



Isomed 2000을 이용한 고등학교 테니스 선수 서브동작의 어깨관절 회전력과 근동원 양상 분석

An Analysis of Shoulder Joint Torque and Muscle Pattern Duing Tennis Serve by Isokinetic Motions on Isomed 2000

김성섭* · 김의환 · 성영호 · 김태완 · 정재욱(용인대학교)

Kim, Sung-Sup* · Kim, Eui-Hwan · Sung, Young-Ho · Kim, Tae-Whan · Chung, Jae-Wook(Yongin University)

ABSTRACT

S. S. KIM, E. H. KIM, Y. H. SUNG, T. W. KIM, and J. W. CHUNG, An Analysis of Shoulder Joint Torque and Muscle Pattern Duing Tennis Serve by Isokinetic Motions on Isomed 2000. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 1, pp. 61-68, 2007. The purpose of this study was to analyze the shoulder joint torque and muscle pattern performing as Tennis serve by Isokinetic motions on Isomed 2000.

The subject, who was 5 males Korean national high school tennis players. By analyzing the flexion/extension of the shoulder, the peak torque of the internal/external rotation motion(at 60,180 and 300 degree/sec) at peak torque degree, the weight, peak torque, and power. combined with the timing of the electrode of the attached trapezius and posterior deltoid at the three part.

From the data analysis & discussion the following conclusions were drawn.

When doing a shoulder extension, the peak torque can be widely seen at 60degree per second. However the degree may be different depending on angular velocity. When doing an internal rotation at 90degree abduction, peak torque per weight was seen at 60degree per second. The degree of peak torque was at 31.6-44.2 and peak power was faster when angular velocity was increased.

The aspect of muscle pattern was seen more at the internal rotation in the 90degree abduction rather than the shoulder extension. However the angular velocity was not influenced by muscle mobilization(in order of anterior deltoid, posterior deltoid and trapezius.

To properly apply the above conclusion, when tennis players serve it is better the elbow be impacted by the extension. when doing isokinetic motion it is better to increase angular velocity and improve muscle power. also the anterior deltoid amongst the shoulder muscle should be improved to develop serve speed.

KEYWORDS: TENNIS SERVE, SHOULDER JOINT TORQUE, MUSCLE PATTERN, ISOKINETIC MOTION, ISOMED 2000

I. 서론

테니스는 두 사람 또는 두 사람씩 팀을 이룬 네 사람의 경기자가 한가운데 네트를 쳐 놓은 코트의 양쪽에 마주 서서 라켓으로 공을 쳐서 상대방 코트에 넣는 경기이다.

테니스의 기술은 크게 서브, 포핸드, 백핸드, 발리, 스매싱으로 나뉜다.

현대 테니스의 흐름은 상대방의 실수를 바라는 소극적인 플레이가 아닌 적극적인 스타일로 변화하였고 힘과 섬세한 기술을 동시에 요구하고 있다. 특히 테니스의 첫 구인 서비스의 위력은 경기의 승패 여부를 결정짓는 가장 위력적인 무기라 할 수 있다(임병규 · 박홍석, 2000).

서브 스피드 향상을 위해서는 기술적인 측면뿐만 아니라 서브동작을 수행하는 근 파워의 향상도 중요한 요소이다. 테니스는 근 기능에 있어서 근력, 근 파워, 근지구력 모두가 요구되는 운동으로 전신을 골고루 발달시켜야 하는 스포츠 종목이다. 경기의 대부분이 유산소성 운동이면서도 빈번한 무산소성의 폭발적인 힘이 요구되는 스포츠이기도 하다(임병규 · 박홍석, 2000).

서비스의 구사 능력은 서비스 스윙 기술과 유연성, 근력의 복합성이 이루어 질 때 효율적인 결과를 나타낼 수 있다(Bartlett, L. R., Storey, M. D., Simons, B. D., 1989).

어깨 근육의 근량을 무시하더라도 최근의 연구 결과 테니스를 하지 않은 사람보다 테니스를 한 사람의 어깨 내회전력이 강하다는 것이 지배적이다(Karmer, 1991).

테니스 서브는 전신을 이용하여 구사하는 기술이며, 짧은 시간에 최대의 힘으로 공을 쳐 보내야 한다.

서브동작에 대한 분석연구에 있어 정완기(1993)는 삼각근, 상완이두근, 요측상완근, 대흉근을 측정 부위로 하여 실험한 결과 상완이두근이 주동근이며, 보조주동근은 요측상완근이라고 보고하였다.

Groppel(1986)은 효과적인 서브를 구사하기 위해서는 지면반력에 의해서 형성된 힘을 다리, 엉덩이, 몸통, 상완의 순서로 전달되어야 하고, 지면반력을 받아 올리는 역할은 거퇴관절을 포함한 비복근이 처음으로 수행

하게 되며, 서브 동작 시 처음 어깨넓이의 보폭에서 두 발을 모은 후 무릎을 구부렸다 펴는 동작에서 슬관절을 축으로 대퇴근의 신근력으로 몸을 빠르게 펴는 동작을 하게 된다고 보고하였다.

이종규(1982)는 라켓 속도를 설명하는 과정에서 요수관절을 축으로 한 전완근의 역할을 보여 주었고, 서브 동작 시 가장 큰 근육군은 고관절을 중심으로 한 허리부위의 복근이며, 서브동작 시 주동근은 비복근, 복근, 상완근, 전완근, 대퇴근 등으로 추정 할 수 있다고 보고 하였다.

경기 시에는 평상시 보다 스피드가 떨어지는데 이는 심리적인 상태도 서브의 영향을 줄 수 있음을 의미한다. 또 신체적 조건 역시 서브의 스피드에 영향을 주며, 스윙의 역학적 측면과 생리학적, 환경적인 요인들 역시 서브 스피드에 영향을 줄 수 있다(김창환, 2001).

최근 테니스의 서브의 연구들은 크게 운동학적, 운동역학적분석(지면반력, 근전도)으로서, 운동학적 연구는 최용재(1993), 진영완(2001), 김재석(2002), 조필환(2002), 신제민, 진영완(2003), 강상학(2004) 등에 의해 김찬희(1987), 조항명(2000) 등은 지면반력에 대한 연구를 수행했으며, 이종숙외 4(2001), 김승길(2004) 등은 근전도에 대한 연구를 활발히 수행하였다.

또한 등속성 토크에 대한 연구들도 최근에 최명중, 이강우(1997)는 배구, 테니스, 농구 선수들을 대상으로 손목의 최대근력에 있어 굴근력은 배구, 테니스, 농구 순이었으며, 신근력은 배구, 농구, 테니스 순으로 나타났다 보고하였다., 소재무, 김용일, 김효은(2002)은 투구속도와 자세별 내외전 최대 토크 근력과는 정량적인 차이는 있었지만 상관성은 나타나지 않았다고 보고하였다. 또, 박승한, 김규호, 허용, 마명락, 이채형, 김정기(2006)는 테니스선수와 배드민턴, 일반학생을 대상으로 슬관절, 견관절의 등속성운동능력을 비교하였는데, 테니스 선수들이 견관절 굴근과 신근에서 피크토크와 최대근력, 총일량에서 우세하다고 보고하였으며, 박성진, 박영진(2006)은 프로야구 투수의 투구 스피드와 견관절 등속성 토크와의 상관성은 나타나지 않았다고 보고 하였다. 테니스 볼 스피드에 미치는 영향에 대한 연구로는 김창환(2001), 이동관(2003) 등이 있었으며, 이러한 연구들은 모두 서브 스피드에 초점을 두고 연구하였다.

테니스 서브는 백스윙 시 팔꿈치를 굴곡시켰다가 임팩트 시 신전시키는 동작이다. 서브 동작 시 어깨관절의 내외회전, 굴신의 동작들이 매우 중요하며, 이때의 등속성 토크를 분석하는데 있어 테니스 서브 동작과 유사하게 팔꿈치를 90°로 굽힌 상태와 180°로 편 상태간의 토크를 분석한 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고등학교 테니스 선수 5명을 대상으로 Isomed 2000의 등속성 장비와 EMG 시스템을 이용하여 테니스 서브동작을 발휘할 때 어깨관절의 회전력과 근동원 양상을 분석하는데 있다. 한편으로 테니스 서브동작 시 스피드를 높이는데 보다 유효한 기술 트레이닝 방법에 대한 정보를 제공할 수 있을 것이다.



그림 1. 실험도구

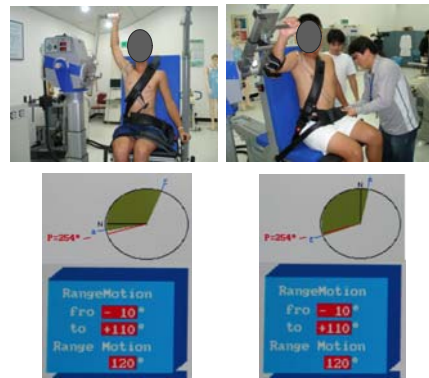


그림 2. Shoulder Extension과 Internal Rotation in 90° Abduction

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 2006년 전국체육대회에 경기도 대표로 단체전에 참가하는 용인시에 소재한 Y. 고등학교 테니스 선수 5명으로 하였으며, 이들의 구체적인 신체적 특성 및 경력은 <표 1>과 같다.

2. 실험도구 및 방법

1) 실험도구

실험도구는 Isomed 2000 system(Isomed 2000, Isomed)과 EMG system((Telemyo 2400, NORAXON)을 사용하였으며, <그림 1>과 같다.

표 1. 연구대상의 신체적 특성 및 경력

성명	나이 (year)	신장(cm)	체중(kg)	경력 (year)	서브타법
LHH	18	175.4	78.6	9	스핀
CSH	17	180.8	63.9	5	플랫
SYW	17	171.1	58.4	6	플랫
LSM	17	170.4	58.1	6	플랫
LTS	18	173.3	74.9	5	플랫
M±SD	17.4±0.55	174.2±4.2	66.7±9.5	6.2±1.6	-

2) 실험방법

등속성 근력을 측정하기 위해 등속성 측정시스템인 Isomed 2000 System을 이용하여 오른 어깨관절의 flexion/extension-동작과 Internal/External Rotation in 90° Abduction 동작으로 측정하였다. 이 동작들은 Nick Bollettieri의 소닉서브(2001)에서 파워커브의 시작동작(백스윙)과 마무리동작(임팩트)과 가장 유사한 운동형태이다. 파워커브란 볼의 스피드를 결정하는 구간을 의미한다.

따라서 본 연구에서는 서브동작과 유사한 두 가지 등속성 운동형태의 등속성 근력은 <그림 2>와 같이 Extension과 Internal Rotation in 90° Abduction만을 분석하였다. 이 두 가지 운동형태의 각속도는 각각 60°/sec., 180°/sec., 300°/sec. 이었다.

측정 시 최대 회전력이 발휘하도록 측정의 목적과 기구의 동작원리 및 측정순서를 피험자에게 설명한 후에 등속성의 두 가지 운동형태를 연습을 시켰다.

근전도 신호의 최적의 특성을 얻기 위해서 전극을 부착하기 전에 해당근육이 위치한 피부에 면도기와 알

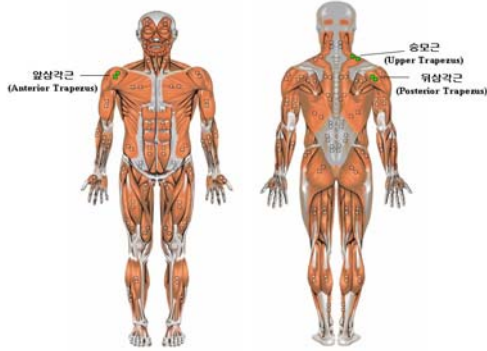


그림 3. 표면전극부착위치

코일을 이용하여 깨끗이 세척한 후 전극을 부착하였다. 접지전극은 경추 7번 위치에 부착하였으며, 활동전극은 승모근(Trapezius), 앞삼각근(Anterior Deltoid), 뒤삼각근(Posterior Deltoid)의 중간지점 근육에 작용선 방향과 평행하게 <그림 3>과 같이 부착하였다.

실험준비가 완료된 후 본 실험을 시작하였다. 먼저 각속도가 300°/sec.(4회), 180°/sec.(4회), 60°/sec.(15회) 순이었으며, Extension 동작을 먼저 측정한 후 Internal Rotation in 90° Abduction을 측정하였다. 운동형태와 각속도별 사이동안에 2분 동안 충분한 휴식을 취하였다.

3. 자료처리

MVIC 시기 및 본 실험에서 측정된 모든 EMG 원자료는 노이즈를 제거하기 위해 다음과 같은 과정을 통해 처리되었다.

먼저, 운동형태의 각속도별로 얻어진 raw data의 EMG data는 전파 정류(full wave rectification) 하였다. 각 근육별로 EMG 표준화(normalization) 작업을 위하여 실시한 3회의 MVIC 측정된 근전도 자료는 50ms의 평균을 이용하여 평활화(smoothing) 한 후 발견된 최대값을 해당 근육의 최대 EMG (EMG_{max}^m)값으로 결정하였다.

그리고 정류된 자료의 노이즈를 제거하기 위해 전자 필터(FIR filter, 10~500Hz band pass)를 사용한 이유는 전파 정류된 신호를 저역 통과 필터를 사용하여 필터링을 하면 이때의 선형포락선(linear envelope)은 근육

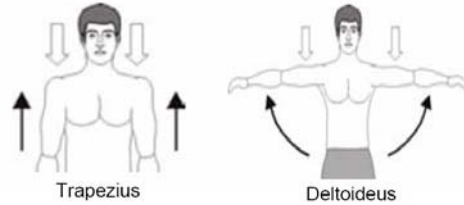


그림 4. MVC Test

의 힘(tension)을 나타내는 그래프와 매우 유사한 특성을 갖기 때문이다(Winter, 1990). EMG 표준화는 실험 조건 간 및 각 피험자간의 상호 비교 시 반드시 필요한 작업인데 공식은 <공식 1>과 같다.

$$NorEMG_m(\%MVC) = \frac{EMG_m}{EMG_{max}^m} \times 100$$

<공식 1>

즉, $NorEMG_m$ 은 각 근육의 EMG 값을 말하고 단위는 %MVC 이다. EMG_m 은 실제 시기 시 측정된 2번의 필터링 작업을 거친 각 근육의 EMG 값이고 EMG_{max}^m 은 MVC 측정 시 발견된 각 근육의 최대 EMG 값을 말한다.

III. 결과 및 논의

1. 어깨관절의 회전력 비교

1) 피크토크

두 운동형태 즉, 어깨관절의 Extension과 internal Rotation in 90° abduction의 각속도별 피크토크는 <그림 5>와 같다.

피크토크는 Ex.(팔꿈치를 180°로 신전시킨 동작)운동형태가 In.(팔꿈치를 90°로 굴곡시킨 동작)운동형태보다 크게 나타났다. 또 각속도에 따라서는 60°/sec.가 가장 큰 값을 보였으며, 300°/sec., 180°/sec. 순이었다. 이론적으로는 각속도 180°/sec.이 300°/sec.보다 크게 나타

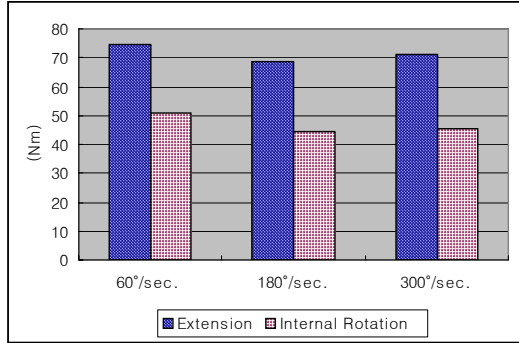


그림 5. 각속도별 피크토크(Nm)

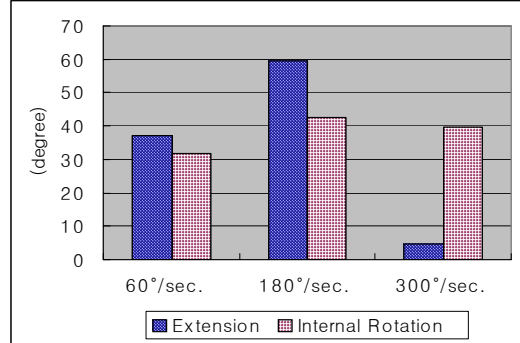


그림 6. 각속도별 피크토크 시 각도(°)

나야 한다. 본 연구에서는 반대의 결과가 나타났는데, 이는 피험자 한명이 다른 피험자들에 비해 300°/sec.에서 큰 피크토크 값을 나타낸 개인의 차이에서 나타난 결과라고 사료된다.

2) 피크토크 시 각

두 운동형태의 각속도별 피크토크 시 각도는 <그림 6>과 같다.

<그림 6>과 같이 각속도별 피크토크 발생 시 각도는 각속도 60°/sec.는 Extension 시 37±38.9°, Internal Rotation in 90° Abduction 시 31.6±11.4°를 나타냈으며, 각속도 180°/sec. Extension 시 59.4±32.6°, Internal Rotation in 90° Abduction 시 42.4±4.5° 이었으며, 각속도 300°/sec. Extension 시 4.8±19.7°, Internal Rotation in 90° Abduction 시 39.8±16.9° 를 나타냈다.

각속도별 피크토크가 발생 시 각도는 편차가 큰 것으로 나타났다. 특히, 각속도 Extension 운동형태가 큰 편차를 나타내었는데 이는 동작의 처음 또는 끝부분에서 주로 피크토크가 발생되어 나타난 결과로 사료된다.

3) 몸무게 당 피크토크

두 운동형태의 각속도별 몸무게 당 피크토크는 <그림 7>과 같다.

<그림 7>과 같이 각속도별 몸무게 당 피크토크는 각속도 60°/sec.에서 Extension 시 0.43±0.05Nm/kg, Internal Rotation in 90° Abduction 시 0.29±0.03Nm/kg 을 나타냈으며, 각속도 180°/sec.에서는 Extension 시 0.39±0.06Nm/kg, Internal Rotation in 90° Abduction

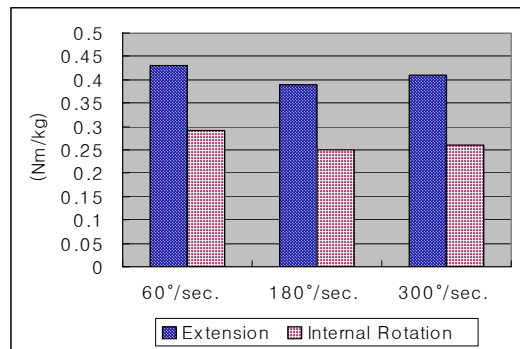


그림 7. 각속도별 몸무게 당 피크토크(Nm/kg)

시 0.25±0.02Nm/kg이었으며, 각속도 300°/sec.는 Extension 시 0.41±0.08Nm/kg, Internal Rotation in 90° Abduction 시 0.26±0.03Nm/kg을 보였다. 몸무게 당 피크토크도 피크토크와 유사한 결과로 몸무게에 의해 피크토크가 큰 영향을 받지 않은 것으로 사료된다.

4) 피크파워

두 운동형태의 각속도별 피크파워는 <그림 8>과 같다.

<그림 8>과 같이 각속도별 피크파워는 각속도 60°/sec.에서 Extension 시 55.4±8.6W, Internal Rotation in 90° Abduction 시 39.2±5.2W로 나타났으며, 각속도 180°/sec.에서는 Extension 시 120±15.7W, Internal Rotation in 90° Abduction 시 83.2±11.1W 이었으며, 각속도 300°/sec.는 Extension 시 133.4±27.2W, Internal Rotation in 90° Abduction 시 118.6±18.5W로 나타내 보였다.

피크파워는 Extension의 운동형태가 Internal Rotation in 90° Abduction 운동형태보다 큰 값을 나타내 보였으

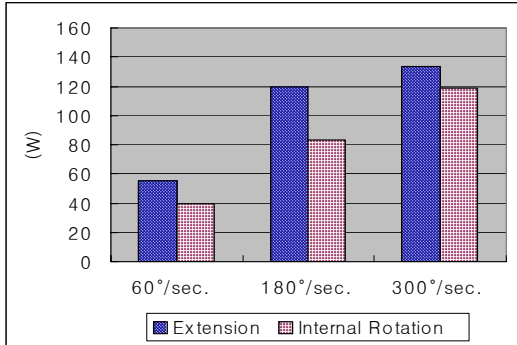


그림 8. 각속도별 피크파워(W)

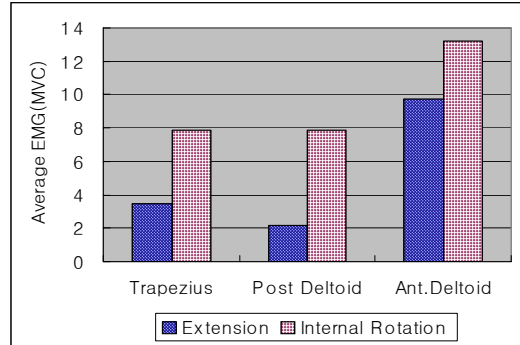


그림 10. 180°/sec. 시 근동원 양상

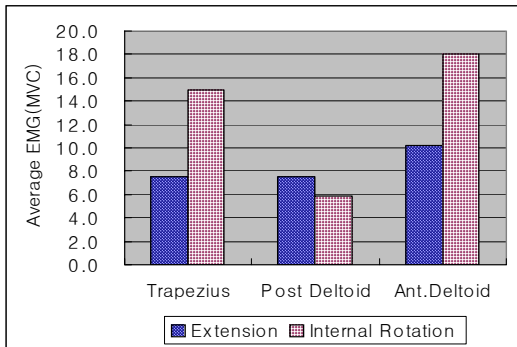


그림 9. 60°/sec. 시 근동원 양상

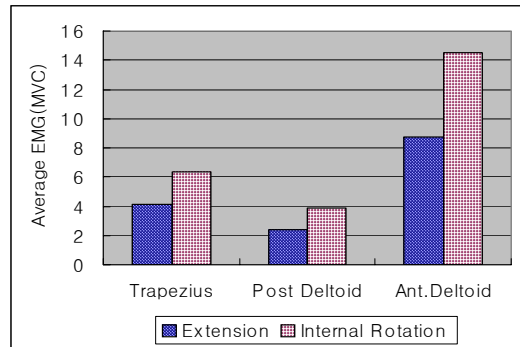


그림 11. 300°/sec. 시 근동원 양상

며, 각속도별로도 각속도가 빠르면 빠를수록 큰 파워를 내는 것으로 사료된다.

2. 근동원 양상

두 운동형태의 각속도별 근동원 양상은 <그림 9~11>과 같다.

<그림 9>와 같이 각속도 60°/sec를 살펴보면, Extension 과 Internal Rotation in 90° Abduction 시 앞삼각근, 승모근, 뒤 삼각근 순이었으며, Internal Rotation in 90° Abduction 운동형태가 앞 삼각근과 승모근이 많이 동원되었으며, Extension 운동형태는 뒤 삼각근이 많이 동원되었다.

<그림 10>과 같이 각속도 180°/sec를 살펴보면, Extension 과 Internal Rotation in 90° Abduction 시 앞 삼각근, 승모근, 뒤 삼각근 순이었으며, Internal Rotation in 90° Abduction 운동형태가 Extension 운동형태보다 근동원이 많이 되었다.

<그림 11>과 같이 각속도 300°/sec를 살펴보면, Extension 과 Internal Rotation in 90° Abduction 시 앞 삼각근, 승모근, 뒤 삼각근 순이었으며, Internal Rotation in 90° Abduction 운동형태가 Extension 운동형태보다 근동원이 많이 되었다.

위와 같이 두 운동형태에서 In. 운동형태가 Ex. 운동형태보다 많은 근 동원 양상을 보였으나 각속도에 큰 영향을 받지 않은 것으로 나타났음을 알 수 있었다.

IV. 결론

본 연구의 목적은 고등학교 테니스 선수들이 서브 동작을 발휘할 때 어깨관절의 회전력과 근 동원 양상을 분석하는데 있다. 이 목적을 달성하기 위해 고등학교 남자 테니스 선수 5명을 대상으로 등속성 측정기기인

Iso med 2000을 이용하여, 서브동작을 발휘할 시 어깨의 Flexion/Extension과 Internal/External rotation(90°) 운동 시(60, 180, 300°/sec.)의 등속운동 형태에 따라 피크토크, 피크토크시 각, 체중당 피크토크, 피크파워를 분석하였으며, 이와 동시에 EMG System을 활용하여 승모근(Trapezius)과 전·후삼각근(Posterior Deltoid, Anterior Deltoid)의 3부위 근육의 활동전위차를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 어깨회전력

어깨의 회전력은 Shoulder Extension시에 피크토크 60°/sec.에서 큰 값을 보였으며, 피크토크 시 각도는 각속도에 따라 각각 다르게 보였다. 몸무게 당 피크토크는 유사하였으며, 각속도가 빠를수록 피크파워의 큰 값을 보였다.

Internal Rotation in 90° Abduction시에 피크토크, 몸무게 당 피크토크는 60°/sec.에서 가장 큰 값을 보였고, 피크토크 시 각도는 31.6~44.2°이었으며, 피크파워는 각속도가 빠를수록 큰 값이었다.

2. 근동원 양상

근동원 양상은 Shoulder Extension시 보다 Internal Rotation in 90° Abduction이 보다 더 많은 근동원 양상을 보였으며, 각속도의 변화는 근 동원 양상(앞쪽 삼각근, 뒤쪽 삼각근, 승모근 순)에 영향을 미치지 못함을 보였다. 따라서 테니스 선수 서브동작 시 주관절을 신전상태에서 임팩트 하는 것이 좋으며, 등속성 운동 시 각속도를 높여 근 파워를 향상시키는 기술트레이닝 효과적이라고 사료된다. 또한 어깨 근육 중 앞쪽 삼각근을 향상시키는 것이 서브 시 스피드를 향상 시킬 수 있다고 사료된다.

참 고 문 헌

강상학(2004). 테니스 서브의 운동학적 분석. **한국스포츠리서치 제 15권** 제4호, 2135~2146.

김성섭, 김의환, 김태완, 정재욱(2006). **테니스 선수들의 등속성 운동형태에 따른 어깨관절의 회전력 및 근동원 양상분석**. 제87회 전국체육대회기념 제44회 한국체육학회 학술발표회 논문집.

김승길(2004). **테니스 서브동작에 대한 하지의 근전도 분석**. 미간행 석사학위논문. 부산외국어대학교 교육대학원.

김재석(2002). **테니스 스핀 서브 동작의 운동학적 분석**. 미간행 석사학위논문. 동의대학교 교육대학원.

김찬희(1987). 테니스 동작 시 주동근 분석을 위한 근전도 고찰. **한국체육학회지 제26권** 제1호, 1099~1106.

김창환(2001). **Power Training이 테니스 서브 스피드에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문. 성균관대학교 대학원.

박성진, 박영진(2006). 프로야구 투수의 볼 스피드와 견관절의 등속성 회전력 비교 연구. **한국운동역학회지 제16권** 1호, 81~88.

박승한, 김규호, 허용, 마명락, 이채형, 김정기(2006). 고등학교 테니스선수와 배드민턴 선수의 견관절, 슬관절의 등속성 운동능력의 비교 연구. **한국스포츠리서치 제17권** 1호, 35~42.

소재무, 김용일, 김효은(2002). 프로야구 오버드로우 투수의 견관절 등속성 토크에 관한 분석. **한국운동역학회지 제12권** 2호, 295~306.

신제민, 진영완(2003). 테니스 플랫폼서브의 3차원 각운동 특성. **한국체육학회지 제42권** 제6호, 973~983.

이동관(2003). **Exercise-Bend Training이 테니스 서브 스피드에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문. 명지대학교 교육대학원.

이종규(1982). **테니스 서브동작의 역학적 분석**. 미간행 석사학위논문. 단국대학교 대학원.

이중숙, 강제형, 유창재, 양정옥, 이훈식(2001). 근전도 시스템을 이용한 테니스 퍼스트와 세컨드 서브의 생체역학적 연구. **신라대학교 자연과학연구소 논문집 제9편**, 103~116.

임병규, 박홍식(2000). 튜브 저항 트레이닝이 테니스 선수들의 어깨 회전력과 서비스 능력에 미치는 효과. **발육발달학회지 8권** 1호 115~121.

정완기(1993). TENNIS SERVE 동작 시 근전도 분석. 미

- 간행 석사학위 논문. 건국대학교 교육대학원.
- 조필환(2002). 테니스 플랫 서브동작에 대한 숙련자와 미숙련자간의 운동학적 비교 분석. **한국체육교육학회지 제6권** 제2호, 230~237.
- 조항명(2000). 초등학교 테니스 선수들의 서브시 지면 반작용력에 관한 연구. 미간행 석사학위논문. 인천대학교 교육대학원.
- 진영완(2001). 테니스 서브 동작시 근모멘트 분석. **한국운동역학회지 제11권** 2호, 155~173.
- 최명종, 이강우(1997). 배구, 농구, 테니스 선수들의 손목을 중심으로 한 등속성 근력에 관한 연구. **한국체육학회지 제36권** 제2호, 2283~2291.
- 최웅재(1993). 테니스 플랫 서브 동작의 운동학적 분석. 미간행 석사학위논문. 연세대학교 대학원.
- Bartlett, L. R., Storey, M. D., Simons, B. D.(1989). Measurement of upper extremity torque production and its relationship to throwing speed in the competitive athlete. *Am. J. Sport Med.*, 17, 89~91.
- D. David Ebaugh, Philip W. McClure, Andrew R. Karduna(2006). Effects of shoulder muscle fatigue caused by repetitive overhead activities on scapulothoracic and glenohumeral kinematics. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 16, 224~235.
- Groppel, J. L.(1986). The biomechanics of tennis : An overview. *International Journal of Sports Biomechanics*, 2, 141~155.
- Kramer, J. S.(1991). shoulder rotator torques in female tennis and nontennis player. *J. orthop sports phys ther.*, 13, 40~46.
- Nick Bollettieri(2001). Sonic Serve. Bollettieri Inc.
- Winter D. A.(1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*(2nd ed.), NY : John Wiley & Sons, Inc.

투 고 일 : 1월 31일
심 사 일 : 2월 6일
심사완료일 : 3월 7일