

# 과훈련에 따른 선수의 인지정보처리와 정서변화에 대한 문헌 고찰: P300, EEG 대뇌반구비대칭 연구를 중심으로

하태호, 김진구, 김성운  
경북대학교 체육교육학과

## A review on Cognitive Information Processing and Emotional Changes of Athletes by Overtraining: P300, EEG Cerebral Hemispheric Asymmetry

Tae-Ho Ha, Jin-Gu Kim, Sung-Woon Kim  
Dept. of Physical education, Kyungpook National University

요 약 본 연구는 과훈련에 따른 선수의 인지정보처리와 정서변화에 관련된 국내외 문헌들을 고찰하여 과훈련 시 유발되는 신체적 피로감이 어떻게 선수들의 인지정보처리와 정서변화에 미치는 영향을 신경생리학적으로 연구할 필요성을 제시하고, 스포츠 현장에서 활동하고 있는 선수와 코치들에게 뇌 생리적 관점에서 과훈련 증상에 대한 이해를 높일 수 있는 기초자료를 제공하는데 있다. 전자데이터베이스를 이용하여 최근 20년간 발행된 국내의 학술자료 및 연구보고서 등을 검토하였으며, 검색된 학술 문헌 중 본 연구의 목적에 부합되는 문헌들을 중심으로 검토하였다. 검토한 문헌을 바탕으로 과훈련에 따른 선수의 인지정보처리와 정서변화에 대하여 검토한 결과, 신체의 피로감이 과훈련을 통해 누적되어 운동수행 저하뿐만 아니라 선수들의 인지 및 정서적 능력 측면에서도 문제가 발생할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 그리고 ERP를 이용한 P300의 진폭과 잠재기 및 EEG를 이용한 대뇌반구비대칭 차이지표를 이용한 접근은 과훈련이 인지정보처리과정과 정서적 변화에 미치는 효과를 뇌생리심리적으로 이해시킬 수 있는 새로운 연구방법의 가능성도 확인하였다.

주제어 : 과훈련, 인지정보처리, 정서, 피로, 사건관련전위, 전두대뇌반구비대칭 차이지표

**Abstract** The purpose of this study was to review the effects of the physical fatigue induced by overtraining on cognitive information processing and emotional change of athletes by neurophysiologic study. And to provide basic data for the athletes and coaches in the sports field to improve understanding of the overtraining symptoms from the brain physiological point of view. We reviewed the domestic and international academic materials and research reports published in the last 20 years using electronic databases and examined the literature that is consistent with the purpose of this study among the retrieved documents. Based on the reviewed literature, we examined the cognitive information processing and emotional change of the athlete according to the training, and overtraining can accumulate the fatigue of the body, which can cause severe side effects in terms of cognitive ability and emotional ability of athletes as well as deterioration of performance. The study using P300 and EEG cerebral hemispheric asymmetry difference indices also confirmed the possibility of a new approach to understand psychological and physiological effects of overtraining on information processing and emotional changes.

**Key Words** : Overtraining, Cognitive information processing, Emotion, Fatigue, Event related potential, Eeg cerebral hemisphere asymmetry

\* 본 논문은 하태호의 박사논문 일부를 수정 보완한 것으로, 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 학술연구비에 의하여 지원되었음 - (NRF-2014S1A5B5A07041814)

Received 2 July 2017, Revised 1 August 2017  
Accepted 20 August 2017, Published 28 August 2017  
Corresponding Author: Sung Woon Kim  
(Kyungpook National University)  
Email: centhope@hanmail.net

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

오늘날 스포츠는 승패의 결과, 상대와의 경쟁, 그리고 기록에의 도전 때문에 지도자와 운동선수들은 경기력을 향상시키기 위하여 신체적, 생리적, 그리고 심리적인 상태를 고려하지 않고 과도한 훈련을 통해 운동수행능력의 한계를 극복하려 하고 있다[1,2,3,4,5]. 과훈련(over-training)이란 운동에 대한 조절과 적응기능을 위한 자극 즉, 일종의 훈련부하로 장기간 너무 강하게 연습을 하여 선수들이 적응을 못하고, 트레이닝에 의한 스트레스와 회복기간의 불균형으로 인한 선수의 인지정보처리의 지연과 정서장애 유발로 운동수행력이 감소되는 것을 지칭한다[6,7,8,9,10]. 하지만 과훈련을 충분한 회복기간이 없이 지속적으로 하면 선수의 체력적, 생리적, 및 심리적 적응성이 약화되어 오히려 탈진(burnout)과 같은 역효과를 초래할 수 있다고 연구자들은 주장한다[7,11,12,13]. 선수가 탈진을 경험하게 되면 경기력의 저하가 발생되고, 지속되는 탈진경험은 운동참여 거부뿐만 아니라 심지어 운동중단 및 수면장애 등 과훈련 증후군 증상을 경험한다고 주장하고 있다[12,13]. 한편 탈진으로 인한 심리적 증상으로 극도의 무력감, 부정적인 태도 및 우울, 분노, 고독감 등의 증상이 나타나고, 결국 이러한 탈진 증상들은 선수들의 건강과 심리적 안녕감에 매우 부정적인 영향을 미치게 된다[7,8]. 이와 같이 과훈련은 긍정적 기능보다 부정적 기능이 많다. 특히 반복되고 지속되는 고강도훈련은 선수의 피로감을 급격히 유발시키고, 발생된 피로감은 선수의 집중력 감소를 유발시켜 스포츠 상황에서의 의사결정에 부정적인 영향을 미친다. 김진구[7]는 운동과제 수행 시 과훈련으로 인한 피로는 선수들의 의사결정과 같은 인지기능에 부정적인 영향을 미쳤다고 주장했다. 그리고 다른 연구자들도 인간의 인지정보처리 과정에 과훈련이 부정적 영향을 미칠 수 있다고 주장했다[12,14]. Fery, Ferry, Hofe, & Rieu[15]는 피로한 상태에서 인지기능을 측정한 결과 피로가 참여자의 의사결정 반응시간에 영향을 미친다고 주장했다. 또한 Issacs & Pohlman[16]은 운동 강도가 높아질수록 타이밍 적응률은 떨어졌다고 보고하였다. 최근 연구자들[12,14]은 뇌의 신경전기적 처리과정에 단기간의 고강도 운동이 중요한 영향을 미친다고 주장하고 있다. 그리고 과훈련을 실시한 후 사건관련전위로 권투선수들의 정보처리 현상을 연

구한 김진구[7]의 연구결과에서도 고강도 훈련이 P300의 잠재기와 진폭에 영향을 주는 것으로 나타났다. 이와 같이 뇌기능 특히 정보처리 과정과 운동에 관한 연구들[7,12,14]을 종합해 볼 때, 운동선수의 인지정보처리에 과도한 운동이 부정적인 영향을 미칠 가능성이 높다. 그러므로 과훈련 시 유발되는 육체적 피로감이 어떻게 인간의 인지적 정보처리과정에 영향을 미칠 수 있는지 그 기전을 밝히는 것은 매우 중요하다.

그리고 많은 선수들은 지속적인 과훈련으로 인하여 면역기능저하, 체중감소, 정서불안정, 운동의욕상실 등 자신의 운동수행에 심각한 문제가 발생할 수 있는 부정적 경험하는 것으로 나타났다[17]. 특히 장기적인 측면에서 볼 때, 과훈련은 심리적인 측면뿐만 아니라 경기력 저하에서도 심각한 부작용을 일으킬 수 있다[5,7,18,19,20]. 하지만 과훈련으로 나타나는 여러 현상을 단순히 심리적, 사회적 접근으로 이해하고 해석하기엔 부족한 점이 많다고 생각한다. 그러므로 새로운 관점인 뇌 과학적 측면에서 과훈련 증후군 현상을 연구하여 뇌생리심리적 기전이나 관련성을 밝히는 것은 매우 중요하다. 최근 인간의 정서적 뇌 정보처리과정에 운동이 미치는 영향을 알아본 연구에서 운동에 따른 정서적 반응과 휴식 시 전두엽 대뇌반구비대칭차이지표 간 관계에서 밀접한 관련성이 있다고 주장했다[21,22,23]. 높은 강도인  $VO_{2max}$  75% [23]와  $VO_{2max}$  70% [22], 체력이 소진될 때까지 달리기[21] 등에서는 EEG 대뇌반구비대칭지표가 운동 후 나타나는 정서적 반응들을 예측할 수 있었다. 그리고 운동지속시간과 EEG 대뇌반구비대칭 변화에 따른 정서연구에서 45분의 운동시간[23]과 40분의 운동시간[24]은 운동참여자들의 부정적 정서를 유발시킬 수 있다고 주장했다. 이처럼 정서, 운동, 그리고 뇌기능 간 관계를 살펴본 선행연구들의 결과로 추론해 볼 때, 운동 지속시간과 강도는 인간의 정서 상태에 중요한 영향을 줄 가능성이 높다는 것을 알 수 있다. 그러므로 과훈련 시 유발되는 육체적 피로감이 어떻게 인간의 정서적 정보처리과정에 영향을 미칠 수 있는지 그 기전을 밝히는 것은 매우 중요하다고 판단된다.

하지만 과훈련이 경기력향상에 도움이 된다고 주장하지만[25], 선수들과 지도자들은 과훈련이 장기적인 측면에서는 육체의 피로감을 누적시켜 운동수행 저하뿐만 아니라 선수들의 정서 및 인지에 부정적 영향을 일으킬 수

있다고 연구자들은 주장한다[5,7,18,19,20]. 하지만 과훈련이 선수들의 인지 및 정서에 심각한 부작용이 발생할 수 있지만 이를 뇌 과학적 접근을 통해 연구한 예는 아직 많이 부족하다.

따라서 본 연구에서는 과훈련에 따른 선수의 인지정보처리와 정서변화에 관련된 국내·외 문헌들을 고찰하여 과훈련 시 유발되는 신체적 피로감이 선수들의 인지정보처리와 정서변화에 어떤 영향을 미치는지 뇌신경생리학적으로 연구할 필요성을 제시하고, 스포츠 현장에서 활동하고 있는 선수와 코치들에게 뇌 생리적 관점에서 과훈련 증상에 대한 이해를 높일 수 있는 기초자료를 제공하는데 있다.

## 2. 연구방법

본 연구는 문헌고찰 중심의 서술적 연구로서 과훈련에 따른 선수의 인지정보처리와 정서변화들을 중심으로 고찰하였다. 최근 20년 간 발행된 국내 학술자료는 RISS, DBpia, KISS 등의 전자데이터베이스를 이용하였고, 국외학술자료는 ScienceDirect, PubMed, EBSCOhost 등의 전자데이터베이스를 이용하여 검색하였다. 검색어로는 과훈련(overtraining), 피로(fatigue), 인지정보처리(cognitive information processing), 사건관련전위(event related potential), 정서(emotion), EEG대뇌반구비대칭(eeg cerebral hemisphere asymmetry) 등의 중심단어를 사용하였다. 검색된 문헌 중 본 연구의 목적에 부합되는 문헌들(학술논문 65편)을 중심으로 검토하였다.

## 3. 연구결과

### 3.1 과훈련과 운동수행

과훈련(overtraining)이란 훈련에 의한 스트레스와 회복 간의 불균형으로 인한 피로가 누적된 상황을 의미하며, 운동에 대한 조절과 적응기능을 위한 자극으로 점진적인 부하를 증가시켜 인체에 스트레스를 가하는 과정을 의미한다[26]. 그래서 과훈련 상황에서의 훈련의 양과 강도는 물론 불충분한 휴식도 선수들의 경기력에 영향을 준다. 이러한 과훈련이 장기간 지속되어 나타나는 신체

적, 생리적, 심리적 증상을 포괄적으로 과훈련증후군(overtraining syndrome)이라고 한다[27,28]. 과훈련 증후군은 높은 강도로 운동을 무리하게 하고 적절한 회복을 하지 못할 경우 나타나는데, 만성적 피로상태에 빠져 운동능력이 떨어진 상태이기 때문에 선수들이 휴식을 하더라도 운동수행력이 향상되지 않는 상태를 말한다[26]. 특히 훈련과정에서 선수들의 신체적 특징과 개인차를 고려하지 않은 채 훈련량이 증가되는 것은 좋지 않다. 어떤 종목에서는 우수한 선수들이 계속되는 훈련으로 피로가 누적되어 올림픽과 같은 중요한 대회에 출전하지 못하는 경우도 있으며, 매년 똑같이 최상의 훈련 프로그램을 유지하면서도 전년도의 성적을 내지 못하는 경우도 있다. 이러한 선수들은 종종 ‘힘들고 무리한 경기 후 회복하지 못하는 것, 연속적으로 훈련을 수행하지 못하는 것, 그리고 만성적 피로의 증상’으로 설명되는 장기적 무력감을 경험하며, 이러한 운동수행 감소와 관련된 ‘무기력함’은 훈련에 참여한 선수들도 적응하지 못할 정도의 과도한 트레이닝 부하 증대가 과훈련 상황을 만들 수 있다고 보고되고 있다[29]. 지속적인 과훈련은 대뇌의 정보처리과정에도 영향을 미치고 있음을 밝혀지고 있다[7,12,14]. 하지만 아직까지 스포츠 현장의 스포츠 지도자와 선수들은 강도 높은 훈련만이 운동 수행능력을 극대화시키고, 경기력 향상의 목표를 성공적으로 달성하기 위한 수단이라고 아직까지 폭 넓게 받아들이고 있는 실정이다.

### 3.2 운동피로와 운동수행

피로(fatigue)는 작업을 할 때 작업의 능률이 저하되는 상태를 말하며, 항상성의 혼란이 일어나는 상태뿐만 아니라 대뇌피질의 제지작용이 일어나는 상태이다. 즉, 반복되고 연속적인 정신적·육체적 작업에 동반해서 발생하는 심신기능의 저하상태를 말한다. 운동에 의해 발생하는 피로의 주된 원인을 살펴보면 에너지원의 고갈과 근육의 피로물질 축적을 들 수 있으며 또한 신경조절 기능의 실조와 생체 내의 항상성 파괴 등을 들 수 있다. 운동으로 발생한 피로에 중요하게 영향을 미치는 피로유발물질인 젖산탈수소효소, 젖산, 암모니아는 에너지 대사과정을 바탕으로 피로양상 분석의 지표와 생리적인 운동능력의 지표로 선수들의 트레이닝 효과분석, 경기력 향상, 운동 강도조절 기준치와 과도한 트레이닝 정도로 이용되고 있다. 만약 과도한 훈련이 지속적으로 계속 된다면 장

기적인 피로와 무기력함은 운동수행의 악화를 가져 오고, 장기적인 질병에 선수들이 더욱 민감해 질 것이다.

전반적으로 운동 중에는 일시적 혹은 계속적으로 산소가 부족한 상태에 놓이게 되므로 근육 수축 시 필연적으로 젖산을 만들어 낸다. 근육 중에 젖산이 많이 쌓이게 되면 글리코겐이 젖산으로 되는 대사과정마저 저지되어 글리코겐이 에너지원으로써 이용되지 않아 결국 근육축력을 상실하게 되어 근육에 힘이 없게 되며 피로를 많이 느끼게 한다. 근육을 산소가 부족한 상태에서 자극하면 회복과정이 느려지기 때문에 그만큼 빨리 피로감을 느끼게 되는 것이다. Hancock & McNaughton[30]은 피로를 유발시키는 운동수행은 스포츠 상황에서의 의사결정력과 같은 심리적 과정에 영향을 미친다고 보고하였다. 그리고 Gonzalez-Alonso, Calbert, & Nielsen[31]은 운동선수의 수행력 감소와 조기피로의 원인을 살펴본 결과, 대사 작용의 변화, 고체온의 변화, 및 심혈관계의 불안정적인 이상과 관계가 있음을 밝혔다. Gonzalez et al.[32]은 운동 시 최대산소섭취량의 60% 강도에서 근육 온도와 심부 온도가 상승하면서 피로가 발생한다고 보고하고 있다. 이와 같이 운동수행 중 선수들의 피로물질이 축적 되는 것은 운동 형태, 시간, 강도, 환경에 따라 다양한 변화를 가져온다. 그리고 근육작용의 적절한 타이밍과 협응 동작을 들 수 있는데 운동피로는 동작시간의 지연과 반응시간의 지연을 초래할 수 있다. 그리고 지구성 운동종목에 참여한 선수들이 시합 중 피로 누적으로 경기력에 직접 영향을 미치게 된다.

### 3.3 ERP와 운동수행

최근 운동수행에 따른 인간의 정보처리 연구에 심리적 요인의 다양한 차이를 과학적이고 객관적인 자료 분석을 위해 뇌파분석을 활용하고 있다. 특히 특정한 정보를 내포하고 있는 자극을 제시한 다음 그 자극에 대한 반응으로써 나타나는 뇌의 전기적 활동을 감지하는 사건관련전위가 있다. 사건관련전위 중 P300은 양(positive)의 전압으로 자극이 시작된 후 300-600ms에 의사결정 또는 범주화, 대뇌의 자극평가, 인지적 과정속도와 같은 반응에 대한 인지과정을 반영하는 동시에 다양하고 복잡한 행동 변인을 밝히는 지시등 같은 역할을 한다[35]. 사건관련전위의 P300 구성요소는 인지과제 수행 시 자극변별 속도를 나타내는 P300의 잠재기와 특정 뇌 영역의 주의

할당(allocation of attentional resource) 정도를 나타내는 P300의 진폭을 통해 인지과정에 대한 중요한 정보를 제공하여 준다[36]. 인간의 뇌 정보처리과정에 운동이 미치는 영향을 알아본 연구를 살펴보면, Kamijo et al. [37]은 고강도 운동이 낮은 강도의 운동 시 보다 P300 진폭이 낮게 나타났다고 보고했다. Polich & Lardon[35]은 고강도의 장기간의 운동이 P300 진폭에 영향을 줘 뇌의 신경전기적 처리과정에 많은 영향을 미친다고 보고했다. 그리고 김진구[7]도 권투선수들을 대상으로 과훈련 후 P300 잠재기가 길어진 것으로 나타나 과훈련이 인지정보처리과정에 부정적 영향을 미친다고 주장하였다. 그리고 Grego et al. [38]은 사이클 선수들을 대상으로 장시간(3시간)의 사이클링 동안 P300의 잠재기와 진폭의 변화를 알아본 결과, P300의 잠재기가 운동 2시간 후에 증가하는 것으로 보고하였다. 이것은 고강도의 장기간의 신체적 운동을 하는 동안 반응에 대한 인지기능에 미치는 전기적 대뇌피질 지표에 중추신경의 각성 및 피로가 복합되어 부정적 영향력을 미친다는 것을 보여주는 것이다.

### 3.4 EEG 대뇌반구비대칭 차이지표와 운동수행

운동과 정서변화 반응에 대한 EEG 대뇌반구비대칭 차이지표를 이용한 연구들은 운동 후 정서 반응이 뇌(brain)에서 어떻게 발생하는지를 전두엽 영역의 활성화 정도로 예측하였다[39,40,41,42,43,44]. EEG 대뇌반구 비대칭의 측정값은 우측 대뇌반구의 log alpha power density (log R)와 좌측 대뇌반구의 log alpha power density (log L)의 차이(log R-log L)에 의해 계산된다. 알파 파워(Alpha power)는 활성화도와 반비례 관계를 갖기 때문에 이 차이지표 점수에서 음수(-)는 상대적으로 우반구 활성화가 높게 나타났다는 것을 보여주는 것이고, 양수(+)는 상대적으로 좌반구 활성화가 높게 나타났다는 것을 보여주는 것이다. 그리고 0인 경우는 우측 대뇌반구와 좌측 대뇌반구 간의 비대칭성이 없음을 나타낸다. 여기에서 상대적으로 낮아진 EEG 대뇌반구 비대칭 차이지표 점수는 우측 대뇌반구(F4)의 알파 파워가 감소했고, 좌측 대뇌반구(F3)의 알파 파워는 증가되었다고 말할 수 있는데, 이것은 부정적 정서를 반영하는 우측 대뇌반구의 활성화가 증가되었고, 긍정적 정서를 반영하는 좌측 대뇌반구(F3)의 활성화는 감소되었다는 것을 의미한다. 반면 상대적으로 높아진 EEG 대뇌반구 비대칭 차이지표

점수는 우측 대뇌반구의 알파 파워는 증가했고, 좌측 대뇌반구의 알파 파워는 감소되었다고 말할 수 있는데, 이것은 부정적 정서를 조절하는 우측 대뇌반구의 활성화가 줄어들었고, 긍정적 정서를 조절하는 좌측 대뇌반구의 활성화는 증가되었다는 것을 의미한다. 이처럼 전두영역에서의 알파파 비대칭성은 정서자극에 대한 반응성 [45,46]과 정서유형[40,47,48, 49, 50]과 밀접한 관련성이 있다. Davidson[51,52]은 전두영역에서 상대적으로 큰 좌측 대뇌반구의 알파파 활성화는 긍정적인 정서 상태와 관련이 있다고 보고했는데, 예를 들면, 긍정적인 장면 즉, 평화롭고 기뻐하는 모습 등을 볼 때 긍정적 정서가 표출된다는 것이다[51,52, 53,54,55]. 반면 우측 전두영역에서 상대적으로 큰 알파파 활성화는 부정적 정서와 관련이 있는데, 예를 들면, 부정적인 장면 즉, 슬픈 영화감상과 사랑하는 사람의 죽음 등과 같은 부정적 정서를 접하면 강한 부정적 정서가 표출되고 우울증에 빠지기 쉽다는 것이다[53,54,56,57,58, 59]. 운동참여에 따른 EEG 대뇌반구 비대칭을 이용한 정서변화 연구를 살펴보면, 최대산소 섭취량( $VO_2 \max$ ) 70%의 운동 강도로 사이클을 탄 후 뇌파를 측정할 결과, 좌측 대뇌반구 영역의 활성이 증가되어 운동을 마친 후 긍정적 기분의 증가를 예측할 수 있었다[43]. 그리고 대학생들을 대상으로 독서 통제집단과 걷기집단으로 나누어 10분간 독서를 하고, 10분간 야외 걷기를 실시한 후 EEG 대뇌반구 비대칭을 측정할 결과, 상대적으로 강도가 낮고 시간이 짧은 일회성 운동이 긍정적 기분상태를 유발시킬 수 있는 것으로 나타났다[39]. 또한 Oda et al.[44]는 수중운동을 통해 심리적, 심리적 이완에 미치는 효과를 알기 위해 EEG 대뇌반구 비대칭을 측정할 결과, 수중운동을 수행한 후에 좌측 대뇌반구의 전두영역의 알파파는 유의하게 증가했으나, 우측 대뇌반구의 전두영역의 알파파는 감소해 좌측 전두영역의 대뇌반구의 알파파 활성화는 긍정적 기분과 관련이 있다고 주장했다. 이처럼 EEG 대뇌반구 비대칭과 관련된 선행연구를 정리해보면, 전두영역에서의 대뇌반구의 비대칭적 활성화가 긍정적·부정적 정서를 각각 반영하고 있음을 알 수 있다[46,47,48,54,56,60]. 이러한 결과는 EEG 대뇌반구비대칭 차이 지표가 운동 상황의 정서 상태를 측정할 수 있는 객관적인 지표가 될 수 있음을 의미한다.

#### 4. 논의 및 제언

과훈련에 따른 선수의 인지정보처리와 정서변화에 관련된 여러 문헌들을 통하여 과훈련이 육체의 피로감을 누적시켜 운동수행 저하는 물론 선수들의 인지적 능력과 정서적 능력 측면에서도 심각한 부작용을 일으킬 수 있다는 것을 알 수 있었다. 그리고 과훈련이 정보처리과정과 정서적 변화에 미치는 효과를 뇌생리심리적으로 검증시킬 수 있는 새로운 접근방법 P300과 EEG 대뇌반구비대칭 차이 지표의 가능성을 제시하고 있었다.

스포츠 현장의 대부분의 선수들은 과훈련으로 자신의 운동수행 한계를 극복하려고 노력을 한다[6,7,20,25,27,61, 62]. 자신의 능력을 경기결과로 평가받는 지도자들도 지도하는 선수 개인의 생리적, 신체적, 심리적인 상태를 고려하지 않고 과도한 훈련을 시킴으로써 운동수행 향상을 꾀하는 경우가 많다[5,7,26,63]. 그래서 많은 지도자들은 실제 스포츠현장에서 선수들의 경기력 극대화를 시키기 위해서는 훈련량과 비례하는 것으로 인식하여 지나치게 훈련량에 의존하는 경향이 있다[64]. 하지만 이러한 과훈련은 일반적으로 훈련이 너무 길고 강해서 선수들이 적응하기 어렵고 운동의욕 상실, 극한 피로 유발, 및 정서 불안정을 촉발시키며[17], 심지어 심리적 만족감과 행복감을 붕괴시켜 선수의 생명을 단축시킬 수 있다[61,65]. 그러므로 과훈련 시 유발되는 신체적 피로감이 뇌생리심리적인 관점에서 실제 선수들의 정서적 변화 및 인지정보처리과정에 어떤 영향을 미치는지 P300의 진폭과 잠재기 및 EEG 대뇌반구비대칭 차이 지표를 적용할 후속연구가 필요하다고 판단된다. 또한 이러한 연구접근들을 통해 스포츠 현장에서 활동하고 있는 선수와 코치들에게 과훈련 증상에 대한 이해를 뇌 생리심리적 관점에서 높일 수 있는 기초자료를 제공할 수 있을 것이라고 사료된다.

#### ACKNOWLEDGMENTS

This paper is a partial summary and amendment from the doctor's thesis of author (Tae-Ho Ha). And this work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2014S1A5B5A07041814)

## REFERENCES

- [1] Yoon-Shick Park, "The effects of short term overtraining on the mood states of middle school cycle players", *Korea Sport Research*, Vol. 17, No. 2, pp. 141-150, 2006.
- [2] In-Soo Lim, "Analysis of multiple evaluation to marker of overtraining syndrome", *Korean Journal of Physical Education*, Vol. 40, No. 1, pp. 286-300, 2001.
- [3] H. Gustafsson, H-C. Holmberg, & P. Hassmén, "An elite endurance athlete's recovery from underperformance aided by a multidisciplinary sport science support team", *European Journal of Sport Science*, Vol. 8, No. 5, pp. 267-276, 2008.
- [4] L. Main, & R. Grove, "A multi-component assessment model for monitoring training distress among athletes", *European Journal of Sport Science*, Vol. 9, No. 4, pp. 195-202, 2009.
- [5] J. S. Raglin, & G. S. Wilson, "Overtraining in athletes", In Y. L. Hanin (Ed.), *Emotions in sport* (pp. 191-207). Champaign, IL: Human Kinetics, 2000.
- [6] Sung-Woon Kim, Woo-Cheol Kim, & Suk-Lip Choi, "The influences of acute overtraining on the mood states of female university soccer player", *Korean Journal of Physical Education*, Vol. 49, No. 6, pp. 211-223, 2010.
- [7] Jin-Gu Kim, "Event related potentials in response to overtraining and its influences on information processing", *Korean Society of Sport Psychology*, Vol. 16, No. 1, pp. 31-46, 2005.
- [8] Ho-Sang Yoo, "Overtraining and burnout in athletes", *Journal of Coaching Development*, Vol. 6, No. 2, pp. 13-22, 2004.
- [9] D. Gould, & K. Dieffenbach, "Overtraining, under-recovery, and burnout in sport", In M. Kellman (Ed.), *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes* (pp. 25-35). Champaign, IL: Human Kinetics, 2002.
- [10] S. M. Murphy, S. T. Fleck, G. Dudley, & R. Callister, "Psychological and performance concomitants of increased volume training in elite athletes", *Journal of Applied Sport Psychology*, Vol. 2, pp. 34-50, 1990.
- [11] T. B. Hartwig, G. Naughton, & J. Searl, "Load, stress, and recovery in adolescent rugby union players during a competitive season", *Journal of Sports Science*, Vol. 27, No. 10, pp. 1087-1094, 2009.
- [12] C. H. Hillman, E. M. Snook, & G. J. Jerome, "Acute cardiovascular exercise and executive control function", *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 48, No. 3, pp. 307-314, 2003.
- [13] M. Kellmann, "Under recovery and overtraining: Different concept-similar impact?", In M. Kellmann (Ed.), *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes* (pp. 3-24). Champaign, IL: Human Kinetics, 2002.
- [14] M. Magnie, S. Bermon, F. Martin, L. M. Madany, G. Suisse, W. Muhammad, & C. Dolisi, "P300, N400, aerobic fitness, and maximal aerobic exercise", *Psychophysiology*, Vol. 37, No. 3, pp. 369-377, 2000.
- [15] Y. A. Fery, A. Ferry, A. V. Hofe, & M. Rieu, "Effect of physical exhaustion on cognitive functioning", *Perceptual and Motor Skills*, Vol. 84, pp. 291-298, 1997.
- [16] L. D. Issacs, & R. L. Pohlman, "Effects of exercise intensity on an accompanying timing task", *Journal of Human Movement Studies*, Vol. 20, pp. 123-131, 1991.
- [17] Hyeong-Sug Kang, Hyeong-Ju Ha, & Hun-Gi Park, "A study of female athlete Triad", *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*, Vol. 17, No. 2, pp. 19-36, 2003.
- [18] G. Lac, & F. Maso, "Biological markers for the follow-up of athletes throughout the training season", *Pathologie-Biologie*, Vol. 52, No. 1, pp. 43-49, 2004.
- [19] A. Urhausen, & W. Kindermann, "Diagnosis of overtraining. What tools do we have?", *Sports Medicine*, Vol. 32, pp. 95-102, 2002.
- [20] A. L. Uusitalo, "Overtraining: Making a difficult diagnosis and implementing targeted treatment", *The Physician and Sports Medicine*, Vol. 29, No. 5,

- pp. 35-50, 2001.
- [21] E. E. Hall, P. Ekkekakis, & S. J. Petruzzello, "Regional brain activity and strenuous exercise: Predicting affective responses during EEG asymmetry", *Biological Psychology*, Vol. 75, pp. 194-200, 2007.
- [22] S. J. Petruzzello, E. E. Hall, & P. Ekkekakis, "Regional brain activation as a biological marker of responsivity to acute exercise: Influence of fitness", *Psychophysiology*, Vol. 38, pp. 99-106, 2001.
- [23] M. Woo, S. Kim, J. Kim, S. J. Petruzzello, & B. D. Hatfield, "The influence of exercise intensity on frontal electroencephalographic asymmetry and self-reported affect", *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Vol. 81, No. 3, pp. 349-359, 2010.
- [24] Sung-Woon Kim, "Influence of exercise duration on EEG hemispheric asymmetry and emotion", *Korean Society of Sport Psychology*, Vol. 17, No. 2, pp. 105-125, 2006.
- [25] R. Meeusen, M. Duclos, G. Rietjens, J. Steinacker, & A. Urhausen, "Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome", *European Journal of Sport Science*, Vol. 6, pp. 1-14, 2006.
- [26] L. L. Smith, "Overtraining, excessive exercise, and altered immunity", *Sports Medicine*, Vol. 33, No. 5, pp. 347-364, 2003.
- [27] L. T. MacKinnon, "Special feature for the olympics: Effects of exercise on the immune system: Overtraining effects on immunity and performance in athletes", *Immunology and Cell Biology*, Vol. 78, No. 5, pp. 502-509, 2000.
- [28] J. B. Kreher, & J. B. Schwartz, "Overtraining syndrome: a practical guide", *Sports Health*, Vol. 4, No. 2, pp. 128-138, 2012.
- [29] W. Rod, Fly, R. Alan, Morton & K. David, "Overtraining in athletes-an update", *Sport Medicine*, Vol. 12, No. 1, pp. 32-65, 1991.
- [30] S. Hancock, & L. McNaughton, "Effects of fatigue on ability to process visual information by experienced orienteers", *Perceptual and Motor Skills*, Vol. 62, pp. 491-498, 1986.
- [31] J. Gonzalez-Alonso, J. A. L. Calbert, & B. Nielsen, "Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans", *Journal of Physiology*, Vol. 513, pp. 895-905, 1998.
- [32] J. Gonzalez-Alonso, C. Teller, S. L. Anderson, F. B. Jensen, T. Hyldig, & B. Nielsen, "Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat", *Journal of Applied Physiology*, Vol. 86, pp. 1032-1039, 1999.
- [33] L. Main, & R. Grove, "A multi-component assessment model for monitoring training distress among athletes", *European Journal of Sport Science*, Vol. 9, No. 4, pp. 195-202, 2009.
- [34] M. Woo, S. Kim, J. Kim, S. J. Petruzzello, & B. D. Hatfield, "Examining the exercise-affect dose-response relationship: Does duration influence frontal EEG asymmetry?", *International Journal of sychophysiology*, Vol. 72, pp. 166-72, 2009.
- [35] J. Polich, & M. T. Lardon, "P300 and long-term physical exercise", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol. 103, No. 4, pp. 493-498, 1997.
- [36] Min-Jung Woo, "The influence of aerobic capacity on frontally-mediated executive function: an ERP study", *Korean Journal of Physical Education*, Vol. 48, No. 3, pp. 167-177, 2009.
- [37] K. Kamijo, Y. Nishihira, A. Hatta, T. Kaneda, T. Kida, & K. KuroiWa, "Changes in arousal level by differential exercise intensity", *Clinical Neurophysiology*, Vol. 115, pp. 2693-2698, 2004.
- [38] F. Grego, J. M. Vallier, M. Collardeau, S. Bermon, P. Ferrari, M. Candito, P. Bayer, M. N. Magnié, & J. Brisswalter, "Effects of long duration exercise on cognitive function, blood glucose, and counter regulatory hormones in male cyclists", *Neuroscience Letters*, Vol. 364, No. 2, pp. 76-80, 2004.
- [39] E. E. Hall, P. Ekkekakis, L. M. Van Landuyt, & S. J. Petruzzello, "Resting frontal asymmetry predicts self-selected walking speed but affective", *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Vol. 71, No. 1, pp. 74-79, 2000.

- [40] E. E. Hall, & S. J. Petruzzello, "Frontal asymmetry, dispositional affect, and physical activity in older adults", *Journal of Aging and Physical Activity*, Vol. 7, pp. 76-90, 1999.
- [41] S. J. Petruzzello, E. E. Hall, & P. Ekkekakis, "Regional brain activation as a biological marker of affective responsivity to acute exercise: Influence of fitness", *Psychophysiology*, Vol. 71, No. 1, pp. 74-79, 2000.
- [42] S. J. Petruzzello, & D. M. Landers, "State anxiety reduction and exercise: Dose hemispheric activation reflect such changes?", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 26, pp. 1028-1035, 1994.
- [43] S. J. Petruzzello, & A. K. Tate, "Brain activation, affect, and aerobic exercise: An examination of both state-independent & state-dependent relationship", *Psychophysiology*, Vol. 34, pp. 527-533, 1997.
- [44] S. Oda, T. Matsumoto, K. Nakagawa, & K. Moriya, "Relaxation effects in humans of underwater exercise of moderate intensity", *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Vol. 80, No. 4, pp. 253-259, 1999.
- [45] R. J. Davidson, "Cerebral asymmetry and emotion: Conceptual and methodological conundrums", *Cognition and Emotion*, Vol. 7, pp. 115-138, 1993.
- [46] R. J. Davidson, "The functional neuroanatomy of affective style". In R. D. Lane, & L. Nadal (Eds.), *Cognitive neuroscience of emotion*. Oxford: Oxford University Press, 2000a.
- [47] R. J. Davidson, "The neuroscience of affective style", In M. S. Gazzaniga et al., *The new cognitive neurosciences* (2nd ed.). Massachusetts: The MIT Press, 2000b.
- [48] J. B. Henriques, & R. Davidson, "Regional brain electrical asymmetries discriminate between previously depressed and healthy control subjects", *Journal of Abnormal Psychology*, Vol. 99, pp. 22-31, 1991.
- [49] J. B. Henriques, & R. J. Davidson, "Regional brain electrical asymmetries discriminate between previously depressed and healthy control subjects", *Journal of Abnormal Psychology*, Vol. 99, pp. 22-31, 1990.
- [50] A. J. Tomarken, R. J. Davidson, & J. B. Henriques, "Frontal brain asymmetry predicts affective responses to films", *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 59, pp. 791-801, 1990.
- [51] R. J. Davidson, "Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion", *Brain and Cognition*, Vol. 20, pp. 125-151, 1992a.
- [52] R. J. Davidson, "Emotion and affective style: Hemispheric substrates", *Psychological Sciences*, Vol. 3, pp. 3-43, 1992b.
- [53] Hyun-Kab Chang, "Changes in brain activity and stress due to meditation, the brain that moves the mind, and the mind that moves the brain", *The Korean Psychological Association Symposium*, pp. 289-314, 2003.
- [54] B. Kolb, & L. Taylor, "Facial expression, emotion, and hemispheric organization", In R. D. Lane, & L. Nadal (eds.), *Cognitive neuroscience of emotion*. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- [55] R. E. Wheeler, R. J. Davidson, & A. J. Tomarken, "Frontal brain asymmetry and emotional reactivity: A biological substrate of affective style", *Psychophysiology*, Vol. 30, pp. 82-89, 1993.
- [56] R. J. Davidson, "Affective style and affective disorders: Perspectives from affective neuroscience", *Cognition and Emotion*, Vol. 12, No. 3, pp. 307-330, 1998.
- [57] E. Harmon-Jones, & J. Allen, "Behavioral activation sensitivity and resting frontal EEG asymmetry: Covariation of putative indicators related to risk for mood disorders", *Journal of Abnormal Psychology*, Vol. 106, No. 1, pp. 159-163, 1997.
- [58] S. K. Sutton, & R. J. Davidson, "Prefrontal brain asymmetry: A biological substrate of the behavioral approach and inhibition systems", *Psychological Science*, Vol. 8, pp. 204-210, 1997.
- [59] A. J. Tomarken, R. J. Davidson, R. E. Wheeler, & R. C. Doss, "Individual differences in anterior brain asymmetry and fundamental dimensions of



emotion”, *Journal of Perceptual and Sociological Psychology*, Vol. 62, pp. 676-687, 1992.

- [60] B. D. Hatfield, “Exercise and mental health: The mechanisms of exercise-induced psychological states”, In S. Diamant (Ed.). *Psychology of Sports, Exercise, and Fitness: Social and Personal Issues* (pp. 17-49). New York: Hemisphere, 1991.
- [61] Jae-Young Lee, Sang-Tack Chung, Jin-Gu Kim, & An-Su Lee, “The influences of overtraining on the mood states of high school soccer players”, *Korean Society of Sport Psychology*, Vol. 13, No. 3, pp. 157-167, 2002.
- [62] J. H. M. Brooks, C. W. Fuller, S. P. T. Kemp, & D. B. Reddin, “An assessment of training volume in professional rugby union and its impact on the incidence, severity, and nature of match and training injuries”, *Journal of Sports Sciences*, Vol. 26, pp. 863-873, 2008.
- [63] H. Gustafsson, H-C. Holmberg, & P. Hassmén, “An elite endurance athlete’s recovery from underperformance aided by a multidisciplinary sport science support team”, *European Journal of Sport Science*, Vol. 8, No. 5, pp. 267-276, 2008.
- [64] Chan-Ho Park, & Yi-Sub Kwak, “Diagnosis and prevention of the overtraining syndrome”, *Journal of Coaching Development*, Vol. 15, No. 1, pp. 91-97, 2013.
- [65] S. M. Murphy, S. T. Fleck, G. Dudley, & R. Callister, “Psychological and performance concomitants of increased volume training in elite athletes”, *Journal of Applied Sport Psychology*, Vol. 2, pp. 34-50, 1990.

#### 하 태 호(Ha, Tae Ho)



- 2010년 2월 : 계명대학교 체육학과 (체육학석사)
- 2016년 2월 : 경북대학교 체육학과 (이학박사)
- 2002년 5월 ~ 현재 : 하태호유소년 축구클럽 대표
- 관심분야 : 스포츠심리, 축구
- E-Mail : hth7047@hanmail.net

#### 김 진 구(Kim, Jin Gu)



- 1994년 12월 : University of Florida(이학박사)
- 1996년 10월 ~ 현재 : 경북대학교 체육교육학과 교수
- 관심분야 : 스포츠심리학, 뇌 과학
- E-Mail : jgkim@knu.ac.kr

#### 김 성 운(Kim, Sung Woon)



- 2001년 2월 : 경북대학교 체육학과 (체육학석사)
- 2006년 2월 : 경북대학교 체육학과 (이학박사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 경북대학교 체육교육학과 강의교수
- 관심분야 : 스포츠심리, 특수체육
- E-Mail : centhope@hanmail.net