

석사학위청구논문

배드민턴스매시 동작의 효율적
지도를 위한 운동학적 분석

지도교수 : 류 재 청



제주대학교 교육대학원
체육교육전공

김 익 상

2003년 8월

배드민턴스매시 동작의 효율적 지도를 위한 운동학적 분석

지도교수 류재청

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함.

2003년 5월 일



제출자 김익상

김익상의 교육학 석사학위 논문을 인준함.

2003년 7월 일

심사위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국문초록

배드민턴 스매시 동작의 효율적 지도를 위한 운동학적 분석

김익상

제주대학교 교육대학원 체육교육전공

지도교수 류재청

본 연구는 중학생들의 배드민턴 동작의 숙련군과 미 숙련군을 대상으로 하여 동작의 운동학적 분석 및 비교를 통하여 나온 결과를 토대로 학교 수업현장에서 초보자들의 동작을 무난히 학습할 수 있는 과학적이고 정량적인 학습방법 자료를 제시하는 데 그 목적이 있다.

연구 대상은 제주대학교사대부설중학교에 재학중인 배드민턴 선수군 3명(숙련군)과 체육수업에서 배드민턴 수업을 받았던 미 숙련군 3명을 대상으로 하였으며, 분석 장비로는 Panasonic사의 모델 D-5100 비디오 카메라(2대), 통제점 틀(control object point), 레코드, 동조용 타이머, 영상분석 및 자료처리장비에는 비디오 디지털타이저, 컴퓨터, 분석용 프로그램 등이다.

자료처리 및 분석은 각 집단과 변인별 평균±표준편차(M±SD)를 산출하였고, 두 집단 간의 연구변인의 차이를 검증하기 위해 t-검증을 SAS(Statistical Analysis System)을 이용하여 처리하였다.

이상과 같은 연구방법 및 분석결과를 토대로 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 시간변인에서는 각 집단 간에 차이를 보이지 않았고, 타이밍결손구역을 감소시키는 방안의 일환으로 타이밍을 높이고 스윙 폭을 짧게 할 수 있는 개별적 스윙 연습방법이 필요하다.

※ 본 논문은 2003년 8월 제주대학교 교육대학원 위원회에 제출된 교육학 석사학위 논문임

둘째, 선 운동학에서는 모든 국면에서 숙련군의 신체중심의 변위가 크게 나타났으며, 숙련군의 경우 임팩트가 되는 시점에서 신체 근위 분절에서 원위 분절로 운동량 전이가 타이밍에 맞게 이루어질 수 있는 방법이 필요하며, 미 숙련군의 경우 임팩트 국면에서 헬로스루 국면까지 동작 연결이 필요하다.

셋째, 각 운동학에서 각변위는 통계적으로 차이를 보이지 않았고, 각속도는 숙련군은 근위단에서 원위단 분절로 운동량이 누적되어 점차 더 큰 각속도 양상을 보였으나, 미 숙련군은 근위분절에서 원위분절로의 운동량전달의 순서를 개선해야 할 필요가 있다.

넷째, 셔틀콕 초속도와 분절의 기여율에서는 미 숙련군의 경우 셔틀콕의 초기속도를 높이는 방법을 개선할 필요가 있으며, 파워존의 파워를 동원하여 순서적으로 동체-상완-전완-손-라켓의 순으로 운동량을 전달하는 기술이 필요하다.

분석결과를 종합하면 스매시동작을 지도할 경우 전신중심의 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 셔틀콕에 전달되도록 하는 동작연습이 필요하다.

연구결과를 일반화시킬 수 있는 수준이 되기 위해서는 개인차가 없는 피험자와 참여자의 수를 증가시켜 정량적인 분석을 할 필요가 있다고 사료된다.

< 목 차 >

I. 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구 목적	3
3. 연구 문제	4
4. 용어의 정의	4
II. 이론적 배경	6
1. 배드민턴 스트로크의 분류	6
2. 배드민턴 스트로크의 운동 역학적 이해	8
3. 배드민턴 동작에 동원되는 상지근 군	10
4. 배드민턴 스트로크의 운동역학적 선행연구	12
III. 연구방법	16
1. 연구 대상	16
2. 실험 및 분석장비	16
3. 실험절차	18
4. 좌표화 및 자료산출	19
5. 연구변인산출	22
6. 분석국면	24
7. 자료처리	25

IV. 연구결과	26
1. 시간변인	26
2. 선 운동학	27
3. 각 운동학	37
4. 셔틀 콕 초속도와 분절의 기여율	45
V. 결론 및 제언	48
1. 시간변인	50
2. 선 운동학	51
3. 각 운동학	53
4. 셔틀 콕 초속도와 분절의 기여율	55
참고문헌	59



< 표 목 차 >

<표 1> 피험자 특성	16
<표 2> 전체 스윙 국면별 평균 소요기간	26
<표 3> 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 신체중심의 변위	28
<표 4> 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 신체중심의 속도	30
<표 5> 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 라켓중심의 변위	32
<표 6> 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 라켓중심의 속도	35
<표 7> 국면별 평균 동체의 전후경각 및 분절의 벡터각	39
<표 8> 분절의 국면별 평균 각속도	44
<표 9> 임팩트 직후 서틀 콧 초속도 및 분절의 기여도	46

< 그림 목 차 >

<그림 1> 실험장면	18
<그림 2> 인체관절 중심점	20
<그림 3> 국면의 설정	25
<그림 4> 숙련군의 국면별 전신중심의 평균속도(XYZ)	33
<그림 5> 미 숙련군의 국면별 전신중심의 평균속도(XYZ)	33
<그림 6> 숙련군의 국면별 라켓중심의 평균속도(XYZ)	36
<그림 7> 미 숙련군의 국면별 라켓중심의 평균속도(XYZ)	36
<그림 8> 숙련군의 각 분절의 각변위(동체, 상완, 전완, 손)	40
<그림 9> 미 숙련군의 각 분절의 각변위(동체, 상완, 전완, 손)	40
<그림 10> 숙련군의 각속도 양상(동체, 상완, 전완, 손)	42
<그림 11> 미 숙련군의 각속도 양상(동체, 상완, 전완, 손)	42
<그림 12> 숙련군의 신체분절별 운동량 전이(Y축)	47
<그림 13> 미 숙련군의 신체분절별 운동량 전이(X축)	47

I. 서론

1. 연구의 필요성

배드민턴(badminton)은 1820년 인도의 봄베이주 푸우나(poona)지방에서 유래하여 우리 나라 에는 1957년에 보급되어 1981년 제 71회 전 영국 선수권 여자단식과 1985년 세계 선수권 대회에서 남자복식과 혼합복식 금메달, 1989년 세계 선수권 대회에서 단체전 은메달, 1992년 바르셀로나 올림픽에서 금메달을 획득하여 국위선양에 큰 기여를 하여왔다.

현재 배드민턴은 전 세계적으로 가장 많은 각광을 받고 참여도가 높은 스포츠이다. 1992년 바르셀로나 올림픽에서 처음 정식 종목으로 출전하였을 때 TV 시청객은 약 10억 이상으로 집계되었다. 이러한 대중적 인기에도 불구하고 수영과 같은 경기력을 추구하는 인기종목과 비교할 때 거의 과학적인 연구가 이루어지지 못한 실정이다(Costill, Maglisco와 Richardson, 1992).

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 신체의 움직임의 방향을 순간적으로 장시간동안 변화시켜야 하기 때문에 높은 순발력과 지구력을 요구하는 운동이다(Adrian과 Cooper, 1995).

이러한 특성을 가진 배드민턴의 스트로크는 서비스(Service), 클리어(Clear), 드롭(Drop)을 기초로 하여 하이클리어(High Clear), 스매시(Smash), 드롭샷(Dropshot)등의 다양한 스트로크으로 이루어져 있다. 배드민턴 경기간 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 결정력이 가장 높은 기술은 스매시(Smash) 동작이다.

스매시(Smash)를 할 때 셔틀콕의 속도는 테니스 경기의 가장 빠른 속도보다

훨씬 더 빠른 속도인 300km가 되기도 하지만(Adrian과 Cooper, 1995), 0에 가까운 속도도 낼 수 있기 때문에(Grace, 1996), 손과 눈의 협응력이 요구되고 빠른 반응시간이 필요하며, 배드민턴 경기의 승리를 위해서는 강력한 공격형 기술인 동작을 어떻게 효과적으로 구사하느냐에 달려있다.

지금까지 배드민턴 기술에 대한 분석과 경기력 향상을 도모하려는 시도에서 1977년까지는 게임에 대한 모든 기술적인 측면은 운동수행의 관찰과 자신의 경험을 바탕으로 한 코치의 문헌에 의존했다. 그 후 Waddell과 Gowitzke(1977a, 1977b)의 오버헤드 포핸드 파워를 유발시키는 손목 스냅과 백핸드 파워를 유발시키는 동작의 중요성에 대한 전래적인 개념을 제 1차 세계선수권 대회와 관련한 세계 코치 회의에서 제시한 이래로 운동역학적 관점에서 각종 기술의 분석과 이해를 다양하게 도모해왔다(Jack, Adrian과 Yoneda, 1978; Waddell, 1978; Gowitzke와 Waddell, 1978; Gowitzke와 Waddell, 1979; Jack와 Adrian, 1979; Sakurai, Ikegami와 Yabe, 1987; Tapley와 Barlett, 1988; Hong, 1993; Wilson, Murphy와 Pryor, 1994; Tang, Abe, Katoh와 Ae, 1995; Elliott, Marshall와 Noffal, 1995; Lees와 Hurley, 1995; Elliott, Marshall와 Noffal, 1996; Adrian과 Cooper, 1995; Grace, 1996; Walshe와 Wilson, 1997; 황경숙, 1981; 박순복, 1986; 안상우, 1990; 이상경, 1992; 이상연·천영진, 1997; 신인식, 1997; 한상민, 1998; 천영진, 1998; 소재무, 1998; 최성진, 1999).

이들의 선행연구에서 주요 연구문제는 스트로크의 전국면별 분석(Waddell과 Gowitzke, 1977)결과 소요시간 분석, 전완 (남자)에서 라켓을 릴리즈하는 셔들의 스피드에 대한 정량적 분석(Gowitzke와 Wadll, 1978; Jack와 Adrian, 1979)

서브에 관한 최근 연구(Elliott, Marshall와 Noffal, 1995)와 스쿼시에서 포핸드 드라이버의 연구(Elliott, Marshall와 Noffal, 1996) 특히 라켓과 전완 사이의 작은 각도를 이루는 포핸드와 백핸드드라이브와 스트로크에서 회내 및 회외동작의 역할에 대한 분석을 하였다(Tang end 1995).

최성진(1999), 소재무(1998)와 한상민(1998)의 경우 국내 엘리트 선수군을 대상으로 하여 숙력자 및 비숙련군간의 동작의 운동학적 비교분석을 하였고, 이상연과 천영진(1997)의 경우 세계선수권 대회의 경기상황을 비디오로 촬영하여 경기내용에 대한 운동학적 변인의 분석을 하여 스트로크의 유효성을 파악하였다.

이와 같이 엘리트 선수군을 대상으로 한 운동학적 연구법을 동원하여 경기기술의 향상을 꾀하려는 선행연구는 많이 시도되어지고 있는 실정이고, 이들의 연구 결과 대부분의 경우 응용기술위주이기 때문에 처음으로 접하는 초보자들에게 응용기술을 적용하는 것은 적절하지 않으며, 처음으로 배드민턴을 접하는 초·중학교 초보자들의 학습 및 기술지도 방법을 위한 자료를 연구한 경우는 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 중학교 학생의 배드민턴 동작의 숙련군과 미 숙련군을 대상으로 하여 동작의 운동학적 분석 및 비교를 통하여 나온 결과를 토대로 학교수업 현장에서 초보자들의 동작 학습에서 효율적인 학습지도를 위한 정량적이고 과학적인 자료를 제시하는데 그 의의가 있다.

2. 연구 목적

배드민턴(badminton)이 1957년에 우리 나라에 보급된 이후 1992년 바르셀로나 올림픽에서 금메달을 비롯하여 각종 세계선수권 대회에서 어느 경기종목보다 더 큰 국위선양을 하였고, 또한 현재 건강을 위한 생활체육 종목으로서 전국적인 동호인의 수는 기하급수적으로 증가하고 있다.

이러한 배드민턴의 주요 스트로크 기술은 서비스(Service), 클리어(Clear), 드롭(Drop)을 기초로 하여 하이클리어(High Clear), 스매시(Smash), 드롭샷(Dropshot)등의 다양한 타법으로 이루어져 있으며, 특히 이중에서 스매시 기술이 경기력의 승패에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 운동범위와 효과측면에서도 가장 바람직한 동작이다.

동작에 대한 기술 교본에는 엘리트 선수군을 대상으로 한 운동학적 연구법이 대부분이며, 이의 경우 기술 수준이 상당히 향상된 상황에서 이루어지는 응용기술이기 때문에 기술을 처음 접하는 초보자에게 학습시키는 데는 많은 문제점이 따른다. 즉 처음으로 배드민턴을 접하는 초·중학교 초보자들의 학습 및 기술지도 방법을 위한 과학적인 자료가 필요하다. 이를 위해 초·중학교 학생의 배드민턴 동작의 숙련군과 미 숙련군을 대상으로 하여 동작의 운동학적 분석 및 비교를 통하여 나온 결과를 토대로 학교 수업현장에서 초보자들이 동작을 무난히

학습할 수 있는 과학적이고 정량적인 학습방법 자료를 제시하는 것이 본 연구의 목적이다.

3. 연구 문제

본 연구의 목적을 수행하기 위해 연구문제로서 배드민턴 동작에 대한 숙련군과 미 숙련군의 분석국면(스타트 S, 백스윙 BS, 임팩트 IP, 윙로스루 FT)별 연구문제는 다음과 같다.

- 1) 분석국면별 소요시간(준비국면-백스윙, 백스윙-임팩트, 임팩트-윙로스루)을 분석한다.
- 2) 분석국면에 따라 전심중심 및 라켓중심의 선운동학적 분석을 한다.
- 3) 분석국면에 따라 전심중심 및 라켓중심의 각운동학적 분석을 한다.
- 4) 1), 2), 3)의 규명으로 셔틀과 라켓간의 임팩트 높이 및 타이밍에 미치는 운동학적 변인을 분석한다.
- 5) 2), 3)의 규명으로 셔틀의 초기속도에 미치는 신체 각분절의 기여도를 분석한다.

위의 각 연구문제를 분석한 후 배드민턴 기술 학습에서 효율적인 지도를 위한 방안을 국면별 제시한다.

4. 용어의 정의

- 1) 전후경각(anterior-posterior tilting angle of body) : 몸통 수직축에 대한 중심선의 전후 기울림 각도
- 2) 타이밍(timing) : 라켓과 셔틀의 임팩트시 이루는 속도의 비율(최대 라켓 속도에서 임팩트 될 경우 타이밍은 100%)
- 3) 하원각(angle of arm to racket) : 팔 전체를 하나의 분절로 보고, 라켓과 팔이 이루는 각도
- 4) 내전(adduction) : 신체 중심선으로 신체 분절이 가까워지는 운동

- 5) 외전(abduction) 심체중심선으로부터 신체분절이 멀어지는 운동
- 6) 굴곡(flexion) : 관절이 이루는 각도의 크기가 변화하는 것으로 두 분절의 각도가 작아지는 움직임
- 7) 신전(extension) : 관절이 이루는 각도의 크기가 변화하는 것으로 두 분절의 각도가 커지는 움직임
- 8) 원위단(distal endpoint): 몸통 중심부에서 보다 먼쪽 분절점
- 9) 근위단(proximal endpoint) : 몸통 중심부에서 보다 가까운 쪽 분절점
- 10) 이지국면 (Take-off position, TO) : 발이 처음으로 지면에서 떨어지는 순간
- 11) 백스윙국면(Back Swing,BS) : 라켓헤드와 신체중심이 최대한 후방으로 이동한 지점까지
- 13) 임팩트국면(Impact) : 백스윙으로부터 라켓헤드와 몸의 중심이 전방으로 이동되어 그 힘이 셔틀콕에 최대의 힘을 발휘하는 시점
- 14) 휠로스루국면(Follow Through, FT): 임팩트 이후 마무리 스윙동작
- 15) 플라이트국면(Flight) : 임팩트이후 공중국면의 셔틀
- 16) 스매시(Smash) : 머리위로 날아오는 셔틀콕을 네트너머로 강하게, 거의 일직선의 비행방향이 되게 꺾어 내리치는 기술로서 손목의 스냅을 사용하며, 스피드가 매우 빠르다.

II. 이론적 배경

1. 배드민턴 스트로크의 분류

1) 타면에 의한 분류

배드민턴의 스트로크는 라켓의 양면을 모두 사용하기 때문에 그 어느 쪽 면을 사용하는가에 따라서 스트로크의 종류가 두 가지로 분류된다. 이스턴 그립(eastern grip)의 경우 타면이 손바닥과 같은 방향으로 향할 경우 즉, 오른 손잡이가 인체 정중면의 오른쪽으로 날아오는 셔틀을 임팩트 할 때를 포핸드 스트로크(foreside stroke)라고 한다.

반대로 이스턴 그립의 상태에서 타면이 손등과 같은 방향으로 향할 경우 즉 네트를 마주 대하고 선 자세에서 인체 정중면의 왼쪽으로 날아오는 셔틀을 임팩트 할 경우 백핸드 스트로크(backhand stroke)라고 한다. 인체를 관상면을 기준으로 볼 때, 포어핸드를 칠 때에는 신체의 앞부분이 주로 네트를 향하게 되고 백핸드를 칠 때에는 주로 신체의 등부위가 네트를 향하게 된다.

배드민턴은 몸 우측으로 오는 셔틀은 포핸드로 타구하게 되는데 한가지 예외는 라운드 더 헤드 스트로크(round the head stroke)이다. 이것은 머리 위 약간 좌측으로 날아오는 셔틀을 포핸드와 같은 라켓면으로 치는 방법이다.

2) 타점의 높이에 의한 분류

머리위로 날아오는 셔틀을 임팩트 할 때 포핸드 타면으로 라켓을 휘둘러 올렸다 내리면서 치는 것을 오버헤드 스트로크(overhead stroke)이라고 한다. 라운드 더 헤드 스트로크와 혼동하기 쉬우나 라운드 더 헤드 스트로크는 오버헤드 스트로크의 변형이다. 머리 위 좌측으로 오는 셔틀을 백핸드로 처리하는 것을 하이 백핸드 스트로크(high backhand stroke)이며, 라운드 더 헤드 스트로크는 하이 백핸드 스트로크를 포핸드 타면으로 친다는 점이 이 타법과의 차이이다.

순수한 오버헤드 스트로크는 몸과 팔을 위로 충분히 편 자세에서 치는 것을 원칙으로 하지만 상대의 리턴이 낮을 때에는 몸을 낮추어 쳐낼 수도 있다.

다음은 사이드암 스트로크(sidearm stroke)은 어깨 높이에서 몸의 좌우측 면으로 날아오는 셔틀을 치는 것이다. 이 타구는 배드민턴 경기에서 상대가 좌우로 보내는 모든 공격성 타구를 처리할 때 사용한다.

다음은 허리 아래 또는 그보다 더 낮은 모든 위치의 셔틀을 받아 올릴 때 사용되는 언더암 스트로크(underarm stroke)이다.

이외에도 네트 샷이라고 하는 타구가 있다. 네트와 아주 가까운 거리에서 치는 것으로 비행 거리가 짧은 타구의 총칭이다. 이것은 머리 또는 얼굴 정도의 높이에서 라켓을 앞으로 밀어내듯이 가볍게 대어주면서 셔틀을 코트에 떨어뜨리는 타구로서 오버헤드도 사이드암도 아닌 독특한 타법이다. 네트의 가장 높은 부분보다 약간 높은 위치에서 팔을 곧게 편 채로 가볍게 쳐서 네트에 닿을 듯 말듯 하게 상대 코트에 셔틀을 밀어 넣는 것도 일종의 언더암 스트로크이다.

3) 셔틀의 비행형태에 의한 분류

셔틀이 비행하는 형태에 따른 분류로서, 포핸드 오버헤드를 치는 경우에 임팩트 되기 직전까지는 똑같은 스윙을 하지만 임팩트 순간에는 하이 클리어나 스매시 또는 드롭 등 3가지 종류의 타구를 구사할 수 있다.

이 3종류의 스트로크는 그 비행 성격에 있어서 스피드, 파워, 비행거리 등이 서로 다르다. 공통점이라면 비행한다는 것뿐이다. 비행은 셔틀이 공중에 그려내는 선으로서, 라켓을 휘두르는 것은 같으나 임팩트 순간의 타점과 방법, 용도에 따라 달라진다.

- (1) 높고 큰 곡선을 그리는 타구- 클리어, 하이 클리어, 하이 서브
- (2) 위에서 아래로 쳐내리는 직선형 타구- 스매시, 푸시
- (3) 중간까지는 스매시나 푸시와 같이 비행하다가 갑자기 떨어지는 타구- 드롭
- (4) 중간 정도의 높이에서 마루와 수평으로 비행하는 타구- 드라이브, 샷 서브

2. 배드민턴 스트로크의 운동 역학적 이해

1) 몸과 팔의 협응동작

배드민턴의 스트로크는 기본적 타법에 따른 몸통과 팔의 움직임에 대한 기본 원리를 습득하는 것이 중요하다. 배드민턴의 스트로크 동작은 몸통의 회전과 팔의 선회라는 두 가지 운동요인으로 성립된다. 몸통과 팔의 협응동작으로 타구에 필요한 유연한 자세가 형성되고 동시에 힘과 스피드도 형성된다. 파워가 강한 타구를 위해서는 몸통을 돌림과 동시에 라켓을 든 팔도 어깨를 중심으로 가벼운 반원을 그리면서 뒤로 나아간다. 이 두 가지 협응동작은 타구를 위한 예비동작이다. 뒤로 돌린 몸통을 앞으로 다시 되돌리는 동작에 따라 팔도 전방으로 휘둘러진다. 이때 팔의 스윙은 어깨를 중심으로 한 일종의 선회운동이다. 오버헤드의 경우는 머리 위에서부터 아래로, 그리고 사이드암은 라켓의 선단에 의해서 수평적 반원을 형성한다. 몸통을 되돌리는 두 가지 협응동작이 일어날 때는 몸통의 회전운동이 팔의 선회운동보다 먼저 발생한다.

배드민턴의 스트로크에도 허리의 운동이 필요하다. 회전이 없이 스트로크가 일어날 경우 결국 손목의 스냅만으로 치는 결과가 되고, 팔이 충분히 앞으로 뻗어지지 않아서 체중이 실리지 않은 약한 타구가 되고 말 것이다.

2) 손목의 스냅동작과 속도

인체의 팔운동은 운동역학적으로 제3종 지레의 원리에 해당한다. 힘점이 축과 작용팔의 중간에 있는 제3종 지레에서는 지렛대의 끝에서 긴 작용팔이 보다 빠른 속도를 얻을 수 있다. 배드민턴의 스트로크에서 팔이 길면 길수록 큰 스윙이 가능하고, 라켓이 그려내는 반원의 호가 길어짐으로써 보다 큰 스피드와 파워를 낼 수 있게 된다. 따라서 포워드 스윙에 있어서 임팩트 순간이 가까워지면 반드시 팔꿈치를 펴서 스윙의 반경을 길게 하고 손목을 뒤로 젖혔다가 임팩트 순간에 앞쪽으로 다시 굴곡시키는 스냅동작을 해야한다. 스트로크에서 손목스냅을 가할 때 손목 그 자체가 움직인 거리는 극히 짧은 거리지만 지레의 작용점에 해

당하는 라켓의 끝은 손목이 움직인 거리의 수십배가 움직인 거리와 같은 결과가 되어 그 스피드와 힘은 증가하게 된다. 만약 스트로크 준비동안 손목을 뒤로 젖혀지지 않았다면 임팩트 순간에 라켓 타구면의 움직임에서 빠른 스피드는 기대할 수 없다. 따라서 배드민턴 스트로크에서 스피드와 힘을 발생할 수 있는 가장 중요한 요인은 손목의 스냅동작이다.

3) 휘로스루의 동작

라켓구기운동에서 라켓으로 셔틀을 맞추기 위하여 앞으로 휘두르는 동작을 포워드 스윙(Foreward swing), 라켓과 셔틀이 만나는 극히 짧은 순간을 임팩트(Impact), 임팩트 후에 라켓의 스윙동작의 휘로스루(Followthrough)라고 한다. 그러나 배드민턴을 처음 배우는 사람들은 정확한 임팩트를 의식한 나머지 휘로스루의 중요성을 인식하지 못하는 경우가 많다. 예로서 골프의 스윙을 고속 촬영한 결과 타구가 골프클럽의 면에 접촉하는 임팩트 순간은 1만분의 5초로서 공과 클럽면이 접촉한 상태로 나아가는 거리는 약 2cm정도가 된다.

임팩트 후 어깨너머까지 큰 휘로스루를 하는 의미는 긴 비행거리를 내기 위함이다. 즉 배드민턴에 비유한다면, 스트로크를 할 때에 임팩트 직후 스윙을 멈추게 되면 곧 임팩트 직전의 스윙속도가 줄어든다는 것을 의미하게 된다. 결과적으로 셔틀은 스윙의 최대 스피드를 잃고 멀리 날아가지도 못한 채 낙하하게 된다. 필요한 최대한의 스피드와 힘을 모아 임팩트가 이루어진다면 그 힘의 여력으로 임팩트 후에도 그대로 라켓의 스윙을 계속할 수 있을 것이다. 휘로스루의 거리와 속도에 따라서 임팩트 시에 가해진 힘의 크기는 비례한다.

4) 동작의 분류

배드민턴 경기의 스트로크(stroke)에는 클리어(clear), 드롭(drop), 드라이브(drive), 헤어핀(hairpin), 로브(lob), 커트(cut), 스매쉬(smash)가 있으며, 그 가운데서 공격형 기술로서 결정력이 가장 높은 기술은 스매시동작이라 할 수 있다. 홈 포지션 근방의 높은 위치에서 상대방 코트에 급강 각도로 타구하여 일직선으

로 나르는 것을 플라이트(flight)라고 정의한다. 즉 타구의 정확성 및 힘, 셔틀콕의 착점(placement)의 예리함과 다양함을 이용하여, 리시브를 가능한 어렵게 하여 기선을 잡거나 랠리(rally)를 막고, 즉시 네트 플레이를 펼쳐 전술적 우위를 점하는 수단으로 반, 점프, 모뎀발 점프로 구분할 수 있다.

반(half smash)은 게임의 랠리 도중에 상대방의 홈 포지션 자세를 흩어 놓거나 상대방의 클리어 공격에 의해 수세에 밀렸을 때, 반을 구사하여 수세에서 벗어나는 스트로크 방향으로, 드롭보다는 더 날카롭고 점프나 모뎀발 점프보다는 강도에서 약한 기술이다.

점프는 상대방의 클리어가 짧거나 스피드가 감소되었을 때 또는 상대방의 로브가 짧거나 스피드가 감소되었을 때 오른손잡이 선수(왼손잡이 선수는 반대로)는 오른발로 점프하여 셔틀콕을 타구하고 왼발로 먼저 착지한 후 오른쪽 발이 착지하여 네트 앞으로 대시(dash)하는 것이다.

모뎀발 점프는 상대방의 로브가 짧거나 셔틀콕이 높이 떴을 때 상대가 수비 자세를 취하기 전에 공격하기 위하여 모뎀발로 점프하여 타구하는 기술이다. 배드민턴 경기 중에 반이나 점프의 이용은 많으나 모뎀발 점프의 이용빈도는 적은 편이다(박동근, 1977).



3. 배드민턴 동작에 동원되는 상지근 군

신체는 목, 몸통, 상지, 하지로 구분이 가능하며, 상지는 손, 전완, 상완으로 구성된다. 상지의 운동은 신체 운동 중에서 가장 다양하고 섬세한 운동을 유발할 수 있고, 이의 운동은 목, 몸통, 하지의 운동과 협응상태로 운동이 발생할 때 그 효율성을 높일 수 있고, 협응에 의한 상지운동은 40여쌍의 근육에 의해 조합된다.

1) 손에서의 근육작용

손은 다양한 운동 중에 굴곡운동이 가장 중요하다. 즉 쥐기(gripping)운동을 말한다. 쥐기에 동원되는 근육은 심지굴근, 장모지굴근, 천지굴근, 충양근, 단모지굴근, 모지내전근, 소지외전근, 단모지외전근이다.

2) 손목에서의 근육작용

운동 상황에서 손목관절의 굴곡, 신전, 외전, 내전과 회선운동이 가능하다. 특히 손목을 굽히는 힘은 매우 강하며 배드민턴의 스매시 때 손목의 스냅동작은 경기의 승패를 좌우한다.

굴곡에 동원되는 근육은 척측수근굴근, 요측수근굴근, 장장근, 심지굴근, 천지굴근, 장모지굴근이 있다. 손목의 신전은 약하지만 다양한 스포츠 활동에 필요하며 손목이 180. 이상으로 퍼질 때의 운동을 과신전이라 한다. 신전시키는 근육들은 단요측수근신근, 장요측수근신근, 척측수근신근, 소지신근, 지신근, 시지신근, 장모지신근이 있다.

3) 팔꿈치에서의 근육작용

팔꿈치관절은 굴곡과 신전만이 가능하다. 팔꿈치 신전운동은 굽히는 것보다는 약하지만 인간운동을 수행하는데는 매우 중요하다. 굴곡시키는 근육들은 상완이두근, 상완근, 원회내근, 원회내근, 장요측수근신근, 주근이 있다.

4) 어깨에서의 근육작용

어깨관절은 완골과 견갑골로 형성되었으며 신체 내에 있는 관절 중 가장 다양하게 운동에 관여한다. 구관절(ball and socket joint)로서 굴곡, 신전, 외전, 내전, 내외측회전과 회선의 7가지 운동이 이루어진다.

어깨굴곡에서의 굴곡은 팔꿈치나 어깨관절을 걸쳐서 뻗어 있는 4개의 근육의 작용에 의해 이루어진다. 삼각근, 대흉근, 이두박근, 오구완근이 있다.

어깨신전에서는 7개의 근육이 어깨를 신전시키며 과신전 운동도 일어난다. 신전에 동원되는 근육은 소원근, 극하근, 대원근, 광배근, 극상근, 견갑근, 삼두박근이 있다.

어깨외전에 동원되는 근육은 삼각근, 극상근, 이두박근, 광배근, 대원근, 대흉근, 삼각근, 극하근이 있다.

4. 배드민턴 스트로크의 운동역학적 선행연구

1) 배드민턴의 스포츠 과학적 연구 동향

배드민턴은 전 세계적으로 가장 많은 각광을 받고 참여도가 높은 스포츠이다. 1992년 바르셀로나 올림픽에서 처음 정식 종목으로 출전하였을 때 TV 시청객은 약 10억 이상으로 집계되었다. 이러한 대중적 인기에도 불구하고 수영과 같은 경기력을 추구하는 인기종목과 비교할 때 거의 과학적인 연구가 이루어지지 못한 실정이다(Costill, Maglischo와 Richardson, 1992).

본 고찰의 목적은 배드민턴에서 과학적인 연구에 관한 결과들을 요약하고, 세계적인 라켓스포츠 경기에서 가능한 연구의 주제를 파악하고 추후 연구방향을 결정하는 데 있다. 배드민턴에 대한 사전의 많은 정보들에 대한 내용(Gowitzke와 Waddell, 1979)과 같은 과거의 반복적인 내용의 요약을 반복하기보다는 전 세계적으로 스포츠 과학자들의 새로운 관심사와 문제점을 제시하는 데 있다.

배드민턴에 대한 대부분의 과학적 연구는 생체역학 혹은 생리학적인 측면에서 다루어져 왔다. 즉 이 두 분야는 본 고찰에서 주요 주제가 될 것이고, 특히 배드민턴에서 수행된 심리학적 연구가 다소 있기는 하나(Sanderson과 Ashton, 1981), 많은 경우가 스포츠 심리학과 운동학습분야(Wrisberg와 Liu, 1991)이며, 특정의 배드민턴 분야이기보다는 다양한 스포츠 현장에서의 적용이 되어왔다. 이러한 주제들은 본 고찰 영역에 속하지는 않지만 배드민턴에 특별히 적용되는 응용스포츠 심리학이 추후 연구되어야 할 한 분야라고 사료된다.

2) 운동역학적 선행연구 동향

1977년까지는 게임에 대한 모든 기술적인 측면은 운동수행의 관찰과 자신의 경험을 바탕으로 한 코치의 문헌에 의존했다. Waddell과 Gowitzke(1977a, 1977b)의 놀라오버헤드 포핸드 파워를 유발시키는 손목 스냅과 백핸드 파워를 유발시키는 flicking의 중요성에 대한 전래적인 개념을 제1회 세계선수권 대회와 관련한

세계 코치 회의에서 제시하였다.

오버헤드 포핸드 파워를 유발시키는 손목 스냅과 백핸드 파워를 유발시키는 동작의 중요성에 대한 전래적인 개념을 제 1차 세계선수권 대회와 관련한 세계 코치 회의에서 제시한 이래로 운동역학적 관점에서 각종 기술의 분석과 이해를 다양하게 도모해왔다(Jack, Adrian과 Yoneda, 1978; Waddell, 1978; Gowitzke와 Waddell, 1978; Gowitzke와 Waddell, 1979; Jack와 Adrian, 1979; Sakurai, Ikegami와 Yabe, 1987; Tapley와 Barlett, 1988; Hong, 1993; Wilson, Murphy와 Pryor, 1994; Tang, Abe, Katoh와 Ae, 1995; Elliott, Marshall와 Noffal, 1995; Lees와 Hurley, 1995; Elliott, Marshall와 Noffal, 1996; Adrian과 Cooper, 1995; Grace, 1996; Walshe와 Wilson, 1997; 황경숙, 1981; 박순복, 1986; 안상우, 1990; 이상경, 1992; 이상연·천영진, 1997; 신인식, 1997; 한상민, 1998; 천영진, 1998; 소재무, 1998; 최성진, 1999).

위와 같은 선행연구 결과로 스트로크의 시작에서 완료시점까지 소요시간은 0.1 초 이내에 완료된다(Waddell과 Gowitzke, 1977b; Tang 등, 1995)고 보고하였다.

Poole(1969)는 모든 배드민턴 스트로크는 전완의 회전동작으로 이루어지고, 전완(남자)에서 라켓을 릴리즈하는 셔들의 스피드에 대한 정량적 분석 결과 테니스 서브의 라켓을 릴리즈하는 것보다 훨씬 더 빠른 특정 선수에서 $100\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 이상되는 것으로 추정하기도 했다(Gowitzke와 Wadll, 1978). 일반적으로 실험집단 전체의 평균 셔들의 초기속도는 $50\text{-}75\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ 정도였다(Gowitzke와 Waddell, 1978; Jack와 Adrian, 1979)고 보고하였다.

그러나 셔들 초기속도에 대한 연구는 1970년대 후반기였고, 그 후로 라켓디자인에 대한 기술의 향상으로 라켓헤드로부터 더 많은 파워를 유발할 수 있게끔 제조함으로써 라켓헤드의 속성과 속도를 다시 측정하는 계기가 되었다.

테니스 서브에 관한 최근 선행연구(Elliott, Marshall와 Noffal, 1995)와 스쿼시에서 포핸드 드라이버의 연구(Elliott, Marshall와 Noffal, 1996)에서 라켓헤드 속도에 최대의 기여도는 상완의 내전동작의 중요성을 지적하였다. 이 연구에서 최대 라켓헤드 속도를 유발하는 데 있어서 운동학적 링크시스템이론(Tang 등, 1995) 즉 근위단에서 원위단으로 에너지 전이(transfer of energy)에 대한 의문을 남겼다.

라켓헤드의 속도에 주요 기여 요인이거나기보다는 라켓의 고정수단으로서 전완의 회내동작(pronation)의 작용을 기술하면서, 유사한 동작 유형이 배드민턴, 테니스, 스쿼시, 라켓볼의 오버헤드 스트로크에서 지적하였다(Jack, Adrian과 Yoneda, 1978). 배드민턴에서 더 가벼운 라켓의 경우 근 신장수축(Myotatic stretch reflex)의 사용과 근육과 건에서 축적된 탄성에너지를 사용하는 더 빠른 길항운동(countermovement)으로 더 큰 회내작용에 의해 더 큰 파워를 유발할 수 있다고 주장하였다.(Gowitzke, 1978).

Sakurai 등(1978)과 Tang(1995)은 동시적으로 두 카메라를 이용하여 샷동작을 3차원 영상분석을 실시하였고, 스트로크의 기전을 충분히 이해하기 위해서 3차원 분석이 적절함을 지적했다.

이외 역학적 연구는 게임 상황에서 기타 스트로크를 분석하는 내용으로서 세계 선수권대회의 내용을 비디오로 촬영하여 경기상황에서 사용되는 역학적 요인들을 분석하였다(우상연, 1997).

Lees와 Hurley(1995)는 스트로크 중 지면반력과 관련한 연구에서 저, 중, 상수준의 선수를 대상으로 배드민턴 런지(lunge)동작에서 외부의 지면반력과 내부의 근력을 추정하였다. 임팩트시 수직과 수평력 사이의 크기는 저, 중수준의 선수에서 더 높았고, 가장 상수준의 선수에서 가장 낮았다고 보고했다.

이 연구에서 하지 앞부분 근육의 파워는 달리기시의 것보다는 작았지만(Harrison, Lees, McCilla와 Rowe, 1986), 대퇴 굴근군과 대둔근같은 뒤쪽 근육에 더 큰 파워를 발생하였다고 보고했다.

Wilson(Wilson, Murphy와 Pryor, 1994; Walshe와 Wilson, 1997)의 연구 결과 점핑 유형의 동작에서 신전성 근력의 역할에 대해 더 많은 증거를 제시하였다. 더 높은 수준의 근육경직(muscle stiffness)으로 신전성 수축에만 거의 의존하는 60cm 이상의 높이에서 깊은 점프의 수행에 억제작용을 한다고 보고했다. 즉 단축성 근력의 비율은 더 많은 경직성 근육군의 경우보다 더 빠르다. 아시아 선수들의 경우 런지동안 신전성 중단기(eccentric breaking phase)에 협조적인 근육의 탄력이 더 뛰어나고, 반면에 유럽선수들의 경직성(stiffness)은 런지의 단축성 중단기(concentric phase)가 지연됨으로 인해 발생한다고 보고했다.

Wilson, Murphy와 Giori(1996)의 최근 연구에서 신전성 힘의 발생은(rate of

eccentric force development) 점핑형의 운동을 요하는 운동에서 중요한 변인이 될 수 있으며, 이는 중량과 종합형(polymetric) 훈련의 혼합운동(아시아 선수들의 운동 프로그램의 일부로 활용하고 있음)에 의해 발달시킬 수 있다고 보고했다.

국내의 선행연구로서 배드민턴 경기에 관한 운동학적, 운동역학적 선행연구로서 박순복(1986)의 경우 배드민턴 드라이브(drive), 스매시, 푸시(push)를 중심으로 2차원 영상분석을 통한 동작분석을 하였으며, 안상우(1990), 황경숙(1981)은 배드민턴 스매시 동작을 연구하였다. 특히 황경숙(1981)은 배드민턴 스매시 동작에 대한 연구를 통하여 스매시 동작시 변화, 소요시간 및 라켓과 팔 분절의 이동 궤적을 보고하였으나 이는 단순한 2차원 영상분석으로서 모든 운동이 단일 평면상에서 이루어지는 것으로 가정하였기 때문에 투시 오차(perspective error)의 발생이 필연적이었으며 많은 오차를 내포하고 있었다.

3차원 영상분석으로는 이상경(1992)이 배드민턴 서브(serve) 동작에 관한 운동학적 연구를 하였고, 신인식(1997)은 배드민턴 경기중 선수 움직임의 역학적 분석을 통한 수행 능력 평가를 분석하였으며, 이계산(1997)은 배드민턴 경기시 선수들의 타구 패턴과 효율성에 관한 연구를 하였다. 한편 소재무 등(1998)은 배드민턴 스매시 동작의 운동학적 변인에 관한 상관성 연구를 하였으나, 연구대상의 사례수가 너무 적어서 결과를 일반화 하기에는 다소 무리가 있다고 생각된다. 또한 한상민(1998), 최성진(1999) 등은 실업팀과 엘리트급 선수들을 대상으로 하여 동작을 3차원 영상분석을 통하여 운동학적 변인을 분석하였고, 이상연(1997)의 경우 세계선수권대회의 경기내용을 촬영하여 경기내용 분석을 실시하였다.

지금까지 스트로크에 대한 운동역학적 선행연구결과를 종합해보면 주로 영상분석(2차원, 3차원)을 통하여 수준이 높은 엘리트급 선수들을 대상으로 하였다. 그러나 이들의 연구결과를 처음 배드민턴에 입문하는 초·중등학교 수업현장에서 적용하는 것은 무리라고 사료되며 처음 접하는 학생들에게 기초동작의 학습 과정을 위한 정량적 연구결과를 정리한 자료가 필요하다고 본다. 따라서 본 연구에서는 중학교 숙련군과 미숙련군 군으로 동작을 운동학적으로 서로 분석하여 나온 결과를 바탕으로 엘리트 선수군의 결과와 비교하여 일선 학교 체육수업현장에서 과학적인 기술분석과 적용을 할 수 있는 기초자료를 제시하고자 한다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구의 연구 대상은 제주시 소재 중학교 재학중인 배드민턴 선수군의 숙련군 3명과 체육수업에서 배드민턴의 수업을 받았던 미 숙련군 3명을 대상으로 하였다.

숙련군의 경우는 전국 및 도 단위 시합에 출전한 경험과 입상 경력이 있는 선수들로 구성하였다. 이들의 특성은 <표 1>과 같다.

<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 분석장비

사용된 실험장비는 스매시동작의 촬영장비와 영상분석 및 자료처리장비로 구성하였다. 촬영장비는 Panasonic사의 모델 D-5100 비디오 카메라(2대), 통제점틀(control object point), 레코드, 동조용 타이머(고무풍선)이며, 영상분석 및 자료처리장비에는 비디오 디지털라이저, 컴퓨터, 분석용 프로그램 등이다.

1) 비디오 카메라

3차원 영상분석을 위해 Panasonic사의 모델 D-5100 비디오 카메라 2대를 사용하였으며, $60\text{frame} \cdot \text{sec}^{-1}$ 로 촬영하였다. 각각의 프레임은 2개의 필드(fields)로 나눌 수 있기 때문에 분석시 시간 해상도는 1/60초가 된다. 촬영시 노출시간은 1/1000 초로 고정하였다.

2) 통제점 틀(control object points)

통제점 틀은 1m 스틸로 제작된 막대를 조립하여 가로 2m, 세로 1m, 높이 2m 크기의 구조물로서 3D-DLT 방법으로 36개 공간의 실제 좌표값을 산출하는 데 활용되도록 설계되었다.

3) 비디오 디지털라이저

비디오 카메라로 촬영된 영상은 S-VHS VCR(panasonic AG-7350)과 19" S-VHS 모니터(Sony PVM-1942Q), 비디오 분석프로그램(Kwon3D, 2.1) 및 AG7350 조그셔틀 기능을 내장하였고, 일반 VHS와 S-VHS 모두 사용 가능하다. 프레임 그래버(frame grabber)가 내장되어 있기 때문에 비디오 프레임을 짝·홀 수 필드로 분리하여 영상에 나타나게 하여 1/60초의 시간해상도를 가질 수 있다. 필름의 속도는 $60\text{fields} \cdot \text{sec}^{-1}$ 였다.

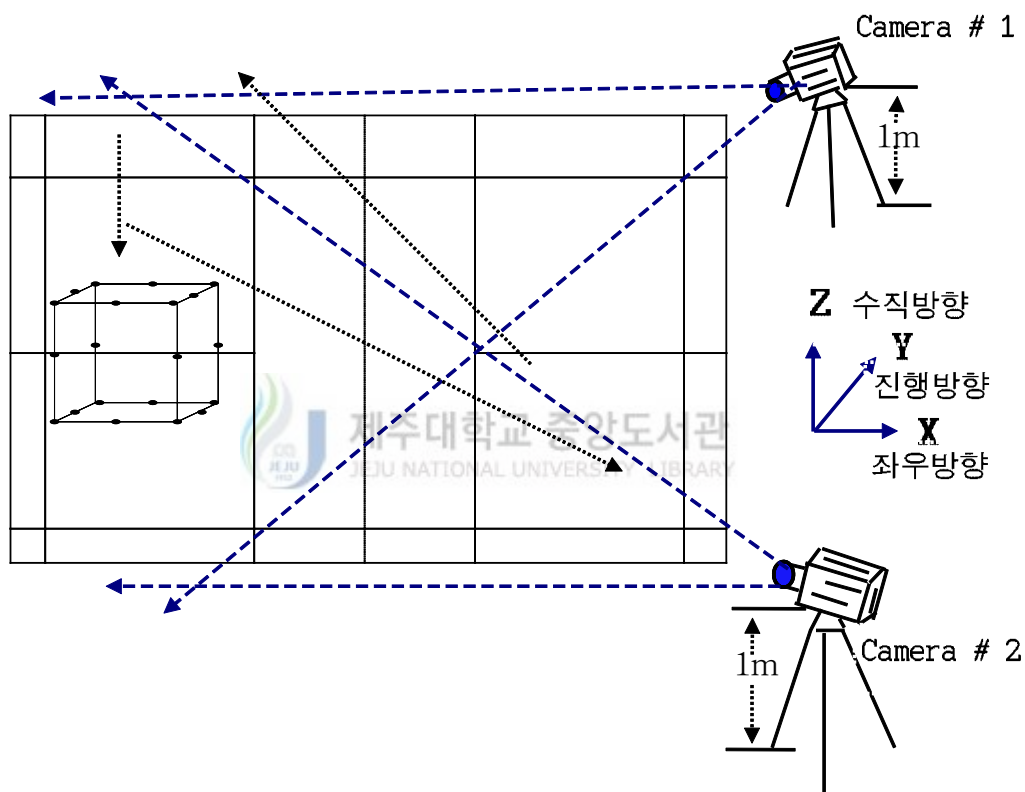
4) 컴퓨터 및 분석프로그램

디지털라이저로 3차원 영상을 좌표화하고, 변인 분석용 산출프로그램으로 3차원 좌표와 운동학적 변인 산출을 위한 KWON3D Ver. 2.1프로그램이 장착된 586컴퓨터를 이용하였다.

KWON3D Ver. 2.1는 운동학적 변인에 대한 자료산출, DLT방법에 의한 실공간 3차원 좌표계산 및 스무딩을 위한 프로그램이다.

3. 실험절차

실험 장소는 실내체육관 정규 규격을 갖춘 배드민턴 코트에서 실시하였다. 피험자의 스매시 동작이 일어나는 곳에 공간좌표 설정을 위한 통제점을 표시한 통제점 틀을 피험자의 스매시 동작을 완전히 포함할 수 있을 정도의 범위에 설치하였다.



<그림 1> 실험장면

실험장면은 <그림 1>과 같다. 통제점 틀은 전방 좌우에 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 $60\text{frame} \cdot \text{sec}^{-1}$ 로 고정한 후 통제점 틀을 1분 동안 촬영한 다음 통제점 틀을 제거했다.

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

제거한 통제점 들의 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 시기(trial)의 것을 분석용으로 활용하였다.

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

4. 좌표화 및 자료산출

1) 통제점 들 및 인체 관절 좌표화

좌표화는 통제점 들의 좌표화와 인체관절 중심점의 좌표화로 나눌 수 있으며, BSP(Body Segment Parameter)모델은 Plagenhoef(1975)의 모델을 사용하였다.

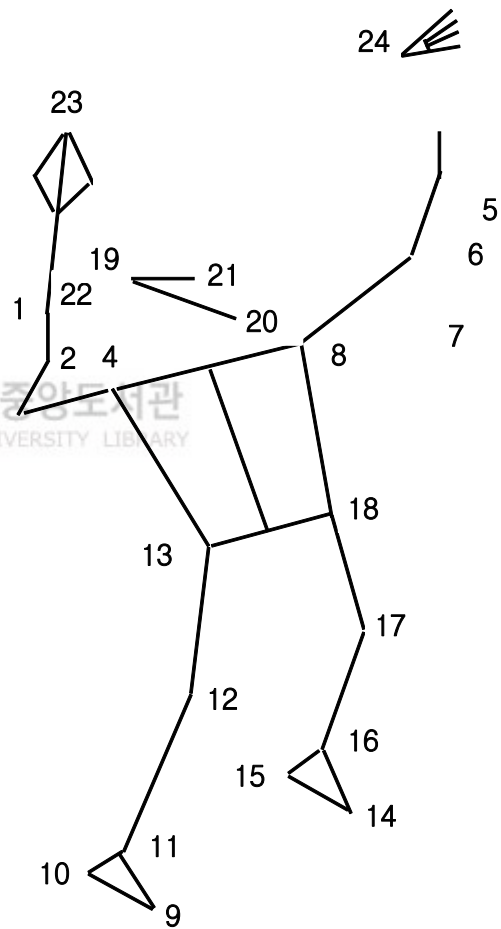
통제점 들의 좌표화는 기준점(reference point)을 포함하여, KWON3D 2.1 프로그램을 이용하여 총 36개 중 20개의 통제점을 좌표화 하여, 이 과정을 여러 번 반복하여 좌표화 한 후 컴퓨터에 파일로 저장하였다. 그리고 자료 처리 과정에서 실공간 좌표계의 기준점(원점)은 통제점 막대 1로 하였다.

인체 관절 중심점의 좌표화는 스매시를 위한 발의 이지(take-off)부터- 훔로스루(follow through)까지로 하고, 디지털이징 점은 기준점(Reference Point)과 셔틀콕까지 총 24개점이 있고, 인체 관절 중심점의 좌표화는 Plagenhoef(1975)의 자료를 기초로 하였으며, 분절 고유번호 순으로 좌표화 하였고, 매 프레임 마다 이 과정을 반복하며, 한 프레임 모두 좌표화가 종료되면 컴퓨터의 파일(file)로

저장하였다.

◆ 화면상의 고정된 기준점(Reference point)

- 1.오른 손가락 끝(Right Finger Tip)
- 2.오른 손목관절(Right Wrist Joint)
- 3.오른 팔꿈치관절(Right Elbow Joint)
- 4.오른 어깨관절(Right Shoulder Joint)
- 5.왼 손가락끝(Left Finger Tip)
- 6.왼 손목관절(Left Wrist Joint)
- 7.왼 팔꿈치관절(Left Elbow Joint)
- 8.왼 어깨관절(Left Shoulder Joint)
- 9.오른 발끝(Right Toe)
- 10.오른 뒤꿈치(Right Heel)
- 11.오른 발목관절(Right Ankle Joint)
- 12.오른 무릎관절(Right Knee Joint)
- 13.오른 고관절(Right Hip Joint)
- 14.왼 발끝(Left Toe)
- 15.왼 뒤꿈치(Left Heel)
- 16.왼 발목관절(Left Ankle Joint)
- 17.왼 무릎관절(Left Knee Joint)
- 18.왼 고관절(Left Hip Joint)
- 19.머리끝(Vertex)
- 20.턱(Chin Point)
- 21.코(Nose)
- 22.라켓 손잡이 끝(Racket End)
- 23.라켓 머리끝(Racket Top Head)
- 24.셔틀콕(Shuttle coke)



〈그림 2〉 인체관절 중심점

2) 동조(synchronization)

2대의 비디오 카메라는 시간 해상도가 $30\text{frame} \cdot \text{sec}^{-1}$ 인 상태인 카메라에서 나온 2쌍의 좌표(x, y)를 매 0.020초 간격으로 보간시킨 후 두 카메라의 동일한 시점을 동조하였다. 이러한 동조방법은 3차 스플라인 함수(cubic spline function)에 의한 보간법(interpolation)을 이용하였다.

3) 3차원 실공간 좌표 산출

3차원 실공간 좌표 산출은 디지털화 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).

4) 표준화(Normalization)

연구 대상자간의 스윙시간이 이지부터 휠로스루까지의 시간이 일치하지 않기 때문에 각 변인들의 비교를 위해서 이지 자세부터 휠로스루까지의 시간을 100%로 보고 그 간격을 동일 프레임수로 나누는 표준화(Normalization) 기법을 사용하였다.

사용된 표준화 기법은 n개의 점($x_i, y_i = 0, 1, 2, \dots, n-1$)이 주어 졌을 때 임의의 x에 대한 함수값 $y=f(x)$ 를 Cubic spline 함수로 구하였다.

5) 연구 변인 산출

연구의 목적을 수행하기 위한 연구내용은 배드민턴 동작에 대한 숙련군과 미

속련군의 분석국면(스타트 S, 백스윙 BS, 임팩트 IP, 휘로스루 FT)별에 따라서

- (1) 소요시간 변인
- (2) 신체중심변위(x, y, z)의 양상, 신체중심 속도(x, y, z)의 양상
- (3) 상완, 전완, 손의 변위(x, y, z) 양상, 신체중심 속도(x, y, z)의 양상, 신체중심 가속도(x, y, z)의 양상
- (4) 셔틀과 라켓의 변위 및 속도
- (5) 동체, 손목, 팔꿈치, 어깨관절의 각변위, 각속도양상
- (6) 동체의 전후경각
- (7) 셔틀과 라켓간의 임팩트 높이 및 타이밍 분석
- (8) 셔틀의 초기속도에 미치는 신체분절의 기여도

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_i 에 대한 속도(V_i)는 $V_i = (P_{i+1} - P_{i-1})/2\Delta t$

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

(4) 분절 i의 중심점 좌표(c_{gi}) 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 **제주대학교 중앙도서관**
NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

$$CG = \sum_{i=1}^{14} (c_{gi} \cdot m_i) / M$$

c_{gi} = i번째 분절의 무게중심 위치좌표

m_i = 전체질량의 백분율로 표시된 i번째 분절 질량

M = 백분율로 표시된 분절질량을 합한 전체질량

전신무게 중심의 속도와 가속도는 분절점의 속도와 가속도 산출방법과 동일하게 산출했다.

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 각도(deg)들은 손목관절각, 팔꿈치관절각, 어깨관절각, 무릎 관절각, 라켓과 하원각, 전후경각 등이 있으며, 각 관절의 각도를 이루는 벡터를 $A(A_x, A_y, A_z)$, $B(B_x, B_y, B_z)$ 라고 할 때 A, B벡터의 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. 분석국면

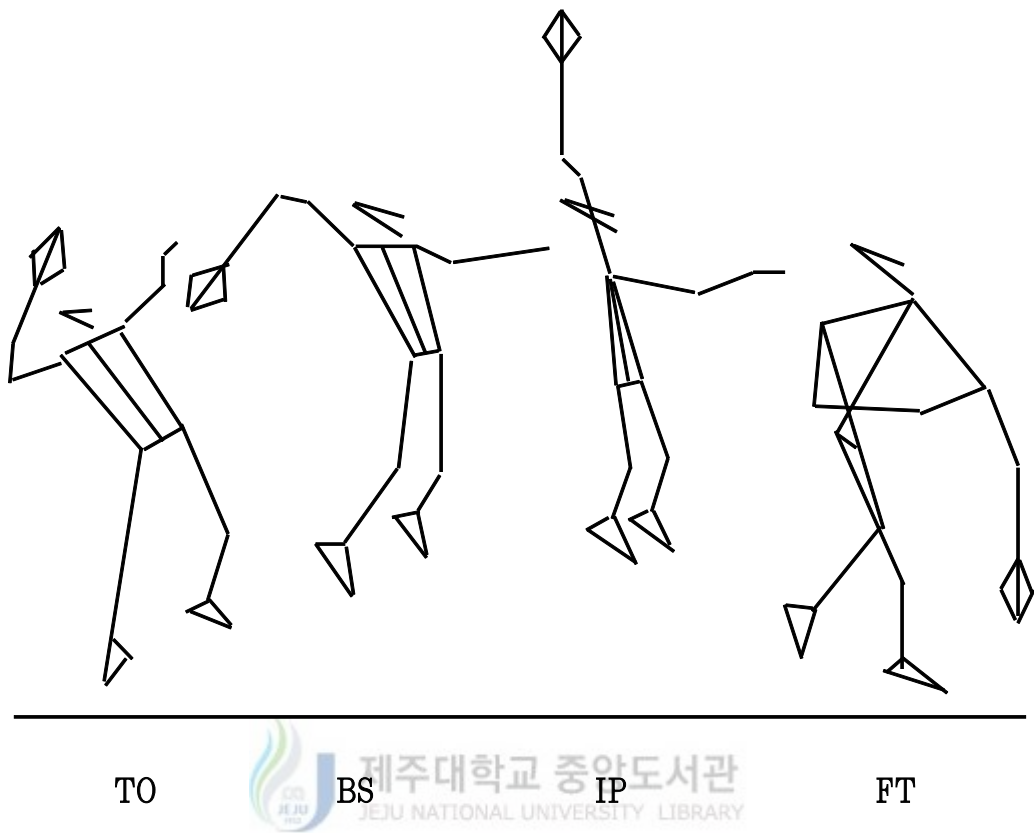


국면의 분석은 <그림-3>과 같이 총 3개 국면으로 구분하였다.

1) 제1국면 : 이지(TO)-백스윙(BS) - 준비자세에서 발이 지면에서 떨어지는 순간에서 발이 지면을 이지하여 라켓헤드와 몸통의 중심이 후방으로 충분히 이동된 시점까지

2) 제2국면 : 백스윙(backswing)-임팩트(Impact) - 발이 지면을 이지하여 라켓헤드와 몸통의 중심이 후방으로 충분히 이동이 된 시점에서 충분한 백스윙에서 라켓헤드와 몸통의 중심이 전방으로 이동되어 그 힘이 셔틀 콕에 최대의 힘을 발휘하는 시점까지

3) 제3국면 : 임팩트(impact)-휠로스루(follow through) - 충분한 백스윙에서 라켓헤드와 몸통의 중심이 전방으로 이동되어 그 힘이 셔틀 콕에 최대의 힘을 발휘하는 시점에서 임팩트 이후 마무리 스윙동작까지.



<그림 3> 국면의 설정

7. 자료처리

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

그래픽 및 기타 디지털화된 자료의 정리 및 처리는 마이크로 소프트 엑셀(microsoft excel)을 활용하였다.

IV. 연구결과

본 연구는 초·중학교 학생의 배드민턴 동작의 수업에서 효율적인 지도방법을 모색하기 위해 중학교 숙련군 3명과 미 숙련군 3명을 대상으로 스매시동작에 대해 영상분석을 실시하였다. 분석 내용은 각 국면별 소요시간변인, 운동학적 변인(선운동변인, 각운동변인) 및 셔틀콕의 초기속도에 미친 분절의 기여율을 분석하였다. 각 변인별 숙련군과 미 숙련군 간의 스매시동작의 각 국면별 통계적으로 차이가 있는지 규명하기 위해 t-검증을 하였다.

1. 시간변인

스윙 전체 및 국면별 소요시간을 분석한 결과는 <표 2>와 같다. <표 2>에서 숙련군의 전체 평균소요시간은 3.06±.40초였고, 제 1국면의 경우 평균 1.84±1.09초로서 전체의 평균 60%, 제2국면의 경우 평균 .43±.61초로서 전체의 평균 14%, 및 제 3국면의 경우 평균 .79±.88초로서 전체평균 26%의 소요시간 비율을 차지하였다.

<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(0.06)	17(0.34)	145(2.90)
	S2	122(2.44)	3(0.10)	11(0.22)	138(2.76)
	S3	29(0.58)	58(1.14)	89(1.80)	176(3.52)
		92.00±54.58	21.33±31.75	39.00±43.41	153.00±20.22
평균±표준편차		(1.84±1.09)	(0.43±0.61)	(0.79±0.88)	(3.06±0.40)
		(60)	(14)	(26)	(100)
미 숙련군	S4	125(2.50)	6(0.12)	15(0.30)	146(2.92)
	S5	125(2.50)	5(0.10)	16(0.32)	146(2.92)
	S6	125(2.50)	12(0.24)	16(0.32)	153(3.06)
		125.00±0	7.67±3.79	15.67±0.58	148.33±4.04
평균±표준편차		(2.50±0)	(0.15±0.08)	(0.31±0.01)	(2.97±0.08)
		(84)	(5)	(11)	(100)
t-값		-1.05	.74	.93	.39

미 숙련군의 전체 평균소요시간은 2.97 ± 0.08 초였고, 제1국면의 경우 평균 2.50 ± 0.00 초로서 전체의 평균 84%, 제2국면의 경우 평균 $.15 \pm 0.08$ 초로서 전체의 평균 5%, 및 제 3국면의 경우 평균 $.31 \pm 0.01$ 초로서 전체평균 11%의 소요시간 비율을 차지하였다.

이러한 결과를 볼 때 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 나타났다.

또한 분석결과 볼의 진행방향(Y축)으로 신체중심의 최대 속도를 보인 시점은 숙련군의 경우 전체소요시간중의 97%지점 및 미 숙련군의 경우 94%인 것으로 각각 나타났다. 따라서 임팩트 된 시점인 전체의 74%으로 볼 때 숙련군의 경우 타이밍 결손구역(timing loss phase)이 전체의 23%지점으로 나타났고, 미 숙련군의 경우 임팩트 된 지점이 89%지점으로 볼 때 타이밍 결손구역 5%로 나타났다. 따라서 임팩트 국면을 중심으로 타이밍의 효율성은 숙련군의 경우가 더 낮은 것으로 나타났다.

두 집단의 타이밍결손구역의 효율을 높이기 위해 임팩트 직전 지점에서 휠로스루 국면까지의 정량적인 분석을 통하여 타이밍을 높일 수 있는 스윙연습을 개인차를 고려하여 지도해야 할 것으로 사료된다.

2. 선 운동학

1) 신체중심 변위

준비국면에서 휠로스루 국면까지 X(좌우방향), Y(진행방향), Z(수직방향)에서 신체중심과 라켓중심의 변위를 정리한 결과는 <표 3>와 같다. <표 3>의 신체중심의 변위에서 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 85.57 ± 74.12 cm, 제2국면의 경우 평균 120.50 ± 5.22 cm, 제3국면의 경우 평균 115.90 ± 23.82 cm로 각각 나타났다. 준비과정인 제1국면의 경우는 개인의 차이가 심했던 결과 평균에 대한 편차가 큰 것으로 나타났지만, 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 임팩트시점까지의 제2국면으로 나타났다.

<표 3> 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 신체중심의 변위

(cm)

구 분		TO-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP-FT(제3국면)	
숙련군	S1	X	60.9	97.0	99.1
		Y	126.7	115.1	122.4
		Z	86.1	93.9	81.6
	S2	X	74.9	92.2	91.1
		Y	130.0	125.5	135.8
		Z	87.5	94.9	85.3
	S3	X	67.9	69.4	102.3
		Y	128.4	120.9	89.5
		Z	86.8	83.4	86.1
평균±표준편차	X	45.27±39.82	86.20±14.75	97.50± 5.77	
	Y	85.57±74.12	120.50± 5.22	115.90±23.82	
	Z	57.87±50.12	90.73±6.37	84.33± 2.40	
미 숙련군	S4	X	43.7	40.9	39.1
		Y	61.5	66.7	64.1
		Z	94.1	98.0	94.9
	S5	X	24.3	-17.6	17.8
		Y	61.5	64.6	64.4
		Z	93.4	97.6	96.0
	S6	X	39.6	46.5	49.9
		Y	61.3	79.9	83.6
		Z	95.9	97.2	94.6
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

미 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 61.43±.12cm, 제2국면의 경우 평균 70.40±8.29cm, 제3국면의 경우 평균

70.70±11.17cm로 각각 나타났다. 스윙 전 과정에서 전방으로 신체중심의 변위가 가장 큰 국면은 임팩트에서 윙로스루 국면인 제3국면으로 나타났지만 백스윙에서 임팩트시점국면과 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 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

3국면 숙련군의 경우 평균 45.20cm 만큼 미 숙련군보다 더 큰 변위를 보인 바 5%수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

위 결과를 정리하면 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 길게하며, 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.

2) 라켓중심의 변위



준비국면에서 윙로스루 국면까지 X(좌우방향), Y(진행방향), Z(수직방향)에서 신체중심과 라켓중심의 변위를 정리한 결과는 <표 4>과 같다. <표 4>의 라켓중심의 변위분석에서 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 85.93±74.42cm, 제2국면의 경우 평균 108.50±17.68cm, 제3국면의 경우 평균 140.00±42.67cm로 각각 나타났다. 준비과정인 제 1국면의 경우는 개인의 차이가 심했던 결과 평균에 대한 편차가 큰 것으로 나타났지만, 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 임팩트시점에서 윙로스루까지의 제3국면으로 나타났다.

<표 4> 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 라켓중심 변위

(cm)

구 분		TO-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP-FT(제3국면)	
속련군	S1	X	84.4	99.9	121.9
		Y	128.7	97.6	153.4
		Z	98.0	161.1	112.4
	S2	X	91.1	111.5	103.9
		Y	129.1	99.0	174.3
		Z	103.8	162.7	111.9
	S3	X	87.8	96.1	119.9
		Y	128.9	128.9	92.2
		Z	100.9	83.1	158.8
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	
미 속련군	S4	X	71.5	54.9	42.8
		Y	48.5	60.8	108.3
		Z	107.0	170.1	120.6
	S5	X	46.7	6.3	-6.6
		Y	51.4	46.5	100.3
		Z	107.3	175.3	107.8
	S6	X	58.0	59.9	48.6
		Y	40.5	43.9	124.8
		Z	123.0	169.3	106.2
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 속련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 46.80±5.65cm, 제2국면의 경우 평균 50.40±9.10cm, 제3국면의 경우 평균 111.10±12.49cm로 각각 나타났다. 스윙 전 과정에서 전방으로 신체중심의 변위가 가장 큰 국면은 임팩트에서 휘로스루 국면인 제3국면으로 나타났으며, 제1국면과 제2국면의 경우 거의 차이가 없는 것으로 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.

위 결과를 정리하면 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 길게하며, 속도를 높이기 위해 풋-스텝, 동체의 후경각의 크기 및 라켓의 백스윙의 크기를 더 크게 한 것으로 사료된다.

3) 신체중심 속도

준비국면에서 월로스루국면까지 X(좌우방향), Y(진행방향), Z(수직방향)에서 신체중심 속도변화를 정리한 결과는 <표 5>와 <그림 4> 및 <그림 5>와 같이 각 방향에서 신체중심의 평균속도변화를 나타내었다. 신체중심의 속도변화에서 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 $-5.97 \pm 5.39 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제2국면의 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.

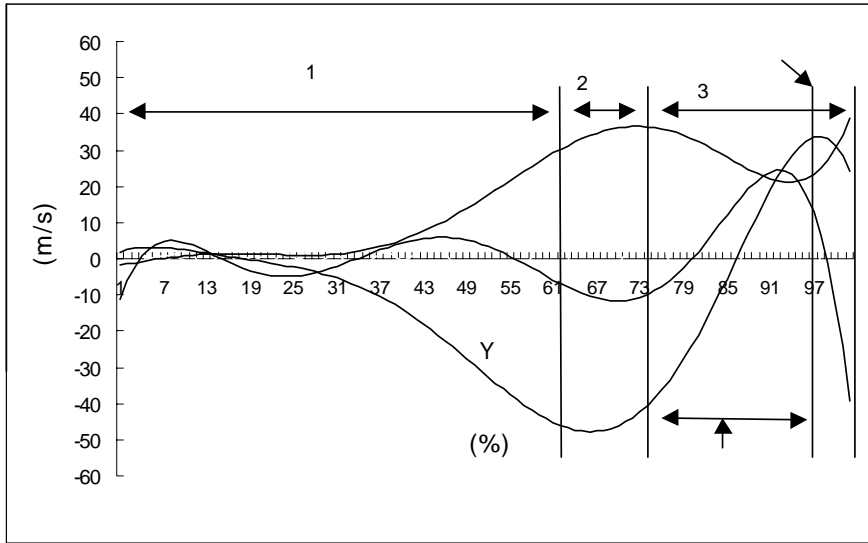
미 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 $8.50 \pm 1.55 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제2국면의 경우 평균 $11.27 \pm 23.41 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제3국면의 경우 평균 $4.00 \pm 4.26 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 스윙 전 과정에서 전방(Y)으로 신체중심의 속도가 가장 큰 국면은 백스윙에서 임팩트가 이루어지는 제2국면으로 나타났지만 역시 모든 피험자에서 평균에 대한 편차의 값이 크게 나타남으로써 스윙 전 국면에서 개인의 차이가 심했던 것으로 사료된다.

배드민턴 스매시동작에서 가장 중요한 진행방향(Y)에서 신체중심의 속도가

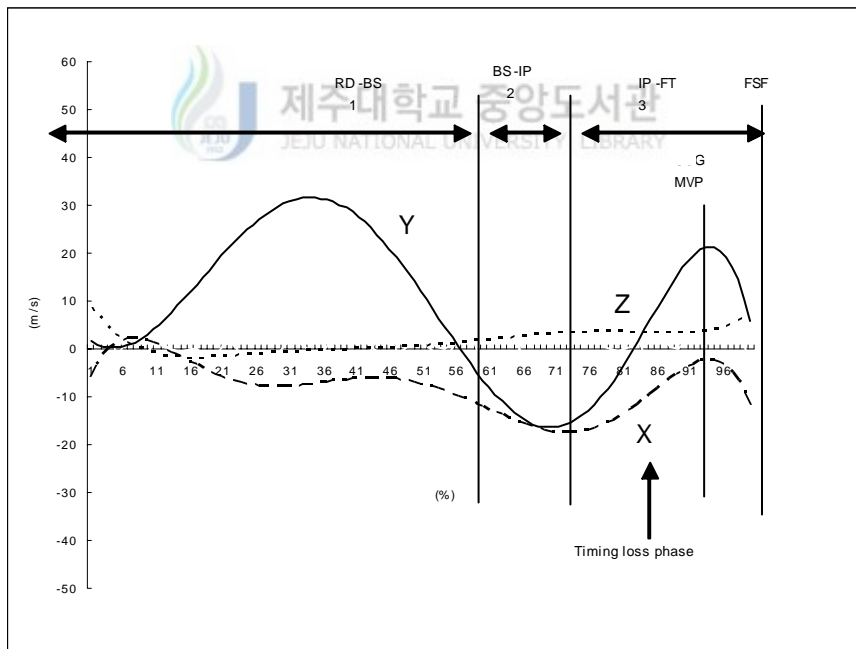
제1국면 미 숙련군의 경우 평균 $2.53\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 절대 속도만큼의 빠른 속도차이를 보여 통계적으로 5%수준에서 유의한 것으로 나타났지만 셔틀콧의 초기속도에 중요한 국면인 제2국면과 3국면에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

<표 5> 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 신체중심 속도 $(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$

구 분		TO-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP-FT(제3국면)	
숙련군	S1	X	18.5	43.7	23.9
		Y	-10.5	15.1	44.6
		Z	2.9	-30.0	-53.6
	S2	X	11.1	-14.9	-6.9
		Y	-7.4	82.9	58.0
		Z	3.0	-25.2	-54.5
	S3	X	14.8	14.1	14.9
		Y	-9.0	-18.0	-6.2
		Z	3.0	0.4	-0.6
평균±표준편차	X	9.87±9.31	14.30±29.30	10.63±15.84	
	Y	-5.97±5.39	26.67±51.43	32.13±33.87	
	Z	1.97±1.70	-18.30±16.34	-36.20±30.86	
미 숙련군	S4	X	-2.9	-18.3	-4.9
		Y	10.0	-2.7	4.3
		Z	1.6	4.3	-26.8
	S5	X	-24.4	-9.5	2.7
		Y	8.6	-1.8	-4
		Z	1.1	16.7	-15.4
	S6	X	3.3	8.8	11.5
		Y	6.9	38.3	8.1
		Z	1.8	-6.1	-13.1
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±0.36	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	



<그림 4> 숙련군의 국면별 전신중심의 평균속도(XYZ)



<그림 5> 미 숙련군의 국면별 전신중심의 평균속도(XYZ)

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

미 숙련군의 경우 임팩트가 되는 시점에서 평균속도가 월로스루 국면에서의 평균속도에 비해 더 높은 값을 보인 결과 타이밍손실구간(Timing loss phase)이 숙련군의 경우보다 더 적은 폭을 유지하였다. 그러나 임팩트 후 갑작스런 진행 방향에서 속도의 감소로 월로스루가 제대로 이루어지지 못한 결과를 발생하여 결국 셔틀콕의 초기속도에 미치는 영향이 감소하게 되었다. 따라서 미 숙련군의 경우 임팩트국면에서 월로스루국면까지의 동작의 연결 되도록 하는 훈련이 필요할 것으로 사료된다.

4) 라켓중심속도

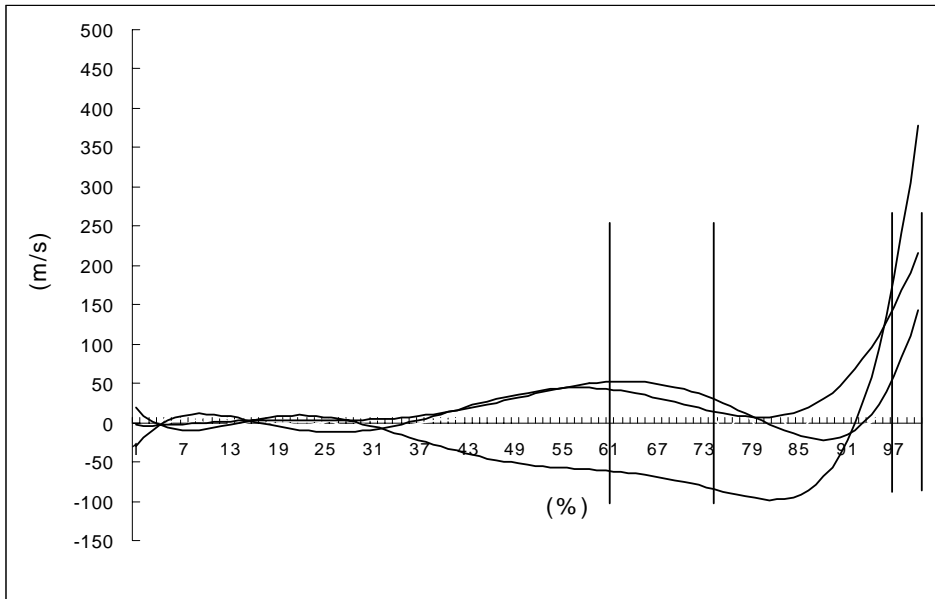


준비국면에서 월로스루 국면까지 X(좌우방향), Y(진행방향), Z(수직방향)에서 라켓중심의 속도를 정리한 결과는 <표 6>과 <그림 6> 및 <그림 7>와 같다. 라켓중심의 속도변화에서 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 $-20.80 \pm 18.04 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제2국면의 경우 평균 $389.00 \pm 385.47 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제3국면의 경우 평균 $78.97 \pm 87.39 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 모든 과정에서 개인적인 차이가 큰 것으로 나타났고, 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.

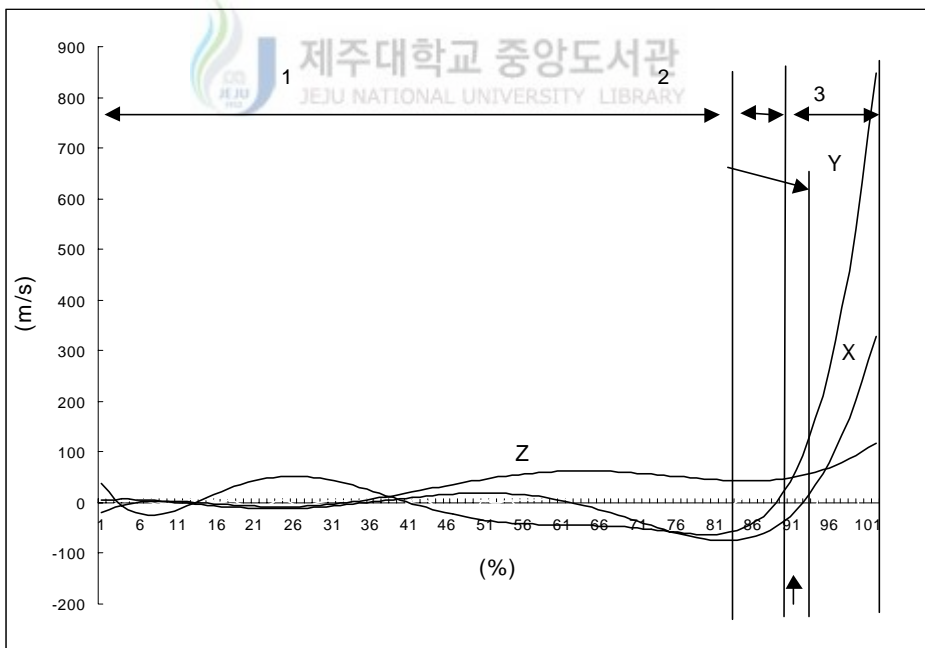
<표 6> 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 라켓중심 속도

(cm · s⁻¹)

구 분		TO-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP-FT(제3국면)	
속련군	S1	X	11.7	135.7	1.8
		Y	-32.2	733.9	42.4
		Z	24.0	327.1	-306.0
	S2	X	6.3	290.2	-177.7
		Y	-30.2	460.3	178.7
		Z	23.6	198.5	-482.8
	S3	X	9.0	17.6	-23.1
		Y	-31.2	-27.1	15.8
		Z	23.8	11.4	-35.6
평균±표준편차	X	6.00±5.85	147.80±136.70	-66.30±97.25	
	Y	-20.80±18.04	389.00±385.47	78.97±87.39	
	Z	15.87±13.74	179.00±158.75	-275.00±225.23	
미 속련군	S4	X	-7.1	72.9	-129.5
		Y	-3.5	562.5	-34.4
		Z	27.8	80.1	-337.2
	S5	X	-24.3	185.3	-166.9
		Y	-5.0	459.4	22.6
		Z	31.3	129.5	-330.1
	S6	X	-9.7	217.6	-161.6
		Y	-11.4	281.7	48.0
		Z	24.9	52.0	-323.3
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	



<그림 6> 숙련군의 국면별 라켓중심 평균속도(XYZ)



<그림 7> 미 숙련군의 국면별 라켓중심의 평균속도(XYZ)

미 숙련군의 경우 셔틀콕이 날아가는 방향(Y축)에서 제1국면은 평균 $-6.63 \pm 4.19 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 제2국면의 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 제2국면으로 나타났다지만 역시 모든 피험자에서 평균에 대한 편차의 값이 크게 나타남으로써 스윙 전 국면에서 개인의 차이가 심했던 것으로 사료된다.

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

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

3. 각 운동학

1) 각변위

각도변인은 스윙 전구간에서 셔틀콕의 초기속도에 직접적으로 영향을 미치는 분절인 동체의 전후경각, 상완, 전완, 손분절의 벡터각을 극좌표계를 기준으로 분석하였다. <표 7>과 <그림 8> 및 <그림 9>에서와 같이 숙련군의 경우 동체의 전경각에서 제2국면과 3국면에서 평균 -9.63 ± 5.92 도와 평균 -11.00 ± 6.63 도로서 미 숙련군의 같은 국면에서 평균 -5.40 ± 1.59 도 및 평균 -7.53 ± 3.46 도였다. 이는 임팩

트 직전과 임팩트 직후에 동체의 전경각이 숙련군의 경우가 다소 큰 각변위를 보인 결과를 볼 때 숙련군의 경우가 미 숙련군에 비해 임팩트를 위해 후경각을 이룬 후 임팩트시에 동체를 전방으로 전경각을 더 크게 함으로써 임팩트시에 셔틀콧의 초속도에 대한 기여율을 더 높일 수 있는 것으로 나타났다.

상완의 경우 제2국면과 제3국면에서 수직축에 대해 시계방향으로 평균 -43.20 ± 24.51 도와 평균 -1.53 ± 21.13 도로서 미 숙련군의 같은 국면에서 시계방향으로 평균 -44.80 ± 8.42 도 및 평균 29.17 ± 9.50 도였다. 이는 임팩트 직전과 임팩트 직후에 상완이 숙련군의 경우가 수직축에서 시계방향으로 상완을 신전한 후 임팩트 후 수평면 선상에 상완을 하강시킨 결과를 보였다. 미 숙련군의 경우 임팩트 직전 숙련군과 거의 같은 수준으로 상완을 신전하였으나, 임팩트 직후에는 상완을 수평면으로부터 아래 방향으로 약 27도 더 하강시킨 결과를 보였다.

상완의 경우 숙련군과 미 숙련군 모두 수직축에 대해 전-상방으로 신전은 거의 동일한 수준이었지만 숙련군보다 미 숙련군의 경우 임팩트 직후 수평면아래로 더 빠르게 하강시킨 결과를 볼 때 미 숙련군의 경우 임팩트 직후 팔목관절을 빠르게 굴곡시킨 결과로 사료된다.

전완의 경우 제2국면과 제3국면에서 수직축으로부터 반시계방향으로 평균 11.53 ± 4.46 도와 시계방향으로 평균 -4.40 ± 6.84 도로서 미 숙련군의 같은 국면에서 시계방향으로 평균 -2.60 ± 8.92 도 및 평균 -1.13 ± 5.98 도였다. 즉 숙련군의 경우 임팩트 직전과 임팩트 직후에 숙련군의 경우가 수직축에서 시계방향으로 굴곡시킨 후 임팩트 후 수직선상에 전완을 하강시킨 결과를 보였다. 미 숙련군의 경우 임팩트 직전 시계 방향으로 다소 굴곡한 상태에서 임팩트가 이루어진 것으로 나타났다. 즉 숙련군의 경우 임팩트시 전완이 수직축보다 약간 후방에 위치하였으나, 미 숙련군의 경우 수직축보다 다소 전방에 위치하여 임팩트가 되었던 것으로 사료된다.

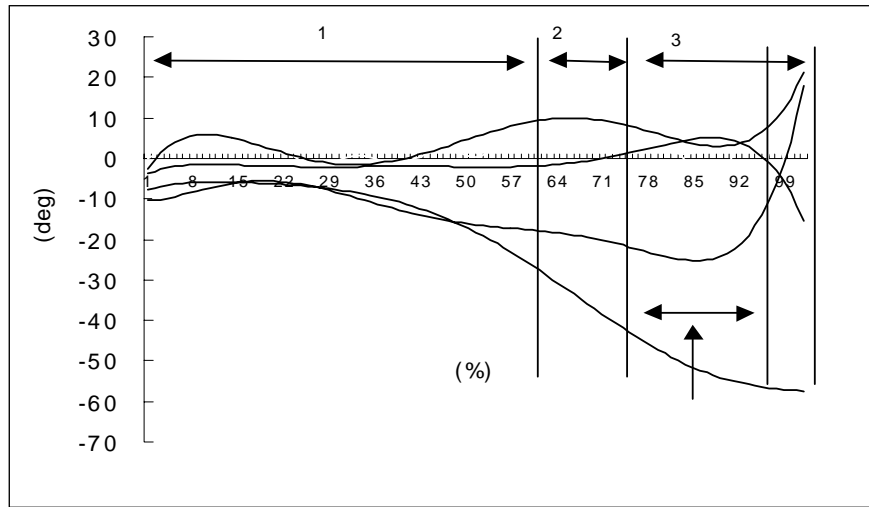
손의 경우 제2국면과 제3국면에서 숙련군의 경우 수직축으로부터 반시계방향으로 평균 11.23 ± 19.58 도와 시계방향으로 평균 -9.97 ± 8.64 도로서 미 숙련군의 같은 국면에서 반시계방향으로 평균 28.83 ± 9.52 도 및 시계방향으로 평균 -14.00 ± 11.73 도였다. 즉 숙련군의 경우 임팩트 직전과 임팩트 직후에 숙련군의 경우가 수직축에서 반시계방향에서 임팩트 후 시계방향으로 각도의 변화는 21.20도로서 미 숙련군의 42.83도에 비하여 훨씬 더 적은 손목스냅동작을 한 것으로 나타났다.

<표 7> 국면별 평균 등체의 전후경각 및 분절의 벡터각

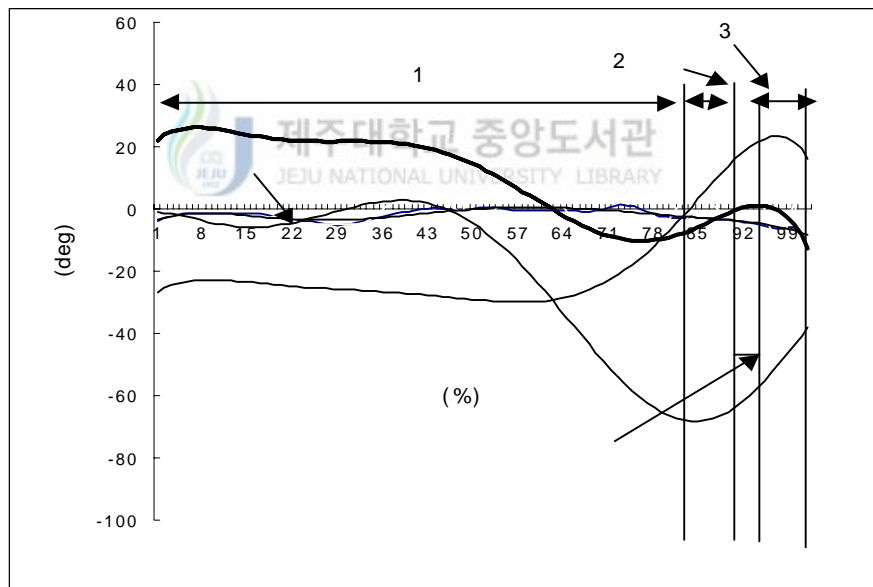
(deg.)

구	분	TO-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP-FT(제3국면)	
숙련군	S1	동체	0.7	-13.3	-15.3
		상완(우)	-23.2	-39.1	3.1
		전완(우)	5.7	-12.4	-11.9
		손(우)	-22.3	33.4	-3.6
	S2	동체	0.4	-12.8	-14.4
		상완(우)	-25.9	-69.5	16.9
		전완(우)	-1.3	15.5	1.5
		손(우)	-14.9	4.0	-19.8
	S3	동체	0.6	-2.8	-3.4
		상완(우)	-24.6	-21.0	-24.6
		전완(우)	3.5	6.7	-2.8
		손(우)	-18.6	-3.7	-6.5
평균±표준편차	동체	0.36±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	-1.8	-6.0	-11.5
		상완(우)	-27.0	-37.5	34.8
		전완(우)	-3.0	-12.1	-1.8
		손(우)	-35.0	36.6	-21.7
	S5	동체	-1.4	-6.6	-6.0
		상완(우)	-21.0	-42.8	18.2
		전완(우)	11.2	-1.3	6.5
		손(우)	-21.8	18.2	-19.8
	S6	동체	-2.3	-3.6	-5.1
		상완(우)	-20.2	-54.0	34.5
		전완(우)	24.0	5.6	-5.1
		손(우)	-3.6	31.7	-0.5
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<.01, ***P<.001



<그림 8> 숙련군의 각 분절의 각변위(동체, 상완, 전완, 손)



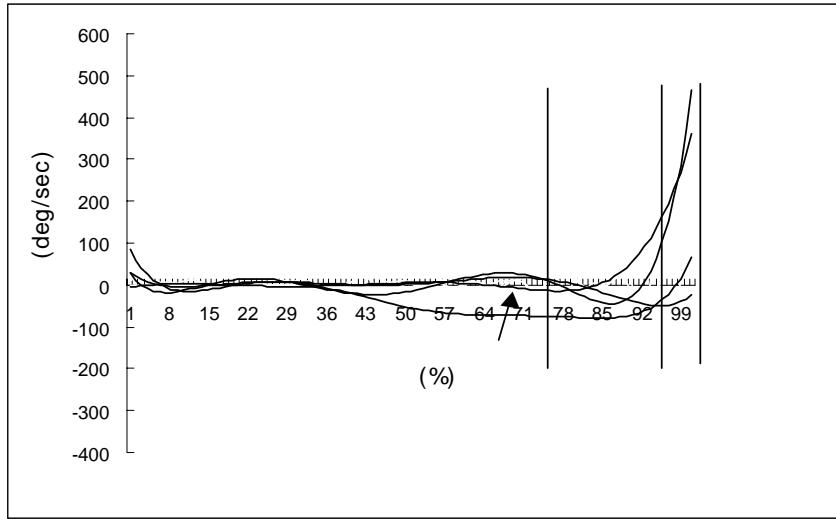
<그림 9> 미 숙련군의 각 국면별 각변위(동체, 상완, 전완, 손)

위 결과를 정리하면 준비국면인 제1국면에서 동체의 전후경각에서 숙련군과 미 숙련군간 1%수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으나 제2국면과 3국

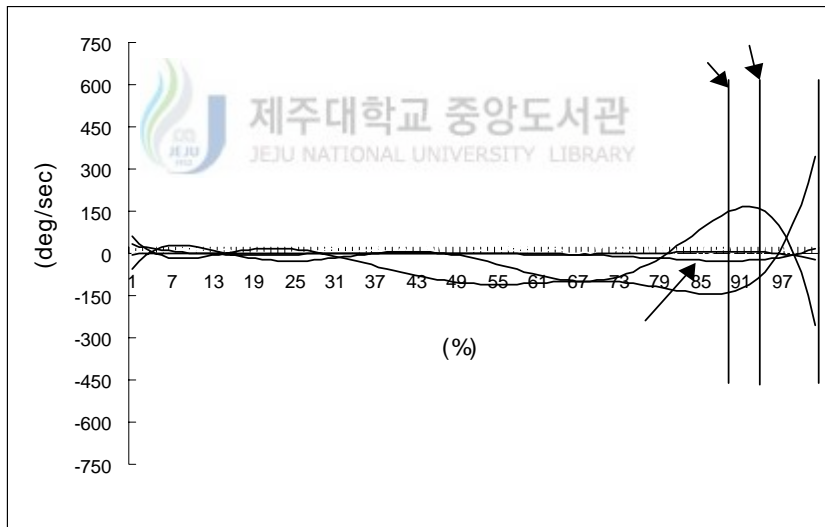
면에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 임팩트시 동체는 모두 전경각을 유지하였으나 숙련군의 경우가 다소 더 큰 각을 유지하였고, 이의 임팩트 전후과정에서 자세는 동체의 수직축에 대해 다소 앞으로 구부린 전경각을 유지하고, 상완 역시 수직축에서 시계방향으로 기울인 상황에서 임팩트가 되었고, 임팩트 직후 숙련군의 경우는 수평을 이루었으나 미 숙련군의 경우 수평면 하방으로 급속히 하강시킨 특징을 가졌다. 전완은 숙련군의 경우에 수직축에서 반시계방향에서 이루어졌으며, 직후 시계방향으로 이동한 반면 미 숙련군의 경우 임팩트가 수직축보다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

2) 각속도

각속도 변인은 스윙 전구간에서 셔틀콕의 초기속도에 직접적으로 영향을 미치는 분절인 동체의 후경각, 상완, 전완, 손분절의 각속도를 분석하였다. <그림 10> 및 <그림 11>에서 보는바와 같이 전체적인 양상은 숙련군의 경우 임팩트 후 휠로스로 동작으로 이어지는 시점에서 동체-상완-전완-손의 순으로 근위단에서 원위단 분절로 갈수록 운동량이 전이되어 점차 더 큰 각속도 값을 가지는 경향을 보였다. 반면 미 숙련군의 경우 임팩트 후 원위분절인 손의 각속도는 하향하는 반면 상완의 경우가 점차 증가하는 양상을 보인 것은 스윙 전체 과정에서 정상적인 동작이 이루어지지 않았음을 알 수 있다.



<그림 10> 숙련군의 각속도 양상(동체, 상완, 전완, 손)



<그림 11> 미 숙련군의 각속도 양상(동체, 상완, 전완, 손)

〈표 8〉에서 임팩트와 관련을 가지는 제2국면을 중심으로 숙련군과 미 숙련군의 모든 신체분절이 가지는 평균 각속도에서 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 숙련군의 경우 제2국면에서 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 적은 값을 가진 것으로 나타났다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 숙련군의 경우가 미 숙련군에 비해 신체 근위단에서 원위단으로 순서적인 운동량 전이가 잘 이루어졌다고 볼 수 있으며, 특히 미 숙련군의 경우 신체의 파워 존의 근육군에 의한 파워를 활용하는 데 미숙하였던 것으로 사료된다.



<표 8> 분절의 국면별 평균 각속도

		(deg · s ⁻¹)			
구	분	RD-BS(제1국면)	BS-IP(제2국면)	IP-FI(제3국면)	
숙련군	S1	동체	-0.8	-17.7	84.2
		상완(우)	9.1	199.9	-160.4
		전완(우)	46.0	9.0	112.0
		손(우)	29.1	100.8	-164.4
	S2	동체	-1.9	-54.7	-18.2
		상완(우)	-81.6	-395.2	676.9
		전완(우)	-3.9	296.2	-27.8
		손(우)	-29.0	739.3	116.0
	S3	동체	-1.4	0.8	10.8
		상완(우)	36.3	-19.3	-112.4
		전완(우)	21.1	-0.4	-7.9
		손(우)	0.1	0.4	-17.7
평균±표준편차	동체	-0.90±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)	0.03±29.05	280.20±400.78	-22.00±140.25	
미 숙련군	S4	동체	-5.9	26.0	-50.6
		상완(우)	-61.8	-90.8	490.6
		전완(우)	-1.8	26.2	17.1
		손(우)	-11.8	179.5	161.1
	S5	동체	-1.6	1.2	-18.1
		상완(우)	-63.0	-106.2	-192.6
		전완(우)	-0.8	83.3	-17.9
		손(우)	-31.9	360.0	194.1
	S6	동체	-1.1	-12.9	-0.1
		상완(우)	-57.3	-207.0	-244.9
		전완(우)	-1.8	12.7	-27.9
		손(우)	-39.6	103.9	-31.5
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	

4. 셔틀콧 초속도와 분절의 기여율

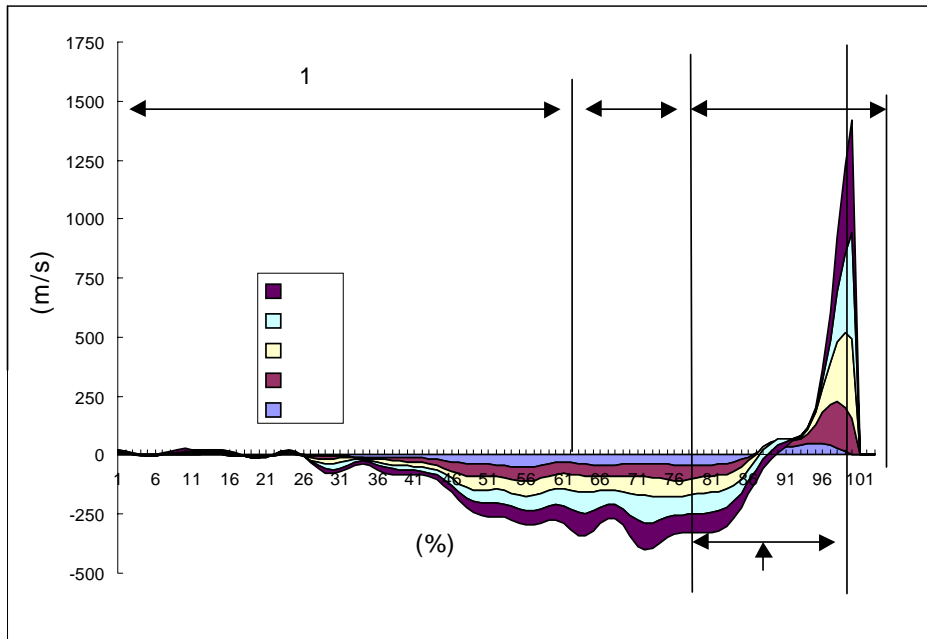
임팩트 후 셔틀콧의 초기속도에 대한 신체분절의 기여율을 셔틀콧의 진행방향(Y축)에서 나타낸 결과는 <표 9>와 <그림 12> 및 <그림 13>과 같다. 숙련군 및 미 숙련군 모두의 셔틀콧에 대한 기여양상은 신체중심속도가 최대인 시점에서 볼 때 동체 < 상완 < 전완 < 손 < 라켓의 순으로 운동량이 누적되었음을 알 수 있다. 즉 신체 근위분절에서 원위분절로의 운동량의 전이가 되는 순서적인 양상을 보였다. 이러한 결과는 <표 9>에서와 같이 임팩트 직후 셔틀콧의 초기속도에서 숙련군의 평균은 $1925.83 \pm 410.63 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 미 숙련군의 $967.03 \pm 640.80 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타난 바, 이 결과는 10%수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

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

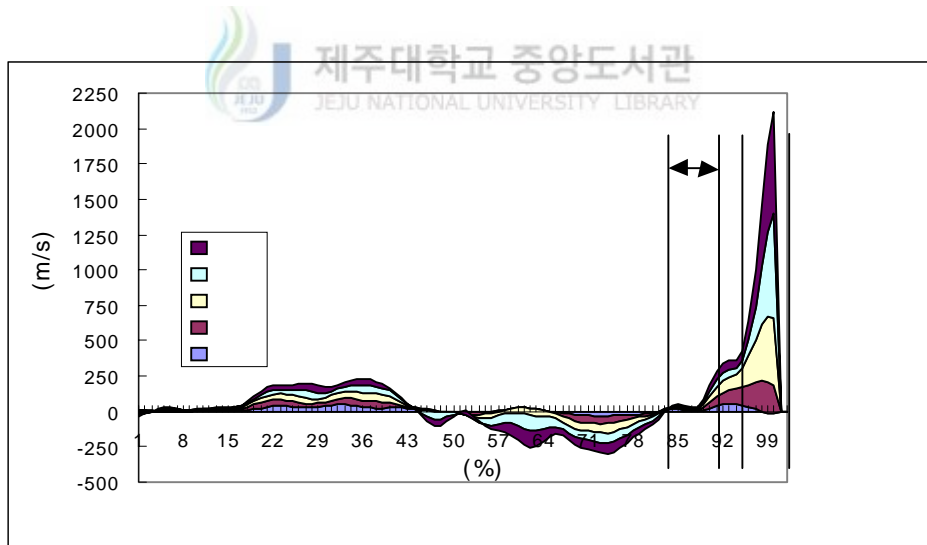
<표 9> 임팩트 직후 볼 초속도 및 분절의 기여도

구 분	볼 초기속도	(cm · s ⁻¹ , %)							
		동체 (%)	상완 (%)	전완 (%)	손 (%)	라켓 (%)	운동량 전이율 (%)	운동량 (±)	
속련군	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 속련군	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	-0.08
	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*	-.29	-.36	-.65	-.54			

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



<그림 12> 숙련군의 신체분절별 운동량 전이(Y축)



<그림 13> 미 숙련군의 신체분절별 운동량 전이(Y축)

V. 논 의

본 연구 중학교 학생의 배드민턴 동작을 숙련군과 미 숙련군으로 구분하여 운동학적 분석 및 비교를 통하여 나온 결과를 토대로 학교수업 현장에서 초보자들의 동작 학습에서 효율적인 학습지도를 위한 정량적이고 과학적인 자료를 제시하기 위해 착수하였다.

이를 위해 분석국면별에 따라서 연구문제는 1) 분석국면별 소요시간(준비국면-백스윙, 백스윙-임팩트, 임팩트-휠로스루), 2) 분석국면에 따라 전심중심 및 라켓 중심의 선운동학적 분석, 3) 분석국면에 따라 전심중심 및 라켓중심의 각운동학적 분석, 4) 연구문제 1), 2), 3)의 규명의 결과 셔틀콕과 라켓간의 임팩트 높이 및 타이밍에 미치는 운동학적 변인을 분석하는 것이었다. 이러한 분석 결과를 토대로 셔틀의 초기속도에 미치는 신체 각분절의 기여도를 분석하여 배드민턴 기술 학습에서 효율적인 지도를 위한 방안을 국면별 제시하는 것이다.

본 연구의 내용을 달성하기 위해 참여한 피험자는 제주도 소재 중학교 재학중인 배드민턴 선수군의 숙련군 3명과 체육수업에서 배드민턴의 수업을 받았던 미 숙련군 3명을 대상으로 하였다.

사용된 실험장비는 스매시동작의 촬영장비와 3차원 영상분석 및 자료처리장비로 구성하였다. 2대의 비디오 카메라(Panasonic사의 모델 D-5100), 통제점 틀(control object points), 비디오 디지털라이저 및 분석시스템(S-VHS VCR (panasonic AG-7350)과 19" S-VHS 모니터(Sony PVM-1942Q), 비디오 분석프로그램(Kwon3D, 2.1)으로 구성하였다.

실험절차는 실내 체육관에서 통제점 틀을 전방 좌우에 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·sec⁻¹로 고정한 후 통제점 틀을 1분 동안 촬영한 다음 통제점 틀을 제거했다. 제거한 통제점 틀의 위치에서 피험자들은 스매시 동작을 충분히 연습을 한 후 본 실험에 임하게 하였다. 촬영

하기 전에 준비운동을 충분히 실시하며, 각 피험자는 3 ~ 4회씩 스매시를 하게 하여 성공적으로 이루어진 시기(trial)의 것을 분석용으로 활용하였다. 좌표설정은 목표지점을 향해 스트로크 하는 방향을 Y축 방향, 통제점 틀을 기준으로 지면에 대하여 수직 방향을 Z축 방향, Z축에서 Y축으로의 벡터의 외적(cross product)을 X축으로 설정하였다.

인체관절점의 좌표화는 통제점 틀의 좌표화와 인체관절 중심점의 좌표화로 나눌 수 있으며, BSP(Body Segment Parameter)모델은 Plagenhoef(1975)의 모델을 사용하였다.

통제점 틀의 좌표화는 기준점(reference point)을 포함하여, KWON3D 2.1 프로그램을 이용하여 총 36개 중 20개의 통제점을 좌표화 하여, 이 과정을 여러 번 반복하여 좌표화 한 후 컴퓨터에 파일로 저장하였다. 그리고 자료 처리 과정에서 실공간 좌표계의 기준점(원점)은 통제점 막대 1로 하였다.

2대의 비디오 카메라의 동조를 위해 시간 해상도가 $30\text{frame} \cdot \text{sec}^{-1}$ 인 상태인 카메라에서 나온 2쌍의 좌표(x, y)를 매 0.020초 간격으로 보간시킨 후 두 카메라의 동일한 시점을 동조하였다. 이러한 동조방법은 3차 스플라인 함수(cubic spline function)에 의한 보간법(interpolation)을 이용하였다.

3차원 실공간 좌표 산출은 디지털라이징 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. 각 피험자 및 각 시기마다 분석방법은 스윙시간이 이지부터 휠로스루까지의 시간이 일치하지 않기 때문에 각 변인들의 비교를 위해서 이지 자세부터 휠로스루까지의 시간을 100%로 보고 그 간격을 동일 프레임수로 나누는 표준화(Normalization) 기법을 사용하였다.

분석을 위한 연구 변인은 각 국면별 1) 소요시간 변인, 2) 신체중심변위(x, y, z)의 양상, 신체중심 속도(x, y, z)의 양상, 3) 상완, 전완, 손의 변위(x, y, z) 양상, 신체중심 속도(x, y, z)의 양상, 신체중심 가속도(x, y, z)의 양상, 4) 셔틀과 라켓의 변위 및 속도, 5) 동체, 손목, 팔꿈치, 어깨관절의 각변위, 각속도양상, 6) 동체의 전후경각, 7) 셔틀과 라켓간의 임팩트 높이 및 타이밍 분석, 8) 셔틀의

초기속도에 미치는 신체분절의 기여도였다.

위와 같은 연구목적, 연구내용 및 방법에 따라 분석한 연구변인에 대해 두 집단 간 차이를 검증하기 위해 t-검증을 실시하여 나온 결과를 토대로 논의한 내용은 다음과 같다.

배드민턴의 기술은 1977년까지는 운동수행의 관찰과 자신의 경험을 바탕으로 한 코치의 문헌에 의한 정성적 분석에 의존하였다. 그후 Waddell과 Gowitzke (1977a, 1977b)의 오버헤드 포핸드 파워를 유발시키는 손목 스냅과 백핸드 파워를 유발시키는 역 스냅(flicking)의 중요성에 대한 전래적인 개념을 제1회 세계선수권 대회와 관련한 세계 코치 회의에서 제시하였다.

오버헤드 포핸드 파워를 유발시키는 손목 스냅과 백핸드 파워를 유발시키는 동작의 중요성에 대한 전래적인 개념을 제 1차 세계선수권 대회와 관련한 세계 코치 회의에서 제시한 이래로 운동역학적 관점에서 각종 기술의 분석과 이해를 다양하게 도모해왔다(Jack, Adrian과 Yoneda, 1978; Waddell, 1978; Gowitzke와 Waddell, 1978; Gowitzke와 Waddell, 1979; Jack와 Adrian, 1979; Sakurai, Ikegami와 Yabe, 1987; Tapley와 Barlett, 1988; Hong, 1993; Wilson, Murphy와 Pryor, 1994; Tang, Abe, Katoh와 Ae, 1995; Elliott, Marshall와 Noffal, 1995; Lees와 Hurley, 1995; Elliott, Marshall와 Noffal, 1996; Adrian과 Cooper, 1995; Grace, 1996; Walshe와 Wilson, 1997; 황경숙, 1981; 박순복, 1986; 안상우, 1990; 이상경, 1992; 이상연·천영진, 1997; 신인식, 1997; 한상민, 1998; 천영진, 1998; 소재무, 1998; 최성진, 1999).

위의 연구는 거의 스매쉬 동작과 관련된 각 국면별 기술을 연상분석을 통하여 향상시키려는 연구의 결과였다.

1. 시간변인

본 연구의 결과 시간변인(temporal variables)의 분석에서 스윙 전체 및 국면별 소요시간을 분석한 결과 특이한 결과는 볼의 진행방향(Y축)으로 신체중심의 최대 속도를 보인 시점은 숙련군의 경우 전체소요시간중의 97%지점 및 미 숙련군의 경우 94%인 것으로 각각 나타났다. 따라서 임팩트 된 시점인 전체의 74%

으로 볼 때 숙련군의 경우 타이밍 결손구역(timing loss phase)이 전체의 23%지점으로 나타났고, 미 숙련군의 경우 임팩트 된 지점이 89%지점으로 볼 때 타이밍 결손구역 5%로 나타났다. 따라서 임팩트 국면을 중심으로 타이밍의 효율성은 숙련군의 경우가 더 낮은 것으로 나타났다. 또한 백스윙에서 임팩트 및 훔로스윙까지 소요된 시간의 경우 선행연구에서 0.1초 이내에 완료(Waddell과 Gowitzke, 1977b; Tang 등, 1995)되었다고 보고한 결과와 비교할 때 본 연구의 경우 더 많은 시간이 지연된 원인은 준비과정에서 소요시간이 상대적으로 길었기 때문으로 사료된다.

본 연구에서 시간변인의 분석 결과 두 집단의 타이밍결손구역의 효율을 높이기 위해 임팩트 직전 지점에서 훔로스윙 국면까지의 정량적인 분석을 통하여 타이밍을 높일 수 있는 스윙연습을 개인차를 고려하여 지도해야 할 것으로 사료된다.

2. 선 운동학

1) 변위

준비국면에서 훔로스윙 국면까지 X(좌우방향), Y(진행방향), Z(수직방향)에서 신체중심과 라켓중심의 변위를 분석한 결과 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 길게하며, 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.

한편 라켓중심의 변위에서 준비국면에서 훔로스윙 국면까지 X(좌우방향), Y(진행방향), Z(수직방향)에서 신체중심과 라켓중심의 변위를 분석한 결과 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 길게하며, 속도를 높이기 위해 풋-스텝, 동체의 후경각의 크기 및 라켓의 백스윙의 크기를 더 크게

한 것으로 사료된다.

3) 속도

준비국면에서 윙로스루국면까지 X(좌우방향), Y(진행방향), Z(수직방향)에서 신체중심 속도변화를 정리한 결과 숙련군의 경우 모든 국면에서 피험자 S3의 경우를 제외하면 임팩트가 되는 시점에서 평균속도가 윙로스루 국면에서의 평균 속도에 비해 훨씬 더 낮은 값을 보인 결과 타이밍손실구간(Timing loss phase)이 발생하여 결국 셔틀콕의 초기속도에 미치는 영향이 감소하게 되었다. 따라서 숙련군의 경우 임팩트 시기를 조절하는 과정에서 신체중심-동체-상완-전완-손-라켓의 순으로 신체 근위분절에서 원위분절로 전이가 타이밍에 맞게 임팩트할 때 더 나은 초기 셔틀콕 속도를 높일 수 있을 것으로 사료된다.

미 숙련군의 경우 임팩트가 되는 시점에서 평균속도가 윙로스루 국면에서의 평균속도에 비해 더 높은 값을 보인 결과 타이밍손실구간(Timing loss phase)이 숙련군의 경우보다 더 적은 폭을 유지하였다. 그러나 임팩트 후 갑작스런 진행 방향에서 속도의 감소로 윙로스루가 제대로 이루어지지 못한 결과를 발생하여 결국 셔틀콕의 초기속도에 미치는 영향이 감소하게 되었다. 따라서 미 숙련군의 경우 임팩트국면에서 윙로스루국면까지의 동작의 연결 되도록 하는 훈련이 필요할 것으로 사료된다.

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

이러한 본 연구의 결과는 Poole(1969)의 전완(남자)에서 라켓을 릴리즈하는 셔틀의 스피드에 대한 정량적 분석 결과 테니스 서브의 라켓을 릴리즈하는 것보다 훨씬 더 빠른 특정 선수에서 $100\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 이상되는 것으로 추정하기도 했다 (Gowitzke와 Wadll, 1978). 일반적으로 실험집단 전체의 평균 셔틀의 초기속도는 $50\text{-}75\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ 정도였다(Gowitzke와 Waddell, 1978; Jack와 Adrian, 1979)고 보고한 결과와 거의 비슷한 속도를 보였다.

배드민턴과 비슷한 라켓운동인 테니스 서브에 관한 최근 선행연구(Elliott, Marshall와 Noffal, 1995)와 스쿼시에서 포핸드 드라이버의 연구(Elliott, Marshall와 Noffal, 1996)에서 라켓헤드 속도에 최대의 기여도는 상완의 내전동작의 중요성을 지적하였다. 이 연구에서 최대 라켓헤드 속도를 유발하는 데 있어서 운동학적 링크시스템이론(Tang 등, 1995) 즉 근위단에서 원위단으로 에너지 전이(transfer of energy)에 대한 의문을 남겼다.

라켓헤드의 속도에 주요 기여 요인이자기보다는 라켓의 고정수단으로서 전완의 회내동작(pronation)의 작용을 기술하면서, 유사한 동작 유형이 배드민턴, 테니스, 스쿼시, 라켓볼의 오버헤드 스트로크에서 지적하였다(Jack, Adrian과 Yoneda, 1978). 배드민턴에서 더 가벼운 라켓의 경우 근 신장수축(Myotatic stretch reflex)의 사용과 근육과 건에서 축적된 탄성에너지를 사용하는 더 빠른 길항운동(countermovement)으로 더 큰 회내작용에 의해 더 큰 파워를 유발할 수 있다고 주장하였다.(Gowitzke, 1978).

이러한 선행연구의 결과는 본 연구의 숙련군의 경우와 마찬가지로 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 갑작스런 진행방향에서 속도의 감소로 휘로스루가 제대로 이루어지지 못한 결과를 발생하여 결국 셔틀콕의 초기속도에 미치는 영향이 감소하게 되었다. 따라서 미 숙련군의 경우 임팩트국면에서 휘로스루 국면까지의 동작의 연결 되도록 하는 훈련이 필요할 것으로 사료된다. 즉 파워의 전달과정에서 에너지 손실이 없도록 근위단에서 원위단으로의 순차적인 전달 훈련이 필요할 것으로 사료된다.

3. 각 운동학

1) 각변위

각도변인은 스윙 전구간에서 셔틀콕의 초기속도에 직접적으로 영향을 미치는 분절인 동체의 전후경각, 상완, 전완, 손분절의 벡터각을 극좌표계를 기준으로 분석한 결과 준비국면인 제1국면에서 동체의 전후경각에서 숙련군과 미 숙련군간

1%수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으나 제2국면과 제3국면에서 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 유지하였고, 상완 역시 수직축에서 시계방향으로 기울인 상황에서 임팩트가 되었다.

임팩트 직후 숙련군의 경우는 수평을 이루었으나 미 숙련군의 경우 수평면 하방으로 급속히 하강시킨 특징을 가졌다. 전완은 숙련군의 경우에 수직축에서 반시계방향에서 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.

이러한 결과는 라켓헤드의 속도에 주요 기여 요인이라기보다는 라켓의 고정수단으로서 전완의 회내동작(pronation)의 작용을 기술하면서, 유사한 동작 유형이 배드민턴, 테니스, 스쿼시, 라켓볼의 오버헤드 스트로크에서 지적하였다(Jack, Adrian과 Yoneda, 1978)는 결과에 비추어 볼 때 본 연구의 경우 두 분절 간의 각도 분석 이외 회내 및 회외작용의 결과를 추가 분석하므로써 라켓과 팔의 각 분절의 작용을 심층분석할 수 있을 것으로 사료된다.

2) 각속도

각속도 변인은 스윙 전 구간에서 셔틀콕의 초기속도에 직접적으로 영향을 미치는 분절인 동체의 후경각, 상완, 전완, 손분절의 각속도를 분석한 결과 숙련군의 경우 제2국면에서 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 적은 값을 가진 것으로 나타났다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 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 미

속하였던 것으로 사료된다.

이러한 결과는 테니스 서브에 관한 최근 선행연구(Elliott, Marshall와 Noffal, 1995)와 스쿼시에서 포핸드 드라이버의 연구(Elliott, Marshall와 Noffal, 1996)에서 라켓헤드 속도에 최대의 기여도는 상완의 회내 및 내전동작의 중요성을 지적하였다. 이 연구에서 최대 라켓헤드 속도를 유발하는 데 있어서 운동학적 링크 시스템이론(Tang 등, 1995), 즉 근위단에서 원위단으로 에너지 전이(transfer of energy)과정에서 타이밍이 적절한 스윙과 근위분절에서 원위분절로 옮겨가는 과정에서 에너지 손실을 감소시킬 수 있는 방안이 필요할 것으로 사료된다.

4. 셔틀콕 초속도와 분절의 기여율

임팩트 후 셔틀콕의 초기속도에 대한 신체분절의 기여율을 셔틀콕의 진행방향(Y축)에서 나타낸 결과 셔틀콕에 대한 운동량 전이율에서 숙련군의 경우 평균 동체+ 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 초기속도가 숙련군의 경우보다 약 1/2수준에 그침으로 손목의 스냅작용력에 의한 결과라 볼 수 있다. 따라서 미 숙련군의 경우 셔틀콕의 초기속도를 높이는 방법을 개선할 필요가 있다. 파워 존의 파워를 동원하여 순서적으로 동체 < 상완 < 전완 < 손 < 라켓의 순으로 운동량을 전달하는 기술이 필요한 곳으로 사료되며, 역시 이러한 본 연구의 결과는 테니스 서브에 관한 최근 선행연구(Elliott, Marshall와 Noffal, 1995)와 스쿼시에서 포핸드 드라이버의 연구(Elliott, Marshall와 Noffal, 1996)에서 라켓헤드 속도에 최대의 기여도는 상완의 회내 및 내전동작의 중요성을 지적하였던 결과와 일치된다. 이 연구에서 최대 라켓헤드 속도를 유발하는 데 있어서 운동학적 링크시스템이론(Tang 등, 1995), 즉 근위단에서 원위단으로 에너지 전이(transfer of energy)과정에서 타이밍이 적절한 스윙과 근위분절에서 원위분절로 옮겨가는 과정에서 에너지 손실을 감소시킬 수 있는 방안이 필요할 것으로 사료된다.

VI. 결론 및 제언

본 연구는 배드민턴 스매시 동작의 효율적인 교육방법을 모색하기 위해 중학교 숙련군 3명과 미 숙련군 3명을 대상으로 스매시 동작에 대해 3차원 영상분석을 실시하였다. 분석 내용은 각 국면별 시간변인, 선운동학적변인, 각운동학적 변인 및 셔틀콕의 초기속도에 미친 분절의 기여율을 분석하였다. 각 국면별 숙련군과 미 숙련군 간의 스매시 동작의 분석변인에서 통계적으로 차이가 있는지 규명하기 위해 t-검증을 실시하였다. 분석결과 얻어낸 결론 및 제언은 다음과 같다.

1. 시간변인

숙련군과 미 숙련군간의 소요시간에서 통계적으로 차이를 보이지 않았고, 타이밍결손구역을 감소시키는 방안의 일환으로 두 집단 모두 임팩트 직전 지점에서 휠로스로 국면까지의 정량적인 분석을 통하여 타이밍을 높이고 스윙 폭을 짧게 할 수 있는 개별적 스윙 연습방법이 필요하다.

2. 선 운동학

1) 신체중심 및 라켓중심 변위

모든 국면에서 숙련군의 경우가 미 숙련군에 비해 진행방향(Y축)에서 신체중심의 변위가 큰 결과는 숙련군이 라켓과 셔틀콕의 임팩트 지점에 대한 정확성을 높이고 셔틀의 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 발생하여 결국 셔틀콕의 초기속도에 감소효과를 초래하였고, 이를 개선하기 위

해 신체 근위분절에서 원위분절로 운동량전이가 타이밍에 맞게 이루어질 수 있는 방법이 필요하다.

미 숙련군의 경우 타이밍손실구간(timing loss phase)이 숙련군의 경우보다 더 적은 폭을 유지하였지만, 임팩트국면에서 월로스루 국면까지 동작의 연결이 필요하였다.

3. 각 운동학

1) 각변위

임팩트 직전과 직후에 동체의 전후경각이 숙련군의 경우가 큰 각위를 유지함으로써 임팩트시에 셔틀콕의 초속도에 대한 기여율을 더 높일 수 있는 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이외 신체분절의 각위에서 통계적으로 차이를 보이지 않았다.

2) 각속도

숙련군은 임팩트 후 월로스루 동작으로 이어지는 시점에서 동체-상완-전완-손의 순으로 근위단에서 원위단 분절로 운동량이 누적되어 점차 더 큰 각속도 양상을 보였으나, 미 숙련군은 임팩트 후 가장 원위분절인 손의 각속도는 하향하는 반면 상완의 경우가 점차 증가하는 비정상적 순서는 근위분절에서 원위분절로의 운동량전달의 순서를 개선해야 할 방안이 필요하다.

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-전완-손-라켓의 순으로 운동량을 전달하는 기술이 필요하다.

위의 분석결과를 종합하면 스매시동작을 지도할 경우 전신중심의 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 셔틀콕에 전달되도록 하는 동작연습이 필요하다.

연구결과를 일반화시킬 수 있는 수준이 되기 위해서는 개인차가 없는 피험자와 참여자의 수를 증가시켜 정량적인 분석을 할 필요가 있다고 사료된다.



참고문헌

- 김인식(1981). 배드민턴의 길잡이. 금화출판사.
- 오성기(1995). 코우칭 배드민턴. 부산외국어대학교 출판부.
- 이상연·천영진(1997). 배드민턴 경기내용의 역학적 변인분석, 서울대학교 체육
과학연구소논집 제18권 제2호, 127-140.
- 이상경(1992). 배드민턴 서브동작에 관한 운동학적 연구. 미발행 석사학위논문,
한국교원대학교 대학원.
- 최성진(1999). 배드민턴 스매시 동작의 숙련군과 비 숙련군간의 운동학적 분석.
미발행 석사학위논문, 경성대학교 교육대학원.
- 한상민(1998). 배드민턴 스매시 동작의 운동학적 분석. 미발행 석사학위논문, 건
국대학교 교육대학원.
- 천영진(1998). 배드민턴 경기 중 선수 움직임의 역학적 분석을 통한 운동수행능
력평가. 미발행 석사학위논문, 서울대학교 대학원.
- 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
- 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
- Gowitzke. B. A. 와 D. B. Waddell (1977a). Analysis of Overhead Badminton
power Strokes Using High Speed Bi-Plane Photography. In: *Selected
Papers Presented at the international Coaching Conference*. Malmo
11p.
- Gowitzke. B. A. 와 D. B. Waddell (1977). The contributions of Biomechanics in
Solving Problems in Badminton Stroke Production. In: *Selected Papers
Presented at the international Coaching Conference*. malmo. 10p
- Gowitzke. B. A. 와 D. B. Waddell (1978). Technique of Badminton stroke

- Production. In: *Science in Racket Sports-international Congress of Sports Sciences*. Ed. J. Terauds. Edmonton. Pp.17-41
- Gowitzke. B. A. 와 D. B. Waddell (1979). Qualitative Analysis of the Badminton Forehand Smash as Performed by international Players. In: *Proceedings of a National Symposium on the Racket Sports: an expiration of research implications and teaching strategies*. Ed. J. L. Groppe. University of illinois. urbana-Champaign. Pp.1-16
- Harrison. R. N. A. Lees. P. McCullagh 와 W.B. Rowe (1986). A Bioengineering Analysis of Human Muscle and Joint Forces in the Lower Limb During Running. *Journal of Sport Sciences* 4: 207-218.
- Hong. Y. (1993). The Biomechanics of Badminton Smash Technique. In: *Abstracts of the International Society of Biomechanics*. XIVth Congress. Paris. Vol 1, 588-589.
- Jack. M. & 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.
- Jack. M. M. Adrian과 Y. Yoneda (1978). Selected Aspects of the Overarm Storke in Badminton. Racquetball. and Squash. In: *Science in Racket Sports- international Congress of Sports Sciences*. Ed. J. Terauds. Edmonton. 69-80.
- Jorgensen. U. 와 P. Holmich (1994) Injuries in Badminton. In: *The Encyclopedia of Sports Medicine V. Clinical Practice of Sports Injury Prevention and Care*. Ed. P. A. F. H. Renstrom. Blackwell Scientific.
- Jorgensen. U. 와 P. Holmich (1990). Injuries in Badminton. *Sports Medicine* 10: 59-64.
- Koner. K. S. A. Schmidt. A. B. Neilsen. J. Yde. B. W. Jakobsen. B. Moller-Madsen 과 J. Jensen (1990). Badminton Injuries. *British*

Journal of Sports Medicine 24:169-172.

- 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. Pp.186-189
- Poole. J. R. (1970). *Cinematographic Analysis of the Upper Extremity Movements of World Class Players Executing Two Basic Badminton Strokes*. Ed. D. dissertation. Louisiana State University. Baton Rouge.
- Sakurai. S., Y. Ikegami 와 K. Yabe. (1978). A Three-Dimensional Cinematographic Analysis of Badminton Strokes. In: *Biomechanics in Sports* V: Proceedings of the Fifth International Symposium of Biomechanics in Sports. Ed. L. Tsarouchas 등. Athens. Greece. 357-363.
- Tang. H. P., K. Abe, K. Katoh 와 M. Ae. (1995) Three-Dimensional Cinematographical Analysis of the Badminton Forehand Smash: Movements of the Forearm and Hand. In: *Science and Racket Sports*. Ed. T. Reilly. M. Hughes, A. Lees, E. 와 F. N. Spoon. London. 113-118.
- Tapley. S. 와 R. Bartlett (1988). A Cinematographical and Electromyographic Analysis of the Upper Extremity During the Execution of Four Overhead Badminton Strokes (abstract). Communications to the "sport and science" conference. *Journal of Sport Sciences*. 6: 153-154.
- Waddell. D. B. (1978). Coaching the Power Stroke in Badminton. In: *Science in racket Sports-International Congress of Sports Sciences*, ed. J. Terauds, Edmonton. 1-5.
- Walshe, A. D. 와 G. J. Wilson(1997). Influence of musculo tendinous stiffness on Drop jump performance. *Canadian Journal of Applied physiology*. 22:117-132.
- Wilson, G. J., A. J. Murphy 와 Giorgi(1996). Weight and plyometric training. Effects on eccentric and concentric force production. *Canadian Journal*

- of Applied physiology*, 21: 301-315.
- Wilson, G. J., A. J. Murphy 와 J. F. Pryor(1994). Musculo-tendinous stiffness: Its relationship to eccentric, isometric and concentric performance. *Journal of Applied Physiology* 76:2714-2719.
- Wilson, G. J., G. A. Woo 와 B. C. Elliott(1991). The relationship between stiffness of the musculature and static flexibility: A alternative explanation for the occurrence of uscular injury. *International Journal of Sports Medicine* 12:403-407.
- Wirhed, R., L. Johansson 과 A. Lindberg(1983). *Training of strength in badminton. Coaches Conference*, Brondby, Denmark.



<ABSTRACT>

Kinematic Analysis For The Efficient Teaching Of The Smash
motions Of Badminton

Kim, Ik-Sang

Major in Physical Education

The Graduate School Of Education, Cheju National University

Cheju, Korea

Supervised by Professor Ryew, Che-Cheong

The purpose of this research was to suggest the data of scientific and quantitative learning ways so that the beginners can learn the motions of badminton quite easily. This research was carried out by dividing middle school students into two groups, the skilled group and the unskilled group, on the motions of badminton and the following conclusions was based on the result of the kinematics comparison as well as analysis of the motions.

The subject of the research was 3 badminton players, the skilled group, and 3 students who have ever been educated in badminton , the unskilled group from middle school attached to a college of education of Cheju National University.

Analysis equipments are two Model D-5100 Video Cameras, a control point, a record and a synchronization timer. The equipments for the image analysis and the data processes are a video digitizer , Kwon3d motion analysis system for analysis.

※ A thesis submitted to the Committee of the Graduate School of Education, Cheju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Education in August, 2003.

Data process and analysis was calculated $M \pm SD$ by each group and variable. T-test was tested by using SAS(Statistic Analysis System) to verify the differences of data variable between two groups. On the basis of the results of the analytic process, this study deduced the following conclusions.

Firstly, The difference between two groups didn't show in time variable, as part of the plan to reduce Timing Impairment Zone, individual swing practice ,which improves Timing and shortens the wide of swing, is required

Secondly, In terms of linear Kinematics, the displacement of a body center of the skilled group came out greatly in every respect and in the case of the skilled group, transition of the quantity of momentum from the body proximal segment to distal segment should be reformed according to timing at the point of Impact, which is the moment the badminton racket hits a shuttlecock. In the case of the unskilled group, the connection of motions from impact moment to follow-through should be reformed.

Thirdly, In terms of angular kinematics, angular displacement didn't show its difference statistically.

Angular velocity took on an aspect of being on a increase, because the momentum of the skilled group, from proximal endpoint to distal endpoint, had been accumulated, but the unskilled group needs to improve the order of the momentum transmission from the proximal segment to the distal segment.

Fourthly, In terms of initial velocity and the contribution rate of the segment, in the case of the unskilled group, how to promote the early velocity of a shuttlecock needs to be improved and how to transmit the momentum in a sequence of the body-the upper part-the forearm-the hand-the racket by mobilizing the power of the power zone is required.

After considering all the analytical results, in the case of teaching the motions of smash, when the velocity of the whole body center comes to the greatest, the teachers need to teach that it's the moment of Impact. It's believed to reduce the Time Impairment Zone to an minimum. Especially how to transmit the momentum in a sequence of the body-the upper part-the forearm-the hand-the racket with the power from the segment of the power

zone is needed. To make this possible, It is necessary for you to need the swing practice in good order, which matches timing and regulates the size of anterior-posterior tilting angle of the body, so that it helps the accumulated sum of the absolute and relative velocity of the recruited segment be transmitted to a shuttlecock.

In addition, To generalize the results of this research , it is considered that we should increase in numbers of the subjects who don't have individual variations for more accurate quantitative analysis

