

뇌파신호의 ERP와 BMP를 이용한 이미지트레이닝 평가 지표 개발

The Development of Image Training Evaluation Index using ERP and BMP of EEG Signal

김재요* (남서울대학교/강사)

Jae-Yo Kim *Namseoul University*

요약

실제 운동수행을 할 때와 머릿속으로 운동수행 장면을 시연하는 이미지트레이닝 할 때의 사건유발전위(ERP)와 대뇌 네트워크(BMP)의 유사성을 규명하게 된다면 향후 선수 개인의 이미지트레이닝 적용에 있어 숙련 단계와 그에 따른 효과적인 적용 방법을 개발하여 스포츠현장에 제공하는 데 있다. 이러한 연구목적에 달성하고자 배드민턴 선수 35명을 대상으로 배드민턴 기술 중 신체적 움직임이 가장 적고 폐쇄성 기술 특성의 서비스(service)로 셔틀콕과 라켓을 든 상태에서 서비스를 넣기 위한 준비자세에서 서비스를 넣기 위해 라켓이 움직이기 시작하는 직전까지의 뇌파 신호를 추출하여 분석에 사용하였다. 뇌파 신호 수집은 락싸(Laxtha)사의 QEEG-64FX 뇌파장비와 2ch Flexible Ag-AgCl 건식 뇌파캡을 사용하여 양쪽 귓볼과 목 뒷부위에 참조전극(reference electrode)를 부착하고 전두엽(F3, F4), 두정엽(P3, P4), 운동영역(C3, C4), 후두엽(O1, O2)에 해당 부위에서의 뇌파 활성 데이터를 수집하였다. 배드민턴의 서비스 기술에 대한 실제 운동수행과 이미지트레이닝 시의 사건유발전위(ERP) P300의 잠재기와 진폭의 유사성과 대뇌 네트워크를 검증하고자 자료분석 방법으로 SPSS 통계 프로그램을 사용하여 독립 t 검정을 실시하였다. 분석결과에 대한 유의성 기준은 $p < .05$ 이다. 뇌파신호를 활용하여 실제 운동수행과 이미지트레이닝의 차이를 검증한 결과, 동일한 운동과제에 대한 뇌파신호의 반응 패턴에서 시각적 정보처리를 담당하는 후두엽에서의 진폭과 잠재기를 제외한 다른 영역에서의 뇌파신호 진폭과 잠재기가 유사한 것으로 나타난 것과 함께 대뇌 네트워크에서도 운동영역과 후두엽에서의 차이를 제외한 모든 대뇌 영역 간 유사한 네트워크 활성을 보이는 것을 확인하였다.

핵심 단어: 뇌파 신호, 사건유발전위, 브레인맵핑, 이미지트레이닝

Abstract

If the similarity between the event trigger potential (ERP) and the cerebral networking (BMP) during actual exercise performance and image training that demonstrates the exercise performance scene in the head is identified, the proficiency level and It is to develop an effective application method accordingly and provide it to the sports field. To achieve this study purpose, 35 badminton players were subjected to the least physical movement among badminton techniques and a racquet was used to put the service in the ready position to put the service while holding the shuttlecock and racket. EEG signals up to just before the start of movement were extracted and used for analysis. EEG signal collection was performed using Laxtha's QEEG-64FX EEG and a 32ch Flexible Ag-AgCl dry EEG cap, with reference electrodes attached to both earlobes and the back of the neck, and the frontal (F3, F4) and parietal lobes (P3, P4), motor areas (C3, C4), and occipital lobe (O1, O2) were collected EEG activity data in the corresponding area. In order to verify the similarity of the latency and amplitude of event related potential P300 and cerebral networking during image training and actual exercise performance for badminton service skills, an independent t test was conducted using the SPSS statistical program as a data analysis method. The significance standard for analysis results is $p < .05$. As a result of verifying the difference between actual exercise performance and image training using EEG signals, the amplitude of EEG signals in the occipital lobe, which is responsible for visual information processing, in response patterns of EEG signals to the same exercise task, and EEG signal amplitudes in areas other than the latent phase and latent period were found to be similar. In addition, it was confirmed that in cerebral networking, similar networking activity was shown between all cerebral regions except for differences in the motor region and the occipital lobe.

Key words: EEG Signal, Event-Related Potential, Brain mapping, Image Training

* mast1982@hanmail.net

이 논문은 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2020S1A5B5A17091317)

I. 서론

‘See and believe it’, ‘어떤 샷을 하더라도 그것을 미리 마음속으로 보고 믿었다.’ ‘골프 황제’ 잭 니클러스, ‘나는 상대방의 특유한 공격 스타일을 상상하고, 자신의 상대방의 공격을 성공적으로 받아치는 장면을 마음속으로 끊임없이 연습했다.’ 통산 89.95%의 승률(1309승 146패)의 ‘얼음 여제’ 크리스 에버트, ‘매일 밤 잠들기 전과 아침 일어난 직후, 수영장에서 완벽하게 수영하는 자신의 모습을 슬로우 모션으로 상상했다.’ 올림픽 8관왕 ‘수영 황제’ 마이클 펠프스, 그리고 한국의 위상을 알린 ‘피겨 여왕’ 김연아, ‘역도 여제’ 장미란, ‘한판승의 사나이’ 이원희 등 국내·외를 불문하고 세계 정상급 선수들의 공통된 심리훈련기법이 바로 이미지트레이닝이다. 이미지트레이닝은 전문운동선수들이 외상 후 재할, 경기력 향상을 위한 목적으로 많이 활용되고 있으며, 특히 오늘날 코로나19와 같은 전염성 질병으로 운동을 하지 못하는 상황에서 실제훈련과 유사한 경험을 축적할 수 있는 어쩌면 유일한 훈련방법일 것이다.

인간의 뇌는 신체 훈련과 이미지 트레이닝을 구분하지 못한다. 그렇기 때문에 이미지 트레이닝은 신체 훈련과 똑같은 효과를 낼 수 있는 것이다. 미국 클리블랜드병원 신경과학자 광에 박사는 비노스 랑가나단 박사와 함께 젊은 사람과 노인들을 대상으로 ‘상상 훈련’ 마음을 이용한 근력 키우기라는 이미지트레이닝을 적용한 결과 팔꿈치 근육을 15% 증가시켰다고 보고하였다(디지털타임스, 2012). 이는 실제로 훈련을 한다고 믿는 뇌의 착각으로 이미지트레이닝이 신경과 근육에 실제 동작과 유사한 반응을 유발시키기 때문이다(김병준, 2008). 이는 이미지트레이닝에 의한 뇌의 착각 즉, 운동을 수행할 때와 유사한 뇌의 활성 패턴이 일어났다는 것을 예측할 수 있다.

이미지트레이닝은 1984년 올림픽에 참가한 캐나다 선수들 245명의 99%가 훈련 기간 중 적어도 주당 4일, 하루에 1회에 약 12분 정도 체계적인 이미지트레이닝을 하였으며(이창영, 이수경 및 송주호, 2008; Orlick & Partington, 1988), 미국 올림픽 대표 가능성이 있는 633명 선수 중 85%가 훈련의 한 부분으로 이미지트레이닝을 사용하는 것으로 보고되어졌다(이창영 등, 2008; Ungerleider & Golding, 1991). 또한 아이스하키(이창영 등, 2008), 골프(안창식, 2010; 허정훈 및 박용범, 2010), 배드민턴(정성현 및 김유나, 2015), 태권도(임태희, 2013), 육상(이명선 및 박세운, 2011), 테니스(신명진 및 이용현, 2009) 등 다양한 종목에서 이미지트레이닝을 활용하고 있으며 경기력 향상에 긍정적 효과가 있음을 입증하고 있다. 특히 골프와 양궁 종목에서는 심리가 경기의 80~90% 정도의 영향을 미친다는 말이 있는 만큼 이 종목의 선수들에게 있어 이미지트레이닝은 매우 일반적인 훈련기법 중 하나로 활용되고 있을 것이다. 그렇다면 이미지트레이닝을 경험한 ‘모두가 경기력에 긍정적 효과를 경험하는가?’라는 것이 주요 논제가 될 것이다. 이 질문에 대하여 본 연구자에게 물어본다면 ‘모두가 그렇지 않다’라고 추측할 것이다.

연구자는 스포츠심리학을 전공하며 2012년부터 2017년까지 매년 60명의 배드민턴 국가대표 후보선수단과 시니어 국가대표팀에 심리기술훈련을 지원하며 2012 김천 아시아 주니어 배드민턴 선수권대회, 2013년 전주 원천 요넥스 코리아주니어오픈 국제배드민턴선수권대회, 제29회 세계남자단체 및 제26회 세계여자단체배드민턴선수권대회(중국, 쿤산)와 2014 인천아시아게임 레슬링 국가대표팀에 심리기술훈련을 지원하며 지금까지 300명 넘게 전문운동선수들에게 이미지트레이닝 훈련을 적용한 결과 모두가 긍정적인 효과를 경험하는 것은 아니기 때문이다.

이에 대해 연구자의 이미지트레이닝 훈련 과정과 방법의 오류를 논할 수도 있을 것이다. 그러나 이러한 훈련에 대한 오류를 논하기에 앞서 명확하게 확인해야 할 것이 있다. 그건 이미지트레이닝 훈련을 하고 있는 선수가 훈련 과정을 충분히 소화할 수 있는 심리기술(정신적) 단계에 있는 선수인지, 또는 이미지트레이닝이 실제로 되고 있지 않음에도 솔직히 말할 수 없어 단순히 기술과 전략에 대한 생각을 하고서 이미지트레이닝을 하고 있다고 하는 것이다. 물론 이러한 문제는 스포츠심상질문지를 활용하여 측정과 그 수준을 확인할 수 있으며, 또한 이미지트레이닝이 실제로 일어나는지 아닌지도 오랜 기간 선수와 함께 심리기술훈련을 하며 상담과정을 통해 이미지트레이닝의 진행정도를 파악할 수 있다. 다만 이러한 검증과정에 있어 훈련자의 로젠탈 효과(Rosenthal effect)와 호오손 효과(Hawthorne effect)에 의한 왜곡된 정보 그대로를 효과로 인식하고 결과를 해석하고 있는 것은 아닌가하는 점이다.

이 두 가지 효과는 일종의 예상(expectancy) 오염 효과로서 연구자나 피험자의 예상이나 사전의 기대로부터 발생하는 종속변인(의)의 오염 효과로서, 로젠탈 효과는 실험자가 측정하는 과정에서 의도적이건 아니건 간에 측정값을 연구의 목적에 따라 조금이라도 높이거나 낮추려는 경향을 의미하며, 호오손 효과는 피험자가 연구자의 연구 목적을 알아차리고 의도적 또는 무의식적으로 과제의 수행에 영향을 미치는 현상을 의미한다(김기웅 및 장국진, 2009). 따라서 왜곡된 정보로부터 보다 객관적인 기준을 마련하여 명확하게 확인할 수 있는 평가지표가 필요하다.

Greenspan & Feltz(1989)에 의하면 여러 가지 심리훈련기법, 즉 이미지트레이닝, 이완, 강화, 체계적 둔감화를 분석한 결과 심리훈련은 비숙련자 또는 숙련자모두에게 운동 수행능력을 향상시키는데 효과적이라 하였다(안창식, 2010). 즉, 이미지트레이닝 참가자의 심리기술훈련을 충분히 소화할 수 있는 숙련자인지 아니면 아직은 미흡한 비숙련자인가에 따라 훈련 과정과 방법이 다르게 적용되어야 한다는 것이다. 그렇다면 이미지트레이닝 숙련도 즉, 평가 지표 개발은 가능한가? 해답은 의학전문 연구에서 찾을 수 있다. 의사들이 수술을 시행하기에 앞서 환자에게 마취를 실시하는데 이 과정에서 마취 정도를 평가하는 마취심도(박준모, 예수영, 남기곤 및 전계록, 2007; 예수영, 백승완, 김재형, 박준모 및 전계록, 2009; 예수영 및 엄상희, 2015)

로 뇌파측정 장비가 활용되고 있다는 것이다(전자신문, 2018). 따라서 뇌파 신호를 이용한 실제 운동수행과 이미지트레이닝 시의 뇌 활성 강도와 패턴 분석을 통한 평가 지표가 개발된다면 향후 효과적인 이미지트레이닝 훈련을 위한 정신적 준비단계(숙련도)에 맞는 이미지트레이닝 훈련 방법을 개발하고 제공할 수 있다고 생각한다.

운동 또는 감각 신경계에 적절한 자극을 주었을 때 일정한 시간이 지난 뒤 신경계에서 전위(time locked signal)가 발생하는데 이를 유발 전위(EP: Evoked Potential)라고 한다(박지윤, 2014; Misulis & Fakhoury, 2001). 김진구(2003)는 대뇌활동의 운동연계성을 연구하기 위한 기초로 뇌의 사건관련전위(ERP), 시각유발전위(VEP: Visual Evoked Potential), 감각유발전위(SRP: Sensory Event-Related Potential) 등을 분석하여 정보처리가 진행되는 과정을 이해하는 것이라 하였다. 예를 들면, 운동과제 수행 시 정보의 양이 너무 많으면 처리 속도가 늦어져 운동의 효율성이 떨어진다고 가정했을 때 일반적으로 내릴 수 있는 결론은 쉬운 과제에 비해 어려운 과제를 수행할 때 더 많은 정신적 노력(mental effort)과 인지적 부하(cognitive load)가 요구되었기 때문에 정보처리속도가 늦어졌다고 추론할 수 밖에 없는 것이다. 그러나 신경생리학적 접근인 ERP 연구는 정보처리와 관련된 시차, 순서 그리고 특정 인지활동을 개시하는 중개과정의 상호작용을 설명할 수 있고 이를 근거로 정보처리부하와 관련된 병렬적 또는 계열적 처리과정과 같은 신경기제에 대해서도 추론할 수 있는 근거를 제시(김진구, 2003; 우민정, 김진구 및 정상택, 2001; 이인혜, 1997)하기 때문에 이미지트레이닝 훈련 과정을 객관적으로 설명할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 뇌 영역에 따른 ERP를 연구함으로써 운동시 유발되는 뇌 활동의 감각처리 양상에 관한 정보를 얻을 수 있고 말초로부터 전달된 신호에서 대뇌피질의 신경회로망 활동을 유추할 수 있기 때문에 실제 운동수행 시와 이미지트레이닝 시 발생하는 정보처리과정을 비교하여 규명할 수 있을 것으로 기대한다.

뇌파가 개발된 이후 지속적으로 연구되어온 뇌파의 “inverse problem” 즉 특정한 위치의 표면 전압에 대한 대뇌 내의 출처에 대한 연구에 좀 더 합리적인 추론을 가능하게 하고 이에 연관된 보조적인 문제로서 뇌기능의 국소화 문제(topographic problem), 즉 각 전극에서 측정되는 전기적 에너지를 이용하여 대뇌의 국소적 기능을 추론하는 뇌 지도(Brain Mapping)를 작성할 수 있는 장점이 있다(김재요, 2019; 이효정, 2008). 브레인 맵핑 방법은 뇌 활동결과 발생하는 생물학적 전기에너지 변동의 추이를 공간적인 분포와 주파수 대역에 의해 파악할 수 있는 방법으로 시간의 경과에 따른 각 주파수 대역별 분석이 가능함으로 연속적으로 일어나는 뇌전위 변동에 관한 생리학적 설명이 용이하다. 동시에 뇌전위 활동의 분석 시 컴퓨터를 이용하여 EEG 자료를 처리하기 때문에 뇌파의 비정상성에 대한 정량적 측정이 가능하기 때문에 연구자의 선입관이나 기대성으로 나타날 수 있는 로젠탈효과를 방지할 수 있는 장점을

가지고 있기에 이 연구에서는 실제 운동수행과 이미지트레이닝 시 뇌 활성 패턴 즉, 대뇌 네트워킹 현상의 유사성을 입증하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

연구에서의 연구표본수는 Gpower 3.1 프로그램에서 t test 분석방법으로 효과크기는 0.80, 제 1종 오류 0.05, 검증력($1 - \beta$ err prob) 0.90으로 유지할 때, 측정횟수 2번(실제 운동수행, 이미지트레이닝)으로 설정하여 추출된 예상 적합 인원 35명을 토대로 실험연구의 편의성을 고려하여 전문운동선수를 모집단으로 선정한 후 비확률 표본추출법 중 유목적 표본추출법을 활용하여 K대학교 양궁부와 골프부 소속 선수 각각 20명 총 40명을 선정하여 연구를 계획하였으나, 2021년 코로나-19 바이러스 전염성 악화로 사전에 계획한 운동부로 진행할 수 없는 상황으로 인해 K대학교 배드민턴 선수 20명과 A대학교 배드민턴 선수 15명을 연구대상으로 선정하였다. 기존 양궁과 사격 선수들의 경우 코로나 확진자 발생과 훈련과 대회 참여로 스포츠 심리상담 지원 일정을 추가하는데 어려움이 발생하여 평소 스포츠 심리상담지원을 받고 있는 배드민턴 선수들로 선정하였다.

2. 뇌파측정

1) 사건유발전위(ERP: Event Related Potential)

본 연구에서는 실제 운동수행과 이미지트레이닝 시 뇌에서의 사건유발전위(ERP)를 분석하고자 GnS(GnS International)의 QEEG-64FX 32ch 뇌파측정도구로 10/20 국제전극배치도를 기준으로 사건유발전위(ERP)는 Fz, Cz, Pz, O1 지점(김진구, 2003)에 전극을 부착한 후 TeleScan을 사용하여 배드민턴 기술 중 서비스 넣는 동작을 분석에 이용되는 P300은 운동수행이 시작되는 순간 뇌의 반응을 측정하기 때문에 뇌가 운동수행과정에 관여하는 방식을 이해하고 또 뇌 영역이 어떤 방식으로 정보를 교환하는지를 분석할 수 있다(김진구, 2003).

2) 브레인맵핑(BMP: Brain MapPing)

본 연구에서는 실제 운동수행과 이미지트레이닝 시의 뇌 활성 패턴의 유사성을 분석하고자 QEEG-64FX 32ch 뇌파측정도구를 사용하여 국제표준 규격인 10-20 시스템에 따라 전전두엽(Fp1, Fp2), 전두엽(F3, F4), 두정엽(P3, P4), 측두엽(T3, T4), 후두엽(O1, O2)에서 청각과 관련된 측두엽(T3, T4) 대신 운동영역에 해당하는 C3, C4에 전극을 부착한 후 TeleScan의 Brain Mapping 프로그램을 사용하여 대뇌 네트워킹(BMP) 지수를 수집하였다. 뇌 영역별 네트워킹 지수가 높을수록 짙은 붉은 색을 보인다.

3. 연구절차

본 연구는 연구대상자들에게 연구의 목적을 설명한 후 IRB 동의서에 동의(사인)한 선수를 대상으로 실험연구를 진행할 계획이었으나, 비침습 방식의 32ch Flexible Ag-AgCl 건식 뇌파캡을 활용하여 양쪽 귓볼과 목 뒷부위에 참조전극(reference electrode)을 부착하고 전두엽(F3, F4), 두정엽(P3, P4), 운동영역(C3, C4), 후두엽(O1, O2)에 해당 부위에서의 뇌파 활성 데이터를 수집하는 것으로 IRB 심의대상이 아닌 것으로 판단하여 연구대상자들에게 연구의 목적을 설명한 후 참여 동의서에 동의한 선수들로 진행하였다.

실제 운동수행과 이미지트레이닝 시의 ERP와 BMP 측정을 위해 국제표준 규격인 10-20 시스템에 따라 ERP(Fz, Cz, Pz, O1), BMP(F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2) 지점의 뇌파 활성 데이터를 수집하였으며, 그라운드 전극은 목뒤 경추부분에, 참조(reference) 전극은 측두골의 유양돌기(mastoid process)에 부착하였다.



그림 1. 뇌파 측정(측면).



그림 2. 뇌파 측정(윗면).

건식 뇌파캡을 장착하고 배드민턴 선수의 실제 운동수행과 이미지트레이닝 간 뇌파 차이를 검증위한 과제로는 배드민턴 기술 중 신체적 움직임이 가장 적고 폐쇄성 기술 특성의 서비스(service)로 셔틀콕과 라켓을 든 상태에서 서비스를 넣기 위한 준비자세에서 서비스를 넣기 위해 라켓이 움직이기 시작하는 직전까지의 뇌파 신호를 추출하여 분석에 사용하였다.

뇌파신호는 통과대역 주파수 0.5~50Hz, 고속샘플링 주파수 250Hz, 24bits 해상도에서 데이터를 디지털화 하였다(심준영, 2021). 기록된 뇌파자료(raw data)는 락싸(Laxtha)사의 실시간 데이터 수집 및 시계열분석(timeseries analysis) 프로그램인 TeleScan과 사건관련 유발전위(Event Related Potential, ERP) 검출과 분석을 위한 ERS-Addon 프로그램, 대뇌 영역 별 네트워크 관계성을 분석하고자 브레인 맵핑(BMP: Brain MapPing)은 BrainMap-Addon 프로그램을 사용하였다.

4. 자료분석

본 연구에서는 QEEG-64FX 32ch 장비를 활용해 수집된 뇌파 데이터는 Laxtha(락싸) 회사의 TeleScan 소프트웨어를 이용하여 코딩 데이터로 추출하였다. 추출된 자료에 대한 분석 방법으로는 독립 t 검정을 실시하였다. 분석결과에 대한 유의성 기준은 $p < .05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 실제 운동수행과 이미지트레이닝 ERP 결과 분석

1) 진폭

배드민턴 서비스 수행 방식에 따른 P300 진폭을 분석한 결과, <표 1>과 같다.

표 1. 서비스 운동수행 방식에 따른 영역 별 진폭 차이

측정 부위	수행방법	M	SD	t	p
Fz	AE	1.19	.596	.471	.639
	IT	1.84	.606		
Cz	AE	3.94	.609	.082	.935
	IT	3.93	.553		
Pz	AE	4.00	.431	.440	.661
	IT	3.95	.473		
O1	AE	4.60	.707	4.909	.000
	IT	3.87	.514		

AE: Actual Exercise, IT: Imagine Training

시각적 정보처리와 관련 있는 O1에서 실제 운동수행($M=4.60$, $SD=.707$)이 이미지트레이닝($M=3.87$, $SD=.514$) 보다 진폭이 큰 것으로 나타났으며, 유의수준 .001에서 유의한 것으로 나타났다.

2) 잠재기

배드민턴 서비스 수행 방식에 따른 P300 잠재기를 분석한 결과, <표 2>와 같다.

표 2. 서비스 운동수행 방식에 따른 영역 별 잠재기 차이

측정 부위	수행방법	M	SD	t	p
Fz	AE	437.18	27.096	-.913	.364
	IT	443.32	29.163		
Cz	AE	447.04	32.342	.075	.941
	IT	446.45	34.275		
Pz	AE	434.66	33.026	.358	.721
	IT	432.00	28.906		
O1	AE	443.01	27.619	2.195	.032
	IT	427.70	30.664		

AE: Actual Exercise, IT: Imagine Training

시각적 정보처리와 관련 있는 O1에서 진폭에서와 같이 실제 운동수행(M=443.01, SD=27.096)이 이미지트레이닝(M=427.70, SD=30.664) 보다 잠재기가 더 긴 것으로 나타났으며, 유의수준 .05에서 유의한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 서비스 실제 수행 시 네트를 주시해야 한다는 점에서 시각적 정보처리를 담당하는 O1 부위에서 차이가 발생한 것으로 추론된다.

2. 실제 운동수행과 이미지트레이닝 BMP 분석 결과

배드민턴 서비스에 대한 실제 운동수행과 이미지트레이닝 방식에 따른 뇌 영역 간 네트워킹 차이에 대한 자세한 분석 결과는 다음과 같다.

1) 서비스 수행 방식에 따른 좌측 전두엽의 대뇌 네트워킹 차이

표 3. 서비스 수행 방식에 따른 좌측 전두엽의 대뇌 네트워킹 차이

측정 부위	수행방법	M	SD	t	p
F3F3	AE	1.00000	0.000000	-	-
	IT	1.00000	0.000000		
F3F4	AE	.79589	.146257	.365	.716
	IT	.78221	.166330		
F3C3	AE	.50850	.264769	.513	.610
	IT	.47538	.275491		
F3C4	AE	.13863	.251254	.969	.336
	IT	.08421	.217520		
F3P3	AE	.43205	.238956	.372	.711
	IT	.41199	.211601		
F3P4	AE	.34687	.252528	.555	.581
	IT	.31433	.237924		
F3O1	AE	.22090	.266223	.764	.448
	IT	.17363	.251398		
F3O2	AE	.23616	.280378	.233	.817
	IT	.22031	.289055		

AE: Actual Exercise, IT: Imagine Training

서비스 수행 방식에 따른 좌측 전두엽의 대뇌 네트워킹을 분석한 결과, 실제 운동수행과 이미지트레이닝 방식에 따른 좌측 전두엽의 대뇌 네트워킹은 차이가 없는 것으로 나타났다.

2) 서비스 수행 방식에 따른 우측 전두엽의 대뇌 네트워킹 차이

표 4. 서비스 수행 방식에 따른 우측 전두엽의 대뇌 네트워킹 차이

측정 부위	수행방법	M	SD	t	p
F4F3	AE	.79589	.146257	.365	.716
	IT	.78221	.166330		
F4F4	AE	1.00000	.000000	-	-
	IT	1.00000	.000000		
F4C3	AE	.46115	.257497	.960	.340
	IT	.40268	.251819		
F4C4	AE	.25169	.294474	.036	.971
	IT	.24906	.309746		
F4P3	AE	.38556	.313537	.820	.415
	IT	.33249	.219919		
F4P4	AE	.36133	.272463	.453	.652
	IT	.33263	.257384		
F4O1	AE	.31174	.265467	1.646	.104
	IT	.21254	.238007		
F4O2	AE	.13181	.276223	.773	.442
	IT	.08581	.218471		

AE: Actual Exercise, IT: Imagine Training

서비스 수행 방식에 따른 우측 전두엽의 대뇌 네트워킹을 분석한 결과, 실제 운동수행과 이미지트레이닝 방식에 따른 우측 전두엽의 대뇌 네트워킹은 차이가 없는 것으로 나타났다.

3) 서비스 수행 방식에 따른 좌측 운동영역의 대뇌 네트워킹 차이

표 5. 서비스 수행 방식에 따른 좌측 운동영역의 대뇌 네트워킹 차이

측정 부위	수행방법	M	SD	t	p
C3F3	AE	.50850	.264769	.516	.610
	IT	.47538	.275491		
C3F4	AE	.46115	.257497	.960	.340
	IT	.40268	.251819		
C3C3	AE	1.00000	.000000	-	-
	IT	1.00000	.000000		
C3C4	AE	.25703	.318734	.944	.349
	IT	.18897	.283734		
C3P3	AE	.60354	.265429	.740	.462
	IT	.55744	.255696		
C3P4	AE	.43822	.270046	.438	.663
	IT	.41077	.254559		
C3O1	AE	.54526	.181622	3.993	.000
	IT	.35697	.211739		
C3O2	AE	.54635	.172066	3.514	.001
	IT	.38339	.213737		

AE: Actual Exercise, IT: Imagine Training

서비스 수행 방식에 따른 좌측 운동영역의 대뇌 네트워킹을 분석한 결과, 실제 운동수행과 이미지트레이닝 방식에 따른 좌측 운동영역(C3)과 시각적 정보처리를 담당하는 후두엽(O1, O2) 간 네트워킹에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 좌측 운동영역(C3)과 좌측 후두엽(O1) 간 실제 운동수행(M=.54526, SD=.181622)이 이미지트레이닝(M=.35697, SD=.211739) 보다 높은 네트워킹이 일어나는 것을 확인할 수 있다. 또한 좌측 운동영역(C3)과 우측 후두엽(O2) 간에서도 실

제 운동수행(M=.54635, SD=.172066)이 이미지트레이닝(M=.38339, SD=.213737) 보다 더 높은 네트워킹이 일어나는 것을 확인할 수 있다.

4) 서비스 수행 방식에 따른 우측 운동영역의 대뇌 네트워킹 차이

표 6. 서비스 수행 방식에 따른 우측 운동영역의 대뇌 네트워킹 차이

측정 부위	수행방법	M	SD	t	p
C4F3	AE	.13863	.251254	.969	.336
	IT	.08421	.217520		
C4F4	AE	.25169	.294474	.036	.971
	IT	.24906	.309746		
C4C3	AE	.25703	.318734	.944	.349
	IT	.18897	.283734		
C4C4	AE	1.00000	.000000	-	-
	IT	1.00000	.000000		
C4P3	AE	.26084	.301678	.411	.682
	IT	.23228	.278878		
C4P4	AE	.30500	.335505	.568	.572
	IT	.26004	.326545		
C4O1	AE	.38385	.169816	1.247	.217
	IT	.33761	.138882		
C4O2	AE	.51452	.154485	3.184	.002
	IT	.40239	.139832		

AE: Actual Exercise, IT: Imagine Training

서비스 수행 방식에 따른 우측 운동영역(C4)의 대뇌 네트워킹을 분석한 결과, 실제 운동수행과 이미지트레이닝 방식에 따른 우측 운동영역(C4)과 시각적 정보처리를 담당하는 우측 후두엽(O2) 간 네트워킹에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 우측 운동영역(C4)과 우측 후두엽(O2) 간에서 실제 운동수행(M=.51452, SD=.154485)이 이미지트레이닝(M=.40239, SD=.139832) 보다 더 높은 네트워킹이 일어나는 것을 확인할 수 있다.

5) 서비스 수행 방식에 따른 좌측 두정엽의 대뇌 네트워킹 차이

표 7. 서비스 수행 방식에 따른 좌측 두정엽의 대뇌 네트워킹 차이

측정 부위	수행방법	M	SD	t	p
P3F3	AE	.43205	.238956	.372	.711
	IT	.41199	.211601		
P3F4	AE	.38556	.313537	.820	.415
	IT	.33249	.219919		
P3C3	AE	.60354	.265429	.740	.462
	IT	.55744	.255696		
P3C4	AE	.26084	.301678	.411	.682
	IT	.23228	.278878		
P3P3	AE	1.00000	.000000	-	-
	IT	1.00000	.000000		
P3P4	AE	.50890	.241298	.571	.570
	IT	.47862	.200362		
P3O1	AE	.52199	.206256	.271	.788
	IT	.50843	.213031		
P3O2	AE	.38221	.259085	1.825	.072
	IT	.28074	.202693		

AE: Actual Exercise, IT: Imagine Training

서비스 수행 방식에 따른 좌측 두정엽의 대뇌 네트워킹을 분석한 결과, 실제 운동수행과 이미지트레이닝 방식에 따른 좌측 두정엽의 대뇌 네트워킹은 차이가 없는 것으로 나타났다.

6) 서비스 수행 방식에 따른 우측 두정엽의 대뇌 네트워킹 차이

표 8. 서비스 수행 방식에 따른 우측 두정엽의 대뇌 네트워킹 차이

측정 부위	수행방법	M	SD	t	p
P3F3	AE	.43205	.238956	.372	.711
	IT	.41199	.211601		
P3F4	AE	.38556	.313537	.820	.415
	IT	.33249	.219919		
P3C3	AE	.60354	.265429	.740	.462
	IT	.55744	.255696		
P3C4	AE	.26084	.301678	.411	.682
	IT	.23228	.278878		
P3P3	AE	1.00000	.000000	-	-
	IT	1.00000	.000000		
P3P4	AE	.50890	.241298	.571	.570
	IT	.47862	.200362		
P3O1	AE	.52199	.206256	.271	.788
	IT	.50843	.213031		
P3O2	AE	.38221	.259085	1.825	.072
	IT	.28074	.202693		

AE: Actual Exercise, IT: Imagine Training

서비스 수행 방식에 따른 우측 두정엽의 대뇌 네트워킹을 분석한 결과, 실제 운동수행과 이미지트레이닝 방식에 따른 우측 두정엽의 대뇌 네트워킹은 차이가 없는 것으로 나타났다.

7) 서비스 수행 방식에 따른 좌측 후두엽의 대뇌 네트워킹 차이

표 9. 서비스 수행 방식에 따른 좌측 후두엽의 대뇌 네트워킹 차이

측정 부위	수행방법	M	SD	t	p
O1F3	AE	.22090	.266223	.764	.448
	IT	.17363	.251398		
O1F4	AE	.31174	.265467	1.646	.104
	IT	.21254	.238007		
O1C3	AE	.54526	.181622	3.993	.000
	IT	.35697	.211739		
O1C4	AE	.38385	.169816	1.247	.217
	IT	.33761	.138882		
O1P3	AE	.52199	.206256	.271	.788
	IT	.50843	.213031		
O1P4	AE	.41293	.242715	.201	.841
	IT	.40202	.210491		
O1O1	AE	1.00000	.000000	-	-
	IT	1.00000	.000000		
O1O2	AE	.52179	.290549	1.248	.216
	IT	.43668	.280103		

AE: Actual Exercise, IT: Imagine Training

서비스 수행 방식에 따른 좌측 후두엽(O1)의 대뇌 네트워킹을 분석한 결과, 실제 운동수행과 이미지트레이닝 방식에 따른 좌측 후두엽(O1)과 좌측 운동영역(C3) 간의 네트워킹에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 좌측 후두엽(O1)과 좌측 운

동영역(C3) 간에서 실제 운동수행(M=.54526, SD=.181622)이 이미지트레이닝(M=.35697, SD=.211739)보다 더 높은 네트워킹이 일어나는 것을 확인할 수 있다.

8) 서비스 수행 방식에 따른 우측 후두엽의 대뇌 네트워킹 차이

표 10. 서비스 수행 방식에 따른 좌측 후두엽의 대뇌 네트워킹 차이

측정 부위	수행방법	M	SD	t	p
O2F3	AE	.23616	.280378	.233	.817
	IT	.22031	.289055		
O2F4	AE	.13181	.276223	.773	.442
	IT	.08581	.218471		
O2C3	AE	.54635	.172066	3.514	.001
	IT	.38339	.213737		
O2C4	AE	.51452	.154485	3.184	.002
	IT	.40239	.139832		
O2P3	AE	.38221	.259085	1.825	.072
	IT	.28074	.202693		
O2P4	AE	.47450	.254851	.929	.356
	IT	.41968	.238855		
O2O1	AE	.52179	.290549	1.248	.216
	IT	.43668	.280103		
O2O2	AE	1.00000	.000000	-	-
	IT	1.00000	.000000		

AE: Actual Exercise, IT: Imagine Training

배드민턴 서비스 수행 방식에 따른 우측 후두엽(O2)의 네트워킹을 분석한 결과, 실제 운동수행과 이미지트레이닝 방식에 따른 우측 후두엽(O2)과 운동영역(C3, C4) 간 네트워킹에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 우측 후두엽(O2)과 좌측 운동영역(C3) 간 실제 운동수행(M=.54635, SD=.172066)이 이미지트레이닝(M=.38339, SD=.213737)보다 높은 네트워킹이 일어나는 것을 확인할 수 있다. 또한 우측 후두엽(O2)과 우측 운동영역(C4) 간에서도 실제 운동수행(M=.51452, SD=.154485)이 이미지트레이닝(M=.40239, SD=.139832)보다 더 높은 네트워킹이 일어나는 것을 확인할 수 있다.

3. 뇌파신호를 이용한 이미지트레이닝 평가지표

본 연구에서 수행한 결과를 종합해보면, 이미지트레이닝은 실제 운동수행 시의 뇌 활성과 매우 유사한 패턴을 가지는 것으로 사료된다. 그 이유는 <표 11>과 같이 동일한 운동과제에 대한 뇌파신호의 반응 패턴에서 시각적 정보처리를 담당하는 후두엽에서의 진폭과 잡재기를 제외한 다른 영역에서의 뇌파신호 진폭과 잡재기가 유사한 것으로 나타난 것과 함께 대뇌 네트워킹에서도 운동영역과 후두엽에서의 차이를 제외한 모든 대뇌 영역 간 유사한 네트워킹 활성을 보여 실제 수행에서의 이러한 뇌파 패턴을 알 수 있다면, 이미지트레이닝 훈련 시 실제 수행장면을 시각화 한 것과 그러지 못하고 있음을 판별하는 기준이 될 수 있음을 의미한다.

표 11. 뇌파신호를 이용한 이미지트레이닝 평가지표

평가기준		실제 수행과 이미지트레이닝 뇌파신호 유사성	
사건유발전위 (ERP)	진폭	Fz	○
		Cz	○
		Pz	○
		O1	×
사건유발전위 (ERP)	잡재기	Fz	○
		Cz	○
		Pz	○
		O1	×
대뇌 네트워킹(BMP)		F3	○
		F4	○
		C3	×
		C4	×
		P3	○
		P4	○
		O1	×
		O2	×

Ⅳ. 논의

본 연구에서 수행한 실제 운동수행과 이미지트레이닝의 ERP와 BMP를 이용한 뇌파신호를 분석한 결과를 토대로 향후 다양한 종목에서 신체적 활동 범위나 강도가 작은 기술들을 대상으로 확장하여 보다 명확한 이미지트레이닝 훈련 수준을 평가하고 선수 맞춤형 이미지트레이닝 훈련 단계 및 방안을 개발할 수 있을 것이라는 가설을 설정하였다. 이를 토대로 선수들의 경기력 향상을 위한 심리기술훈련을 담당하는 스포츠심리 전문가들의 현장적용에 도움을 줄 수 있는 정보를 제공하고자 연구를 진행하였으며, 도출한 결과를 종합적으로 논하고자 한다.

본 연구에서는 배드민턴 서비스를 수행하는 과정에 대한 실제 수행과 심상 수행 시 진폭과 잡재기 모두 시각적 정보처리와 관련 있는 O1에서 통계적 유의한 차이가 발생하는 것으로 나타났으나 Fz, Cz, Pz에서는 유사성을 가지는 것으로 나타났다. 또한, 실제 수행과 이미지 트레이닝 시의 대뇌 네트워킹을 비교 분석한 결과, 시각적 정보처리를 담당하는 후두엽(O1, O2)과 운동감각 영역의 운동영역(C3, C4) 간 통계적 유의한 네트워킹이 형성되고 있음을 확인할 수 있었다.

이러한 결과는 골프 퍼팅 기술을 감각적 심상시 뇌의 사상관련전위 반응을 연구한 김진구(1998)는 시각과 언어적 정보를 제공한 감각적 심상과 무연관 심상, 일반적인 심상을 하는 동안 뇌의 사상관련 전위를 분석한 결과 감각적 심상을 할 때 더 높은 활성 패턴을 보인다고 하였으며, 김태호, 박상범 및 하준호(2009)의 연구에서도 골프 퍼팅에 대한 운동심상과 활동관찰 시 뇌 활성 패턴 차이를 분석한 결과, 퍼팅하는 과제를 눈을 뜨거나 감을 때 보다 실제 퍼팅을 수행하는 장면을 관찰이 운동심상에 비해 상대적으로 활발한 인지적 정보처리활동을 유도하여 기능학습을 보다 효과적으로 촉진한다고 연구결과를 지지한다.

또한, 실제 운동수행과 이미지트레이닝 간 뇌파 활성 패턴을 분석한 결과, 좌측 운동영역(C3)과 후두엽(O1, O2), 우측 운동

영역(C4)과 우측 후두엽(O2) 간 네트워크 활성화에 있어 실제 운동수행과 이미지트레이닝 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 대학생을 대상으로 동작 관찰 훈련과 이미지 트레이닝 간 뇌파 활성도를 조사한 양병일 및 박형기(2018)는 운동영역 C3, C4에서 시각과 청각적 자극이 주어진 손 조작 동작관찰 훈련이 눈을 감은 이미지 트레이닝 훈련 보다 뇌파 활성도가 높다고 하였으며, 실제적 동작의 관찰이 이미지 트레이닝 보다 더 많은 시각적 피드백을 제공하기에 뇌 활성화에서 차이가 나타날 수 있음을 제시한 선행연구를 지지한다.

우리의 뇌는 일반적으로 우측 뇌 반구는 시공간 능력과 상상력을 담당하고 좌측 뇌 반구는 언어 능력과 논리적, 분석적 역할을 담당한다(김재요, 2015; 양병일 및 박형기, 2018). 또한 대뇌피질은 국제화(Brain Localization)를 준거로 영역 별 기능이 나뉘어진다. 전두엽(F3, F4)은 생각과 계획, 생각과 판단에 따른 몸 움직임의 인지적 기능을 담당하며, 두정엽(P3, P4)은 감각 정보 통합 기능을 담당한다. 다음으로 측두엽(T3, T4)은 청각과 언어 기능을 담당하며, 운동영역(C3, C4)은 시각피질과 협응하여 인식된 정보를 바탕으로 행동을 조절하는 기능을 한다. 마지막으로 후두엽(O1, O2)은 시지각의 처리와 시각 인식 기능을 담당한다(김재요, 2015; 양병일 및 박형기, 2018).

이러한 대뇌피질의 반구성과 영역 별 기능을 종합적으로 해석해보면 실제 운동수행과 이미지 트레이닝 간 뇌파 활성화의 유사성은 거울신경세포(Mirror Neuron)를 근거로 해석할 수 있다. 뇌 과학에서 입증한 거울신경세포는 특정한 움직임을 학습자(관찰자)가 움직임(동작)을 모방하려는 데서 발생하는 뇌 세포들 간의 시냅스 현상으로 실제 수행과 유사한 움직임을 시각화하고자 하는 이미지 트레이닝에서도 실제 운동수행과 동일한 뇌 활성화 패턴을 가질 수 있음을 의미한다.

이처럼 선행연구들의 결과를 종합해 볼 때, 실제 운동수행에 가까운 이미지트레이닝이 일어나는 경우 시각적 정보처리를 담당하는 후두엽에서의 뇌파 활성화는 실제 수행보다 낮은 활성을 가지는 반면, 운동 감각과 인지적 정보를 담당하는 전두엽과 운동감각 영역에서는 유사한 뇌파 활성화 패턴을 보인다는 것으로 해석할 수 있으며, 실제 수행과 이미지 트레이닝 간 시각적 정보는 차이는 존재하나 과제를 수행하는 동안의 운동감각과 인지적 영역을 담당하는 뇌 영역은 유사한 뇌 활성화 패턴을 가진다는 것이다. 이는 숙달된 이미지 트레이닝은 실제 수행과 유사한 기능적, 학습적 효과를 가질 수 있음을 시사한다.

V. 결론 및 제언

실제 운동수행을 할 때와 머릿속으로 운동수행 장면을 시연하는 이미지트레이닝 할 때의 사건유발전위(ERP)와 대뇌 네트워크(BMP)의 유사성을 규명하는데 연구의 목적이 있다. 이는 선수 개인의 이미지트레이닝 적용에 있어 숙련 단계와 그에 따른 효과적인 적용 방법을 제공하는데 의의를 가진다.

이러한 연구목적에 달성하고자 배드민턴 선수 35명을 대상으로 배드민턴 기술 중 신체적 움직임이 가장 적고 폐쇄성 기술 특성의 서비스(service)로 셔틀콕과 라켓을 든 상태에서 서비스를 넣기 위한 준비 자세에서 서비스를 넣기 위해 라켓이 움직이기 시작하는 직전까지의 뇌파 신호를 추출하여 분석에 사용하였다.

배드민턴의 서비스 기술에 대한 실제 운동수행과 이미지트레이닝 시의 유사성을 검증하기 위한 자료분석 방법으로 독립 t 검정을 실시하였으며, 분석결과에 대한 유의성 기준은 $p < .05$ 로 하였다.

뇌파신호를 활용하여 실제 운동수행과 이미지트레이닝의 차이를 검증한 결과, 동일한 운동과제에 대한 뇌파신호의 반응 패턴에서 시각적 정보처리를 담당하는 후두엽에서의 진폭과 잠재기를 제외한 다른 영역에서의 뇌파신호 진폭과 잠재기가 유사한 것으로 나타난 것과 함께 대뇌 네트워크에서도 운동영역과 후두엽에서의 차이를 제외한 모든 대뇌 영역 간 유사한 네트워크 활성을 가지고 있음이 확인되었다. 따라서, 이미지트레이닝은 시각적 정보처리를 담당하는 후두엽을 제외한 다른 대뇌 영역에서는 실제 운동수행과 유사한 뇌파 활성화 패턴이 발현되고 있음을 제시한다.

참고문헌

- 김기웅, 장국진(2009). **운동학습 심리학**. 보경문화사: 서울.
- 김병준(2008). 스포츠 과학: 메달 색깔을 바꾸는 심리훈련의 방법. **스포츠과학**, 104, 55-62.
- 김재요(2015). **배드민턴 선수의 공명이론 기반 뇌기능조절 심리전략기법의 효과검증**. 미간행 박사학위논문. 안동대학교 대학원.
- 김재요(2019). 엘리트스포츠 지도자들의 대뇌 네트워크와 직무스트레스, 직무탈진의 관계: 브레인 맵핑 분석. **한국체육과학회지**, 28(3), 239-255.
- 김진구(2003). P300 사건관련전위를 통한 대뇌의 피칭운동 연계성 분석. **한국스포츠심리학회지**, 14(2), 145-158.
- 김태호, 박상범, 하준호(2009). 골프퍼팅에 대한 운동심상과 활동관찰시의 뇌 활성화 패턴 차이. **한국체육학회지**, 48(3), 157-165.
- 디지털타임스(2012). [디지털 산책] 이미지트레이닝의 힘. http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2012080902012251697034, 2012, 08, 08.
- 박준모, 예수영, 남기곤, 전계록(2007). Bispectrum 분석을 이용한 마취 심도 평가 지표 개발. **의공학회지**, 28(6), 750-755.
- 박지윤. (2014). 시각유발전위. **대한안신경의학회지**, 4(1), 27-32.
- 신명진, 이용현(2009). 남고 테니스 선수의 심리기술훈련 효과검증: 사례연구. **한국스포츠심리학회지**, 20(3), 73-88.
- 심준영(2021). 노인의 악력, 우울, 주관적기억감퇴 및 뇌파의 인지

- 감퇴 지표와의 관계. **한국웰니스학회지**, 16(4), 255-261.
- 안창식(2010). 대학 골프선수의 등속성 근력 트레이닝과 심상 훈련이 경기력에 미치는 효과. **한국체육측정평가학회지**, 12(3), 91-101.
- 양병일, 박형기(2018). 동작관찰 훈련과 운동 상상훈련이 뇌 활성화 상태에 미치는 효과. **대한신경치료학회지**, 22(3), 7-10.
- 예수영, 백승완, 김재형, 박준모, 전계록(2009). 뇌파 스펙트럼 분석에 의한 마취 심도 지표 개발. **의공학회지**, 30(4), 327-332.
- 예수영, 엄상희(2015). 뇌파신호의 바이스펙트럼 Coherence 와 DFA 알고리즘을 이용한 마취단계 분석. **한국정보통신학회 논문지**, 19(6), 1471-1476.
- 우민정, 김진구, 정상택(2001). 투수의 볼 배합에 따른 타자의 시각유발전위 변화. **한국스포츠심리학회지**, 12(2), 25-37.
- 이명선, 박세운(2011). 육상 투척선수의 심리기술훈련 적용 효과. **한국스포츠심리학회지**, 22(2), 77-92.
- 이인혜(1997). **정신생리학**, 학지사.
- 이창영, 이수경, 송주호(2008). 현장사례연구: 이미지 트레이닝이 아이스하키 선수들의 슛팅과 페널티 샷에 미치는 영향. **체육과학연구**, 19(4), 204-213.
- 이효정(2008). **치매노인의 인지, 시공간감각, 실행과 Brain Mapping에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 대구대학교 대학원.
- 임태희(2013). 심리기술훈련이 2012 런던올림픽 태권도 국가대표 선수의 경기력에 미치는 영향. **체육과학연구**, 24(2), 384-399.
- 전자신문(2018). 김재관 GIST 교수팀, 마취 상태 혈액흐름·의식변화 관찰기법 개발. <https://www.etnews.com/20180620000213>, 2018, 06, 20.
- 정성현, 김유나(2015). 배드민턴 국가대표 후보 선수의 심상훈련 적용에 따른 경쟁상태불안, 심리기술, 뇌파활성의 차이. **코칭능력개발지**, 17(3), 47-56.
- 허정훈, 박용범(2010). 멘탈 코칭을 위한 주니어 골프선수의 심리상담과 훈련 사례 연구. **코칭능력개발지**, 12(4), 127-138.
- Greenspan, M. J., & Feltsz, D. L. (1989). Psychological interventions with athletes on competitive situations. *The Sport Psychologist*, 3, 219-236.
- Misulis, K. E., & Fakhoury, T. (2001). *Auditory evoked potentials interpretation*. Spehlmann's Evoked Potential Primer.
- Orlick, T., & Patington, J.(1988). mental links to excellence, *The Sport Psychologist*, 2, 105-130.
- Ungerleider, S., & Golding, J. M. (1991). Mental practice among Olympic athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 72, 1007-1017.

