타낸 것으로 2회전의 경우 총 평균 수평변위는 1.14m, 평균 수직변위는 1.09m로 나타났으며, 3회전의 경우는 총 평균 수평변위가 0.61m, 평균 수직변위는 0.81m로 각각 나타났다.

각 국면별 변위의 변화양상은 2회전의 경우 봉을 릴리즈한 후부터 1/2회전까지는 봉의 높이 보다도 신

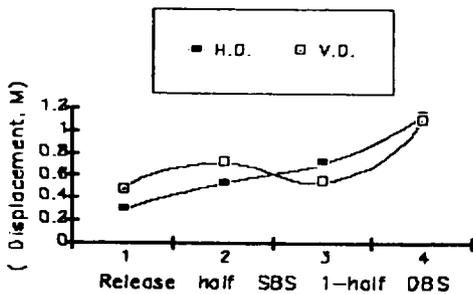


Fig. 5. Mean horizontal displacement of CG during duobl backward somersault

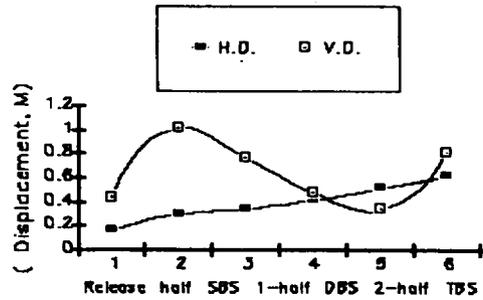


Fig. 6. Mean vertical displacement of CG during duobl backward somersault

체 중심의 높이가 훨씬 더 높았다가 정점을 지나면서 봉보다 점차 낮아지는 경향을 보였지만, 수평변위는 거의 직선적으로 변화하고 있음을 알 수 있다.

반면 3회전의 경우는 수직변위는 봉을 릴리즈하면서 급증하여 1/2회전시에 최대 수직높이를 유지했다가 점차 감소하는 양상을 보였고, 수평변위는 역시 거의 직선적으로 변하여 갔다.

이러한 결과를 볼 때 2회전 및 3회전의 경우 차이는 수직변위에서 다른 양상을 보였고, 수평변위에서는 거의 같은 양상을 보였다. 따라서 공중에서의 회전에 따라서 조정해야 할 요인은 수평변위보다는 수직변위를 조정하므로서 가능하다 할 수 있다.

이러한 수직 변위를 조절하기 위한 방안은 릴리즈 직후 바로 신체의 본질을 Tuck자세가 되게 하므로서 관성모멘트를 감소시키므로서 가능하다 생각된다.

## 2) 신체 중심의 속도

2회전과 3회전시 릴리즈한 직후부터 착지시까지 수평 수직속도 변화는 Fig. 7 및 Fig. 8과 같다. 2회전의 경우 피험자 3명의 평균 최대 수평속도를 보인 지점은 한바퀴 반을 완수했을 때로서 1.56m/s를 보였고, 수직속도의 경우는 반 바퀴 회전했을 때로서 1.87m/s를 각각 보였다.

한편 3회전의 경우 최대의 수평속도를 보인 시점은 봉을 릴리즈한 직후인 반바퀴 회전했을 때 1.14m/s와 두 바퀴 반을 회전했을 때 1.13m/s로 나타났다. 수직속도의 경우는 역시 반바퀴 회전했을 때인 2.17m/s, 두바퀴 반 회전했을 때 3.63m/s로 나타났다.

이러한 경향을 그림에서 보면 두바퀴 회전의 경우는 1/2회전시 최대의 수직속도를 보였다가 한바퀴가 완료되는 시점에서는 거의 정점에 달한 위치로서 최

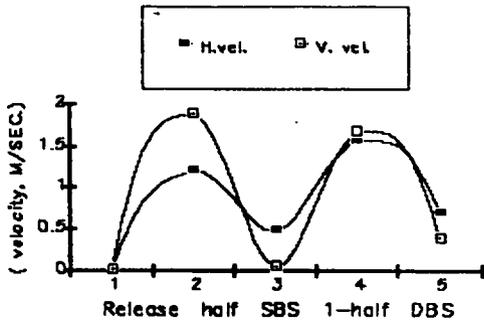


Fig. 7. Mean vertical & horizontal velocity of CG during double backward somersault

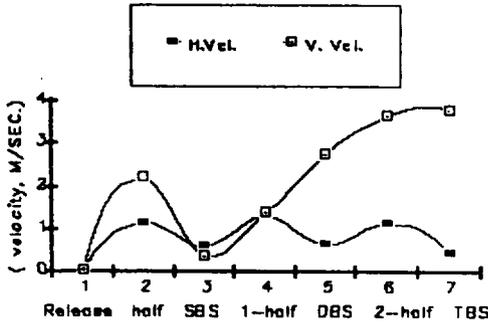


Fig. 8. Mean vertical & horizontal velocity of CG during triple backward somersault

소의 값을 보였다. 다시 하강하면서 급격한 수직속도의 감소가 일어났다. 수평속도의 경우 어느 그 크기는 약간의 차이를 보이지만 변화하는 경향은 거의 비슷했음을 알 수 있다.

3회전의 경우는 1/2회전을 완료했을 때 수직, 수평속도 공히 증가하는 양상을 보이다가 1회전이 완료하는 시점에서는 급격히 감소하는 양상을 보였다. 그후 다시 수직속도의 경우는 착지까지 거의 직선적으로 증가하는 양상을 보였지만 수평속도의 경우는 계속 약한 감소를 보였다.

2회전 및 3회전의 경우 공히 한바퀴회전을 완료했을 때는 수평, 수직속도는 증가하는 양상을 보였고, 1회전을 완료했을 때는 수직위체에서 순간적으로 정체가 되어 있음을 알 수 있다. 이후 부터는 하강하는 국면을 맡게되는 데 3회전의 경우 역시 하강국면에서 2회전이 이루어지고 있음을 알 수 있고, 2회전의 경우는 상승기에 1회전, 하강기에는 1 혹은 2회전이 이루

어지고 있음을 알 수 있고, 2회전의 경우는 상승기에 1회전, 하강기에 1회전이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

따라서 2회전, 3회전 모두 상승기에는 1회전, 하강기에는 1 혹은 2회전이 이루어지는 것을 알 수 있고, 3회전의 경우 하강기에 수직속도의 경우 급증하는 원인은 착지시 까지 계속 3회전을 완수하기 위해 신체 분절을 중심쪽으로 Tuck하므로써 결국 수직속도를 증가시킨 것으로 생각된다.

반면 2회전의 경우는 하강기에 수평 및 수직의 속도가 공히 급감소하는 현상을 볼 수 있는데 이는 하강기에 신체를 신전시키므로써 수평 및 수직속도를 감소시켜 완전한 착지동작을 이루려는 것으로 생각된다.

### 3. 신체분절의 각도변화

몸을 릴리즈한 후부터 착지시까지 무릎관절의 절대각도 변화 양상은 Fig. 9 및 Fig. 10과 같다. 2회전의 경우 무릎의 평균 각도변위는 릴리즈시부터 한바퀴 반을 회전할 때까지는 거의 변화가 없었으나 착지하는 순간에 175도를 보여 거의 완전한 착지동작을 했음을 알 수 있다.

즉, 릴리즈부터 한바퀴 반까지의 평균 각변위는 76도를 보여 이 시기에서는 완전한 Tuck의 자세를 취하지는 않았지만 신체 분절을 중심에 가까이 하면서 회전했음을 알 수 있다.

허프의 경우는 릴리즈시부터 한바퀴 회전까지는 큰 변화를 보이지 않다가 한바퀴 반부터는 굴곡했던 대퇴와 동체를 신전시키는 과정을 알 수 있다. 허프의 한바퀴 반까지 평균 각도는 70도를 유지한 것으로 나타났고, 동체와의 각도 유지를 한바퀴 반까지 굴곡된 상태를 보이다가 그 후로부터 급격히 신전시켜 착지동작을 준비한 것으로 생각된다.

어깨의 관절에서 각도 변화는 릴리즈부터 한바퀴 반 회전까지는 점차 감소하는 각도를 보인바 이 시기까지 계속 하지의 분절을 지탱하여 Tuck자세를 유지한 것으로 생각된다.

한편 3회전의 경우 전반적으로 볼 때 2회전의 경우보다 더 적은 각을 유지한 결과 2회전의 경우보다 더 완전한 Tuck자세를 취하여 분절의 관성모멘트를 감

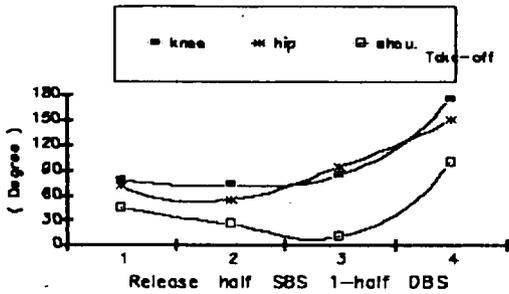


Fig. 9. Mean angular displacement of body segments during double backward somersault

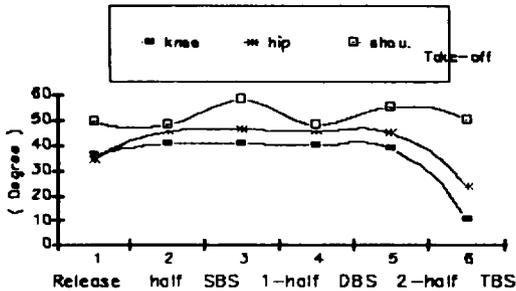


Fig. 10. Mean angular displacement of body segments during triple backward somersault

소시켜 각속도를 증가시키므로써 회전을 원활히 한 것으로 생각된다.

무릎의 경우 봉에서 릴리즈한 직후부터 착지까지 평균 각도는 34.17도를 유지하여 2회전의 경우보다 42도나 더 굴곡한 것을 알 수 있고, 이러한 현상은 3회전을 해야한다는 생각에서 더 심하게 Tuck자세를 취했음을 알 수 있다. 3회전의 무릎의 이러한 현상에서 특징지워지는 것은 착지시 완전한 착지동작으로 연결하지 못하고 주저앉은 동작을 했던 것을 알 수 있다. 착지시 무릎의 각도가 10도를 유지한 것은 충분한 3회전을 하지 못하고 불완전한 착지동작을 했음을 알 수 있다.

허프관절의 경우 역시 2회전의 경우보다 훨씬 적은 각도를 유지한 결과 더 굴곡된 체로 회전을 했음을 알 수 있다. 2회전의 경우 평균 허프의 각도는 70도를 유지한 것과 달리 3회전의 경우는 평균 38.9도를 유지하여 거의 30도의 차이를 보여 동체와 대퇴간 거

의 집중한 체로 회전을 하여 관성모멘트를 줄이려 했음을 알 수 있다.

어깨관절의 경우 봉에서 릴리즈한 직후부터 착지하기까지 평균 각도는 41.53도를 유지하여 2회전의 경우보다 더 심하게 굴곡을 한 것으로 나타났다.

이상에서 볼 때 2, 3회전의 모두 봉에서 릴리즈한 직후부터 신체 본질의 Tuck자세를 취하므로써 관성모멘트를 감소하려 했음을 알 수 있고, 3회전의 경우에는 2회전의 경우보다 더 심한 Tuck자세를 취하므로써 각속도를 증가시켜 원하는 회전을 하려 했지만 불완전한 착지동작을 했던 것을 알 수 있다.

#### 4. 본질의 각속도변화

봉에서 릴리즈한 직후부터 착지시까지의 본질의 각속도 변화는 그림 11 및 12와 같다. 2회전의 경우 무릎에서 최대의 각속도를 보인 시점은 한바퀴 반회전시 46 deg/s로 나타났고, 허프의 경우 역시 한바퀴 반회전시 558.3 deg./s, 어깨의 경우 릴리즈한

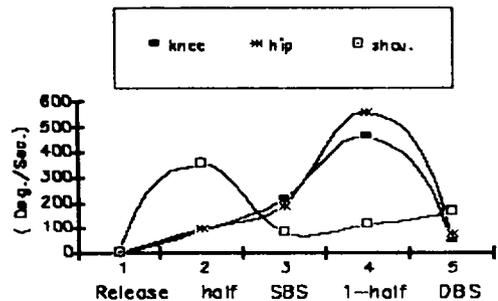


Fig. 11. Mean angular velocity of body segments during double backward somersault

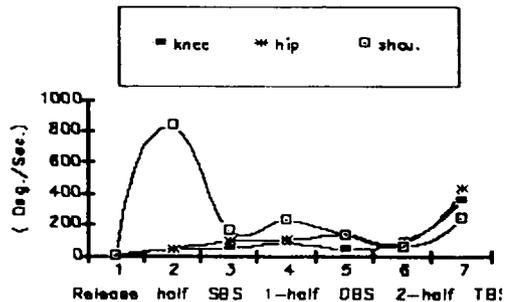


Fig. 12. Mean angular velocity of body segments during triple backward somersault

직후 반바퀴 회전했을 때 352.3deg/s로 각각 나타났다. 3회전의 경우는 어깨의 경우 릴리즈부터 반바퀴 완수하는 단계까지 급속히 증가한 바, 이는 붐에서 무릎까지 손의 위치를 옮기는 과정에서 일어난 현상으로 생각되며, 허프와 무릎의 경우는 공히 한바퀴 반을 회전했을 때 가장 큰 각속도의 값을 보였다. 이러한 결과는 처음 붐에서 릴리즈하여 완전한 Tuck 자세를 취한 후 부터 계속 증가한 양상으로 보이며, 다시 하강이 되는 시점에서는 각속도가 급격히 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 하강기에서 신체의 분절을 신전시키므로서 관성모멘트를 증가시켜, 각속도를 감소시킨 것으로 생각된다. 이러한 결과로 인해 완전한 착지동작을 연출할 수 있는 경우가 될 수 있다.

한편 3회전의 경우는 가장 큰 각속도의 값을 보인 지점은 무릎의 경우 한바퀴 반과 두바퀴 반을 완수했을 때로서 각각 77.7deg/s, 90.7deg/s로 나타났다으나 시종일관 큰 변화를 보이지 않았다. 이러한 결과는 릴리즈 후부터 계속 착지시까지 Tuck 자세를 취한 결과로서 자세의 변화가 없었음을 알 수 있다. 따라서 착지시에 무릎이 굴곡된 상태로 주저앉는 양상을 보였음을 알 수 있다.

허프의 경우 역시 최대의 각속도를 보인 시점은 두바퀴회전을 완료했을 때로서 133.3deg/s로 나타났고, 릴리즈부터 착지시까지 거의 큰 변화를 보이지 않음을 알 수 있다. 이러한 결과 역시 착지시까지 완전한 Tuck 자세를 유지하면서 착지를 붙여 불완전한 동작을 했음을 알 수 있다.

반면 어깨의 경우 붐에서 릴리즈하여 신속히 하지를 굴곡된 상태로 유지하기 위해 하지쪽으로 이동했음을 알 수 있으나 한바퀴 반 이후로는 변화를 보이지 않고 착지시까지 계속 그 상태를 유지했음을 알 수 있다.

이상을 종합할 때 2회전의 경우는 허프와 무릎의 각속도가 점차 증가하여 하강시에는 신전을 하므로서 완전한 착지동작이 이루어 졌음을 알 수 있으나, 3회전의 경우는 시종일관 각속도의 값이 변화를 보이지 않음을 볼 때 릴리즈시부터 착지시까지 Tuck 자세를 유지한 것을 알 수 있다.

## 적 요

본 연구는 철봉운동에서 영상분석을 동원하여 착지동작시 공중 2회전과 3회전에 대해 운동학적 분석을 한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 2회전 및 3회전 모두 릴리즈후 상승하는 구간에서 1회전이 이루어 졌고, 하강구면에서 1회전 및 2회전이 이루어졌다.
2. 변위의 경우는 3회전의 경우는 수직변위를 더 갖게하므로서 체공시간을 더 많이 얻어 회전하였고, 2회전의 경우는 수평변위를 더 많이 가지므로서 타이밍이 맞는 착지를 하는 것으로 나타났다.
3. 속도의 경우 2회전, 3회전 모두 상승기에는 1회전, 하강기에는 1 혹은 2회전이 이루어 지는 것을 알 수 있고, 3회전의 경우 하강기에 수직속도의 경우 급증하는 원인은 착지시 까지 계속 3회전을 완수하기 위해 신체 분절을 중심쪽으로 Tuck하므로서 결국 수직속도를 증가시킨 것으로 나타났고, 2회전의 경우는 하강기에 수평 및 수직의 속도가 공히 급감소하는 현상은 신체를 신전시키므로서 수평 및 수직속도를 감소시켜 완전한 착지동작을 이루려는 것으로 나타났다.
4. 각도의 경우 2, 3회전의 모두 붐에서 릴리즈한 직후부터 신체 분절의 Tuck자세를 취하므로서 관성모멘트를 감소시켰고, 3회전의 경우에는 2회전의 경우보다 더 심한 Tuck 자세를 취하므로서 각속도를 증가시켜 회전을 하려 했지만 불완전한 착지동작을 했던 것을 알 수 있다.
5. 각속도의 경우 2회전의 경우는 허프와 무릎의 각속도가 점차 증가하여 하강시에는 신전을 하므로서 완전한 착지동작이 이루어 졌음을 알 수 있으나 3회전의 경우는 시종일관 각속도의 값이 변화를 보이지 않음을 볼 때 릴리즈시부터 착지시까지 Tuck 자세를 유지한 것을 알 수 있다.

## 참 고 문 헌

- 배상식, 1986. 철봉에서 몸과 겹뒤공중돌아 내리기 동작의 역학적 분석, 국민대학교 대학원 석사학위 논문.
- Cross, T., 1980. Biomechanical analysis of the double backward somersault, Unpublished masrer's thesis.
- Dempster, W. T., 1955. Space requirement of the seated operator. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio.
- Frederick, A. B., 1979. A tripple back plus a little more. International gymnastics. 22: 64-65.
- Hanavan, E. P., 1964. A mathematical model of the human body. AMRL-TR-64-102. Wright-patterson Air Force Base, Ohio.
- Igarashi, H., 1983. The prediction of the quadruple backward somersault on the horizontal bar.
- Kaneko, A., 1970. Instruction for gymnastics II. Humaido, 241-243.
- 이필근, 1989. 철봉 뒤돌아 내리기 공중동작의 수학적 모형, 국민대학교 박사학위논문.
- Mitsukuri, T., 1975. The comprasion between double and tripple backward somersault on the horizontal bar. Kenkuy-Bu-Ho. 36 : 15-23.
- 박성순, 1985. 철봉 뒤돌아내리기 기술에 대한 공중동작의 수학적 모형. 국민대학교 스포츠과학연구 논총 제4집.