

육상선수들의 트레드밀운동 전·후 Blood Lactate, LDH, Glucose의 비교 분석

박한수 · 김모경* · 신병철¹ · 채정룡 · 조성초 · 전희영² · 김형준

군산대학교 자연과학대학원, 1: 원광대학교 한의과대학, 2: 전북대학교 교육대학원

Comparative Analysis of the Pre-Post a Treadmill Exercise on the Blood Lactate, LDH and Glucose in the Runners

Han Su Park, Mo Kyung Kim*, Byung Cheul Shin¹, Jeong Ryong Chae, Sung Cho Jo, Hee Young Jeon², Hyunng Jun Kim

Graduate School of Physical Education, Kunsan National University, 1: College of Oriental Medicine, Won-Kwang University, 2: Graduate School of Education, Chonbuk National University

The purpose of this study was to the Pre-Post submaximal exercise for analyze the Blood Lactate, LDH(Lactate Dehydrogenase) and Glucose in the runners. The subjects were 12 volunteers 6 sprinters and 6 distance runners who agreed to intention of this study. Subjects performed until possible all-out trials. Blood samples were taken from a Ante cubital vein Pre-Post exercise and every rest 5min during the all-out trial. The results obtained were summarized as follow; 1) Blood Lactate of Pre-Post exercise in treadmill test showed no significant difference between sprinters and distance runners, but showed significant in sprinters and distance respectively. 2) Serum LDH of Pre-Post exercise in treadmill test showed no significant difference between sprinters and distance runners, and that showed no significant in sprinters and distance respectively. 3) Blood Glucose of Pre-Post exercise in treadmill test showed no significant difference between sprinters and distance runners, and showed no significant in distance, but showed significant in sprinters. These data indicate first that the value of 4mmol/l, commonly referred to as OBLA(Onset of Blood Lactate), may often underestimate the upper limit of tolerance to lactate during a maximal endurance performance test until all-out. second, our date suggested that the sprinters exercise decreases serum LDH activities and the distance increases serum LDH activities. therefore serum LDH concentration changed following a different exercise. Third. for the concentration of the glucose in blood the sprinters was show to be higher. However it needs more studies to find out the relationship between this result and the fitness factor. therefor, since the runners has an intermittent characteristic which includes a frequent momentary change, it needs the fitness training that being consisted of various training. in the training method, it needs the training process which is from the whole fitness to specific fitness to improve general physical ability.

Key words : Exercise, Blood Lactate, Serum LDH, Blood Glucose, treadmill exercise, sprinters, OBLA

서론

육상의 트랙경기종목은 스피드 위주의 스프린터경기(100, 200, 300, 400m), 지구력 위주의 장거리(5000m이상), 스피드와 재구성 능력이 동시에 요구되는 중거리경기(800, 1500m) 등으로 분

류되어 있다. 이때 운동 수행 시 에너지를 생성하기 위한 근육 내에서 에너지 대사과정과 효소 작용은 매우 중요하다.

에너지 대사과정은 무산소성 대사와 유산소성 대사로 구분된다. 그 가운데에서도 무산소성 대사는 짧은 시간 동안 매우 높은 강도로 운동을 수행하고자 할 때 산소의 적절한 공급이 이루어지지 않으면서도 에너지 생성을 위해 동원된다. 이 과정에서 발휘되는 무산소성 파워는 체내에서 이미 저장된 ATP와 PC를 분해함으로써 에너지를 생성하는 과정과 Glucose를 분해하되 산

* 교신저자 : 김모경, 전북 군산시 미룡동 군산대학교 자연과학대학원

· E-mail : loolloomk@naver.com, · Tel : 011-652-3944

· 접수 : 2006/08/25 · 수정 : 2006/09/08 · 채택 : 2006/09/30

소의 이용 없이 ATP를 생성하여 에너지를 얻는 Lactate시스템의 과정으로 구성 된다¹⁾.

각종 스포츠 상황에서 야기되는 인간의 유·무산소성 시스템은 여러 효소들의 활성도와 관계있으며, 이러한 효소 활성도에 관한 연구들은 많은 연구자들에 의해 다양하게 보고되고 있다^{2,7)}.

Blood Lactate 농도의 측정 및 제거 등의 규명은 근 피로와 직결되는 근 운동의 한계 요인을 결정하는 것으로서 중요한 의미를 지니고 있다. 선수들은 트레이닝이나 경기 중에 고강도의 운동수행을 반복해야 하는 경우가 종종 있으며 이때에 많은 Lactate를 축적하게 되므로 어떻게 하면 안정상태의 수준으로 회복할 수 있는지 파악하는 것이 필요하며, 이런 맥락에서 Lactate의 신진대사는 근육활동의 회복과정에서 중요한 의미를 지니게 된다. 최대 운동 후 Blood Lactate제거는 운동 강도에 따라 무산소성 역치까지 신속하게 제거될 수 있으며, 비 단련 자 보다는 단련 자가 Lactate 제거율이 높다. 단거리 선수 보다는 중·장거리 선수가 Blood Lactate 제거가 높게 나타난다. Lactate은 운동이 끝난 후에 급속히 감소하여 60분 후에는 안정 상태로 회복된다. 또한 좋은 체력을 가진 선수일수록 운동 중 Lactate의 증가 속도가 완만하며 Lactate함량이 높아도 더 오래 견딜 수가 있다⁸⁾.

그리고 LDH(Lactate Dehydrogenase)는 근 활동 중 근세포에서 Lactate의 형성과 전환을 조절하는 것으로 알려져 있으며⁹⁾ 산화 환원 효소로서 해당과정에서 초성포도산을 환원하여 Lactate을 생성 한다¹⁰⁾. 또한, LDH는 전기영동으로 두 가지 분화와 5개의 단백질분화로 분리되는 것으로 알려졌다. LDH1과 LDH2는 주로 심근과 신장에 분포되어 유산소성대사중 Lactate을 초성포도산으로 산화시키며, LDH3, LDH4, LDH5는 근육과 간에 주로 분포되어 근육에서 무산소성 대사 중 초성포도당을 감소시켜 Lactate의 형성을 조절한다.

LDH는 혈액 내 특이성 효소로 조직에서 500배 이상 활성화하며, 각종 운동의 상황에서 동원되는 에너지 시스템을 평가할 수 있는 지표로서 에너지 대사과정 중 대사기능의 적응정도 평가¹¹⁾와, 운동 강도, 운동 지속시간, 근육 경직, 피로 회복 및 과도한 트레이닝과 근육의 조직학적 손상을 분석¹²⁾하며 효소활성도의 반응에 의한 체력 및 스트레스를 평가할 수 있는 적절한 지표가 된다¹³⁻²⁰⁾.

특히 운동이 에너지 대사에 미치는 효과는 실로 다양하고 복잡하다. 그 중에서 Glucose는 인체의 1차적인 에너지원으로서 중요한 연구 대상이 되고 있다. 운동 중에는 Glucose 사용량이 증가하게 된다. Glucose는 혈액에 의해 근육, 간 등으로 공급되기 때문에 운동 중 혈당의 변화를 관찰하는 것은 의미 있는 일이라 할 수 있다. 운동이 시작되면 처음 수 분(數分)동안은 근육에 저장되어 있는 글리코겐이 소모되고, 다음에는 혈중의 포도당과 유리지방산이 사용되며, 나중에는 유리지방산이 주 에너지원으로 사용된다.

더욱이 격렬한 운동 시에는 근 글리코겐의 급격한 고갈과 함께 극심한 피로를 보이는데 이러한 피로요인은 이미 PC의 고갈과 Lactate의 축적이 주요인이라고 밝혀졌다.

지금까지의 국내의 연구 동향으로는 국가 대표 급 운동선수의 Blood Lactate와 LDH에 관한 연구는 이미 많은 보고가 되어 있는 실정이다²¹⁻²⁴⁾. 그러나 청소년 육상선수들에 대한 과학적인

접근이 전혀 이루어져 있지 않은 실정이며 특히 청소년들을 위한 보다 과학적인 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 소년체전 단거리 선수 6명과 중거리 선수 6명을 대상으로 최대 운동 부하 전·후 육상선수들의 Blood Lactate농도와 Serum LDH 및 Blood Glucose를 분석함으로써 보다 나은 경기력 향상에 도움이 될 생리적 지표를 마련하고자 하는데 본 연구의 목적을 가진다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 전라북도 내에 있는 소년체전 육상대표선수 남학생 12명을 대상으로, 운동 선수군은 단거리 6명, 중거리 6명으로 하였다. 실험 전에 모든 피 실험자들에게 실험의 목적과 내용, 과정들을 충분히 설명하고, 본 실험에 참가의사가 있는 피험자들로 부터 입상의학적 동의서를 받았다. 연구대상자의 특성은 Table 1 과 같다.

Table 1. Physical Characteristic of Subjects

Division	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Body Fat (%)	Exercise Career (year)	HRmax	HRRest
sprinters (6)	M 11.83 SD 0.75	150.53 11.81	41.53 8.03	14.75 2.76	2.15 1.19	147.50 17.41	75.17 8.64
distance runners (6)	M 12.33 SD 0.52	147.78 7.09	38.18 4.05	14.93 2.16	1.77 0.29	150.67 29.26	74.50 6.77

2. 연구방법

1) 운동부하 강도 설정

본 실험에 들어가기 전에 각 대상자들에게 개인별 점증 운동 부하를 결정하기 위하여 신장(신장계측기, 삼화(주), Korea) 체중(체중계, 데스콤, Korea)을 측정한 후 다단계 점증부하를 이용한 트레드밀(Treadmill, HM50EX, Korea) 운동을 실시하고, 운동 중 메타맥스(Metamax, Cortex. co, Germany)를 이용하여 최대 심박수를 측정하여 본 실험 시 각 피험자별 고유 운동 강도를 설정하였다.

2) 최대운동 부하 검사

모든 측정은 온도와 습도가 동일한 조건의 실험실에서 실험 장비로 실시하였다. 운동부하 방법은 Treadmill을 이용하여 실시하였으며 피험자는 Treadmill 위에서 의자에 앉아 10분간(표시계, Seiko, Japan) 안정을 취한 후 지속적 최대 운동 부하 방법을 실시하였다. 트레드밀에서 10분간 걷기를 한 후 예비 실험에서 얻은 개인별 최대 심박수를 이용하여 60%에 해당하는 수준에서 시작하여 All-out 상태까지 실시하고, 30초마다 모니터링(monitering)하였다.

3) 채혈 및 혈액분석

혈액의 생화학적 분석을 위해 상완의 주전 정맥(Antecubital vein)에서 1회용 주사기로 매회 1.5cc씩을 운동 시작 전, 운동직 후, 회복기 5분, 회복기 10분 총 4회에 걸쳐 채혈을 하였다. 이때 운동 시작 전 채혈은 10분간 의자에 앉아 안정을 취한 후 하였다. 채혈한 혈액은 생리학 실험실에서 바로 원심 분리기(DW-41,

U.S.A)를 이용하여 3000rpm으로 약 10분 동안 원심분리를 하였으며 분리된 혈액은 혈액분석기(DT60II, U.S.A)에 의해 Blood Lactate, Serum LDH, Blood Glucose가 분석 되었다.

3. 통계처리

이 연구의 자료 처리는 SPSS win 10.0 Program 으로 측정된 변인의 평균과 표준편차(M±SD)를 산출하였으며 집단 내 각각의 운동 전, 운동 직후, 운동 후 회복기에 대한 유의성은 paired t-test를 이용하였으며 양 집단 간의 유의성은 unpaired t-test를 이용하였다. 통계수준은 p값이 0.05 미만인 경우 통계적 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

결 과

1. Blood Lactate의 변화

본 연구결과에서 나타난 육상 단거리, 중거리 선수들의 Blood Lactate 측정결과는 Table 2에서 보는 바와 같다.

Table 2에 나타난 바와 같이 단거리선수에 있어서 Blood Lactate의 농도가 안정 시에 2.55±0.26mmol/ℓ, 운동 직후 5.40±1.87mmol/ℓ, 운동 후 5분 4.14±1.35mmol/ℓ, 운동 후 10분 3.13±0.78mmol/ℓ로 나타났으며, 중거리 선수의 경우는 안정 시 2.18±0.75mmol/ℓ, 운동 직후 4.19±1.35mmol/ℓ, 운동 후 5분 3.20±0.98mmol/ℓ, 운동 후 10분 2.77±0.51mmol/ℓ로 나타났다. 단거리 선수와 중거리 선수 모두 운동 전·후 각각 t값이 3.849와 6.233으로 집단 내에서는 유의한(p<.05)차이가 있었으나 집단 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 2. Changes of Blood Lactate after Exercise in Sprinter and Distance Runner (mmol/ℓ) * p < 0.05

Division	Rest	Immediately	After 5 minute	After 10 minute	t-value	p
sprinters	2.55 ±0.26	5.40 ±1.87	4.14 ±1.35	3.13 ±0.78	3.849	0.025 *
distance runners	2.18 ±0.75	4.19 ±1.35	3.20 ±0.98	2.77 ±0.51	6.233	0.004 *
Difference	0.37	0.49	0.4	0.37		
t-value	1.283	0.236	0.346	0.932	0.871	0.356
p	0.284	0.619	0.569	0.357		

2. Serum LDH의 변화

본 연구결과에서 나타난 육상 단거리, 중거리 선수들의 Serum LDH 측정결과는 Table 3에서 보는 바와 같다.

Table 3. Changes of Serum LDH after Exercise in Sprinter and Distance Runner (u/ℓ) * Significantly Different Between Sprinter and Distance Runner (p<.05)

Division	Rest	Immediately	After 5 minute	After 10 minute	t-value	p
sprinters	849.33 ±138.22	826.00 ±138.62	828.17 ±113.71	704.67 ±315.23	0.975	0.424
distance runners	625.67 ±69.17	745.50 ±122.88	767.67 ±174.29	708.83 ±69.94	1.703	0.199
Difference	223.67	80.5	60.5	-4.17		
t-value	12.561	1.133	0.507	0.001	3.810	0.057
p	0.005	0.312	0.493	0.975		

Table 3에 나타난 바와 같이 단거리선수에 있어서 Serum LDH의 농도가 안정 시 849.33±138.22u/ℓ, 운동 직후 826.00±138.62u/ℓ, 운동 후 5분 828.17±113.71u/ℓ, 운동 후 10분 704.67±315.23u/ℓ로 나타났으며, 중거리 선수의 경우는 안정 시 625.67±69.168u/ℓ, 운동 직후 745.50±122.87u/ℓ, 운동 후 5분 767.67±174.29u/ℓ, 운동 후 10분 708.83±69.94u/ℓ로 나타났다. 단거리 선수와 중거리 선수 모두 운동 전·후 각각 t값이 0.975와 1.703으로 집단 내에서는 유의한(p>.05)차이가 없었고, 집단 간에도 유의한(p>.05) 차이가 없는 것으로 나타났다.

3. Blood Glucose의 변화

본 연구결과에서 나타난 육상 단거리, 중거리 선수들의 Blood Glucose 측정결과는 Table 4에서 보는 바와 같다.

Table 4에 나타난 바와 같이 단거리선수에 있어서 Blood Glucose의 농도가 안정 시 113.67±7.23mg/dℓ, 운동 직후 150.33±18.53mg/dℓ, 운동 후5분 145.67±18.07mg/dℓ, 운동 후10분 139.67±16.01mg/dℓ로 나타났으며, 중거리 선수의 경우는 안정 시 0.83±9.58mg/dℓ, 운동 직후 158.33±21.56mg/dℓ, 운동 후 5분 159.50±25.91mg/dℓ, 운동 후 10분 153.83±26.94mg/dℓ로 나타났다. 운동 전·후 단거리의 선수의 경우 t값이 5.325로 통계적으로 유의한 차이가 있었으나 중거리 선수의 경우에는 t값이 3.072로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 집단 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 4. Changes of Blood Glucose after Exercise in Sprinter and Distance Runner (mg/dℓ) * p < 0.05

Division	Rest	Immediately	After 5 minute	After 10 minute	t-value	p
sprinters	113.67 ±7.23	150.33 ±18.53	145.67 ±18.07	139.67 ±16.01	5.325	0.007 *
distance runners	110.83 ±9.58	158.33 ±21.56	159.50 ±25.91	153.83 ±26.94	3.072	0.051
Difference	2.84	-8	-13.84	85.84		
t-value	0.334	0.475	1.150	1.158	0.715	0.402
p	0.576	0.506	0.309	0.307		

고 찰

Lactate는 운동의 형태와 강도에 따라 근육활동 중 Glucose의 무산소적 대사(anaerobic metabolism)에 의해서 초성포도당으로부터 생성되는 해당과정의 부산물로서 혈액과 근육 속에 축적된다²⁹⁾.

운동수행에 따른 Blood Lactate농도의 변화는 주 에너지시스템에 근거한 운동형태 따라서 다양한 변화를 나타내며, 운동수행에 따른 근육내의 산성화현상 및 피로현상의 적절한 분석지표로 제시되어 왔다. 특히 점증적인 최대 운동부하 후 회복기의 변화는 운동능력과 관련된 심폐기능 판단지표로 널리 보고된 바 있다. Blood Lactate 농도는 정상휴식상태에서 1.2mmol/ℓ 이하이고 짧은 시간 동안의 최대 운동 후 11.0mmol/ℓ에 까지 이르며²⁶⁾, 이때 근 조직 내의 Lactate 농도는 22.8mmol/ℓ에 이른다 고 한다. 근육운동 후 근조직에 축적되는 Lactate은 혈관 이완작용에 중요한 역할을 하며 근조직에 대사성산증을 일으키거나 또는 근육에 통증을 유발하기도 한다고 한다²⁷⁾. H⁺의 증가는 근육

의 흥분 수축 결합 시에 Troponin과 결합하는 Ca의 수를 감소시킴에 따라 actin과 myosin의 접촉부위를 감소시키며 이로 인하여 수축력이 감소하게 된다.

운동 중 Lactate의 생성과 제거는 운동 강도, 운동 지속시간, 식사, 글리코겐 농도 등의 영향을 받기 때문에 혈중 농도의 해석은 신중할 필요가 있는데, 일반적으로 최대 하 운동 시의 Blood Lactate는 훈련 자가 비 훈련자보다 낮게 나타나지만 최대 운동 시에는 훈련 자가 더욱 높게 나타난다. 이는 짧은 시간에 최대 운동부하를 가했을 경우 Lactate 시스템의 에너지 대사 능력이 우수하다는 것을 의미하는 것이다.

점증적 최대운동 후 회복기의 Blood Lactate농도 최고치의 경우 운동지속시간의 연장에 의해서 부하된 운동 강도와 운동량이 증가함에 따라서 높게 나타날 것으로 예측될 수 있다. 그러나 이러한 경향을 점증적 최대 운동 시의 운동부하를 수행할 수 있는 능력에 의한 개인차가 영향을 미치기 때문에 일관성 있는 결과를 나타내지 않는 경우도 있다. 그러나 본 연구에서는 단거리 선수군이 장거리 선수군에 비하여 운동 시 높은 Blood Lactate 농도를 나타냈는데 이러한 변화를 보인 것은 에너지 대사 측면에서 장거리 선수들이 단거리 선수들의 경우보다 운동 적응 현상에 따른 에너지 대사 능력의 상대적 우수성에 기인한 것으로 사료된다.

체내에서 필요한 산소가 충분히 공급되면 유산소 대사(aerobic metabolism)에서 ATP가 생성되어 에너지로 이용되지만, 체내에서 필요한 산소 양 보다 공급되는 양이 부족할 때는 무 산소 대사(anaerobic metabolism)를 통해 ATP가 생성되어 에너지로 이용된다. Lactate는 포도당의 무 산소 대사에 의해 생성되는 것으로 운동 중에 근육세포의 ATP요구가 미토콘드리아(mitochondria)에서 재합성 되는 양을 초과할 경우에 생성 된다²¹⁾. 운동 시 산소 공급이 부족할 때는 Glucose가 TCA Cycle로 들어가지 않고 바로 Pyruvate에서 Ractate로 전환되면서 무산소성 에너지가 생성되며 이때 생성된 Ractate는 운동 중 및 운동 후 회복 시 혈액으로 방출된 후 간에 이동되어 다시 당 신생(Gluconeogenesis)에 이동된다. 또 일부의 Lactate는 근육에서 Pyruvate로 다시 전환되어 한 개의 아미노산을 받아 Alanin으로 변환되고 혈액으로 방출되어 간에서 재이용되게 된다. 따라서 근육에 축적되는 Lactate의 양을 줄이기 위해서는 근육의 Lactate를 빨리 간으로 이동시키는 방법, 근육을 생성 화 시키지 않고 Alanin으로 변화시키는 것이 유효하다.

오래전부터 운동생리 학자들은 운동 중 세포내 대사산물의 하나로 Lactate의 축적으로 인한 인체의 산성화가 운동수행을 저해한다고 하는 사실에 대해서 광범위하게 논의하고 있다.

그러나 이러한 현상은 운동 강도가 강하면 강할수록 상대적으로 인체에 공급되는 산소의 양이 요구량을 충족시켜 주지 못하므로 무산소성 해당과정의 산물로 많은 양의 Lactate 축적되기 시작하지만 운동 강도가 약해지면 Lactate의 축적량에 비해서 제거 비율이 상대적으로 높기 때문에 당 신생작용과 초산포도산으로 전환되어 계속해서 유산소적 대사에 참여하여 에너지원으로 사용되어 Lactate의 축적량이 적게 나타나게 된다. 이러한 사실로 미루어 볼 때 운동 중 Blood Lactate의 축적은 운동 강도에 비

례한다고 볼 수 있다. 무산소성 운동부하에서는 Blood Lactate량이 급격히 증가하는 반면, 운동 강도가 낮고 운동을 오랫동안 지속할 수 있는 유산소성 운동부하에서는 일정한 형태를 유지하면서 Blood Lactate 축적강도가 매우 낮고, 거의 일정한 상태로 계속해서 유지된다고 할 수 있다.

운동직후의 Blood Lactate 생성 및 제거에 대한 보고에 의하면 가장 높은 혈중 Blood Lactate는 지칠 정도의 운동에서 나타났다고 했으며 또한, 일반인일 경우는 50~60% VO₂max의 운동 강도에서, 지구성 운동선수들의 경우는 70~90% VO₂max의 운동 강도를 경계로 비례 관계적으로 증가하는 것으로 나타났다²⁸⁾.

Blood Lactate의 증가가 운동직후보다 회복 3~5분 후에 최고치를 보이는데 이 낮은 발현은 수축근육에서 어느 정도 이상의 Lactate가 축적되어 혈액으로 방출하는 한계농도에 달하기까지는 시간이 걸리기 때문이며²⁹⁾ 운동 중에 근육으로 확산 및 신체내의 재분배에 시간이 걸리기 때문이다. Blood Lactate 제거가 완료되려면 최소한 60분 이상 소용되므로, 본 연구에서도 회복기 10분에 Blood Lactate농도가 안정 시 상태로 돌아오지 않았으며 빠른 회복을 위해서는 운동 후 정적휴식보다 가벼운 운동을 할 때 더 빨리 제거된다고 한다. 이것은 Blood Lactate가 간으로 이동됨을 촉진하므로, 당원질 전환의 급속한 재분배, 심장에 의한 Lactate이용의 증가, 활동근육의 연료로서의 Lactate변화의 증가 때문이라고 생각 된다³⁰⁾.

또한, 단련된 지구성 운동 선수군의 Blood Lactate 회복율이 비지구성 운동선수 군에 비해 빠르며, 단거리 선수보다는 중거리 선수가 Blood Lactate 농도의 제거가 높게 나타난다³¹⁾. 본 연구에서도 지구성 운동을 지속적으로 실시한 중거리 선수 집단이 단거리 선수집단보다 운동 후 Blood Lactate 회복율이 높게 나타나 선행 연구와 일치하였다.

LDH는 에너지 대사측면에서 Pyruvic Acid와 Lactic Acid간의 가역적 전환에 관여하여 촉매작용을 하며, 변환효소(transaminase)의 경우와 마찬가지로 풍부히 내포한 조직이 파괴될 때 혈액 중으로 흘러나와서 Serum LDH가 증가하게 되는데 이러한 근육 내 LDH는 운동 훈련에 의하여 영향을 받는데, 중장거리주자와 비 운동 훈련의 여자에서는 LDH 활성이 낮고 단거리주자에서는 높은 결과가 나왔다고 보고하였으며, 속근섬유를 가진 사람에게는 낮았다고 보고하여 운동 형태에 따라라도 근육의 LDH활성에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며³²⁾, 운동의 강도와 기간에 따른 LDH활성도를 평가하여 운동으로 인한 근육 효소 유출이 운동의 기간에서보다는 운동의 강도에 따라 더욱 큰 영향을 받는다고 보고되었다³³⁾. 또한 농구선수를 대상으로 12주간의 비타민 B complex와 C를 섭취한 후 LDH와 크레아틴인산효소활성에 변화가 있었다고 보고한 내용에서 보면 효소 활성도는 운동뿐만 아니라 여러 요인에 의해 변화 한다고 보고 하였다³⁴⁾. 따라서 본 연구 결과 단거리 선수보다 중거리 선수의 경우 낮게 나타났는데 이는 운동 형태에 따라 근육의 LDH 활성에 영향을 미친다는 여러 연구결과와 일치되는 것이다.

또한, 효소는 인체에서 화학반응을 원활하게 하는 촉매작용을 한다. 그리고 혈청효소는 근세포에서 일어나는 대사 작용을

간접적으로 알 수 있는 지표이다. LDH는 장시간의 신체운동에 의해 혈청농도가 증가함으로써 신체 및 근세포의 손상 정도를 나타내는 자료로 활용할 수 있을 뿐만 아니라 신체의 단련 정도에 따라 다른 양상을 보이는 것으로 나타났는데 이는 본 연구결과에서도 일치 되어 나타난 것을 볼 수 있다.

한편, 낮은 강도의 운동에서 운동 시간이 증가하면 지방의 의존도가 높아지며, 지방은 4~6시간 지속되는 중정도 운동 강도에 필요한 에너지의 70%를 공급 한다³⁵⁾. 보통 운동 시간이 증가함에 따라 힘이 들기 때문에 운동 강도를 감소 시켜야 한다. 이 경우에 운동에 필요한 에너지의 대부분을 지방으로 공급하는데 이것은 근 글리코겐(glycogen) 저장량이 낮을 때에도 마찬가지이다. 결국 지방은 유산소능력 60%이하의 운동 강도에서 동원 된다³⁶⁾.

운동 시 효소의 변화는 체력을 평가하는 생화학적 지표를 나타낼 수 있어 체력과 운동의 효과를 알 수 있는 지표로 활용될 수 있다.

LDH의 증가는 심근의 손상 정도를 나타내며, 마라톤 선수가 사이클 선수보다 Serum LDH의 농도가 유의하게 증가하였고 비혈장 특이성 효소인 LDH와 효소 활성 변화는 Lactate대사를 중심으로 한 무산소성대사의 활성 지표 및 운동수행에 따른 근육 상해를 포함하는 지표로서 관련성이 높다고 하였다³⁷⁾.

따라서, 유·무산소성 운동의 경우 인체의 생리학적 변인들인 심박수, 최대산소섭취량 및 활동근 에서 일어나는 상태를 간접적으로 나타내는 Lactate, 혈중 효소의 활성도 변화 등을 측정하여 운동에 필요한 에너지 공급능력 향상을 위한 에너지 생산 과정인 유산소성과 무산소성 에너지 동원관계를 고려하여 트레이닝 방법을 설정해야 한다.

여러 효소 중 에너지 대사에 관여하는 NAD는 해당과정에 의해 ATP를 생성하는 필수 효소로서 해당과정의 최종단계에서 초성포도산을 이용하여 NADH를 산화하고 NAD를 환원하는 즉 당질의 이화 및 동화작용이 평형을 이루는 역할을 하고 있기 때문에 LDH는 무 산소 작업능력과 상관이 있는 Blood Lactate의 연구에 큰 관심을 기울이고 있다³⁸⁾.

이상의 결과를 토대로 본 연구결과를 비교하여 볼 때 이는 종목 간 차이는 있지만 종류 간에는 큰 차이가 없는 것으로 사료된다. Serum LDH 의 변화를 살펴보면 단거리 선수와 중거리 선수 모두 운동 전·후 집단 간에도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Glucose는 식물계에 다량으로 존재하는 육탄당으로 에너지의 원천이며 물이 존재하는데 가장 중요한 생리적 기능을 가지고 있다. 그리고 글리코겐은 에너지원으로 쉽게 동원될 수 있는 Glucose의 저장 형태이다.

Glucose는 음식을 섭취한 다당류가 소화효소의 작용으로 분해되고 소장 상부에서 흡수되어 간으로 운반된다. Blood Glucose 농도는 장에서 흡수, 간에서 재생과 글리코겐의 합성과 분해, 말초조직에서 Glucose 이용, 신장에서 배설을 함으로써 균형이 이루어진다. 즉, 인슐린은 Glucose 농도를 감소시키고, 글루카곤, 에피네프린, 성장호르몬, 부신피질 호르몬, 부신피질자극 호르몬(ACTH), 갑상선 호르몬 등은 Blood Glucose 농도를 증가시키는 작용을 하고, 이들은 상호작용으로 Blood Glucose 농도

는 미세하게 조절 된다³⁹⁾. 정상 혈중에 존재하는 Glucose는 공복 시 60~110 mg/dl 이고 기타 당으로는 과당, 갈락토오스, 미노스, 락토오스 등이 미량으로 존재한다. Glucose 양은 운동 및 스트레스에 따라 변화한다. 단시간에 과도한 운동을 할 경우, 일시적으로 Blood Glucose의 양이 높게 나타나지만 장시간 운동을 할 경우 오히려 저하된다. Glucose의 양은 식사를 하는데 따라 변하고, 혈당은 식사의 섭취에 따라 변화한다. 혈당은 당질의 양과 체취시간에 따라 다르고 건강한 사람의 혈당은 공복 시 혈당보다 20~60 mg/dl 정도 증가한다. Glucose 양은 체액 및 측정 물질에 따라 변한다. 체액은 정맥혈, 동맥혈, 및 모세혈관에 따라 다르고 음식물 섭취여부에 따라서도 다르다. 동맥혈은 모세혈관과 정맥혈보다 혈당이 높고, 공복 시에는 동맥과 정맥혈당의 차이가 10 mg/dl 전후지만 식후에는 그 차이가 현저하여 20~50 mg/dl 이다. 또는 혈소판과 혈장 그리고 혈청에서의 혈당량은 혈장이 혈소판 보다 약 10~15% 높은 양을 나타낸다.

운동 시 근육의 혈당 이용률은 혈중 혈당농도, 호르몬 수준 및 운동 강도에 따라 다르다고 하였다. 즉, 혈중 혈당 농도가 높을수록, 인슐린과 같이 혈당 저하를 자극하는 호르몬들의 수준이 높을수록 그리고 운동 강도가 높을수록 근육 내 혈당 이용률은 높은 것으로 알려져 있다. 운동선수가 심폐기능 및 혈중 혈당과 Blood Lactate에 관한 연구에 따르면 체조선수와 축구선수를 비교하여 운동 전 혈중 혈당농도는 유의한 차이를 보이지 않았고 운동 후 혈당 농도는 유의한 차이를 보이고 있다고 하였다⁴⁰⁾. 또한, 수상스키 운동 전·후 수상스키 선수와 비 선수간의 Blood Lactate 및 Glucose 농도 변화에 관한 연구는 수상스키 운동 전 수상스키 선수와 비 선수 사이의 혈중 Glucose 농도는 유의한 차이를 보였으나, 운동 후 두 집단 간에 Blood Glucose 농도는 유의한 차이를 보이지 않았다⁴¹⁾.

본 연구서도 선행연구와 마찬가지로 단거리 선수와 중거리 선수 모두 운동 전·후 집단 내에서는 유의한(p<.05) 차이가 있었고, 집단 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이는 에너지 대사와 관계있는 물질인 Blood Lactate, Serum LDH와 함께 운동 종목 특성에 따라 Blood Glucose도 변화 되는 것으로 보아 각 종목별 특성에 맞는 훈련방법 채택 실시하는 것이 초등학교 육상선수들을 육성하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

이상의 연구를 종합해 볼 때 피험자가 다른 성장기의 일반 초등학교 학생들과 운동선수와는 어떤 차이가 있는지 비교하는 차원에서 지속적인 연구가 필요하며, 피험자들의 성별, 연령, 신체적 특성 등 다양한 변인들을 고려한 지속적인 관찰과 연구가 계속되어야 할 것이다. 또한, 어린 선수들을 장기적으로 육성하기 위해서는 육상 종목별 특성에 맞는 훈련 방법을 개발하여 적용해야 할 것으로 사료된다.

결 론

본 연구는 소년체전 육상 대표선수 중 단거리 선수, 중거리 선수 각각 6명씩 총 12명을 대상으로 K대학교 생리학 실험실에서 트레이닝을 이용하여 최대 운동 부하 실험을 통하여 All-out

상태까지 운동을 수행한 후 안정 시, 운동 직후, 운동 후 5분, 운동 후 10분에 혈액을 채혈하여 Blood Lactate, Serum LDH, Blood Glucose의 변화를 분석하였다.

Blood Lactate의 경우에는 단거리 선수와 중거리 선수 모두 운동 전·후 집단 내에서는 유의한($p<.05$) 차이가 있었으나 집단 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Serum LDH의 경우에는 단거리 선수와 중거리 선수 모두 운동 전·후 집단 내, 집단 간에도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Blood Glucose의 경우에는 운동 전·후 단거리 선수의 경우 유의한 차이가 있었으나($p<.05$) 중거리 선수의 경우에는 유의한 차이가 있었고, 집단 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 김성수, 정일규. 운동생리학. 서울, 대경북스. p 55, 56, 2001.
2. Mashiko, T., Umeda, T., Nakaji, S., Sugawara, K. Position related analysis of the appearance of and relationship between post-match physical and mental fatigue in university rugby football players. *Br J Sports Med.* 38(5):617-621, 2004.
3. 성봉주. 온도 차이가 트레이드밀 달리기 시 CK와 LDH변화에 미치는 영향. *한국체육학회지* 43(5):281-288, 2004.
4. 장재훈. 운동 부하검사 시 중년여성의 유산소 체력과 혈중 젖산농도의 변화. *한국스포츠리서치* 15(5):2171-2179, 2004.
5. 김미영. 유산소 운동이 뇌성마비아의 혈장 LDH 동위효소와 CPK 농도에 미치는 영향. 단국대학교 석사학위논문, 2004.
6. 김원중, 황명훈. 온도변화에 따른 지구성운동이 Serum FFA, Glucose농도와 에너지소비에 미치는 영향. *한국체육학회지* 43(5):231-241, 2004.
7. Kobayashi, Y., Takeuchi, T., Hosoi, T., Yoshizaki, H., Loeppky, J.A. Effect of a marathon run on serum lipoproteins, creatine kinase, and lactate dehydrogenase in recreational runners. *Res Q Exerc Sport.* 76(4):450-455, 2005.
8. 정성태. 체육의 생리학적 기초. 서울, 동화문화사. pp 21-290, 1978.
9. Everse, J., Kaplan, N.O. Mechanisms of action and biological function of various dehydrogenase isozymes. In. *Isozymes. physiological function*, Ed bu C.L. Markert: New York, Academic. pp 29-44, 1975.
10. Murry, R.K, Mayes, P.A, Granner, D.K., Rodwell, V.W. *Harper's Biochemistry.*, London: prentice-Hall International Inc. pp 103-166, 1990.
11. Hooloszy, J.O., Booth, F.W. Biochemecal adaptationto endurance exercise in muscle. *Ann. Rev. physiol* 22(4):623-627, 1976.
12. Apple, P.F., Rogers, M.A. Skeletal muscle lactate dehydrogenase isozyme alterations in men and women marathon runners. *J. Applex. physiol* 61(2):477-481, 1986.
13. Roti, S., Iori, E., Guiducci, R., Emanuele, G., Robuschi, P., Bandini, A., Gnudi, E.R. Serum concentrations of myoglobin, creatine phosphokinase and lactic dehydrogenase after exercise in trained and untrained athletes. *J. Sport. Med* 21: 113-118, 1981.
14. Costill, D. L., Barnett, A., Sharp, R., Fink, W., Katz., A. Leg muscle pH following sprint running. *Med. Sci. Sports Exer* 15, 1983.
15. Jacobs, I, Blood lactate. Implications for training and sports performance. *Sports Med* 3: 1025, 1986.
16. Ohkuwa, T., Miyamura, M. Plasma LDH activity and LDH isozymes after 400m and 3000m runs in sprint long distance runner. *Journal of sports Med* 26: 362-368, 1986.
17. 김기진. 근대 5종 및 태권도 선수의 심폐기능과 운동 유형별 혈중 젖산 및 암모니아 농도변화의 비교. *한국체육학회지* 40(1):481-489, 2001.
18. 박영진. 무도종목 선수들의 무산소성 능력 및 혈중 피로물질 변화에 관한 연구 *한국안전교육학회지* 5(2):59-71, 2002.
19. 이용진. 근피로 유발 후 냉 요법이 혈중 암모니아의 변화에 미치는 영향. *한국체육학회지* 42(5):697-705, 2003.
20. 김정규, 문희원. 평지와 내리막 달리기 운동에 따른 혈중 암모니아와 젖산 농도변화가 운동 후 CK 활성 및 호르몬 변화에 미치는 영향. *한국체육학회지* 43(4):369-378, 2004.
21. 이원재. 목표 심박수 운동 시 젖산축적과 운동 지속시간이 운동 능력에 미치는 영향. *경북대학교 의과대학 논문집.* 28(2): 1-10, 1987.
22. 정소영. 다양한 회복 조건이 상지 및 하지의 최대 운동에 따른 유산 제거율과 제2의 고강도 운동수행에 미치는 영향. *한양대학교 이학 박사 학위 논문*, 1989.
23. 강영석. 유산소성 능력과 회복능력. *한국 체육 학회지* 28(1): 1331-1336, 1989.
24. 최재현. 근대5종선수의 수영과 달리기 시 동일 심박수에 따른 혈중젖산, 젖산탈수소효소, 암모니아의 비교분석. *한국 체육학회지* 44(3):843-853, 2005.
25. 박정호. 최대하 운동부하 방법의 차이가 혈당 및 혈중 젖산 농도에 미치는 영향. *군산대학교 교육대학원 석사학위논문.* 1999.
26. Karlsson, J., Saltin, B. Oxygen deficit and muscle metabolities in intermitent exercise. *Acta. Physiol. Scand* 358, 79-82, 1970.
27. Moore, R.M. Some experimental observations relating to visceral pain. *Surgery* 3: 534, 1938.
28. Karlsson, J. Lactate and phosphagen caocentrations in coorking muscle of man. *Acta physiol. scand. Suppl* 358, 1971.
29. 김종열. *체육생리학.* 서울, 형설출판사. pp 26-330, 1976.
30. Gisolfi, C., Robinson, S., Turrell, E.S, Effects of aerobic work performed during recovery from exhausting work *J Appel physiol* 21(6):1767-1772, 1996.
31. Berger, R.A. *Applied Exercise physiology* .Philadelphia: Lea and Febiger. p 264, 1982.

32. Costill, D.L., Daniels, J., Evans, W., Fink, W., Krahenbuhl, G., Saltin, B. Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athlete. *J Appl physiol* 40: 149-154, 1976.
33. Harms, S.J., Hickson, P.C. Skeletal muscle mitochondria and myoglobin endurance and intensity of training. *J. Appl. Physiol* 54: 798-808, 1983.
34. 백영호, 염원상, 김세종. 고교농구선수의 비타민 B복합체 및 C섭취 시 혈중 젖산농도, LDH, CPK, 전해질 및 면역체계의 변화. *운동영양학회지* 4(1):61-70, 2000.
35. Mcardle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L. *Exercise physiology; Energy, Nutrition, and Human Performance*. 4th edition, Lea & Febiger, 1996.
36. Astrand, P.O., Rodahl. *Textbook of work physiological bases of exercise*. New York, McGraw-Hill, 1986.
37. Janssen, G.M., Kuipers, H., Willems, G.M., Does, R.J., Janssen, M.P. Geurten, P. Plasma activity of muscle enzymes: quantification of skeletal muscle damage and relationship with metabolic variables. *International Journal of Sports Medicine*. 10 Suppl 3:160-168, 1989.
38. 김우규, 윤영학, 성혜련. 태권도 경기 시 젖산, LDH 및 CPK의 변화에 관한 연구, *대한스포츠의학회지* 17(1):129-130, 1999.
39. 하태복. 준비운동 시간에 따른 태권도 선수의 체급별 경기 후 혈중 글루코스, 젖산 농도변화에 관한 연구. 부산외국어대학교 교육대학원 석사학위 논문, 2001.
40. 박상찬. 운동선수의 심폐기능 및 혈중 혈당과 젖산에 관한 연구. 경희대학교 대학원 석사학위논문, 2000.
41. 정상훈. 수상스키 운동 전·후 수상스키 선수와 비 선수간의 혈중젖산 및 글루코스 농도 변화에 관한 연구. 부산외국어대 석사학위논문, 2002.