

운동과 면역반응에 대한 고찰

박이섭* · 김철우 · 백영호¹

동의대학교 레저스포츠학과, ¹부산대학교 체육교육학과

Received June 20, 2007 / Accepted August 6, 2007

Immunological Aspects of Contemporary Exercise. Yi Sub Kwak*, Chul Woo Kim and Young Ho Paik¹. *Department of Leisure and sport science, Dong-Eui University, Busan, 614-714 Korea., ¹Department of Physical Education, Pusan National University, Busan, 602-739 Korea* - Exercise is the strongest stress to which the body is ever exposed. The body responds to this stress through a set of physiological changes in its metabolic, hormonal, and immunological systems. In this study, responses of the immune system to the long-term aerobic and anaerobic exercises have been investigated. Regular moderate exercise is associated with a reduced incidence of infection compared with a sedentary groups. Aerobic training increases the heart rate and enhances the body's intake of oxygen long enough to benefit the condition of the body. In recent years, the importance of exercise in everyday life has been rapidly increasing. Moderate exercise appears to stimulate the immune system. And also, Exercise elicits an increase in the numbers of circulating lymphocytes and lymphocyte subsets (including NK cells) which is followed by a decrease in the numbers of cells during recovery from exercise. However, prolonged bouts of strenuous exercise cause a temporary depression of various aspects of immune functions (e.g. lymphocyte proliferation, monocyte antigen presentation, open window periods, exercise induced asthma, exercise induced anaphylaxis) that usually lasts 2-24 hr after exercise depending on the intensity and duration of the exercise bout. Exercise-induced bronchoconstriction (EIB) was defined as a decrease of at least 15% in pre exercise forced expiratory volume in one second at any time point after exercise. This includes elevation of cortisol and catecholamines in plasma. On the other hand, highly trained athletes exhibit a chronic mild hypercortisolism at baseline that maybe an adaptive change to chronic exercise. And, Consuming carbohydrate during prolonged strenuous exercise attenuates rises in stress hormones and appears to limit the degree of exercise-induced immune depression. Recent evidence suggests that antioxidant vitamin supplementation may also reduce exercise stress and impairment of leukocyte functions.

Key words – Aerobic exercises, anaerobic exercises, immunological systems

서 론

규칙적인 운동은 근육 내 에너지 요구량을 증가 시킨다. 이 때, 증가된 에너지 요구량을 충족하기 위해서는 근육, 혈액 및 간으로부터 에너지원이 제대로 공급되어야 한다. 운동 시 근육의 에너지 대사를 유지하기 위해서는 산소와 영양분의 원활한 공급이 필수적이며, 잘 발달된 심장과 혈관은 이러한 공급을 적절히 조절시킨다. 꾸준한 훈련을 수행한 운동 선수 혹은 훈련군의 경우, 근육 내 모세혈관망이 발달하여 산소와 영양분을 필요한 곳으로 원활히 공급하게 되며, 특히 잘 발달된 좌심실의 수축력은 이를 도와주게 된다[9]. 즉, 규칙적인 운동은 심장 및 혈관기능을 발달시킬 뿐만 아니라 제공되는 산소를 이용하여 에너지를 생성하는 능력 또한 원활하게 유지시키고, 운동 후 생성되는 피로물질을 제거하는 능력도 향상시켜 안정시 뿐만이 아니라 운동시 운동수행력

을 증진시키고 아울러 대사기능도 향진시킨다[25].

현재, 운동이 대사기능을 증진시켜 운동시 에너지 대사가 활성화되고[20], 안정시 대사량이 증진된다는 연구 뿐 아니라[51,58], 운동이 면역반응에도 밀접하게 연관 되어 있다는 연구결과들이 보고되고 있다. 특히 현 시대는 인간의 수명과 건강연령이 늘어나고 있으며 전 세계적으로 인구가 고령화 되는 추세를 보이고 있어 건강에 대한 관심이 증가하고 있다. 건강한 생활을 영위하기 위해서는 면역력을 구축하는 것이 중요한데 반하여, 일반적으로 연령이 증가함에 따라서 면역력이 감소하는 것으로 보고되고 있어, 건강한 시기에서부터 면역력의 관리가 더욱 중요하게 여겨진다. 이러한 면역력에 영향을 주는 요인들로는 질병[24], 다양한 종류의 스트레스[38], 연령의 증가[32], 영양결핍[43], 비만[41], 고지혈증[5], 선천성 혹은 후천성 장애[37] 및 운동[15] 등이 있다. 이중 대부분의 요인들이 면역력을 감소시키는 요인인 반면, 운동은 수행하는 운동의 종류, 운동방법, 운동기간, 운동경험 및 훈련의 정도와 운동 후 관리법 등에 따라서 면역력에 긍정적 혹은 부정적인 영향을 주게 된다[15]. 즉 운동은 다른 변인들

*Corresponding author

Tel : +82-51-890-2213, Fax : +82-51-890-2643

E-mail : ysk2003@deu.ac.kr

에 비하여 긍정적인 효과를 낼 수 있는 가능성이 많다고 할 수 있다. 이미 많은 문헌들에서 보고되고 있듯이 규칙적인 운동은 면역반응에서 선두체제를 구축하는 초기면역(innate immunity)[60]과 그 이후의 적응면역(adaptive immunity)[49]을 증진시키며 특히 적응면역 중 세포매개 면역반응(cell-mediated immune response)[16]과 항체매개 면역반응(antibody-mediated immune response)[31]을 증진시키는 것으로 보고되고 있다. 이전의 연구결과에 의하면, 규칙적인 훈련을 한 운동 훈련군은 통제집단에 비하여 자연살 세포(natural killer cell; NK cell)의 암에 대한 면역 반응이나[17] 특정자극에 대한 림프구의 증식력이 향상되었다고 보고하고 있다[33].

한편 규칙적이지 않고 간헐적인 일회성의 운동은 오히려 면역력을 감소시키고[45], 규칙적인 운동이라 하더라도 운동 시 환경과 개인의 신체적 특성에 따라 운동이 운동 유발성 천식(exercise-induced asthma; EIA)과 같은 운동 유발성 알레르기 질환(exercise-induced allergic disease)[1,52]을 가속화 시키는 것으로 보고되고 있다. 또한 운동 스트레스를 많이 받으며 수행하는 엘리트 운동선수들이 일반인에 비해 상기도 감염(upper respiratory tract infection; URTI)이 더 잘 유발 된다는 선행연구를 볼 때[18], 운동이 면역반응에 긍정적 혹은 부정적인 영향력을 미친다는 사실을 알 수 있다.

하지만 이제까지 면역학에서 수행되는 대부분의 연구들이 의학, 간호학, 생명공학, 및 생리학 분야 등에서 이루어졌으며, 외국에서는 운동과 면역학에 대한 연구논문들이 일부 보고되고 있지만 아직까지 국내에는 운동과 면역반응에 대한 연구가 미미한 실정에 있다. 따라서 본 연구자는 운동과 면역반응에 대한 연구문헌들을 고찰하여 운동을 수행하는 사람이나 운동을 지도하는 지도자 및 스포츠 산업에 종사하는 사람들에게 운동과 면역에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

본 론

운동이 면역력에 미치는 긍정적인 효과

규칙적인 운동은 면역력에 긍정적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 이는 규칙적인 운동이 림프구의 기능을 증가시키는 것으로 요약할 수 있는데[22], 일반군과 훈련군을 대상으로 하는 연구 결과를 비교해 보면 T 세포자극자와 B 세포자극자로 면역세포를 자극하였을 때, 일반군에 비해 훈련군에게서 각 림프구의 분화가 활성화 됨을 알 수 있다[22]. 이는 특정 자극시 훈련군에서 림프구의 증식을 유도하는 사이토카인이 더 잘 유도되고[46], 사이토카인과 사이토카인의 수용기에 대한 친화성이 증가하여 세포의 분화와 증식이 잘 되기 때문으로 여겨진다[55]. 따라서 규칙적인 운동은 세포매개 면역반응과 항체매개 면역반응의 모든 반응에 긍정적

인 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다[61]. 운동시 유발되는 긍정적인 면역반응에 대한 연구로는 규칙적인 훈련으로 안정 시 비교적 높은 수준의 자연살 세포가 유지되며 운동 후 2-3배까지 증가하여 운동으로 인한 생리학적 변화에 대한 방어체제를 구축한다는 연구[39], 비 훈련군에 비하여 운동 훈련군에서 대식세포(macrophage)의 식균작용(phagocytosis)과 호중구(neutrophil)의 활동능력이 증가된다는 연구[12], 운동 후 보체반응이 증가하여 운동 후 일어날 수 있는 조직손상에 대한 회복력에 도움을 준다는 연구[42], 유산소 훈련이 실험동물의 항체 수치를 증가 시켜 항체매개면역반응에 도움을 준다는 연구[36], 훈련군의 경우 호흡기 감염이 감소된다는 연구[44], 훈련군에게서 사이토카인의 신호전달이 체계적으로 일어나 림프구 증식이 잘 일어난다는 연구[57], 및 규칙적인 운동이 자연살세포의 활성화를 도모하여 초기면역 반응이나 암세포의 생성을 막는 데에 효과적이라는 연구[13] 등이 보고되고 있다.

운동이 면역력에 미치는 부정적인 효과

운동이 면역력에 부정적인 효과를 미친다는 연구결과로는 간헐적인 일회성의 급격한 운동이나[53] 장시간 지속적으로 수행되는 운동일 경우[47] 운동이 스트레스로 작용하여 면역력에 손상을 준다는 내용을 들 수 있다. 일반인들이 운동에 참여할 때, 운동 처방사에 의한 적절한 운동처방을 받아야 하는 이유도 위의 내용과 연관되어 있다. 그리고 엘리트 운동선수들은 컨디션이 좋지 않은 상황에서도 무리하게 시합에 참여하여 시합성적을 내어야 하는 심리적인 압박감이나 불안이 또 다른 스트레스로 작용하여 면역계의 감소에 영향을 미치게 된다[3]. 아울러 훈련이나 시합 중 일어나는 장기간의 과 호흡 현상은 선수들로 하여금 상기도 감염에 더욱 잘 노출되게 한다[54]. 실제로 일반인, 운동동호인 및 운동선수들을 대상으로 하는 비교연구에서 운동선수들의 상기도 감염율이 가장 높은 것으로 나타났다[41]. 일반적으로 일회성의 운동을 무리하게 수행하면 운동 후 약 2시간 동안 'open window' 시기가 나타나는데 운동을 하는 많은 사람들은 이 시기의 건강관리가 중요하다. 만약 이 시기에 건강관리를 잘 하지 못하면 상기도 감염에 쉽게 노출된다[40]. 운동에 의한 상기도 감염에는 여러 가지 이유가 있을 수 있으나 주로 운동에 대한 스트레스, 타액에서의 면역글로불린 A (immunoglobulin A; IgA)의 감소[35] 등을 들 수 있다. 타액의 면역글로불린 A는 운동을 수행하는 사람의 상기도 감염에 대한 초기면역반응을 구축하는데 있어서 중요한 역할을 하는 것으로 밝혀져 있다. 상기도 감염 이외에 운동선수들이나 운동에 자주 참여하는 사람들이 일반인에 비해 겪게 되는 흔한 질환 중 하나로 운동 유발성 천식과 같은 운동 유발성 알레르기 질환을 들 수 있다[18]. 본 장에서는 알레르기(allergy)의 의미와 운동유발성 알레르기 질환에 대해 소개하

고자 한다.

알레르기는 “변형된 것” “정상과는 다른 반응”을 의미하는 그리스어 “allos”가 어원이며, 과민반응(hypersensitivity)을 나타낸다[11]. 인체는 외부에서 어떤 해로운 물질이 들어오면 이에 대해 항체를 만드는 작용을 하고, 이 때 그 원인이 되는 이물질을 항원(antigen) 또는 알레르겐(allergen)이라고 한다. 이러한 작용에 의하여 발생하는 면역반응은 생물에게는 자기를 지키는 중요한 반응이지만, 때로는 이상 반응을 일으키는 경우도 있다. 예를 들면, 꽃가루나 항생제 같은 특정 항원에 노출되었을 때, 만들어지면 안 되는 형태의 항체가 만들어질 수 있다. 이러한 항체는 항원과 결합하여 강한 이상 반응을 일으키게 되는데 이것이 알레르기 반응(과민반응)이며, 그 결과 생기는 질환이 알레르기 질환이다[34].

일반적으로 과민반응은 면역반응의 형태 및 세포나 조직의 손상에 대한 작용기전에 따라서 I형, II형, III형, 및 IV형 과민반응으로 분류된다[10].

최근 건강에 대한 관심이 높아지면서 흔하지는 않으나 운동에 의해 유발되는 알레르기 질환이 증가하고 있다[4]. 운동에 의해 일어나는 알레르기 질환으로는 병태형 및 임상형에 따라 크게 세 가지 형태로 구분된다; 콜린성 두드러기(cholinergic urticaria), 운동 유발성 천식, 운동 유발성 아나필락시스(Exercise-induced anaphylaxis)[56].

콜린성 두드러기는 자전거 타기, 온수목욕, 사우나, 등 체온을 0.7-1°C 이상으로 올릴 수 있는 조건에서 땀이 날 때, 2-5 mm 정도의 두드러기가 얼굴, 목, 가슴 부위로부터 나타나기 시작해 온몸으로 퍼지며 마치 홍조현상처럼 보인다. 운동 후 20-30 분 후 생겨나 20-90 분간 지속되다 소실한다. 콜린성 두드러기는 운동 외에도 열, 스트레스, 매운 음식 등으로도 유발될 수 있다[8].

다음으로 운동 유발성 천식은 기관지 경련 정도가 숨 쉬는 정도와 비례한다고 할 수 있다. 운동 시 호흡량이 많아지면 기관지에서 열과 수분을 빼앗기게 된다. 또한 운동 후 기관지가 다시 따뜻해지고 수분이 많아지는 것보다 증상이 연관된다[6]. 일반적으로 정상인의 경우 운동 후 PEFR (peak expiratory flow rate)이 15% 이상 떨어지지 않는다. 만일 이보다 더 많이 떨어지면 운동 유발성 천식이라 진단하게 된다[60]. 운동 유발성 천식은 보통 운동 강도가 최대산소섭취량의 80% (VO₂max 80%)에 이르는 강한 강도의 운동 수행 시 잘 유발된다. 그러나 심한 천식환자에서는 낮은 강도의 운동에 의해서도 증상이 발현될 수 있으며, 운동을 하지 않을 때 정상 폐 기능을 가지고 있는 천식 환자의 경우에도 운동에 의해 증상이 심하게 발현될 수 있다[21]. 또한 운동 유발성 천식은 주로 폐에서 습도와 온도를 빼앗아가는 운동인 건조한 장소에서 수행되는 실내운동이나 차가운 곳에서 이루어지는 동계스포츠인 스키, 스노우 보드 등의 운동을 과하게 할 경우 잘 나타나게 된다[14]. 현재 보고되고 있는 운동 유

발성 천식에 관한 연구들로는 천식 증상이 운동 종료 후 5-10분에서 가장 심하게 나타났다는 연구[52], 운동 유발성 천식의 원인과 증상에 대한 연구[29], 천식환자들이 추운 환경에서 운동할 경우 천식증세가 더욱 악화된다는 연구[50], 운동 유발성 천식을 치료하는데 항 히스타민이나 크로몰린 제제가 효과적이라는 연구[23], 운동 유발성 천식의 진단시 측정항목인 FEV1에 대한 연구[26], 카페인 투여가 운동 유발성 천식에 효과적이라는 연구[30], 및 운동 유발성 천식에 골프와 수영 같은 유산소성 훈련이 효과적이라는 연구[2] 등이 있으며, 현재 운동생리학 분야에서 큰 이슈가 되고 있다.

한편, 운동 유발성 아나필락시스는 1979년도에 처음 보고된 증후군으로 운동에 의해 유발되는 담마진, 상기도폐색, 혈압강하 등 전신적 아나필락시스 현상을 특징으로 한다[8].

아나필락시스의 빈도는 아직 정확히 알 수 없으나, 대부분 10세 이상의 소아나 성인에게서 많이 보고되고 있다. 일반적으로 아나필락시스의 특징적인 증상은 운동 후 수분에서 20분 이내에 비교적 큰 담마진이 나타나며 점차 융합되고 전신으로 퍼지는 증상이 보통이나, 24시간에서 72시간 후에 지연성(late phase)의 증상이 나타나기도 한다[7]. 이 증후군의 병인론에 대해서는 여러 가지 이론이 있으나 대부분 환자에서 운동 후 혈중 히스타민의 농도가 상승되어있는 것으로 보고되고 있다. 또한 운동 후 비만세포(mast cell)의 탈과립 소견을 볼 수 있어서 비만세포로부터 히스타민과 같은 화학매개 물질의 유리가 이 질환에 있어서 중요한 역할을 하는 것으로 알려지고 있다[27].

운동 유발성 아나필락시스에 대한 연구로는 수영 훈련군과 비훈련군에게 달걀 알부민(ovalbumin; OVA)으로 감작시킨 후 알레르기를 유발하였을 때, 수영 훈련군의 알레르기성 아나필락시스가 현저하게 증가했다는 연구[28], 운동으로 유발되는 알레르기성 아나필락시스 반응이 활성산소(reactive oxygen species; ROS) 반응과 직접적인 연관이 있다는 연구[19], 운동으로 유발되는 알레르기성 아나필락시스 반응도 제 2형 보조 T 림프구(Type II T lymphocyte)의 생성을 자극하는 사이토카인인 인터루킨-2(interleukin-2; IL-2)가 중요한 원인이 된다는 연구[27], 밀을 섭취하고 운동수행 하였을 때, 운동 유발성 아나필락시스가 잘 나타난다는 연구[48] 등이 있어 운동으로 유발되는 알레르기성 아나필락시스에 대한 특별한 주의가 요구되고 있고, 이 분야에 대한 심도 있는 연구가 수행되어야 할 것으로 여겨진다.

요 약

면역학이 발전함에 따라서 인간의 면역체계에 영향을 미치는 많은 요인들에 대한 수많은 연구들이 진행되고 있다. 연령, 영양상태, 스트레스, 질병, 비만, 고지혈증, 장애 등 무수히 많은 변인들이 면역반응에 직접적인 영향을 주고 있으

나 운동 또한 상당한 영향력이 있어, 운동시 나타나는 면역 반응에 대하여 고찰하게 되었다. 규칙적인 운동은 초기면역과 그 이후의 적응면역을 증진시키며 특히 적응면역 중 세포매개 면역반응과 항체매개 면역반응에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 하지만 이러한 운동도 몸의 상태가 건강하거나 몸에 맞는 운동을 규칙적으로 실시해야 효과적이며, 운동의 경험이 없거나 스트레스나 질병이 있는 상태에서의 운동은 오히려 신체에 부담을 주어 면역력을 약화하는 결과를 초래하게 된다. 또한 일회성의 운동도 체력수준에 맞게 수행되어야 하는데, 장시간 너무 무리하게 수행하면 에너지 고갈과 함께 면역력의 감소를 초래하여 상기도 감염과 같은 질환을 야기하게 된다. 따라서 무리한 운동 후 'open window' 시기에 적절한 이온음료의 섭취, 영양분 공급 및 휴식은 건강 관리에 필수적이라 할 수 있다. 또한 수행한 운동이 규칙적이라 할지라도 운동은 운동 환경이나 선천적인 요소에 따라 운동 유발성 천식을 포함하는 운동 유발성 알레르기 질환을 야기하는 환경을 조성할 수 있으므로 본문에서 제시한 지식을 바탕으로 마라톤과 같은 장기간 운동 시 특히 주의해야 할 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

- Aihara, Y. 2007. Food-dependent exercise-induced anaphylaxis. *Alerugi*. **56**, 451-456.
- Backer, V., L. Pedersen and T. C. Lund. 2006. Can asthma be induced by elite sports performance? *Ugeskr Laeger*. **168**, 4532.
- Bauer, M. E. 2005. Stress, glucocorticoids and ageing of the immune system. *Stress*. **8**, 69-83.
- Bellantini, J. A. 2006. Literature review: the best new articles in the specialty of allergy, asthma, and immunology, 2004-2005. *Allergy Asthma Proc*. **27**, 186-196.
- Bhakdi, S. 2006. Immunopathogenesis of atherosclerosis: the Mainz hypothesis. *Med. Monatsschr. Pharm*. **29**, 356-359.
- Boquete, M., F. Carballada, F. Exposito and A. Gonzalez. 2000. Preventive immunotherapy. *Allergol. Immunopathol (Madr)*. **28**, 89-93.
- Borghesan, F and M. Plebani. 2007. Allergy diagnostics and allergist's loneliness. *Allergy Immunol. (Paris)* **39**, 114-115.
- Calvani, M and S. M. Sopo. 2007. Exercise-induced anaphylaxis caused by wheat during specific oral tolerance induction. *Ann. Allergy Asthma Immunol*. **98**, 98-99.
- Church, T. S., C. P. Earnest., J. S. Skinner and S. N. Blair. 2007. Effect of different doses of physical activity on cardiorespiratory fitness among sedentary, overweight or obese postmenopausal women with elevated blood pressure: a randomized controlled trial. *JAMA*. **297**, 2081-2091.
- Cohn, L., C. Herrick, N. Niu, R. Homer and K. Bottomly. 2001. IL-4 promotes airway eosinophilia by suppressing IFN-gamma production: defining a novel role for IFN-gamma in the regulation of allergic airway inflammation. *J. Immunol*. **166**, 2760-2767.
- Cox, L and J. R. Cohn. 2007. Duration of allergen immunotherapy in respiratory allergy: when is enough? *Ann. Res. Allergy Asthma. Immunol*. **98**, 416-426.
- Escribano, B. M., F. M. Castejon, R. Vivo, R. Santisteban, E. I. Aguera and M. D. Rubio. 2005. *Vet Commun*. **29**, 149-158.
- Febbraio, M. A. 2007. Editorial for Highlighted Topics: Exercise and Inflammation. *J. Appl. Physiol*. **19**, Epub ahead of print.
- Ferrari, M., F. Bonella, L. Benini, P. Ferrari, F. De Iorio, R. Testi and V. Locascio. 2007. Acid reflux into the esophagus does not influence exercise-induced airway narrowing in bronchial asthma. *Br. J. Sports Med*. Epub ahead of print.
- Gleeson, M. 2007. Immune function in sports exercise. *J. Appl. Physiol*. Epub ahead of print.
- Gleeson M. 2006. Immune system adaptation in elite athletes. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* **9**, 659-665.
- Gleeson, M. and N. C. Bishop. 2005. The T cell and NK cell immune response to exercise. *Ann. Transplant*. **10**, 43-48.
- Gleeson, M. 2006. Can nutrition limit exercise-induced immunodepression? *Nutr. Rev*. **64**, 119-131.
- Gomez-Cabrera, M. C., A. Martinez, G. Santangelo, F. V. Pallardo, J. Sastre and J. Vina. 2006. Oxidative stress in marathon runners: interest of antioxidant supplementation. *Br. J. Nutr. Suppl*. **1**, S31-S33.
- Hawley, J. A and F. J. Spargo. 2007. Metabolic adaptations to marathon training and racing. *Sports Med*. **37**, 328-331.
- Hilberg, T. 2007. Etiology of exercise-induced asthma: physical stress-induced transcription. *Curr. Allergy Asthma. Rep*. **7**, 27-32.
- Hinton, J. R., D. G. Rowbottom, D. Keast and A. R. Morton. 1997. Acute intensive interval training and in vitro t-lymphocyte function. *Int. J. Sports Med*. **18**, 130-135.
- Ho, W. C., W. R. Hartley, L. Myers, M. H. Lin, Y. S. Lin, C. H. Lien and R. S. Lin. 2007. Air pollution, Weather, and associated risk factors related to asthma prevalence and attack rate. *Environ Res*. Epub ahead of print.
- Hutnick, N. A., N. I. Williams, W. J. Kraemer, E. Orsega-Smith, R. H. Dixon, A. D. Bleznak and A. M. Mastro. 2005. Exercise and lymphocyte activation following chemotherapy for breast cancer. *Med. Sci. Sports Exerc*. **37**, 1827-1835.
- Johansen, O. E., T. Bjuro, K. Endresen, K. G. Blaasaas, K. Birkeland, S. Aakhus and L. Gullestad. 2007. Heart rate adjustments and analysis of recovery patterns of ST-segment depression in type 2 diabetes. *Int. Cardiol*. Epub ahead print.
- Karila, C. 2007. Exercise test for asthmatic children. For whom? What indications? *Arch. Pediatr*. Epub ahead of print.

27. Kearley, J., S. J. McMillan and C. M. Lloyd. 2007. Th2-driven, allergen-induced airway inflammation is reduced after treatment with anti-Tim-3 antibody in vivo. *J. Exp. Med.* Epub ahead of print.
28. Kim, C. H. and Y. S. Kwak. 2004. Swim Trainnig increases ovalbumin induced active systemic anaphylaxis in mice. *Immunol. Invest.* **33**, 469-480.
29. Kippelen, P., C. Caillaud, O. Coste, P. Godard and C. Prefaut. 2004. Asthma and exercise-induced bronchoconstriction in amateur endurance-trained athletes. *Int. J. Sports Med.* **25**, 130-132.
30. Kivity, S., Y. Ben Aharon, A. Man and M. Topilsky. 1990. The effect of caffeine on exercise-induced bronchoconstriction. *Chest* **97**, 1083-1085.
31. Koch, A. J., A. D. Wherry, M. C. Petersen, J. C. Johnson, M. K. Stuart and W. L. Sexton. 2007. Salivary immunoglobulin A response to a collegiate rugby game. *J. Strength Cond. Res.* **21**, 86-90.
32. Kohut, M. L and D. S. Senchina. Reversing age-associated immunosenescence via exercise. *Exerc. Immunol. Rev.* **10**, 6-41.
33. Kwak, Y. S. 2006. Effect of training on spleen and peritoneal exudate reactive oxygen species and lymphocyte proliferation by splenocytes at rest an acute bout of exercise. *J. Sports Sci.* **24**, 973-978.
34. Lenz, H. J. 2007. Management and preparedness for infusion and hypersensitivity reactions. *Oncologist* **12**, 601-609.
35. Li, T. L and M. Gleeson. 2005. The effects of carbohydrate supplementation during repeated bouts of prolonged exercise on saliva flow rate and immunoglobulin A. *J. Sports Sci.* **23**, 713-722.
36. Libicz, S., B. Mercier, N. Bigou, D. Le Gallais and F. Castex. 2006. Salivary IgA response of triathletes participating in the French Iron Tour. *Int. J. Sports Med.* **27**, 389-394.
37. Lim, C. L and Mackinnon. 2006. The roles of exercise-induced system disturbance in the pathology of heat stroke: the dual pathway model of heart stroke. *Sports Med.* **36**, 39-64.
38. Mastorakos, G., M. Pavlatou, E. Diamanti-Kandarakis and G. P. Chrousos. Exercise and the stress system. *Hormones (Athens)*. **4**, 73-89.
39. McFarlin, B. K., M. G Flynn, M. D. Phillips, L. K. Stewart and K. L. Timmerman. 2005. Chronic resistance exercise training improves natural killer cell activity in older women. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med.* **60**, 1315-1318.
40. McKune, A. J., L. L. Smith, S. J. Semple and A. A. Wade. 2005. Influence of ultra-endurance exercise on immunoglobulin isotypes and subclasses. *Br. J. Sports Med.* **39**, 665-670.
41. McMurray, R. G., F. Zaldivar, P. Galassetti, J. Larson, A. Eliakim, D. Nemet and D. M. Cooper. Cellular immunity and inflammatory mediator responses to intense in overweight children and adolescents. *J. Investig. Med.* **55**, 120-129.
42. Muscari, A., D. Sbano, L. Bastagli, G. Poggiopollini, V. Tomassetti, P. Forti, P. Boni, G. Ravaglia, M. Zoli and P. Puddu. 2005. Effect of weight loss and risk factor treatment in subjects with elevated serum C3, an inflammatory predictor of myocardial infarction. *Int. J. Cardiol.* **100**, 217-223.
43. Nieman, D. C., D. A. Henson, G. Gojanovich, J. M. Davis, E. A. Murphy, E. P Mayer, S. Pearce, C. L. Dumke, A. C. Utter, S. R. McAnulty and L. S. McAnulty. 2006. Influence of carbohydrate on immune function following 2 h cycling. *Res. Sport Med.* **14**, 225-237.
44. Nieman, D. C., D. A. Henson, M. D. Austin and V. A. Brown. 2005. Immune response to a 30-minute walk. *Med Sci Sports Exerc.* **37**, 57-62.
45. Peake, J and K. Suzuki. 2004. Neutrophil activation antioxidant supplements and exercise-induced oxidative stress. *Exerc. Immunol. Rev.* **10**, 129-141.
46. Peake, J. M., K. Suzuki, G. Wilson, M. Hordern, K. Nosaka, L. Mackinnon and J. S. Coombes. 2005. Exercise-induced muscle damage, plasma cytokines, and markers of neutrophil activation. *Med. Sci. Sports Exerc.* **37**, 737-745.
47. Phillips, A. C., V. E. Burns and J. M. Lord. 2007. Stress and exercise: Getting the balance right for aging immunity. *Exerc. Sport Sci. Rev.* **35**, 35-39.
48. Pourpak, Z., M. Mansouri, M. Mesdaghi, A. Kazemnejad and A. Farhoudi. 2004. Wheat allergy: clinical and laboratory findings. *Int. Arch. Allergy Immunol.* **133**, 168-73. Epub 2004 Feb 5.
49. Rykova, M. P., E. N. Antropova, O. L. Vinogradova and I. M. Larina. 2007. The adaptive potential of human immunity during strength training. *Fiziol. Cheloveka* **33**, 101-108.
50. Sallaoui, R., K. Chamari, M. Chtara, A. Alaranta, Y. Manai, H. Ghedira and M. Amri. 2007. Asthma in Tunisian Elite Athletes. *Int. J. Sports Med.* Epub ahead of print.
51. Scanta-Clara, H., L. Szymanski, T. Ordille and B. Fernhall. 2006. Effects of exercise training on resting metabolic rate in postmenopausal African American and Caucasian women. *Metabolism* **55**, 1358-1364.
52. Sidiropoulou, M. P., E. G. Fotiadou, V. K. Tsimaras, A. P. Zakas and N. A. Angelopoulou. 2007. The effect of interval training in children with exercise-induced asthma competing in soccer. *J. Strength Cond. Res.* **21**, 446-450.
53. Simpson, R. J., G. D. Florida-James, G. P. Whyte and K. Guy. 2006. The effects of intensive, moderate and downhill treadmill running on human blood lymphocytes expressing the adhesion/activation molecules CD54 (ICAM-1), CD18(beta2 integrin) and CD53. *Eur. J. Appl. Physiol.* **97**, 109-121.
54. Smith, L. L., A. J. McKune, S. J. Semple, E. Sibanda, H. Steel and R. Anderson. 2007. Changes in serum cytokines after repeated bouts of downhill running. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **32**, 233-240.
55. Starkie, R. L., M. Hargreaves, J. Rolland and M. A. Febbraio. 2005. Heat stress, cytokines, and the immune

- response to exercise. *Brain Behav. Immun.* **19**, 404-412.
56. Taieb, A. 2007. When and how to perform allergy tests in children and adults with atopic dermatitis. *Eur. J. Dermatol.* **17**, 263-266.
57. Unal, M., S. Erdem and G. Deniz. 2005. The effects of chronic aerobic and anaerobic exercises on lymphocyte subgroups. *Acta. Physiol. Hung.* **92**, 163-171.
58. Weibel, E. R and H. Hoppeler. 2005. Exercise-induced maximal metabolic rate scales with muscle aerobic capacity. *J. Exp. Biol.* **208**, 1635-1644.
59. Werfel, T and K. Breuer. 2004. Role of food allergy in atopic dermatitis. *Curr. Opin. Allergy Clin. Immunol.* **4**, 379-385.
60. Wood, J. A., V. J. Viera and K. T. Keylock. 2006. Exercise, inflammation, and innate immunity. *Neurol. Clin.* **24**, 585-599.
61. Woods, J. A. 2005. Physical activity, exercise, and immune function. *Brain Behav. Immun.* **19**, 369-370.