



숙련자와 미숙련자의 배드민턴 스매시 동작의 운동학적 비교 분석

류재청* · 김익상**(제주대학교)

ABSTRACT

Kinematic Analysis of Badminton Smashing Between the Skilled and the Unskilled

Ryew, Che-Cheong* · Kim, Ik-Sang**(Cheju National University)

Ryew, C-C and Kim, I-S. Kinematic Analysis of Badminton Smashing Between the Skilled and the Unskilled. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 13, No. 2, pp. 139-160. The purpose of this study was to suggest the guideline for scientific and quantitative skill acquisition methods of badminton smashing so that the novice could learn the motions of badminton smashing efficiently. The subject participated consisted of total 6 middle school students of the skilled(3) and the unskilled(3). The cinematographical experimental & Analysis equipments used in the study were composed of two Model D-5100 Video Cameras, a control point, a synchronization timer and Kwon3d motion analysis system.

The conclusions obtained were as follows:

1. It was necessary for the unskilled to learn the smashing impact phase in situation of max. velocity of COG in order to minimize the timing loss phase.
2. Particularly, The power from segments of Power Zone must participate in utilization in sequence of order of trunk-upper arm- forearm-hand-racket segment in both the skilled and the unskilled.
3. Therefore It was necessary for the unskilled to do smashing practice for cumulated sum of absolute & relative velocity transfer into shuttle cock after adjusting anterior-posterior tilting angle and max timing, in sequence of segment recruited.

KEY WORDS : Power zone, Timing loss phase, proximal endpoint

2003년 6월 20일(금) 접수

* Corresponding author, 690-756, 제주도 제주시 아라1동 산 1 제주대학교 체육학과
연락처 : ryew@cheju.ac.kr, Tel : 011-9660-3580

** 690-756, 제주도 제주시 제주대학로 66 제주대학교 교육대학원

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

배드민턴 경기장은 다소 좁은 한정된 장소로 셔틀콕이 지면에 닿기 전에 쳐야 유효하기 때문에 선수들의 효율적이고 민첩한 동작이 요구되고, 결과적으로 경기의 흐름이 매우 빠르게 진행된다. 따라서 한번 동작에 소요되는 에너지는 적지만 신체 움직임의 방향을 순간적으로 장시간동안 변화시켜야 하기 때문에 높은 순발력과 지구력이 요구되는 운동이다.

이러한 체력의 특성을 지닌 배드민턴은 서비스(Service), 클리어(Clear), 드롭(Drop)을 기초로 하여 하이클리어(High Clear), 스매시(Smash), 드롭샷(Dropshot)등의 다양한 스트로크로 구성된다. 배드민턴 경기의 공격기술 중 가장 빈번히 사용하는 기술은 드롭샷(Dropshot), 스매시(Smash), 클리어(Clear)의 순이며 성공률을 보면 푸쉬(Push), 드라이브(Drive), 스매시(Smash) 등으로 나타났다. 이 공격형 기술로 스매시동작이 공격기술로서 가장 결정적인 영향을 미친다.

스매시(Smash)를 할 때 셔틀콕의 속도는 테니스 경기의 가장 빠른 속도보다 훨씬 더 빠른 속도인 300km/h가 되기도 하지만(Adrian 과 Cooper, 1995), 상황에 따라서 0(zero)에 가까운 속도도 낼 수 있기 때문에, 손과 눈의 협응력이 요구되고 빠른 반응시간이 필요하다.

지금까지 배드민턴 기술에 대한 분석과 경기력 향상을 도모하려는 운동역학적 분석과정에서 오버헤드 포핸드 파워를 유발시키는 손목 스냅과 백핸드 파워를 유발시키는 동작의 중요성을 지적하였다. 이 개념은 제 1차 세계선수권 대회와 관련한 세계 지도자 회의에서 제시한 이래로 운동역학적 관점에서 각종 기술의 분석을 위한 많은 연구보고가 있었다.(Jack, Adrian과 Yoneda, 1995; Elliott, Marshall와 Noffal, 1995; Lees와 Hurley, 1995; Elliott, Marshall와 Noffal, 1996; 이상경, 1992; 이상연·천영진, 1997; 한상민, 1998; 천영진, 1998; 최성진, 1999).

이들의 연구는 스트로크의 국면별 분석결과 소요시간 분석 및 전완에서 라켓을 릴리즈하는 셔틀콕의 스피드에 대한 정량적 분석(Gowitzke와 Wadll, 1978)의 결과였다.

최성진(1999)의 경우 국내 엘리트 선수군을 대상으로 스매시 동작을 숙련군 및 미 숙련군 간의 운동학적 비교분석을 하였고, 이상연과 천영진(1997)의 경우 세계선수권 대회의 경기상황을 비디오로 촬영하여 경기내용에 대한 운동학적 변인의 분석을 통하여 스트로크의 유효성을 파악하였다.

위의 선행연구 결과로 볼 때 지금까지 엘리트 선수군을 대상으로 한 운동학적 연구기법을 동원하여 경기기술에 대한 정량적 및 정성적인 연구가 많이 이루어져 왔음을 알 수 있다.

이들의 연구 결과 대부분은 엘리트층의 기술향상을 위한 응용기술위주로 연구가 대부분 이루어져왔기 때문에 처음으로 배드민턴을 접하는 초보자들에게 응용기술을 적용하는 것은 적절하지 않다. 특히 스매시 동작과 관련하여 미숙련자와 숙련자간의 스매시 동작과정에서 임팩트 전후로 발생하는

운동학적 변인을 비교분석하여 나온 결과를 토대로 처음 접하는 초보자를 위한 정량적 지도방법이 필요하다.

따라서 본 연구는 중학교 학생의 숙련군과 미 숙련군을 대상으로 하여 스매시 동작의 임팩트 전 후국면에 대해 운동학적 비교 분석을 토대로 초보자에게 지도 및 활용할 수 있는 정량적 자료를 제시하는 데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 <표 1>과 같이 제주도 소재 중학교 재학중인 배드민턴 선수군의 숙련군 3명과 체육수업에서 배드민턴의 수업을 받았던 미 숙련군 3명을 대상으로 하였다.

표 1. 피험자 특성

구분	이름	신장(cm)	체중(kg)	나이(yr)	선수경력 (yr.)	비 고
숙련군 (선수)	KDY	155	38	14	5	
	JMJ	156	48	15	4	
	KWC	154	49	15	5	
평균±표준편차		155±1.00	45.00±6.08	14.66±.57	4.66±.57	
미 숙련군 (비선수)	HSJ	168	60	16	0	
	HSH	169	58	16	0	
	KDK	170	55	16	0	
평균±표준편차		169.00±1.00	57.66±2.51	16.00±.00	0	

2. 실험 및 분석 장비

스매시 동작의 3차원 영상분석을 위해 동원된 장비는 Panasonic사의 모델 D-5100 비디오 카메라 2대, 실공간좌표 환산을 위한 통제점 틀(control object points), 분석 비디오 디지털라이저(S-VHS VCR(panasonic AG-7350)과 19 " S-VHS 모니터(Sony PVM-1942Q) 및 컴퓨터 및 분석프로그램(KWON3D Ver. 2.1)으로 구성하였다.

3. 실험절차

실험은 실내체육관 정규 규격을 갖춘 배드민턴 코트에서 실시하였다. 피험자의 스매시 동작이 일어나는 지점에 공간좌표 설정을 위한 통제점 틀을 피험자의 스매시 동작을 완전히 포함할 수 있을 정도의 범위에 설치하였다.

통제점 틀은 전방 좌우 10m 지점에 2대의 비디오 카메라 줌에 포착되도록 설치하고, 두 카메라간의 거리는 10m, 2대의 카메라의 높이는 각각 1m로 삼각대에 고정시켜 수평을 유지시켰다. 카메라 노출속도는 1/1000초로 하였고, 카메라 속도는 60frame/sec로 고정한 후 통제점 틀을 1분 동안 촬영한 다음 제거하였다.

실험 이전에 피험자로 하여금 충분한 준비운동과 스매시 동작을 연습시켰고, 테이프에 수록된 동작을 분석할 때 각 분절각의 위치를 쉽게 파악하고, 오차를 최소화하기 위하여 피험자들에게 밀착 반바지를 착용토록 하였고, 각 신체 관절에 표식점(landmark)을 하였다.

제거한 통제점 틀의 위치에서 피험자들은 스매시 동작을 충분히 연습을 한 후 본 실험에 임하게 하였다. 촬영하기 전에 준비운동을 충분히 실시하며, 각 피험자는 3-4회씩 스매시를 하게 하여 성공적으로 이루어진 대표적인 1회 시기(trial)의 것을 분석용으로 활용하였다.

지정한 순서에 따라서 숙련군 3명과 미숙련군 3명의 순으로 실험에 임하게 하였다. 방향설정에서 연구 대상자가 목표지점을 향해 스트로크를 하는 방향을 Y축 방향으로 하고, 통제점 틀을 기준으로 지면에 대하여 수직 방향을 Z축 방향으로 하였다. 또 Z축에서 Y축으로의 벡터의 외적(cross product)을 X축으로 설정하였다.

4. 좌표화 및 자료산출

1) 통제점 틀 및 인체 관절 좌표화

좌표화는 통제점 틀의 좌표화와 인체관절 중심점의 좌표화로 나눌 수 있으며, BSP(Body Segment Parameter)모델은 Plagenhoef(1975)의 모델을 사용하였다. 통제점 틀은 기준점(reference point)을 포함하여, 총36개 중 20개의 통제점을 좌표화 하였다.

2) 동조(synchronization) 및 공간좌표

두 카메라의 동일한 시점을 동조하였다. 이러한 동조방법은 3차 스플라인 함수(cubic spline function)에 의한 보간법(interpolation)을 이용하였다. 3차원 실공간 좌표 산출은 디지털이징 좌표군과 실공간 좌표군으로부터 DLT(Direct Linear Transformation) 기법을 이용하여 DLT 변환계수를 산출한 후 3차원 공간좌표의 기계적 및 인위적 오차(random error)를 감소시키기 위해 스무딩(smoothing)을 실시하였고, 이때 차단주파수(cut off frequency)는 6.0Hz의 저역통과 필터(low-pass filtering)방법을

사용하였다. 즉 DLT 기법은 디지털화 좌표계와 실 공간 좌표계의 관계에서 나온 DLT 계수와 필름을 투영하여 나온 관절점 평면좌표를 이용하여 인체관절 점의 3차원 좌표를 산출하는 방식이다 (Abdel-Aziz와 Karara, 1971; Walton, 1981).

5. 연구변인 산출

1) 선운동변인

(1) 소요시간

각 프레임 간 시간 간격이 0.0167초로서 각 국면별 소요된 프레임에 대한 1프레임의 소요시간을 곱하여 산출하였고, 비행국면의 경우 라켓에 셔틀콕이 맞은 프레임(D₁)부터 상대의 라켓에 맞을 때까지의 프레임(D₂)까지의 프레임 수를 계산하여 프레임 수에다 0.02초를 곱해 구하였다.

$$\text{동작시간} = (D_2 - D_1) \times 0.0167(\text{s})$$

(2) 변위

변위는 신체 분절 중심 및 전신 중심의 위치변화를 말하며, 중심 변위를 산출하기 위하여 공간상의 신체 중심공간의 좌표값은 다음과 같다.

$$D = \sqrt{(X_i' - X_i)^2} + \sqrt{(Y_i' - Y_i)^2} + \sqrt{(Z_i' - Z_i)^2} \quad (X: \text{좌우방향}, Y: \text{전후방향}, Z: \text{수직방향})$$

(3) 속도 및 가속도(신체분절 및 전신중심)

신체 분절점 위치좌표 P_i에 대한 속도(V_i)는 $V_i = (P_{i+1} - P_{i-1}) / 2\Delta t$

신체 분절점 위치좌표 P_n에 대한 가속도 a_n는 $a_n = (P_n - 2P_{n-1} + P_{n-2}) \cdot (\Delta t)^{-2}$

(4) 분절 i의 중심점 좌표(cgi) 산출은

$$c_{gi} = (P_i(1 - (P_i/100))) + (D_i \cdot P_i/100) = P_i + (D_i - P_i)P_i/100$$

(P_i=근위단 분절의 좌표, D_i=원위단 분절의 좌표, P_i= 근위단으로부터 분절 무게 중심까지 거리(%))

(5) 신체중심 위치, 속도, 가속도 산출

전신 무게중심의 위치 CG는

14

$$CG = \sum_{i=1} (c_{gi} \cdot m_i) / M$$

i=1

2) 각운동의 변인

신체분절의 움직임을 산출하기 위한 좌표계는 관성좌표(global coordinate)를 이용하였고, 2관절점에 대한 벡터각(vector angle)을 산출하였다. 산출한 분절 벡터각을 1차 미분한 결과 각속도 및 2차 미분한 결과 각속도를 각각 산출하였다.

(1) 각도

본 연구에서 산출할 각도들은 손목관절각, 팔꿈치관절각, 어깨관절각, 무릎 관절각, 라켓과 하원각, 전후경각이며, 각 관절의 각도를 이루는 벡터를 $A(A_x, A_y, A_z)$, $B(B_x, B_y, B_z)$ 라고 할 때 A , B 벡터의 내적으로 구하였다.

$$\theta = \arccos [A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z / \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}]$$

(2) 각속도

$$\omega_B = \omega_{B/A} + \omega_A$$

$\omega_{B/A}$: 분절 A에 대한 분절 B의 상대 각속도의 크기

ω_A : 분절 A의 관성 각속도(절대각속도)의 크기

6. 국면구분

국면의 분석은 1) 제1국면 : 이지(Take-off)-백스윙(Backswing), 2) 제2국면 : 백스윙(Backswing)-임팩트(Impact), 3) 제3국면 : 임팩트(Impact)-휠로스루(Follow through)로 구분하여 분석하였다.

7. 자료처리

배드민턴 스매시 동작의 운동학적 분석결과 변인들의 자료처리는 각 집단과 변인별 평균±표준편차($M \pm SD$)를 산출하였고, 두 집단간의 연구변인의 차이를 검증하기 위해 t-검증을 SAS(Statistical Analysis System)을 이용하여 처리하였다.

그래픽 및 기타 디지털이정된 자료의 정리 및 처리는 마이크로 소프트웨어 엑셀(microsoft excel)을 활용하였다.

IV. 연구결과 및 논의

1. 시간변인

스윙 전체 및 국면별 소요시간을 분석한 결과는 <표 2>와 같다. <표 2>에서 숙련군은 전체 평균 소요시간은 $3.06 \pm .40$ 초였고, 제 1국면의 경우 평균 1.84 ± 1.09 초로서 전체의 평균 60%, 제2국면의 경우 평균 $.43 \pm .61$ 초로서 전체의 평균 14%, 및 제3국면의 경우 평균 $.79 \pm .88$ 초로서 전체평균 26%의 소요시간 비율을 차지하였다. 특히 S1과 S2에 비해 S3의 경우 준비국면을 제외하고 각 국면에서 훨씬 더 많은 소요시간을 보인바, 개인차이가 심한 것으로 나타났다.

표 2. 전체 스윙 국면별 평균 소요시간 frame(sec.)

구 분	TO-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP - FT(제3국면)	Total	
숙련군	S1	125(2.50)	3(.06)	17(0.34)	145(2.90)
	S2	122(2.44)	3(.10)	11(.22)	138(2.76)
	S3	29(0.58)	58(1.14)	89(1.80)	176(3.52)
평균±표준편차	92.00 ± 54.58 (1.84 ± 1.09)	21.33 ± 31.75 ($.43 \pm .61$)	39.00 ± 43.41 ($.79 \pm .88$)	153.00 ± 20.22 ($3.06 \pm .40$)	
소요시간 비율(%)	60	14	26	100	
미 숙련군	S4	125(2.50)	6(0.12)	15(0.30)	146(2.92)
	S5	125(2.50)	5(.10)	16(.32)	146(2.92)
	S6	125(2.50)	12(.24)	16(.32)	153(3.06)
평균±표준편차	$125.00 \pm .00$ ($2.50 \pm .00$)	7.67 ± 3.79 ($0.15 \pm .08$)	15.67 ± 0.58 ($.31 \pm .01$)	148.33 ± 4.04 ($2.97 \pm .08$)	
소요시간 비율(%)	84	5	11	100	
t-값	-1.05	.74	.93	.39	

미 숙련군의 전체 평균소요시간은 $2.97 \pm .08$ 초였고, 제1국면의 경우 평균 $2.50 \pm .00$ 초로서 전체의 평균 84%, 제2국면의 경우 평균 $.15 \pm .08$ 초로서 전체의 평균 5%, 및 제 3국면의 경우 평균 $.31 \pm .01$ 초로서 전체평균 11%의 소요시간 비율을 차지하였다.

즉 숙련군과 미 숙련군간의 차이에서 전체 및 각 국면별 소요시간에는 유의한 차이를 보이지 않았으나 숙련군의 경우가 미 숙련군에 비해 제3국면인 임팩트-휠로스루에서 총 소요비율에서 15%를 더 소요한 것으로 나타난 결과는 숙련군의 S3의 심한 개인 차이에 기인한 것으로 사료되며, 결국 두 집단에서 각 국면별 소요시간에서 실질적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

이러한 백스윙에서 임팩트 및 휠로스루까지 소요된 시간은 Waddell과 Gowitzke(1978)과 Tang 등

(1995)의 0.1초 이내로 완료되었던 결과보다 다소 지연된 결과는 준비과정에서 소요시간이 상대적으로 길었기 때문으로 사료된다.

2. 선 운동학적 변인

1) 신체중심 변위

준비국면에서 윗로스루 국면까지 X(좌우방향), Y(진행방향), Z(수직방향)에서 신체중심 변위를 정리한 결과는 <표 3>와 같다. <표 3>의 신체중심의 변위에서 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 $128.37 \pm 1.65\text{cm}$, 제2국면의 경우 평균 $120.50 \pm 5.22\text{cm}$, 제3국면의 경우 평균 $115.90 \pm 23.82\text{cm}$ 의 변위를 보였다. 셔틀콕의 초기 속도에 영향을 미치는 제2국면과 제3국면의 경우는 평균에 대한 편차가 상대적으로 작은 것으로 나타났다. 특히 스윙 전 과정에서 전방으로 신체중심의 변위가 가장 큰 국면은 백스윙에서 임팩트 시점까지의 제 2국면으로 나타났다.

미 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 $61.43 \pm 12\text{cm}$, 제 2국면의 경우 평균 $70.40 \pm 8.29\text{cm}$, 제3국면의 경우 평균 $70.70 \pm 11.17\text{cm}$ 의 변위를 보였다. 스윙 전 과정에서 전방으로 신체중심의 변위가 가장 큰 국면은 임팩트에서 윗로스루 국면인 제3국면으로 나타났지만 백스윙에서 임팩트 시점국면과 차이는 없는 것으로 나타났다.

배드민턴 스매시 동작에서 가장 중요한 진행방향(Y)에서 신체중심의 변위가 제2국면 숙련군의 경우 평균 50.10cm 만큼 미 숙련군보다 더 많은 것으로 나타난 바 이는 1%수준에서, 3국면 숙련군의 경우 평균 45.20cm 만큼 미 숙련군보다 더 큰 변위를 보인 바 5%수준에서 각각 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

이러한 결과는 숙련군의 평균 신장이 $155 \pm 1.00\text{cm}$, 미숙련군의 경우 평균 $169 \pm 1.00\text{cm}$ 로 숙련군의 경우가 평균 14cm 더 적은 점을 볼 때 진행방향에서 실질적인 신체중심 변위의 차이는 훨씬 더 큰 것으로 나타났다.

종합하면 모든 국면에서 숙련군의 경우가 미 숙련군에 비해 진행방향(Y축)에서 신체중심의 변위가 통계적으로 더 크게 나타난 것은 라켓과 셔틀콕의 임팩트 지점에 대한 정확성을 높이고 셔틀의 비행거리를 길게하고, 초기 속도를 높이기 위해 풋-스텝과 동체의 후경각을 크게 한 결과이며, 미 숙련군의 경우 셔틀콕 비행거리에 대한 적응력 부족과 동체의 후경각 없이 임팩트를 한 결과로 사료된다.

표 3. 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 신체중심의 변위 (cm)

구 분		TO-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP-FS(제3국면)	
숙련군	S1	X	60.90	97.00	99.10
		Y	126.70	115.10	122.40
		Z	86.10	93.90	81.60
	S2	X	74.90	92.20	91.10
		Y	130.00	125.50	135.80
		Z	87.50	94.90	85.30
	S3	X	67.90	69.40	102.30
		Y	128.40	120.90	89.50
		Z	86.80	83.40	86.10
평균±표준편차	X	69.90±7.00	86.20±14.75	97.50± 5.77	
	Y	128.37±1.65	120.50± 5.22	115.90±23.82	
	Z	86.80±0.70	90.73±6.37	84.33± 2.40	
미 숙련군	S4	X	43.70	40.90	39.10
		Y	61.50	66.70	64.10
		Z	94.10	98.00	94.90
	S5	X	24.30	-17.60	17.80
		Y	61.50	64.60	64.40
		Z	93.40	97.60	96.00
	S6	X	39.60	46.50	49.90
		Y	61.30	79.90	83.60
		Z	95.90	97.20	94.60
평균±표준편차	X	35.87±10.22	23.27±35.50	35.60±16.33	
	Y	61.43± .12	70.40± 8.29	70.70±11.17	
	Z	94.47± 1.29	97.60± .40	95.17± .74	
t-값	X	4.18*	2.84***	6.19***	
	Y	70.15***	8.86***	2.98**	
	Z	-9.05***	-1.86	-7.47***	

*P<.05, **P<.01, ***P<.001

2) 라켓중심의 변위

준비국면에서 휠로스루 국면까지 X(좌우방향), Y(진행방향), Z(수직방향)에서 라켓중심의 변위를 정리한 결과는 <표 4>와 같다. 라켓중심의 변위분석에서 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 85.93±74.42cm, 제 2국면의 경우 평균 108.50±17.68cm, 제3국면의 경우 평균 140.00±42.67cm의 변위를 보였다. 셔틀콕의 초기 속도에 영향을 미치는 제 2국면과 제3국면의

경우는 평균에 대한 편차가 상대적으로 작은 것으로 나타났으며, 특히 스윙 전 과정에서 전방으로 신체중심의 변위가 가장 큰 국면은 임팩트시점에서 휠로스루까지의 제 3국면으로 나타났다.

표 4. 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 라켓중심 변위

구 분		TO-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP-FS(제3국면)	
S1	X	84.40	99.90	121.90	
	Y	128.70	97.60	153.40	
	Z	98.00	161.10	112.40	
숙련군	S2	X	91.10	111.50	103.90
	Y	129.10	99.00	174.30	
	Z	103.80	162.70	111.90	
S3	X	87.80	96.10	119.90	
	Y	128.90	128.90	92.200	
	Z	100.90	83.10	158.80	
평균±표준편차	X	58.50±50.77	102.50±8.02	115.20±9.87	
	Y	85.93±74.42	108.50±17.68	140.00±42.67	
	Z	67.27±58.33	135.60±45.50	127.70±26.93	
S4	X	71.50	54.90	42.80	
	Y	48.50	60.80	108.30	
	Z	107.00	170.10	120.60	
미 숙련군	S5	X	46.70	6.30	-6.600
	Y	51.40	46.50	100.30	
	Z	107.30	175.3	107.80	
S6	X	58.00	59.90	48.60	
	Y	40.50	43.90	124.80	
	Z	123.00	169.30	106.20	
평균±표준편차	X	58.73±12.42	40.37±29.61	28.27±30.33	
	Y	46.80±5.65	50.40±9.10	111.10±12.49	
	Z	112.43±9.15	171.60±3.26	111.50±7.89	
t-값	X	.40	2.84**	6.19***	
	Y	.56	8.86***	2.98**	
	Z	-1.26	-1.86	-7.47***	

*P<.05, **P<.01, ***P<.001

미 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 46.80±5.65cm, 제2국면의 경우 평균 50.40±9.10cm, 제3국면의 경우 평균 111.10±12.49cm의 변위를 보였고, 스윙 전 과정에서 전방으로 신체중심의 변위가 가장 큰 국면은 임팩트에서 휠로스루 국면인 제3국면으로 나타났다.

배드민턴 스매시동작에서 가장 중요한 진행방향(Y)에서 라켓중심의 변위가 제 2국면에서는 숙련군의 경우 평균 58.10cm 만큼 미 숙련군보다 더 많은 것으로 나타난 바 이는 1%수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 3국면 숙련군의 경우 평균 28.90cm 만큼 미 숙련군보다 더 큰 변위를 보인바 5%수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

즉 모든 국면에서 숙련군의 경우가 미 숙련군에 비해 진행방향(Y축)에서 신체중심의 변위가 통계적으로 더 큰 결과는 신체중심의 경우와 마찬가지로 라켓과 셔틀콕의 임팩트 지점에 대한 정확성을 높이고 셔틀콕의 비행거리를 길게 하며, 속도를 높이기 위해 풋-스텝, 동체의 후경각의 크기 및 라켓의 백스윙의 크기를 더 크게 한 것으로 사료된다.

3) 신체중심 속도

준비국면에서 윗로스루 국면까지 X(좌우방향), Y(진행방향), Z(수직방향)에서 신체중심 속도변화를 정리한 결과는 <표 5>와 <그림 1> 및 <그림 2>와 같이 각 방향에서 신체중심의 평균속도변화를 나타내었다. 신체중심의 속도변화에서 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 $-8.97 \pm 1.55 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제 2국면의 경우 평균 $26.67 \pm 51.43 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제3국면의 경우 평균 $32.13 \pm 33.87 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 모든 과정에서 개인적인 차이가 큰 것으로 나타났고, 셔틀콕의 초기 속도에 영향을 미치는 제3국면의 경우는 피험자 S3 제외시킬 경우 S1과 S2의 평균 Y축 속도는 $51.30 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 나타났다. 따라서 숙련군의 모든 분석 변인에서 피험자 S3가 전체에 미치는 영향을 고려하여 분석할 필요가 있다고 사료된다.

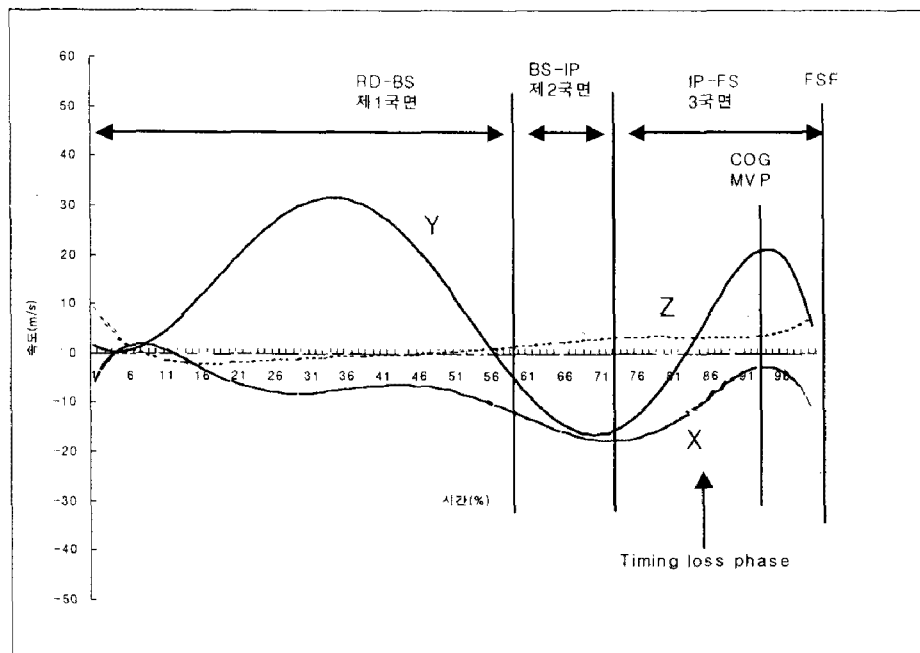
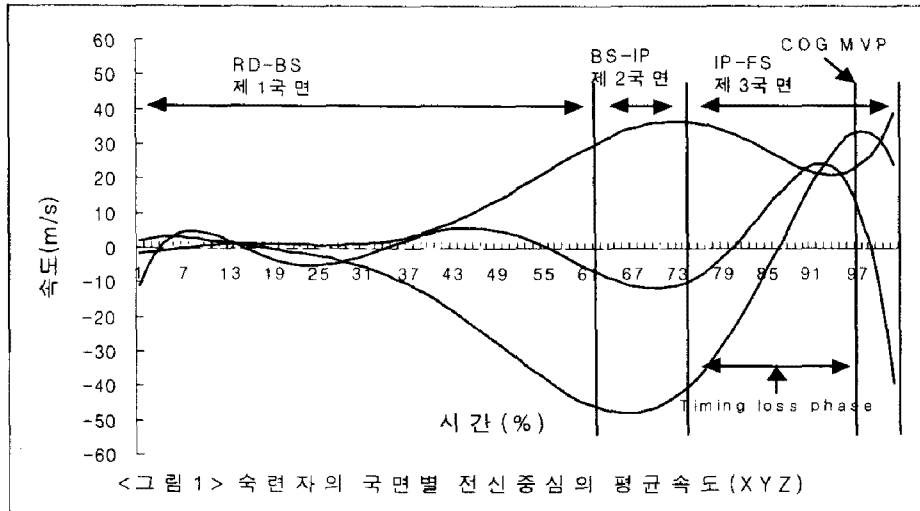
미 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 $8.50 \pm 1.55 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제 2국면의 경우 평균 $11.27 \pm 23.41 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제3국면의 경우 평균 $4.00 \pm 4.26 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 스윙 전 과정에서 전방(Y)으로 신체중심의 속도가 가장 큰 국면은 백스윙에서 임팩트가 이루어지는 제2국면으로 나타났지만 역시 모든 피험자에서 평균에 대한 편차의 값이 크게 나타나 스윙 전 국면에서 개인의 차이가 심했던 것으로 사료된다.

배드민턴 스매시동작에서 가장 중요한 진행방향(Y)에서 신체중심의 속도가 제1국면 미 숙련군의 경우 평균 $2.53 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 절대 속도만큼의 빠른 차이를 보여 통계적으로 5%수준에서 유의한 것으로 나타났지만 셔틀콕의 초기속도에 중요한 국면인 제2국면과 3국면에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 5. 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 신체중심 속도 (cm · s⁻¹)

구 분		TO-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP-FS(제3국면)	
속련군	S1	X	18.50	43.70	23.90
		Y	-10.50	15.10	44.60
		Z	2.90	-30.00	-53.60
	S2	X	11.10	-14.90	-6.90
		Y	-7.40	82.90	58.00
		Z	3.00	-25.20	-54.50
	S3	X	14.80	14.10	14.90
		Y	-9.00	-18.00	-6.20
		Z	3.00	.40	-.60
평균±표준편차	X	14.80±3.70	14.30±29.30	10.63±15.84	
	Y	-8.97±1.55	26.67±51.43	32.13±33.87	
	Z	2.96±.250	-18.30±16.34	-36.20±30.86	
미 속련군	S4	X	-2.90	-18.30	-4.90
		Y	10.00	-2.70	4.30
		Z	1.60	4.30	-26.80
	S5	X	-24.40	-9.50	2.70
		Y	8.60	-1.80	-.40
		Z	1.10	16.70	-15.40
	S6	X	3.30	8.80	11.50
		Y	6.90	38.30	8.10
		Z	1.80	-6.10	-13.10
평균±표준편차	X	-8.00±14.54	-6.33±13.82	3.10±8.21	
	Y	8.50±1.55	11.27±23.41	4.00±4.26	
	Z	1.50±.36	4.97±11.41	-18.40±7.34	
t-값	X	1.79	1.10	.73	
	Y	-4.46	.47	1.43	
	Z	.46	-2.20	-.97	

즉 속련군의 경우 모든 국면에서 피험자 S3의 경우를 제외하면 임팩트가 되는 시점에서 평균속도가 헬로스루 국면에서의 평균속도에 비해 훨씬 더 낮은 값을 보인 결과 타이밍손실구간(Timing loss phase)이 발생하여 결국 셔틀록의 초기속도에 미치는 영향이 감소하게 되었다. 따라서 속련군의 경우 임팩트 시기를 조절하는 과정에서 신체중심-동체-상완-전완-손-라켓의 순으로 신체 근위분절에서 원위분절로 전이가 타이밍에 맞게 임팩트되어 질 때 더 나은 초기 셔틀록 속도를 높일 수 있을 것으로 사료된다.



미 숙련군의 경우 임팩트가 되는 시점에서 평균속도가 휘로스루 국면에서의 평균속도에 비해 더 높은 값을 보인 결과 타이밍손실구간(Timing loss phase)이 숙련군의 경우보다 더 적은 폭을 유지하였다. 그러나 임팩트 후 진행방향(Y)에서 빠른 속도의 감소로 휘로스루가 제대로 이루어지지 못한 결과를 유발시켜 결국 셔틀콕의 초기속도에 미치는 영향이 감소하게 되었다. 따라서 미 숙련군의 경우 임팩트 국면에서 휘로스루 국면까지 순서적인 동작의 연결 되도록 하는 훈련이 필요할 것으로 사료된다.

4) 라켓중심속도

준비국면에서 헬로스루 국면까지 X(좌우방향), Y(진행방향), Z(수직방향)에서 라켓중심의 속도를 정리한 결과는 <표 6>과 같다. 라켓중심의 속도변화에서 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 $-31.20 \pm 1.00 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제2국면의 경우 평균 $389.00 \pm 385.47 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제3국면의 경우 평균 $78.97 \pm 87.39 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 모든 과정에서 개인적인 차이가 큰 것으로 나타났다, 셔틀콕의 초기 속도에 영향을 미치는 제3국면의 경우는 임팩트를 위한 준비과정인 제2국면의 속도에 비해 평균 $310 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 속도차이를 보인 결과 손목 스냅작용이 제2국면에서 다소 빨리 진행되므로 인해서 셔틀콕의 초기속도에서 손실이 발생한 것으로 사료된다.

표 6. 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 라켓중심 속도 (cm · s⁻¹)

구 분		TO-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP-FS(제3국면)	
숙련군	S1	X	11.70	135.70	1.80
		Y	-32.20	733.90	42.40
		Z	24.00	327.10	-306.00
	S2	X	6.30	290.20	-177.70
		Y	-30.20	460.30	178.70
		Z	23.60	198.50	-482.80
	S3	X	9.00	17.60	-23.10
		Y	-31.20	-27.10	15.80
		Z	23.80	11.40	-35.60
평균±표준편차	X	9.00±2.70	147.80±136.70	-66.30±97.25	
	Y	-32.12±1.00	389.00±385.47	78.97±87.39	
	Z	23.80±.20	179.00±158.75	-275.00±225.23	
미 숙련군	S4	X	-7.10	72.90	-129.50
		Y	-3.50	562.50	-34.40
		Z	27.80	80.10	-337.20
	S5	X	-24.30	185.30	-166.90
		Y	-5.00	459.40	22.60
		Z	31.30	129.50	-330.10
	S6	X	-9.70	217.60	-161.60
		Y	-11.40	281.70	48.00
		Z	24.90	52.00	-323.30
평균±표준편차	X	-13.70±9.27	158.60±75.95	-153.00±20.24	
	Y	-6.63±4.19	434.50±142.04	12.07±42.20	
	Z	28.00±3.20	87.20±39.23	-330.00±6.95	
t-값	X	3.11	-.12	1.51	
	Y	-1.32	-.19	1.19	
	Z	-1.49	.97	.43	

미 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 $-6.63 \pm 4.19 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제 2국면의 경우 평균 $434.50 \pm 142.04 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제3국면의 경우 평균 $12.07 \pm 42.20 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 스윙 전 과정에서 전방(Y)으로 라켓중심의 속도가 가장 큰 국면은 백스윙에서 임팩트가 이루어지는 제 2국면으로 나타났지만 역시 모든 피험자에서 평균에 대한 편차의 값이 크게 나타남으로써 스윙 전 국면에서 개인의 차이가 심했던 것으로 사료된다.

이러한 본 연구의 결과는 Poole(1969)의 전완에서 릴리즈하는 셔틀의 속도에 대한 정량적 분석결과 테니스 서브의 경우보다 더 빠른 것으로 추정하였고(Gowitzke과 Waddell,1978), 실험집단의 평균 셔틀의 초기속도는 $50\text{-}75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Jack과 Adrian,1979)의 보고결과와 비슷한 속도를 보였다.

배드민턴 스매시 동작에서 가장 중요한 진행방향(Y)에서 라켓중심의 평균 속도에서 숙련군은 제2국면에서 제3국면으로 진행되는 과정에서 진행방향(Y축)의 평균 속도가 감소한 량에 비해 미 숙련군의 경우가 훨씬 더 큰 것으로 나타난 결과는 숙련군의 경우는 임팩트 후 휠로스루 국면으로 동작을 부드럽게 이어진 반면 미 숙련군의 경우는 임팩트 후 거의 동작을 중단함으로써 휠로스루 국면으로 동작이 이어지지 못한 것으로 사료된다.

배드민턴 스매시 동작에서 가장 중요한 진행방향(Y)에서 라켓중심의 속도가 각 국면별에 따라서 숙련군과 미 숙련군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

또한 라켓의 속도를 증가시키는 일환에서 배드민턴과 유사한 라켓운동인 테니스 서브에 관한 최근 선행연구(Elliott, Marshall와 Noffal,1995)와 스쿼시에서 포 핸드드라이브의 연구(Elliott, Marshall와 Noffal,1996)에서 라켓헤드 속도에 미치는 최대기여요인은 상완의 내전동작을 강조하였다. 이 연구에서 최대라켓헤드 속도를 유발하는 데 있어서 운동학적 링크시스템이론(Tang 등,1995), 즉 근위단에서 원위단으로 에너지 전이의 효율성을 지적하였다. 배드민턴과 같은 더 가벼운 라켓의 경우 근육의 신장성수축과 근육과 건에서 축적된 탄성에너지를 사용하므로써 회내작용에 의해 더 큰 파워를 유발할 수 있다고 보고했다(Gowitzke과 Waddell,1978).

즉 숙련군과 미 숙련군 모두의 경우에서 임팩트 되는 시점이 진행방향에서 전신중심의 속도가 최대인 순간에 이루어지도록 함으로써 타이밍 손실구간(Timing loss phase)을 감소시켜 셔틀콕의 초기 속도에 더 큰 운동량을 전달 할 수 있을 것으로 사료된다. 미 숙련군의 경우 임팩트 후 휠로스루 동작이 이어질 수 있도록 하는 기술지도가 필요할 것으로 사료된다.

3. 각 운동학

1) 각변위

각도변인은 <표 7>에서와 같이 스윙 전구간에서 셔틀콕의 초기속도에 직접적으로 영향을 미치는 분절인 동체의 전후경각, 상완, 전완, 손분절의 벡터각을 극좌표계를 기준으로 분석하였다.

표 7. 국면별 평균 동체의 전후경각 및 분절의 벡터각 (deg.)

구	분	TO-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP-FT(제3국면)	
숙련군	S1	동체	.70	-13.30	-15.30
		상완(우)	-23.20	-39.10	3.10
		전완(우)	5.70	-12.40	-11.90
		손(우)	-22.30	33.40	-3.60
	S2	동체	.40	-12.80	-14.40
		상완(우)	-25.90	-69.50	16.90
		전완(우)	-1.30	15.50	1.50
		손(우)	-14.90	4.00	-19.80
	S3	동체	.60	-2.80	-3.40
		상완(우)	-24.60	-21.00	-24.60
		전완(우)	3.50	6.70	-2.80
		손(우)	-18.60	-3.70	-6.50
평균±표준편차	동체	.57±0.35	-9.63±5.92	-11.00±6.63	
	상완(우)	-16.37±14.24	-43.20±24.51	-1.53±21.13	
	전완(우)	1.47±3.72	11.53±4.46	-4.40±6.84	
	손(우)	-12.40±11.36	11.23±19.58	-9.97±8.64	
미 숙련군	S4	동체	-1.80	-6.00	-11.50
		상완(우)	-27.00	-37.50	34.80
		전완(우)	-3.00	-12.10	-1.80
		손(우)	-35.00	36.60	-21.70
	S5	동체	-1.40	-6.60	-6.00
		상완(우)	-21.00	-42.80	18.20
		전완(우)	11.20	-1.30	6.50
		손(우)	-21.80	18.20	-19.80
	S6	동체	-2.30	-3.60	-5.10
		상완(우)	-20.20	-54.00	34.50
		전완(우)	24.00	5.60	-5.10
		손(우)	-3.60	31.70	-5.00
평균±표준편차	동체	-6.17±7.13	-5.40±1.59	-7.53±3.46	
	상완(우)	-22.73±3.72	-44.80±8.42	29.17±9.50	
	전완(우)	10.73±13.50	-2.60±8.92	-0.13±5.98	
	손(우)	-20.13±15.77	28.83±9.52	-14.00±11.73	
t-값	동체	6.67***	-1.20	-.81	
	상완(우)	.75	.10	-2.29*	
	전완(우)	-1.15	.60	-.81	
	손(우)	-.69	-1.40	.48	

*P<.05, ***P<.001

즉 준비국면인 제1국면에서 동체의 전후경각에서 숙련군과 미 숙련군간 1%수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으나 제2국면과 3국면에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 임팩트시 동체는 모두 전경각을 유지하였으나 숙련군의 경우가 다소 더 큰 각을 유지하였고, 이의 임팩트 전후과정에서 자세는 동체의 수직축에 대해 다소 앞으로 구부린 전경각을 유지하고, 상완 역시 수직축에서 시계방향으로 기울인 상황에서 임팩트가 되었고, 임팩트 직후 숙련군의 경우는 수평을 이루었으나 미 숙련군의 경우 수평면 하방으로 급속히 하강시킨 특징을 가졌다. 전완은 숙련군의 경우에 수직축에서 반 시계방향에서 이루어졌으며, 직후 시계방향으로 이동한 반면 미 숙련군의 경우 임팩트가 수직축보다 전방에서 이루어졌다. 손의 경우 두 실험군 모두 반시계방향에서 임팩트가 이루어졌으나, 손목의 스냅동작은 미 숙련군에서 더 큰 것으로 나타났다.

2) 각속도

각속도 변인은 <표 8>에서와 같이 스윙 전구간에서 셔틀콕의 초기속도에 직접적으로 영향을 미치는 분절인 동체의 후경각, 상완, 전완, 손분절의 각속도를 분석하였다.

임팩트와 관련을 가지는 제2국면을 중심으로 숙련군과 미 숙련군의 모든 신체분절이 가지는 평균 각속도에서 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 숙련군의 경우 제 2국면에서 각속도의 크기가 동체와 상완 전완 및 손의 원위분절로 진행될수록 각속도의 크기는 큰 폭으로 증가하는 양상을 알 수 있다. 반면 미 숙련군의 제2국면에서도 근위분절에서 원위분절로 스윙이 진행될수록 큰 폭으로 각속도는 증가하는 양상을 보이지만 숙련군에 비해 다소 작은 값을 보였다.

즉 숙련군의 경우가 미 숙련군에 비해 신체 근위단에서 원위단으로 순서적인 운동량 전이가 잘 이루어 졌다고 볼 수 있으며, 특히 미 숙련군의 경우 신체의 파워 존의 근육군에 의한 파워를 활용하는 데 미숙하였던 것으로 사료된다.

4. 셔틀콕 초속도와 분절의 기여율

임팩트 후 셔틀콕의 초기속도에 대한 신체분절의 기여율을 셔틀콕의 진행방향(Y축)에서 나타낸 결과는 <표 9>와 <그림 3> 및 <그림4>와 같다. 숙련군 및 미 숙련군 모두의 셔틀콕에 대한 기여양상은 신체중심속도가 최대인 시점에서 볼 때 동체 < 상완 < 전완 < 손 < 라켓의 순으로 운동량이 누적되었음을 알 수 있다. 즉 신체 근위분절에서 원위분절로의 운동량의 전이가 되는 순서적인 양상을 보였다. 이러한 결과는 <표 9>에서와 같이 임팩트 직후 셔틀콕의 초기속도에서 숙련군의 평균은 $1925.83 \pm 410.63 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 미 숙련군의 $967.03 \pm 640.80 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타난 바, 이 결과는 5%수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

표 8. 분질의 국면별 평균 각속도

(deg · s⁻¹)

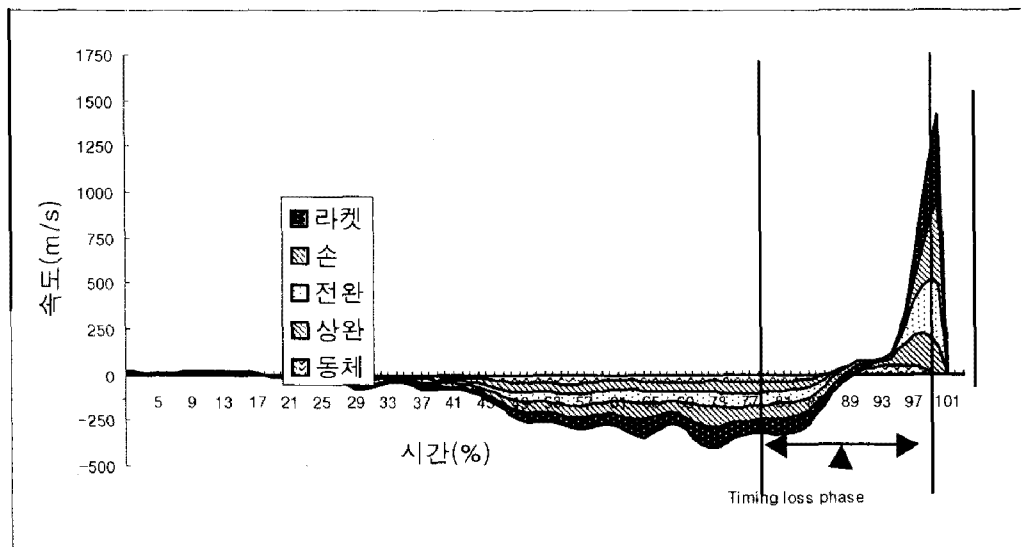
구	분	RD-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP-FI(제3국면)	
속련군	S1	동체	-80	-17.70	84.20
		상완(우)	9.10	199.90	-160.40
		전완(우)	46.00	9.00	112.00
		손(우)	29.10	100.80	-164.40
	S2	동체	-1.90	-54.70	-18.20
		상완(우)	-81.60	-395.20	676.90
		전완(우)	-3.90	296.20	-27.80
		손(우)	-29.00	739.30	116.00
	S3	동체	-1.40	.80	10.80
		상완(우)	36.30	-19.30	-112.40
		전완(우)	21.10	-.40	-7.90
		손(우)	.10	.40	-17.70
평균±표준편차	동체	-90±0.95	-23.90±28.26	25.60±52.78	
	상완(우)	-24.17±49.94	-71.50±300.97	134.70±470.17	
	전완(우)	14.03±27.75	101.60±168.59	25.43±75.63	
	(손(우))	.03±29.05	280.20±400.78	-22.00±140.25	
미 속련군	S4	동체	-5.90	26.00	-50.60
		상완(우)	-61.80	-90.80	490.60
		전완(우)	-1.80	26.20	17.10
		손(우)	-11.80	179.50	161.10
	S5	동체	-1.60	1.20	-18.10
		상완(우)	-63.00	-106.20	-192.60
		전완(우)	-.80	83.30	-17.90
		손(우)	-31.90	360.00	194.10
	S6	동체	-1.10	-12.90	-.10
		상완(우)	-57.30	-207.00	-244.90
		전완(우)	-1.80	12.70	-27.90
		손(우)	-39.60	103.90	-31.50
평균±표준편차	동체	-2.87±2.64	4.77±19.70	-22.90±25.59	
	상완(우)	-60.70±3.00	-135.00±63.11	17.70±410.38	
	전완(우)	-1.47±0.58	40.73±37.48	-9.57±23.63	
	손(우)	-27.77±14.35	214.50±131.58	107.90±121.85	
t-값	동체	1.21	-1.44	1.43	
	상완(우)	1.26	.36	.32	
	전완(우)	.97	.61	.77	
	손(우)	1.49	.27	-1.21	

표 9. 임팩트 직후 셔틀콕 초속도 및 분절의 기여도

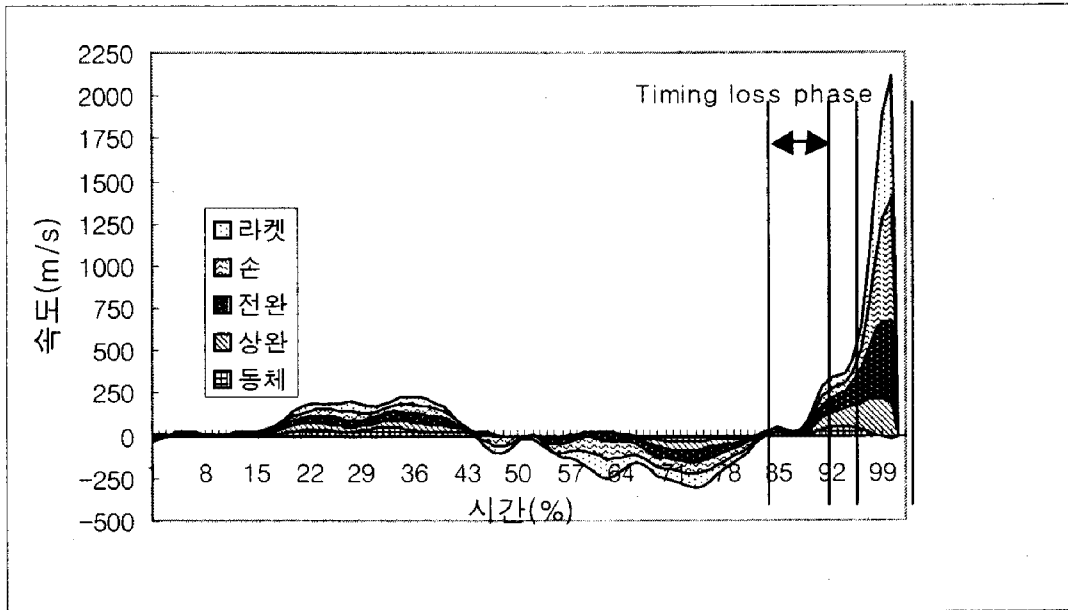
cm · s⁻¹(%)

구 분	볼 초기속도	동체 (%)	상완 (%)	전완 (%)	손 (%)	라켓 (%)	운동량전 이율 (%)	운동량 (±)	
숙련군	S1	2355.10	36.00 (1.53)	144.40 (6.13)	506.80 (21.52)	838.40 (35.60)	843.00 (35.79)	100.57	+0057
	S2	1885.60	48.40 (2.56)	239.60 (12.70)	547.30 (29.03)	803.90 (42.63)	786.60 (41.71)	128.63	+28.63
	S3	1536.80	35.80 (2.33)	59.50 (3.87)	100.30 (6.53)	140.60 (9.15)	116.30 (7.56)	29.44	-70.56
평균±표준편차	1925.83 ±410.63	40.06 ±7.21 (2.00)	147.83 ±90.09 (7.60)	384.80 ±247.20 (19.98)	594.30 ±393.29 (30.85)	581.96 ±404.26 (30.21)	90.64	-9.36	
미 숙련군	S4	1703.50	0.50 (0.02)	138.00 (8.10)	350.00 (20.50)	632.50 (37.10)	582.70 (34.20)	99.92	-08
	S5	660.80	10.80 (1.60)	197.70 (29.90)	473.10 (71.50)	773.50 (117.0)	744.60 (112.60)	332.60	+232.60
	S6	536.80	32.80 (6.10)	155.10 (28.80)	492.70 (91.70)	837.50 (156.00)	814.30 (151.60)	434.20	+334.20
평균±표준편차	967.03 ±640.80	14.70 ±16.49 (1.40)	163.60 ±30.74 (16.90)	438.60 ±77.35 (45.30)	747.83 ±104.88 (77.30)	713.86 ±118.81 (73.80)	214.70	+114.70	
t-값	2.18*	2.44*	-0.29	-0.36	-0.65	-0.54			

*P<.05



<그림 3> 숙련군의 신체분절별 속도 전이(Y축)



<그림 4> 미 숙련군의 신체분절별 속도 전이(Y축)

셔틀콕에 대한 운동량 전이율에서 숙련군의 경우 평균 등체+ 상완+ 전완+ 손+ 라켓의 합이 셔틀콕 초속도에 대한 비율은 평균 90.64%였고, 전이가 되는 가운데 손실된 비율은 9.36%로 나타났다. 반면 미 숙련군의 경우 셔틀콕 초속도에 대한 모든 분절의 합이 214.70%로 나타났으며, 114.70%가 기타 손목의 스냅작용 등의 동작으로 발생 가능한 것으로 사료된다. 즉 미 숙련군의 셔틀콕의 초기 속도가 숙련군의 경우보다 약 1/2수준에 그침으로 손목의 스냅작용력에 의한 결과라 볼 수 있다. 따라서 미 숙련군의 경우 셔틀콕의 초기속도를 높이는 방법을 개선할 필요가 있으며, 파워 존의 파워를 동원하여 순서적으로 등체 < 상완 < 전완 < 손 < 라켓의 순으로 운동량을 전달하는 기술이 필요할 것으로 사료된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 배드민턴 스매시 동작의 효율적인 지도방법을 모색하기 위해 숙련군(3명)과 미숙련군(3명)을 대상으로 3차원 영상분석을 실시하였다. 분석 내용은 각 국면별 시간변인, 선운동학적변인, 각 운동학적 변인 및 셔틀콕의 초기속도에 미친 분절의 기여율을 분석하였다. 각 국면별 숙련군과 미숙련군 간의 스매시 동작의 분석변인에서 통계적으로 차이가 있는지 규명하기 위해 t-검증을 실시하였다. 분석결과 얻어낸 결론 및 제언은 다음과 같다.

1. 시간변인

두 집단간 소요시간에서 차이가 없었으나 타이밍결손구역을 감소시키는 방안의 일환으로 두 집단 모두 임팩트 직전 지점에서 월로스루 국면까지의 정량적인 분석을 통하여 타이밍을 능률을 높이는 방안이 필요하다.

2. 선 운동학

1) 신체중심 및 라켓중심 변위

숙련군의 경우가 진행방향(Y축)에서 신체중심의 변위가 더 큰 것은 라켓과 셔틀콕의 임팩트 지점에 대한 정확성을 높이고 셔틀콕의 비행거리를 길게하고 속도를 높이기 위해 전후 풋-스텝과 동체의 후경각을 크게 한 결과였다.

2) 신체중심 및 라켓중심 속도

숙련군의 경우 임팩트가 되는 시점에서 타이밍손실구간(Timing loss phase)이 미 숙련군 보다 더 크게 발생하여 결국 셔틀콕의 초기속도에 감소효과를 초래하였고, 이를 개선하기 위해 신체 근위분절에서 원위분절로 운동량전이가 순서적으로 타이밍에 맞게 이루어질 수 있는 지도가 필요하다.

3. 각 운동학

1) 각속도

숙련군은 임팩트 후 월로스루 동작으로 이어지는 시점에서 동체-상완-전완-손의 순으로 근위단에서 원위단 분절로 운동량이 누적되어 점차 더 큰 각속도 양상을 보였다. 미 숙련군은 임팩트 후 가장 원위분절인 손의 각속도는 하향하는 반면 상완의 경우가 점차 증가하는 비정상적 순서는 근위분절에서 원위분절로의 운동량전달의 순서를 개선할 필요가 있다.

4. 셔틀콕 초속도와 분절의 기여율

숙련군의 경우 평균 동체+ 상완+ 전완+ 손+ 라켓의 합이 셔틀콕 초속도에 대한 비율은 평균 90.64%였고, 미 숙련군의 경우 214.70%로 나타났다. 미 숙련군의 이러한 현상은 숙련군에 비해 셔틀콕 초기속도가 1/2수준으로 지나친 손목스냅작용으로의 결과였다. 즉 미 숙련군의 경우 셔틀콕의 초기속도를 높이는 방법을 개선할 필요가 있으며, 파워존의 파워를 동원하여 순서적으로 동체-상완-전

완-손-라켓의 순으로 운동량을 전달하는 기술이 필요하다.

위의 시간 및 운동학적 분석 결과를 종합하면 초보자를 대상으로 스매시동작을 지도할 경우 전신 중심의 속도가 최대가 될 때 임팩트가 될 수 있는 지도방안을 모색함으로써 타이밍결손구역이 최소화될 것으로 사료되고, 특히 파워 존의 분절에서 나온 파워를 순서적으로 동체-상완-전완-손-라켓의 순으로 운동량을 전달하는 기술이 필요하다. 이를 위해 동체의 전후경각의 크기의 조절과 타이밍에 맞게 순서적인 스윙 연습으로 동원분절의 절대속도 및 상대속도의 누적된 총합이 서틀록에 전달되도록 하는 동작연습이 필요한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 이상연 · 천영진(1997). 배드민턴 경기내용의 역학적 변인분석, 서울대학교 체육과학연구소논문집 제18권 제2호, 127-140.
- 이상경(1992). 배드민턴 서브동작에 관한 운동학적 연구. 미발행 석사학위논문, 한국교원대학교 대학원.
- 최성진(1999). 배드민턴 스매시 동작의 숙련군과 비 숙련군 간의 운동학적 분석. 미발행 석사학위논문, 경성대학교 교육대학원.
- 한상민(1998). 배드민턴 스매시 동작의 운동학적 분석. 미발행 석사학위논문, 건국대학교 교육대학원.
- 천영진(1998). 배드민턴 경기 중 선수 움직임의 역학적 분석을 통한 운동수행능력평가. 미발행 석사학위논문, 서울대학교 대학원.
- Gowitzke, B. A. 와 Waddell, D.B.(1978). Technique of Badminton stroke Production. In: *Science in Racket Sports-international Congress of Sports Sciences*. Ed. J. Terauds. Edmonton. 17-41.
- Jack. M. 와 M. Adrian(1979). Characteristics of the Badminton Smash Stroke. In: *Proceedings of a National Symposium on the Racket Sports*: an exploration of research implications and teaching strategies. Ed. J. L. Groppe. University of illinois, Urbana-Champaign. 27-42.
- Elliott. B. R. Marshall 과 G. Noffal(1995). Contributions of upper limb segment rotations and the power serve in tennis. *Journal of Applied Biomechanics*. 11: 433-442.
- Lees. A.와 c. hurley(1995). Forces in a Badminton Lunge Movement. In: *Science and Racket Sports*. Ed. T. Reilly. M. Hughes & A. Lees. E. 와 F.N. Spoon. London. 186-189.
- Elliott. B. R. Marshall 과 G. Noffal(1996) The rate of upper limb segment rotations in the development of racket-head speed in the squash forehand. *Journal of Sport Science*. 14: 159-165.