

## 운동이 면역력에 미치는 효과분석

<sup>1</sup>동의대학교 레저스포츠학과, <sup>2</sup>연세대학교 체육학과, <sup>3</sup>고려대학교 체육학과

곽이섭 · 진영완<sup>1</sup> · 백일영<sup>2</sup> · 엄상용<sup>3</sup>

## The Analysis of Exercise on the Immune Responses

Yi-Sub Kwak, Young-Wan Jin<sup>1</sup>, Il-Young Paik<sup>2</sup> and Sang-Yong Um<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Leisure and Sport Science, Dong-Eui University, <sup>2</sup>Department of Physical Education, Yonsei University, <sup>3</sup>Department of Physical Education, Korea University

### ABSTRACT

The immune response to any stimulus is complex, requiring coordinated action by several types of cells in a tightly regulated sequence. Thus, a physical stress such as exercise may act at any number of points in the complex sequence of events collectively termed the immune response. Although exercise causes many profound changes in parameters of immune function, the nature and magnitude of such changes rely on several factors including the immune parameters of interest; type, intensity, and duration of exercise; fitness level or exercise history of the subject; environmental factors such as ambient temperature and humidity. Although regular moderate exercise appears to be important factor for increasing immunity, Athletes are susceptible to illness, in particular upper respiratory track infection, during periods of intense training and after competition. In addition, in elite athletes, frequent illness is associated with overtraining syndrome, a neuroendocrine disorder resulting from excessive training. Through this paper, we want to investigate the effects of exercise on the immunosuppression such as exercise induced lymphopenia, asthma, anaphylaxis, URT (upper respiratory track), and TB (tuberculosis) infection. and also, we want to suggest a direct mechanism, protection and therapy of exercise induced immunosuppression. (**Immune Network 2005;5(2):117-123**)

**Key Words:** Immune function, lymphopenia, anaphylaxis, URT (upper respiratory track), TB (tuberculosis) infection

### 서 론

연령, 영양상태, 운동과 같은 신체적 스트레스, 신체장애, 고지혈증 및 비만을 포함하는 성인병 등 인체의 면역력에 영향을 미치는 요인들은 무수히 많다(1-4). 이 중 운동은 일상생활과 밀접한 연관이 있고, 스트레스와도 관련되어 면역력에 상당한 영향력을 주는 것으로 보고되고 있어(4), 운동 생리학을 하는 학자들이 관심을 갖는 분야 중 하나로 알려져 있다. 간단히 요약하면, 규칙적이고 고도 개인에 맞는 과학적인 운동 방법은 면역력에 긍정적인 영향력을 주고, 불규칙적이며 상당히 장시간 지속

하는 일회성의 운동은 오히려 면역력의 감소를 가져와 인체에 유해한 영향력을 미친다는 것이다. 이 두 가지 가설에 대한 근거는 다음과 같다. 우선 긍정적인 영향력을 미친다는 가설은 규칙적인 운동이 긍정적인 스트레스로 작용하여, 백혈구, 대식세포, 림프구 등의 활성을 유도하는 세포매개 면역반응의 향상과 항체의 생성을 유도하는 항체매개 면역반응과 같은 적응성 면역반응(adaptive immune response)을 향상시킨다는 것이다(5). 이 중 림프구는 전체적인 면역반응을 담당하는 것으로 알려져 흔히 면역체계에서 지휘자로 비유되는데, 특히 규칙적인 운동은 이러한 림프구 수의 증식뿐만 아니라 특정 자극에 대해 반응하는 반응력을 증가시켜 림프구의 기능을 좋게 한다는 점에서 주목받고 있다. 한편, 운동이 인체의 면역력에 유해한 영향을 미친다는 이론적 근거로는, 불규칙적이고 장시간 지속하는 일회성 운

책임저자 : 곽이섭, 동의대학교 레저스포츠학과  
☎ 614-714, 부산시 부산진구 가야동 산 24번지  
Tel: 051-890-2213, Fax: 051-890-2643  
E-mail: ysk2003@deu.ac.kr

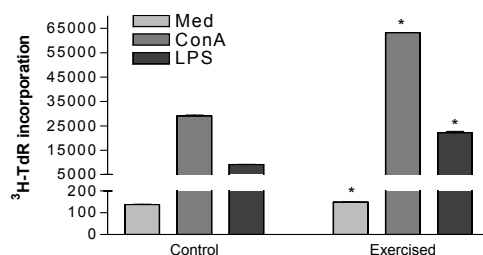
동이 림프구의 증식반응을 억제할 뿐만 아니라 운동으로 유발되는 염증반응을 더욱 가중시키고(6), 천식과 알레르기 반응과 같은 과민 면역반응을 야기하며(7), 상기도 감염을 포함하는 감염 발병률을 증가시키고, 세포 내에서 많은 양의 활성산소를 발생시켜, 세포사를 촉진시킨다는 것이다(4). 이 두 가지 가설 모두 서두에서 언급한 변인들과 개인의 체력상태 및 사용된 운동 방법의 차이 등에 따라서 다르게 나타나는 것으로 알려져 있다(5). 물론 대부분의 운동이 여러 가지 면에서 인체의 면역력에 유익한 효과를 미치는 것으로 알려져 있지만, 적은 부분이나마 운동이 인체의 면역력에 유해한 영향을 미치는 것에 대한 이론적 근거를 충분히 이해할 때, 면역력 증진을 위한 효과적인 운동방법을 선택할 수 있고, 개인이 운동을 해야 할 건강상태를 잘 파악할 수 있어, 운동시 야기 될 수 있는 운동 유발성 면역억제 및 관련 질병에 적게 노출될 수 있다고 생각한다. 인체는 온도나 습도 등을 고려해 볼 때, 균체나 바이러스 및 세균 등이 성장하기에 좋은 장소라고 할 수 있으므로(8) 영양상태가 부족하거나 준비운동이 되지 않은 상태에서 일회성의 운동을 장시간 무리하게 수행하면 오히려 면역력의 감소를 일으키게 된다(2,9). 또한 일반인이 여가 시간을 선용하여, 꾸준히 수행하는 운동형태가 아니라, 항상 경쟁불안을 가지며, 무리한 트레이닝과 시험을 반복하는 운동 선수들은 운동에 의한 면역력의 억제를 쉽게 경험할 가능성이 있으므로(10,11), 과학적인 트레이닝 방법, 운동 전 적절한 영양상태의 유지, 운동 전, 중 및 후의 글루타민과 탄수화물이 풍부하게 함유된 음료의 섭취, 충분한 휴식 등은 선수들의 건강관리는 물론 면역력의 억제를 예방할 수 있는 지름길이라고 할 수 있다. 따라서 본 연구의 목적은 운동과 면역에 대한 최근 연구들을 기초로 하여 이 분야를 연구하고자 하는 운동 생리학자들과 감독 및 코치들에게 운동이 인체에 미치는 영향 중 운동을 통하여 일어날 수 있는 면역력 억제에 관한 내용을 체계적으로 정리하여 유익한 정보를 제공하는데 있다.

## 본 론

**운동이 림프구의 감소에 미치는 영향.** 인체에서 일어나는 면역반응은 크게 초기면역반응과 적응성 면역반응으로 구분할 수 있다. 초기면역반응은 주로 몸의 표면을 보호하는 것, 즉 피부, 위액, 기도의 섬모작용, 각종 분비물 및 점막에서 일어나는 반응으로 적응성 면역반응과는 상관없이 일어나며, 적응성 면역반응이 일어나기 전 선두 방어체제로서의 역할을 한다. 이 반응에는 주로 자연살 세포, 백혈구, 면역글로불린 중 IgA 등이 작용을 하여 선두방어 및 식균작용을 담당한다(12,13). 하지만 적응성 면역반응은 초기면역반응과는 구분되는 것으로 특이성과 기억 및 다양성을 가지고 있으며, 이 반응에는

주로 T 림프구와 B 림프구가 담당하게 된다(14). 이 중 T 림프구는 세포매개 면역반응의 행동세포이며, 면역반응의 주된 조절세포로 작용하는데, 이 때 B 림프구, 단핵구, 대식세포, 랑게르한스 세포와 같은 항원제공세포의 도움을 받는 것으로 알려져 있다(8). 그리고 B 림프구는 항체매개 면역반응의 행동분자인 항체를 생성하는 세포로 표면에 B 세포 수용체를 가지고 있어, 항원분자가 B 세포 수용체에 결합되면, B 림프구는 활성화되고 증식되어 항체를 분비하는 형질세포로 분화된다. 이처럼 림프구는 세포매개 면역반응과 항체매개 면역반응을 포함하는 적응성 면역반응을 조절하는 중추적인 세포이며, 수행되는 운동의 형태나 강도 및 영양상태에 따라서 다르게 나타난다(15,16). 일반적으로 1주 혹은 2주 정도 단기간의 적절한 강도 운동은 림프구의 증식반응에 영향력이 없지만, 2개월 이상의 장기간 규칙적인 운동은 림프구의 수와 기능을 증가시키는 등 림프구를 활성화시키는 것으로 알려져 있다(17). Fig. 1에서 보는 바와 같이 실험동물을 대상으로 하여 운동처치 후 림프구의 증식반응을 살펴본 실험에서 비장 림프구를 배양한 후 일반 배지와 T 세포를 증식시키는 ConA 및 B 세포를 증식시키는 LPS를 각각 자극하였을 경우, 통제군에 대하여 수영 훈련군에서 T 세포와 B 세포가 2배 이상 현저하게 증가한다는 사실을 알 수 있었다.

하지만 일회성의 강하고도 격렬한 운동은 다른 면역세포들의 변화도 야기하지만 특히, 림프구의 감소를 유도하고 T 림프구와 B 림프구의 증식반응을 감소시키는 것으로 알려져 있다(2,4,18). 일반적으로 운동 시 일어나는 림프구의 감소는 격렬한 운동 후 3시간 정도 지속되고, 6시간 이내에 회복되는 것으로 알려져 있다. 일회성의 강한 운동 후 일어나는 림프구의 감소에 관한 연구는 마우스 모델에서 더욱 명확히 밝혀지는데, 최근 BALB/c 마우스를 대상으로 사전 준비운동 없이 2시간 동안 강제수영을 시킨 후, 비장에서 림프구를 분리 및 배양한 후



**Figure 1.** The change of lymphocytes proliferation following the regular swimming training. \*Correlation is significant at the .05 level.

T 세포 자극자 concanavalin A와 B 세포 자극자 lipopolysaccharide로 자극 하였을 경우, 통제군에 비해서 운동 스트레스 군의 림프구 증식이 현저하게 감소하는 것으로 나타났다(19).

또한 운동 스트레스 군에서 코티솔과 카테콜아민 호르몬의 수치가 높게 나타나 운동이 상당한 스트레스로 작용했다는 것을 알 수 있었으며, 통제군에 비해 운동 스트레스 군에서 상대적으로 높게 나타난 활성산소가 이러한 사실을 잘 설명해준다고 본다(4). 이 뿐 아니라 강하고도 격렬한 운동은 세포매개 면역반응에서 항원제공세포에 들어온 항원을 처리하여 T 림프구에 표현하는 역할을 하는 MHC II (major histocompatibility complex II)의 발현을 현저하게 감소시키는 것으로 나타났으며, 이 또한 증가된 코티솔 호르몬의 수치와 연관이 있다는 사실이 밝혀졌다(20,21).

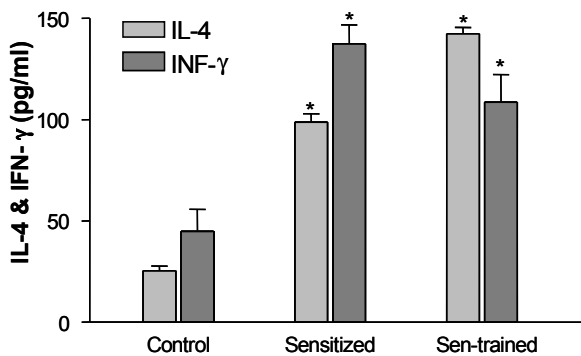
일회성의 고강도 운동에서 뿐만이 아니라, 피험자들에 따라서도 림프구의 변화는 다르게 나타나는데, 엘리트 운동선수들은 분명, 일반인이나 일반 운동군에 비하여 높은 심리적 스트레스뿐만이 아니라 상당한 양의 경쟁 및 트레이닝 스트레스로 인해 신경 내분비 작용에 의하여 림프구가 감소되는 것으로 알려져 있다(12,22). 이들은 림프구의 감소뿐만이 아니라 운동을 통한 타액의 IgA 수준의 감소와 같은 초기면역반응 또한 감소되어 있고(12), 결과적으로 상기도 감염률이 일반인이나 적절한 강도의 운동 군에 비하여 현저하게 증가하였다(23). 이 반응 역시 영양상태와 밀접한 연관이 있으므로, 운동 시 적정량의 트레이닝 강도 조절과 스트레스관리 및 탄수화물이나 글루타민의 투여에 의한 영양학적관리는 운동하는 그룹의 림프구 변화에 중요하게 작용될 것으로 여겨진다(9).

**운동과 천식 및 알레르기 질환.** 수행하는 운동종목, 트레이닝의 강도와 빈도, 운동 환경 및 개인의 신체 관리에 따라 다르게 나타나지만 운동이 천식을 유발한다는 사실은 더 이상 새로운 내용이 아니다. 운동을 통한 천식현상은 수분간의 급격한 운동 수행 후 호흡기의 장애를 나타내는 현상으로 알려지는데, 이러한 상황은 운동 후에 일어나는 기도 수축현상으로 잘 설명된다. 운동을 하지 않는 경우, 정상인과 별 차이를 보이지 않지만, 운동을 마치고 쉴 때에 기관지가 좁아져 호흡이 곤란하게 된다. 이런 증상은 운동의 강도와 환경에 따라서 크게 좌우되지만 일반적으로 운동 종료 후 5~10분 후에 가장 심하게 나타나며, 단 6분간의 운동만으로도 이런 증세가 나타날 수 있다(24). 운동 유발성 천식은 천식환자의 90%가 이러한 증상을 나타내고 있으며, 알러지 환자의 35~40%, 운동선수의 3~11% 이상이 이러한 증상을 나타낸다는 보고가 있었다(25,26). 일반적으로 운동의 강도가 증가할수록, 운동 유발성 천식이 증가되는 현상을 보이

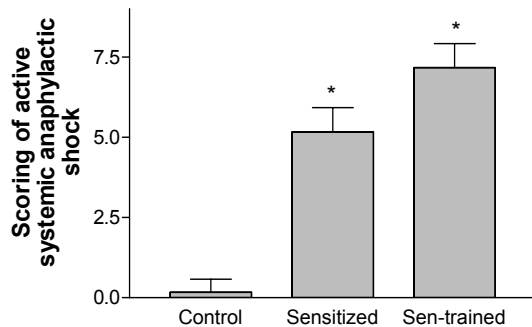
는데, 운동 시 심한 기침을 하거나, 호흡이 곤란하거나 숨을 헐떡거리거나 하는 현상 등으로 나타난다(24). 운동 유발성 천식에 대한 병리학적인 기전은 주로 차가운 공기, 담배연기나 디젤 배기가스(27)와 같은 물질 흡입으로 인해 기도 감염과 과민반응에 의한 질환으로 특징 지워지며, 또한 운동을 하는 동안 낮 시간 동안 받는 상당량의 오존이 호흡기 감염과 기관지 수축을 일으키는 원인 중 하나이다(25,28).

운동 유발성 천식을 진단하는 대표적인 방법으로는 스파이로메트리라이저를 이용하여 1초간 강제 호기량(forced expiratory volume in one seconds: FEV1)을 측정하는 방법과 운동 유발성 메타콜린 측정법이 있는데, 일반적으로 운동 유발성 천식환자는 FEV1 값이 현저하게 떨어지게 되고 운동 후 메타콜린 반응에서 양성으로 나타난다. 운동으로 인한 천식현상은 여성에 비해 남성에게서, 여름보다도 겨울에 잘 나타나며, 어린이들에게도 흔히 발생하는 경우가 많다. 특히, 천식어린이는 친구에 비해 운동능력이 떨어져 심리적인 열등감을 가질 수 있으므로 일선에 있는 체육교사는 운동 유발성 천식에 대한 충분한 이해와 적절한 대처방법이 요구된다고 할 수 있다.

Inman(29)은 운동 중 과호흡이 100%의 포화된 공기를 배출할 수 없고, 폐에서 열과 수분을 잃게 되는, 동시에 기관지 수축을 유발하여(30), 폐에서의 비만세포를 과다 분비하게 되고, 과다하게 분비된 비만세포에서 나오는 히스타민이 알레르기 반응을 유도한다고 밝혀 운동 유발성 천식과 운동 유발성 알레르기 반응의 연관성을 제시하고 있다. 운동 유발성 알레르기 반응은 운동으로 인해 발생하는 과민면역반응의 하나로서 운동 유발성 알레르기 쇼크로 잘 알려져 있는데(7), 이는 운동으로 인한 과민면역반응으로서 정상적인 면역반응이 아니라 Th0 형태의 세포가 분화할 때, Th1과 Th2로의 균형이 무너져 Th2쪽으로 치우쳐진 림프구의 성장을 보이는 특징이 있다. 이러한 운동 유발성 알레르기 쇼크는 운동이 Th2 싸이토카인의 증식을 유도하는 것이 원인으로 밝혀졌다(31). 최근 이러한 운동 유발성 알레르기 쇼크 반응이 음식과도 밀접한 연관성을 보여 알러젠이 되는 특정음식과 운동이 알레르기 쇼크사를 증가시킨다는 연구가 보고되어 관심이 주목되고 있다(32). 본 연구에서는 운동이 알레르기 쇼크사를 증가시킨다는 주장을 밝히는 것으로, 이 연구에서도 운동이 림프구의 증가와 증식을 유도하여 몸에는 이로운 영향을 미치나, T 림프구의 증식에 있어 균형적인 증식보다는 알레르기 반응을 유도하는 Th2 세포의 증식을 유도한다는 사실을 싸이토카인의 발현을 통하여 증명하고(Fig. 2) 운동 훈련군에서 알레르기 쇼크가 현저하게 증가한다는 결과를 보고하였다(Fig. 3). 운동 유발성 천식과 알레르기 반응을 일으키는

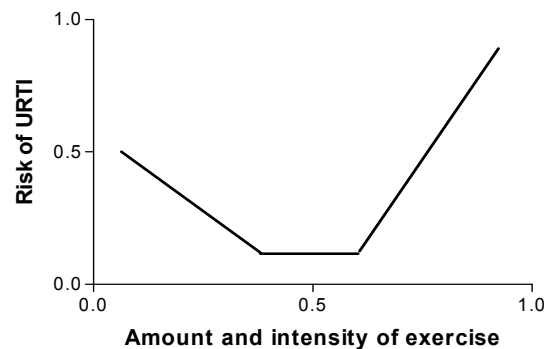


**Figure 2.** The effect of Swim training on the production of IL-4 and IFN- $\gamma$  by Spleen lymphocytes from BALB/c mice sensitized with OVA. The cells ( $1 \times 10^6$ /ml) were cultured with OVA (500  $\mu$ g/well) for 4 days. The levels of cytokines in the culture supernatants were determined using murine IL-4 and IFN- $\gamma$  ELISA kits. Results are the means  $\pm$  S.D. \*Correlation is significant at the .05 level.



**Figure 3.** The Scoring of active systemic anaphylactic shock following the swim training. The mice were intraperitoneally sensitized with a single injection of mixture of OVA (1 mg/mouse) and adjuvant, aluminum hydroxide (20 $\mu$ g/mouse) and B. pertussis ( $1 \times 10^9$  bacteria/mouse). Induction of active systemic anaphylactic shock in the control, sensitized, and sen-trained mice was performed by a single intravenous injection of OVA (1 mg/mouse) on the 15th days after sensitization. \*Correlation is significant at the .05 level.

요인은 운동의 강도, 지속시간, 운동기간, 운동방법 뿐만 아니라 선천성 기도의 과민반응도와 환경조건에 따라 서로 크게 달라진다는 사실을 유념해야 한다. 앞서 언급하였듯이 운동을 하는 환경이 더운 조건에서 보다는 추운 조건에서, 습한 상황보다는 건조한 상황에서 실내보다는 실외에서 천식이 더 잘 일어남을 알 수 있다. 또한 천식환자에게 추운공기에서 운동을 할 경우 증세가 더욱 심해진다는 연구 등(33)이 보고되어 운동 수행 시 환경이 얼마나 중요한지를 알 수 있다. 이러한 운동 유발성 천식이나 알레르기 질환을 치료하기 위해서는 우선 환경적인 조건의 개선이 필수적이라 할 수 있고, 의사의 처방을 받아 테오필린제, 항히스타민제, 크로몰린제와 같은 약물을 이용하는 방법과 정기적인 유산소 운동

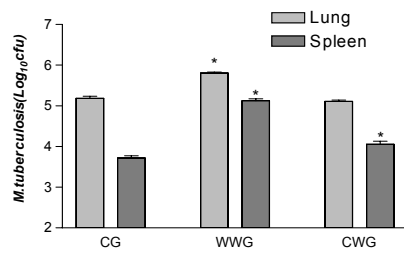


**Figure 4.** A J-shaped curve describes the concept that the relative risk of upper respiratory track infection (URTI) is decreased in individuals who undergo moderate exercise but is increased in those who overtrain compared with sedentary subjects.

프로그램 등의 치료법이 주어져야 할 것이다. 여기에 적합한 운동으로는 골프, 수영과 같은 유산소성 운동을 들 수 있다. 수영은 특히 습기가 많은 환경에서의 운동이고, 운동의 양과 강도를 조절하기 쉬워 권장할 만한 운동이다. 축구, 농구, 철인 삼종경기와 같은 격렬한 운동이나 스키, 아이스하키와 같은 차가운 환경에서의 운동은 적합하지 않은 것으로 생각한다. 격렬한 운동은 과호흡을 하게하고 과호흡을 통해 차가운 공기가 폐로 들어갈 때, 폐의 온도와 습도를 낮추어 환경을 바꾸기 때문에, 기도는 이를 보호하기 위해 더욱 과도하게 수축을 하게 되는데 이 과정에서 운동 유발성 천식이 발생하기 때문이다(34,35). Neder 등은(36) 실제로 규칙적인 유산소성 훈련이 천식환자를 치료하는데 효과가 있는 것을 밝혔고, 운동의 종목이나 트레이닝 방법을 바꾸는 것(29), 시합 전 일정량의 카페인 투여방법 또한 운동 유발성 천식의 증상을 감소하는 데에 효과 있는 것으로 밝혀졌다.

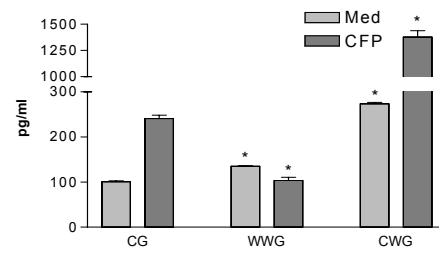
**운동과 감염.** 장기간의 지속적인 트레이닝이나 일회성의 급격한 운동은 초기면역반응에 중요한 역할을 수행하는 자연살 세포의 수와 기능을 감소시켜 감염을 쉽게 유발한다는 선행연구(23)를 근거로 이를 ‘open window’라고 하고 이 기간 동안 상기도 감염이 쉽게 일어난다고 하였다(23). 또한 Nieman (37)이 운동의 양과 강도가 상기도 감염에 미치는 영향을 살펴본 결과 감염발병이 J형으로 나타난다는 모델을 밝힘에 따라 운동의 양과 강도가 가장 많은 군에서 상기도 감염이 가장 높은 것으로 나타나 격렬한 운동은 감염율의 증가를 가져오는 것으로 밝혀졌다(Fig. 4).

이는 격렬한 트레이닝이나 주로 경쟁을 하는 엘리트 선수들에게 흔히 일어나는 것으로 과도한 운동으로 인하여 초기면역반응을 담당하는 자연살 세포의 감소와 IgA 면역글로불린의 감소가 중요한 이유로 알려져 있다(38). 운동으로 인한 코와 타액에서 IgA 수준의 감소는



**Figure 5.** The change of IFN- $\gamma$  following the swimming training at different temperature. CG: control group, WWG: warm water group, CWG: cold water group. \*Correlation is significant at the .05 level.

경쟁적인 종목의 노르딕 스키선수(39,40), 사이클선수(41,42), 육상선수(38,43,44) 및 수영선수(45) 등에서 일반적으로 보고되고 있다. 수영선수의 연구에서는 4개월간의 시즌동안 트레이닝 시기마다 IgA 농도가 10% 감소된다고 하였으며, 이는 트레이닝의 강도가 강해질수록 크게 일어난다고 하였다. 운동을 통한 타액의 IgA 수준은 운동의 강도, 트레이닝 기간 및 경쟁과 연관된 심리적 스트레스가 직접적인 영향을 미친다고 하였으며, Muns과 그의 동료들은(43) 마라톤 선수에게서 31 km 질주 후에 타액의 IgA 농도가 40%로 감소한다고 보고하였다. 타액에서 분비되는 IgA는 외부로부터 침입하는 이 물질과 결합하여 오폭소닌 작용(opsonization)이 일어나도록 만들어서 초기 감염을 방지하며 침 속에 포함된 IgA 수준은 혈청의 항체나 다른 면역 지표들 보다 상기도 감염률과 더욱 밀접하게 연관되어 있는 것으로 알려져 있다(46). 상기도 감염뿐만 아니라, 만성감염성 질환의 하나로 'Koch' 균이라 불리는 균이 원인인 결핵균은 인체의 여러 장기나 조직에서 병변을 일으키며(47) 대부분이 호흡기 감염에 의해서 이루어지는데, 이 균이 감염되었다고 모두 결핵으로 발병하지는 않아, 대다수는 발병 없이 살지만 그 중 5%는 노령에 따른 생리학적 변화, 영양소 결핍 및 면역력의 저하 등에 의해 발병하게 된다(48). 운동과 연관된 결핵에 대한 연구는 이제까지 거의 없었으며, 최근 결핵환자에게 재활치료의 한 방법으로 운동을 이용하는 경우가 있었으며(49), 수술 전, 후의 결핵환자에게 재활의 한 방법으로 운동치료의 효과를 밝히려는 연구가 수행되었다(50). 하지만 본 연구자는 실험 통제조건에서 통제군과 수영 훈련군에게 결핵균을 감염시켰을 때의 운동의 효과를 살펴보았는데, 본 연구 결과 결핵균의 수가 통제군에 비하여 수영훈련군의 폐와 비장에서 모두 현저하게 높게 나타남을 알 수 있었다(Fig. 5)(9). 이는 아마도 수영 훈련으로 인한 림프구가 Th<sub>0</sub>에서 Th<sub>1</sub>보다는 Th<sub>2</sub> 세포로의 비균형적인 증식으로



**Figure 6.** The change of MTB count following the swimming training at different temperature. CG: control group, WWG: warm water group, CWG: cold water group. \*Correlation is significant at the .05 level.

인해 결핵균 방어에 중요한 역할을 수행하며 동시에 Th<sub>1</sub> 세포의 증식을 유도하는 데에 알려진 싸이토카인인 INF- $\gamma$ 의 감소가 원인으로 여겨진다(Fig. 6)(9). Fig. 6에서는 서로 다른 온도에서의 꾸준한 수영훈련 후 결핵균을 감염시켰을 때, 차가운 온도에서의 훈련군에서 결핵균이 더 크게 증가하는 사실을 알 수 있었다. 이는 운동 유발성 천식과 운동 유발성 알레르기 질환의 발병과도 밀접하게 연관되는 것으로 해석된다.

## 결론

본 연구는 운동이 면역력에 미치는 영향 중 면역력의 감소에 미치는 연구들을 문헌연구하여 운동을 흔히 접하는 일반인이나, 운동선수들, 혹은 코치 및 운동과 면역분야를 연구하고자 하는 운동생리학자들에게 운동을 통하여 일어날 수 있는 운동 유발성 면역억제에 관한 내용을 체계적으로 이론화하여 정보를 제공하는 데에 연구목적이 있었고, 운동이 면역력의 감소에 미치는 효과를 면밀히 분석하여 보았다. 규칙적이고도 적절한 강도의 운동은 면역력의 증가를 가져오지만 본 연구에서는 운동이 일으키는 면역력의 감소에 미치는 질환을 중심으로 기전, 원인 및 치료법에 대해 분석하여 보았다. 불규칙적이고도 간헐적인 운동은 운동스트레스 유발로 인한 면역반응의 중요한 역할을 담당하는 림프구의 수와 증식반응을 감소시키고, 상기도 감염, 천식 및 결핵과 같은 감염률을 증가시킨다. 비록 규칙적인 훈련을 통해 림프구의 증식이 활성화되더라도 개인의 영양상태, 운동의 시기 및 환경 등을 고려하지 않으면, 운동 유발성 천식이나 운동 유발성 알레르기 반응과 같은 비 균형적인 과민 면역반응을 야기하는 것으로 알려졌다. 따라서 운동을 하거나 지도할 때, 혹은 여러 상황에서 면역력의 감소가 유발되는 기전을 이해하고 예방할 때, 운동을 통한 면역력의 증가를 얻을 수 있을 것이며, 운동선수에게는 건강의 유지와 더불어 선수의 수명을 보다 연장시킬 수 있을

것으로 판단된다. 앞으로도 이 분야에 대한 추가적인 연구가 계속해서 이루어져야 한다고 본다.

## 참 고 문 헌

- Chandra RK: Nutrition and the immune system from birth to old age. *Eur J Clin Nutr* 56;S73-76, 2002
- Hiscock N, Pedersen BK: Exercise-induced immunodepression-plasma glutamine is not the link. *J Appl Physiol* 93;813-822, 2002
- Iannello S, Cavaleri A, Milazzo P, Cantarella S, Belfiore F: Low fasting serum triglyceride level as a precocious marker of autoimmune disorders. *MedGenMed* 7;5:20, 2003
- Nieman DC: Current perspective on exercise immunology. *Curr Sports Med Rep* 2;239-242, 2003
- Jeurissen A, Bossuyt X, Ceuppens JL, Hespel P: The effects of physical exercise on the immune system. *Ned Tijdschr Geneesk* 12;147(28);1347-1351, 2003
- Penkowa M, Keller C, Keller P, Jauffred S, Pedersen BK: Immunohistochemical detection of IL-6 in human skeletal muscle fibers following exercise. *FASEB J* 17;2166-2168, 2003
- Sanchez-Morillas L, Iglesias CA, Zapatero RL, Reano MM, Rodriguez MM, Martinez MM: Exercise-induced anaphylaxis after apple intake. *Allergo Immunopathol (Madr)* 31;240-243, 2003
- 김세중: 면역학 길라잡이. 고려의학, 2000
- Peters EM: Nutritional aspects in ultra-endurance exercise. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 6;427-434, 2003
- Nieman DC: Exercise immunology: nutritional countermeasures. *Can J Appl Physiol* 26(suppl);S45-55, 2001
- Hemila H, Virtamo J, Albanes D, Kaprio J: Physical activity and the common cold in men administered vitamin E and beta-carotene. *Med Sci Sports Exerc* 35;1815-1820, 2003
- Mackinnon LT: Immunity in athletes. *Int J Sports Med* 18 (suppl 1);S62-68, 1997
- Janeway CA, Travers P: Immunobiology. the immune system in health and disease. 4th ed. Stanford press, 1999
- 곽이섭: 운동과 면역. 대한미디어, 2002, p46-48
- Tvede N, Kappel M, Halkjaer-Kristensen J, Galbo H, Pedersen BK: The effect of light, moderate, and severe bicycle exercise on lymphocyte subsets, natural and lymphokine activated killer cells, lymphocyte proliferative response and interleukin-2 production. *Int J Sports Med* 14;275-282, 1993
- Nieman DC, Miller AR, Henson DA, Warren G, Johnson RL, Davis JM, Butterworth DE, Herring JL, Nehlsen-Cannarella SL: Effect of high -vs moderate-intensity exercise on lymphocyte subpopulations and proliferative response. *Int J Sports Med* 15;199-206, 1994
- Kwak YS, Paik IY, Kim CH, Woo JH: The effect of swimming training on spleen index, total lymphocytes, and lymphocyte proliferation in BALB/c mice. *The Korean Journal of Physical Education* 41;535-542, 2002b
- Nieman DC, Henson DA, Johnson R, Lebeck L, Davis JM, Nehlsen-Cannarella SL: Effects of brief, heavy exertion on circulating lymphocyte subpopulations and proliferative response. *Med Sci Sports Exerc* 24;1339-1345, 1992
- Kwak YS, Paik IY: The effects of regular swimming training on Tuberculosis infection in the mouse model. *The Korean Journal of Physical Education* 41;483-490, 2002a
- Woods JA, Coddia MA, Kozak C, Wolter BW: Effects of exercise on the macrophage MHC II response to inflammation. *Int J Sports Med* 18;483, 1997
- Coddia MA, Woods JA: Exercise suppresses macrophage antigen presentation. *J Appl Physiol* 87;2253-2258, 1999
- Gleeson M: Mucosal immunity and respiratory illness in elite athletes. *Int J Sports Med* 21(suppl 1);S33-43, 2000
- Brines R, Hoffman-Goez L, Pederson BK: Can you exercise to make your immune system fitter? *Immunology Today* 17;252-254, 1996
- Pierson WE, Voy RO: Exercise-induced bronchospasm in the XXIII summer olympic games. *N Eng Reg Allergy Proc* 9;209-213, 1998
- Lecomte J: Asthma and exercise. *Rev Med Brux* 23;A206-210, 2002
- Storms WW: Reviews of exercise-induced asthma. *Med Sci Sports Exerc* 35(9);1464-1470, 2003
- Hao M, Comier S, Wang M, Lee JJ, Nel A: Diesel exhaust particles exert acute effects on airway inflammation and function in murine allergen provocation models. *J Allergy Clin Immunol* 112;905-914, 2003
- Joad JP, Kott KS, Bric JM: The local C-fiber concentration to ozone-induced effects on the isolated guinea pig lung. *Toxicol Appl Pharmacol* 141;561-567, 1996
- Inman MD: Management of exercise-induced bronchoconstriction. *Can Respir J* 6;345-354, 1999
- Kyle JM, Walker RB, Hanshaw SL, Leaman JR, Froese JK: Exercise-induced bronchospasm in the young athlete: guidelines for routine screening and initial management. *Med Sci Sports Exerc* 24;856-859, 1992
- Briner WW: Introduction: exercise and allergy. *Med Sci Sports Exerc* 24;843-844, 1992
- Kim CH, Kwak YS: Swim training increases ovalbumin induced active systemic anaphylaxis in mice. *Immunol Invest* 33;469-480, 2004
- Carlsen KH, Engh G, Mork M, Schroder E: Cold air inhalation and exercise-induced bronchoconstriction in relationship to metacholine bronchial responsiveness: different pattern in asthmatic children and children with other chronic lung disease. *Respir Med* 92;308-315, 1998
- Hermansen CL: Exercise-induced bronchospasm vs. exercise-induced asthma. *Am Fam Physician* 15;69;808-810, 2004
- Onadeko BO, Khadadah ME, Ezeamuzie CI, Marouf R, Zubaid M, Maradni N, Jayakrishnan B, Memon A: Changes in blood levels of eosinophil cationic protein and tryptase after exercise challenge in adolescents with exercise-induced asthma. *East Afr Med J* 81;27-33, 2004
- Neder JA, Nery LE, Silva AC, Cabral AL, Fernandes AL: Short-term effects of aerobic training in the clinical management of moderate to severe asthma in children. *Thorax* Mar 54;202-206, 1999
- Nieman DC: Exercise, upper respiratory track infection, and the immune system. *Med Sci Sports Exerc* 26;128-139, 1994
- Nieman DC, Henson DA, Fagoaga OR, Utter AC, Vinci DM, Davis JM, Nehlsen-Cannarella SL: Change in salivary IgA following a competitive marathon race. *Int J Sports Med* 23;69-75, 2002
- Tomasi TB, Trudeau FB, Czerwinski D, Erredge S: Immune parameters in athletes before and after strenuous exercise. *Journal of Clinical Immunology* 2;173-178, 1982
- Ljungstrom I, Castor B: Immune response to Giardia lamblia in a water-borne outbreak of giardiasis in sweden. *J Med Microbiol* 36;347-352, 1992
- Mackinnon LT, Chick TW, Tomasi TB: Decreased secretory immunoglobulins following intense endurance exercise. *Sports Training Medicine & Rehabilitation* 1;209-218, 1989
- Halsen SL, Lancaster GI, Jenkendorf AE, Gleeson M: Immunological responses to overreaching in cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 35;854-861, 2003
- Muns G, Liesen H, Riedel H, Bergmann K: Influence of long-distance running of IgA in nasal secretion and saliva.

- Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 40;63-65, 1989
44. Peters EM, Goetzsche JM, Grobbelaar B, Noakes TD: Vitamin C supplementation reduce the incidence of post race symptoms of upper respiratory track infection in ultra marathon runners. *Am J Clin Nutr* 57;170-174, 1993
  45. Tharp GD, Barnes MW: Reduction of saliva immunoglobulin levels by swim training. *European Journal of Applied Physiology* 60;61-64, 1990
  46. Mackinnon LT, Jenkins DG: Decreased salivary immunoglobulins after intense interval exercise before and after training. *Med Sci Sport Exerc* 25;678-683, 1993
  47. Nagami P, Yoshikawa TT: Tuberculosis in the geriatric patient. *Journal of the American Geriatric Society* 31;356-363, 1983
  48. Yoshikawa TT: The challenge and unique aspects of tuberculosis in older patients. *Infectious Disease in Clinical Practice* 3;62-66, 1994
  49. Tada A, Matsumoto H, Soda R, Endo S, Kawai H, Kimura G, Yamashita M, Okada C, Takahashi K: Effects of pulmonary rehabilitation in patients with pulmonary tuberculosis sequelae. *Nihon Kokyuki Gakkai Zasshi* 40;275-281, 2002
  50. Ivanova TI, Sokolova VS, Novikova LN, Borukaev: Exercise therapy in rehabilitation of patients with pulmonary tuberculosis before and after surgical treatment. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult* 6;14-17, 2002
-