

The Clinical Evaluation between Overtraining Syndrome and Exercise-related Immunity

Seung-Jun Choi², Song-young Park³ and Yi-Sub Kwak^{1*}

¹Department of Physical Education, Dong-Eui University, Busan 614-714, Korea

²Department of Sports and Health Science, Kyung-Sung University, 309 Suyeong-ro, Nam-gu, Busan 608-736, Korea

³Whitaker Cardiovascular Institute, Boston University School of Medicine, USA

Received October 19, 2015 / Revised November 23, 2015 / Accepted November 24, 2015

The present study was performed to analyze and review the physical and immune responses to overtraining syndrome in humans. Overreaching refers to the initial phase of overtraining syndrome and has been known as a physical fatigue which is mainly from metabolic imbalance. It has been known that overtraining also results in a loss of adaptability which may lead to an attenuation of exercise performance, sleeping disorder, central fatigue, neurohormonal changes, difficulty recovery to physical stress, and immunological changes. Additionally, overtraining syndrome is characterized by persistent fatigue, poor performance in sport due to the prolonged and strenuous physical training. Also, previous studies reported that endurance athletes experienced a high incidence of URTI during intense training and the post training. And also, high - performance athletes reported that suppression of cell mediated and anti-body mediated immune function. NK cell numbers were also reduced in the period of overtraining syndrome. Major components of prevention and treatment for the overtraining syndrome are screening, education, and detraining. Furthermore, the combination of these prevention and treatment strategies will be much helpful. Therefore, the current review will be helpful for athletes and individuals who are at the risk of overtraining syndrome.

Key words : Exercise-related immunity, immune responses, immunological changes, overtraining syndrome, strenuous physical training

서 론

스포츠활동에 참여하는 많은 동호인이나 잦은 시합을 앞두고 훈련하는 운동선수들은 해마다 증가하고 있으며, 동호인들과는 달리 엘리트 운동선수들은 경쟁불안 속에서 경기력 향상을 위하여 많은 훈련에 참여하고 있다.

이러한 훈련은 근육량을 증가시키며, 근력, 민첩성 및 순발력 등을 증가 시킬 뿐만이 아니라 기술의 향상과 더불어 운동 수행력을 증가 시키게 된다[31].

훈련방법에 따라서 근육의 양도 증가하는데, 근육량을 증가시키기 위해서는 근육의 입장에서 보면 자신의 한계를 넘어가는 과부하가 이루어져야 하고, 이러한 상태를 오버리칭(overreaching)이라고 한다.

이러한 오버리칭 상태에서는 훈련 중 미세 근육구조의 손상이 일어나지만 충분한 휴식과 단백질을 비롯한 적절한 영양분

의 섭취 시에는 근육의 비대가 일어나게 된다[42].

훈련에 의한 근육량의 증가는 근 질량을 증가 시키고 근 질량의 증가는 운동수행 시 단기간에 상당한 에너지를 발휘할 수 있는 탄수화물의 저장능력 증가와 근섬유 내로의 모세혈관 발달과 미토콘드리아에서의 에너지 생성능력을 증가 시킨다. 아울러 근육량의 증가를 통한 인체의 기초대사량을 증가 시킬 수 있다[4].

하지만 훈련의 부하가 점점 높아지고 훈련의 양이 많아지면 운동선수들이 과 훈련부하를 느끼게 되고 동시에 생체에 많은 피로를 초래하며 오히려 경기력의 저하를 초래하게 된다. 이 시기에는 훈련을 수행함에도 불구하고 운동 수행력의 향상이나 운동기술의 향상보다는 오히려 운동수행력의 정체나 감소가 나타나고 선수들은 과훈련으로 인해 많이 지쳐있고 상당한 스트레스의 경험과 함께 무기력해지게 된다[45].

이러한 상태를 과훈련증후군이라고 한다. 과훈련증후군이란 운동참가자나 운동선수가 경기력 향상을 위해 지나치게 훈련에 참가하거나 잦은 연습경기로 만성적인 피로를 동반하며, 운동수행능력의 감소는 물론 정서 및 심리상태의 변화와 내분비계의 변화를 동시에 수반하며 슬럼프의 주된 원인이 된다.

이 분야에 대해 오랫동안 연구하고 동시에 전문가로 알려진 Mackinnon 그룹[21]에 의하면 과훈련증후군에 대한 증세를

*Corresponding author

Tel : +82-51-890-1546, Fax : +82-51-890-2643

E-mail : ysk2003@deu.ac.kr

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.

우선 운동수행력의 감소라고 하고 있으며, 이 시기에 운동선수들은 고강도 운동 수행 능력을 지속할 수 없으며 운동 시 최대심박수가 감소하게 되며, 생리학적으로는 상당한 기간 동안 피로감을 느끼게 된다. 그리고 최대부하의 운동시 젖산축적의 변화가 나타나게 되는데 젖산축적이 처음 나타나는 시기인 OBLA와 젖산축적이 급격히 증가하는 LT가 더욱 빠르게 나타난다.

그리고 생리학적 변화와 더불어 신경내분비계의 변화도 함께 나타난다고 주장하고 있으며, 수면의 질 감소와 더불어 심리적인 문제도 함께 나타난다고 지적하고 있다[2].

최근 이러한 증상과 더불어 과훈련증후군 시 무기력을 비롯한 운동상해, 상기도 감염, 감기와 같은 면역관련 질환이 함께 나타난다는 연구보고가 있다[17].

이제까지 선행연구들을 분석해보면, 운동은 분명히 면역반응에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다. 다른 많은 변인들 즉, 연령의 변화, 잦은 스트레스, 선천 및 후천적 장애, 일상생활도, 영양상태의 불균형, 비만, 및 질병 등이 면역반응에 영향을 주지만 운동활동이 이러한 변인들과 함께 혹은 단독변인으로 면역반응에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다[3]. 일반적으로 규칙적인 유산소적인 활동은 심혈관 반응에 긍정적인 영향을 주고 동시에 세포매개면역반응과 항체매개면역반응의 증가에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보고된다[17]. 이는 림프구(Lymphocyte)의 증가보다는 림프구의 기능이 증가되었기 때문이다. 아울러 백혈구의 기능 증가도 주된 원인으로 분석된다[23].

아울러 저항운동 역시 면역세포의 반응에 적절한 자극을 주어 면역세포의 기능증가에 영향을 미치며, 특히, 유산소 운동과 저항운동을 복합적으로 동시에 실시할 경우에도 면역반응의 증가가 나타난다는 연구보고들이 있어[15], 오늘날 성인을 비롯한 노인들에게 면역력의 증가를 도모하기 위한 저항운동의 중요성이 강조되고 있다.

하지만 일반인에게 운동의 빈도나 강도가 많아지면 운동스트레스가 증가하게 되고 생체에 무리가 따르게 된다. 이는 운동을 자주 수행하는 동호인이나 엘리트 운동 선수들에게도 흔히 일어나는 증상이다. 이러한 상황이 되면 생체에서 가장 중요한 기전 중 하나인 항상성과 방어기전에 문제가 생기게 되고 아울러 면역세포는 코티졸 호르몬의 영향에 따른 과도한 스트레스를 받게 되어 면역력의 불균형이나 면역감소가 나타나게 된다[24].

실제로 운동을 수행하는 많은 사람들이 과도한 염증을 비롯한 면역력의 불균형이나 알레르기 면역반응을 포함하는 면역력의 감소를 경험한다는 수많은 연구결과들이 있다[17]. 이들의 대부분은 잦은 운동활동으로 인한 감염, 상기도 감염, 천식을 포함하는 호흡기 질환에 관한 것이다[33]. 즉, 과도한 운동을 통해서 상기도 감염이나 운동유발성 천식이 증가한다는 연구이고[17], 과도한 운동과 운동 시준 후에는 동호인이나 운

동선수들이 open window를 경험한다는 것이다.

이는, 과호흡을 통해 유입되는 차가운 공기와 건조한 공기가 주된 이유이고, 무리한 훈련이 초기면역반응에 좋지 않은 영향을 주어 open window를 야기한다는 것이다[16]. 스포츠 과학에서 말하는 open window란 과도한 운동으로 인해 운동 종료 후 일반적으로 48시간 정도의 면역력의 감소가 나타날 수 있는 시기로 이 시기에 적절한 휴식, 영양분의 섭취 및 충분한 수면이 필요하게 된다.

과도한 운동은 이러한 질환뿐만이 아니라 잦은 염증반응과 운동유발성 두드러기, 운동과 온도의 변화에 따른 콜린성두드러기 및 운동유발성 알레르기 질환을 가속화 시키는 것으로 보고되고 있다[39]. 이는 운동자체가 염증반응을 가속화 시키고, 알레르기 면역반응의 환경으로 유도한다는 것이다[39]. 알레르기 면역환경이란 운동 자체가 세포매개면역반응보다는 항체매개면역반응을 활성화 시키고 이는 운동의 환경이 T세포를 성숙시키지만 보조 T 세포가 분화하는 중 Th1 보다는 Th2 세포로의 분화를 가속화 시키고 분화, 증식된 Th2 세포가 항체매개면역반응을 가속화 시킨다는 것이다[20]. 이는 Th2 세포를 활성화하는 사이토카인(cytokine)의 영향으로 알려져 있으며, 생성되는 항체 중에서도 IgE 항체를 과활성화 하는 것으로 보고되고 있다[20]. 따라서 항체매개면역반응이 과도하게 증가되고 상대적으로 세포내의 병원균을 처리하는 세포매개 면역반응이 감소하게 된다.

이러한 기전에 관여되는 것 중의 하나가 활성산소로 알려져 있으며, 이 때 항산화제를 처치하면 알레르기 면역반응이 줄어든다는 연구보고도 있다[17]. 이러한 결과는 저자팀의 여러 선행연구에서도 밝혀졌으며, 운동의 빈도가 길고 강도가 커질수록 알레르기 아나필락시스가 크게 일어난다는 결과를 밝힌 바 있다[17, 18].

최근 음식 알레르기도 운동과 더불어 크게 일어나는 것으로 보고되고 있으며, 알레르기 항원 섭취 후 알러지가 일어나지 않더라도 운동을 지속할 경우 알레르기 아나필락시스가 일어난다는 연결결과들이 있다[18]. 따라서 음식으로 인한 운동유발성 알레르기 아나필락시스를 줄이기 위한 방법으로 알레르기 항원 섭취 후 가급적 운동을 권하지 않거나 운동을 해야 하는 상황이면 섭취 후 최소 4시간이나 상당한 시간이 경과한 후에 운동을 권유하고 있다.

하지만 운동에 종사하는 엘리트운동선수나 동호인들은 동일한 패턴의 동작 반복, 잦은 경쟁스트레스 경험과 신체적인 컨디션이 좋지 않은 상황에서도 과도한 훈련을 수행해야만 한다. 따라서 위에서 언급한 근육 및 근골격 질환, 과도한 오버리칭, 경쟁불안으로 인한 스트레스, 피로회복의 부족 등으로 운동기술의 정체를 비롯한 운동 수행력의 감소는 물론 심리적인 스트레스와 면역반응의 감소를 경험해야만 한다. 따라서 본 연구에서는 과훈련증후군의 원인과 증상 및 치료와 처치에 대해 분석하고 이러한 과훈련증후군과 면역반응과 연관성을

비교 및 분석하여 운동 선수들에게 나타날 수 있는 면역력의 감소를 줄여, 운동수행력 증진은 물론 건강유지와 면역력 회복을 도모하고자 한다.

본 론

과훈련증후군

과훈련증후군이란 운동참가자나 운동선수가 경기력 향상을 위해 지나치게 훈련에 참가하거나 잦은 연습경기로 만성적인 피로를 동반하며, 운동수행능력의 감소는 물론 정서 및 심리상태의 변화와 내분비계의 변화를 동시에 수반하는 것으로 슬럼프의 주된 원인이 된다.

과훈련증후군의 정확한 진단과 처치는 운동선수들과 동호인에게 매우 중요하게 고려되고 있다. 수많은 국가대표선수들과 프로팀 선수들은 시합에서 우승하거나 이기기 위해 코치와 감독의 지시를 포함하는 훈련지침과 생활지침에 따르고 있다. 시즌기간 동안 상당량의 팀훈련과 개인훈련을 소화하고 있는데, 아무리 기술훈련을 포함하는 훈련량을 늘리거나 빈도를 늘이더라도 시합에서 실패하는 경우가 흔히 일어난다. 이러한 이유는 체력부족, 기술부족, 컨디션조절의 실패, 다양한 심리적인 요인 등의 상당히 많은 변인에 의해 좌우되지만 이것이 바로 과훈련증후군과 깊은 연관이 있으며, 과훈련증후군의 조절 실패가 중요한 원인 중 하나로 판단된다.

따라서 선수자신이나 코치 및 감독 등이 선수들과 꾸준한 상담을 통하여 선수들의 기록, 건강상태 및 심리적 요인 등을 분석하여 과훈련증후군을 예방 및 처치하는 것이 매우 중요하다.

이는 선수들이 아닌 일반 운동 동호인에게서도 중요하게 고려되어 진다. 동호인들은 주어진 일과 시간 이외에 특정 운동활동을 꾸준히 하는데 훈련과 연습을 반복하다 보면 특히, 운동부상 중에 과훈련증후군이 나타나며, 이 시기에는 기술의 향상은 기대할 수 없으며, 경기력 감소를 동반한 심리적인 위축도 함께 나타난다.

아울러 이 시기에는 본인이 가지는 운동기술이 잘 나타나지 않는데, 기술적인 측면을 중심으로 과훈련증후군을 분석해 보면 특정종목을 시작한 초심자에게는 과훈련증후군이 잘 나타나지 않으며, 오히려 운동의 재미를 가지고 몰입하는 중급자에게 과훈련증후군이 잘 나타나는 것으로 알려져 있다. 이는 운동중독과도 연관이 있으며, 운동기술의 향상을 기대하기 어려워 오히려 운동을 일정시기 동안 쉬어주는 것이 과훈련증후군 치료에 효험이 있는 것으로 밝혀지고 있다[29].

한편, 상급자도 상대적으로 초급자나 중급자에 비해 심리적인 스트레스나 과훈련증후군을 쉽게 경험하지 않는 것으로 밝혀져 있다[2].

추후 운동동호인을 대상으로 운동 기술을 상급, 중급, 하급으로 구분한 후 운동기술의 정도별 과훈련 증후군의 원인, 중

재, 및 처방에 대한 면밀한 연구가 이루어져야 할 것이다. 상당히 많은 운동참여 동호인들이 과훈련증후군의 위험으로부터 벗어날 수 있을 것으로 기대해 본다.

과훈련증후군과 면역반응의 연관성

과훈련증후군을 경험하는 운동선수들은 지속적으로 심리적인 스트레스와 함께 경쟁불안을 경험하고 있으며, 시합 종료후나 회복기 상당시간 동안 open window를 경험하며, 이 시기에 면역력의 감소와 더불어 초기면역반응에 중요한 역할을 하는 saliva IgA의 감소와 더불어 감기, 바이러스 감염과 같은 상기도 감염을 경험하게 된다. 한편으로 과도한 운동을 하는 동안 상기도를 통한 잦은 차갑고 건조한 공기의 유입으로 폐는 차가와 지고 건조해지므로 이러한 환경을 보호하기 위해 상기도 평활근이 좁아지며 수축되어 숨을 쉬기가 어렵고 기도확보를 위해 빈번한 재치기를 하여 천식현상이 유발된다. 혹은, 과도한 운동을 한 후에 건조한 실내에 있거나 차가운 환경에 노출되면 운동유발성 천식을 경험하게 된다.

이러한 천식이 유발되면, 세포수준에서는 비만세포에서 방출되는 세로토닌과 히스타민이 기도평활근을 수축시키고, 좁아진 기관지로 인해 숨을 몰아 쉬게 되는 악순환을 경험한다. 그리고 점액분비세포에도 부정적인 영향을 미쳐 점액을 과다하게 배출시킨다[43].

이 뿐만이 아니라 다른 화학물질도 분비되어 천식현상을 지속시키고, 호산수, 호중구, 및 호염기구와 같은 염증성 백혈구를 불러일으키고, 나중에 자세하게 논의할 Th1 세포나 suppressor T세포 보다는 Th2 세포를 활성화하고 동시에 항체매개면역반응을 가속화한다[17, 18].

이러한 현상이 운동시 열의변화와 더불어 피부에서 이루어지면 피부의 비만세포가 방출하는 화학물질에 따라 모세혈관의 투과성이 강해지며 빨갛게 부어 오르며, 가려워지는데 이것이 두드러기이다. 선행연구를 검토해보면, 일반적으로 지속되는 운동시 두드러기 현상이 강하게 나타나며, 특히 강한 강도의 운동에 의해 운동유발성 두드러기가 잘 유발되고 이러한 기전 역시 Th2 세포에 의한 것으로 밝혀져 있다[18]. 이와 더불어 운동시 체온의 변화와 피부압박에 의해서도 알레르기 반응이 일어나는데 이러한 반응을 콜린성 두드러기 반응이라고 한다[30].

알레르기반응이 무서운 것은 모세혈관의 투과성이 높아져 체액이 혈관 밖으로 나와 혈압이 급격하게 떨어지는 쇼크를 경험하는 것인데, 이를 아나필락시스 쇼크라고 한다.

이러한 아나필락시스 쇼크도 운동에 따라서 증가하는 것으로 보고되는데, 선행연구를 분석해 보면, 운동의 빈도가 증가할수록 운동의 강도가 증가할수록 아나필락시스가 증가하는 것으로 밝혀졌다[18]. 이를 운동유발성 아나필락시스라고 한다. 이 반응 역시 Th2세포가 Th1 세포나 suppressor T세포보다는 주력하게 작용하기 때문으로 밝혀졌으며, 운동의 환경이

IL-4를 활성화 하여 Th2 세포를 활성화하는 것으로 알려져 있다[18]. 그리고 주목할 점은 운동활동 자체가 비만세포의 탈과립에 대한 역치 수준을 낮추어 준다는 것이다[18]. 따라서 운동이 알레르기 질환을 가속화하게 되는 것이다. 역시 Th2 세포는 IL-4, 5, 6, 10, 13을 활성화하여 B세포가 IgE 항체를 생성하도록 한다. 이러한 이유로 운동은 면역력을 증가 시키는 것으로 알려져 있지만 간헐적이거나 지속되는 운동은 Th1 세포와 Th2 세포의 불균형을 초래하여 항체매개면역반응을 가속화하고 그 결과로 알레르기 면역반응이 잘 유도됨을 알 수 있다. 이러한 면역반응을 조절해주는 suppressor T 세포도 면역반응을 조절해주는 중요한 세포인데, 운동활동이 suppressor T 세포에 어떠한 영향을 주는가에 대해서는 추후 기전적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

그리고 이러한 반응에 활성산소가 연계되어 있다는 연구보고가 있으며, 이러한 결과를 분석해보면 운동이 알레르기 반응과 깊은 연관이 있음을 알 수 있다[18].

이는 음식알레르기와의 연관되며 음식알레젠 섭취 시 발현되는 증상과는 판이한 차이를 보인다. 음식알레르기와는 달리 항원의 음식섭취 후에 음식알레르기가 나타나지 않더라도 운동을 하는 경우 알레르기반응이 나타나는데, 이를 food-dependent exercise-induced anaphylaxis (FDEIA)이라고 한다.

따라서 음식알레르기가 있는 사람은 알레젠 섭취 직후운동하는 것을 권장 하지 않는다.

평소 특정 알레젠에 알레르기 반응이 나타나지 않더라도 과훈련증후군이 있는 경우에는 심리적인 스트레스에 의해 장에서 IgA 항체가 사라지고 나면 알레젠이 혈액으로 유입되어 알레르기 반응이 나타나기도 한다. 따라서 이 시기에는 알레젠 음식의 섭취나 운동의 시기 및 훈련의 양을 잘 조절해야만 한다[27]. 특히, 과훈련증후군에 있는 운동선수들은 섭취하는 음식의 조절, 음식섭취 시기, 훈련의 양과 강도의 조절, 심리적인 상담, 피로회복 등에 관한 사항을 필수적으로 점검해야만 한다. 아울러 잇달아 나타날 수 있는 감기 등을 포함하는 상기도감염과 면역력의 감소, 운동유발성 염증, 천식 및 알레르기 반응 등에 대해서도 면밀한 처치가 요구되어 진다.

더 나아가서 격렬하고 지속적인 운동은 입안을 건조하게 하여 IgA의 감소를 유발하며, 기도의 섬모활동도 억제되게 한다. 결국 과도한 운동은 생체에 초기면역반응의 감소를 유발하게 되고, 지속적인 운동스트레스는 생체에 코티졸과 같은 스트레스 호르몬을 증가 시키며 생체의 면역세포는 코티졸 수용기를 통하여 이러한 스트레스 반응을 받게 되며, 이는 결국 중추면역기능을 조절하는 T 세포의 활성화에 영향을 미쳐 증식과 분화를 억제하게 된다.

이렇듯 과도한 스트레스는 면역력의 감소에 영향을 미치며 [34], 선행연구의 연구결과를 분석하면 과훈련 증후군의 주요 원인 중 하나도 심리학적인 요인인 스트레스와 연관이 되어있

음을 알 수 있다. 따라서 상당한 운동 스트레스를 받고 있는 많은 운동선수들은 스트레스 관리 또한 중요하게 여겨지며 스트레스의 관리가 과훈련증후군의 예방 및 치료와 더불어 면역력의 활성화를 도모할 것으로 기대된다[34].

엘리트 운동선수들은 시합의 승패가 매우 중요하기 때문에 시합시기에 많은 경쟁불안을 가지고 있으며, 지속적인 시합과 트레이닝으로 인해 과부상 및 여러 부위의 많은 운동상해를 경험하며, 종목에 따라서는 식이 영양의 불균형으로 인해 특정 영양소의 결핍과 혹은 반대로 과도한 영양상태를 보이기도 한다.

이러한 영양상태의 불균형이 면역력의 감소를 가지고 오는데, 노화에 따른 면역력이 감소하는 이유가 흉선기능의 감소로 잘 알려져 있지만 영양상태의 불균형도 중요한 원인이 된다. 이렇듯, 운동선수들이나 동호인에게 운동 중 나타나는 영양상태의 불균형이 면역기능의 감소를 초래한다는 연구보고가 있어[10], 추후 지속적인 운동활동에 따른 영양의 불균형이 과훈련증후군이나 알레르기면역반응에 미치는 영향에 관한 면밀한 기전적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이제까지 과훈련증후군에 대한 선행연구를 분석해보면, 엘리트 운동선수의 과훈련증후군 증상에 관한 연구[44], 과훈련증후군의 진단이 어려워 정확한 측정과 진단에 관한 분석연구 [1], 과훈련증후군의 예방, 진단 및 치료에 관한 연구[28], 지구성 운동선수들에게 과훈련증후군에 대한 다각도적 접근 및 적용에 관한 연구[22], 과훈련증후군 선수들에 대한 실제적인 활동지침을 제공하는 연구[19], 여성 운동선수들에 대한 과훈련증후군 분석[5], 오버리칭과 과훈련증후군을 비교 분석하는 연구[13], 과훈련증후군이 스트레스관련 질환이라고 주장하는 연구[32], 과훈련증후군 진단에 대한 산화 스트레스 마커분석에 관한 연구[14], 한 연구는 과훈련증후군의 치료에 있어서 훈련과 휴식의 균형이 중요하며, 평소 기분, 피로, 증상 및 운동 수행력 등을 점검하는 것과 스트레스를 줄이는 것, 적절한 영양을 유지하는 것이 중요하다고 하였다[8].

과훈련증후군과 면역력의 연관성에 관한 연구로는 운동선수들에게 있어 과훈련증후군은 스트레스관련 질환으로서 신경-내분비조절의 문제로 염증반응을 동반하는 질환으로 규정하고 있으며[5], 지속적인 훈련이 림프구와 면역글로블린(IgG), 및 사이토카인의 변화를 초래하고 이러한 변화가 과훈련증후군을 야기하는데 중요한 역할을 한다는 연구[37], 운동선수들에게 과훈련증후군의 악순환을 예방하기 위해서는 미연에 효과적인 모니터링을 통해 관리하는 것이 중요하다는 연구[38], 과훈련증후군이 한, 두가지의 영향에 의한 것이 아니고 생리적인 영향, 심리적인 영향, 및 신경내분비적인 영향 등 복합적인 원인에 의해 유발된다는 연구[35], 과훈련증후군에 대한 정확한 면역학적 진단근거를 밝히고자 하는 연구[26], 아울러 정확한 진단을 하기 위해서는 혈액학적, 생화학적 및 면역학적인 프로파일을 검사해야 한다고 주장하는 연구[36],

이러한 분석 중 사이토카인 프로파일을 분석하는 것이 중요하다고 하는 연구[40], 운동선수들의 면역력증진을 위해 과훈련 증후군의 중재가 중요하다고 하는 연구[11], 과훈련을 하는 동안 타액 IgA의 감소로 인한 상기도감염의 증가가 나타난다고 하는 연구[25], 과훈련증후군이 만성적으로 지속될 경우 부신피로호르몬을 생성하는 신장기능에 문제가 생겨서 스트레스에 대응할 수 있는 능력이 떨어진다는 연구[6], 앞서 언급한 것처럼, 과훈련증후군이 있는 운동선수에게 만성적인 피로와 운동수행력의 감소가 나타난다는 연구[9], 운동선수들에게 오히려 일정기간 휴식을 취하게 하는 것이 과훈련하는 것 보다 과훈련증후군을 예방하고 운동수행력을 증진시킨다고 하는 임상적용에 관한 연구[7], 최근에는 114명의 엘리트 여성 레슬러를 대상으로 8년간 종단연구보고에서 코치나 스포츠과학자들은 단일한 혈액변인으로 오버리칭이나 과훈련증후군을 진단하지 말라고 경고하는 연구[41], 과훈련증후군의 감소된 면역력을 임상적으로 관리하려는 방법을 제시하는 연구[12] 등 수많은 선행연구들이 수행되어져 왔다.

결론

본 연구는 평소 간과되고 있는 부분으로서 운동선수들의 건강관리와 경기력 향상에 중요한 영향을 미치는 과훈련증후군과 면역반응의 연관성을 많은 실험논문과 리뷰연구들을 분석하여 운동 동호인, 운동선수 및 코치나 감독에게 제공하고자 수행되었다. 우선 과훈련증후군의 시대적인 이슈, 정확한 개념과 원인분석을 기반으로 면역반응과의 연관성을 포함하는 알레르기반응과의 관계를 비교 분석하여 제시하였다.

본 연구결과 과훈련증후군은 과도한 훈련, 피로회복의 부재, 운동의 빈도, 강도 및 유형과 깊은 연관이 있으며, 운동선수들의 정신적인 스트레스를 가중화할 뿐만 아니라 영양상태의 불균형과도 깊은 연관이 있으며, 면역력의 감소를 초래하는 것으로 나타났다.

결국 운동유발성 천식, 운동으로 인한 상기도 감염, 운동유발성 두드러기, 및 운동유발성 알레르기질환과 깊은 연관이 있는 것으로 나타나 과훈련증후군의 처치는 운동선수들의 경기력결과 뿐만 아니라 건강상태와도 직결되는 것으로 분석된다. 특히 본 연구에서는 다른 선행연구들과는 달리 과훈련증후군에 대한 정확한 원인분석과 진단근거를 제시함으로써 일선에 있는 코치나 감독 뿐만 아니라 이 분야를 연구하고자 하는 연구자들에게도 다양한 운동에 종사하는 운동선수들을 대상으로 실험적 연구를 수행할 수 있는 연구의 기초자료를 제시하는데 중요하게 여겨질 것으로 판단된다.

References

- Ackel-D'Elia, C., Vancini, R. L., Castelo, A., Nouailhetas, V. L. and Silva, A. C. 2015. Absence of the predisposing factors and signs and symptoms usually associated with overreaching and overtraining in physical fitness centers. *Clinics* **65**, 1161-1166.
- Angeli, A., Minetto, M., Dovio, A. and Paccotti, P. 2004. The overtraining syndrome in athletes: a stress-related disorder. *J. Endocrinol. invest.* **6**, 603-612.
- Apostolopoulos, V., Borkoles, E., Polman, R. and Stojanovska, L. 2014. Physical and immunological aspects of exercise in chronic diseases. *Immunotherapy* **6**, 1145-1157.
- Blundell, J. E., Gibbons, C., Caudwell, P., Finlayson, G. and Hopkins, M. 2015. Appetite control and energy balance: impact of exercise. *Obes. Rev.* **1**, 67-76.
- Brich, K. and George, K. 1999. Overtraining the female athlete. *J. Bodyw. Mov. Ther.* **3**, 24-29.
- Brooks, K. and Carter, J. 2013. Overtraining, exercise, and adrenal insufficiency. *J. Nov. Physiother.* **3**, 1-10.
- Carfangno, D. G. and Hendri, J. C. 3rd. 2014. Overtraining syndrome in the athlete: current clinical practice. *Curr. Sports Med. Rep.* **13**, 45-51.
- Eichner, E. R. 1995. Overtraining: consequences and prevention. *J. Sports Sci.* **13**, 41-48.
- Gremion, G. and Kuntzer, T. 2014. Fatigue and reduction in motor performance in sportspeople or overtraining syndrome. *Rev. Med. Suisse.* **10**, 962-965.
- Guezennec, C. Y. 2004. Overtraining syndrome. *Bull. Acad. Natl. Med.* **188**, 923-930.
- Hackney, A. C. and Koltun, K. J. 2012. The immune system and overtraining in athletes: clinical implications. *Acta. Clin. Croat.* **51**, 633-641.
- Hackney, A. C. 2013. Clinical management of immune-suppression in athletes associated with exercise training: sports medicine considerations. *Acta. Med. Iran.* **51**, 751-756.
- Halson, S. L. and Jeukendrup, A. E. 2004. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med.* **34**, 967-981.
- Hawley, C. J. and Schoene, P. B. 2003. Overtraining syndrome: a guide to diagnosis, treatment, and prevention. *Phys. Sportsmed.* **31**, 25-31.
- He, C. S., Bishop, N. C., Handzik, M. K., Muhamad, A. S. and Gleeson, M. 2014. Sex differences in upper respiratory symptoms prevalence and oral-respiratory mucosal immunity in endurance athletes. *Exerc. Immunol. Rev.* **20**, 8-22.
- Jayasinghe, H., Kopsaftis, Z. and Carson, K. 2015. Asthma bronchiale and exercise-induced bronchoconstriction. *Respiration* **89**, 505-512.
- Jin, C. H., Paik, I. Y., Kwak, Y. S., Jee, Y. S. and Kim, J. Y. 2015. Exhaustive submaximal endurance and resistance exercise induce temporary immunosuppression via physical and oxidative stress. *J. Exerc. Rehabil.* **11**, 198-203.
- Kim, C. W., Figueroa, A., Park, C. H., Kwak, Y. S., Kim, K. B., Seo, D. Y. and Lee, H. R. 2013. Combined effects of food and exercise on anaphylaxis. *Nutr. Res. Pract.* **7**, 347-351.
- Kreher, J. B. and Schwartz, J. B. 2012. Overtraining syndrome: a practical guide. *Sports Health.* **4**, 123-138.
- Lakier Smith, L. 2003. Overtraining, excessive exercise, and

- altered immunity: is this a Thelper-1 versus T helper-2 lymphocyte response? *Sports Med.* **33**, 347-364.
21. Laurel, T. M. 2000. Overtraining effects on immunity and performance in athletes. *Immunol. Cell Biol.* **78**, 502-509.
 22. Le Meur, Y., Hauswirth, C., Natta, F., Couturier, A., Bignet, F. and Vidal, P. P. 2013. A multidisciplinary approach to overreaching detection in endurance trained athletes. *J. Appl. Physiol.* **114**, 411-420.
 23. Lee, H. K., Hwang, I. H., Kim, S. Y. and Pyo, S. Y. 2014. The effect of exercise on prevention of the common cold: a meta-analysis of randomized controlled trial studies. *Kor. J. Fam. Med.* **35**, 119-126.
 24. Li, C. Y., Hsu, G. S., Suzuki, K., Ko, M. H. and Fang, S. H. 2015. Salivary immune Factors, Cortisol and Testosterone Responses in Athletes of a Competitive 5,000m Race. *Chin. J. Physiol.* **58**, 263-269.
 25. Mackinnon, L. T. and Hooper, S. 1994. Mucosal (secretory) immune system responses to exercise of varying intensity and during overtraining. *Int. J. Sports Med.* **3**, 179-183.
 26. Margonis, K., Fatouros, I. G., Jamurtas, M. Z., Nikolaidis, M. G., Douroudos, I., Chatzinikolaou, A., Mitrakou, A., Mastorakos, G., Papassotiropoulos, I., Taxildaris, K. and Kouretas, D. 2007. Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: implications for diagnosis. *Free Radic. Biol. Med.* **43**, 901-910.
 27. Matsuo, H., Yokooji, T. and Taogoshi, T. 2015. Common food allergens and their IgE-binding epitopes. *Allergol. Int.* **64**, 332-343.
 28. Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Gleeson, M., Nieman, D., Raquin, J., Rietjens, G., Steinacker, J. and Urhausen, A. 2013. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome. *Med. Sci. Sports Exerc.* **45**, 186-205.
 29. Michael, G. 2002. Biochemical and immunological markers of over-training. *J. Sports Sci. Med.* **1**, 31-41.
 30. Montgomery, S. L. 2015. Cholinergic urticaria and exercise-induced anaphylaxis. *Curr. Sports Med. Rep.* **14**, 61-63.
 31. Morton, R. W., McGlory, C. and Phillips, S. M. 2015. Nutritional interventions to augment resistance training-induced skeletal muscle hypertrophy. *Front. Physiol.* **6**, 245.
 32. Nicolas, M., Banizette, M. and Millet, G. Y. 2011. Stress and recovery states after a 24 h ultra-marathon race: A one-month follow-up study. *Psychol. Sport Exerc.* **12**, 368-374.
 33. Nieman, D. C. 2000. Is infection risk linked to exercise workload?. *Med. Sci. Sports Exerc.* **32**, 406-411.
 34. Peijie, C., Hongwu, L., Fengpeng, X., Jie, R. and Jie, Z. 2003. Heavy load exercise induced dysfunction of immunity and neuroendocrine responses in rats. *Life Sci.* **72**, 2252-2262.
 35. Purvis, D., Gonsalves, S. and Deuster, P. A. 2010. Physiological and psychological fatigue in extreme conditions: overtraining and elite athletes. *PM R.* **2**, 412-450.
 36. Rowbottom, D. G., Keast, D., Goodman, C. and Morton, A. R. 1995. The hematological, biochemical and immunological profile of athletes suffering from the overtraining syndrome. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* **70**, 502-509.
 37. Sharp, N. C. and Koutedakis, Y. 1992. Sport and the overtraining syndrome: immunological aspects. *Br. Med. Bull.* **48**, 518-533.
 38. Shephard, R. J. 2001. Chronic fatigue syndrome: an update. *Sports Med.* **31**, 167-194.
 39. Silva, D. and Moreira, A. 2015. The role of sports and exercise in allergic disease: drawbacks and benefits. *Expert Rev. Clin. Immunol.* **11**, 993-1003.
 40. Smith, L. L. 2000. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Med. Sci. Sports Exerc.* **32**, 317-331.
 41. Tian, Y., He, Z., Zhao, J., Tao, D., Xu, K., Midgley, A. and McNaughton, L. 2015. An 8-year longitudinal study of overreaching in 114 elite female Chinese wrestlers. *J. Athl. Train.* **50**, 217-223.
 42. Tipton, K. D. and Phillips, S. M. 2013. Dietary protein for muscle hypertrophy. *Nestle Nutr. Inst. Workshop Ser.* **76**, 73-84.
 43. Vuljanko, I. M. and Plavec, D. 2014. Exercise-induced asthma in athletes-a review. *Lijec. Vjesn.* **136**, 339-345.
 44. Winsley, R. and Matos, N. 2011. Overtraining and elite young athletes. *Med. Sport. Sci.* **56**, 97-105.
 45. Zoppi, C. C. and Macedo, D. V. 2008. Overreaching-induced oxidative stress, enhanced HSP72 expression, antioxidant and oxidative enzymes downregulation. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **18**, 67-76.

초록 : 과훈련증후군과 면역반응의 임상적 분석

최승준² · 박승영³ · 곽이섭^{1*}

(¹동의대학교 체육학과, ²경성대학교 스포츠건강학부, ³보스톤 의과대학교 순환기내과)

운동에 종사하는 엘리트 운동선수나 동호인들은 지속적인 같은 동작의 반복, 잦은 경쟁스트레스의 경험, 그리고 신체적인 컨디션이 좋지 않은 상황에서의 과도한 훈련의 요구 때문에 근육, 건, 인대, 염좌 및 골절과 같은 부상을 비롯한 근골격계 질환을 야기한다. 그리고 과도한 오버리칭, 경쟁불안으로 인한 스트레스, 및 피로회복의 부족 등으로 운동기술의 정체를 비롯한 운동수행력의 감소는 물론 심리적인 스트레스와 면역반응의 감소를 경험하게 된다. 따라서 본 연구에서는 과훈련증후군의 원인과 증상 및 치료와 처치에 대해 분석하고 이러한 증후군과 면역반응과 연관성을 비교 및 분석하여 운동 동호인을 비롯한 운동 선수들에게 나타날 수 있는 면역력의 감소를 줄여, 운동수행력의 증진은 물론 건강유지와 면역력 회복을 도모하고자 한다. 본 연구의 목적을 달성하기 위해 본론에서는 과훈련 증후군에 대한 전반적인 내용을 실험연구를 비롯한 관련 연구논문을 중심으로 분석하였고, 아울러 과훈련 증후군과 면역반응 및 알레르기 면역반응과의 연관성에 대해 면밀한 분석을 실시하였다. 본 연구 결과를 토대로 많은 스포츠 현장에서 과훈련증후군에 관한 실험적인 연구와 면역반응 및 알레르기반응과의 연관성 분석을 토대로 한 실험적 연구가 진행되어야 할 것으로 여겨지며, 본 연구가 많은 운동선수들과 동호인들의 건강관리는 물론, 면역력의 증가를 도모하는 데에 도움을 줄 것으로 여겨진다.