



테니스 서브 스탠스 유형별 하지관절 모멘트의 패턴 연구

A Study of Lower Extremities Joint Moment Pattern by Stance Types in Tennis Serve

김성섭* · 김의환(용인대학교) · 김의진(스포츠조선)

Kim, Sung-Sup* · Kim, Eui-Hwan(Yong-In University) · Kim, Euy-Jin(Sports Chosun)

국문요약

본 연구의 목적은 테니스 두 스탠스 유형(pinpoint stance, platform stance)에 따른 서브 시 하지관절의 모멘트를 분석하여 테니스 선수들이 연습 시 상해를 예방할 수 있도록 현장에서 지도할 객관적인 기초자료를 얻기 위해 테니스 고등학교 우수선수 7명을 대상으로 하였으며, VICON System의 분석프로그램인 Workstation, Bodybuilder, Polygon을 이용하여 하지관절의 모멘트를 분석하였다. 구체적인 변인은 발목, 무릎, 엉덩관절의 모멘트들을 중점적으로 비교 분석한바 다음과 같은 결론을 얻었다.

테니스 두 스탠스 유형에 따른 서브 동작 시 하지관절에 발생하는 모멘트의 패턴은 각각 다른 패턴이었으며, 모멘트의 크기는 발목 배측 굴곡 모멘트만 plat가 크게 발생되었으며, 다른 모멘트는 pin이 크게 발생되었다. 또 굴신 모멘트에서는 엉덩, 발목, 무릎 순이었으며, 회전모멘트는 발목, 무릎, 엉덩 순으로 큰 모멘트를 나타내 보였다.

하지관절의 굴신과 회전모멘트는 백스윙동작과 백스윙동작부터 포워드 스윙으로 변화되는 시점까지 모멘트의 크기가 가장 크게 나타났으며, 변화도 크게 나타내보였다. 이때 상해가 발생할 위험성이 높기 때문에 이에 주의해야 한다고 사료된다.

ABSTRACT

S. S. KIM, E. H. KIM, and E. J. KIM. A Study of Lower Extremities Joint Moment Pattern by Stance Types in Tennis Serve. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 18, No. 2, pp. 41-48, 2008. The purpose of this study was to analyze the lower extremities joint moment pattern by two types of service motion in tennis pinpoint and platform stance. Seven skilled high school tennis players participated, and the kinematics were recorded by the Vicon motion analysis system. For the gathering and analysis of the data Workstation, Bodybuilder and polygon were used. joint moments and Ground Reaction Forces for the phases involved were analyzed with the following results.

There was a different moment pattern for the lower extremities between the two serve motions. For the platform stance there was only a large dorsal flexion moment but for the pinpoint stance there were other large moments.

The flexion and maximum moment of the lower extremities occurred at the point of change from back swing and to the forward swing motion. Therefore, this data provides evidence that there is a high risk of injury at this point.

KEYWORDS : TENNIS, PINPOINT STANCE, PLATFORM STANCE, SERVE, EXTREMITIES JOINT MOMENT

I. 서론

현대 테니스의 흐름은 상대방의 실수를 바라는 소극적인 플레이가 아닌 적극적인 스타일로 변화되었으며, 힘과 섬세한 기술을 동시에 요구하고 있다. 특히 테니스의 첫 타구인 서비스의 위력은 경기의 승패 여부를 결정짓는 가장 위력적인 무기라 할 수 있다(임병규 · 박홍석, 2000). 따라서 테니스 선수들의 서비스가 강력한 무기가 된다면 상대선수는 경기를 시작하기도 전에 두려워할 것이다. 그렇게 되면 상대방을 경기에서 정신적으로 압도할 수가 있다(Bollettieri, 2001).

Elliott, Takahashi & Noffal.(1997)은 '강력하고 정확한 서비스 능력을 향상시키기 위해서는 세밀한 동작분석과 많은 연습에 의해서 가능해진다. 또한 효과적으로 서비스를 하기 위해서는 지면 반력에 의해 생성된 힘이 다리, 엉덩이, 몸통, 상지로 인체의 체인링크시스템(Kinetic Chain Link System)을 통하여 적절하게 전이가 이루어져야 한다고 보고 하였다.

최근의 연구들은 Lo, Wang, Wu & Su(2004)의 테니스 플랫폼 스피너 서브 시 하지의 운동학적 분석, Lo, Wang, Wu & Su(2004)의 테니스 서브의 몸통과 하지의 생체역학적 분석, Brian J. Gordon, Jesús Dapena(2006)의 테니스 서브에서 관절 회전력이 라켓헤드의 기여도, Glenn, Rochelle, Bruce & Rafael(2006)은 빠른 속도의 서비스를 위한 운동학적 변인들 등에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

위의 선행연구들은 주로 플랫폼서브와 스피너서브 동작에 대한 운동역학적인 변인들을 주로 많이 연구했으나 스탠스 유형에 따른 서브동작에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

Groppel(1992)에 의하면 '서브 시 스탠스는 핀 포인트 스탠스(pinpoint stance; pin)와 플랫폼 스탠스(platform stance; plat)의 두 가지 유형으로 분류했다. 플랫폼 스탠스는 서비스를 하는 동안 발이 약간 넓게 벌린 플랫폼 형태로 안정된 자세를 유지할 수 있다. 핀 포인트 스탠스는 서비스를 넣는 동안 뒷발이 앞으로 미끄러져 들어가 발이 작은 핀 포인트 형태의 지지 기저를 형성한다. 핀 포인트 스탠스의 이점은 서비스를 넣

은 후에 코트 속으로 스텝인 해서 들어가기 쉬운 동작이므로 공격형 즉, 서브 앤 발리 형을 주로 사용하는 선수에게 유리하고, 플랫폼 스탠스는 그라운드 스트로크를 주로 구사하는 수비형 선수에게 유리하다고 보고 하였다.

스탠스 유형에 따라 발의 동작이 다르게 나타난다. 즉, 뒷발이 앞으로 이동되면서 스윙을 하는 것과 뒷발이 이동되지 않으면서 서비스를 구사할 경우 서브의 스피드뿐만 아니라 정확성에도 영향을 미치므로 서브동작에서 스탠스는 아주 중요한 파워서브의 요인이다(김성섭, 2007).

인체의 능동적, 수동적 움직임으로 인하여 하지관절에서 발생하는 모멘트에 대한 연구는 하지관절의 운동역학적 특성을 결정하는데 중요한 요소로써 많은 생체역학자들(Cappozzo, 1984; Cappozzo, Catani, Della, Leardini, 1995; Leardini et al., 1999)에 의해서 연구되어져 왔다.

테니스 선수들은 좀 더 빠른 서비스를 구사하기 위해 지면을 누르는 힘을 크게 한다. 지면에서 발생된 힘을 하체를 통해 상체와 라켓으로 전달될 때 인체의 주요 관절에 많은 모멘트가 발생된다. 특히, 지면을 누르는 힘이 바로 전달되는 하지관절에는 큰 부하가 발생되므로 근력 및 유연성이 동반되지 않으면 상해의 위험성이 항상 뒤따르게 되므로 상해를 예방하기 위해 기초 자료가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 테니스 두 스탠스 유형에 따른 서브 시 하지관절의 모멘트를 분석하여 테니스 선수들이 연습 시 상해를 예방할 수 있도록 현장에서 지도할 객관적인 기초자료를 얻기 위해 테니스 고등학교 우수선수 7명을 대상으로 스탠스 유형(pin, plat)에 따른 서비스 동작의 하지 모멘트를 분석하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 피험자는 2006년도 전국체육대회 단체전

표 1. 피험자의 인체계측학적 특징 및 주요사항

성명	HYS	KKY	LHH	LSM	LTS	SJM	SYW	M±SD
나이 (year)	17	16	18	17	19	19	17	17.6±1.1
경력 (year)	5	5	9	6	5	9	6	6.4±1.8
그립 (grip)	continental			continental				
신장 (cm)	172.6	172.3	174.8	170.7	174	190	171.4	175.1±6.7
체중 (kg)	74.5	61.5	75.1	60.5	75.1	73.5	57	68.2±8.1







남자 고등부 우승팀의 선수들로 스탠스 유형(pin, plat)에 따른 서비스를 원활하게 구사하는 7명을 대상으로 선정하였으며, 이들의 인체계측학적 특징 및 주요사항은 <표 1>과 같다.

2. 실험장비

본 연구를 수행하기 위하여 사용한 실험장비는 촬영 장비, 데이터수집, 분석용 소프트웨어로 분류된다<표 2>.

서비스 동작은 VICON사의 MX13 카메라 7대와 VICON 시스템을 사용하여 촬영하였으며, MX13 카메라는 각 카메라가 광학 마커들로부터 얻은 2차원의 영상들을 3차원으로 재구성하여, 각 마커의 위치 데이터 뿐만 아니라 각 신체 분절의 각도 값을 측정하는 장치이며, 최대 1000Hz까지 측정이 가능한 장비이다.

표 2. 실험장비

구 분	모델명	사 진
촬영 장비	The MX13 1.3 Motion Capture Camera	
데이터 수집	MX Control	
	MX Ultra Net	
분석용 소프트웨어	Workstation	
	Bodybuilder	
	Polygon	

3. 실험방법

본 연구의 실험 장소는 경기도 소재 Y. 대학교 국제 스포츠과학연구소의 생체역학실험실에서 동작촬영 및 분석을 수행하였다.

실험 전 피험자에게 실험에 대한 상세한 의도와 절차를 세부적으로 설명하여 정확하게 이해하도록 하였으며, 서비스 동작 촬영 및 데이터 수집을 위한 실험장비 배치도는 <그림 1>과 같다.

본 실험에 앞서 정확한 운동역학적인 변인의 데이터를 얻기 위해 3차례 예비실험을 하였다.

영상분석시스템을 셋업한 후 피험자의 신체 특성은 마틴식 인체계측기를 이용하여 측정 후 실험실시 전에 컴퓨터에 입력시켰다. 인체계측 측정이 끝난 후 피험자의 관절 부위에 반사마커(44개)를 부착시켰다. 이때 피험자의 복장은 해부학적 경계점이 최대한 보이도록 하기 위해 검정색 타이즈를 착용하였고, 테니스화를 신지 않고 맨발로 동작을 수행하였으며, 반사마크를 부착 후 충분한 스트레칭과 서비스 스윙연습을 한 후 본 실험을 하였다. 모든 준비가 끝난 후 진행자의 '준비'와 '시작' 구령에 맞추어 동작을 수행하였으며, 실험 순서에는 pin을 먼저 하고 plat을 실시하였으며, 실험 간의 휴식은 충분히 하였으며, 라켓은 Wilson사의 NBLADE모델로서 라켓의 무게는 320g, 텐션은 60lbs,

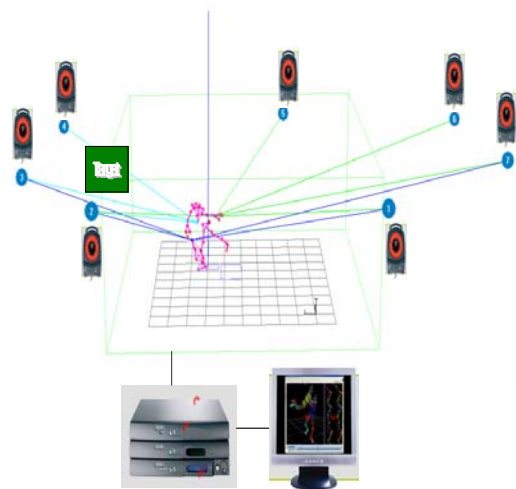


그림 1. 서비스 동작 촬영 및 데이터 수집 실험장비배치도

볼은 Nassau Co.의 Patriot No.1 모델에 반사테이프로 감아서 활용하였으며, 피험자마다 스탠스 유형별 5회의 성공 시까지 서비스 동작을 촬영하였다. 이 때 촬영속도는 300Hz로 설정하였다. 서비스의 성공여부는 타겟(50cm×50cm)에 맞는 것으로 선택하였으며, 타겟은 베이스 라인으로부터 5.2m 거리를 두었으며, 1.94m 높이에 설치하였다.

4. 자료처리

본 연구에서 테니스 서브 스탠스 유형에 따른 서비스 동작의 3차원 좌표 및 운동학적 데이터 산출은 VICON System의 분석프로그램인 Workstation, Bodybuilder, Polygon을 이용하였으며, 스탠스 유형별(pin, plat)로 어떠한 차이가 있는지를 분석하기 위하여 성공한 5회 중 가장 잘된 동작 3회를 선택하였다. 분석변인인 하지 관절의 모멘트는 지면반력 데이터와 운동학적 데이터를 이용한 역동역학적(inverse dynamics) 해석방법을 사용하여 산출하였으며, 각 분절의 각속도와 각가속도의 계산에는 Cardanian Angles을 사용하여 전역좌표계에 대한 지역좌표계의 움직임을 표현하였으며, 이를 통해 고정된 전역좌표계에 대한 분절의 지역좌표계의 움직임을 표현하였다. 우선 발목관절에 가해진 힘 즉, 발 분절의 근위단에 작용하는 힘은, $\vec{F}_a = m_f \vec{a}_f - m_f \vec{g} - \vec{F}_{gr}$ (\vec{F}_a = 발목관절에 가해지는 힘벡터, m_f = 발의 질량, \vec{a}_f = 발의 질량 중심에서의 가속도, \vec{g} = 중력 가속도 벡터, \vec{f}_{gr} = 지면반력 벡터)이 되며, 이때의 모멘트는, $\vec{M}_a = \vec{J}_f - \vec{M}_{gr} - \vec{P}_{gr} \times \vec{F}_{gr} - \vec{P}_a \times \vec{F}_a$ (\vec{M}_a = 발목관절에 발생하는 모멘트 벡터, \vec{J}_f = 발의 각운동량의 변화, \vec{M}_{gr} = 지면반력 모멘트 벡터, \vec{P}_{gr} = 발의 질량 중심에서 압력 중심으로의 위치 벡터, \vec{P}_a = 발의 질량 중심에서 발목관절 중심으로의 위치 벡터)로 나타낼 수 있다.

같은 방식으로 무릎 관절에서 작용하는 힘, 즉 하퇴의 근위단에 작용하는 힘은, $\vec{F}_k = m_s \vec{a}_s - m_s \vec{g} - \vec{F}_a$

(\vec{F}_k = 무릎관절에 가해지는 힘벡터, m_s = 하퇴의 질량, \vec{a}_s = 하퇴의 질량 중심에서의 가속도)가 되며, 이 지점에서 작용하는 모멘트는 $\vec{M}_k = \vec{J}_s - \vec{M}_a - \vec{P}_{ka} \times \vec{F}_a - \vec{P}_k \times \vec{F}_k$

(\vec{M}_k = 무릎관절에 발생하는 모멘트 벡터, \vec{J}_s = 하퇴의 각운동량의 변화, \vec{P}_{ka} = 하퇴의 질량 중심에서 발목관절 중심으로의 위치 벡터, \vec{P}_k = 하퇴의 질량 중심에서 무릎관절 중심으로의 위치 벡터)로 계산된다.

엉덩이관절에 작용하는 힘도 같은 방식으로 계산되는데, 대퇴의 근위단에 작용하는 힘은, $\vec{F}_h = m_t \vec{a}_t - m_t \vec{g} - \vec{F}_k$ (\vec{F}_h = 엉덩관절에 가해지는 힘 벡터, m_t = 대퇴의 질량, \vec{a}_t = 대퇴의 질량 중심에서의 가속도)가 되며, 이 지점에서 작용하는 모멘트는 $\vec{M}_h = \vec{J}_s - \vec{M}_a - \vec{P}_{ka} \times \vec{F}_a - \vec{P}_k \times \vec{F}_k$ (\vec{M}_h = 엉덩관절에 발생하는 모멘트 벡터, \vec{J}_t = 대퇴의 각운동량의 변화, \vec{P}_{hk} = 대퇴의 질량 중심에서 발목관절 중심으로의 위치 벡터, \vec{P}_h = 대퇴의 질량 중심에서 무릎관절 중심으로의 위치 벡터)로 계산된다.

하지관절에 작용하는 모멘트 값은 실제 산출된 모멘트 값을 피험자의 체중으로 나누어 일반화 시킨 값이다.

III. 결과 및 논의

1. 스탠스유형별 발목관절 모멘트

1) 배측·저측굴곡 모멘트

테니스 서브 동작 시 스탠스 유형별에 따른 좌측 발목관절의 배측·저측 굴곡 모멘트의 패턴을 살펴보면, <그림 2>와 같다.

발목관절의 배측·저측굴곡 모멘트의 패턴을 살펴보면, pin은 준비자세부터 백스윙까지 배측굴곡 모멘트가 감소된 후 증가(1.58±0.75Nm/BW)되다가 약간 감소된 후 다시 증가(1.42±0.75Nm/BW), 다시 감소한 후 약간 증가되었으며, 백스윙부터 점프직전까지 감소된 후 증가되는 패턴을 나타내었다.

plat은 준비자세부터 백스윙까지 배측굴곡 모멘트가 감소된 후 증가(1.80±0.60Nm/BW)되었다가 백스윙부터 점프직전까지 감소된 후 증가되는 패턴을 나타내었다.

두 스탠스를 비교해보면, 백스윙구간에서 다른 패턴을 나타냈는데 이는 pin이 오른발을 이지하는 순간과

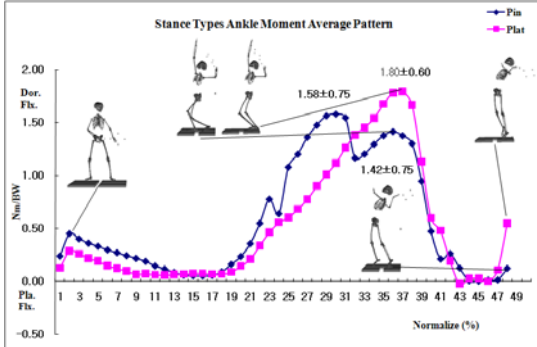


그림 2. 발목관절의 배측·저측굴곡 모멘트 패턴 비교

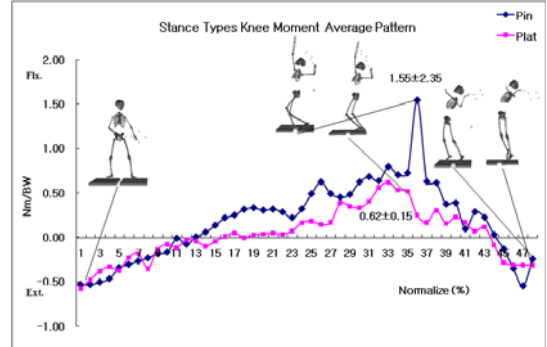


그림 4. 무릎관절의 굴곡·신전 모멘트 패턴 비교

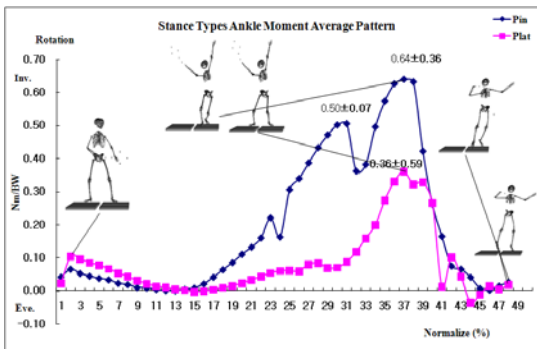


그림 3. 발목관절의 내번·외번 모멘트 패턴 비교

이지 후 지지하는데 있어 오른 발이 이동하면서 왼발의 모멘트를 줄어들었기 때문에 나타난 결과라고 사료되며, plat이 더 큰 왼발의 배측굴곡 모멘트가 발생되는 것을 알 수 있었다.

2) 내번·외번 모멘트

테니스 서브 동작 시 스탠스 유형별에 따른 발목관절의 내번·외번모멘트의 패턴을 살펴보면, <그림 3>과 같다.

발목관절의 내번·외번 모멘트를 살펴보면, pin은 준비자세부터 백스윙까지 내번 모멘트가 감소한 후 증가(0.50±0.07N/BW)되다가 약간 감소한 후 다시 증가(0.64±0.36N/BW), 다시 감소된 후 증가되었으며, 백스윙부터 점프직전까지 감소되는 패턴이었다.

plat은 준비자세부터 백스윙까지 내번 모멘트가 감소된 후 증가(0.36±0.59N/BW)되었다가 백스윙부터 점프직전까지 감소된 후 약간 증가, 다시 감소되는 패턴

을 나타내었다.

두 스탠스를 비교해보면, 백스윙구간에서 다른 패턴을 나타냈는데 이는 pin이 오른발을 지지하는 순간과 이지 후 지지하는데 있어 오른 발이 이동하면서 왼발의 모멘트를 크게 증가되기 때문에 나타난 결과라고 사료되며, pin이 더 큰 왼발의 내번 모멘트가 발생되는 것을 알 수 있었다.

2. 스탠스유형별 무릎관절 모멘트

1) 굴곡·신전 모멘트

테니스 서브 동작 시 스탠스 유형별에 따른 좌측 무릎관절의 굴곡·신전 모멘트의 패턴을 살펴보면, <그림 4>와 같다.

무릎관절의 굴곡·신전 모멘트의 패턴을 살펴보면, pin은 준비자세부터 백스윙까지 신전 모멘트가 감소되어 굴곡 모멘트로 전환되어 증가(1.55±2.35N/BW)되었다가 백스윙부터 점프직전까지 굴곡모멘트가 감소되어 신전 모멘트로 전환되는 패턴을 나타내었다.

plat은 준비자세에서 백스윙까지 신전 모멘트가 감소되어 굴곡 모멘트가 전환되어 증가(0.62±0.15N/BW) 되었으며, 백스윙부터 점프직전까지 굴곡 모멘트가 감소되어 신전 모멘트로 전환되는 패턴을 나타내었다.

두 스탠스를 비교해보면, 전체 구간에서 유사한 패턴을 나타내었다. 백스윙에서 pin은 크게 증가되었는데 이는 오른 발을 지지하면서 왼 무릎이 더 굴곡되어 모멘트가 증가한 결과라고 사료되며, pin이 더 큰 왼 무릎의 굴곡 모멘트가 발생되는 것을 알 수 있었다.

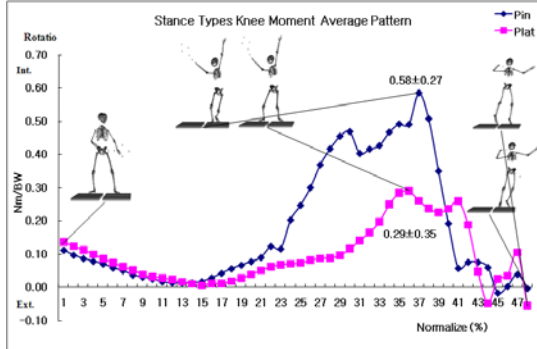


그림 5. 무릎관절의 내측·외측회전 모멘트 패턴 비교

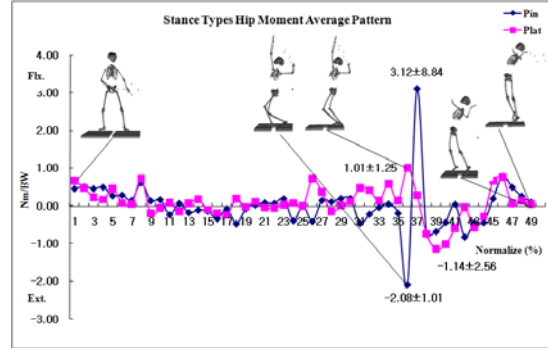


그림 6. 엉덩관절의 굴곡·신전 모멘트 패턴 비교

2) 내측·외측 회전 모멘트

테니스 서브 동작 시 스탠스 유형별에 따른 좌측 무릎관절의 내측·외측 회전 모멘트의 패턴을 살펴보면, <그림 5>와 같다.

무릎관절의 내측·외측 회전 모멘트의 패턴을 살펴 보면, pin은 준비자세부터 백스윙까지 내측 회전 모멘트는 감소된 후 증가되었다가 다시 감소 후 더 증가 ($0.58 \pm 0.27 \text{ N/BW}$) 되었으며, 백스윙부터 점프직전까지 내측 회전 모멘트는 감소되는 패턴을 나타내었다.

plat은 준비자세부터 백스윙까지 내측 회전 모멘트는 감소된 후 증가되었다가 다시 약간 감소 후 증가 ($0.29 \pm 0.35 \text{ N/BW}$) 하였으며, 백스윙부터 점프직전까지 내측 회전 모멘트는 감소된 후 증가, 다시 감소되는 패턴을 나타내었다.

두 스탠스를 비교해보면, 백스윙구간에서 pin은 증가된 후 약간 감소되었다가 더 증가된 반면, plat은 증가된 후 약간 감소되었다가 증가되는 다른 패턴이었으며, 이는 pin이 오른 발을 지지하면서 왼 무릎이 더 내측 회전되어 모멘트가 증가한 결과라고 사료되며, pin이 더 큰 왼 무릎의 내측 회전 모멘트가 발생하는 것을 알 수 있었다.

3. 스탠스유형별 엉덩관절 모멘트

1) 굴곡·신전 모멘트

테니스 서브 동작 시 스탠스 유형별에 따른 좌측 엉덩관절의 굴곡·신전 모멘트의 패턴을 살펴보면, <

그림 6>과 같다.

엉덩관절의 굴곡·신전 모멘트의 패턴을 살펴보면, pin은 준비자세부터 백스윙까지 굴곡과 신전 모멘트가 반복되면서 발생되었다가 백스윙의 완성단계에서 신전 모멘트가 크게 증가($-2.08 \pm 1.01 \text{ N/BW}$) 되었으며, 백스윙 이후 굴곡 모멘트로 전환되어 크게 증가($3.12 \pm 8.84 \text{ N/BW}$) 되었다가 점프직전까지는 신전 모멘트로 전환되어 다시 굴곡 모멘트로 전환되는 패턴을 나타내었다.

plat은 준비자세부터 백스윙까지 굴곡 모멘트에서 신전 모멘트로 전환되었다가 그 후 굴곡과 신전 모멘트 반복되면서 발생되었다가 백스윙 시 굴곡 모멘트 ($1.01 \pm 1.25 \text{ N/BW}$)가 크게 나타났으며, 백스윙부터 점프 직전까지 신전 모멘트로 다시 굴곡모멘트로 전환되는 패턴을 나타내었다.

두 스탠스를 비교해보면, pin이 백스윙 시 오른발을 이동하여 엉덩이부위가 과신전되어 신전 모멘트가 크게 나타났으며, 백스윙 이후 엉덩이가 굴곡되면서 굴곡 모멘트가 크게 나타났다. plat은 백스윙을 하면서 오른 발로 체중을 이동함으로써 왼 엉덩이가 과신전되어 신전 모멘트가 크게 발생하는 것으로 다른 패턴을 나타내 보였다.

2) 내측·외측 회전 모멘트

테니스 서브 동작 시 스탠스 유형별에 따른 좌측 엉덩관절의 내측·외측 회전 모멘트의 패턴을 살펴보면, <그림 7>과 같다.

엉덩관절의 내측·외측 회전 모멘트의 패턴을 살펴 보면, pin은 준비자세에서 백스윙까지 내측 회전 모멘트가

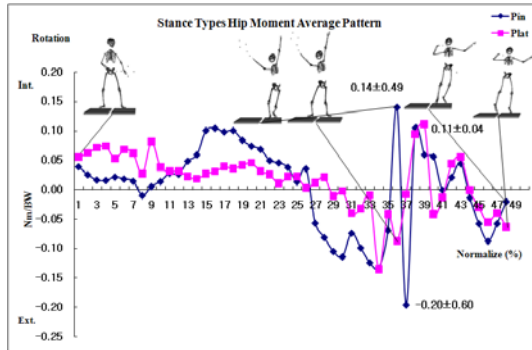


그림 7. 엉덩관절의 내측·외측 회전 모멘트 패턴 비교

감소되었다가 증가한 후 다시 감소되어 외측 회전 모멘트로 전환되었다가 다시 백스윙의 완성단계에서 내측 회전 모멘트($0.14 \pm 0.49 \text{ N/BW}$)가 크게 발생되었으며, 백스윙 이후 외측 회전 모멘트($-0.20 \pm 0.60 \text{ N/BW}$)로 전환되었다가 다시 내측회전모멘트로 전환된 후 감소 증가한 후 점프직전에는 외측 회전 모멘트가 발생하는 패턴을 나타내었다.

plat은 준비자세부터 백스윙까지 내측 회전 모멘트가 감소, 증가가 반복되면서 발생되었다가 감소된 후 외측 회전 모멘트로 전환되어 백스윙의 완성단계에서 외측모멘트가 크게 나타났으며, 백스윙 이후 내측 회전 모멘트로 전환되었다가 점프직전 다시 외측 회전모멘트로 전환되는 패턴을 나타내었다.

두 스탠스를 비교해보면, pin이 백스윙 시 오른발을 이동하여 엉덩이부위가 과신전되어서 신전 모멘트가 크게 나타났으며, 백스윙 이후 엉덩이가 굴곡되면서 굴곡 모멘트($0.11 \pm 0.04 \text{ N/BW}$)가 크게 나타났으며, plat은 백스윙을 하면서 오른발로 체중을 이동함으로써 왼 엉덩이가 과신전되어 신전 모멘트가 크게 발생하는 것으로 다른 패턴을 나타내 보였다.

두 스탠스간의 하지관절의 모멘트의 결과를 종합해보면, 하지관절의 모멘트의 패턴은 오른발의 이동유무인 두 스탠스 간에 각각 다른 형태를 나타내 보였다.

테니스 스탠스 유형에 따른 서브 동작 시 발목관절의 모멘트는 주로 배측 굴곡 모멘트가 크게 나타났으며, 배측 굴곡 모멘트는 plat, 외번 모멘트는 pin이 큰 모멘트를 나타냈으며, 무릎관절의 모멘트는 굴곡 모멘트가 주로 크게 나타났으며, 굴곡 모멘트와 내측 회전

모멘트 모두 pin이 크게 나타내 보였다. 그리고 엉덩관절 모멘트는 배측 굴곡 모멘트가 크게 나타났으며, 굴곡 모멘트와 내측회전 모멘트 모두 pin이 크게 나타내 보였다. 또 백스윙에서 포워드 스윙되는 시점에 방향이 다른 모멘트가 짧은 시간에 큰 변화를 나타냈다.

테니스 두 스탠스 따른 하지관절 굴신, 회전모멘트는 빠른 서브를 구사하기 위해 백스윙동작에서 임팩트까지의 파워를 낼 수 있는 구간을 크게 하기 위함과 동시에 회전력을 얻기 위해 상체를 비트는 현상으로 인해 백스윙동작과 포워드 스윙하는 시점에서 하지관절에 굴신, 회전 모멘트가 가장 크게 나타났으며, 변화도 크게 나타났다.

테니스에 있어서 하지관절에서 발생하는 모멘트가 크면 클수록 빠른 서브를 구사하는데 긍정적인 요인이거나 상해예방차원에서는 부정적인 요인이라고 할 수 있다. 따라서 테니스 선수들은 지면으로부터 발생된 큰 힘을 전달할 때 근력을 강화시키거나 유연성을 높이는 훈련이 꼭 필요하다고 사료된다.

V. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 테니스 두 스탠스 유형(pinpoint stance, platform stance)에 따른 서브 시 하지관절의 모멘트를 분석하여 테니스 선수들이 연습 시 상해를 예방할 수 있도록 현장에서 지도할 객관적인 기초자료를 얻기 위해 테니스 고등학교 우수선수 7명을 대상으로 하였으며, VICON System의 분석프로그램인 Workstation, Bodybuilder, Polygon을 이용하여 하지관절의 모멘트를 분석하였다. 구체적인 변인은 발목, 무릎, 엉덩관절의 모멘트들을 중점적으로 비교 분석한바 다음과 같은 결론과 제언을 얻었다.

1. 결론

테니스 두 스탠스 유형에 따른 서브 동작 시 하지관절에 발생하는 모멘트의 패턴은 각각 다른 패턴이었으며, 모멘트의 크기는 발목 배측 굴곡 모멘트만 plat가

크게 발생되었으며, 다른 모멘트는 pin이 크게 발생되었다. 또 굴신모멘트에서는 엉덩, 발목, 무릎 순이었으며, 회전모멘트는 발목, 무릎, 엉덩 순으로 큰 모멘트를 나타내 보였다.

하지관절의 굴신과 회전모멘트는 백스윙동작과 백스윙동작부터 포워드 스윙으로 변화되는 시점까지 모멘트의 크기가 가장 크게 나타났으며, 변화도 크게 나타내보였다. 이때 상해가 발생할 위험성이 높기 때문에 이에 주의해야 한다고 사료된다.

2. 제언

두 스탠스 유형에 따른 하지모멘트가 상지모멘트에 미치는 영향에 대한 연구와 상지의 모멘트가 볼 속도에 미치는 영향에 대한 연구도 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- 김성섭, (2007). 테니스 서브 스탠스유형에 따른 서비스 동작의 생체역학적 분석. 미간행 박사학위논문. 용인대학교 대학원.
- 임병규, 박홍석(2000). 튜브 저항 트레이닝이 테니스 선수들의 어깨 회전력과 서비스 능력에 미치는 효과. *발육발달학회지*, 8권 1호, pp. 115~121.
- Bollettieri, N.(2001). *Sonic Serve*, Tennis Korea; seoul.
- Brian J. Gordon, Jesús Dapena(2006) Contributions of joint rotations to racquet speed in the tennis serve. *Journal of sports sciences*, Vol. 24 No. 1. pp. 31-49.
- Cappozzo, A.(1984). Gait analysis methodology. *Human Movement Science* 3, pp27-54.
- Cappozzo, A., Catani, F., Della Croce, U., Leardini, A. (1995). Position and orientation in space of bones during movement: anatomical frame definition and determination. *Clinical Biomechanics* 10, pp. 171-178.
- Elliott, B. C., Takahashi, K. & Noffal, G. J.(1997). The influence of grip position on upper limb contributions to racket head velocity in a tennis forehand. *Journal of Applied Biomechanics*, 14, pp. 173-196.
- Glen Fleisig, Rochelle Nicholls, Bruce Elliott & Rafael Escamilla(2006). Kinematics Used by World Class Tennis Players to Produce High-Velocity Serves. *Sports Biomechanics Vol. 2(1)* pp. 51-71.
- Groppel J, L.(1992). *High tech tennis*. Illinois ; Lesiure Press.
- Kuo-Cheng Lo, Lin-Hwa Wang, Chia-ching Wu, Fong-Chin Su (2004). Kinematics of Lower Extremity in Tennis Flat and Spin Serve. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 24-4. pp. 209-212.
- Kuo-Cheng Lo, Lin-Hwa Wang, Chia-ching Wu, Fong-Chin Su(2004). *Biomechanical analysis of trunk & lower extremity in tennis serve*. Proceedings of Internation Symposium of Biomechanics in Sports. Vol. 22. pp. 261-264.
- Leardini, A., Cappozzo, A., Catani, F., Toksvig-Larsen, S., Petitto, A., Sforza, V., Cassanelli, G., Giannini, S.(1999). Validation of a functional method for the estimation of hip joint centre location. *Journal of Biomechanics* 32, pp. 99-103.

투 고 일 : 4월 30일
 심 사 일 : 5월 6일
 심사완료일 : 6월 12일