



# Visual Search Strategies in Badminton Serve : Expertise and Performance(Success or Failure) Perspective

Seok-hyun Song<sup>1</sup>, Donghyun Ryu<sup>2</sup> and Dong-Wook Han<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jeonbuk National University

<sup>2</sup>Loughborough University

## Article Info

Received 2023.04.12.

Revised 2023.06.12.

Accepted 2023.06.15.

## Correspondence\*

Dong-Wook Han

handw@jnbnu.edu

## Key Words

Badminton,  
Visual search,  
Gaze entropy,  
Experts

**PURPOSE** The main purpose of this study was to examine the difference in visual search strategies based on the skill level in success and failure cases in badminton short serves. **METHODS** To this end, six badminton experts (experience: more than 10 years) and six novices (less than 1 years) participated. The participants' eye movement was recorded during each trial, and mean fixation duration, mean saccade amplitude, percentage of viewing time on each fixation location, final fixation duration, and gaze entropy were analyzed. **RESULTS** First, the mean fixation duration did not differ significantly, but the mean saccade amplitude increased when expert players failed to perform the serve successfully. Second, the percentage of viewing time on each location results showed that the overall viewing time was lower when the performance was unsuccessful, and the expert players fixated longer time viewing the net and space when they made a successful serve. Third, expert players showed longer QE than novice players when they made a successful serve. Finally, the gaze entropy results showed that expert players showed greater gaze entropy during successful performance, indicating that the gaze pattern was randomly distributed across trials. **CONCLUSIONS** When learning a badminton serve, we should fully recognize and explore the receiver's location and external environment, and subsequently, before initiating serve movement, focus on the net or space between the receiver's racquet and shoulders to make a more successful performance. In addition, we should make various patterns of the visual search strategy, rather than the fixed or consistent search strategy, to deceive receivers.

## 서론

인간은 행동 이전에 시각을 통해 목표를 선정하고 움직이기 시작한다. 예를 들어 누군가 자신 앞에 있는 컵을 잡는다고 하면, 그 사람은 컵을 눈으로 먼저 응시하고 손을 뻗게 된다(Land, 2009). 이처럼 시각정보는 일상생활뿐만 아니라 스포츠 활동에 있어서도 반드시 필요하다. 하지만 시각을 통한 정보처리는 외부환경으로부터 받아들이는 모든 정보를 한꺼번에 처리할 수 없고, 상황에 따라 선택적 주의(selective attention)의 과정을 거쳐 필요한 정보를 선별하게 된다(Abernethy, 1993; Williams et al., 1999). 그렇기 때문에 상황

에 따라서 적절한 정보를 획득하기 위해 시각정보를 효과적으로 처리하는 과정이 아주 중요하며 효율적인 시각탐색은 필수적인 요소이다(Land & Hayhoe, 2001).

운동 행동과 관련된 안구움직임을 분석한 시각탐색 연구를 살펴보면 기술 숙련성에 따라 시각탐색의 차이가 나타난다고 보고하고 있다. 예를 들어 사격연구(Lee et al., 2008)에서 숙련자는 목표지점인 과녁 중앙에 시선을 고정하는 반면, 초보자는 권총의 가늠쇠를 따라 다니며 시선을 이동하는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 숙련자는 안구의 빠른 움직임을 최소화하기 위하여 불필요한 정보를 억제하고 중요한 정보에만 집중할 수 있게 하여 'saccadic suppression' 현상을 최소화 하려는 것으로 보이며 보다 효과적인 시각탐색 전략을 사용하는 것으로 말할 수 있다(Lee et al., 2008). 여기서 말하는 'saccadic suppression'은 안구가 빠른 속도로 이동할 때 발생하는 현상으로 시각 정보의 처리가 일시적으로 억제 되는 것을 의미하는

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

데 주로 빠르고 갑작스러운 안구 움직임 동작으로 다른 시점 또는 관심영역을 선택하기 위해 사용된다(Martinez-Conde et al., 2004). 인간은 눈 깜빡임이나 'saccadic suppression' 현상이 나타날 경우 시각이 억제되기 때문에 반응시간이 늦어 질수 있으며, 시각에 대한 주의력이 집중될 때는 'saccadic suppression', 증가될 수 있다(Johns et al., 2009).

더 나아가, 관심영역에 대한 선택적 주의를 스포츠 종목 특성에 따라 '목표제어전략'과 '구조제어전략'으로 구분되어질 수 있는데 '목표제어전략'의 경우, 주어진 환경에서 특정한 목표물을 찾기 위해 한 가지의 시각정보를 활용하는 과정을 의미한다. 예를 들어 농구 필드 슈트(Vickers et al., 2017), 골프 퍼팅(Carnegie et al., 2020), 다트 던지기(Vickers et al., 2000) 등과 같은 운동 상황에서는 목표물을 향해 한 가지 단서에 집중하여 수행하는 경우 '목표제어전략'을 사용하는 경우가 많다. 반면 '구조제어전략'은 시각적인 목표시를 중심으로 주변 환경을 탐색하고, 주목할 만한 시각적인 단서를 찾아가는 방법(Visual pivot)이다(Vaeyens et al., 2007). 특히 예측이 필요한 수비 상황이나 시각단서가 많은 경우에 이러한 시각탐색 전략을 활용하는 경우가 많다. 예를 들어 축구 페널티 킥(Ryu et al., 2013), 유도 수비(Piras et al., 2014), 농구 상황판단(Ryu et al., 2013) 등과 같은 운동 상황에서 '구조제어전략'과 같은 시각탐색을 사용하는 경우가 많다.

운동 수행을 할 때에는 시각탐색 전략뿐 아니라, 어떠한 시각단서를 활용하는지 또한 매우 중요한 요소이다. 예를 들어 볼링연구(Song & Han, 2018)에서 숙련자는 '에임 스폿'에 시선을 고정하여 투구하지만 초보자는 '핀'에 시선을 고정하여 투구하는 것으로 나타났다. 이처럼 숙련자와 초보자는 수행을 할 때 선택적으로 받아들이는 정보가 다르고, 또한 시각탐색을 위한 전략 또한 다르기 때문에 연구자는 언제 어디를 어떻게 봐야하는지에 대한 정보를 분석하고 그에 대한 자료를 학습자에게 제공해야 할 필요가 있다. 그래서 많은 연구자들은 농구(Vickers, 1996), 다트(Vickers et al., 2000), 축구(Wood & Wilson, 2011) 등 다양한 운동 종목에서 숙련성에 따른 시각탐색의 차이를 분석하였으며, 선행 연구에서는 기술숙련에 따른 시각탐색의 차이를 입증하면서 숙련자는 초보자에 비해서 보다 효율적인 시각탐색을 나타낸다고 보고하였다(Wilson et al., 2011).

한편 시각탐색 연구에서는 숙련성에 대한 고려뿐만 아니라 스포츠 수행에 있어서의 성공 유무도 매우 중요하기 때문에 성공 유무에 따른 시각탐색의 차이 분석 또한 많이 진행되어 왔다. 예를 들어 Williams et al.(2002)의 당구과제에서는 성공유무에 따라서 마지막 움직임 직전에 이루어지는 0.1초 이상의 시선고정시간인 Quiet Eye(이하 QE)를 분석 및 비교를 하였다. QE는 숙련자들의 시선 행동 특성으로 숙련자는 초보자보다 긴 QE를 나타낸다(Vickers, 1996). 이러한 QE를 성공유무에 따라서 분석한 결과, 숙련자는 성공한 수행에서 보다 긴 QE를 나타낸 반면 실패했을 때 짧은 QE가 나타났다. 또한 Park(2006)의 골프연구에서는 숙련자와 초보자의 퍼팅 수행의 성공과 실패에 대한 QE를 분석한 결과 숙련자는 수행을 성공했을 때 실패했을 때 보다 긴 QE를 나타냈지만, 초보자의 경우에는 성공한 수행과 실패한 수행에 대한 QE는 차이가 나타나지 않았다.

그 외에도 다양한 과제[예: 사격(Janelle et al., 2000), 아이스하키(Martell & Vickers, 2004)]에서 성공 유무에 따라서도 시각탐색의 차이가 있는 것으로 나타났다. 이처럼 선행연구들을 통해 숙련성뿐만 아니라 과제의 성공과 실패에 따른 시각탐색의 차이가 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 시각탐색이 기술숙련의 성공 여부를 결정짓는

주요 변인임을 알 수 있다(Vickers, 1992, 1996).

시각탐색에 있어 주목해야할 또 다른 중요한 변인은 시선고정위치에 대한 시선 이동이 어떻게 이루어지는지, 또 이러한 시선의 이동 패턴이 숙련성에 따라서 다르게 나타날 수 있다는 점이다(Piras et al., 2014). 일반적으로 학습기간의 후반부로 갈수록, 기본적인 움직임이 자동화되기 때문에(Fitts & Posner, 1967) 시선이동이나 시각탐색의 패턴 또한 보다 정형적인 형태로 나타나게 된다(Sharmin et al., 2016). 그렇기 때문에 스포츠 연습 상황에서의 반복적 훈련 경험을 쌓은 숙련자는 정형적인 시각패턴을 나타낼 수 있다(Song & Han, 2021). Song & Han(2021)은 볼링과제에서 숙련성에 따라 각각의 시선고정위치에 대한 시선 이동이 정형화된 형태로 나타나는지, 비정형화된 형태로 나타나는지를 확인하기 위해 시선 엔트로피를 분석하였다. 연구 결과, 볼링 숙련자는 초보자보다 적은 시선 엔트로피 값이 나타났으며 이는 시선패턴이 정형화된 형태로 나타났다고 볼 수 있다. 이처럼 시선엔트로피는 다른 시각탐색 변인들과 더불어 운동 과제에서 구체적인 시선행동의 특성을 규명하는데 유용한 자료로 활용된다. 흥미롭게도 숙련자는 항상 정형적인 시각 패턴을 나타내는 것은 아니며, 오히려 배드민턴 서브 연구(Ryu et al., 2018)에서는 숙련자가 큰 시선 엔트로피 값을 보였는데, 이는 보다 복잡하고 다양한 시각패턴을 보였다는 것을 의미한다. 이는 다시 말해, 과제에 따라서 시선 엔트로피가 다르게 나타날 수 있다는 것을 의미한다. 그러므로 본 연구와 같이 이러한 시각탐색 패턴이 성공과 실패 수행에 따라서는 어떻게 달라지는지에 대해서 규명할 필요가 있다.

배드민턴은 종목 특성상 상대의 움직임을 보고 미리 판단을 하는 것이 매우 중요하기 때문에, 시각탐색 연구에서 자주 활용이 되는 종목이다. 예를 들어, Gu et al.(2009)의 연구에서는 상대 스트로크의 타구 방향에 대한 예측을 위한 시각탐색의 특징을 분석하였는데, 그 결과 보다 빠르고 정확한 예측을 위해서 상대 타구동작이나 자세에서 특정 영역들(예: 상대 팔 혹은 라켓)에 더 오랫동안 시선고정이 이루어졌으며, 그 결과, 타구 방향으로 더 빠르게 반응을 하여 성공적인 수행을 하는 것으로 나타났다. 그리고 시선고정위치에 대한 분석결과, 공격 구간에서 상대의 팔 영역에 시선고정시간이 증가하였으며, 셔틀콕과 몸통을 향한 시선고정시간은 감소하는 것으로 나타났다.

이처럼 경기 중 이루어지는 배드민턴의 스트로크뿐만 아니라, 본 연구의 주요과제인 배드민턴 서브 기술은 경기의 첫 시작이며 정확성 정도에 따라 승패를 보다 빠른 시간 안에 결정지을 수 있는 장점이 있기 때문에 성공적인 수행을 위해서는 매우 중요한 요소이다. 특히, 서브기술은 단순히 셔틀콕을 네트위로 넘기는 것이 목적이 아니라, 셔틀콕이 너무 높게 떠서 상대로 하여금 쉽게 공격 점수를 내 줄 수 있고, 반대로 좋은 서브를 통해 상대팀이 리시브를 어렵게 하여 보다 쉽게 점수를 획득할 수 있다(Indarto et al., 2023). 그렇기 때문에 배드민턴 서브의 다양한 방법을 사용하여 선수들의 경기전략을 개발할 수 있도록 노력해야할 필요가 있다. 하지만 배드민턴 서브 기술은 배드민턴 스트로크(Gu et al., 2009; Kim et al., 2007)에 비해 다소 미흡한 연구들이 이루어졌다(예: Alder et al., 2014; Hussain et al., 2011; Seth, 2016).

이에, Ryu et al.(2018)은 배드민턴 서브 기술에 있어서 숙련성에 따라 어떠한 시각탐색 전략이 나타나는지를 살펴보았다. 이 연구의 결과를 살펴보면 숙련자와 초보자는 다른 시각탐색의 특성을 보였는데 숙련자는 숏 서브를 할 때는 네트의 흰선에 시선고정을 하고, 롱 서브를 할 때는 윗 공간에 시선고정 하면서 서브하는 특성을 보였

다. 이러한 연구 결과는 배드민턴 서브에서도 숙련자-초보자 패러다임에 기초한 숙련성에 따른 시각탐색의 차이를 비교한 연구로써 의미 있는 결과라 할 수 있다. 그러나 앞서 언급하였듯이, 수행의 성공 유무에 따른 시각탐색의 차이 또한 매우 중요한 부분이다(Park, 2006; Williams et al., 2002). 뿐만 아니라, 상대적으로 폐쇄운동 과제에 해당되는 배드민턴 서브에 있어서는 그 중요성이 더욱 부각되는 관계로, Ryu et al.(2018)의 선행 연구를 확장하여 배드민턴 서브의 성공 유무에 따라서 어떠한 시각탐색이 일어나는지 살펴볼 필요가 있다.

따라서, 본 연구는 배드민턴 서브수행에서 숙련성과 성공유무에 따른 시각탐색 차이를 비교하는데 그 목적이 있다. 본 연구를 통해 성공적인 서브를 위한 시각탐색의 특성을 규명하고, 실제로 성공과 실패 수행에 따라서 시각탐색 전략에 차이가 나타난다면, 이는 배드민턴 학습 현장에서 시선처리와 관련된 유용한 정보를 제공할 수 있고, 초보자의 운동기술 학습뿐만 아니라, 숙련 선수들의 기술력 향상에도 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## 연구방법

### 연구대상

본 연구는 배드민턴 숙련성에 따라서 숙련자 6명(연령: 27.7±7.4, 경력: 15.5±5.1)과 초보자 6명(연령: 21.7±0.7, 경력: 0.7±0.1)으로 집단을 구분하여 선정하였다. 실험 전, 연구대상자의 최소한의 개인정보 수집과 신경학적 유무를 파악하고 실험 참여 동의를 받았다. 그 다음 전반적인 실험 방법 및 절차에 대해서 설명하고 수집된 자료의 개인정보는 연구 외에는 사용하지 않을 것을 숙지시켰다. 또한 실험 진행 중, 피로나 신체적 이상으로 참여가 어려울 시에는 즉각 실험 중단이 가능하다는 것을 인지시켰다.

### 실험도구

연구대상자의 안구움직임을 측정하기 위해서 Dikablis Professional Eye Tracking system(Ergoneers, Germany)(이하 Eye tracker)을 사용하였다. 이 장치는 고글 형태로 착용하여 해상도 1920×1080(Full HD)로 촬영을 할 수 있으며, 40°-90°의 시각 범위까지 촬영이 가능하다. 본 연구에서는 연구대상자의 양쪽 안구를 측정하였으며, 샘플링 주파수는 60Hz로 1° 이내의 십자선(2.5pixel)으로 안구움직임을 기록하였다. 또한 본 안구움직임 시스템으로 촬영된 영상은 노트북과 연결이 되어 실시간으로 영상자료가 전송되기 때문에 실험이 진행되는 동안 실험자가 실시간으로 확인을 하며 측정하였다. 측

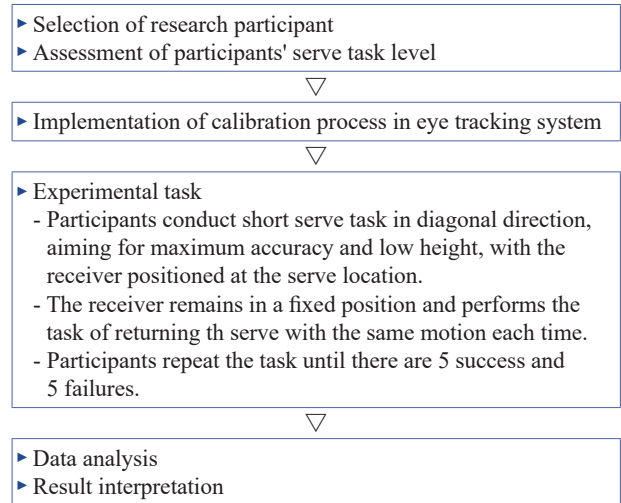


Fig. 2. Experimental procedure

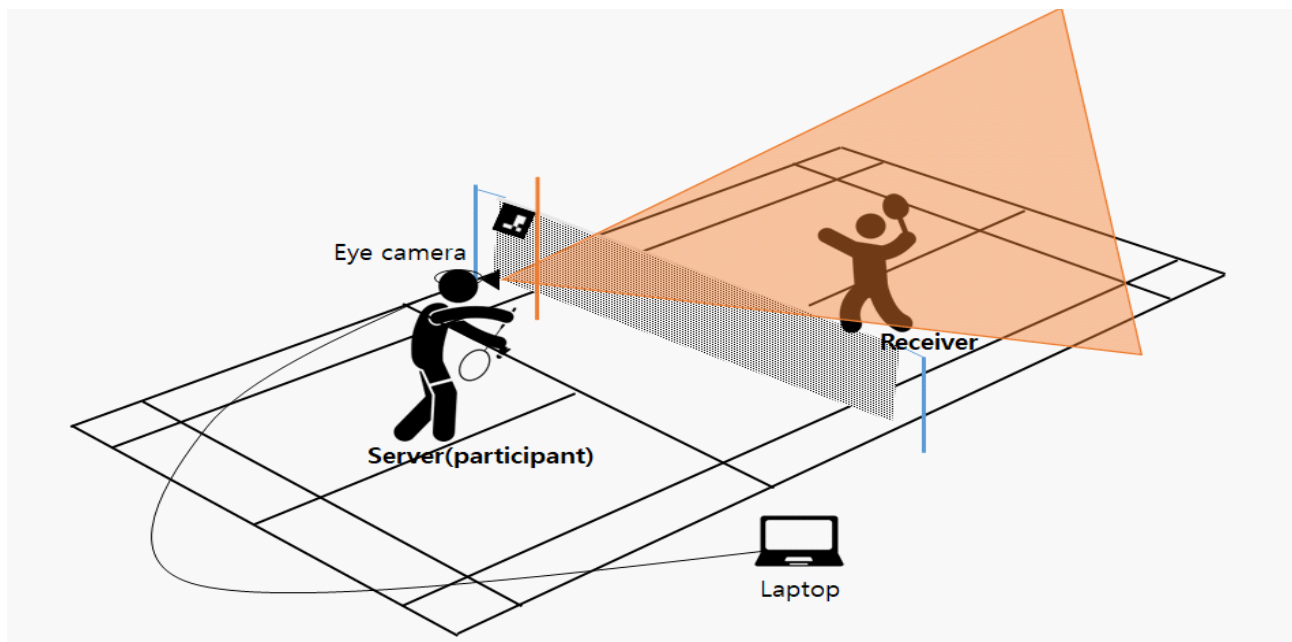


Fig. 1. Illustration of the experiment



정한 영상 자료는 D-Lab Eye Tracking Head Mounted Essential Program(Ergoneers, Germany)을 사용하여 분석을 실시하였다. 이외 본 연구를 위해 배드민턴 라켓(주봉 T-JeIBEE 1900), 셔틀콕(Yonex AS-10), 네트(Star DN210H)를 사용하였다.

### 실험 과제 및 절차

우선 연구대상자를 선정 후, 초보자의 경우에는 먼저 서브에 대한 기본 방법이나 요령에 대해 알고 있는지 확인하였다. 초보자의 경우는 서브에 대한 수행방법을 알고 있어야 본 실험과제를 수행할 수 있기 때문에 사전 조사를 통해 확인된 연구대상자(배드민턴 경력이 있는 경험자)를 본 실험에 참여시켰다. 그리고 모든 연구대상자에게 Eye tracker의 보정과정에서 문제가 될 수 있는 안경은 착용하지 않도록 사전에 공지하였다(렌즈착용가능).<sup>1)</sup>

모든 연구대상자에 대한 실험은 동일한 장소에서 진행되었으며, 연구대상자는 1명씩 실험에 참가하여 진행하였다. 본 실험 전, 연구대상자에게 Eye tracker를 착용 하여 보정작업을 실시하였다. 보정작업은 우선 Eye tracker를 연구대상자의 머리에 착용 시킨 후, 연구대상자에게 여러 지점에 미리 부착해 놓은 보정용 스티커를 차례대로 응시하게 하였다. 좌상, 우상, 우하, 좌하의 4가지 위치를 순서대로 바라보게 하였으며, 그 지시에 따라 노트북에 기록되는 십자선과 연구대상자가 바라보는 목표점이 일치하게 보정하였다. 기본적인 보정이 완료되면, 연구대상자에게 서브 위치에 가서 서브 자세를 준비하게 하였다. 연구대상자는 연구자의 지시에 따라 구체적 위치(예: 준비된 마커)를 바라보게 하여, 실시간으로 기록되는 노트북의 화면에서의 십자선과 일치하도록 추가 보정작업을 실시하였다. 그런 다음, 연구대상자의 서브 수행은 실제 경기와 같이 수행하게 하였다. 그리고 반대쪽 코트에는 실제 리시버가 서 있었으며, 리시버는 반대쪽 서브 라인에서 리시브를 하도록 지시하였다.

실험 과제는 실제 경기상황과 동일하게 서브 위치에서 리시버가 서있는 대각선 방향으로 최대한 낮고 슛 서비스 라인에 가깝게 슛 서브를 넣는 것이다. 또한 연구대상자의 시선이 정확하게 보정되었는지 추가적인 확인을 위해서, 매 수행 전에는 마커를 표시해두어 연구대상자에게 마커에 시선고정을 하도록 하였으며, 연구자는 시선고정이 정확하게 이루어지고 있는지를 확인한 다음에 '시작'이라고 말하면 실제 서브를 하도록 하였다.

배드민턴 지도경력 20년 이상의 전문가 3인과 상의하여 서브의 성공과 실패에 대한 기준을 정하였는데, 성공 기준은 타구한 셔틀콕이 네트의 흰선 위로 10cm이상 뜨지 않으면서, 서브라인 이내(배드민턴 경기 규정에 따른 서브라인)로 들어가게 시행한 것을 성공시행으로 간주하였다.<sup>2)</sup> 그리고 셔틀콕이 네트에 걸린 경우, 네트의 흰선보다 10cm 이상 셔틀콕이 떠서 들어간 경우, 착지된 셔틀콕이 서브라인에 벗어난 경우를 실패로 간주하였다.

안구움직임은 연구대상자의 시선이 마커로부터 이동이 시작되는 순간부터 녹화를 시작하였다. 모든 연구대상자는 성공 횟수 5회 실패 횟수 5회가 나올 때 까지 진행하였다. 수행 종료에 대한 조건은 연구대상자에게 알려주지 않았다. 매 시행마다 Eye tracker의 보정작업을 확인하였으며, 초점이 맞지 않았을 경우, 다시 보정작업을 실시하였

다. 연구대상자가 휴식을 원할 경우, 충분한 휴식시간을 제공하였다.

### 자료분석

본 연구에서는 숙련자와 초보자의 서브 중 성공과 실패 수행에 대한 각 5시행을 선택하여 평균값으로 계산하여 분석 산출하였다. 배드민턴 서브에서의 시각탐색 변인을 알아보기 위해 크게 두 가지 변인으로 나누어 자료를 분석하였다. 먼저, 시각탐색 변인으로 시선고정시간의 평균값인 평균시선고정시간과 안구의 순간적 움직임을 나타내는 평균 saccade의 크기를 분석하였다. 평균시선고정시간은 한번 수행을 할 때 나타난 시선고정시간들을 합하여 나눈 평균값(초)으로 산출하였으며, 평균 saccade 크기는 한번 수행을 할 때 나타나는 모든 saccade의 값들을 합하여 평균값(°)으로 산출하였다.

시선고정위치는 공간, 네트, 신체, 셔틀콕, 윗 공간으로 분류하였으며(Ryu et al., 2018) 전체 시선고정위치에 대한 시선고정시간을 기준으로 하여, 해당 시선고정위치에 대한 시선고정시간의 값(%)의 평균(평균 시각탐색률)을 구하여 산출하였다.

다음은 수행직전 마지막 시선고정시간을 분석하였다. 이는 앞서 말한 QE와 관련된 변인으로 중요 움직임 직전 0.1초 3°이내의 시야각을 정의한 변인(Vickers, 1996)으로 농구(Vickers, 1996)에서는 골대 림, 골프(Vickers, 1992)에서는 골프공, 양궁(Gonzalez et al., 2017)에서는 과녁, 등 종목마다의 주요 목표가 되는 지점을 시선고정위치로 정의하지만, 배드민턴 서브과제의 경우는 다른 과제와는 다르게 수행자가 다양한 시선고정위치(예: 네트, 윗 공간, 상대 라켓 등)를 활용할 수 있기 때문에 QE의 목표 지점이 한 곳에만 정해져 있지 않고, 각 위치에 따라서 다양하게 적용될 수 있다. 그리고 서브 움직임 직전에 이러한 다양한 위치에 따른 시선고정시간을 분석하여 QE와 관련된 주요 정보를 제공 할 수 있다. 또한, 수행직전은 연구대상자가 라켓으로 셔틀콕을 치기 위해 백스윙을 시작하는 시간을 기준으로 하였으며, 그 시점으로부터 해당 시선고정이 끝날 때 까지를 수행직전 마지막 시선고정시간으로 산출하였다.

마지막으로 앞서 언급한 시선고정위치에 대한 분석 자료를 토대로 숙련자와 초보자간의 시선패턴이 어떻게 이루어지는지 분석하기 위해 시선 엔트로피(gaze entropy) 값을 산출하여 시선이 얼마나 정형화되어 있는지 아니면 상황에 따라 변화하는지를 비교분석하였다. 시선 엔트로피 분석은 시선고정위치에 대한 결과 값으로 한 시선고정위치에서 다른 시선고정위치로 이동한(예: 셔틀콕-상대 신체) 횟수를 산출하여 첫 번째 이동빈도 행렬(first-order transition frequency matrix)인  $p(i \text{ to } j)$ 를 산출 하였다. 여기서  $i$ 는 시선이동을 하기 전(예: 셔틀콕)의 시선고정위치를 말하며  $j$ 는 시선 이동 후의 시선고정위치(예: 상대 신체)를 말한다. 이렇게 첫 이동빈도 행렬을 산출한 후 다시 상황에 따른 이동 확률 행렬(conditional transition probability matrices)인  $p(i|j)$ , 첫 번째 순서 Markov(first order Markov)로 변환하였다. 이는 시선 이동 전 시선고정위치가  $i$ 라고 가정을 했을 때,  $j$  시선고정위치에 실제 시선고정이 일어날 확률을 산출하게 된다(Allsop & Gray, 2014; Ellis & Stark, 1986). 이를 위해, Ellis & Stark(1986)의 계산식을 사용하였으며, 아래의 공식과 같다(Formula 1).

1) 본 연구에서 사용된 Dikablis Professional Eye Tracking system은 피험자의 렌즈 착용에 대한 영향을 받지 않도록 제작되어, 렌즈의 착용이 보정과정 및 데이터 수집 및 분석 과정에서 문제가 되지 않았다.

2) 10cm이상의 기준은 서브 네트위에 얇은 막대기로 셔틀의 높이를 측정할 수 있게 표시를 해서 그 이상으로 셔틀이 올라간 경우 실패 시행으로 판단하였다.

$$= - \sum_{i=1}^n p(i) \left[ \sum_{j=1}^n p(j|i) \log_2 p(j|i) \right], i \neq j$$

Formula 1. 시선 엔트로피

통계분석

배드민턴 서브에서 숙련성과 성공유무에 따라서 어떠한 차이가 나타나는지 알아보기 위해 평균 시선고정시간, 평균 saccade 크기, 수행직전 마지막 시선고정시간, 시선 엔트로피를 종속변인으로 하였고, 숙련성과 서브의 성공 유무를 독립변인으로 하는 이원 반복측정 분산분석(Two-Way repeated measure ANOVAS)을 실시하였다. 구형성 가정이 검증되지 않을 경우에는 Greenhouse-Geisser 수정을 적용하였다. 통계적으로 유의한 차이가 나타난 경우에는 대응 표본 혹은 독립 표본 t-검정을 실시하였다. 그리고 시선고정위치에 대한 평균 시각탐색률의 경우에는 숙련성, 성공유무 그리고 시선고정위치를 독립변인으로 하는 삼원 반복측정 분산 분석(Three-way repeated measure ANOVAS)을 실시하였다. 사후 분석으로는 Bonferroni에 의한 다중비교를 실시하였다. 통계적 유의수준은 .05 미만이다.

연구결과

평균 시선고정시간

숙련성과 서브의 성공유무에 따라 평균 시선고정시간을 분석한 결과(Figure 3), 숙련성[F(1, 10)= 0.02, p>.05, n<sub>p</sub><sup>2</sup><.01], 성공유무[F(1, 10)= 1.21, p>.05, n<sub>p</sub><sup>2</sup>=.11], 숙련성×성공 유무[F(1, 10)=.005, p>.05, n<sub>p</sub><sup>2</sup><.01]간에 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았다.

평균 saccade 크기

평균 saccade 크기를 분석한 결과(Figure 4), 숙련성[F(1, 10)= 0.41, p>.05, n<sub>p</sub><sup>2</sup>=.04], 성공유무[F(1, 10)=4.89, p>.05, n<sub>p</sub><sup>2</sup>=.33]에 대하여 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 상호작용에 대한 분석 결과 숙련성×성공유무[F(1, 10)=9.37, p<.05, n<sub>p</sub><sup>2</sup>=.48]에 따라 통계적 유의한 차이가 나타났다. 이에 대한 사후 검증 결과, 숙련자는 실패 수행에서 평균 saccade 크기가 증가하는 것으로 나타났으며[t(5)=-2.72, p<.05], 초보자의 경우 성공과 실패 수행 간에 큰 차이가 나타나지 않았다[t(5)=1.73, p>.05].

시선고정위치에 따른 시각탐색률

숙련성, 성공유무 그리고 시선고정위치에 따른 시각탐색률을 분석한 결과(Figure 5), 숙련성[F(1, 10)=4.12, p>.05, n<sub>p</sub><sup>2</sup>=.29]에 따른 차이는 나타나지 않았다. 그러나 성공유무[F(1, 10)=31.49, p<.01, n<sub>p</sub><sup>2</sup>=.76]와 시선고정위치[F(2.23, 22.33)=43.52 p<.001, n<sub>p</sub><sup>2</sup>=.81]에 따라서 유의한 차이가 나타났다. 상호작용 효과에 대한 분석 결과 숙련성×성공유무[F(1, 10)= 0.27, p>.05, n<sub>p</sub><sup>2</sup>=.03]에 대한 차이는 나타나지 않았으나, 숙련성×시선고정위치[F(2.23, 22.33)=17.20, p<.0010, n<sub>p</sub><sup>2</sup>=.63], 성공유무×시선고정위치[F(1.86, 18.61)=3.91,

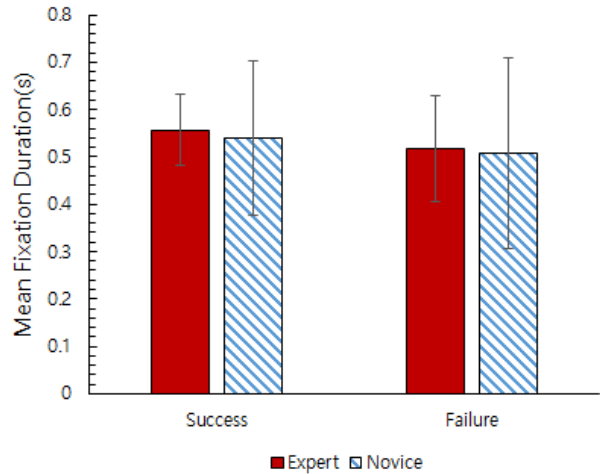


Fig. 3. Mean fixation duration (M±SE)

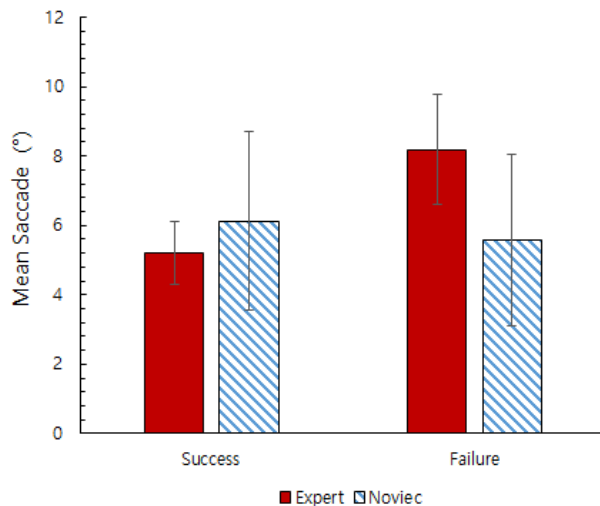


Fig. 4. Mean saccade (M±SE)

p<.05, n<sub>p</sub><sup>2</sup>=.28] 그리고 숙련성×성공유무×시선고정위치[F(1.86, 18.61)=210.10, p<.05, n<sub>p</sub><sup>2</sup>=.27]에 대해서는 통계적 유의한 차이가 나타났다. 구체적으로는 성공한 수행에서 실패한 수행보다 시선고정 위치에 대한 시각탐색률이 더 높은 것으로 나타났다(p<.05). 상호작용에 대한 사후분석 결과, 전체적으로 성공한 수행에서 네트[t(11)=3.53, p<.01], 공간[t(11)=3.11, p<.01]에서 실패한 수행보다 높은 시각탐색률을 보이는 것으로 나타났다. 그리고 숙련자의 경우는 성공한 수행에서 네트[t(5)=3.55, p<.05], 공간[t(5)=3.21, p<.05]에 실패한 수행보다 높은 시각탐색률을 보였으며 초보자의 경우는 성공한 수행에서 셔플[t(5)=4.60, p<.01]에 실패한 수행보다 더 높은 시각탐색률을 보이는 것으로 나타났다.

수행직전 마지막 시선고정시간

숙련성과 성공유무에 따라 수행직전 마지막 시선고정시간을 분석한 결과(Figure 6) 독립변인 간 주 효과에 대해서는 숙련성[F(1, 10)=

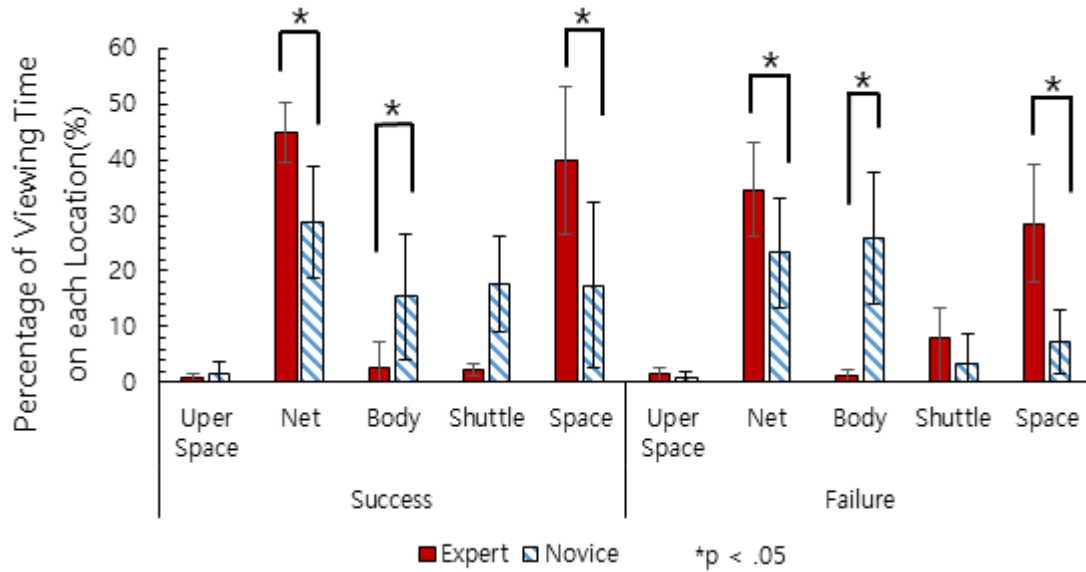


Fig. 5. Percentage of Viewing Time on each Location (M±SE)

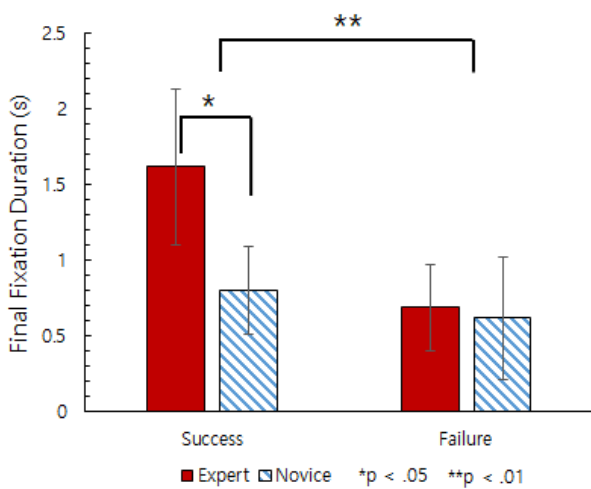


Fig. 6. Final fixation duration (M±SE)

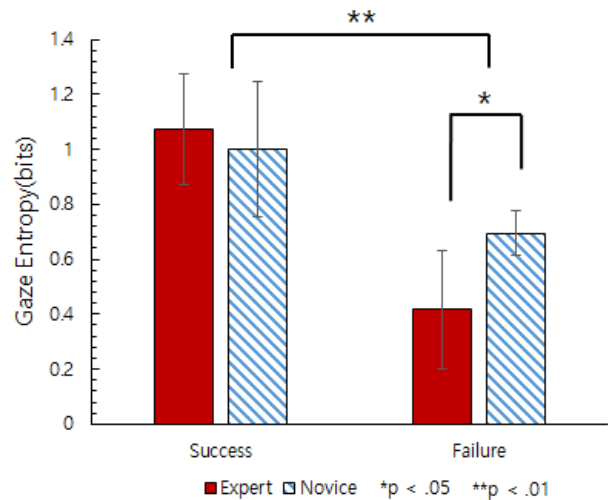


Fig. 7. Gaze entropy (M±SE)

4.99,  $p < .05$ ,  $n_p^2 = .33$ ], 성공유무 [ $F(1, 10) = 33.45$ ,  $p < .01$ ,  $n_p^2 = .77$ ]에 따라 유의한 차이가 나타났다. 그리고 상호작용 효과에 대한 분석 결과, 숙련성과 성공유무에 대한 상호작용 [ $F(1, 10) = 15.29$ ,  $p < .05$ ,  $n_p^2 = .61$ ]도 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 이에 대한 사후 검증 결과, 숙련자의 경우는 성공 수행에서의 마지막 시선고정시간이 실패한 수행에서의 마지막 시선고정시간보다 긴 것으로 나타났으며 [ $t(5) = 4.98$ ,  $p < .01$ ], 초보자의 경우 성공과 실패 수행 간에 마지막 시선고정시간에 대한 차이가 나타나지 않았다 [ $t(5) = 1.02$ ,  $p > .05$ ].

시선 엔트로피

시선 엔트로피 분석을 통해서 시선패턴이 얼마나 정형화 되어 있는지 아니면 무작위로 시선패턴이 일어나는지 알 수 있다. 시선 엔트로피에 대한 분석결과(Figure 7) 숙련성에 따라서는 유의한 차이가

나타나지 않았다 [ $F(1, 10) = 1.54$ ,  $p > .05$ ,  $n_p^2 = .13$ ]. 그러나 성공유무에 따라 성공시행에서 실패 시행시보다 통계적으로 높게 나타났으며 [ $F(1, 10) = 39.63$ ,  $p < .001$ ,  $n_p^2 = .80$ ]. 상호작용에 대한 분석결과(숙련성 × 성공유무)도 통계적 유의한 차이가 나타났다 [ $F(1, 10) = 0.19$ ,  $p < .05$ ,  $n_p^2 = .35$ ]. 이에 대한 사후 검증 결과 시선엔트로피의 감소폭이 초보자보다 숙련자가 더 큰 것으로 나타났다 [ $t(10) = -3.00$ ,  $p < .05$ ].

논의

본 연구의 목적은 배드민턴 서브에서 숙련성과 서브의 성공유무에 따른 시각탐색 차이를 살펴보는 것이다. 우선 본 연구에서는 안구의 기본 움직임으로 평균시선고정시간과 평균 saccade 크기를 분석하였다. 그 결과 평균 saccade 크기는 숙련성과 성공유무에 대한 상호

작용에서 통계적 유의한 차이를 보였는데, 이에 대한 이유를 살펴보면 숙련자는 서브를 넣을 때 실패 한 수행에서 평균 saccade 크기가 커진 것으로 나타났다. Lee et al.(2008)의 사격 연구에서는 숙련자는 조준선 정렬 구간에서 작은 saccade를 나타내며 과녁의 중앙에 집중을 한 반면 초보자의 경우는 수행 시에 목표물과 수행동작에 대한 시선고정, 추적 움직임, 그리고 saccade가 동시적으로 일어났다. 이처럼 본 연구에서도 숙련자는 성공 시행에서는 목표점에 최대한 집중을 위해서 보다 작은 크기의 saccade를 보였지만, 실패 시행 시에는 saccade의 크기가 보다 증가하여, 상대적으로 해당 수행에 덜 집중한 결과 일 것으로 사료된다.

배드민턴 서브를 할 때 어디에 시선을 고정시켜 필요한 정보를 얻고, 또한 이러한 시선고정이 실제 수행과 어떠한 관련이 있는지를 알아보는 것은 매우 중요하다. 운동 수행에서 숙련자들은 자신에게 가장 필요로 하는 정보를 선택할 수 있으며, 수행 중 정보처리의 속도와 정확성을 극대화하기 위하여 한곳에 집중하여 수행 할 수 있다(Walters-Symons et al., 2018). 그래서 본 연구에서는 수행자가 서브 수행 시 어느 단서에 집중을 하고, 이러한 시선고정이 서브의 성공유무에 따라 어떠한 차이가 나타나는지 알아보기 위해 각 시선고정위치에 대해(공간, 네트, 신체, 셔틀콕, 윗 공간) 숙련성, 성공유무에 따른 시각탐색률을 분석하였다. 분석 결과, 숙련성에 따른 시각탐색률의 차이는 나타나지 않았으나 시선고정위치와 성공유무에 따라 시각탐색률의 차이가 나타났다. 뿐만 아니라, 각 시선고정위치는 숙련성 간에 차이가 없었으나, 서브의 성공유무에 따라서 차이가 나타났다. 이를 구체적으로 살펴보면 성공 수행 시 실패한 수행보다 앞서 언급한 시선고정위치에 더 높은 시각탐색률을 나타냈다. 특히, 숙련자는 네트와 공간의 시선고정위치에 높은 시각탐색률을 나타냈고, 반면 초보자는 네트와 상대 신체에 높은 시각탐색률을 나타냈다. 이는 앞서 말한 평균 saccade 크기와 달리 눈의 빠른 움직임 보다는 네트와 공간을 주요 시선고정위치로 시선고정을 하고 수행하는 것이 수행 정확성을 향상시킬 수 있다고 할 수 있다.

당구과제(Williams et al., 2002)에서도 숙련자는 성공한 수행과 실패한 수행을 비교하였을 때 성공한 수행에서 보다 긴 시선고정시간을 보였으며, 골프과제(Wilson & Pearcy, 2009)에서도 성공한 수행에서 긴 시선고정시간을 나타냈다. 이러한 결과는 해당 과제를 수행 하는데 있어 필요하지 않은 방해요인으로부터 주의를 뺏기지 않고 성공적인 수행에 필요한 시각단서에 집중하는 것으로 볼 수 있다(Klostermann, 2020). 시선고정위치에 대한 시각탐색률 차이를 살펴보면, 네트, 공간, 신체, 셔틀콕 순으로 시각탐색률이 높은 것으로 나타났다. 네트에 시선고정이 이루어진 경우는 선행 연구에서와 같이 숏 서브에서 가장 두드러지게 나타나는 시각탐색 결과이다(Ryu et al., 2018).

숏 서브는 복식에서 아주 중요한 기술로 간주되며, 그 결과는 단식보다 훨씬 더 큰 영향을 미친다고 보고하였다(Zhang et al., 2013). 뿐만 아니라, 단식 종목 선수들도 공격적인 전략을 위해서 숏 서브를 사용하는데(Bottoms et al., 2012) 배드민턴 서브는 매 경기에서 전략의 시작이 될 수 있다(Phomsoupha & Laffaye, 2015). 실제로, 2016년 리우 올림픽에서 남자 단식 배드민턴 선수들의 전략을 분석한 결과, 선수들은 네트 근처에서의 플레이(푸쉬, 헤어핀 등)로 점수를 내는 경우가 많다고 보고하였다(Chiminazzo et al., 2018). 뿐만 아니라, 우수한 배드민턴 선수들은 네트 근처에서의 플레이를 선호하고 짧고 효과적인 샷을 만들려고 노력한다고 하였다(Tong &

Hong, 2000). 그러므로, 이와 같은 맥락에서, 숏 서브를 할 때는 셔틀콕이 네트 위를 낮고 짧게 가고 네트의 흰 선에 최대한 가깝게 붙이는 것이 중요하다. 그 목적을 이루기 위해서 수행자들 모두 네트에 시선고정을 하여 수행한 것으로 사료된다.

따라서 보다 성공적인 수행을 위해서 숙련자와 초보자 모두 네트를 중요 시각단서로 활용했다는 것을 알 수 있다. 그러나 본 연구의 결과에서 더 의미를 둘 수 있는 점은 숙련자가 초보자보다 네트에 더 많은 시선고정을 하였다는 점이다. 이러한 결과는 네트에 대한 적절한 시선고정이 배드민턴 서브의 성공과 실패에 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다. 또한 폐쇄 운동 기술 과제의 성공적인 수행을 위해서 특정 타겟(target)이 하나로 정해져 있는, 예를 들면 볼링(Song & Han, 2018), 골프(Vickers, 1992), 농구 자유투(Vickers, 1996), 양궁(Gonzalez et al., 2017) 등과는 달리 특정 타겟이 하나로 정해져 있지 않은 경우에는 과제의 특징에 따라 시각탐색의 차이가 다양하게 나타나는 것을 볼 수 있다(Bard & Fleury, 1976; Vaeyens et al., 2007).

자기 조절과제에서 그 시각단서에 얼마나 오랫동안 시선을 고정하고 수행하는지는 성공적인 수행을 위해서 매우 중요하다. 움직임 직전의 주요단서에 시선고정 하는 것을 QE라고 하는데 숙련성의 특성을 나타내는 주요 변인으로 간주한다(Vickers, 1996). 숙련자는 초보자보다 주요단서에 시선고정을 더 길게 하며, 이는 많은 사전연구를 통해 수행의 성공유무와 관련하여 큰 관련이 있는 것으로 나타났다(Walters-Symons et al., 2017). 본 연구에서 배드민턴 서브과제에서도 숙련성과 성공 유무에 따른 QE 특성이 나타나는지 알아보기 위해 움직임 직전의 마지막 시선고정시간을 분석하였다. 그에 따른 결과를 살펴보면 숙련성과 성공유무에 따라 유의한 차이가 나타났으며 성공유무와 시선고정위치에 대한 상호작용에 대해서도 통계적 유의한 차이가 나타났다.

이에 대해 보다 구체적으로 살펴보면 숙련자는 초보자보다 수행직전 마지막 시선고정시간이 더 길게 나타났으며 또한 숙련자의 경우에는 성공한 수행에서 실패한 수행보다 마지막 시선고정시간이 더 긴 것으로 나타났다. 이는 성공적인 수행을 위해서는 운동 제어 모델에 따라 움직임 직전의 시선고정의 증가는 효율적인 동작 제어에 효과가 있다는 것으로 볼 수 있다(Vine et al., 2017). 이러한 결과는 골프(Park, 2006)와 당구(Williams et al., 2002)과제와 같이 숙련자는 실패한 수행에서 QE가 줄어들지만 초보자는 지속시간의 차이가 성공한 수행과 실패한 수행이 크게 다르지 않은 결과와 비슷한 맥락을 갖고 있다.

마지막으로 수행자의 시선패턴이 정형화되어 있는지, 아니면 특정한 패턴이 없이 무작위로 이루어지는지를 확인하기 위해 시선 엔트로피를 분석하였다. 선행 연구인 볼링연구(Song & Han, 2021)에서는 숙련자는 초보자보다 적은 시선엔트로피 값을 보이는 것으로 나타났다. 이는 성공적인 수행을 위해서는 시각으로 받아들이는 정보처리 과정 중 자신이 원하는 정보만을 받아들여 목표자극을 정확히 탐지해야 하지만(Pashler et al., 2001) 초보자의 경우에는 시선 주의는 외부의 방해 자극이나 산만함에 따라 쉽게 옮겨질 수 있기 때문에(Yantis, 2000) 엔트로피는 증가할 수 있다.

이러한 맥락에서 볼링연구에서 숙련자의 경우는 특정화된 패턴을 가지고 시선을 이동하는 시각탐색 전략을 보이며, 이를 통해 자기가 필요로 하는 단서만을 탐색하고 필요하지 않은 정보는 무시할 수 있어 적은 시선 엔트로피 값을 나타냈다고 보고하였다(Song & Han, 2021). 그러나 Ryu et al.(2016)은 농구연구과제에서 초보자들을 대



상으로 의사결정 능력을 향상시키기 위해 집단마다 서로 다른 형태의 영상을 보고 훈련을 진행하였는데, 그에 따라 시선 엔트로피의 값이 다르게 나타났다. 이는 과제 및 상황에 따라서 수행자의 엔트로피가 다르게 나타나는 것으로 볼 수 있다.

본 배드민턴 서브 과제에서는 숙련성과 성공유무에 따른 시선 엔트로피에 대한 분석 결과, 숙련자와 초보자 간 차이는 나타나지 않았다. 그러나 성공유무에 대해서 유의한 차이가 나타났고, 숙련성과 성공유무에 대한 상호작용 효과에서도 유의한 차이가 나타났다. 즉, 숙련자의 시선엔트로피는 성공 유무에 따라서 큰 차이가 발생했다는 것을 알 수 있다. 이는 성공 수행 시에는 리시버의 상황에 따라서 더 다양한 패턴을 가지고 시선 이동이 이루어진 반면에, 실패 수행에서는 상대적으로 단순한 시선 움직임의 패턴이 나타났다고 볼 수 있다. 이러한 결과는, 배드민턴 서브에서 숙련자는 상황에 따라서 유동적이고 많은 시선 움직임 패턴을 보인 결과와 일맥상통하는 결과이다 (Ryu et al., 2018). 그렇기 때문에 본 실험 결과, 배드민턴 서브 수행 시에는 다양한 시선고정위치를 활용하고 리시버를 속이거나 리시버가 예측할 수 있는 시각 정보를 최소화 시킬 수 있도록 노력해야 한다는 것을 말해준다(Mack, 2016).

다시 정리해서 말하면, 수행자는 성공적인 수행을 하기 위해서는 외부환경으로부터 주의를 뺏기지 않기 위해 지속적인 시선제어가 중요하다(Vine et al., 2013). 특히 정확하고 성공적인 수행을 위해서는 적절한 시각 단서에 시선을 고정하고, 또한 수행직전의 마지막 시선고정시간 또한 길게 하며, 이를 상황에 따라서 적절하게 유동적으로 변화를 시켜, 안정적이고 성공적인 서브 수행과 동시에 상대 리시버에게 시선 정보를 통한 예측 가능성을 최소화함으로써 성공적인 수행을 이룩할 수 있다는 것을 볼 수 있다(Causer et al., 2017). 물론, 성공적인 수행을 위해서는 시각탐색전략 뿐만 아니라, 다른 요인들, 특히 기술적인 측면까지 고려를 해야 한다. 이를 위해서 서브를 할 때에는 셔틀콕을 낮게 날리기 위해서는 낮은 손목각도에 신경을 쓰고 라켓의 속도와 신체중심 또한 중요한 요소로 간주되기 때문에 이 부분 또한 같이 고려를 해야 한다(Irawan et al., 2022).

반면 초보자의 경우 네트, 공간 영역뿐만 아니라 리시버의 신체나 셔틀콕에서 상대적으로 많은 시선고정을 보이며, 이러한 시각탐색 전략이 상황에 따라서 가변적 패턴을 보였다고보다는 라켓에 셔틀콕을 정확히 맞추는데 더 주의를 두고 그 감각에 의존했을 가능성이 높다고 볼 수 있다(Wolpert et al., 1998). 이는 본 연구 결과에서 숙련자의 경우는 실패 수행 시에 평균 saccade 크기의 증가, 수행직전 마지막 시선고정시간의 감소, 엔트로피 값의 감소로 나타났으며, 초보자의 경우는 성공 시행이나 실패 시행에 따른 시각탐색 패턴의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

## 결론 및 제언

본 연구는 배드민턴 숙련성과 성공유무에 따라서 서브 수행에서의 시각탐색의 차이를 밝히는데 그 목적이 있었다. 그 결과 첫째, 실패 수행에서 평균 saccade 크기가 증가하였으며, 숙련자가 더 큰 변화를 나타냈다. 둘째, 특정 시선고정위치에 대한 시각탐색률은 실패 수행시에서 전체적인 시각탐색률이 줄어들었으며, 숙련자는 성공수행 시에 네트와 공간의 시각탐색률이 높은 것으로 나타났다. 셋째, 숙련자는 움직임 직전 마지막 시선고정시간에서 실패 수행에 비해서 성

공 수행의 경우에 이 시선고정 시간이 더 길게 나타났고 초보자는 그 차이가 미비하였다. 마지막으로 시선엔트로피는 성공한 수행에서 보다 큰 시선 엔트로피를 나타내며 다양한 시각정보를 받아들이며 수행했을 때 좋은 결과를 나타냈다. 이 결과를 바탕으로, 배드민턴 지도자는 서브를 지도 할 때, 성공적인 서브를 넣기 위해서는 상대의 위치나 외부 환경에 시선고정을 통하여 충분히 인지하고 탐색한 후, 서브를 넣기 직전에는 네트의 흰선 혹은 상대 라켓과 어깨사이에 집중을 하여 성공적인 수행을 할 수 있게 지도 할 필요가 있다. 또한 중요한 것은 이러한 시선고정을 매번 일관되게 지속하는 것보다 상황에 따라서 유동적으로 변화를 시키는 것이 필요하다.

제언으로 본 연구에서는 앞서 간단히 언급하였듯이, 시각탐색에 대해서 중점적으로 분석을 하였고, 다른 요인, 특히 기술적인 측면은 다루지 않았다. 추후 연구에서는 배드민턴 타구의 정확성과 기술동작을 함께 분석하여 시각탐색과 어떤 연관성이 있는지 연구할 필요가 있다. 더 나아가, 목표제어전략에서 사용되는 안정성에 영향을 미칠 수 있는 구체적인 시각변인(예: QE-pre, QE-dwell)에 대해 분석하여 배드민턴 기술 동작에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서도 연구 진행될 필요가 있다.

## CONFLICT OF INTEREST

논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

## AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: DW Han; Data curation: S Song & D Ryu; Formal analysis: S Song; Funding acquisition: DW Han; Methodology: S Song & D Ryu & DW Han; Projectadministration: DW Han; Visualization: S Song & D Ryu; Writing-original draft: S Song; Writing-review&editing: DW Han



## 참고문헌

- Abernethy, B. (1993).** The nature of expertise in sport. In S. Serpa, J. Alves, V. Ferreira, & A. Paula-Brito (Eds.), *Sport psychology: An integrated approach: Proceedings of the VIII world congress of sport psychology* (pp. 18-22). Lisbon, Portugal: International Society of Sport Psychology.
- Alder, D., Ford, P. R., Causser, J., & Williams, A. M. (2014).** The coupling between gaze behavior and opponent kinematics during anticipation of badminton shots. *Human Movement Science, 37*, 169-179.
- Allsop, J., & Gray, R. (2014).** Flying under pressure: Effects of anxiety on attention and gaze behavior in aviation. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition, 3*(2), 63-71.
- Bard, C., & Fleury, M. (1976).** Analysis of visual search activity during sport problem situations. *Journal of Human Movement Studies, 3*, 214-222.
- Bottoms, L., Sinclair, J., Taylor, K., Polman, R., & Fewtrell, D. (2012).** The effects of carbohydrate ingestion on the badminton serve after fatiguing exercise. *Journal of sports sciences, 30*(3), 285-293.
- Carnegie, E., Marchant, D., Towers, S., & Ellison, P. (2020).** Beyond visual fixations and gaze behaviour: Using pupillometry to examine the mechanisms in the planning and motor performance of a golf putt. *Human Movement Science, 71*, 102622.
- Causser, J., Hayes, S. J., Hooper, J. M., & Bennett, S. J. (2017).** Quiet eye facilitates sensorimotor preprogramming and online control of precision aiming in golf putting. *Cognitive Processing, 18*, 47-54.
- Chiminazzo, J. G. C., Barreira, J., Luz, L. S., Saraiva, W. C., & Cayres, J. T. (2018).** Technical and timing characteristics of badminton men's single: Comparison between groups and play-offs stages in 2016 Rio Olympic Games. *International Journal of Performance Analysis in Sport, 18*(2), 245-254.
- Ellis, S. R., & Stark, L. (1986).** Statistical dependency in visual scanning. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 28*(4), 421-438.
- Fitts, P. M., & Posner, M. I. (1967).** *Human performance*. Belmont, CA: Brooks/Cole.
- Gonzalez, C. C., Causser, J., Grey, M. J., Humphreys, G. W., Miall, R. C., & Williams, A. M. (2017).** Exploring the quiet eye in archery using field- and laboratory-based tasks. *Experimental Brain Research, 235*, 2483-2855.
- Gu, H.-M., Lee, S.-M., Kim, Y.-J., Kim, S.-J., & Han, D.-W. (2009).** Development and application of perceptual skill training for improving anticipation ability in national badminton player. *Korean Journal of Sport Science, 20*(1), 70-80.
- Hussain, I., Ahmed, S., Mohammad, A., Khan, A., & Bari, M. A. (2011).** Videographical analysis of short service in badminton. *Journal of Education and Practice, 2*(2), 1-5.
- Indarto, A. V., Nugroho, S., Widiyanto, & Rakhmawati, S. D. (2023).** Analysis of backhand service badminton doubles athletes in the championship in Banyumas. *International Journal of Physical Education, Sports and Health, 10*(1), 99-103.
- Irawan, F. A., Ma'dum, M. A., Indardi, N., Le Trans, M. N., & Fatmasari, A. P. (2022).** Potential and limitations of short backhand serve in badminton: Kinematics analysis. *SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran, 8*(4), 342-354.
- Janelle, C. M., Hillman, C. H., Apparies, R. J., Murray, N. P., Meilli, L., Fallon, E. A., & Hatfield, B. D. (2000).** Expertise differences in cortical activation and gaze behavior during rifle shooting. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 22*(2), 167-182.
- Johns, M., Crowley, K., Chapman, R., Tucker, A., & Hocking, C. (2009).** The effect of blinks and saccadic eye movements on visual reaction times. *Attention, Perception, & Psychophysics, 71*, 783-788.
- Kim, S. J., Gu, H. M., Park, S. H., & Lee, S. M. (2007).** Visual search strategies and reaction time differences between expert and intermediate badminton players. *The Korean Journal of Physical Education, 46*(6), 179-190.
- Klostermann, A. (2020).** Perception and action in a far-aiming task: Inhibition demands and the functionality of the quiet eye in motor performance. *Psychology of Sport and Exercise, 50*, 101736.
- Land, M. F. (2009).** Vision, eye movements, and natural behavior. *Visual Neuroscience, 26*(1), 51-62.
- Land, M. F., & Hayhoe, M. (2001).** In what ways do eye movements contribute to everyday activities? *Vision Research, 41*(25-26), 3559-3565.
- Lee, S.-M., Kim, S.-J., & Park, S.-H. (2008).** The change of visual search strategies on performance time constrain and air pistol shooting expertise. *Korean Journal of Sport Science, 19*(4), 192-203.
- Mack, G. S. B. (2016).** *The game of badminton: The rules and tactics of a singles match*. Redditch, UK: Read Books Ltd.
- Martell, S. G., & Vickers, J. N. (2004).** Gaze characteristics of elite and near-elite athletes in ice hockey defensive tactics. *Human Movement Sciences, 22*(6), 689-712.
- Martinez-Conde, S., Macknik, S. L., & Hubel, D. H. (2004).** The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature Reviews Neuroscience, 5*(3), 229-240.
- Park, S.-H. (2006).** Gaze behavior and movement control in golf putting. *Korean Journal of Sport Science, 17*(2), 72-83.
- Pashler, H., Johnston, J. C., & Ruthruff, E. (2001).** Attention and performance. *Annual Review of Psychology, 52*(1), 629-651.
- Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2015).** The science of badminton: Game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. *Sports Medicine, 45*, 473-495.
- Piras, A., Pierantozzi, E., & Squatrito, S. (2014).** Visual search strategy in Judo fighters during the execution of the first grip. *International Journal of Sports Science & Coaching, 9*(1), 185-198.

- Ryu, D., Abernethy, B., Mann, D. L., Poolton, J. M., & Gorman, A. D. (2013). The role of central and peripheral vision in expert decision making. *Perception*, 42(6), 591-607.
- Ryu, D., Kim, S., Abernethy, B., & Mann, D. L. (2013). Guiding attention aids the acquisition of anticipatory skill in novice soccer goalkeepers. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 84(2), 252-262.
- Ryu, D., Mann, D. L., Abernethy, B., & Poolton, J. M. (2016). Gaze-contingent training enhances perceptual skill acquisition. *Journal of Vision*, 16(2), 1-21.
- Ryu, D., Song, S.-H., & Han, D.-W. (2018). Visual search strategies in badminton serve on expertise levels. *Korean Journal of Sport Science*, 29(2), 362-375.
- Seth, B. (2016). Determination factors of badminton game performance. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 3(1), 20-22.
- Sharmin, S., Wiklund, M., & Tiittula, L. (2016). The reading process of dynamic text—A linguistic approach to an eye movement study. *SKY Journal of Linguistics*, 29, 119-146.
- Song, S.-H., & Han, D.-W. (2018). Bowling expertise and visual search. *Korean Journal of Sport Psychology*, 29(1), 69-78.
- Song, S.-H., & Han, D.-W. (2021). Gaze entropy on expertise in a bowling performance. *Korean Journal of Sport Psychology*, 32(1), 111-120.
- Tong, Y.-M., & Hong, Y. (2000). The playing pattern of world's top single badminton players. In *International Symposium on Biomechanics in Sports (ISBS) Conference Proceedings Archive*.
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., Mazyn, L., & Philippaerts, R. M. (2007). The effects of task constraints on visual search behavior and decision-making skill in youth soccer players. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29(2), 147-169.
- Vickers, J. N. (1992). Gaze control in putting. *Perception*, 21(1), 117-132.
- Vickers, J. N. (1996). Visual control when aiming at a far target. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(2), 342-354.
- Vickers, J. N., Rodrigues, S. T., & Edworthy, G. (2000). Quiet eye and accuracy in the dart throw. *International Journal of Sports Vision*, 6(1), 30-36.
- Vickers, J. N., Vandervies, B., Kohut, C., & Ryley, B. (2017). Quiet eye training improves accuracy in basketball field goal shooting. *Progress in Brain Research*, 234, 1-12.
- Vine, S. J., Lee, D. H., Walters-Symons, R., & Wilson, M. R. (2017). An occlusion paradigm to assess the importance of the timing of the quiet eye fixation. *European Journal of Sport Science*, 17(1), 85-92.
- Vine, S. J., Lee, D., Moore, L. J., & Wilson, M. R. (2013). Quiet eye and choking: Online control breaks down at the point of performance failure. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(10), 1988-1994.
- Walters-Symons, R., Wilson, M., Klostermann, A., & Vine, S. (2018). Examining the response programming function of the quiet eye: Do tougher shots need a quieter eye? *Cognitive Processing*, 19, 47-52.
- Walters-Symons, R. M., Wilson, M. R., & Vine, S. J. (2017). The quiet eye supports error recovery in golf putting. *Psychology of Sport and Exercise*, 31, 21-27.
- Williams, A. M., Davis, K., & Williams, J. G. (1999). *Visual perception and action in sport*. New York, NY: Talyor & Francis.
- Williams, A. M., Singer, R. N., & Frehlich, S. G. (2002). Quiet eye duration, expertise, and task complexity in near and far aiming tasks. *Journal of Motor Behavior*, 34(2), 197-207.
- Wilson, M. R., & Pearcy, R. C. (2009). Visuomotor control of straight and breaking golf putts. *Perceptual and Motor Skills*, 109(2), 555-562.
- Wilson, M. R., Vine, S. J., Bright, E., Masters, R. S. W., Defriend, D., & McGrath, J. S. (2011). Gaze training enhances laparoscopic technical skill acquisition and multi-tasking performance: A randomized, controlled study. *Surgical Endoscopy*, 25, 3731-3739.
- Wolpert, D. M., Miall, R. C., & Kawato, M. (1998). Internal models in the cerebellum. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(9), 338-347.
- Wood, G., & Wilson, M. R. (2011). Quiet-eye training for soccer penalty kicks. *Cognitive Processing*, 12(3), 257-266.
- Yantis, S. (2000). Goal-directed and stimulus-driven determinants of attentional control. In S. Monsell, & J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII* (pp. 73-103). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Zhang, B., Li, F., & Jiang, W. (2013). Mixed doubles match technical and tactical analysis of world badminton champion based on mathematical statistics. *Advances in Physical Education*, 3(4), 154-157.

## 배드민턴 서브 수행 시 숙련성과 성공유무에 따른 시각 탐색전략

송석현<sup>1</sup>, 한동욱<sup>2</sup>, 류동현<sup>3</sup>

<sup>1</sup>전북대학교, 초빙교수

<sup>2</sup>전북대학교, 교수

<sup>3</sup>러프버러대학교, 교수

[목적] 본 연구는 배드민턴 서브수행에서 숙련성과 성공유무에 따른 시각탐색 차이를 비교하는데 목적이 있다.

[방법] 이를 위하여 배드민턴 숙련자 6명(경력:10년 이상)과 초보자 6명(1년 미만)이 서브과제에 참여하였으며, 모든 연구대상자는 숏 서브 과제를 수행하였다. 서브 과제를 하는 동안 안구움직임 추적 시스템을 착용하여 연구대상자의 안구 움직임을 기록 측정하였으며, 연구대상자의 시선고정시간, 평균 saccade 크기, 시선고정위치에 대한 시각탐색률, 수행직전 마지막 시선고정시간, 시선 엔트로피를 분석하여 배드민턴 숙련성과 서브 성공 유무에 따른 시각탐색의 차이를 살펴보았다.

[결과] 첫째, 평균시선고정시간의 경우 숙련성, 성공유무에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다. 둘째, 평균 saccade 크기는 실패 수행에서 saccade 크기가 증가하였으며, 숙련자가 실패 수행 시 더 큰 변화를 나타냈다. 셋째, 시선고정위치에 대한 시각탐색률은 실패 시 전체적인 시각탐색률이 낮아졌으며, 숙련자는 성공 수행 시에 네트와 공간에 대한 시각탐색률이 높은 것으로 나타났다. 넷째, 움직임 직전 마지막 시선고정시간은 숙련자는 초보자보다 성공 수행에서 긴 시선고정시간을 나타냈다. 마지막으로 시선 엔트로피는 성공한 수행 시 보다 큰 시선 엔트로피를 나타냈는데 이것은 다양한 시각정보를 받아들여 수행했을 때 보다 좋은 결과를 나타냈음을 의미한다.

[결론] 배드민턴 지도자는 서브를 지도 할 때, 성공적인 서브를 놓기 위해서는 상대의 위치나 외부 환경을 시선고정을 통하여 충분히 인지하고 탐색한 후, 서브를 놓기 직전에는 네트의 흰선 혹은 상대 라켓과 어깨사이에 집중을 하여 성공적인 수행을 할 수 있게 지도 할 필요가 있다. 또한, 이러한 시선고정을 매번 일관되게 지속하는 것보다 상황에 따라서 유동적으로 변화를 시키는 것이 중요하다.

### 주요어

배드민턴, 시각탐색, 시선 엔트로피, 숙련성