

학제간 융합연구를 위한 테니스 백핸드 스트로크 동작의 운동역학적 비교 분석

차정훈
한국체육대학교

Kinetic comparative analysis of tennis backhand stroke for interdisciplinary convergence research

Jung-Hoon Cha

Dept. of Community Sport, Korea National Sport University

요약 본 연구는 테니스 한손과 양손 백핸드 스트로크 동작에서 하지관절 움직임의 차이를 확인하여 유형별 특성을 밝히는데 그 목적이 있으며 그 결과는 다음과 같다. 볼의 속도를 결정하는 중요한 요인인 라켓헤드의 합성 속도는 양손 백핸드 스트로크 동작이 한손보다 빠른 속도를 나타냈다. 양손 백핸드 스트로크는 하체의 움직임을 최소화시키고 몸통 회전을 통한 스트로크를 하는 반면 한손 백핸드 스트로크는 몸통을 이용한 스트로크를 하기 보다는 공을 쫓아가듯이 스트로크 하는 것으로 나타났다. 슬관절의 신전모멘트는 한손 백핸드 스트로크가 큰 것으로 나타났지만, 내번모멘트와 회내모멘트 그리고 굴곡모멘트는 양손 스트로크에서 크게 나타났다. 고관절의 경우 신전, 내번, 회내 모멘트가 양손 백핸드 스트로크가 한손 보다 모두 큰 것으로 나타났는데 특히 내번모멘트의 경우 큰 차이를 나타낸 반면, 외번모멘트는 한손 백핸드 스트로크가 큰 것으로 나타났다.

주제어 : 테니스, 백핸드 스트로크, 융합, 슬관절, 고관절, 모멘트

Abstract This study which was conducted on male tennis player on one hand(OH) & two hand(TH) backhand stroke and how both motion differed on low extremity movement with each feature analyzed in detail, the result as follow. The motion of TH based on resultant velocity, appeared to be a higher than OH, which was important variable in determining the ball speed. Contrary to TH where the player minimized the motion in the lower body and finalized a stroke through the turn of the trunk as if sticking the ball closed to the body, OH was carried out such that the player appeared to chase the ball. Whereas in OH, the knee joint extension moment was not found to be larger than TH, the opposite result came out for abduction moment and internal rotation moment. In the case of hip joint, consisted of extension, abduction and internal rotation moment, the outcome emerged to be greater for TH with conspicuous difference in abduction moment. Flexion moment for TH overwhelmed in TH though both adduction and external rotation moment brought about similar outcome for both strokes.

Key Words : Tennis, Backhand stroke ,convergence, Knee Joint, Hip Joint, Moment

Received 11 May 2015, Revised 15 June 2015

Accepted 20 July 2015

Corresponding Author: Jung-Hoon Cha

(Korea National Sport University)

Email: jhcha8055@knsu.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

테니스 경기에서 그라운드 스트로크는 전체 경기의 약 80%를 차지할 정도로 중요한 기술이다[5]. 특점의 기술 요인 분석 결과를 보면 그라운드 스트로크는 55.5%, 실점 또한 그라운드 스트로크가 58.7%로 나타나 특점과 실점요인 중 가장 큰 비중을 차지하고 있어 경기의 승패에 직접적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다[2].

그라운드 스트로크 기술은 포핸드 스트로크와 백핸드 스트로크가 있으며 선수들에 따라 양손 백핸드 스트로크(two hand backhand stroke)와 한손 백핸드 스트로크(one hand backhand stroke)로 구분할 수 있다. 테니스 경기에서 특점을 올리기 위해 상대방의 백핸드 쪽으로 볼을 보내고 유리한 위치를 선점하는 상황이 자주 발생되며, 이에 대비하기 위해서는 백핸드 스트로크 능력이 있어야 경기에서 승리할 수 있다. 과거 양손을 사용하는 백핸드 스트로크는 약하다는 편견으로 근력이 약한 여자 선수들이나 어린 선수들이 사용하는 스트로크 기술로 사용되었지만[6], 최근에는 대부분의 남자 선수들이 양손 백핸드 스트로크를 사용하고 있다.

한손 백핸드 스트로크가 사라지고 있는 주된 원인으로 스트로크 기술이 발전함에 따라 백핸드 쪽으로 오는 강한 볼을 한손으로 받아낼 때 발생하는 '테니스 엘보(tennis elbow)'로 인한 부상 때문이며, 테니스 엘보는 선수들의 40-50%가 경험하고 있으며 주된 원인이 한손 백핸드 스트로크 시 임팩트 동작에서의 충격(17-24 Nm)으로 보고되고 있다[11]. 하지만 두 스트로크 간에 차이가 크지 않아 어떠한 스트로크가 더 우세하다고 설명하기는 어렵다는 결론을 내렸다[7]. 테니스 백핸드 스트로크에 대한 국내 연구는 다양하게 진행되고 있지만[1,3,4], 한손과 양손 백핸드 스트로크에 대한 연구는 제한되어 있으며[7,8], 주로 상체와 운동학적 변인으로 제한되어 하지와 관련된 운동역학적 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 엘리트 남자 테니스 선수를 대상으로 한손과 양손 백핸드 스트로크 동작에서 하지관절의 움직임에서 어떠한 차이가 나타나는지를 알아보고 유형별 특성을 밝히는데 그 목적이 있다.

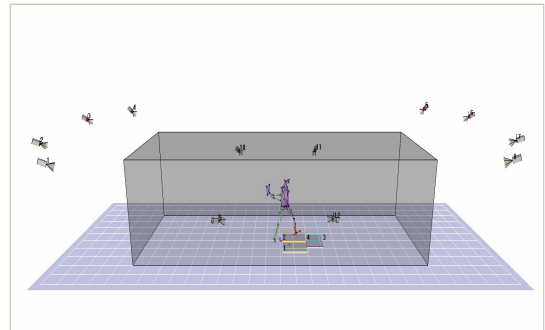
2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구의 대상자는 한손과 양손 백핸드 스트로크 동작이 자유로운 국가대표 출신 선수경력 10년의 엘리트 남자 테니스 선수 1명을 선정하였으며, 대상자의 신장은 182 cm, 체중은 70 kg 그리고 연령은 24세였다.

2.2 실험도구

본 연구의 실험장비는 테니스 백핸드 스트로크 동작을 촬영하기 위해 적외선카메라 Eagle(Motion Analysis, USA)카메라 12대를 [Fig. 1]과 같이 동작을 모두 포함할 수 있도록 설치하였으며, 촬영속도는 120 Frames/sec, 셔터스피드는 1/1,000 sec로 설정하였다. 또한 하지관절의 모멘트를 측정하기 위해 60 × 90 cm 크기의 9287 BA지면반력측정기(Kistler, SWISS) 2대가 사용되었으며 Sampling frequency는 1,200 Hz로 설정하였다 영상자료와 지면반력의 자료는 Cortex 3.1(Motion Analysis, USA)을 사용하여 동조하였다.

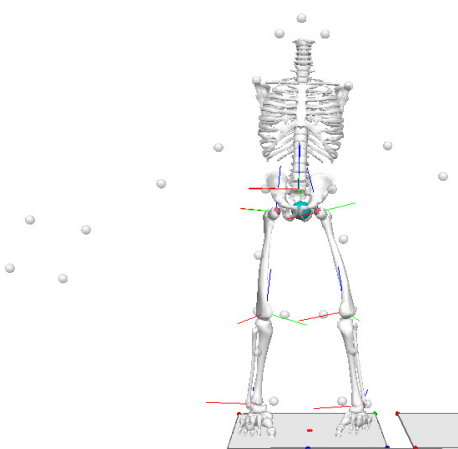


[Fig. 1] Experimental setup

2.3 실험절차 및 자료처리

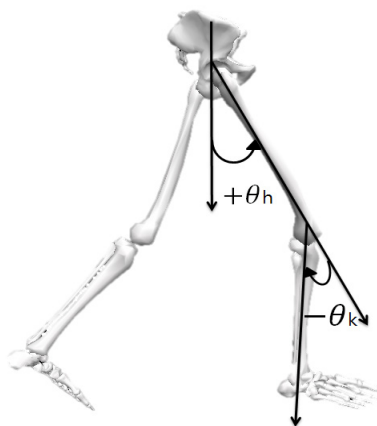
실험 전 테니스 백핸드 스트로크 동작이 모두 포함될 수 있도록 카메라를 설치하였으며, NLT(non linear transformation)방법을 이용하여 3차원 공간좌표 캘리브레이션을 하였다. 좌표축의 정의는 동작이 발생되기 전 어드레스 자세를 기준으로 좌우방향을 X축, 전후방향을 Y축 그리고 상하방향을 Z축으로 정의하였다. 실험 전 대상자에게 실험에 대한 목적, 주의사항 등에 대한 설명을

통해 실제 상황과 유사하게 동작이 수행될 수 있도록 유도하였다. 연구대상자는 몸에 달라붙는 타이즈를 착용하고 동작을 수행하였으며 부상방지와 자연스러운 동작을 위하여 충분한 준비운동을 실시하였다. 연구 목적을 수행하기 위하여 인체를 16개의 분절로 이루어진 강체로 정의하였으며, [Fig. 2]와 같이 직경 1.2 cm의 반사마커 31개를 각 관절에 부착하여 위치좌표를 획득하였다. 대상자는 반대편 코트의 중앙을 목표지점으로 설정하고 양손과 한손 백핸드 스트로크를 각각 20회 실시하였으며, 그중 목표하는 코스에 정확히 스트로크 된 각 10회의 동작을 선정하여 분석에 활용하였다. 자료처리 시 발생하는 오차를 감소시키기 위해 Butterworth 4차 저역필터를 사용하였으며, 이때 차단주파수는 12 Hz로 설정하였다. 인체분절 모델링은 Visual 3D을 이용하였고, 인체분절지수(BSP)는 Zatsiorsky(1990)의 회귀식을 이용하여 분절의 길이, 질량 그리고 관성모멘트를 계산하였으며, 하지 분절의 모멘트는 Winter(1979, 1980, 1983)의 방법으로 산출하였다.



[Fig. 2] Placement of the reflective markers

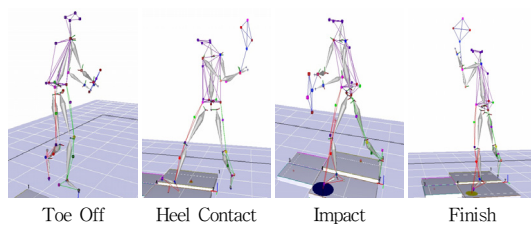
고관절각(θ_h)은 대퇴분절에서 골반(pelvis)의 오른쪽 전상장골극(R. ASIS)에서 왼쪽의 전상장골극(L. ASIS)으로 향하는 벡터의 수직선으로 이루는 각이고 슬관절각(θ_k)은 하퇴분절에서 대퇴분절로 향하는 각이다. 해부학적 자세의 θ_k 와 θ_h 는 거의 0에 근접한 각으로 정의하였다 [Fig. 3].



[Fig. 3] Define of angle

2.4 분석구간

백핸드 스트로크 동작의 분석은 [Fig. 4]와 같이 오른발이 지면에서 떨어지는 시점(toe off), 다시 오른발이 지면에 접촉하는 시점(heel contact), 임팩트 시점(Impact) 그리고 동작이 완료되는 시점(finish)으로 4개의 시점을 설정하여 분석하였다.



[Fig. 4] Define of event

3. 결과 및 논의

3.1 라켓헤드의 합성속도

테니스 원핸드, 투핸드 백스트로크 동작 수행에서 임팩트 시 라켓헤드의 합성속도는 <Table 1>과 같다.

한손 백핸드 스트로크의 경우 20.25~23.93 m/s의 속도를 나타냈으며 평균 21.46±1.11 m/s로 나타났고, 양손 백핸드 스트로크의 경우 20.74~26.46 m/s의 속도를 나타냈으며 평균 23.83±1.49 m/s의 속도를 나타내어 가장 느린 속도는 큰 차이가 나타나지 않았지만 전체 평균에서 양

손 백핸드 스트로크 동작이 더 빠른 라켓헤드 속도를 나타냈다.

<Table 1> Resultant velocity of racket head

(unit : m/s)

	One hand	Two hand
T1	20.67	23.86
T2	20.72	24.83
T3	20.25	23.78
T4	21.10	24.22
T5	23.93	26.46
T6	22.32	21.87
T7	22.83	24.44
T8	21.12	23.62
T9	21.08	20.74
T10	20.62	24.49
Mean	21.46	23.83
SD	1.11	1.49

라켓헤드의 합성 속도는 볼의 속도를 결정하는 중요한 요인으로 양손 백핸드 스트로크 동작이 한손보다 빠른 속도를 나타냈으며, 남자선수들의 평균 진후속도 27.73 m/s보다 느린 것으로 나타났다[3]. 이러한 이유는 실제 코트가 아닌 지면반력기가 설치된 실험 상황에서의 차이로 판단된다. 양손이 더 빠르게 나타난 이유를 양손 백핸드 스트로크 동작은 8개의 자유도를 가진 반면 한손 백핸드 스트로크 동작은 7개의 자유도를 가진다고 보고하고 있어 라켓 헤드의 속도를 증가시키는데 양손 백핸드 스트로크 동작이 더 유리하다고 설명하고 있다[12]. 자유도가 많다는 것은 근위분절에서 원위분절로의 속도 전이에 유리한 것을 나타내기 때문에 더 빠른 속도를 나타낼 수 있었던 것으로 판단된다.

3.2 최대각속도 요인

테니스 백핸드 스트로크 동작 시 슬관절과 몸통의 최대각속도는 <Table 2>, [Fig. 5]와 같다.

슬관절의 최대 신전각속도(+)는 한손 백핸드 스트로크는 평균 112.25±23.19°/s, 양손은 평균 198.0±43.94°/s로 나타났고, 최대 내번각속도는 한손이 평균 86.35±29.64°/s, 양손은 평균 85.08±31.56°/s로 나타났다. 최대 회외각속도의 경우 한손이 평균 358.60±85.65°/s로 양손의 평균 320.87±35.69°/s 보다 빠른 각속도를 나타냈다.

몸통의 최대 각속도의 경우 슬관절 각속도와 차이를 나타냈는데 특히 한손의 경우 평균 8.86±7.12°/s로 몸의

신전이 가장 빠른 속도를 나타낸 반면 양손은 평균 -9.06±9.25°/s로 굴곡각속도가 최대속도로 나타났다. 또한, 슬관절 최대각속도의 경우 내번각속도가 나타났지만, 몸통은 외번이 최대각속도를 나타냈다. 양손의 경우 -30.48±6.96°/s로 한손의 -44.66±5.78°/s 보다 느린 각속도를 나타냈으며, 한손은 평균 -212.81±37.13°/s, 양손은 -301.99±30.48°/s로 나타나 빠르게 회내되는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 보면, 한손 백핸드 스트로크는 볼을 몸에 붙여놓고 스트로크 하기 보다는 공을 쫓아가듯이 스트로크 하는 것으로 판단되며 하체를 견고하게 고정시키지 못하는 것으로 판단된다. 이러한 이유로 한손으로 상대편 중앙으로 볼을 보내기 위해서는 큰 회전 반경이 요구되며 이러한 이유로 몸통이 빠르게 신전되는 것으로 판단된다. 선행연구에서 두 가지 스트로크 모두 큰 차이는 없지만 양손의 경우가 고관절 회전이 선행되어 진다고 보고하여[10] 본 연구의 결과와 유사하게 나타났다. 또한 한 손의 경우 볼을 임팩트 할 때 치는 방향으로 유의하게 더 멀다고 보고하여 몸에서 멀리 떨어뜨려 스트로크 한다고 보고하였다[9]. 이러한 이유로 한손 백핸드 스트로크의 경우 팔꿈치에 부상 위험에 노출이 되는 것으로 판단된다.

3.3 하지관절 모멘트

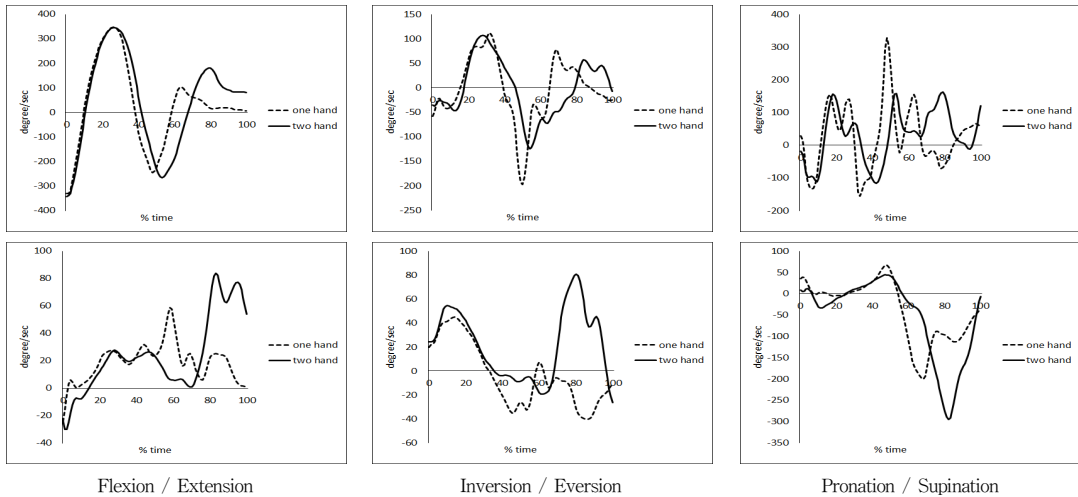
테니스 백핸드 스트로크 동작 시 슬관절과 고관절의 최대모멘트는 신전, 내번 그리고 회내 모멘트를 나타내며 <Table 3>, 최소모멘트는 굴곡, 외번 그리고 회외 모멘트를 나타내며 <Table 4>과 같다. 전체 구간에 대한 변화패턴은 [Fig. 6]과 같다.

슬관절의 신전모멘트는 한손이 8.06±3.34 Nm, 양손이 4.31±1.48 Nm로 나타나 한손 백핸드 스트로크가 큰 것으로 나타났지만, 내번모멘트와 회내모멘트는 양손이 13.24±1.74Nm, 3.81±0.59 Nm로 한손의 10.74±3.36 Nm, 3.05±0.86 Nm로 크게 나타났다. 고관절의 경우 신전, 내번, 회내 모멘트가 양손 백핸드 스트로크가 한손 보다 모두 큰 것으로 나타났는데 특히 내번모멘트의 경우 20.78±5.94 Nm, 9.74±1.95 Nm로 큰 차이를 나타냈다. 슬관절의 굴곡모멘트는 양손이 -16.99±4.49 Nm, 외번모멘트는 -6.75±2.09 Nm 그리고 회외모멘트가 -1.64±0.44Nm로 나타났으며, 한손은 각각 -12.76±4.67

<Table 2> Maximum angular velocity

(unit : deg/sec)

		One hand			Two hand		
		Flexion Extension	Inversion Eversion	Pronation Supination	Flexion Extension	Inversion Eversion	Pronation Supination
Knee joint	T1	99.5	92.0	458.8	220.9	57.8	285.3
	T2	138.9	97.1	409.0	210.6	68.8	328.3
	T3	103.7	44.7	276.9	225.1	57.2	339.6
	T4	115.1	98.1	349.3	108.8	116.9	363.5
	T5	147.0	123.1	449.2	216.3	122.6	343.5
	T6	112.3	125.9	444.5	126.2	49.6	255.3
	T7	120.4	107.4	413.2	244.4	116.0	317.4
	T8	58.7	84.5	229.9	210.8	80.0	379.1
	T9	125.4	49.6	223.9	179.6	49.5	294.7
	T10	101.4	41.1	331.3	240.2	132.5	302.3
	Mean	112.25	86.35	358.60	198.30	85.08	320.87
SD	23.19	29.64	85.65	43.94	31.56	35.69	
Trunk	T1	6.1	-38.0	-143.9	0.7	-39.3	-319.4
	T2	16.5	-37.7	-217.8	-10.3	-30.8	-347.1
	T3	3.0	-47.2	-177.5	6.8	-39.4	-283.9
	T4	10.6	-45.3	-204.5	-5.4	-29.9	-326.9
	T5	4.2	-39.0	-258.7	-11.7	-16.9	-306.9
	T6	15.2	-40.1	-229.2	-25.6	-28.9	-266.4
	T7	3.4	-50.9	-237.7	-6.9	-30.9	-319.0
	T8	22.2	-42.5	-274.4	-5.4	-20.1	-267.8
	T9	-2.7	-51.8	-197.5	-23.0	-34.3	-252.3
	T10	10.1	-54.1	-186.8	-9.8	-34.4	-330.1
	Mean	8.86	-44.66	-212.81	-9.06	-30.48	-301.99
SD	7.12	5.78	37.13	9.25	6.96	30.48	



* Top : Knee joint, Bottom : Trunk

[Fig. 5] Knee joint and Trunk angular velocity

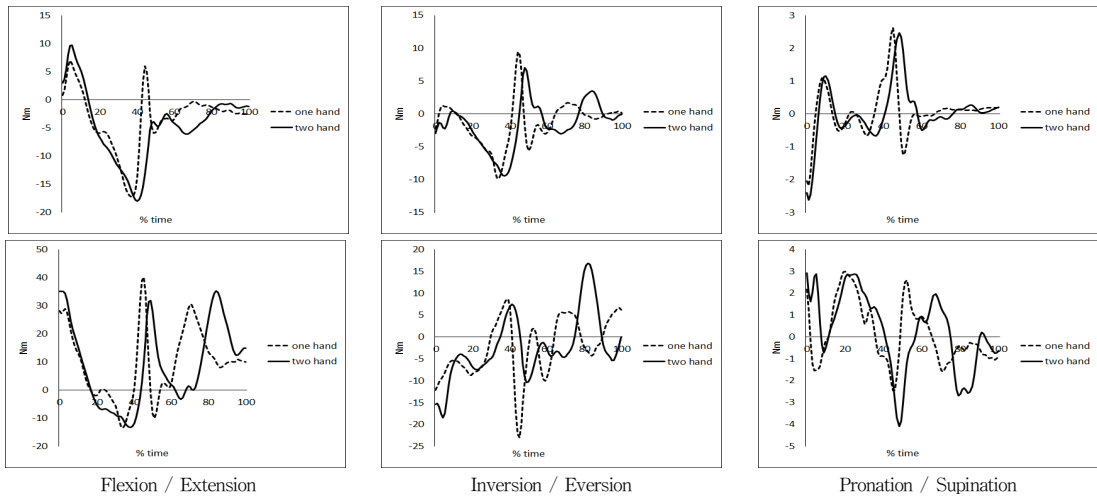
Nm, -7.24 ± 1.70 Nm - 1.67 ± 0.37 Nm로 나타나 굴곡모멘트는 양손 백핸드 스트로크 동작인 큰 것으로 나타났고 외변, 회외 모멘트는 유사한 것으로 나타났다. 고관절의 경우 한손의 경우 외변모멘트가 -25.72 ± 5.13 Nm로 양

손의 -19.47 ± 2.02 Nm보다 큰 것으로 나타났으며, 굴곡과 회외모멘트는 유사한 것으로 나타났다. 변화패턴을 살펴보면 전체적으로 유사한 것으로 나타났지만 고관절의 외변, 내변모멘트에서는 차이를 나타냈다. 한손의 경

<Table 3> Maximum joint moment in impact phase

(unit : Nm)

		One hand			Two hand		
		Extension	Inversion	Pronation	Extension	Inversion	Pronation
Knee joint	T1	4.74	17.05	4.11	4.36	10.69	2.63
	T2	8.84	9.77	2.50	4.00	13.33	3.92
	T3	3.12	7.59	2.07	5.17	10.82	3.32
	T4	8.28	10.03	2.87	5.25	14.10	4.76
	T5	13.72	10.10	3.49	4.66	13.91	4.31
	T6	8.01	12.14	4.02	0.84	16.18	4.04
	T7	6.72	14.07	3.92	4.27	13.70	3.83
	T8	10.67	8.37	2.21	6.01	14.94	4.24
	T9	4.82	5.53	1.85	3.06	12.85	3.59
	T10	11.67	12.77	3.51	5.48	11.92	3.49
	Mean	8.06	10.74	3.05	4.31	13.24	3.81
SD	3.34	3.36	0.86	1.48	1.74	0.59	
Hip joint	T1	55.33	8.16	4.67	43.04	26.19	3.18
	T2	45.06	8.37	2.59	47.93	18.19	3.39
	T3	39.76	10.61	2.96	42.63	23.16	3.13
	T4	42.77	8.92	3.65	48.14	12.78	3.77
	T5	40.45	9.47	3.78	49.36	29.34	3.75
	T6	50.00	12.72	3.09	52.84	9.95	2.90
	T7	49.29	12.69	3.16	50.03	21.64	2.38
	T8	40.71	11.07	2.20	55.59	21.00	2.69
	T9	31.48	7.21	2.17	50.17	20.29	2.56
	T10	46.67	8.14	2.44	42.93	25.26	4.77
	Mean	44.15	9.74	3.07	48.27	20.78	3.25
SD	6.67	1.95	0.79	4.35	5.94	0.71	



* Top : Knee joint, Bottom : Hip joint

[Fig. 6] Knee and Hip joint moment

우 외변모멘트가 크게 작용하는 것으로 나타난 반면 양 손은 내변모멘트가 크게 작용하는 것으로 나타났다. 이러한 차이가 나타나는 이유로 양손 백핸드 스트로크의 경우 볼을 최대한 기다렸다가 허리의 턴 동작이 임팩트

직전 빠르게 나타나 발생한 것으로 판단되며 선행연구에서도 고관절의 내변모멘트는 임팩트 이후 감소된다고 보고하고 있어[8] 양손 백핸드 스트로크 동작이 좀 더 안정적인 스윙 동작을 수행하고 있는 것으로 판단된다. 두 유

(Table 4) Minimum joint moment in impact phase

(unit : Nm)

		One hand			Two hand		
		Flexion	Eversion	Supination	Flexion	Eversion	Supination
Knee joint	T1	-17.85	-9.30	-2.08	-12.41	-3.84	-1.15
	T2	-14.07	-7.05	-1.63	-19.11	-6.67	-1.80
	T3	-8.95	-5.17	-1.26	-16.70	-5.46	-1.74
	T4	-11.21	-7.78	-1.59	-8.21	-6.89	-2.31
	T5	-11.37	-8.77	-1.86	-22.15	-12.03	-2.21
	T6	-20.73	-7.76	-1.99	-16.64	-6.73	-1.74
	T7	-17.63	-8.20	-1.98	-23.50	-6.03	-1.08
	T8	-8.68	-7.06	-1.48	-14.78	-7.23	-1.84
	T9	-6.26	-3.57	-0.94	-17.18	-6.15	-1.13
	T10	-10.83	-7.73	-1.94	-19.26	-6.49	-1.37
	Mean	-12.76	-7.24	-1.67	-16.99	-6.75	-1.64
SD	4.67	1.70	0.37	4.49	2.09	0.44	
Hip joint	T1	-24.56	-19.67	-5.86	-5.28	-21.57	-4.06
	T2	-5.65	-25.49	-3.72	-13.03	-18.61	-6.46
	T3	-9.64	-20.17	-3.44	-9.19	-21.63	-3.91
	T4	-17.47	-28.41	-3.49	-19.85	-21.51	-6.31
	T5	-18.18	-35.62	-3.59	-20.95	-19.63	-4.31
	T6	-20.43	-28.96	-3.94	-13.65	-16.23	-8.45
	T7	-14.25	-20.29	-4.59	-16.77	-17.76	-7.44
	T8	-4.65	-28.95	-3.59	-13.41	-21.48	-6.34
	T9	-8.96	-22.39	-2.19	-9.26	-17.22	-7.46
	T10	-6.04	-27.29	-4.73	-16.44	-19.06	-4.35
	Mean	-12.98	-25.72	-3.91	-13.78	-19.47	-5.91
SD	6.97	5.13	0.97	4.93	2.02	1.64	

형의 동작 차이가 없다고 보고하고 있지만[6] 움직임 차이는 크지 않지만 내부적으로 작용하는 힘에는 차이가 있는 것으로 판단되며, 추후 스포츠의학 및 운동생리학 등 융합연구를 통해 양손 백핸드 스트로크 동작의 매커니즘 규명 및 부상예방, 속도 증가 등 경기력에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

마지막으로 본 연구는 양손과 한손 백핸드 스트로크가 자유롭고 국가대표 이력이 있는 선수를 대상으로 시행하였으나, 한명의 자료만을 수집하였으므로 이를 엘리트 테니스 선수들에게 일반화시키기에는 어려움이 있을 것이다. 본 연구를 바탕으로 다양한 연령과 집단에게 시행된다면, 또한 학제간 다양한 융합연구를 통해 다각적 연구를 수행한다면 국내 엘리트 선수들의 테니스 경기력에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

4. 결론

본 연구는 엘리트 남자 테니스 선수를 대상으로 한손과 양손 백핸드 스트로크 동작에서 하지관절의 움직임에

서 어떠한 차이가 나타나는지를 알아보고 유형별 특성을 밝히는데 그 목적이 있었으며 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

라켓헤드의 합성 속도는 볼의 속도를 결정하는 중요한 요인으로 양손 백핸드 스트로크 동작이 한손보다 빠른 속도를 나타냈다. 양손 백핸드 스트로크는 하체의 움직임을 최소화시키고 몸통의 회전을 통한 스트로크를 하는 반면 한손 백핸드 스트로크는 볼을 몸에 붙여놓고 몸통을 이용한 스트로크를 하기 보다는 공을 쫓아가듯이 스트로크 하는 것으로 나타났다. 슬관절의 신전모멘트는 한손 백핸드 스트로크가 큰 것으로 나타났지만, 내번모멘트와 회내모멘트는 양손이 크게 나타났다. 고관절의 경우 신전, 내번, 회내 모멘트가 양손 백핸드 스트로크가 한손 보다 모두 큰 것으로 나타났는데 특히 내번모멘트의 경우 큰 차이를 나타냈다. 슬관절의 굴곡모멘트는 양손 백핸드 스트로크 동작인 큰 것으로 나타났고 외번, 회외 모멘트는 유사한 것으로 나타났다. 고관절의 경우 한손 백핸드 스트로크의 외번모멘트가 큰 것으로 나타났으며, 굴곡과 회외모멘트는 유사한 것으로 나타났다.

REFERENCES

[1] S. H. Kang. Change in rotational motion of the shoulder and hip according to the method used for a 2-hand stroke in tennis. *Korea Journal of Sport Biomechanics*, Vol 21, No. 1, pp. 39-46, 2011.

[2] Y. K. Kwon. Analysis of tennis game in korean woman player: the subject of investigation - professional athletes. master's thesis, Kyonggi University Graduate School. 2007.

[3] D. R. Na, Y. T. Kang, T. J. Park, K. E. Seo, Y. J. Kim & K. S. Lee. Racket head and COM of velocity of kinematic analysis of two-handed backhand stroke between male and female tennis player. *Korea Journal of Sport Biomechanics*, Vol 21, No. 41, pp. 421-427. 2011.

[4] J. H. Seo & H. S. Kim. Kinematic analysis of backhand two-handed top-spin drive stroke. *The Korean Society for the Study of Physical Education*, Vol 7, No. 4, pp. 255-263. 2003.

[5] G. B. Lee, Y. S. Lee & G. C. Lee. The notational analysis of domestic man's single tennis game. *The Korean Journal of Physical Education*, Vol 43, No. 3, pp. 903-911. 2004.

[6] J. M. Lee. Kinematic analysis of One-Handed Backhand Drive and Two-Handed Backhand Drive in female tennis player. master's thesis, Myongji University Graduate School. 1992.

[7] J. Y. Choi & J. M. Shin. 3-D Kinematic comparison of one hand backhand stroke and two hand backhand stroke in tennis. *Korea Journal of Sport Biomechanics*, Vol 15, No. 4, pp. 85-95. 2005.

[8] Akutagawa, S. & Kojima, T. Trunk rotation torques through the hip joints during the one- and two-handed backhand tennis strokes. *Journal of Sports Sciences*, 23(8), 781 - 793, 2005.

[9] Groppe, J. L. *High tech tennis*(2nd ed). Champaign, IL: Leisure Press, 1992.

[10] Reid, M. & Elliott, B. The one- and two-handed backhands in tennis. *Sports Biomechanics*, 1, 47 - 68, 2002.

[11] Roetert, E. P., Brody, H., Dillman, C. J., Groppe, J. L. & Schultheis, J. M. The biomechanics of tennis elbow. *Clinics in Sports Medicine*, 14(1), 47-75, 1995.

[12] Stępień, A., Bober, T. & Zawadzki, J. The Kinematics of Trunk and Upper Extremities in One-Handed and Two-Handed Backhand Stroke. *Journal of Human Kinetics*, 30, 37-47, 2011.

[13] Winter, D. A. A new definition of mechanical work done in human movement. *American physiological Society*, 46(1), 79-83, 1979.

[14] Winter, D. A. Overall principal of lowe limb support during stance phase of gait. *Journal of Biomechanics*, 13, 923-927, 1980.

[15] Winter, D. A. Moments of force and mechanical power in jogging. *Journal of Biomechanics*. 16(1), 91-97, 1983.

차 정 훈(Cha, Jung Hoon)



- 1997년 8월 : 한국체육대학교 일반 대학원 (석사)
- 2004년 8월 : 한국체육대학교 일반 대학원 (박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 한국체육대학교 사회체육학과 교수
- 관심분야: 측정평가, 코칭론, 연구법
- E-Mail : jhcha8055@knsu.ac.kr