한국운동역학회지, 2002, 제12권 1호, pp. 221-231
Korean Journal of Sport Biomechanics
2002, Vol. 12, No. 1, pp. 221-231

포지션별 정구 플랫서비스의 운동학적분석

김 헌 수
(대전대학교)

Ⅰ. 서 론

정구 규칙 개정으로 후위와 전위의 포지션 구별은 없어졌으나, 아직까지도 전위는 발리와 스매싱, 후위는 그라운드 스트록 위주로 게임을 운영해 나가고 있는 경향이 있다. 단, 전위는 후위와 같이 서비스를 교대로 넣을 수 있도록 되어 있다(1992. 10. 20).

정구서비스는 오버핸드 스윙을 하여 임팩트시 라켓 면과 볼이 직각으로 맞게 하는 플랫서비스, 스윙 궤도는 같으나 임팩트시 볼에 사이드스핀을 걸어서 가능한 한 볼에 많은 변화를 주어 바운드를 예측하기 힘든 리버스 서비스, 스윙을 위에서 밑으로 다운 스윙을 하면서 사이드 스핀을 걸어 왼쪽으로 바운드 되게 하는 언더 컷팅 서비스로 구분할 수 있다.

이러한 서비스는 코트 환경, 즉 코트 종류에 따라 각 서비스 기술을 발휘하는 경향이 있다. 그러나 이중에서도 플랫서비스가 가장 일반적으로 많이 시도되어 지는 서비스 기술 중에 하나라고 볼 수 있다.

후위는 서비스를 넣은 다음의 동작이 베이스라이너 플레이를 위한 동작으로 이어지고, 전위는 넷트 플레이를 위하여 가능한 한 앞으로 빨리 달려나가야 되는 포지션의 특성상 서비스 기술 발휘에 있어서 차이가 있으리라 생각된다.

정구서비스에 관련된 연구 논문으로는 정구 전위선수 서비스의 운동학적 분석(김헌수, 2001)과 정구서비스 동작시의 EMG분석(김헌수, 김병완, 2001)등이 있으나 후위선수를 대상으로 전위와 비교분석한 논문은 거의 찾아 볼 수 없다.

따라서 본 연구의 목적은 정구의 오버핸드스윙 패턴인 후위의 플랫서비스 동작을 운동학적으로 분석하고 전위와 비교하여 일선지도자 및 선수들에게 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

Ⅱ. 연구 방법

피험자는 남자 실업팀 정구선수 후위 4명과 전위 4명이 본 실험에 참가를 하였고, 모두 국내 정상급의 수준에 있는 피험자들로 연령, 신장 및 체중의 평균과 표준편차는 각각 24.0±5.23, 176.8±7.22, 72.7±4.91, 그리고 23.5±1.73yrs, 180.1±5.96cm, 72.7±4.91kg이였다.

본 연구에서는 3차원 영상분석과 정확한 데이터의 산출을 위해서 비디오카메라 4대를 사용하였고, 노출시간은 1/1000s, 카메라속도는 60fps, 그리고 높이는 2m , 길이 10m로 두 대씩 서로 60。의 각을 이루도록 설치하였다. 실공간상에 공간좌표계를 설정하기 위해 통제점 틀을 사용하여 1분정도 촬영한 후 제거하였다.

디지타이징(digitizing)의 오차를 줄이기 위해 복장은 삼각수영복으로 하였고, 인식표의 크기는 1cm로 하여 시각적인 오차를 줄이려고 반사마크를 부착시켰다.

사용된 라켓은 Mizuno TECHO CHARGE 03번이었으며, 정구공은 경기용 공인구를 사용하였다. 각 피험자는 준비운동을 겸한 충분한 연습 동작을 행한 후, 3회씩 시합 상황과 같이 플랫 서비스를 넣을 수 있도록 하였다.

Kwon(1993)이 개발한 프로그램을 이용하여, 비디오 카메라 자료를 보간한 후 4대 카메라의 동일한 시점을 동조용 프레임으로 정하여 여기서 나온 데이터를 동조하였다. 동조된 2차원 좌표로부터 3차원 좌표 계산은 Abdel- Aziz와 Karara(1971)의 DLT방법을 이용하였다. 3차원 좌표값의 노이즈를 제거하기 위하여 저역 통과 필터(low pass filter) 방법에 의하여 스무딩(smoothing) 하였고, 차단 주파수는 6.0Hz로 하였다.

서비스 동작의 전체는 예비동작으로서 라켓의 들어올림 동작인 테이크백(Ⅰ구간), 주동작으로서 볼에 방향과 속도를 가하는 포워드스윙(Ⅱ구간), 그리고 임팩트 후의 추적동작으로서의 상지 및 라켓의 운동량 처리과정(Ⅲ구간)으로 하였고, 이때의 시간, 속도, 각속도를 계산하였다.

ExcelI 2000과 SPSS 7.5를 이용하여 평균과 표준편차를 구했으며, 모든 변인에 대한 전위와 후위간의 평균치의 차이 검정은 독립 t-test를 실시했으며, 유의수준은 5%로 하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 서비스동작의 구간별 소요시간

<table 1>에서 보는 바와 같이 전·후위 모두 Ⅱ,Ⅲ,Ⅰ구간의 순으로 빠르게 나타났으며, 다른 라켓스포츠의 오버핸드 패턴동작에서 볼 수 있는 힘 생성구간에서 가장 빠르게 나타났다. 포지션간에 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 전위는 Ⅰ,Ⅱ구간, 후위는 Ⅲ구간에서 조금 빠르게 나타난 것으로 보아 이는 서비스후의 준비동작에 의한 차이로 생각된다.

Table 1. Elapse time of each phase at service. (unit : sec)

		Ⅰ phase	Ⅱ phase	Ⅲ phase	Total time
Forward	M	1.82	0.11	0.37	2.30
(n=4)	SD	0.17	0.01	0.09	0.26
Backward	M	1.84	0.14	0.25	2.22
(n=4)	SD	0.21	0.02	0.02	0.23
	d	-0.01	-0.04	0.12	0.08
	t	-0.093	-2.070	2.435	0.474

(forward data; 김헌수,2001)

2. 라켓선단, 손목, 팔꿈치, 어깨, 엉덩이의 속도변화

임팩트시 각 신체부위에 대한 속도의 평균과 표준편차를 <table 2>에 나타내었다. 양쪽 모두 어깨, 팔꿈치, 손목, 라켓선단 순으로 빨라졌으며, 전위는 평균 1.30±0.39m/s, 3.74±0.30m/s, 6.26±0.66m/s, 16.30±2.86m/s이며, 후위는 1.44±0.18m/s, 3.89±0.72m/s, 7.75±1.30m/s, 19.53±0.86m/s로 후위가 조금 빨랐으나, 전위와 후위간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 라켓속도에 있어서 표준편차는 전위가 2.86m/s이며, 후위는 0.86m/s인 것은 후위의 라켓 속도는 개인차도 적고 재현성이 높은 것을 알 수 있다. 그러나 전위의 이러한 편차는 후위보다 서비스기술이 떨어지고, 서비스후 네트로 전진해야만 되는 포지션의 특성상 충분한 테이크백이 이루어지지 않았기 때문인 것으로 생각된다.

Table 2. Velocity of body segment at impact. (unit : m/s)

Position		Racket-top	Wrist	Ebow	Shoulder	Hip	Knee	Ankle
Forward	M	16.30	6.26	3.74	1.30	0.78	1.65	2.31
(n=4)	SD	2.86	0.66	0.30	0.39	0.38	0.64	1.25
Backward	M	19.53	7.75	3.89	1.44	0.87	1.60	2.62
(n=4)	SD	0.86	1.30	0.72	0.18	0.48	0.16	0.33
	d	-3.23	-1.49	-0.15	-0.14	-0.09	-0.04	-0.32
	t	-2.159	-2.049	-0.388	-0.657	-0.316	0.145	-0.489

(forward data;김헌수, 2001)

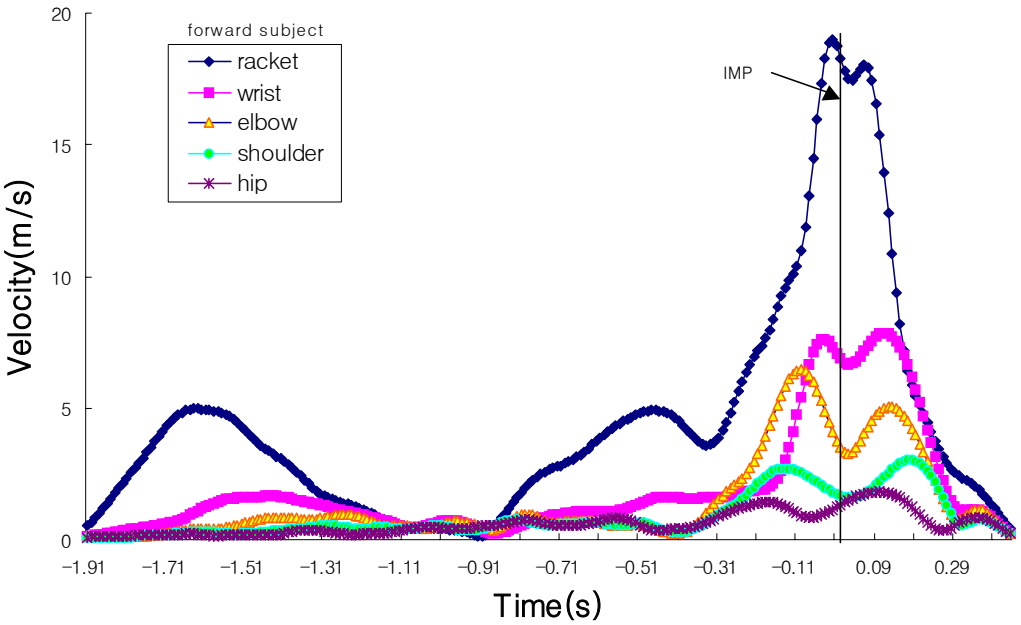

Figure 1. Resultant linear velocities of the hip, shoulder, elbow, wrist, and racket from the commencement of leg-drive. (김헌수, 2001)

테이크백 역할의 한가지는 타구 및 신체를 포워드스윙과는 반대방향으로 움직이고, 이어서 포워드스윙에서의 타격위치의 움직이는 거리를 길게 하는데 있다. 같은 오버핸드 패턴인 Elliott, Tony와 Brian(1986)의 테니스 서비스에 관한 연구에서는 앞발하중으로부터 테니스 서비스 동작은 개시된

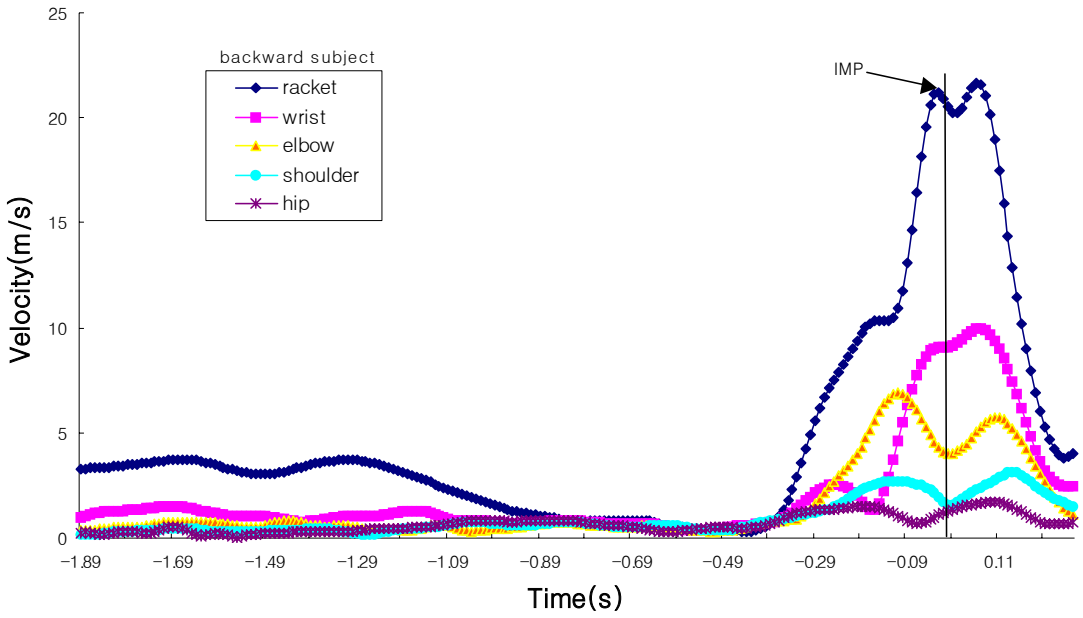

Figure 2. Resultant linear velocities of the hip, shoulder, elbow, wrist, and racket from the commencement of leg-drive.

다라고 하였는데, 이러한 움직임은 커다란 테이크백을 할 수 있기 위한 것이라 할 수 있다. 또한 포워드스윙에서 사용되는 근군을 신장시키면서 활동수준을 높이는데 있으며, 신장시킨 다음에 포워드스윙으로 빠르게 단축시키고, 강한 포워드스윙을 할 수 있다고 하였다(宮下, 1978; Cavagna와 Citterio, 1974). 이러한 결과를 보아서 숙련자 중에서도 최고속도에 근접할 수 있도록 하는 것이 트레이닝과정에서 요구되어 지며, 후위 보다 전위 서비스는 파워보다 정확성에 더 중점을 두는 것 같다.

선택된 측정점의 라켓선단, 손목, 팔꿈치, 어깨, 엉덩이의 속도변화를 계측한 각 피험자 전위와 후위의 속도변화를 각각 <figure 1, 2 >로 나타내었다. 여기서 라켓의 최대속도를 나타내는 시점은 임팩트시점 전으로 각각 0.03초, 0.01초였다. 엉덩이와 어깨는 거의 일정한 속도를 나타내다가 임팩트 전에 엉덩이 속도가 감소하고 어깨부위는 증가하였다가 감소하는데, 이 감소하는 시점에서 팔꿈치부위는 증가하고 이어서 손목부위가 증가하는 경향을 나타내었다. 그리고 근위의 부위로부터 원위로 순서대로 속도가 빨라지는 것을 볼 수 있다(김헌수, 2001). 다른 라켓 스포츠에서도 유사한 패턴의 결과를 볼 수 있는 것이지만, 일반적으로 속도가중(summation of velocity)이라고 하는 것과 일치한다(Elliott et al., 1986; Gheluwe & Hebbellinck, 1985; 太田, 小林, 土居, 1990; Yoshifuku, Ikegami, & Sakurai, 1987). 石井와 西畑(1986)은 신체를 몇 개의 분절로부터 이루어진 개방연쇄계

로 하여, 투사체에 가해지는 속도증대요인을 분석하였다. 그 결과 신체 각 부분의 원위단이 최고속도에 도달하는 시점은 각각 틀리며, 또한 투사시부터 보게되면 이들 순서는 근위부로부터 원위부로 이행되고 있다고 하였다. 또한, Cooper와 Glssow (1972)는 속도가중을 전형적으로 4가지로 분류하였는데. 본 연구의 결과는 이들 패턴과 유사한 경향을 보였다.

3. 임팩트시 라켓의 속도와 임팩트직후의 볼의 속도

<table 3>은 라켓선단과 임팩트직후의 볼 속도에 관한 결과로, 전위의 라켓속도는 13.6m/s로부터 19.2m/s의 범위로 평균 16.30±2.86m/s 이었으며, 후위는 18.4m/s에서 20.5m/s의 범위로 평균 19.53±0.86m/s이었으나, 포지션간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).

Table 3. Velocity of a racket and a ball at impact. (unit : m/s)

		Racket	Ball
Forward	M	16.30	44.55
(n=4)	SD	2.86	24.93
Backward	M	19.53	52.88
(n=4)	SD	0.86	2.65
	d	-3.23	-8.33
	t	-2.159	-0.664

(forward data; 김헌수, 2001)

임팩트 직후 볼의 속도에서 전·후위의 평균과 표준편차는 각각 44.45±24.93m/s와 52.88±2.65m/s로 전위에서 표준편차가 크게 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05). 전위에서의 이러한 편차는 전위 선수 중 한 명이 다른 선수들보다 테이크백을 작게 하여 서비스를 실시하여 충분한 힘을 볼에 전달하지 못했었기 때문이 것으로 생각된다. 전위 서비스는 네트에 신속하게 접근하기 위하여 파워보다도 정확성 위주로 서비스 기술을 발휘한다고 하였다(김헌수, 2001). 후위 또한 강한 서비스에 의한 득점보다도 볼 컨트롤에 의하여 첫 서비스를 성공시킴으로서 전위의 수비위치 확보 및 본인의 그 다음 경기 전개를 위해서 서비스를 실시하는 것 같다.

4. 각속도의 변화

임팩트시 각 분절의 각속도의 평균과 표준편차를 <table 4>에 나타내었다. 양쪽 모두 상완, 라켓, 전완 순으로 빨라졌으며, 전위는 평균 -4.59±3.91rad/s, 13.38±2.08rad/s, 14.68±2.47rad/s이며, 후위는 -1.82±3.85rad/s, 11.76±4.67rad/s, 12.79±5.13rad/s로 전위가 약간 빨랐으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).

Table 4. Angular velocity of the racket, forearm, and upper-arm of the service side from the commencement of leg-drive. (unit : rad/s)

		Racket	Forearm	Upper-arm
Forward	M	13.38	14.68	-4.59
(n=4)	SD	2.08	2.47	3.91
Backward	M	11.76	12.79	-1.82
(n=4)	SD	4.67	5.13	3.85
	d	1.63	1.88	-2.77
	t	0.637	0.660	-1.008

(forward data; 김헌수, 2001)

<figure 3>은 전위의 라켓과 각 분절의 전완과 상완의 각속도를 나타낸 것이다. 전완은 임팩트 0.05초 전의 시점에서, 라켓은 0.03초 전에 최대 각속도가 나타났으며, 상완, 전완, 그리고 라켓의 순으로 빠르게 각속도 곡선이 나타났다(김헌수, 2001).

한편, <figure 4>은 후위의 각속도를 나타낸 것으로 각속도 곡선의 경향은 전위와 같으며, 전완은 임팩트 0.04초 전, 라켓은 0.01초 전에 최고치를 보였다. 그러나 임팩트시 라켓보다 전완의 각속도가 더 빠르게 나타났다. 이러한 결과는 볼의 컨트롤을 위한 임팩트 전의 라켓 조절로 인한 것으로 생각할 수 있다.

Jack, Adrian과 Yoneda(1979)은 테니스 서비스에서 라켓과 볼이 임팩트 전 라켓의 각속도는 18.97rad/s이고, 팔로우스루 단계에서는 10.47rad/s로 감소하였다고 보고하였으며, Elliott와 Wood(1983)는 풋업과 풋백 테니스 서비스의 연구에서 라켓과 볼이 임팩트 되기 전 각속도가 각각 27.40rad/s, 26.68rad/s 나타났으며, 이는 임팩트시 각 관절이 적절하게 신전 되어 있어야만 된다고 보고하였다. 서비스에서는 라켓선단 속도의 50~70%는 손과 라켓이 이루는 각속도가 공헌한다고 하였다(友末, 武藤, 宮下, 및 水野, 1983). 즉, 손목은 고정시키는 것이 아니라 회전시키고 있는 것이라

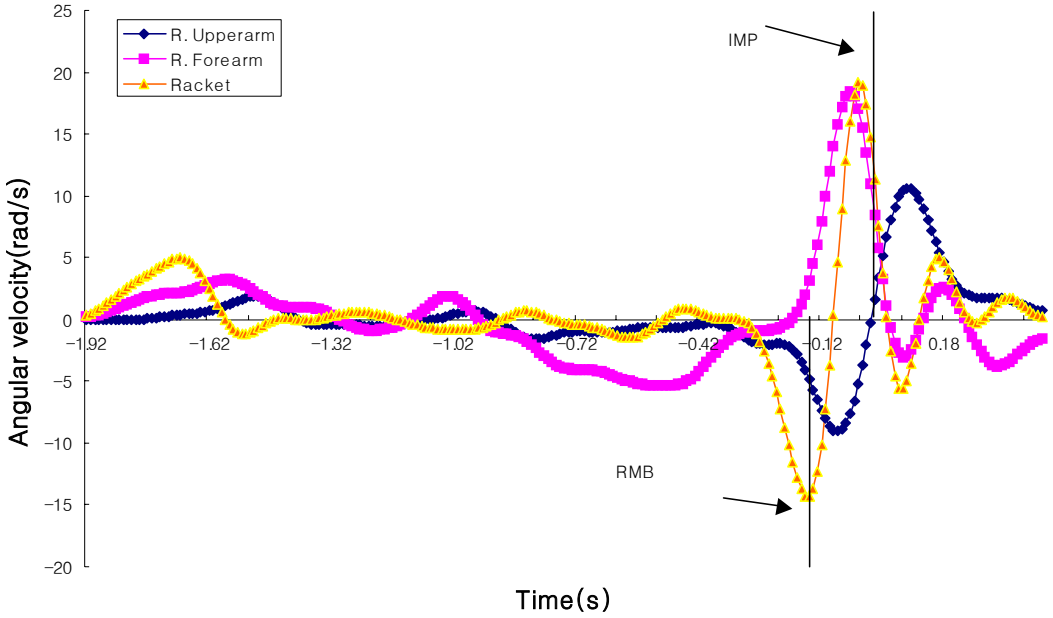

Figure 3. Angular velocity of the body segments on a movement of the service for a forward subject. (김헌수, 2001)

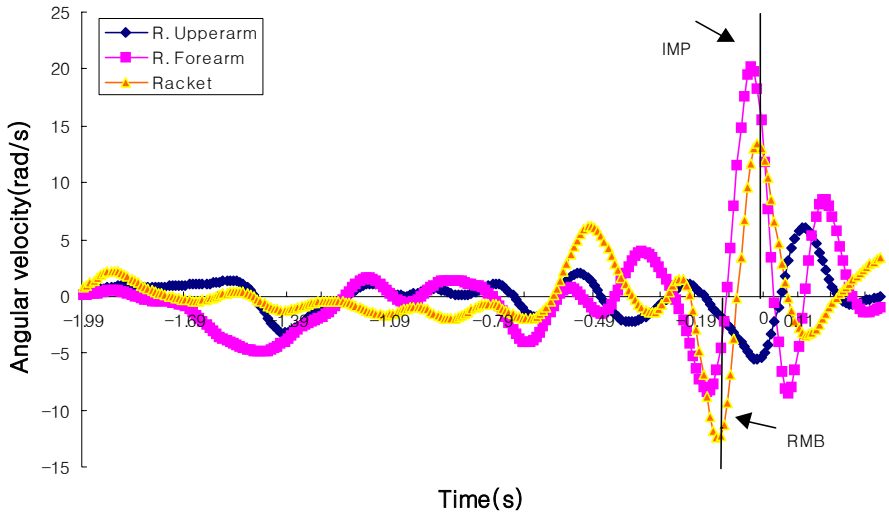

Figure 4. Angular velocity of the body segments on a movement of the service for a backward subject.

할 수 있겠다. 이것은 손목을 고정시키는 것 보다 라켓을 회전시켜서 더욱 타격위치의 속도를 크게 하는 쪽이 타구운동에서 있어서는 효과적이기 때문이다(김헌수. 2001). 본 연구에서는 임팩트전 라켓의 최대 각속도가 후위보다 전위에서 14.7rad/s로 더 크게 나타났으나, 같은 오버핸드 스윙패턴인 테니스 서비스시보다 늦었다. 이는 종목상의 특징으로 볼과 라켓 무게에 따른 차이로 생각되며, 정구서비스의 특성상 힘보다도 정확성에 의해 서비스를 실시하는 것으로 생각된다(김헌수, 2001).

Ⅳ. 결 론

본 연구의 목적은 포지션별 정구 서비스 동작의 3차원 영상분석에 의한 운동학적 변인들로부터 전·후위서비스에 대한 기초자료를 제시하는데 있다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 스윙시간에서 전위와 후위간에 통계적으로 유의한 차이는 없었지만, 라켓 스윙시간은 양쪽 모두 테이크백 구간이 가장 길게 나타났다. 그 다음이 팔로우스루 구간이었고, 힘 생성구간이라고 하는 포워드 스윙구간이 가장 짧게 나타났으며, 전위는 Ⅰ, Ⅱ구간, 후위는 Ⅲ구간에서 좀더 빠르게 나타났다.
2. 전위와 후위간에 통계적으로 유의한 차이는 없었지만, 각 분절별로 최대속도는 임팩트 전에 도달하였으며, 양쪽 모두 임팩트시 엉덩이, 어깨, 팔꿈치, 손목, 라켓선단의 순으로 속도가중 현상이 나타났으나, 후위보다 전위 쪽의 서비스 기술이 떨어지는 것 같다.
3. 전위와 후위간에 통계적으로 유의한 차이는 없었지만, 임팩트시 라켓 속도는 각각 평균 16.3m/s, 19.53m/s로 후위가 더 빠르게 나타났으며, 이때 볼 속도는 각각 평균 44.6m/s, 52.9m/s였다. 그리고 전·후위 모두 공격적인 서비스보다도 첫 연결 볼로서 이 기술을 발휘하는 것 같다.
4. 각속도에서 전위와 후위간에 통계적으로 유의한 차이는 없었지만, 전위가 약간 빠른 것으로 보아 후위보다 전위가 라켓 그립을 짧게 잡고서 서비스를 시도하는 경향이 있는 것 같다.

참 고 문 헌

김헌수, 김병완(2001). 정구서비스 동작시의 EMG분석, 한국운동역학회지, 11(2), 147-158.

김헌수(2001). 정구 전위선수 서비스의 운동학적분석, 한국운동역학회지, 11(2), 159-171.

石井喜八, 西畑賢治(1986). 投動作の3次元分析と成熟度の比較ー女子ハンドーボル選手のオーバーハンドスローー第8回日本バイオメカニクス學會大會論集. 192-195.

宮下充正編著(1978). スポーツとスキル. 大修館書店.

友末亭三, 武藤芳照, 宮下充正, 水野忠和(1983). スイングとテニス肘. Jan. J. Sports Sci.2(5). 370-375.

太田 憲, 小林一敏, 土居陽治郎(1990). 加速度座標系における加速度信号の處理-バドミントンのスマッシュ動作の力學的分析-.日本バイオメカニクス學會編,「バイオメカニクス研究1990」, 135-139.

Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M.(1971). Direct linear transformation from comparator coordinates in object-space coordinates in close range photogrammetry. Proceeding of the symposium of close-Range photogrammetry. Urbana, IL.

Cavagna, G. A., & Citterio, G.(1974). Effect of stretching on the elastic characteristics and contractile component of the frog striated muscle. J. Physiol. 239. 1-14.

Cooper, J.M., & Glassow, R.B.(1972). Kinesiology(3rd Ed.). St Louis : The C.V. Mosby Co.

Cooper, J.M., Bates, J.M., Bedi, J., & Scheuchenzuber, J.(1973). Kinematic and kinetic analysis of the golf swing. In, R.C.Nelson and C.A.Morehouse (Eds.), biomechanics IV, University Park Press, Baltimore. 289-305.

Elliott, B.C., & Wood, G.A.(1983). The Biomechanics of the Foot-up and Foot-back Tennis Service Techniques. The Australian Journal of Sports Sciences, 3(2). 3-6.

Elliott, B.C, Tony Marsh, & Brian Blanksby(1986). A three-Dimensional Cinematographic Analysis of the Tennis Serve. International Journal of Sport Biomechanics, 2(4). 260-271.

Gheluwe, B. V., & Hebbellinck, M.(1985). The kinematics of the service movement in tennise : a three-dimensional cinematographical approach. In, D.A. Winter, et al.(Eds), Biomechanics IX B, Human Kinetic Publishers, Illinois, 521-526.

Jack, M., Adrian, M., & Yoneda, Y(1979). Selected aspects of the overarm stroke in tennis, badminton, racquetball, and squash. In science in Racquet Sports(Edited by Terauds), J., 69-80.

Kwon(1933). KWON3D Motion Analysis Package Version 2.1. V. TEK. Corp.

Yoshifuku, Y., Ikegami, Y., & Sakurai, S.(1987). Energy flow from the trunk to the upper limb in tsuki motion of top-class players of the martial arts, Shorinji Kempo. In, B.Jonsson (Ed.), Biomechanics X-B, Human Kinetic Publishers, Illinois, 733-737.

ABSTRACT

Kinematic Analysis of Service Movement In Each Position of Soft Tennis

Kim, Hun-Soo
(Daejeon University)

The purpose of this study was to clarify the differences in service patterns of a forward and backward soft tennis players using 3D motion analyzer. Subjects were 4 forward players of 24.0 ±5.23yrs and 4 backward players of 23.5±1.73yrs. The results were as following:

1. There was no difference among each positions on swinging-time. The longest racket swinging-time was in the phase of takeback, the second one was in follow-through. The shortest one was in the phase of forward-swing so called force production phase, which had an influence on ball's velocity.
2. The racket speed on impact was 16.3m/s in forward subject and 19.53m/s in backward subject, when each velocity of balls was 44.6m/s, 52.9m/s. Although there was no significant difference along by positions, backward subject showed faster result.
3. The maximum speed of each performance was reached before the impact, and the speed at impact along by positions did not show any significant difference. The summation of velocity was measured in good order as following; hip, shoulder, elbow, wrist, top of racket.
4. In the angular velocity of all examine except one, the angular velocity of forearm was bigger than the one of racket top although there was no statistically significant difference between forward and backward subject.
5. The service grip of the forward players was shorter than that of backward players.