creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

체육학 석사 학위논문

시각 피드백 형태에 따른 배드민턴 초보자의 포핸드 언더 클리어 학습 효과

2019년 2월

서울대학교 대학원

체육교육과

서 동 휘

시각 피드백 형태에 따른 배드민턴 초보자의 포핸드 언더 클리어 학습 효과

지도교수 김 선 진

이 논문을 체육학 석사 학위논문으로 제출함
2018년 11월

서울대학교 대학원
체육교육과
서 동 휘

서동휘의 체육학 석사 학위논문을 인준함
2018년 11월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국문초록

시각피드백 형태에 따른 배드민턴 초보자의 포핸드 언더클리어 학습 효과

서 동 휘
서울대학교 대학원
체 육 교 육 과

본 연구의 목적은 배드민턴 포핸드 언더클리어 과제에서 시각피드백의 형태인 양적보강정보나 질적보강정보를 제공한 집단, 피드백을 부여받지 않은 통제집단 간 과제수행의 결과, 운동학적 변인 그리고 상지관절의 협응구조를 비교□분석 하는데 있다. 이를 위해 20대~30대의 남성 27명을 연구대상으로 세 집단으로 나누어 사전검사, 연습단계, 사후검사, 그리고 파지검사를 실시했다. 검사와 연습단계에서 연구대상자는 일정하게 날아오는 셔틀콕을 목표지점을 향해 포핸드 언더클리어로 타구하게 했다. 연습단계에서 연구대상자는 3일 동안 총 150회의 타구에 대해 집단별로 다른 피드백을 부여받았다. 양적보강정보집단에는 10회의 연속된 타구 후 손목- 팔꿈치관절의 굴곡-신전 각도를 수치화된 그래프로 제공했다. 질적보강정보집단에는 같은 과제를 손목-팔꿈치관절의 3D 애니메이션으로 제공했다. 통제집단의 경우 어떠한 피드백도 부여하지 않았다.

위 연구 방법 및 분석 결과로 토대로 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 과제수행의 결과 중 정확성은 양적보강정보집단이 통제집단이나

질적보강정보집단에 비해 유의하게 향상되었다. 또한 일관성은 양적보강정보집단이 통제집단에 비해 유의하게 향상되었다.

둘째, 손목관절의 운동학적 변인 중 손목관절의 최대신전각도는 양적보강정보집단만 통제집단에 비해 유의하게 향상되었다. 또한 손목관절의 최대굴곡각속도는 피드백을 받은 두 집단에서 모두 향상되었다.

셋째, 백스윙 구간에서 질적보강정보집단이 통제집단보다 CRP가 유의하게 향상되었다. 이때는 손목관절이 팔꿈치관절에 앞선 In-phase에 가까운 패턴이다. 스윙 구간에서는 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았지만 질적보강정보집단의 경우 숙련자와 같이 손목관절이 팔꿈치관절에 앞선 In-phase에 가까운 패턴이었다. 하지만 양적보강정보집단의 경우 팔꿈치관절이 손목관절에 앞선 In-phase에 가까운 패턴으로 변화하였다. 팔로우 스루 구간에서도 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 양적보강정보집단의 경우 CRP 값의 변화가 비선형적이었다. 이때는 모든 집단에서 팔꿈치관절이 손목관절에 앞선 In-phase에 가까운 패턴이었다.

즉 양적보강정보를 부여받은 집단은 배드민턴 포핸드 언더클리어과제 수행 시 정확성 및 일관성, 손목관절의 최대신전각도에서 더 나은 결과를 나타냈다. 반대로 질적보강정보를 부여받은 집단은 백스윙 구간에서만 협응구조의 향상이 나타났다. 본 연구를 통해 시각피드백의 형태에 따라서 운동 수행의 향상이 서로 다르게 나타난다는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구는 운동 목표에 따른 시각피드백을 제시하는 학습방법에 있어 유의미한 자료가 될 수 있을 것이다.

주요어 : 포핸드 언더클리어, 양적보강정보, 질적보강정보,
연속상대위상, 정확성, 일관성

학 번 : 2016-24645

목 차

Ⅰ. 서론 ····· 1

1. 연구의 필요성 ····· 1

2. 연구의 목적 ····· 8

3. 연구 가설 ····· 8

4. 용어의 정리 ····· 9

5. 연구의 제한점 ····· 11

Ⅱ. 이론적 배경 ····· 12

1. 운동학습에 대한 이해 ····· 12

1) 운동학습의 개념 ····· 9

2) 운동학습의 측정 ····· 10

3) 피드백의 방법 ····· 11

2. 운동제어 이론 ····· 16

1) 정보처리 이론 ····· 17

2) 다이내믹 시스템 이론 ····· 18

3. 배드민턴 스트록에 대한 이해 ····· 20

1) 운동기술 ····· 20

2) 배드민턴 스트록 ····· 21

3) 배드민턴 스트록의 협응과 역학적 원리 ····· 22

Ⅲ. 연구 방법 ····· 25
1. 연구 대상 ····· 25
2. 실험도구 및 측정방법 ····· 26
1) 실험도구 ····· 26
2) 측정방법 ····· 29
3. 실험 절차 ····· 32
1) 사전 검사 ····· 33
2) 학습 단계 ····· 33
3) 사후 검사 ····· 34
4) 파지 검사 ····· 34
4. 실험 설계 ····· 35
5. 자료 분석 ····· 36
1) 노이즈 제거 ····· 36
2) 주요변인 산출방법 ····· 37
6. 통계 처리 ····· 39

Ⅳ. 연구 결과 ····· 40
1. 과제수행의 결과 ····· 40
1) 평균반경오차(MRE)를 이용한 정확성 비교 ····· 41
2) 이원변량 가변오차(BVE)를 이용한 일관성 비교 ····· 45
2. 손목관절의 운동학적 변인 ····· 49
1) 손목관절의 최대 신전 각도 ····· 49
2) 손목관절의 최대 굴곡 각속도 ····· 54

3. 상지관절의 협응구조 ····· 58
1) 백스윙 구간에서의 연속상대위상 ····· 61
2) 스윙 구간에서의 연속상대위상 ····· 65
3) 팔로우스루 구간에서의 연속상대위상 ····· 69

Ⅴ. 논의 ····· 72
1. 시각피드백 형태에 따른 언더클리어 학습효과 · 74
2. 검사시점에 따른 언더클리어 학습효과 ····· 76

Ⅵ. 결론 및 제언 ····· 78
1. 결론 ····· 78
2. 제언 ····· 81

참고문헌 ····· 83
Abstract ····· 89

표 목 차

[표 1] ····· 25
[표 2] ····· 32
[표 3] ····· 35
[표 4] ····· 41
[표 5] ····· 41
[표 6] ····· 42
[표 7] ····· 43
[표 8] ····· 44
[표 9] ····· 45
[표 10] ····· 45
[표 11] ····· 46
[표 12] ····· 47
[표 13] ····· 48
[표 14] ····· 50
[표 15] ····· 50
[표 16] ····· 51
[표 17] ····· 51
[표 18] ····· 52
[표 19] ····· 53
[표 20] ····· 54
[표 21] ····· 55

[표 22] ····· 56
[표 23] ····· 56
[표 24] ····· 61
[표 25] ····· 61
[표 26] ····· 62
[표 27] ····· 63
[표 28] ····· 65
[표 29] ····· 65
[표 30] ····· 66
[표 31] ····· 68
[표 32] ····· 69
[표 33] ····· 69
[표 34] ····· 71

그 림 목 차

[그림 1] ····· 26
[그림 2] ····· 27
[그림 3] ····· 29
[그림 4] ····· 30
[그림 5] ····· 31
[그림 6] ····· 36
[그림 7] ····· 42
[그림 8] ····· 44
[그림 9] ····· 46
[그림 10] ····· 48
[그림 11] ····· 52
[그림 12] ····· 53
[그림 13] ····· 57
[그림 14] ····· 58
[그림 15] ····· 59
[그림 16] ····· 59
[그림 17] ····· 64
[그림 18] ····· 67
[그림 19] ····· 70

Ⅰ. 서론

1. 연구의 필요성

인간이 행복한 삶을 영위하기 위해서 기초되는 것은 건강이다. 세계보건기구(WHO: World Health Organization)의 헌장 전문에 정의된 건강은 신체적, 정신적 및 사회적으로 완전히 안녕한 상태를 뜻하며 이를 위해 건강한 생활습관을 형성 해주는 학교체육 및 생활체육이 활성화 되고 있는 추세이다(문화체육관광부, 2017). 또한 교육부는 1학생 1스포츠 활동 활성화를 목표로 하여 학교스포츠클럽을 활성화 하는 등 구체적인 계획을 실행 중이다. 배드민턴은 생활체육의 하나로 남녀노소를 떠나 접근이 용이한 종목 중 하나이고(김봉섭, 2002), 2008년 베이징 올림픽에서 대한민국은 배드민턴은 혼합복식에서 금메달을 획득 한 이후 배드민턴에 대한 국민의 관심이 급증하였다. 이러한 배드민턴 활동은 전신 운동으로써 신체의 형태적, 기능적인 변화를 가져오고, 인간의 움직임 욕구를 충족시키며, 타인과의 활동으로 사회적 욕구를 충족시킬 수 있기에 세계보건기구에서 정의한 신체적, 정신적, 사회적 건강을 증진 할 수 있다.

배드민턴은 셔틀콕의 특성으로 인해 초보자도 장시간 동안 타구하여 넘기는 것을 계속 성공 할 수 있기에 다른 라켓운동보다 더욱 흥미로운 운동으로 자리 잡았다. 하지만 초보자의 경우 배드민턴을 쉽게 접하여 흥미를 갖다가도 비효율적인 동작으로 지루한 경기가 진행되어 금방 흥미를 잃게 되는 경우가 많다(Hujimoto, 2015; 오성기, 김학석, 최병학, 정은화, 2013). 배드민턴의 스트록에는 클리어, 헤어핀, 드롭 샷, 드라이브,

스매시, 푸시 등이 있고 일반적으로 클리어를 가장 먼저 배우게 된다. 초보자의 경우 포핸드 언더클리어의 동작에서 비효율적인 동작을 수행하는 경우가 많다(오성기, 김학석, 최병학, 정은화, 2013). 언더클리어 동작은 우수한 한국선수의 올림픽 결승 경기 중에서 23.4%의 높은 빈도로 활용된 기록이 있을 정도이기에 효율적인 언더클리어 동작은 배드민턴 경기 상황에서 중요하다(김봉섭, 2002).

현재까지 배드민턴 스트록에 대한 선행연구들이 많이 이루어져 왔고, 이들은 주로 운동역학적, 운동학적 분석이었다. 운동학적 연구에서는 스트록을 할 경우 무릎이나 허리, 어깨, 팔꿈치, 손목 관절에서 나타나는 각속도를 시간에 따라 나타내기도 하고(Taha, et al,. 2016; Lin, et al,. 2015) 라켓과 셔틀콕의 타구 시 나타나는 그 속도를 분석하기도 하였다(Rambely et al, 2008). 운동역학적 분석에서는 스트록 시 나타나는 근활성화 정도인 EMG를 측정하거나(Sakurai & Ohtsuki, 2000), 라켓 줄 장력에 따른 적응도를 분석하기도 하였다(Zhu, 2013). 하지만 이러한 선행연구들은 대부분 스매시나 하이클리어, 드롭샷에 한정되어 분석하는 경우이고(Hussain, I., Ahmed, S. &Chauhan, S. S, 2011; 김혁, 2002; 김창범 &유재광, 2002; 이상경, 1992), 학습과정을 살펴본 연구에서는 백핸드 서브나, 포핸드 서브, 하이클리어 그리고 스매시 등에 한정되어 있었다(Singh, 2011; Yogesh, 2012; 한동욱 & 서정석, 2010; 김우종 &김진구, 2014; 문두환, 권은진 &김진구, 2008). 따라서 효율적인 언더클리어 동작에 대한 분석을 바탕으로 초보자에게 지도 될 수 있는 효율적인 학습방법에 대한 탐구가 필요하다.

배드민턴 포핸드 언더 클리어의 경우 사용되는 운동기술은 풋워크의 하지 운동과 상지의 움직임으로 구성된다. 이처럼 복잡한 운동기술인 포핸드 언더 클리어는 상지와 하지 간의 협응 뿐만 아니라 상지의 사지 내

협응이 효과적으로 이루어져야 하고, 날아오는 셔틀콕을 적절한 위치에 있을 때 타격하기에 타이밍 과제라 할 수 있다.

타이밍이란 특정 신체움직임이 갖는 시간적인 조화를 의미하며 (Zanone과 Kelso, 1992) 내적 타이밍과 외적타이밍으로 구분된다. 이때 내적 타이밍이란 동작 자체의 시간적 구조 현상이고, 외적 타이밍은 동작의 특정 위치와 목표물의 일치 현상을 말한다(김선진, 2009). 배드민턴 포핸드 언더클리어의 내적 타이밍은 라켓을 쥔 쪽의 하지를 셔틀콕 방향으로 내딛으며 라켓을 쥔 쪽의 팔꿈치를 편 상태로 손목의 코킹을 유지하다가 내딛은 하지의 발바닥이 바닥에 접촉 하는 순간, 또는 접촉 이후 팔꿈치와 손목을 굽히면서 왼쪽 어깨 위로 올리는 것이다(이종복 등, 2005). 포핸드 언더클리어의 외적 타이밍은 셔틀콕이 네트 근처의 중간 지점이나 네트 아래에 있을 때 적절한 거리에 맞춰 이동하여 타구하는 것이다(오성기 등, 2013).

위와 같은 운동기술의 특징에 따라 포핸드 언더 클리어를 구사하는 초보자의 문제점을 분석하고 운동기술에 적합한 학습방법을 선택하여 제시할 필요가 있다. 초보자들은 스트록 시 원위 신체분절의 자유도가 고정되어 있다(Sakurai, Ohtsuki, 2000). 강하게 타구하는 스매시나 드롭 등의 스트록은 숙련자에 비해 초보자는 손목관절의 움직임 범위가 작다(한상민, 1998; 오정환, 최수남, 정익수, 2005). 따라서 비효율적인 동작이 나타나고 셔틀콕을 목표한 지점으로 보내지 못하게 될 수 있다. Bernstein(1967)에 따르면 운동학습이 진행되면서 자유도가 풀리는 단계를 거치게 되는데 이 단계를 적응하지 못하면 효율적인 수행이 어렵다. 이는 Putnam(1993)이 제시한 근위-원위 협응 패턴으로 설명 할 수 있다. 즉 던지기, 치기 등의 과제에서는 원위 분절의 가속이 요구되고 이를 위해 근위 분절에서 원위 분절로의 순차적 가속이 나타나야 한다는 것이

다. 따라서 초보자를 위한 포핸드 언더 클리어도 날아오는 셔틀콕에 타이밍을 맞추면서 원위분절인 손목관절의 자유도를 풀어 올바른 협응구조를 이룰 수 있도록 학습시켜야 할 필요가 있다.

운동학습이란 인간 운동행동의 영구적인 변화를 유발하고 연습 및 경험과 관련된 일련의 과정을 연구하는 분야로 그 목적이 가능한 짧은 시간에 원하는 운동기술을 습득하는 것에 있다(김선진, 2009). 이때 운동기술이란 최소의 시간과 에너지를 이용하여 최대의 확실성으로 목표를 달성하는 능력이며(Guthrie, 1952), 운동협응을 구성하는 운동단위를 환경에 적합하게 통제하여 최상의 협응이 이루어진 상태이다(Kugler, Kelso, Turvey, 1980).

정보처리 관점에서의 운동학습은 연습과 반복을 통해 수용된 정보를 바탕으로 운동 프로그램에 대한 기억체계를 효율적으로 재구성하는 것이다(김선진, 2009). 따라서 지도자는 운동학습의 과정에서 나타나는 움직임의 역동성에 대한 지각과 움직임 구성 수준의 결정, 그리고 나타나는 오류에 대해서 구체적이고 정확한 지도와 피드백을 제시해 주어야 한다.

운동학습을 위해서는 다양한 지도방법이 있는데 포핸드 언더 클리어를 처음 시연해보거나 수행에서 나타나는 오류를 인지하지 못하는 학습자를 위해 가이던스 기법을 활용 할 수 있다. 가이던스는 신체적, 언어적, 시각적 정보를 제공하여 학습자의 운동 수행에 직접 도움을 제공하는 것으로 심리적 측면에서 학습자에게 유용하게 제시 될 수 있기 때문이다(Feltz, 1982). 이를 활용하여 학습자에게 유의미한 피드백을 제시 할 수 있다.

피드백은 운동기술 수행과 학습 과정에서 유용한 정보를 제공하는 것으로 강화 기능이 있으며 학습자의 동기를 유발한다(김선진, 2009). 이때 학습자가 외부로부터 제공받는 정보를 보강 피드백이라 한다. 이러한 보

강피드백은 정보의 기능에 분류되기도 하고, 정보의 형태에 따라 분류되기도 한다. 제공되는 정보의 형태가 어떤 수행 특성의 크기와 관련된 수치일 때 이를 양적보강정보(quantitative augmented feedback)이라하고 정보의 형태가 수행의 상태를 수치와 관련 없이 제공 할 때 질적보강정보(qualitative augmented feedback)이라 한다(Richard A. Magill, 2007).

선행 연구에서는 과제별로 다양한 피드백 부여 방법을 제공하고 더욱 효과적인 방법을 발견하고 있다. 어떤 과제에서는 동시적 피드백이 종료 피드백 보다 효과적인 경우가 있고, 다른 과제에서는 그렇지 않은 경우도 있었다(Carroll & Bandura, 1985; Park, Shea & Wright, 2000). 또한 시각적 피드백과, 언어적 피드백, 혼합적 피드백의 효과를 비교한 선행 논문도 그 결과가 과제별로 다양하다(Doody, Bird & Ross, 1985; Carroll & Bandura, 1985; Adams, 1986; Carrol & Bandura, 1990).

최근 연구 동향에 따르면 단순한 과제보다 복잡한 과제의 경우 동시적 피드백이 효과적이며(Wulf, et al., 2007; Ranganathan &Newell, 2009) 시각과 청각, 또는 시각과 촉각 등의 다차원 적으로 결합된 피드백이 운동학습에 효과가 있다는 보고가 있지만(Sigrist, Rauter, Marchal-Crespo, Riener & Wolf, 2015) 피드백의 형태의 설정에 따라서 지나친 인지과부하로 잘못된 협응구조를 나타낼 수 있다(Sigrist, Rauter, Riener & Wolf, 2013; Eaves et al., 2011). 따라서 복합적 피드백을 계획할 때에 주요한 차원의 피드백을 어떤 형태로 제시하는 것이 효과적인지 선행될 필요가 있다.

시각은 인간 동작에 있어 가장 의존도가 높은 감각이며 수행오류를 찾고 수정하는 과정을 가능케 해준다(김선진, 2009; Lee, 1980). 시각피드백의 형태는 정보의 가공된 정도에 따라 Abstract visualization 또는

Natural visualization으로 구분하기도 하지만 그 분류의 모호성이 있다. 위에서 제시한 양적 보강정보와 질적 보강정보로 시각피드백의 형태를 분류 할 수 있는데 이 두 가지의 운동학습에 대한 연구는 부족한 실정이다(Oviatt, Coulston & Lunsford, 2004; Sigrist, Rauter, Riener & Wolf, 2013; Kilduski & Rice, 2012; Magill & Anderson, 2007).

인간의 움직임은 3차원에서 그 동작을 운동학적으로 분석 할 수 있다. 기존 장비들의 경우 인체 관절에 반사마커를 부착하여 적외선 카메라로 관절의 움직임을 운동학적으로 분석하는데, 이는 공간적인 한계가 있어 배드민턴 포핸드 언더클리어 동작의 수행 결과를 나타내기 위한 셔틀콕 궤도에 문제가 생긴다. 즉 실제 운동 상황에 제약이 생기기 때문에 한정된 공간에서의 실험은 운동 학습을 위한 피드백을 제공하는데 문제점이 있다.

관성 센서 시스템은 카메라로 촬영하는 것이 아니고 무선으로 운동학적 정보를 수집하여 즉각적으로 데이터를 컴퓨터 화면에 다양한 방식으로 나타낼 수 있다. 선행논문에서는 위 시스템을 이용하여 라켓스윙에 따른 손목관절 움직임에 적용하여 수행동작을 역학적으로 분석한 것이 있다(Taha, et al., 2016). 하지만 배드민턴과 관련하여 신체분절의 운동학적 요소를 시각적 또는 운동학적 피드백으로 제공한 운동학습 방법 관련 연구는 부족한 실정이다. 따라서 이러한 복합적 피드백을 제공하기에 앞서 시각 피드백이 관절에 대한 구체적인 수치와 그래프로 나타나는 양적 보강정보로 제시 될 때와, 관절에 대해 3D 애니메이션 등의 영상으로 제시되는 질적 보강정보로 제시 될 때의 변화를 비교 할 필요가 있다. 이는 최근 증강현실이나 가상현실 등을 활용한 첨단 장비의 복합적 피드백이 제시해야 할 방향에 도움을 줄 수 있기에 그 필요성이 크다.

본 연구에서는 무선 관성 센서를 기반으로 얻은 운동학적 정보를 수치

와 그래프로 제공하는 양적보강정보 집단과 녹화된 영상자료를 3D 애니메이션으로 제공하는 질적보강정보 집단, 그리고 피드백을 제공하지 않은 집단 간의 차이점과 검사시점에 따른 차이를 비교하고자 한다. 이는 집단 간의 손목 관절 및 팔꿈치 관절의 운동학적 비교와 정확성 및 일관성의 비교를 통해 세련된 형태의 시각피드백이 형태를 달리하여 제공 될 때 그 학습효과를 알아보기 위함이다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 초보자의 배드민턴 포핸드 언더클리어 수행 시 시각 피드백을 양적보강정보의 형태로 제공한 집단과 시각 피드백을 질적보강정보의 형태로 제공한 집단, 그리고 피드백을 제공하지 않은 집단 간의 차이점을 비교 분석 하는 것이다. 연구 목적을 달성하기 위해 필요한 운동학적 요소는 손목 관절의 최대 신전 각도와 최대 굴곡 각속도이며, 협응구조에서는 상지관절의 연속상대위상(CRP)를 파악한다. 수행 결과를 평가하기 위해서는 목표지점에 대한 정확성 및 일관성을 파악한다.

3. 연구 가설

1) 시각피드백을 양적보강정보의 형태로 부여받은 집단과 질적보강정보의 형태로 부여 받은 집단, 그리고 통제집단 간의 목표지점에 대한 정확성에 차이가 있을 것이다.

2) 시각피드백을 양적보강정보의 형태로 부여받은 집단과 질적보강정보의 형태로 부여 받은 집단, 그리고 통제집단 간의 목표지점에 대한 일관성에 차이가 있을 것이다.

3) 시각피드백을 양적보강정보의 형태로 부여받은 집단과 질적보강정보의 형태로 부여 받은 집단, 그리고 통제집단 간의 스트록 구간에서 손목관절의 최대 신전 각도에 차이가 있을 것이다.

4) 시각피드백을 양적보강정보의 형태로 부여받은 집단과 질적보강정보의 형태로 부여 받은 집단, 그리고 통제집단 간 스트록 구간에서 손목관절의 최대 굴곡 각속도에 차이가 있을 것이다.

5) 시각피드백을 양적보강정보의 형태로 부여받은 집단과 질적보강정보의 형태로 부여 받은 집단, 그리고 통제집단 간의 상지관절의 연속상대위상(CRP) 값이 다를 것이다.

4. 용어의 정의

1) 포핸드 언더클리어

본 연구에서는 셔틀콕 발사기계가 6초 간격으로 일정한 지점의 네트 앞으로 던져주는 셔틀콕을 무릎 아래에서 타구하게 하였다. 이때 타구하는 상지와 같은 쪽 하지를 내딛으며 어깨와 팔꿈치, 손목관절을 이용하여 셔틀콕을 상대방의 백 바운더리 근처로 떨어지게 하는 것으로 정의하였다.

2) 질적보강정보

포핸드 언더클리어를 연속적으로 수행하는 1개의 block이 진행된 후 모니터를 통해 보이는 녹화된 동작에 대한 3D 애니메이션으로 정의하였다.

3) 양적보강정보

포핸드 언더클리어를 연속적으로 수행하는 1개의 block이 진행된 후 모니터를 통해 제공되는 손목과 팔꿈치의 신전-굴곡 방향 각도에

대한 피드백으로 정의하였다.

4) 스트록 구간

스트록 구간은 무선 관성 센서와 동조된 카메라로 촬영한 영상에서 라켓을 쥔 어깨 관절이 움직여 백스윙이 나타나는 시간부터 손목관절의 각속도가 최대를 보인 시점 이후, 팔꿈치 관절의 각속도가 0이 되는 구간으로 설정하였다. 각 구간의 시점과 종점은 <수식1>과 같이 정의하였다.

$time_{strokestart} = \min(t_a)$

이때 $|w_{shoulder}(t_a)| \geq 20^\circ/\text{sec}$

$time_{strokeend} = \min(t_b)$ 수식 1.

이때 $\max(w_{wrist}(t_k)),\ t_b \geq t_k$인 $w_{elbow}(t_b) = 0,\ \alpha_{elbow}(t_b) < 0$

(단, $w(t)$는 각속도, $\alpha(t)$는 각가속도로 정의)

5) 정확성

백 바운더리 근처에 목표한 지점을 원점으로 설정한 2차원 좌표계에서 얻은 값들에 대한 평균반경오차(mean radian error: MRE)로 정의하였다.

6) 일관성

목표 지점을 원점으로 설정한 2차원 좌표계에서 얻은 값들에 대한 이원변량 가변오차(bivariate variable error: BVE)로 정의하였다.

7) 상지관절의 협응구조

본 연구에서는 팔꿈치관절과 손목관절의 굴곡-신전 움직임의 연속 상대위상을(Continuous Relative Phase [CRP])을 상지관절의 협응구조로 정의 하였다.

5. 연구의 제한점

1) 연구대상자의 신체에 부착된 관성 측정 센서는 실제 운동 상황과 다른 감각을 부여 할 수 있다.

2) 연구대상자는 남성 20대~30대로 한정되었다.

3) 본 연구는 포핸드 언더클리어 학습 프로그램 이외의 개개인이 지니고 있는 생리적 특성 및 심리적 특성을 고려하지 못한다.

Ⅱ. 이론적 배경

본 연구는 초보자들에게 배드민턴 포핸드 언더클리어를 iSen 3.0 장비(관성측정센서)를 활용한 피드백을 제공하여 나타나는 학습효과를 밝히는데 초점을 두고 있다. 이와 관련하여 운동학습의 원리와 운동제어이론, 그리고 배드민턴 스트록에 대해 살펴볼 것이다.

1. 운동학습(Motor learning)에 대한 이해

1) 운동학습의 개념

인간은 전생애에 걸쳐 움직임을 경험하고 반복과 연습을 통해 특정 동작을 습득하게 된다. 습득된 동작은 특정한 시간이 지나도 발현 될 수 있을 때 운동이 학습되었다고 하는데 이러한 운동 동작은 수의적이고 어떠한 목표를 가진 움직임으로 운동기술이라 일컫는다(김선진, 2009).

운동학습은 움직임 제어의 이론적 관점에 따라 다양하게 표현 된다. 먼저 정보처리 이론의 관점에서 운동학습은 반복된 연습을 통해 중추표상을 강화하는 것이고 정확성 참조 준거와 운동결과 나타나는 피드백을 비교하여 도식체계를 효율적인 상태로 재구성하는 것이라고 할 수 있다. 이는 Adams(1971)가 제시한 폐쇄회로 이론으로 잘 설명되는데 운동학습이 피드백 정보를 통해 오류를 계속적으로 수정하는 것이기 때문이다.

다이내믹 시스템 이론의 관점에서 운동학습은 특정한 환경과 특정한 과제가 학습자에게 주어질 때 가장 효율적인 협응구조가 나타날 수 있도

록 적응성을 향상시키는 것이라 할 수 있다. 한편 Newell(1991)은 생태학적 관점에 따라 연습과 경험을 통해 지각-운동 활동 영역(perceptual-motor workspace)에서 과제 및 환경적 요구에 적합하도록 지각과 동작의 협응을 향상시키는 과정이라고 본다.

위와 같은 운동학습의 특징은 Magill(2007)에 의해 3가지 정도로 제시되었다. 첫째로 운동학습은 능숙한 운동수행을 위해 학습자 개인의 영구적인 운동기술로 습득되어지는 내적인 변화를 유도하는 것이다. 둘째, 운동학습은 일회적으로 시행된 수행과 달리 직접적인 관찰이 어렵고 과정에서 어떠한 변화를 거치며 습득되는 것이다. 셋째, 운동학습은 개인의 성장이나 일시적인 변화를 포함하지 않는 연습과 경험에 의해서만 나타나는 현상이다.

운동학습에 대한 정의를 정리해보면 과제와 환경에 적합한 효율적인 운동기술로 변화하게끔 연습과 경험에 의해 개인의 협응구조를 도식화하여 체계적으로 재구성하는 과정이다. 이러한 운동학습은 과정에서 일어나는 변화이기에 측정하거나 평가하기 어렵지만 개념적 정의에 따라 특정한 기간이 지나도 효율적인 운동기술로 파지 할 수 있어야 한다.

2) 운동학습의 측정

운동학습은 앞서 제시한 것처럼 연습 과정에서의 변화를 포함한다. 따라서 운동학습의 측정은 과정과 결과 그리고 특정 기간이 지난 후의 운동수행까지 이루어져야 한다. 나아가 수행자가 습득한 운동기술을 새로운 환경이나 과제가 제시 될 때에도 효율적으로 잘 활용 할 수 있는지에 대한 측정도 생각 할 수 있다. 이를 각각 운동수행, 파지, 그리고 전이라고 한다.

(1) 수행곡선(performance curve)

운동수행은 연습과정에 관한 것으로 이를 수행점수나 오차점수로 수치화하여 수행 횟차에 따라 그래프로 나타낸 것을 수행곡선이라고 한다. 이는 과정에 따른 변화 양상을 쉽게 파악 할 수 있는 장점이 있지만 영구적인 변화를 의미한 학습여부를 예측 할 수 있는지와 평균 값에 대한 수행점수로 인해 개개인의 가변성을 반영하지 못한다는 단점이 있다(Schmidt, 1991).

(2) 파지검사(retention test)

반복된 운동수행이 학습을 통해 운동기술을 습득하는 것으로 이어졌는지를 측정하는 것을 파지검사(rentention test)라고 한다. 이는 운동학습의 정의에 따라 일정기간이 지난 후에도 운동기술이 효과적으로 발현되는지를 파악하는 것이다. 파지검사에는 학습 단계의 마지막에 얻은 점수를 얼마나 유지하고 있는지를 반영하는 절대파지 점수가 있고, 학습 단계의 마지막에 얻은 점수와 초기 파지점수의 차이를 통해 얼마나 정보가 손실되었는지를 알 수 있는 상대파지 점수가 있다. 마지막으로 파지 단계에서 학습 단계의 마지막 점수에 도달 하는데 필요한 시행 수를 계산하는 저장점수가 있다(Christina, shea, 1993).

(3) 전이검사(retention test)

학습자가 운동학습을 통해 획득한 운동기술을 다른 환경이나 과제에서 수행했을 때에도 효과적으로 활용 할 수 있는지를 파악하는 전이검사

(retention test)가 있다. 전이검사에는 과제 내 전이검사와 과제 간 전이검사가 있는데 과제 내 전이검사는 학습 단계에서처럼 같은 과제를 수행하지만 달라진 환경에서 같은 과제를 수행 할 때의 수행능력을 분석하는 것이다. 반면 과제 간 전이검사는 이전에 수행한 과제가 다른 과제를 수행 할 때 얼마나 영향을 미치는지 그 수행능력을 비교 분석하는 것으로 이들 모두 연구 목적에 따라 다양하게 제시되고 있다(김선진, 2009).

3) 피드백의 방법

피드백은 다양한 감각 시스템을 통해 제공되는 운동기술에 대한 정보이다. 이때 피드백은 학습자가 운동 중이나 이후에 스스로 자각 하는 감각에 대한 정보인 내재적 피드백과 운동 중이나 이후에 외부의 자료나 정보로부터 제공받는 외재적 피드백이 있다. 이러한 피드백들은 학습자들로 하여금 동기를 유발하거나, 운동기술에 대한 유의미한 정보를 제공하고, 운동기술에 대한 강화를 한다.

특히 외재적 피드백은 내재적 피드백에 비해 구체적이고 수치화 될 수 있으며 자료로써 기록 될 수 있는데 이는 정보의 기능에 따라 Newell(1996)이 처방 정보(prescriptive information), 정보 피드백(information feedback), 전환 정보(transition information)로 범주화 하였다. 처방 정보는 완료된 움직임에 대한 운동학적 정보이고, 정보 피드백은 수행된 움직임의 이전 또는 현재 상태에 대한 정보를 제공하는 것이며, 전환 정보는 지각-운동 활동영역에서 과제의 형태에 따라 달라지는 적절한 협응과 제어에 대한 정보이다(김선진, 2009). 이때 정보 피드백은 운동 수행 중에 움직임 상태가 제공되는 동시적 피드백(concurrent feedback), 운동 수행이 종료 된 후 움직임의 특성에 대한 정보를 제공

하는 종료 피드백(terminal feedback), 그리고 지연 피드백(delay feedback)으로 구분된다. 이처럼 피드백은 과제나 환경, 학습자의 특성에 따라 제공시기 별로 학습효과가 다를 수 있다.

또 다른 피드백의 형태로는 양적 정보(수량화)를 제공하는지, 질적 정보를 제공하는지에 따라 양적보강정보와 질적보강정보로 구분 할 수 있다. 이는 일반적으로 초보자나 숙련자에 따라 또는 학습단계나 인지정보 등에 따라 피드백 형태의 효율이 달라질 수 있는데, 이는 시각 피드백이나 청각 피드백으로 제공 될 수 있다.

학습자가 받아들이게 되는 감각시스템의 종류에 따라 피드백이 구분되기도 한다. 일반적으로 운동 상황에서는 시각, 청각, 촉각 등의 감각시스템으로 정보를 수용하기에 시각피드백이나 청각피드백, 또는 이들을 혼합한 피드백이 운동학습에 활용된다.

이처럼 다양한 피드백 방법은 과제나 학습자의 인지수준의 변화, 감각정보의 활용정도나 협응구조의 형성에 따라 운동학습에서 효율성이 달라진다. 따라서 학습자와 과제의 상태를 충분히 고려하고 인지 한 후 그에 적합한 최적의 피드백을 제공해야 효율적인 운동학습이 이루어진다.

2. 운동제어 이론

인간의 운동행동에 대한 관점은 여러번 변화하였다. 처음에는 행동주의적 관점에서 인간 운동행동을 단순히 자극에 대한 반응을 하는 시스템으로 해석하였지만, 이후에는 자극에 대한 반응을 처리하는 과정에 초점을 둔 인지적 정보처리 접근이 대두되었다. 운동에 대한 정보처리 접근은 행동을 발현시키는 운동프로그램이 내재되어있고 정확성참조준거와 피드백의 비교를 통해 정확한 운동제어로 움직임을 수정해나간다는 의미

를 지녔다.

하지만 정보처리 접근은 인간이 지닌 복잡한 신경시스템과 수 많은 근육의 움직임을 설명 할 수 없다는 점이 문제가 되었고, 이러한 자유도의 문제를 해결 할 수 있는 다이내믹 접근이 Bernstein(1976)에 의해 제기됐다. 이것은 인간 운동행동을 신경 조절 시스템 뿐만 아니라 인체에 작용하는 내적, 외적인 힘과 현상을 고려하여 협응 형태로 파악하는 것이다.

1) 정보처리 이론

정보처리 이론은 운동행동이 일어나는 과정에 초점을 둔 접근으로 인간이 능동적으로 과제와 환경에 대한 자극을 처리 한다는 인식이 내포되어 있다. 정보처리 접근을 기본으로 한 이론은 폐쇄회로 이론을 시작으로 개방회로 이론, 그리고 도식 이론 등 다양하게 구체화 되었다.

가장 먼저 제시된 폐쇄회로 이론(closed-loop theory)은 Adams(1971)가 제시한 것으로 운동기술에 대한 인지적 정보와 실제 운동 후 학습자가 수용하는 정보를 비교하여 움직임이 연결된 회로 안에서 정확하게 수정되어가는 과정을 설명한다. 이때 학습자가 수용하는 정보를 피드백이라 하며 피드백은 운동학습에 있어서 중요한 역할을 하게 된다.

개방회로 이론(open-loop theory)은 구심성 신경을 차단 한 이후에도 움직임 발생하는 실험을 통해 피드백 없이도 움직임이 나타나는 현상을 설명하면서 제시되었다. 개방회로 이론은 움직임이 발생하기 위해 대뇌 겉질에 이미 저장되어있는 운동프로그램이 작동한다는 것으로 회로를 따라 운동프로그램이 움직임을 생성함을 의미한다. 이때 생성된 움직임이 운동프로그램으로 돌아오는 회로가 없어서 피드백에 의한 제어가 사용되

지 않기에 개방회로 이론은 빠른 동작에 대한 설명이 가능하다. 하지만 이는 수많은 운동프로그램을 어떻게 저장할 수 있는지와 처음 수행하는 운동동작에 대한 설명을 하지 못한다는 단점이 있다.

Schmidt(1975)는 폐쇄회로 이론의 피드백과 개방회로 이론의 운동프로그램을 결합한 도식이론을 제시했다. 즉 도식이론을 회상도식과 재인도식의 결합으로 설명하였는데 회상도식은 어떤 움직임을 실행하고자 할 때 이미 저장되어있는 과거의 어떤 유사한 동작이 운동프로그램에 의해 계획되는 과정이다. 이는 보통 200ms 이하의 짧은 시간에 이루어지는 움직임을 설명한다. 한편 200ms 이상의 시간에 이루어지는 움직임은 회상도식과 재인도식이 모두 사용된다. 처음 수행하는 동작은 회상도식에 의해 나타나지만 동작 수행 후 수용되는 피드백 정보는 정확성 참조준거와 비교되어 도식과 그 이후 움직임을 수정해나가는 재인도식이 동원된다. 즉 정보처리 이론은 인간 움직임의 생성과 변화를 인지적인 면에 초점을 두고 설명한다(김선진, 2009).

2) 다이내믹 시스템 이론

인간의 움직임은 수많은 근육과 신경시스템 뿐만 아니라 신체의 내적, 외적인 힘에 의해 조절된다. 수많은 자유도를 활용한 움직임은 그 유형 또한 다양하기에 정보처리 이론에서 제시했던 중추시스템이라는 기억의 용량에 모두 저장하는 것은 한계가 있다. 이러한 자유도의 문제를 해결하고자 Bernstein(1967)은 다이내믹 시스템 이론을 제시하였다.

다이내믹 시스템 접근은 인간의 움직임을 과제와 환경 그리고 유기체라는 제한요소에 의해 나타나는 협응구조로 파악하는 방법이다(Newell, 1986). 협응이란 움직임을 나타내기 위해 하나의 체계로 조직화된 신경

과 근육, 관절의 상호 관련된 움직임을 뜻한다. 과제와 환경, 그리고 유기체에 의해 나타나는 협응구조는 자기조직의 원리를 통해 움직임이 생성되고, 비선형성의 원리를 통해 움직임이 변화한다.

자기조직의 원리는 과제와 환경이 주어졌을 때 유기체가 스스로 그에 적합한 움직임을 생성하는 원리를 의미한다. 예를 들어 일반적인 성인 남자가 서 있는 상태에서 야구공을 최대한 멀리 던지는 과제를 수행하는 것이 있다. 이는 움직임이 과제와 환경에 대해 유기체의 신체적, 심리적 특성과 적절하게 상호작용 하는 것이다.

비선형성의 원리는 제한요소의 상태가 변하면서 그에 적합하게 협응구조가 변할 때 시간에 따른 협응구조의 변화가 선형적이지 않다는 것이다. 예를 들어 야구공을 최대한 멀리 던지는 과제를 수행하던 일반 성인이 투포환을 최대한 멀리 던지는 과제를 수행하는 것이 있다. 야구공을 던질 때에는 상지의 관절과 근육이 어깨 관절을 축으로 원을 그리며 움직임을 일으키지만 이와 달리 투포환을 던질 때에는 상지의 관절과 근육이 어깨 관절을 기점으로 밀어내는 듯한 움직임을 일으키게 된다. 이러한 움직임의 변화는 질서변수와 제어변수로 설명 할 수 있다. 질서변수란 움직임의 특성과 유형을 나타내주는 추상적인 개념으로 상대위상이나 평형점, 근육의 강직성 등으로 표현된다. 이들은 특정 운동 유형에 대한 값을 갖는다. 질서변수는 제어변수에 의해 변화하게 되는데 제어변수란 제한요소의 변화로 움직임의 속도나 범위, 그리고 유기체가 나타낼 수 있는 힘에 대한 물체의 무게 등이 있다. 위 예시에서는 야구공에 비해 투포환의 무게가 무겁기 때문에 무게라는 제어변수에 의해 상지의 움직임 패턴이라는 협응구조가 변하는 것이다. 이때 협응구조의 변화가 무게의 증가에 따라 점차 변하는 것이 아니고 어느 임계점에서 비선형적으로 갑작스럽게 나타나게 된다.

3. 배드민턴 스트록에 대한 이해

1) 운동기술

운동기술이란 최소한의 시간과 에너지를 소비하여 최대의 효율성을 가지고 어떤 목표를 수의적인 움직임으로 달성하는 최적의 협응 상태이다(Guthrie, 1952; Kugler와 Kelso, Turvey, 1980). 배드민턴의 스트록은 운동기술로 최적의 움직임을 나타내기 위해서, 먼저 스트록이 해당되는 운동기술의 유형을 인지 할 필요가 있다. 운동기술을 분류하는 기준은 단순한 분류인 일차원적 분류가 있고, 복합적인 체계에 의한 분류인 이차원적 분류가 있다(김선진, 2009).

(1) 일차원적 분류

일차원적 분류에는 근육의 크기, 환경의 안정성, 그리고 움직임의 연속성에 따른 분류가 있다. 근육의 크기란 대근육과 소근육을 말하는 것으로 움직임이 어떤 형태의 근육을 사용하는지에 따라 분류하는 준거가 된다. 환경의 안정성이란 운동기술 수행 시에 환경의 변화를 의미하는 것으로 환경의 변화가 있을 때를 개방운동기술로, 환경의 변화가 없을 때는 폐쇄운동기술로 분류한다(Gentile, 1972). 움직임의 연속성이란 움직임의 특징이 반복적인지, 일회적인지, 또는 하위의 여러 움직임이 이어져 있는지에 대한 의미이다. 이에 따라 연속적 운동기술, 불연속적 운동기술, 그리고 계열적 운동기술로 나뉜다. 배드민턴의 경우 대근운동기술과 소근운동기술을 모두 사용하고, 서브의 경우 폐쇄운동기술이지만 그 외의 스트록은 개방운동기술이다. 연속성 측면에서는 불연속 운동기술 또

는 계열적 운동기술이라고 볼 수 있다.

(2) 이차원적 분류

운동기술은 대부분 복잡한 특징을 가지고 있기 때문에 단순한 일차원적 분류에 따라 쉽게 구분되지 못한다. 따라서 Gentile(2000)은 운동기술을 환경적 맥락과 동작의 기능이라는 두 가지 준거로 이차원적으로 분류하였다. 환경적 맥락은 다시 환경이 변화하는 상황인지에 따라 안정상태 또는 운동상태 조절 조건으로 나뉘고, 이와 독립적으로 환경이 유발하는 동작이 가변성이 있는지의 여부로 4가지로 구분된다. 동작의 기능은 신체의 이동에 대한 유무와 물체조작에 대한 유무로 4가지로 구분되면서 운동기술은 총 16가지의 분류를 갖는다.

2) 배드민턴 스트록

스트록(stroke)은 셔틀콕을 라켓으로 타구하는 방법으로 셔틀콕의 위치나 속도, 그리고 수행자가 타구하고자 하는 방향과 세기에 따라 달라진다(오성기, 김학석, 최병학, 정은화, 2013). 스트록은 플라이트에 의해 분류되기도 하고 스윙위치에 따라 분류되기도 한다.

플라이트에 의한 분류는 타구된 셔틀콕의 궤적에 따른 분류라고 할 수 있다. 이에 따라 클리어, 스매시, 드롭 샷, 드라이브, 푸시, 헤어핀, 언더핸드 스트록 등이 있다. 클리어란 타구한 셔틀콕을 높고 멀리 날아가게 하여 상대방 백 바운더라 라인 근처에 수직으로 떨어지게 하는 것이다. 스매시는 높게 떠 있는 셔틀콕을 상대방 코트에 예각(銳角)으로 빠르게 타구하는 것이다. 드롭 샷은 높고 멀리 뜬 셔틀콕을 상대방 네트에 가깝

게 살짝 넘겨 떨어 뜨리는 것이다. 드라이브는 셔틀콕을 네트 바로 위로 지면과 평행하고 강하게 타구 하는 것이다. 푸시는 네트 근처에 떠 있는 셔틀콕을 강하게 상대의 코트로 밀어 넣는 것이다. 헤어핀은 네트 근처에 떨어지는 셔틀콕을 다시 상대방의 네트 근처로 살짝 넘기는 타구법이다. 언더 핸드 스트록은 상대방의 드롭샷, 스매시, 헤어핀에 의한 셔틀콕을 방어하기 위해 허리보다 낮은 위치에 있는 셔틀콕을 상대방의 백 바운더리 근처로 높고 멀리, 또는 상대방의 네트 근처에 살짝 타구하는 것이다.

스윙 위치에 따른 분류에는 오버 헤드 스트록, 사이드 핸드 스트록, 언더 핸드 스트록, 그리고 라운드 헤드 스트록이 있다. 먼저 오버 헤드 스트록은 머리 위로 높게 날아온 셔틀콕을 머리 위에서 타구하는 것이다. 사이드 핸드 스트록은 어깨와 허리 사이로 날아오는 셔틀콕을 몸의 좌측 또는 우측에서 타구하는 것이다. 언더 핸드 스트록은 무릎 아래로 날아오는 셔틀콕을 낮은 위치에서 올려 타구하는 것이다. 마지막으로 라운드 헤드 스트록은 오버 헤드 스트록의 변형으로 라켓을 잡지 않은 쪽 방향으로 높게 뜬 셔틀콕을 머리 위에서 타구하는 것이다.

3) 배드민턴 스트록의 협응과 역학적 원리

위에서 언급한 것처럼 스트록의 종류는 다양하다. 모든 스트록은 운동기술이라고 할 수 있으며, 그에 적합한 협응체계가 존재한다. 특히 서브를 제외한 대부분의 스트록은 홈 포지션이나 그 밖의 위치에서 이동하며 타구하기 때문에 풋워크라는 하지의 움직임과 상지의 움직임이 협응을 이루게 된다. 이때 하지의 움직임은 셔틀콕이 날아오는 위치에 대한 거리를 타구하고자 하는 스트록에 맞게 조절하고 타구 시 타이밍을 조절한

다. 따라서 풋워크에 의한 공간과 시간의 타이밍이 조절된 후에는 효과적인 타구를 위해 상지의 움직임 안에서도 효율적인 움직임이 이루어져야 한다.

상지의 협응에 있어서 일반적으로 높게 뜬 셔틀콕을 타구 할 때에는 라켓을 쥐지 않은 상지가 날아오는 셔틀콕을 향해 뻗게 된다. 그 외의 위치에 있는 셔틀콕을 타구 할 때에는 라켓을 쥐지 않은 상지가 라켓을 쥔 상지와 반대 방향으로 위치하게 된다. 한편 라켓을 쥔 상지의 경우 스트록에 따라 다양한 협응이 이루어진다. 다양한 협응은 관절 수준에서 쉽게 관찰 될 수 있다. 헤어핀이나 백핸드 숏 서브처럼 셔틀콕을 부드럽게 넘기는 경우는 어깨관절, 팔꿈치관절, 손목관절의 움직임 범위가 작고 이들의 자유도가 고정되어 이 중 한 두 개의 관절의 움직임으로 기술을 수행하지만 하이클리어나 스매시 등의 강한 타구에서는 세 관절의 움직임이 어떠한 패턴을 가진 움직임으로 협응구조를 형성하게 된다(오성기, 2003).

배드민턴 스트록에 대한 운동학적, 운동역학적 분석은 많이 이루어져 왔다. 선행연구들은 대부분 스매시나 드롭, 하이클리어, 등에서 이루어졌는데 이들은 움직임 반경이 크다는 공통점이 있다. 큰 동작을 띄는 스트록들은 몸의 회전에서 팔의 선회운동 순서로 움직이는 특징이 있다. 이는 임팩트 시에 팔이 충분히 앞으로 뻗어 체중을 실은 강한 타구가 되기 위함이다(김익상, 2003).

인체의 팔운동이 운동역학적으로 제 3종 지레의 원리로 이루어지는 것을 바탕으로 볼 때 어깨로부터 타구되는 지점까지의 거리를 길게 하기 위해 임팩트 시 팔꿈치를 신전해야 한다. 손목관절의 경우 신전 후 임팩트 순간에 굴곡하거나, 굴곡 후 임팩트 순간에 신전하는 스냅동작이 이루어진다(한상민, 1998). 이는 상지관절의 근위 분절에서 원위 분절로 운

동량을 전이시키면서 원위 분절의 선속도를 증가시키기 위함이다(조아라, 2011). 이러한 상지관절 움직임의 범위는 스트록 구간에서 각속도와 각가속도가 숙련자의 경우 초보자에 비해 크게 나타난다(안상우, 1990; 한상민, 1998).

마지막으로 팔로우 스루 동작을 위해 임팩트 직후 스윙을 멈추지 않고 스윙을 했던 방향으로 끝까지 상지의 움직임을 계속하는 것이 있다. 이는 셔틀콕과 라켓이 접촉하는 시간을 증가시켜 충격량을 증가시키고 타구 직 후 셔틀콕의 속력을 증가시키게 된다(김익상, 2003).

결국 국면에 따른 상지관절들의 움직임은 스트록 중에 유기적인 관계가 있으며 근위에서 원위분절로 힘을 전달하는 링크 시스템(link system)을 따른다. 링크 시스템은 큰 질량의 분절과 작은 질량의 분절들이 연결된 체계로 큰 질량의 근위분절이 이웃한 원위 분절로 운동량이 전이되 근위 분절은 감속하고 원위 분절은 그만큼 가속하는 것이다(Kreighbaum, 1996).

Ⅲ. 연구 방법

본 연구는 초보자가 포핸드 언더클리어를 학습 할 때에 제공되는 시각적 피드백이 녹화된 영상으로 제공되는 질적보강정보의 형태와 시각적 피드백이 운동학적 변인을 수치화하여 그래프로 제공되는 양적보강정보의 형태로 나타날 때 그 효과를 비교 분석하고자 하였다. 연구대상자는 자신의 상지 관절의 각도에 대한 정보를 3차원 관성 센서 장치를 통해 수치와 그래프로 부여 받았다. 또한 본 연구 방법은 서울대학교 생명연구윤리위원회 IRB의 승인을 받았다(IRB No. 1808/003-014).

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 배드민턴 포핸드 언더클리어 수행에 무리가 없는 20대와 30대의 성인 남자들로 구성되었다. 이들은 선수경험이 없고, 배드민턴 전문 코치로부터 4개월 이상 레슨 받지 않은 학생들로 선정하였다. 집단을 나누기 전에 피험자들은 사전검사 20회를 시행하였고, 검사를 통해 수행오차를 기준으로 집단을 나누었다. 연구 대상자의 세부 사항은 다음의 <표 1>과 같다.

표 1. 연구 대상자의 특성

집단	인원 (명)	연령 (년)	경력 (개월)	신장 (cm)	상완 (cm)	전완 (cm)
양적보강정보	9	24.4±4	0.2	176.7±5.1	31.7±1.6	26.1±0.7
질적보강정보	9	23.8±3	0.9	173.2±4.8	29.9±1.8	25.8±1.5
통제	9	26.9±2	0.9	176.1±5.4	31.9±2.8	28.0±1.8

2. 실험도구 및 측정방법

1) 실험도구

(1) 동작 분석 시스템

시각적 청각적 피드백을 제공한 훈련에 따른 포핸드 언더클리어 동작과 수행의 변화를 이끌어 내기위해 사용된 3차원 동작 분석 장비는 STT사에서 제작한 iSen장비로 무선 센서식 동작 분석기 이다<그림 1>. 이 때 상지의 움직임을 파악하고자 관련 상지의 주요 부위(흉추1번, 상완, 전완, 손등)에 무선 센서를 흔들리지 않게 스트랩으로 부착하여 분절의 각도 및 각속도를 측정한다. 각각의 센서는 100Hz로 정보를 수집하며 카메라와 함께 iSen software 자체에서 동조(synchronization)되어 있다. 이를 통해 운동기술에 대한 상지 움직임의 각도, 각속도, 및 위상각 등을 실시간으로 산출하여 그래프로 표현 할 수 있고, 특정 분절에 연구자가 설정한 특정 각도 범위 내에서 시각적, 청각적으로 알림을 줄 수 있다. 본 연구에서는 스트록 구간에서 나타나는 상지관절의 최대 신전 각도 및 각속도를 파악하고자 한다.

그림 1. iSen 3.0 무선 관성 센서(Inertial motion capture sensor)

(2) 배드민턴 셔틀콕 토스 머신

일정한 위치에 일정한 시간 간격, 그리고 동일한 궤도로 날아오는 셔틀콕을 위해 배드민턴 셔틀콕 토스 머신을 활용하였다<그림 2>. PROMARK 셔틀머신 CT-015BK는 모드 설정에 따라 2초 또는 6초의 동일한 간격으로 발사가 가능하며 높이 및 각도 조절을 통해서 원하는 위치에 셔틀콕을 자동으로 토스 할 수 있다. 포핸드 언더클리어 동작을 수행하기 위해 네트 근처의 오른쪽 부분으로 일정하게 셔틀콕을 발사 하도록 설정하였다. 이는 네트로부터 392cm 떨어져있고 표적지의 아래쪽 끝 지점에 기계의 중앙이 위치하도록 설정 하였다. 사이드라인을 기준으로 피험자를 향하는 발사입구의 각도는 기계가 서비스 라인 중앙으로부터 뒤로 200cm 떨어져있는 피험자를 정면으로 바라보게 설정하였기에 정식 배드민턴코트 규격에 의해 $\arctan\frac{(259+200)cm}{(200+198+198+196)cm}$ = 약 30.1°로 설정하였다. 높이는 효과적인 궤적을 나타내기 위해 지면으로부터 180cm 위를 발사 위치로 설정하였다. 발사기계의 일관성은 이원변량 가변오차를 적용하여 약 19.6을 얻었고 이는 약 반경 26.5cm에 셔틀콕이 일정하게 발사됨을 의미한다.

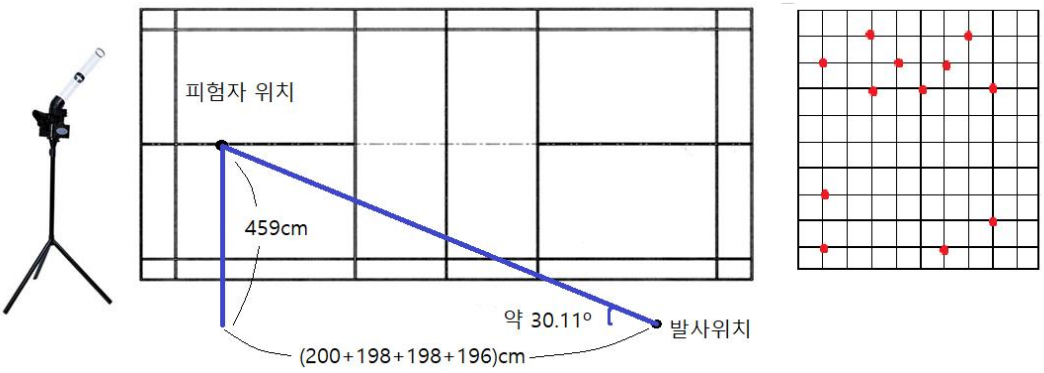

그림 2. 셔틀콕 토스 머신(PROMARK 셔틀머신 CT-015BK)과 위치 및 일관성

(3) 모니터(mointor)

포핸드 언더클리어 학습 중에 피드백을 받는 집단은 네트 옆에 놓여진 모니터를 통해 시각적 피드백을 부여받는다. 실험에 사용된 모니터는 삼성전자에서 제작한 일체형 컴퓨터(올인원 5 Style (54.7 cm) DM500A2M-L14 Celeron®)를 사용하였다<그림 3>. 위의 동작 분석 시스템을 통해서 분석된 상지 분절의 각도 및 각속도는 움직임이 계속되는 동안 즉각적으로 계산되어 모니터를 통해 그래프로 제공된다. 제공될 그래프는 목표하고자 하는 손목관절의 각도와 자신의 손목관절의 각도이며, 이와 동조된 3차원 상지 골격의 움직임, 그리고 그래프와 시간적으로 동조된 영상이 함께 제공된다.

(4) 표적지

가로(400cm)×세로(400cm)의 표적지를 10cm의 동일간격으로 천에 제작했다. 중앙을 (0,0)으로 기준한 표적지는 100cm 단위로 두꺼운 선으로 표시하였으며 아래와 같다<그림 3>.

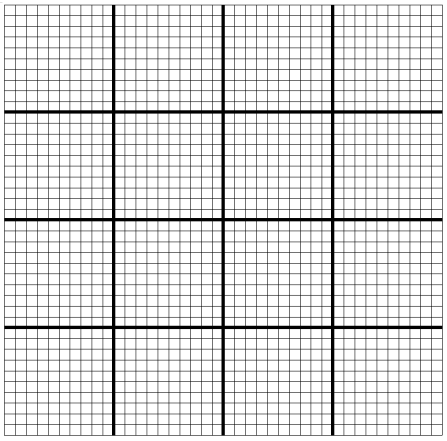

그림 3. 표적지

2) 측정방법

본 연구의 수행 과제는 피험자가 서비스라인의 중앙으로부터 2m 뒤에 위치하고 네트를 넘어 일정하게 날아오는 셔틀콕을 상대 코트의 단식 사이드라인과 복식 서브 엔드라인이 교차하는 곳을 목표지점으로 포핸드 언더클리어로 타구하는 것이다. 이때 포핸드 클리어가 높고 멀리 타구되기 위하여 네트로부터 250cm 떨어진 위치에 높이 240cm, 가로길이 300cm가 되는 가로대를 설치하였고 이를 넘길 수 있도록 과제를 제시하였다<그림 4>. 이는 Scott, French(1959)의 Long serve 모델에서 사용한 가로대와 같은 규격으로 설정한 것이다.

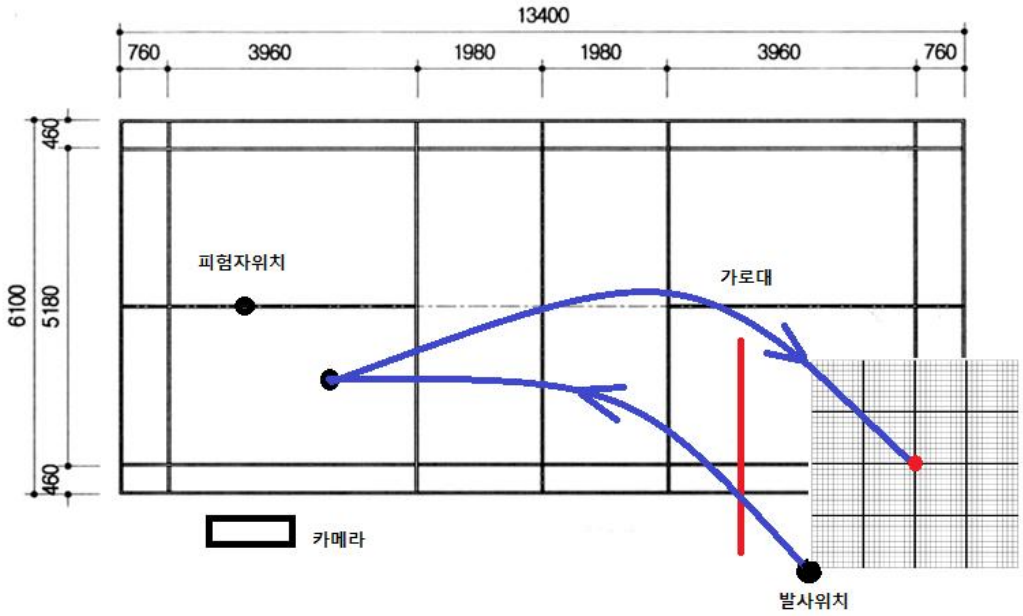

그림 4. 배드민턴 코트 규격과 측정도구의 배치

피험자들의 모든 수행에 대한 상지관절의 운동학적 변인과 표적지에 나타난 수행오차를 측정하였다. 상지관절에 대한 운동학적 변인은 무선 관성센서를 피험자가 라켓을 쥔 쪽의 상지에 부착하여 이를 동조화 한 후 각도와 각속도를 측정하였다. 관성 센서의 부착 위치는 라켓을 쥔 손등 중수골 위에 중지의 연장선과 관성 센서의 x축을 일치시켰다. 전완의 경우 상체와 상지가 90°를 이루게 하고 손바닥은 정면을 바라보게 하여 전완 중간의 손목 신전근의 위치에 관성 센서의 x축을 손등에 부착된 관성 센서의 방향과 일치 시켰다. 상완의 경우도 x축을 위와 같이 일치 시킨 후 상완 삼두근의 장두에 부착시켰다. 등 뒤에는 흉추3번의 위치에 부착시켰다. 다음 <그림 5>과 같다.

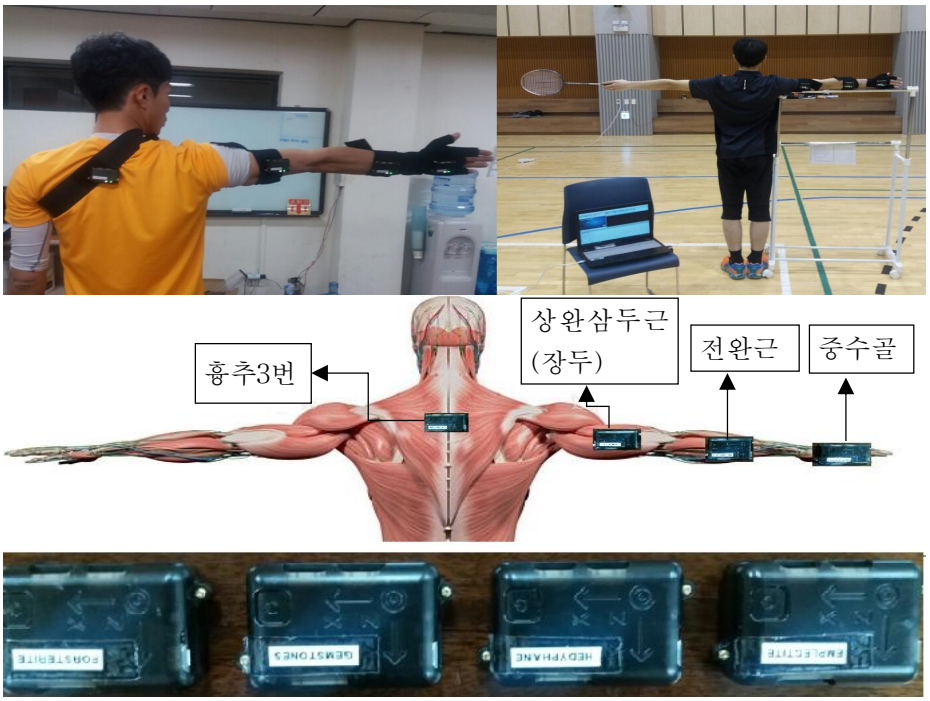

그림 5. 관성 센서의 부착위치

데이터 처리용량의 문제를 해결하고 측정 정확도를 유지하기 위해 한 블록 당 10회를 타구하는 것을 연속으로 촬영하였으며, 각 블록이 시작되기 전에 센서의 켈리브레이션(calibration)을 실시하였다. 켈리브레이션은 피험자의 어깨 높이로 조절 할 수 있는 높이 조절기를 이용하였다. 피험자는 두발을 모아서 높이 조절기와 발목관절의 위치를 일치 시킨 후, 오른 팔을 들어 지면과 평행이 되도록 높이 조절기로 고정하였다.

표적지의 중앙은 단식 사이드라인과 복식 서브 엔드라인이 교차하는 곳과 일치하게 하였고 피험자가 이 지점을 인식 할 수 있도록 표시해두었다. 한 블록의 10회 타구가 진행되는 동안 순서대로 번호가 표시된 셔틀콕의 최초 낙하 위치를 기록하였다.

3. 실험 절차

실험 절차는 <표 2>와 같이 설정하였다.

표 2. 실험 절차

사전 검사
↓
연습 단계
↓
사후 검사
↓
파지 검사

1) 사전 검사

실험 1일 차에 피험자는 실험 장소에 도착하여 준비된 실험동의서에 서약 후 실험 안내서를 정독하게 하였다. 연구자는 피험자가 참여 할 실험에 대한 전반적인 설명을 하였고, 배드민턴 전문가로 하여금 라켓의 그립을 잡는 법, 준비자세, 언더클리어 스윙 등에 대한 설명을 영상을 통해 시청하도록 하였다. 그 후 셔틀콕 발사기계로부터 6초 간격으로 투사된 셔틀콕을 포핸드 언더클리어로 타구하는 시범을 보고 2회 연습을 한 후 지정된 위치에서 개인별로 포핸드 언더클리어를 2개의 블록인 총 20개를 실시하였다. 블록 사이에는 2분의 휴식을 주었다. 이때 수집된 데이터는 집단 별로 수행오차에 대한 차이를 띄지 않게 하기 위해 사용하였다.

2) 학습 단계

학습 단계는 3회에 걸쳐 이루어 졌다. 학습 단계에서는 각 회 차 별로 5번의 블록을 타구하게 하였다. 1개의 블록은 10개의 셔틀콕을 6초 간격으로 타구하는 것이며, 블록 사이에는 2분의 휴식 시간을 두었다. 이 단계에서는 집단별로 제공되는 정보가 달랐다. 시각피드백이 양적 정보의 형태로 제시된 집단의 경우 각 블록을 수행 한 후 상지 관절의 각도 그래프와 숙련자의 상지 관절 각도 그래프를 보게 하였다. 시각피드백이 질적 정보의 형태로 제시된 집단의 경우 각 블록을 수행 한 후 녹화된 자신의 수행과 이전에 녹화된 숙련자의 영상을 볼 수 있도록 하였다. 반면 통제 집단의 경우 위와 같은 피드백이 제시되지 않았다.

3) 사후 검사

사후 검사는 학습 단계가 종료 된 후 24시간 뒤에 실시했다. 10개의 셔틀콕을 6초 간격으로 2블록을 실시하였다.

4) 파지 검사

파지 검사의 경우 학습 단계를 완료한 후 48시간 뒤에 사전 검사와 동일한 절차에 따라 실험을 진행하였다. 이는 포핸드 언더 클리어를 10번씩 2 블록, 총 20번을 타구한 것이다.

4. 실험 설계

본 연구는 집단(3 수준)과 검사 시점(3 수준)을 독립변인으로 하는 이원혼합설계(two factor mixed design)를 사용하였으며, 종속변인으로는 목표지점에 대한 정확성 및 일관성, 손목관절의 최대신전각도 및 최대굴곡각속도, 상지관절의 연속상대위상으로 설계하였다<표 3>.

표 3. 실험 설계

독립변인			종속변인
시각 피드백 형태			1.과제수행의 결과 -정확성 -일관성
양적보강정보	질적보강정보		2. 손목관절의 운동학적변인 -손목 최대 신전 각도 -손목 최대 굴곡 각속도
검사 시점			3. 상지관절의 협응구조 -백스윙 구간 연속상대위상 -스윙 구간 연속상대위상 -팔로우 스루 구간 연속상대위상
사전검사	사후검사	파지검사	

5. 자료 분석

본 연구의 종속변인은 목표지점에 대한 정확성 및 일관성, 손목관절의 최대신전각도와 최대굴곡각속도, 그리고 손목-팔꿈치의 협응구조이다. 이에 따른 산출 방법은 다음과 같다. 이는 MATLAB 프로그램(Mathworks, Inc., Natick, MA, USA)과 MS Excel 프로그램(Microsoft, USA)을 사용하여 분석하였다.

1) 노이즈 제거

포핸드 언더클리어를 수행 할 때 상지의 움직임을 분석하기 위해 사용된 무선 관성센서의 데이터들은 버터워즈저역 필터(4th lower pass Butterworth filter)로 필터링 하였다. 본 실험에서 나타나는 움직임의 frequency에 대한 상한점을 설정하기 위해 FFT(Fast fourier transformations)를 이용하였고, <그림 6> 과 같은 결과를 얻었다. 이때 PSD(power spectrum density)가 10Hz 미만에서 99%를 차지하고 있기 때문에 차단주파수(cut-off frequency)를 10Hz로 설정하였다.

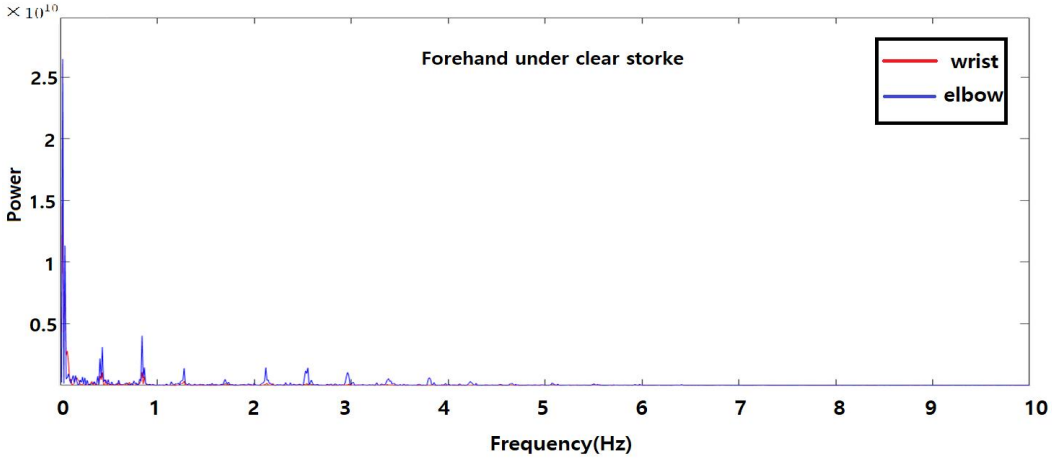

그림 6. 포핸드 언더클리어 동작에 대한 FFT 결과

2) 주요변인 산출방법

(1) 과제 수행의 결과

목표지점은 단식 사이드라인과 복식 서브 엔드라인이 교차하는 지점 중 피험자의 시선에서 볼 때 오른쪽에 있는 지점이다. 정확성 및 일관성은 다음과 같다.

① 정확성

셔틀콕이 최종적으로 떨어진 위치를 2차원 평면에서 좌표로 설정하여 정확성을 파악하기로 했다. 따라서 목표지점의 좌표를 (0,0)으로 설정하고 오른쪽과 위 방향을 (+), 왼쪽과 아래 방향을 (-)로 가정하여 계산하였다. 1블록 당 총 10회의 타구를 측정하였고 이에 대한 정확성으로 평균반경오차(MRE: mean radial error)를 사용 하였으며 <수식 2>에 의해 계산된다.

$$MRE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sqrt{x_i^2 + y_i^2} \quad \text{수식 2.}$$

[x_i, y_i는 i번째에 시행한 셔틀콕 도착지점의 좌표, n = 총 시행 수]

② 일관성

일관성은 이원변량 가변오차(BVE: bivariate variable error)를 이용하였다. 이것은 매 시행된 좌표와 좌표별로 따로 평균을 낸 값의 차이를 이용하여 계산한다. 다음 <수식 3>에 의해 계산된다.

$$BVE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}[(x_i - x_c)^2 + (x_i - x_c)^2]} \quad \text{수식 3.}$$

[x_i, y_i : i시행에서 얻은 점수의 좌표, n: 총 시행 수, x_c, y_c: 각 좌표별 평균]

(2) 손목관절의 운동학적 변인

① 최대 신전 각도

손목관절의 굴곡은 (+)방향으로, 신전은 (-)방향으로 설정하였고, iSen 3.0 장비의 무선 관성 센서를 이용하여 측정하였다. 스트록 구간에서 손목관절이 최대로 신전한 각도를 최대 신전 각도로 설정하였다.

② 최대 굴곡 각속도

데이터 중 스트록 구간에서 손목관절의 최대 굴곡 각속도를 수집했다.

3) 상지관절의 협응구조

손목-팔꿈치의 협응구조는 두 관절의 굴곡-신전 각을 연속상대위상(CRP)을 이용하여 파악하였다. 즉 두 관절이 굴곡-신전하는 패턴을 각속도와 각위치의 변인을 이용하여 협응 형태를 분석하는 것이다.

분석하는 구간은 스트록 구간으로 한정하였다. 이때 스트록 구간을 100%로 표준화하였다. 선행연구에 따라 연속상대위상은 MATLAB 프로그램(Mathworks, Inc., Natick, MA, USA)을 이용하여 산출하였고, 위상각 및 상대위상(relative phase)은 <수식 4>를 이용하였다.

$$\Phi_{relative\ phase} = \Phi_{distal\ segment} - \Phi_{proximal\ segment}$$
$$= \arctan\left(\frac{\theta'_{wrist}(t)}{\theta_{wrist}(t)}\right) - \arctan\left(\frac{\theta'_{elbow}(t)}{\theta_{elbow}(t)}\right) \quad \text{수식 4.}$$

6. 통계처리

본 연구에서는 SPSS 23.0의 통계 프로그램을 활용하여 다음과 같은 통계 분석을 실시하였다. 가설 검증을 위한 유의 수준은 .05로 하였다.

* 집단과 검사시점에 따른 기술 통계치를 산출하였다.
* 집단과 검사시점에 따른 정확성 및 일관성, 손목관절의 최대신전각도, 손목관절의 최대굴곡각속도, 그리고 손목-팔꿈치의 협응구조의 차이를 확인하기 위해 정확성과 일관성의 경우 정규성 검정을 만족하지 못하여 대응표본-이원 배치 분산 분석(Non-parametric two-way ANOVA Friedman test)을 실시하였고, 유의한 차이가 있는 경우 사후검증(Post-Hoc analysis)을 실시하였다. 손목관절의 최대신전각도와 손목관절의 최대굴곡각속도를 비교하기 위한 검사에 이원 분산 반복 측정 분석(Two-way ANOVA with repeated measures on the second factor)과 사후검증을 실시하였다. 상지관절의 연속상대위상을 비교하기 위해서는 구간에 따라 정규성 검정을 만족 할 경우 이원 분산 반복 측정 분석을, 만족 하지 못할 경우, 대응표본-이원 배치 분산 분석을 실시 한 후, 사후검증을 실시하였다.

Ⅳ. 연구 결과

본 연구는 포핸드 언더클리어의 정확성 및 일관성과 손목관절의 운동학적 변인, 그리고 상지관절의 협응구조를 비교 분석하였다. 포핸드 언더클리어의 정확성과 일관성은 시각피드백의 형태와 검사시점에 따라 각각 평균반경오차와 이원변량 가변오차로 비교 분석하였다. 또한 손목관절의 운동학적 변인은 임팩트 직전에 나타나는 손목관절의 최대 신전 각도와 임팩트 시점에 나타나는 손목관절의 최대 굴곡 각속도로 비교 분석하였다. 마지막으로 상지관절의 협응구조는 손목관절과 팔꿈치관절의 연속상대위상을 통해 비교 분석하였다.

1. 과제수행의 결과

본 연구는 제공 받는 시각피드백의 형태와 수행 시기에 따라 포핸드 언더클리어의 정확성과 일관성을 비교하기 위해 포핸드 언더클리어 과제를 실시하였다. 정확성은 제작된 표적지의 좌표를 통해 평균반경오차(MRE: mean radial error)를 이용하여 각 변인 간의 차이를 분석하였다. 일관성은 이원변량 가변오차(BVE: bivariate variable error)를 이용하여 변인 간의 차이를 분석하였다. 정확성과 일관성 변인에서는 모수 통계의 가정을 충족하지 못하였기에 비모수 통계방법을 사용하여 차이를 검정하였다.

1) 평균반경오차(MRE)를 이용한 정확성 비교

포핸드 언더클리어의 정확성은 목표지점과 셔틀콕이 최초로 낙하된 위치 사이의 거리 차이로 분석하였다. 이 차이는 수식2.를 통해 MRE로 분석하였다. MRE 값은 0에 가까울수록 목표지점에 가깝게 포핸드 언더클리어로 셔틀콕을 타구한 것이다.

정확성을 검정하기 위해 정규성 검정을 실시하였으나 검증 결과 원자료가 정규분포를 이루지 못한다는 결론을 도출하였고, 이에 따라 모수통계의 가정을 충족하지 못했기 때문에 비모수 통계 기법을 사용하였다. 시각피드백의 형태에 따른 주효과 검정은 Kruskal-Wallis검정을 통해 분석하였으며, 검사시점에 따른 주효과 검정은 Friedman 검정을 통해 실시하였다. 분석결과는 <표 4>, <표 5>와 같다.

표 4. 시각피드백의 형태에 따른 정확성 분석결과

변량원	자유도(df)	비교	p-value
사전검사	2	χ^2 = 2.554	.279
사후검사	2	χ^2 = 2.691	.260
파지검사	2	χ^2 = 8.850	.012*

※ χ^2 은 Kruskal-Wallis검정으로 산출된 자료(p<.05)

표 5. 검사시점에 따른 정확성 분석결과

변량원	자유도	비교	p-value
통제집단	2	χ^2 = 4.222	.121
질적보강정보 집단	2	χ^2 = 13.556	.001*
양적보강정보 집단	2	χ^2 = 10.889	.004*

※ χ^2 은 Friedman 검정으로 산출된 자료(p<.05)

시각피드백의 형태에 따른 정확성 분석결과는 <표 4>와 같이 파지검사에서 정확성의 차이가 유의미하게 나타났다[χ^2(df=2; N=27)= 8.850, p=.012*]. 이는 집단별로 사전검사와 사후검사에서의 정확성에 대한 차이는 나타나지 않았지만 파지검사에서 그 차이가 유의미하기에 파지검사에서만 Mann-Whitney 사후검정을 실시하였다. 결과는 <표 6>과 같이 통제집단과 양적보강정보집단 사이에서[U(df=1; N=18)= 9.000, p < .05], 그리고 질적보강정보집단과 양적보강정보집단 사이에서[U(df=1; N=18)= 15.000, p < .05] 정확성에 대한 차이가 유의미하게 나타났다.

표 6. 파지검사 시각피드백 형태에 따른 정확성의 사후검정

시각피드백의 형태	자유도 (df)	비교	p-value
통제집단-질적보강정보집단	1	U = 35.000	.666
통제집단-양적보강정보집단	1	U = 9.000	.012*
질적보강정보집단-양적보강정보집단	1	U = 15.000	.048*

※ U는 Mann-Whitney 검정으로 산출된 자료(p<.05). 다중비교에서 발생하는 오류를 Holm-Bonferroni method로 교정하여 산출하였다.

검사시점에 따른 정확성 분석결과는 <표 5>와 같이 질적보강정보집단[χ^2(df=2; N=27)= 13.556, p=.001*]과 양적보강정보집단[χ^2(df=2; N=27)= 10.889, p=.004*]에서 정확성의 차이가 유의미하게 나타났다. 이는 통제집단의 경우 검사시점에 따라 정확성에 대한 차이는 나타나지 않았지만 질적보강정보집단과 양적보강정보집단에서 그 차이가 유의미하게 나타났다.

두 집단별로 Wilcoxon의 부호순위검정(사후검정)을 실시한 결과 <표 7>과 같이 질적보강정보집단의 사전검사와 사후검사 사이에서[Z(df=1; N=9)=-2.666, p < .05], 그리고 질적보강정보집단의 사전검사와 파지검사 사이에서[Z(df=1; N=9)= -2.666, p < .05] 정확성에 대한 차이가 유의미하게 나타났다. 양적보강정보집단의 경우 사전검사와 파지검사 사이에서

그림 7.시각피드백 형태에 따른 정확성 비교

[Z(df=1; N=9)=−2.666, p < .05] 정확성에 대한 차이가 유의미하게 나타났다.

표 7. 질적보강정보집단과 양적보강정보집단 별 검사시점에 따른 정확성의 사후검정

집단별 검사시점	자유도 (df)	비교	p−value
질적보강정보집단(사전−사후)	1	Z = −2.666	.024*
질적보강정보집단(사전−파지)	1	Z = −2.666	.024*
질적보강정보집단(사후−파지)	1	Z = −6.52	.515
양적보강정보집단(사전−사후)	1	Z = −1.955	.102
양적보강정보집단(사전−파지)	1	Z = −2.666	.024*
양적보강정보집단(사후−파지)	1	Z = −1.718	.102

※ Z는 Wilcoxon의 부호순위검정으로 산출된 자료(p<.05). 다중비교에서 발생하는 오류를 Holm-Bonferroni method로 교정하여 산출하였다.

그림 8. 검사시점에 따른 정확성 비교

시각피드백의 형태와 사전검사 별로 나타나는 정확성 값은 다음 <표 8>과 같다.

표 8. 시각피드백의 형태와 검사시점 따른 정확성 자료(단위 : cm)

시각피드백 형태	사전검사		사후검사		파지검사	
	평균	표준오차	평균	표준오차	평균	표준오차
통제집단	198.3	14.5	148.7	16.2	151.5	12.6
질적보강정보 집단	193.6	14.5	139.6	16.2	142.8	12.6
양적보강정보 집단	165.5	14.5	120.7	16.2	98.9	12.6
전체	185.8	44.5	136.3	48.28	131.1	43.2

2) 이원변량 가변오차(BVE)를 이용한 일관성 비교

포핸드 언더클리어의 일관성은 수행자가 타구한 셔틀콕이 최초로 낙하된 위치들의 중앙값과 매번 수행한 값 사이의 거리 차이로 분석하였다. 이 차이는 BVE 수식3.을 통해 분석하였다. BVE 값은 0에 가까울수록 일관된 한 지점으로 포핸드 언더클리어를 이용하여 셔틀콕을 타구한 것이다.

일관성을 검정하기 위해 정규성 검정을 실시하였으나 검증 결과 원자료가 정규분포를 이루지 못한다는 결론을 도출하였고, 이에 따라 모수통계의 가정을 충족하지 못했기 때문에 비모수 통계 기법을 사용하였다. 시각피드백의 형태에 따른 주효과 검정은 Kruskal-Wallis검정을 통해 분석하였으며, 검사시점에 따른 주효과 검정은 Friedman 검정을 통해 실시하였다. 분석결과는 <표 9>, <표 10>과 같다.

표 9. 시각피드백의 형태에 따른 일관성 분석결과

변량원	자유도(df)	비교	p-value
사전검사	2	χ^2 = 2.078	.354
사후검사	2	χ^2 = 0.353	.838
파지검사	2	χ^2 = 7.347	.025*

※ χ^2 은 Kruskal-Wallis검정으로 산출된 자료(p<.05)

표 10. 검사시점에 따른 일관성 분석결과

변량원	자유도(df)	비교	p-value
통제집단	2	χ^2 = 2.667	.264
질적보강정보 집단	2	χ^2 = 8.222	.016*
양적보강정보 집단	2	χ^2 = 9.556	.008*

※ χ^2 은 Friedman 검정으로 산출된 자료(p<.05)

시각피드백의 형태에 따른 일관성 분석결과는 <표 9>와 같이 파지검사에서 일관성의 차이가 유의미하게 나타났다[χ^2(df=2; N=27)= 7.347, p=.025*]. 이는 집단별로 사전검사와 사후검사에서의 일관성에 대한 차이는 나타나지 않았지만 파지검사에서 그 차이가 유의미하기에 파지검사에서만 Mann-Whitney 사후검정을 실시하였다. 결과는 <표 11>과 같이 통제집단과 양적보강정보집단 사이에서[U(df=1; N=18)= 9.000, p < .05], 그리고 질적보강정보집단과 양적보강정보집단 사이에서 [U(df=1; N=18)= 15.000, p < .05] 일관성에 대한 차이가 유의미하게 나타났다.

표 11. 파지검사에서 시각피드백 형태에 따른 일관성의 사후검정

시각피드백의 형태	자유도	비교	p-value
통제집단-질적보강정보집단	1	U = 31.000	.401
통제집단-양적보강정보집단	1	U = 13.000	.045*
질적보강정보집단-양적보강정보집단	1	U = 17.000	.076

※ U는 Mann-Whitney 검정으로 산출된 자료(p<.05). 다중비교에서 발생하는 오류를 Holm-Bonferroni method로 교정하여 산출하였다.

검사시점에 따른 일관성 분석결과는 <표 10>과 같이 질적보강정보집단[χ^2(df=2; N=27)= 8.222, p=.016*]과 양적보강정보집단[χ^2(df=2; N=27)= 9.5569, p=.008*]에서 일관성의 차이가 유의미하게 나타났다. 즉 통제집단의 경우 검사시점에 따라 일관성에 대한 차이가 나타나지 않았지만 질적보강정보집단과 양적보강정보집단에서 그 차이가 유의미하게 나타났다.

두 집단별로 Wilcoxon의 부호순위검정(사후검정)을 실시한 결과 <표 12>와 같이 질적보강정보집단의 사전검사와 사후검사 사이에서 [Z(df=1; N=9)=-2.666, p < .05], 그리고 질적보강정보집단의 사전

그림 9. 시각피드백형태에 따른 일관성 비교

검사와 파지검사 사이에서[Z(df=1; N=9)= −2.666, p < .05] 정확성에 대한 차이가 유의미하게 나타났다. 양적보강정보집단의 경우 사전검사와 파지검사 사이에서 [Z(df=1; N=9)=−2.666, p < .05] 일관성에 대한 차이가 유의미하게 나타났다.

표 12. 질적보강정보집단과 양적보강정보집단 별 검사시점에 따른 일관성의 사후검정

집단별 검사시점	자유도 (df)	비교	p−value
질적보강정보집단(사전−사후)	1	Z = −2.547	.033*
질적보강정보집단(사전−파지)	1	Z = −2.547	.033*
질적보강정보집단(사후−파지)	1	Z = −0.59	.953
양적보강정보집단(사전−사후)	1	Z = −1.718	.132
양적보강정보집단(사전−파지)	1	Z = −2.666	.024*
양적보강정보집단(사후−파지)	1	Z = −1.836	.132

※ Z는 Wilcoxon의 부호순위검정으로 산출된 자료(p<.05). 다중비교에서 발생하는 오류를 Holm-Bonferroni method로 교정하여 산출하였다.

그림 10. 검사시점에 따른 일관성(BVE) 비교

시각피드백의 형태와 검사시점 별로 나타나는 일관성 값은 다음 <표 13>과 같다.

표 13. 시각피드백의 형태와 검사시점 따른 일관성 자료(단위 : cm)

시각피드백의 형태	사전검사		사후검사		파지검사	
	평균	표준오차	평균	표준오차	평균	표준오차
통제집단	186.832	16.078	135.845	17.018	144.048	12.101
질적보강정보집단	184.483	16.078	129.345	17.018	129.965	12.101
양적보강정보집단	157.796	16.078	122.851	17.018	93.956	12.101
전체	185.874	44.5444	136.381	48.2825	131.127	43.2454

2. 손목관절의 운동학적 변인

본 연구에서는 제공 받는 시각피드백의 형태와 수행 시기에 따라 포핸드 언더클리어 과제를 실시하면서 임팩트 직전에 나타나는 손목관절의 최대 신전 각도와 임팩트 시에 나타나는 손목관절의 최대 굴곡 각속도를 시각피드백의 형태와 검사시점에 따라 비교 분석한다. 손목관절의 최대 신전 각도와 손목관절의 최대 굴곡 각속도는 위에서 정의한 스트록구간에서 상지 관절에 부착된 무선관성센서를 이용하여 MATLAB 프로그램(Mathworks, Inc., Natick, MA, USA)과 MS Excel 프로그램(Microsoft, USA)을 사용하여 분석하였다.

위 두 변인에서는 모수 통계방법을 사용하여 차이를 검정하였다.

1) 손목관절의 최대 신전 각도

포핸드 언더클리어 수행 시 임팩트 직전에 나타나는 손목관절의 최대 신전 각도는 STT사에서 제작한 iSen 무선 센서식 동작 분석기를 활용하여 자체 동조(synchronization)된 카메라와 수집된 100Hz의 정보로 분석하였다. 손목관절의 각도는 신전방향을 음의 방향으로 설정하였으며, 해부학적 자세를 기준하여 0°(degree)로 설정하였다. 실험에 앞서 분석한 두 배드민턴 코치의 포핸드 언더클리어 시 나타나는 손목관절 최대신전 각도의 평균은 약 -97.8°(degree)이다.

손목관절의 최대신전 각도를 비교 분석하기 위해 two-way repeated measures ANOVA를 사용하였으며, 분석결과는 <표 14> 및 <표 15>와 같다.

표 14. 시각피드백의 형태와 검사시점 따른 손목관절 최대신전 각도 자료

시각피드백의 형태	사전검사		사후검사		파지검사	
	평균	표준오차	평균	표준오차	평균	표준오차
통제집단	-43.3°	10.2°	-36.5°	12.9°	-36.8°	17.3°
질적보강정보 집단	-36.8°	15.0°	-54.8°	21.2°	-54.5°	19.1°
양적보강정보 집단	-36.0°	20.4°	-66.2°	11.2°	-66.0°	14.4°
전체	-39.6°	15.4°	-52.5°	19.6°	-52.4°	20.5°

표 15. 시각피드백의 형태와 검사시점에 따른 손목관절 최대신전 각도 비교 분석 결과

변량원	자유도(df)	F	p-value
시각피드백의 형태	2	3.671	.041*
검사시점	2	6.940	.004*
시각피드백의 형태 ×검사시점	4	3.529	.013*

p<.05*

분석결과 시각피드백의 형태에 대한 주효과 검증에서 통제집단과 질적보강정보집단, 그리고 양적보강정보집단 간에 손목관절 최대신전 각도의 차이는 유의미하게 나타났다[F(2, 24) = 3.671, p<.05*]. 또한 검사시점에 대한 주효과에서는 사전검사와 사후검사 그리고 파지검사 간에 유의미한 차이가 나타났다[F(2, 23) = 6.940, p<0.5*]. 마지막으로 시각피드백의 형태와 검사시점의 상호작용 효과는 유의미하게 나타났다[F(4, 48) = 3.529, p<.05*].

<표 14>와 같이 시각피드백의 형태와 검사시점에 따른 손목관절 최대신전각도에 유의미한 차이가 있었으며, 시각피드백의 형태에 따른 검사시점에서의 차이를 분석하기 위해 3가지 시기에서 3가지 집단 간의 다중

비교인 사후검정을 실시하였다.

표 16. 검사시점에 따른 손목관절 최대 신전각도의 주효과에 대한 사후검정 결과(단위 : °)

검사시점		평균차(i−j)	표준오차	p−value
집단(i)	집단(j)			
사전검사	사후검사	12.862	3.449	.006*
	파지검사	12.781	3.444	.009*
사후검사	사전검사	−12.862	3.449	.006*
	파지검사	−.081	1.450	1.000
파지검사	사전검사	−12.781	3.444	.009*
	사후검사	.081	1.450	1.000

다중비교에서 발생하는 오류를 Holm-Bonferroni method로 교정하여 산출하였다. p<.05*

표 17. 검사시점에 따른 집단별 손목관절 최대 신전각도의 차이 비교 분석 결과(단위 : °)

시각피드백의 형태	검사시점		평균차 (i−j)	표준오차	p−value
	집단(i)	집단(j)			
통제집단	사전검사	사후검사	-6.670	4.770	.200
		파지검사	-6.413	5.642	.289
질적보강정보 집단	사전검사	사후검사	15.006	7.986	.097
		파지검사	14.702	7.500	.086
양적보강정보 집단	사전검사	사후검사	30.251	4.530	.000*
		파지검사	30.054	4.317	.000*

검사시점에 따른 주효과에 대한 사후검정인 다중비교에서 발생하는 오류를 교정하기 위해 유의 수준을 Holm-Bonferroni correction으로 산출하였다. (p<.05*)

검사시점에 따른 손목관절 최대 신전각도 분석의 사후검정 결과 <표 16>에서처럼 사전검사와 사후검사 간, 그리고 사전검사와 파지검사 간에 유의미한 차이가 나타났다($p<0.05$). 이에 따라 피드백 형태에 따른 사전검사와 사후검사 간의 차이와 피드백 형태에 따른 사전검사와 파지검사의 차이를 비교 분석한 결과 <표 17>에서처럼 양적보강정보 집단에서만 유의미한 차이가 나타났다($p<.05^*$).

그림 11. 검사시점에 따른 손목관절 최대신전각도 비교

표 18. 시각피드백형태에 따른 손목관절 최대 신전각도의 주효과에 대한 사후검정 결과(단위 : °)

시각피드백의 형태		평균차	표준오차	p-value
집단(i)	집단(j)	(i-j)		
통제집단	질적보강정보집단	10.840	6.4275	.314
	양적보강정보집단	17.223	6.4275	.039*
질적보강정보집단	통제집단	-10.840	6.4275	.314
	양적보강정보집단	6.383	6.4275	.992
양적보강정보집단	통제집단	-17.223	6.4275	.039*
	질적보강정보집단	-6.383	6.4275	.992

다중비교에서 발생하는 오류를 Bonferroni method로 교정하여 산출하였다. $p<.05^*$

표 19. 시각피드백형태에 따른 검사시점별 손목관절 최대 신전각도의 차이 비교 분석 결과(단위 : °)

검사시점	시각피드백의 형태		평균차 (i−j)	표준오차	p−value
	집단(i)	집단(j)			
사전검사	통제집단	양적보강정보 집단	−7.239	7.613	.361
사후검사	통제집단	양적보강정보 집단	29.682	5.720	.000*
파지검사	통제집단	양적보강정보 집단	29.229	7.514	.001*

시각피드백의 형태에 따른 주효과에 대한 사후검정인 다중비교에서 발생하는 오류를 교정하기 위해 유의 수준을 Bonferroni correction으로 산출하였다. (p<.01*)

시각피드백형태에 따른 손목관절의 최대 신전각도의 사후검정 결과 <표 18>에서처럼 통제집단과 양적보강정보집단 간에 유의미한 차이가 나타났다(p<0.05*). 이에 따라 검사시점에 따른 통제집단과 양적보강정보집단 간의 차이를 비교 분석한 결과 <표 19>에서처럼 사후검사와 파지검사에서 유의미한 차이가 나타났다(p<.01*).

그림 12. 시각피드백형태에 따른 손목관절 최대 신전각도 비교

2) 손목관절의 최대 굴곡 각속도

포핸드 언더클리어 수행시 임팩트 시기에 나타나는 손목관절의 최대 굴곡 각속도는 STT사에서 제작한 iSen 무선 센서식 동작 분석기를 활용하여 자체 동조(synchronization)된 카메라와 수집된 100Hz의 정보로 분석하였다. 손목관절의 각속도는 음의 방향을 신전방향으로 설정하였으며, 해부학적 자세를 기준하여 0°(degree)으로 설정하였다. 실험에 앞서 분석한 두 배드민턴 코치의 포핸드 언더클리어시 나타나는 손목관절 최대 굴곡 각속도의 평균은 약 1260.1°/sec이다.

손목관절의 최대 굴곡 각속도를 비교 분석하기 위해 two-way repeated measures ANOVA를 사용하였으며, 분석결과는 <표 20> 및 <표 21>과 같다.

표 20. 시각피드백의 형태와 검사시점 따른 손목관절 최대 굴곡 각속도 자료(단위 = °/s)

시각피드백 형태	사전검사		사후검사		파지검사	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
통제집단	754.66	195.73	800.85	221.30	823.80	255.14
질적보강 정보집단	756.55	184.71	1015.27	160.43	1057.89	135.51
양적보강 정보집단	620.22	289.25	977.14	200.39	959.00	207.41
전체	710.48	43.89*	931.09	37.65*	946.90*	39.51

※ *은 표준오차를 의미함.

표 21. 시각피드백의 형태와 검사시점에 따른 손목관절 최대 굴곡 각속도 비교 분석 결과

변량원	자유도(df)	F	p-value
시각피드백의 형태	2	1.571	.229
검사시점	2	16.743	.000*
시각피드백의 형태 ×검사시점	4	2.503	.055

분석결과 시각피드백의 형태에 대한 주효과 검증에서 통제집단과 질적보강정보집단, 그리고 양적보강정보집단 간에 손목관절 최대 굴곡 각속도의 차이는 유의미하지 않게 나타났다[F(2, 23) = 1.571, p=.229]. 반면 검사시점에 대한 주효과에서는 사전검사와 사후검사 그리고 파지검사 간에 유의미한 차이가 나타났다[F(2, 23) = 16.743, p<.05]. 마지막으로 시각피드백의 형태와 검사시점의 상호작용 효과는 유의미하지 않게 나타났다[F(4, 48) = 2.503, p=.055].

<표 20>과 같이 검사시점에 따른 손목관절 최대 굴곡 각속도에 유의미한 차이가 있었으며, 시각피드백의 형태에 따른 검사시점에서의 차이를 분석하기 위해 3가지 시기에서 3가지 집단 간의 다중 비교인 사후검정을 실시하였다.

표 22. 검사시점에 따른 손목관절 최대 굴곡 각속도의 주효과에 대한 사후검정 결과(단위 = °/s)

검사시점		평균차(i−j)	표준오차	p−value
집단(i)	집단(j)			
사전검사	사후검사	-220.61	48.61	.000*
	파지검사	-236.41	45.14	.000*
사후검사	사전검사	220.61	48.61	.000*
	파지검사	-15.80	17.89	.385
파지검사	사전검사	15.80	17.89	.000*
	사후검사	236.41	45.14	.385

다중비교에서 발생하는 오류를 Holm-Bonferroni method로 교정하여 산출하였다(p<.05*)

표 23. 검사시점에 따른 집단별 손목관절 최대 굴곡 각속도의 차이 비교 분석 결과

시각피드백의 형태	검사시점		평균차 (i−j)	표준오차	p−value
	집단(i)	집단(j)			
통제집단	사전검사	사후검사	-46.18	78.46	.572
		파지검사	69.13	78.05	.402
질적보강정보 집단	사전검사	사후검사	-258.73	55.11	.006*
		파지검사	-301.34	42.22	.000*
양적보강정보 집단	사전검사	사후검사	-356.91	86.84	.006*
		파지검사	-338.76	81.60	.006*

다중비교에서 발생하는 오류를 교정하기 위해 유의 수준을 Holm-Bonferroni correction으로 산출하였다. (p<.05*)

검사시점에 따른 손목관절 최대 굴곡 각속도 분석의 사후검정 결과 <표 22>에서처럼 사전검사와 사후검사 간, 그리고 사전검사와 파지검사 간에 유의미한 차이가 나타났다(p<0.05). 이에 따라 피드백 형태에 따른 사전검사와 사후검사 간의 차이와 피드백 형태에 따른 사전검사와 파지검사의 차이를 비교 분석한 결과 <표 23>에서처럼 질적보강정보 집단과 양적보강정보 집단에서 유의미한 차이가 나타났다(p<.05*).

그림 13. 검사시점에 따른 손목관절 최대 굴곡 각속도 비교

3. 상지관절의 협응구조

본 연구에서는 상지의 협응구조를 분석하기 위해 손목관절과 팔꿈치 관절의 움직임을 촬영하였으며, 검사시점에 따라 '사전검사', '사후검사', 그리고 '파지검사'에서 포핸드 언더클리어 동작을 수행하였다. 각 집단에서 3가지 시기에 대한 상지관절의 움직임은 <그림 14, 15, 16>와 같다.

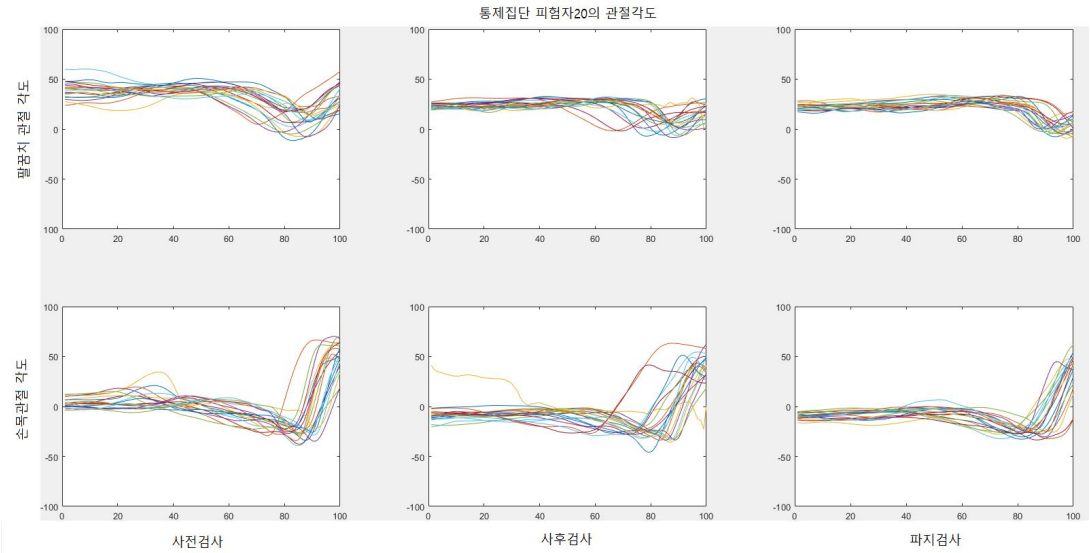

그림 14. 통제집단 중 피험자20의 검사시점에 따른 팔꿈치관절과 손목관절의 굴곡-신전 움직임: 20회의 타구를 스트록 구간으로 나눈 뒤, 모두 시간에 따라 100개의 지점으로 선형보간(Linear interpolation).

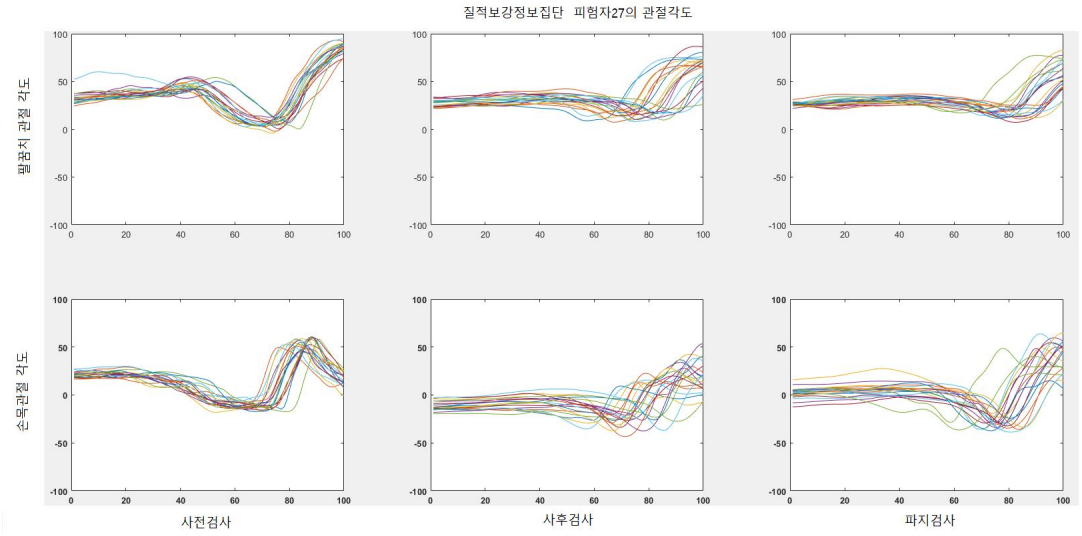

그림 15. 질적보강정보 집단 중 피험자27의 검사시점에 따른 팔꿈치관절과 손목관절의 굴곡-신전 움직임: 20회의 타구를 스트록 구간으로 나눈 뒤, 모두 시간에 따라 100개의 지점으로 선형보간(Linear interpolation).

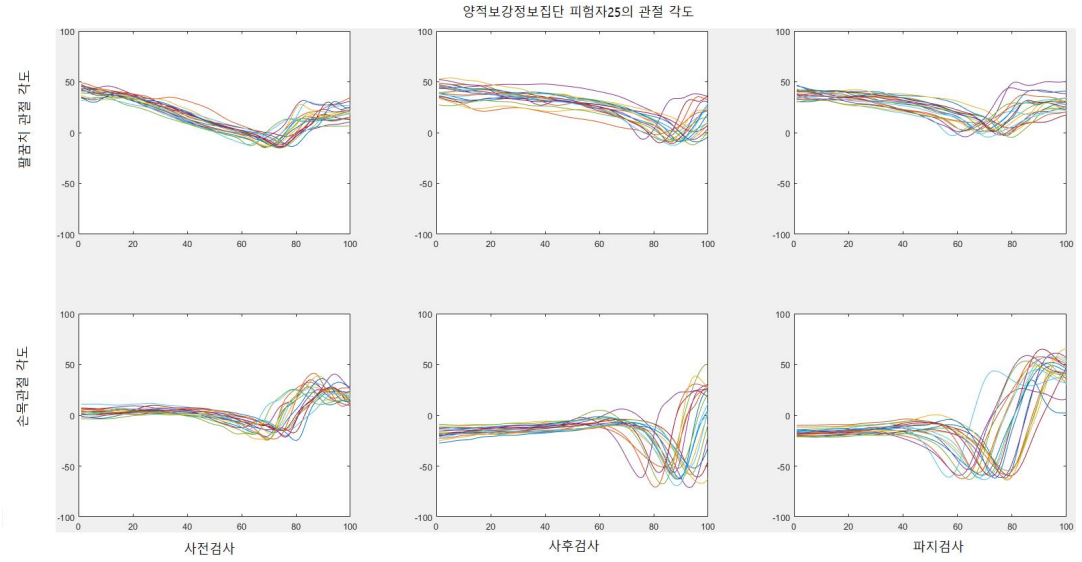

그림 16. 양적보강정보 집단 중 피험자25의 검사시점에 따른 팔꿈치관절과 손목관절의 굴곡-신전 움직임: 20회의 타구를 스트록 구간으로 나눈 뒤, 모두 시간에 따라 100개의 지점으로 선형보간(Linear interpolation).

<그림 14, 15, 16>은 각각 통제집단, 질적보강정보집단, 그리고 양적보강정보집단에서 한명씩의 검사시점에 따른 팔꿈치관절과 손목관절 굴곡-신전 움직임을 나타냈다. 이는 20회의 타구를 스트록 구간으로 나눈 뒤, 모두 시간에 따라 100개의 지점으로 선형보간(Linear interpolation)하였다. 이는 1%가 포핸드 언더클리어의 각 순간을 대표할 수 있도록 100%로 보간하기 위함이다.

검사시점과 시각피드백의 형태에 따른 손목관절의 굴곡-신전움직임 범위를 살펴보면, 통제집단의 경우 대략 -39°~70°이며, 질적보강정보집단의 경우 -43°~64°, 그리고 양적보강정보집단의 경우 약 -71°~65°범위에서 움직이고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 다른 집단에 비해 양적보강정보집단의 손목관절의 신전 정도가 크게 향상되는 경향을 보이고 있다. 실험에 앞서 분석한 두 배드민턴 코치의 포핸드 언더클리어 시 나타나는 손목관절 최대신전 각도의 평균은 약 - 97.8°(degree)이다.

포핸드 언더클리어 수행 시 스트록 구간에서 손목관절-팔꿈치관절의 협응구조를 분석하였고, 이를 독립변인 간 비교하기 위해서 백스윙 구간, 스윙구간, 팔로우스루(follow through)구간에서 CRP(연속상대위상)를 분석하였다.

1) 백스윙 구간에서의 연속상대위상

포핸드 언더클리어 수행 시 스트록 구간의 처음에 나타나는 백스윙 구간은 스트록 구간의 시작지점 부터 팔꿈치관절이 최대의 신전 각속도를 나타내는 지점까지로 설정하였다.

백스윙 구간에서의 연속상대위상을 비교 분석하기 위해 two-way repeated measures ANOVA를 사용하였으며, 분석결과는 <표 24> 및 <표 25>와 같다.

표 24. 시각피드백 형태와 검사시점 따른 백스윙구간에서의 상지관절 CRP 자료

시각피드백의 형태	사전검사		사후검사		파지검사	
	평균	표준오차	평균	표준오차	평균	표준오차
통제집단	28.37°	10.7°	24.83°	10.5°	9.96°	9.6°
질적보강정보 집단	44.99°	10.7°	61.63°	10.5°	55.51°	9.6°
양적보강정보 집단	41.35°	10.7°	33.37°	10.5°	40.01°	9.6°
전체	38.24°	6.2°	39.94°	6.1°	35.16°	5.5°

표 25. 시각피드백 형태와 검사시점에 따른 백스윙 구간에서의 상지관절 CRP 비교 분석 결과

변량원	자유도(df)	F	p-value
시각피드백의 형태	2	3.692	.040*
검사시점	2	.354	.703
시각피드백의 형태 ×검사시점	4	1.679	.170

p<.05*

분석결과 시각피드백의 형태에 대한 주효과 검증에서 통제집단과 질적보강정보집단, 그리고 양적보강정보집단 간에 상지관절 CRP의 차이는 유의미하게 나타났다[F(2, 24) = 3.692, p<.05*]. 반면 검사시점[F(2, 24) = .354, p=.703], 그리고 시각피드백형태와 검사시점의 상호작용에 대한 효과는 유의미하지 않았다[F(4, 48) = 1.679, p=.170].

<표 24>와 같이 시각피드백 형태에 따른 백스윙 구간에서의 CRP는 유의미한 차이가 있었으며, 시각피드백의 형태에 따른 검사시점에서의 차이를 분석하기 위해 3가지 시기에서 3가지 집단 간의 다중 비교인 사후검정을 실시하였다.

표 26. 시각피드백형태에 따른 백스윙 구간에서의 상지관절 CRP 주효과에 대한 사후검정 결과

시각피드백의 형태		평균차 (i−j)	표준오차	p−value
집단(i)	집단(j)			
통제집단	질적보강정보집단	-32.990°	12.143	.036*
	양적보강정보집단	-17.191°	12.143	.509
질적보강정보집단	통제집단	32.990°	12.143	.036*
	양적보강정보집단	15.799°	12.143	.617
양적보강정보집단	통제집단	17.191°	12.143	.509
	질적보강정보집단	-15.799°	12.143	.617

다중비교에서 발생하는 오류를 Bonferroni method로 교정하여 산출하였다. p<.05*

표 27. 시각피드백형태에 따른 백스윙 구간에서의 검사시점별 상지관절 CRP 차이 비교 분석 결과

검사시점	시각피드백의 형태		평균차 (i−j)	표준오차	p−value
	집단(i)	집단(j)			
사전검사	통제집단	질적보강정보 집단	-16.613°	14.425	.266
사후검사	통제집단	질적보강정보 집단	-38.801°	17.478	.051
파지검사	통제집단	질적보강정보 집단	-45.553°	15.454	.009*

시각피드백의 형태에 따른 주효과에 대한 사후검정인 다중비교에서 발생하는 오류를 교정하기 위해 유의 수준을 Bonferroni correction으로 산출하였다. (p<.05*)

시각피드백형태에 따른 백스윙 구간에서의 상지관절 CRP 사후검정 결과 <표 26>에서 처럼 통제집단과 질적보강정보집단 간에 유의미한 차이가 나타났다(p<0.05*). 이에 따라 검사시점에 따른 통제집단과 질적보강정보집단 간의 차이를 비교 분석한 결과 <표 27>에서처럼 파지검사에서 유의미한 차이가 나타났다(p<.05*).

<그림 18>에서처럼 백스윙 구간의 파지검사에서 통제집단(9.96°)에 비해 질적보강정보집단(55.61°)의 CRP가 양의 값으로 증가하는 것을 보였다. 이것은 질적보강정보집단보다 통제집단에서 더 In-phase에 가까운 움직임을 보인다고 할 수 있다. 실험에 앞서 측정한 배드민턴 전문 선수의 백스윙 구간에서의 CRP는 약 50.84° ± 16.57°였다. 즉 질적보강정보집단이 파지검사의 백스윙 구간에서 전문선수의 상지협응 패턴과 유사하게 변화되는 경향을 보였다.

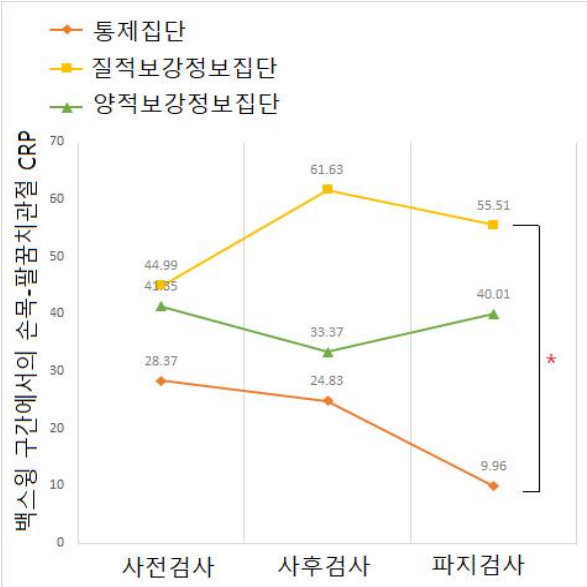

그림 17. 시각피드백형태에 따른 백스윙 구간에서의 상지관절 CRP 비교

2) 스윙 구간에서의 연속상대위상

포핸드 언더클리어 수행 시 스트록 구간의 중간에서 나타나는 스윙 구간은 백스윙 구간 이후 부터 손목관절이 최대의 굴곡 각속도를 나타내는 지점까지로 설정하였다.

스윙 구간에서의 연속상대위상을 비교 분석하기 위해 정규성 검정을 실시하였으나 검증 결과 원자료가 정규분포를 이루지 못한다는 결론을 도출하였고, 이에 따라 모수통계의 가정을 충족하지 못했기 때문에 비모수 통계 기법을 사용하였다. 시각피드백의 형태에 따른 주효과 검정은 Kruskal-Wallis검정을 통해 분석하였으며, 검사시점에 따른 주효과 검정은 Friedman 검정을 통해 실시하였다. 분석결과는 <표 28>, <표 29>와 같다.

표 28. 시각피드백의 형태에 따른 스윙 구간에서의 CRP 분석결과

변량원	자유도(df)	비교	p-value
사전검사	2	χ^2 = 5.866	.053
사후검사	2	χ^2 = 1.654	.437
파지검사	2	χ^2 = 0.363	.834

※ χ^2 은 Kruskal-Wallis검정으로 산출된 자료(p<.05)

표 29. 검사시점에 따른 스윙 구간에서의 CRP 분석결과

변량원	자유도	비교	p-value
통제집단	2	χ^2 = 3.257	.196
질적보강정보집단	2	χ^2 = 9.556	.008*
양적보강정보집단	2	χ^2 = 0.743	.690

※ χ^2 은 Friedman 검정으로 산출된 자료(p<.05)

시각피드백 형태에 따른 스윙 구간에서의 CRP 분석결과는 <표 28>과 같이 사전검사[χ^2(df=2; N=27)= 5.866, p=.053]와 사후검사[χ^2(df=2; N=27)= 1.654, p=.437], 그리고 파지검사[χ^2(df=2; N=27)= 0.363, p=.834]에서 모두 CRP의 차이가 유의미하지 않았다.

표 30. 질적보강정보집단 검사시점에 따른 스윙 구간에서의 CRP 사후검정

집단별 검사시점	자유도 (df)	비교	p-value
질적보강정보집단(사전-사후)	1	Z = -2.666	.024*
질적보강정보집단(사전-파지)	1	Z = -1.836	.132
질적보강정보집단(사후-파지)	1	Z = -1.599	.132

※ Z는 Wilcoxon의 부호순위검정으로 산출된 자료(p<.05). 다중비교에서 발생하는 오류를 Holm-Bonferroni method로 교정하여 산출하였다.

검사시점에 따른 일관성 분석결과는 <표 29>과 같이 질적보강정보집단[χ^2(df=2; N=27)= 9.556, p=.008*]에서 CRP의 차이가 유의미하게 나타났다. 즉 통제집단과 양적보강정보집단의 경우 검사시점에 따라 CRP에 대한 차이가 나타나지 않았지만 질적보강정보집단에서 그 차이가 유의미하게 나타났다.

질적보강정보집단에서 Wilcoxon의 부호순위검정(사후검정)을 실시한 결과 <표 30>과 같이 질적보강정보집단의 사전검사와 사후검사 사이에서만[Z(df=1; N=9)=-2.666, p=.024*] CRP에 대한 차이가 유의미하게 나타났다.

그림 18. 검사시점에 따른 스윙 구간에서의 상지관절 CRP 비교

시각피드백의 형태와 검사시점 별로 스윙 구간에서 나타나는 CRP 값은 다음 <표 31>과 같다.

스윙 구간의 경우 검사시점마다의 집단 간 차이는 유의미하지 않았다. 하지만 스윙 구간의 파지검사에서 통제집단(-2.456°)에 비해 질적보강정보집단(7.843°)의 CRP가 양의 값으로 큰 경향을 보였다. 즉, 질적보강정보집단보다 통제집단에서 더 In-phase에 가까운 움직임을 보인다. 또한, 질적보강정보집단의 파지검사에서 스윙 구간은 원위관절인 손목관절이 근위관절인 팔꿈치관절보다 위상 공간에서 앞서 있다고 할 수 있다. 하지만 통제집단과(-2.456°) 양적보강정보집단(-1.742°)의 경우 반대로 CRP 값이 음의 값이기 때문에, 근위관절인 팔꿈치관절이 원위관절인 손목관절보다 위상 공간에서 앞서 있다고 할 수 있다. 실험에 앞서 측정한 배드민턴 전문선수의 스윙 구간에서의 CRP 값은 약 23.29° ± 19.13°였다.

표 31. 시각피드백 형태와 검사시점 따른 스윙 구간에서의 CRP 자료

시각피드백의 형태	사전검사		사후검사		파지검사	
	평균	표준오차	평균	표준오차	평균	표준오차
통제집단	-2.711 °	10.7 °	4.403 °	7.3 °	-2.456 °	7.3 °
질적보강정보 집단	31.689 °	10.7 °	.271 °	7.3 °	7.843 °	7.3 °
양적보강정보 집단	4.707 °	10.7 °	-8.204 °	7.3 °	-1.742 °	7.3 °
전체	11.228 °	6.2 °	-1.177 °	4.2 °	1.215 °	4.2 °

3) 팔로우 스루 구간에서의 연속상대위상

포핸드 언더클리어 수행 시 스트록 구간의 마지막 구간인 팔로우 스루 구간은 스윙 구간의 마지막 시점부터 스트록 구간의 마지막 지점까지로 설정하였다.

팔로우 스루 구간에서의 연속상대위상을 비교 분석하기 위해 정규성 검정을 실시하였으나 검증 결과 원자료가 정규분포를 이루지 못한다는 결론을 도출하였고, 이에 따라 모수통계의 가정을 충족하지 못했기 때문에 비모수 통계 기법을 사용하였다. 시각피드백의 형태에 따른 주효과 검정은 Kruskal-Wallis검정을 통해 분석하였으며, 검사시점에 따른 주효과 검정은 Friedman 검정을 통해 실시하였다. 분석결과는 <표 32>, <표 33>과 같다.

표 32. 시각피드백의 형태에 따른 팔로우 스루 구간에서의 CRP 분석결과

변량원	자유도(df)	비교	p-value
사전검사	2	χ^2 = 0.956	.620
사후검사	2	χ^2 = 0.519	.772
파지검사	2	χ^2 = 3.058	.217

※ χ^2 은 Kruskal-Wallis검정으로 산출된 자료(p<.05)

표 33. 검사시점에 따른 팔로우 스루 구간에서의 CRP 분석결과

변량원	자유도	비교	p-value
통제집단	2	χ^2 = 0.057	.972
질적보강정보집단	2	χ^2 = 1.556	.459
양적보강정보집단	2	χ^2 = 1.556	.459

※ χ^2 은 Friedman 검정으로 산출된 자료(p<.05)

시각피드백 형태에 따른 팔로우 스루 구간에서의 CRP 분석결과는 <표 32>와 같이 사전검사[χ^2(df=2; N=27)= 0.956, p=.620]와 사후검사[χ^2(df=2; N=27)= 0.519, p=.772], 그리고 파지검사[χ^2(df=2; N=27)= 3.058, p=.217]에서 모두 CRP의 차이가 유의미하지 않았다.

검사시점에 따른 팔로우 스루 구간에서의 CRP 분석결과는 <표 33>과 같이 모든 집단에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

그림 19. 시각피드백형태와 검사시점에 따른 팔로우 스루 구간에서의 상지관절 CRP 비교

시각피드백의 형태와 검사시점 별로 팔로우 스루 구간에서 나타나는 CRP 값은 다음 <표 34>과 같다.

팔로우 스루 구간의 경우 검사시점마다의 집단 간 차이는 유의미하지 않았다. 이때 팔로우 스루 구간의 파지검사에서 통제집단(-34.32°)에 비해 양적보강정보집단(-14.82°)의 CRP가 음의 값으로 0°에 가까운 경향을 보였다. 즉, 통제집단보다 양적보강정보집단에서 더 In-phase에 가까운 움직임을 보인다. 이는 포핸드 언더클리어 동작이 완료 될 때, 손목관절과 팔꿈치관절의 움직임이 통제집단보다 양적보강정보집단에서 더욱 같은 위상으로 움직임을 보이는 경향이 있다고 할 수 있다. 실험에 앞서 측정한 배드민턴 전문선수의 팔로우 스루 구간에서의 CRP 값은 약 -24.36° ± 26.21°였다.

표 34. 시각피드백 형태와 검사시점 따른 팔로우 스루 구간에서의 CRP 자료

시각피드백의 형태	사전검사		사후검사		파지검사	
	평균	표준오차	평균	표준오차	평균	표준오차
통제집단	-39.87°	14.136°	-35.64°	12.880°	-34.32°	13.843°
질적보강정보 집단	-31.32°	14.136°	-31.97°	12.880°	-32.89°	13.843°
양적보강정보 집단	-18.41°	14.136°	-28.79°	12.880°	-14.82°	13.843°
전체	-29.87°	8.161°	-32.13°	7.436°	-27.34°	7.992°

Ⅴ. 논의

인간은 태어나는 순간부터 일생 동안 학습을 한다. 그 중 운동학습은 지각과 인지, 그리고 동작이 모두 이루어지는 형태로 다소 복잡하다. 인간은 행복한 삶을 영위하기 위해 세계보건기구(WHO)가 제시한 신체적, 정신적, 사회적 건강을 유지해야 하며 교습자와 상호작용을 통한 학습자의 운동학습은 이를 만족 시킨다. 이러한 상호작용은 긍정적이며 효율적이고, 사회적으로 바람직해야 한다. 현재에는 과학기술의 발달로 운동학습에 대한 수 많은 정보가 복합적으로 제공 될 수 있게 되었고, 교습자는 이에 따라 학습자가 운동상황에 따라 적합한 정보를 통한 최적의 협응구조를 찾아 갈 수 있도록 유도할 수 있어야 한다. 즉, Mostton이 제시한 11가지 교수 스타일군에서 기존 지식을 재생산하는 모사(reproduction)능력보다는 한 가지 이상의 정확한 개념을 발견하거나, 주어진 자료를 바탕으로 새롭게 만들어 내는 창조(production)능력을 학습자로 하여금 이끌어 낼 수 있도록 해야 한다. 하지만 너무 많은 정보에 대해 초보자들은 인지적 혼란을 야기 할 수 있기에 주된 차원의 정보인 시각 정보를 어떻게 효과적으로 탐색 할 수 있는지가 중요하다.

이를 위해 본 연구자는 운동학습의 효율을 높이기 위해 시각정보의 형태에 따라 피드백을 스스로 탐색 할 수 있는 환경을 연구대상자들에게 제공했다. 이는 배드민턴 포핸드 언더 클리어 시에 사용하는 상지관절에 대해 수치화된 값과 그래프로 제공되는 양적보강정보와 상지관절에 대해 3D-Animation으로 제공되는 질적보강정보이다. 연습 단계에서는 10개의 타구를 6초 간격으로 연속적으로 타구 한 후 2분간 휴식 및 피드백을 받았다. 이를 하루에 5블록 씩 3일간 연습하여 총 150회의 타구가 진행 됐

다. 이는 선행연구처럼 오류정보와 학습자 동영상, 그리고 전문가 모델 영상이 부여된 것이다(고영규, 서예원 & 곽연희, 2013). 또한 연구대상자들의 관절각도를 계산하기 위해 선행연구와 같이 상지관절에 IMU(무선 관성센서)장비를 부착하여 진행했다(Taha, et al,. 2016). 위 훈련 효과를 규명하기 위해 3가지 연구 문제를 설정하였다. 첫째, 시각피드백의 형태와 검시시점에 따른 과제수행의 결과를 확인하고자 했다. 둘째, 시각피드백의 형태와 검사시점에 따른 손목관절의 운동학적 변인을 비교하고자 했다. 셋째, 시각피드백의 형태와 검사시점에 따른 상지관절의 협응구조에 차이가 있는지 살펴보고자 하였다.

본 연구자의 가설과 같이 피드백을 받은 집단의 경우 검시시점이나 시각피드백의 형태에 따라 과제수행의 결과나 손목관절의 운동학적 변인에 차이가 있었다. 이는 연구대상자들이 초보자로 스트록 시 원위 신체분절의 자유도가 고정되어 있던 것을 해결했다고 볼 수 있지만(Sakurai, Ohtsuki, 2000) 상지관절의 협응구조 변화에 대해서는 구체적으로 논의할 필요가 있다. 또한 선행연구에서처럼 스매시나 드롭 등의 스트록과 마찬가지로 포핸드 언더클리어도 연구대상자들의 사전검사 시에 손목관절의 움직임 범위는 작았다(한상민, 1998; 오정환, 최수남, 정익수, 2005). 하지만 피드백이 주어진 그룹에서 사후검사와 파지검사 시에는 그 움직임 범위가 증가하는 변화를 보였다. 즉 Bernstein(1967)이 제시했던 운동학습의 단계 중 자유도의 고정단계에서 자유도의 풀림단계로 학습이 이루어 졌다고 할 수 있고 그에 따라 과제 수행의 결과도 향상 된 것이다.

본 장에서는 위의 세부적인 목적을 규명하기 위해 진행된 실험 결과를 선행연구의 이론적 배경과 함께 논의하고자 한다.

1. 시각피드백 형태에 따른 언더클리어 학습효과

배드민턴 포핸드 언더클리어 과제 수행 시 과제수행의 결과는 양적보강정보를 부여받은 집단이 가장 우수한 경향을 보였다. 정확성의 경우 양적보강정보를 부여받은 집단은 통제집단이나 질적보강정보를 부여받은 집단보다 유의미하게 우수했다. 일관성의 경우 양적보강정보를 부여받은 집단은 통제집단보다 유의미하게 우수했다. 이는 네트 가까이 넘어오는 셔틀콕을 높고 멀리 보내기 위해서 타구 직전 손목관절이 순간적으로 신전되는 정도를 수치 정보 없이 제공되는 질적보강정보보다 구체적인 수치 정보가 제공되는 양적보강정보가 효과적이었음을 의미한다.

배드민턴 포핸드 언더클리어 과제 수행 시 손목관절의 운동학적 변인은 피드백을 부여 받은 집단이 통제 집단에 비해 유의미하게 우수했다. 손목 최대 신전 각도의 경우 양적보강정보를 부여받은 집단은 통제집단보다 유의미하게 커졌으며(통제집단 : -36.8°, 질적보강정보집단 : -54.8°, 양적보강정보집단 : -66.0°), 이는 배드민턴 전문 코치의 최대 신전 각도 평균(-97.8°)과 가까워지는 값이었다. 손목관절의 최대 굴곡 각속도의 경우 피드백을 부여 받은 양적보강정보 집단과 질적보강정보집단은 통제집단에 비해 유의미하게 그 값이 향상 되었다(통제집단 : 823.8°/s, 질적보강정보집단 : 1057.8°/s, 양적보강정보집단 : 959°/s). 그리고 이 값은 배드민턴 전문 코치의 최대 굴곡 각속도 평균(1260.1°/s)과 가까워지는 값이었다. 즉 손목관절 신전 각도에 대한 구체적인 수치를 제공했는지의 여부가 손목관절의 운동학적 변인에 유의미한 차이를 가져오지는 않았지만, 통제집단에 비해 유의하게 향상되었기 때문에 본 시각 피드백은 운동학습의 효과를 가져왔다.

배드민턴 포핸드 언더클리어 과제 수행 시 상지관절의 협응구조는 전반

적으로 큰 차이를 보이지는 못했다. 백스윙 구간에서 연속상대위상 값은 질적보강정보를 제공 받은 집단이 통제 집단에 비해 유의하게 증가 하였고, 이는 배드민턴 전문코치의 연속상대위상 값과 가깝게 변화하는 값이었다(통제집단 : 9.96°, 질적보강정보집단 : 55.31°, 양적보강정보집단 : 40.01°, 배드민턴 전문 코치 : 50.84°). 이 값은 180°보다 0°에 가깝기에 손목관절과 팔꿈치관절이 백스윙 구간에서 in-phase에 가깝다고 할 수 있으며, 양의 값이기에 손목관절이 팔꿈치관절의 움직임보다 그 위상공간에서 앞서 있다고 할 수 있다.

스윙 구간에서의 연속상대위상 값은 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았다(통제집단 : -2.45°, 질적보강정보집단 : 7.84°, 양적보강정보집단 : -1.74°). 모든 집단은 스윙 구간에서 in-phase에 가까웠지만, 배드민턴 전문코치(배드민턴 전문 코치 : 23.3°)와 질적보강정보집단의 경우 손목관절이 팔꿈치관절의 움직임보다 그 위상공간에 앞서 있었고, 통제집단과 양적보강정보집단의 경우 팔꿈치관절이 손목관절의 움직임보다 그 위상공간에 앞서 있었다.

마지막으로 팔로우 스루 구간에서의 연속상대위상 값도 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았다(통제집단 : -34.3°, 질적보강정보집단 : -32.9°, 양적보강정보집단 : -14.8°). 모든 집단은 팔로우 스윙 구간에서 배드민턴 전문코치(배드민턴 전문 코치 : -24.7°)와 마찬가지로 in-phase에 가까웠고, 팔꿈치관절이 손목관절의 움직임보다 그 위상공간에 앞서 있었다.

종합해보면 원위관절의 운동학적 변인에 대한 피드백을 제공받는 운동학습은 과제수행의 결과 측면에서 보면 구체적인 수치정보를 시각적으로 제시해준 학습 방법이 효과적이었다. 그러나 원위관절의 운동학적 변인 측면에서는 통제집단과 피드백을 받은 집단 간의 유의한 차이만 있었으

며, 상지관절의 협응구조 측면에서는 유의한 차이가 없었다. Todorov, Shadmehr, 그리고 Bizzi(1997)는 탁구 학습의 연구에서 원위 분절의 운동학적 변인에 대한 피드백이 운동학습에 효과적인 것을 밝혔고 이는 본 연구와도 유사하게 나타났다.

2. 검사시점에 따른 언더클리어 학습효과

검사시점은 사전검사, 사후검사, 파지검사로 이루어졌다. 사전검사는 연습단계 이전에 총 20회 실시되며, 사후검사는 연습단계 완료 후 24시간 뒤에, 파지검사는 연습단계 완료 후 48시간 뒤에 각각 총 20회가 실시된다.

과제수행의 결과의 정확성에서는 통제집단의 경우 유의한 향상이 없었고, 질적보강정보집단의 경우 사전검사와 사후검사 간, 그리고 사전검사와 파지검사 간에 유의하게 향상 되었다. 양적보강정보집단의 경우 사전검사와 파지검사 간에 정확성이 유의하게 향상 되었다. 일관성에서도 통제집단의 경우 유의한 향상이 없었고, 질적보강정보집단의 경우 사전검사와 사후검사 간, 그리고 사전검사와 파지검사 간에 유의하게 향상 되었다. 양적보강정보집단의 경우 사전검사와 파지검사 간에 일관성이 유의하게 향상 되었다.

손목관절의 운동학적 변인의 손목관절 최대 신전 각도는 통제집단과 질적보강정보집단의 경우 유의한 향상이 없었고, 양적보강정보집단의 경우 사전검사와 사후검사 간, 그리고 사전검사와 파지검사 간에 유의하게 향상되었다. 손목 최대 굴곡 각속도의 경우 통제집단은 유의한 향상이 없었지만, 질적보강정보집단과 양적보강정보집단의 경우 사전검사와 사후

검사 간, 그리고 사전검사와 파지검사 간 유의한 향상이 있었다.

상지관절의 협응구조에서 백스윙 구간의 CRP는 모든 집단에서 검사시점에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다. 스윙 구간의 CRP는 통제집단과 양적보강정보집단에서 유의한 차이가 나타나지 않았고, 질적보강정보집단의 경우 사전검사와 사후검사 간 유의한 차이가 나타났다. 팔로우스루 구간의 CRP는 모든 집단에서 검사시점에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다.

즉 과제수행의 결과는 통제집단의 경우 유의한 향상이 없었지만, 시각 피드백을 부여받은 집단의 향상을 통해 학습효과를 확인 할 수 있었다. 나아가 그 향상의 정도는 양적보강정보를 부여받은 집단이 질적보강정보를 부여받은 집단보다 더 유의미하게 컸다. 손목관절의 운동학적 변인의 경우도 통제집단의 경우 유의한 향상이 없었지만, 시각 피드백을 부여받은 집단의 경우 유의한 향상 및 향상되는 경향을 통해 학습효과를 확인할 수 있었다. 하지만 검사시점에 따른 상지관절의 협응구조는 검사시점에 따라 유의한 차이가 나타나지 않거나, 나타나더라도 검사시점에 따라 변화가 없는 다른 집단과 유사한 값으로 변화하였기에 본 연구에서는 의미있는 차이로 해석하지 않았다.

Ⅵ. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 시각 피드백의 형태와 검사시점에 따른 배드민턴 초보자의 포핸드 언더클리어 학습 효과를 비교 및 분석하는데 그 목적이 있다. 학습효과는 과제수행의 결과, 손목관절의 운동학적 변인, 그리고 상지관절의 협응구조를 통해 분석하였다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 6초 간격으로 일정한 지점에 날아오는 셔틀콕을 지정된 위치에서 포핸드 언더클리어로 지정된 위치에 높고 멀리 타구하는 과제를 실시하였다. 실험에 참여한 27명의 연구 대상자는 각 9명씩 통제집단, 질적보강정보집단, 양적보강정보집단으로 무선적으로 나누어 사전검사, 연습단계, 사후검사 그리고 파지검사를 실시하였다. 연습단계에서 질적보강정보집단은 상지관절에 대한 3-D 애니메이션을, 양적보강정보집단은 상지관절에 대한 굴곡-신전 방향의 각도를 시간에 따라 나타낸 그래프를 3일 동안 총 150회의 타구를 15번의 블록으로 제공했다. 모든 검사와 연습단계에서는 같은 과제를 제공하였다.

본 연구는 산출한 자료를 토대로 집단과 검사시점을 독립 변인으로 하여 과제수행의결과, 손목관절의 운동학적 변인, 그리고 상지관절의 협응구조를 알아보기 위해 반복측정 이원분산분석을 실시하였다.

본 연구의 방법으로 얻은 자료를 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 양적보강정보집단이 통제집단이나 질적보강정보집단과 비교하여,

파지검사에서 정확성이 유의하게 높았다. 또한 사전검사에 비해 사후검사에서 정확성이 유의하게 향상된 집단은 질적보강정보집단 이었으며, 사전검사에 비해 파지검사에서 유의하게 향상된 집단은 질적보강정보집단과 양적보강정보집단 이었다. 이는 상지관절에 대한 시각 피드백이 초보자의 포핸드 언더클리어의 정확성에 향상 효과가 있으며, 그 중 양적보강정보집단이 정확성에 더 큰 효과가 있다는 것을 의미한다.

둘째, 양적보강정보집단이 통제집단에 비해 파지검사에서 일관성이 유의하게 높았다. 또한 사전검사에 비해 사후검사에서 일관성이 유의하게 향상된 집단은 질적보강정보집단 이었으며, 사전검사에 비해 파지검사에서 유의하게 향상된 집단은 질적보강정보지단과 양적보강정보집단 이었다. 이는 상지관절에 대한 시각 피드백이 초보자의 포핸드 언더클리어의 일관성에 향상 효과가 있으며, 그 중 양적보강정보집단이 일관성에 더 큰 효과가 있다는 것을 의미한다.

셋째, 손목관절의 최대신전각도는 사후검사와 파지검사에서 통제집단에 비해 양적보강정보집단이 유의하게 컸다. 또한 양적보강정보집단만이 사전검사에 비해 사후검사와 파지검사에서 손목관절의 최대신전각도가 유의하게 향상되었다. 이는 상지관절의 시각에 의한 양적보강정보가 질적보강정보집단보다 손목관절의 최대신전각도에 더 좋은 학습효과를 지닌다고 할 수 있다.

넷째, 손목관절의 최대굴곡각속도는 집단 간에 유의한 차이는 없었다. 하지만 시각피드백을 받은 집단은 모두 사전검사에 비해 사후검사와 파지검사에서 손목관절 최대 굴곡각속도가 유의하게 향상되었다. 이는 상지관절의 시각 피드백이 초보자의 포핸드 언더클리어의 손목관절 최대 굴곡 각속도에 학습효과가 있다고 할 수 있다.

다섯째, 백스윙 구간의 협응구조는 파지검사에서 질적보강정보집단

(55.51°)이 통제집단(9.96°)에 비해 유의한 차이를 보였고 이는 배드민턴 전문코치의 CRP(50.84°)에 가깝게 변화하는 값이었다. 이는 상지관절에 대한 시각형태의 질적보강정보가 백스윙 구간의 협응구조에 영향을 미친다고 할 수 있다.

여섯째, 스윙 구간의 협응구조는 시각피드백의 형태에 따른 유의한 차이가 없었고, 검사시점에 따라서도 의미있는 변화를 나타내지 못했다. 이는 상지관절에 대한 시각 피드백이 스윙 구간에서 상지관절의 협응구조에 영향을 미치지 못했다고 할 수 있다.

일곱째, 팔로우 스루 구간의 협응구조는 시각피드백의 형태에 따른 유의한 차이가 없었고, 검사시점에 따라서도 의미 있는 변화를 나타내지 못했다. 이 또한 상지관절에 대한 시각 피드백이 팔로우 스루 구간에서 상지관절에 대한 협응구조에 영향을 미치지 못했다고 할 수 있다.

위 결론을 종합해 보면, 상지관절에 대한 시각피드백은 배드민턴 초보자의 포핸드 언더클리어에 있어서 과제수행의 결과와 손목관절의 운동학적 변인에서 운동 학습의 효과가 있다. 그 중 구체적인 수치 정보를 포함한 양적보강정보가 수치 정보가 포함되지 않은 질적보강정보보다 학습에 있어서 더 효과적이었음을 알 수 있다. 상지관절의 협응구조의 경우 전체적인 학습효과를 이끌어내지는 못하였기에 학습효과가 나타났다고 보기는 어렵다. 폼의 향상을 위해서는 리듬과 관련한 피드백 정보가 요구 될 것으로 보인다. 즉 상지관절에 대한 시각 피드백이 포핸드 언더클리어의 폼에 대한 변화를 이끌어내기는 어렵지만, 과제수행의 결과나 원위관절의 운동학적변인에 대해 운동 수행의 향상에 도움을 줄 수 있다.

2. 제언

본 연구를 토대로 후속연구를 진행 할 때 반드시 고려해야 하는 주요 사항과 연구의 방향성을 제시하면 다음과 같다.

첫째로 연구대상자의 수에 대해 고려해야 한다. 본 연구의 연구 대상자는 0개월 이상 4개월 미만의 배드민턴 강습을 받은 경험이 있는 20~30대의 성인 남자로 9명씩 총 27명을 활용 하였다. 비록 사전검사결과 집단 간 각 종속변인에서 유의한 차이는 없었지만 연구대상자 수가 더 많으면 통계적으로 더욱 유의한 자료가 될 것이라 생각된다. 본 연구의 가설을 분석함에 있어 정규성 검정이 만족되지 못하는 일부는 비모수 검정을 실시하였고, 이는 연구대상자 수가 부족하였기 때문이다.

둘째로 모집하는 연구대상자의 상지근력을 적정수준으로 통제 할 것을 제안한다. 이 또한 사전검사결과 집단 간 종속변인에서 유의한 차이는 없었지만 상지근력의 수준이 유사한 초보자의 비교를 통해서 더 좋은 연구 자료가 될 것이라 생각된다. 그 이유는 상지 근력의 수준에 따라 라켓의 움직임에 의한 관성으로 발생하는 손목관절 신전 정도가 다를 수 있기 때문이다. 실제로 연구대상자들은 손목을 의식적으로 신전하지 않고, 순간적으로 라켓을 움직여 라켓 무게에 의해 손목관절을 이용 할 수 있게 끔 사전 교육하였는데 이때 상지관절의 근력이 신전 정도에 영향을 미칠 것으로 보인다.

셋째로 모집하는 연구대상자의 손목관절 유연성을 사전에 검사하여 극단에 위치한 연구대상자들을 배제하지 않은 점을 고려해야 한다. 개개인이 가진 손목관절의 굴곡-신전 범위는 다양하기 때문에 비슷한 손목관절 굴곡-신전 범위를 가진 연구대상자들의 학습을 진행 할 때 내적 타

당도가 높은 연구가 될 수 있을 것이다.

넷째로 실제 운동상황에서의 적용가능성에 대한 문제가 고려되어야 한다. 선행연구에 따라 원위관절의 움직임이 운동학적 요소 및 운동결과에 큰 영향을 미치는 것을 토대로 연구를 진행하였다. 이에 따라 상지관절의 원위관절에 초점을 두어 피드백을 부여하고 종속변인 역시 상지의 원위관절 운동학적 변인과 협응을 분석하였다. 하지만 실제 운동상황은 다양한 상황에서의 포핸드 언더클리어 동작이기 때문에 하지의 스텝도 영향을 미치게 되며, 지각-운동 활동영역의 학습과정도 고려되어야 한다. 즉 실제 운동상황에서 적용하기 위해서는 상지 관절 뿐만 아니라 하지 관절의 협응, 그리고 시각탐색전략에 대한 학습이 요구 될 것이다.

Sigrist et al.(2013)에 따르면 시각피드백은 Abstract visualizations와 Natural visualizations로 구분되기도 한다. Abstract visualizations는 선이나 곡선, 막대나 점수로 표현하는 시각의 형태를 말한다. 그래프를 피드백으로 부여받은 양적보강정보집단이 여기에 해당된다. Natural visualizations는 3-D 애니메이션처럼 동작의 형태를 그대로 보여주는 시각의 형태를 말한다. 3-D 애니메이션을 피드백을 부여받은 질적보강정보집단이 여기에 해당된다. 위와 같은 분류는 수량화된 또는 수량화되지 않은 인지정보가 과제수행 결과의 향상을 넘어서 효율적인 움직임이나 협응구조의 변화를 이끌어낼 수 있는 지 파악하게 한다. 이를 바탕으로 한 시각피드백의 형태에 대한 연구는 체육교육, 운동학습, 재활치료 등 다양한 분야에 큰 도움을 주는 기반이 될 것이다.

참 고 문 헌

고영규, 서예원, & 곽연희. (2013). 휴대폰 동영상 피드백: 학습효과를 최대화하기 위해 어떻게 제공되어야 하는가?. *한국스포츠심리학회지, 24(4), 11-23.*

김봉섭 (2002). 올림픽 배드민턴 여자 복식 경기의 내용 분석. *한국여성체육학회지, 16*(1), 13-22.

김선진. (2009). 운동학습과 제어. 대한미디어.

김우종 & 김진구. (2014). 명시, 암묵, 유사과제학습이 배드민턴 기술수행 및 학습에 미치는 영향. *한국스포츠심리학회지*, *25*(4), 15-25.

김익상. (2003). 배드민턴스매시 동작의 효율적 지도를 위한 운동학적 분석. *미간행 석사학위논문, 제주대학교 대학원.*

김창범 & 유재광. (2002). 여자중학생 배드민턴 하이클리어 동작의 운동학적 분석. *한국운동역학회지*, *12*(2), 91-107.

김혁. (2002). 배드민턴 클리어와 드롭 동작에 관한 운동학적 비교 분석, *미발행 석사학위논문, 국민대학교 교육대학원.*

문두환, 권은진 & 김진구. (2008). 초보자 배드민턴 서브기술 정확성 향상을 위한 자기통제 피드백. *한국체육학회지*, *47*(6), 261-269.

문화체육관광부. (2017년 1월 19일). 국민의 59.5% 생활체육 참여, 전년 대비 3.5%포인트 증가. *문화체육관광부 홈페이지.* 검색일 2018년 3월 5일,
출처http://www.mcst.go.kr/web/s_notice/press/pressView.jsp?pMenuCD=0302000000&pSeq=15845&pTypeDept=&pSearchType=01&pSe

archWord=&pCurrentPage=1.

안상우. (1990). 배드민턴 스매시 동작의 운동학적 분석. *미간행 석사학위논문. 전남대학교 대학원.*

오성기. (2003). 배드민턴 학습과 방법. 부산: 외국어대학교출판부(PUFS).

오성기, 김학석, 최병학 & 정은화. (2013). 배드민턴 바이블. 대한미디어.

오정환, 최수남 & 정익수. (2005). 배드민턴 드롭샷 동작의 운동학적 분석. *한국운동역학회지, 15(1), 221-235.*

이강필. (1996). 레포츠과학 - 시속 2백km로 나는 셔틀콕의 비밀. *과학동아, 11*(2), 58-63.

이상경. (1992). 배드민턴 서브동작에 관한 운동학적 연구. *미간행 석사학위논문, 한국교원대학교 대학원.*

이종복, 고재곤, 김현석, 김재우, 김성길, 손경환, 왕석우, 채창훈 &이병관. (2005). 생활체육 지도자 입문을 위한 배드민턴. 대학서림.

조아라. (2011). 배드민턴 스매시와 드롭 동작시 상지의 운동학적 요인 비교분석. *미간행 석사학위논문, 한국체육대학교 대학원.*

한동욱 & 서정석. (2010). 수용범위 결과지식의 형태에 따른 배드민턴 숏서브 정확성의 차이. *한국운동재활학회지, 6*(4), 221-230.

한상민. (1998). 배드민턴 스매시 동작의 운동학적 분석. *미간행 석사학위논문, 건국대학교 교육대학원.*

Adams, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of motor behavior, 3*(2), 111-150.

Adams, J. A. (1986). Use of the model's knowledge of results to increase the observer's performance. *Journal of Human Movement Studies*, 12(2), 89-98.

Bernstein, N. A.(1967) The Coordination and Regulation of

Movements. *ed: Pergamon Press, Oxford.*

Carroll, W. R. &Bandura, A. (1985). Role of timing of visual monitoring and motor rehearsal in observational learning of action patterns. *Journal of motor behavior*, *17*(3), 269-281.

Carroll, W. R. & Bandura, A. (1990). Representational guidance of action production in observational learning: A causal analysis. *Journal of motor behavior*, 22(1), 85-97.

Christina, R. W. & Shea, J. B. (1993). More on assessing the retention of motor learning based on restricted information. *Research quarterly for exercise and sport, 64*(2), 217-222.

Doody, S. G., Bird, A. M. & Ross, D. (1985). The effect of auditory and visual models on acquisition of a timing task. *Human movement science, 4*(4), 271-281.

Eaves, D. L., Breslin, G., Van Schaik, P., Robinson, E., & Spears, I. R. (2011). The short-term effects of real-time virtual reality feedback on motor learning in dance. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 20*(1), 62-77.

Feltz, D. L. (1982). The effects of age and number of demonstrations on modeling of form and performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *53*(4), 291-296.

Fujumoto josemari. (2017). How to 배드민턴. itBook.

Gentile, A. M. (1972). A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest, 17*(1), 3-23.

GENTILE, A. (2000). Skill acquisition: Action, movement, and neuromotor processes. *Movement Science*, 111-187.

Guthrie, E. R. (1952). The psychology of learning, Rev.

Hussain, I., Ahmed, S. &Chauhan, S. S. (2011). ANALYSIS OF FOREHAND AND BACKHAND SERVICE IN BADMINTON. *International Journal of Sports Sciences &Fitness*, *1*(2).

Kreighbaum, E. (1996). Biomechanics. *A qualitative approach for studying human movement.*

Kugler, P. N., Kelso, J. S. &Turvey, M. T. (1980). 1 On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. Theoretical lines of convergence. In *Advances in Psychology* (Vol. 1, pp. 3-47). North-Holland.

Lin, C. F., Hua, S. H., Huang, M. T., Lee, H. H. &Liao, J. C. (2015). Biomechanical analysis of knee and trunk in badminton players with and without knee pain during backhand diagonal lunges. *Journal of Sports Sciences*, *33*(14), 1429-1439.

Magill, R. A. & Anderson, D. I. (2007). *Motor learning and control: Concepts and applications* (Vol. 11). New York: McGraw-Hill.

NEWELL, K. (1986). Constraints on the development of coordination. *Motor development in children: Aspects of coordination and control.*

Newell, K. M. (1991). Motor skill acquisition. *Annual review of psychology, 42*(1), 213-237.

Newell, K. M. (1996). Change in movement and skill: Learning, retention, and transfer. *Dexterity and its development*, 393-429.

Oviatt, S., Coulston, R., & Lunsford, R. (2004, October). When do we interact multimodally?: cognitive load and multimodal

communication patterns. In *Proceedings of the 6th international conference on Multimodal interfaces* (pp. 129-136). ACM.

Park, J. H., Shea, C. H. &Wright, D. L. (2000). Reduced-frequency concurrent and terminal feedback: a test of the guidance hypothesis. *Journal of motor behavior*, *32*(3), 287-296.

Putnam, C. A. (1993). Sequential motions of body segments in striking and throwing skills: descriptions and explanations. *Journal of biomechanics, 26,* 125-135.

Rambely, A. S. & Osman, N. A. A. (2008, March). The contribution of upper limb joints in the development of racket velocity in the badminton smash. In *ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1, No. 1).

Ranganathan, R. & Newell, K. M. (2009). Influence of augmented feedback on coordination strategies. *Journal of motor behavior, 41*(4), 317-330.

Sakurai, S. &Ohtsuki, T. (2000). Muscle activity and accuracy of performance of the smash stroke in badminton with reference to skill and practice. *Journal of sports sciences*, *18*(11), 901-914.

Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological review, 82*(4), 225.

Schmidt, R. A. (1991). *Motor control and learning from principles to practice.* Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1355-1372.

Singh, G. (2011). Effects of different feedback methods on badminton skills learning. *Journal of Physical Education and Sport*, *11*(3), 245.

Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R. & Wolf, P. (2013). Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: a review. *Psychonomic bulletin & review, 20*(1), 21-53.

Sigrist, R., Rauter, G., Marchal-Crespo, L., Riener, R. & Wolf, P. (2015). Sonification and haptic feedback in addition to visual feedback enhances complex motor task learning. *Experimental brain research, 233*(3), 909-925.

Taha, Z., Hassan, M. S. S., Yap, H. J. &Yeo, W. K. (2016). Preliminary investigation of an innovative digital motion analysis device for badminton athlete performance evaluation. *Procedia engineering*, *147*, 461-465.

Todorov, E., Shadmehr, R., & Bizzi, E. (1997). Augmented feedback presented in a virtual environment accelerates learning of a difficult motor task. *Journal of motor behavior, 29(2), 147-158.*

Yogesh, Y. (2012). Effect of different feedback methods on badminton skills learning.

Zanone, P. G. &Kelso, J. A. (1992). Evolution of behavioral attractors with learning: nonequilibrium phase transitions. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, *18*(2), 403.

Zhu, Q. (2013). Expertise of using striking techniques for power stroke in badminton. *Perceptual and motor skills*, *117*(2), 427-441.

Abstract

Learning effect of novice's badminton forehand under clear in accordance with visual feedback type

Suh, Dong Hwi

Department of Physical Education

The Graduate School

Seoul National University

This study aims to investigate results of task performance, kinematic variable and upper limb coordination on novice, during badminton forehand under clear in accordance with visual feedback type. To this end 27 men divided into three groups and take a pre-test, practice step, post-test and retention-test. In every test and practice step, participants performed forehand under clear toward the target point. In practice step, respective group had taken different

feedback on 150 trials during 3 days. We offered digitized graph of wrist-elbow joints flexion-extension after 10 continuous trial to quantitative augmented feedback group. We offered 3D-animation of wrist-elbow joints after same task to qualitative augmented feedback group, and we didn't offered any feedbacks in case of control group.

The conclusion based on research method and analysis results is as follows.

First, accuracy significantly improved in quantitative augmented feedback group than control group or qualitative augmented feedback group. also consistency significantly improved in quantitative augmented feedback group than control group.

Second, maximum extension degree of wrist joint significantly improved in quantitative augmented feedback group than control group. Moreover maximum flexion angular velocity of wrist joint improved in two groups which had taken each feedback.

Third, CRP significantly improved in qualitative augmented feedback group than control group on back swing section. At back swing section which showed near in-phase pattern, wrist joint was ahead of elbow joint. At swing section which showed near in-phase pattern, there were no significant difference, but qualitative augmented feedback showed wrist joint ahead of elbow joint like experts. but in case of quantitative augmented feedback group which is near in-phase pattern, changed into elbow joint ahead of wrist joint. There were no significant difference between groups in follow through section, and the change of CRP in quantitative augmented feedback group was nonlinear. In this section every group which were near

in-phase pattern, showed elbow joint ahead of wrist joint.

Consequently quantitative augmented feedback group showed better results in accuracy, consistency, and maximum extension degree of wrist while badminton forehand under clear. On the contrary qualitative augmented feedback group improved their coordination structure on back swing section. Through this research we noticed that improvements in motor performance can appear differently according to the type of visual feedback. Therefore this research could be a reference to a method of motor learning, which suggest different visual feedback in accordance with different purpose.

keywords : Forehand under clear, Quantitative augmented feedback, Qualitative augmented feedback, Continuous relative phase, Accuracy, Consistency

Student Number : 2016-24645