

인삼이 운동을 부하한 근 조직의 대사활동에 미치는 영향

순천향대학교 의과대학 정형외과학교실

주재욱 · 나수균 · 최창욱 · 김학현

고려대학교 의과대학 생리학교실

박승화 · 홍승길

= Abstract =

The Effects on Muscle Metabolism by Ginseng in the Rat

J.O. Joo, M.D., S.K. Rah, M.D., C.U. Choi, M.D. and H.H. Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, S.C.H. College

S.H. Park, M.S., S.K. Hong, M.D.

Department of Physiology, College of Medicine, Korea University

Changes in volume of muscular oxygen consumption and content of lactate concentration and activity of lactate dehydrogenase were determined in rats that had been injected ginseng (20mg/Kg/day) for 10 days and another group had been injected nothing. Both groups had been performed exhausting exercise of running treadmill (3.6 Km/hr) for 1 hr.

The oxygen consumption in muscle were measured by Warburg method, and lactate content in muscle were measured by Braker and Summerson method and activity of lactate dehydrogenase were measured by Cabaud and Wroblewski method.

1. Content of lactate

In control group and ginseng group, the lactate concentration were 51.44 ± 14.00 ($M \pm S.D.$)mg% and 31.06 ± 10.48 ($M \pm S.D.$)mg% respectively.

2. Activity of lactic dehydrogenase

In control group and ginseng group, the activity of lactic dehydrogenase were 716.07 ± 76.88 ($M \pm S.D.$) Unit/ml and 687.27 ± 124.26 ($M \pm S.D.$) Unit/ml respectively.

3. O₂ Consumption

In control group and ginseng group, the O₂ consumption in muscle tissue were 1.00 ± 0.24 ($M \pm S.D.$) $\mu 10\text{g}/\text{mg}.\text{hr}.$ and 1.12 ± 0.31 ($M \pm S.D.$) $\mu 10\text{g}/\text{mg}.\text{hr}.$ respectively.

Key Words: Muscle Metabolism, Ginseng in the Rat.

1. 서 론

신체 운동의 결과 우리 체내의 각 조직에서는 대사활동이 활발해짐으로써 많은 에너지가 생성될 뿐만 아니

라 대사 종산물로서 젖산이 형성된다는 사실은 이미 잘 알려진바 있다²²⁾.

안정상태의 근육 내에는 근수축 에너지원으로 ATP와 CP(creatine phosphate)가 축적되어 있어 근육이 운동을 하게되면 화학적으로 결합되어 있는 에너지는 기계적

에너지로 전환되어 체내에 축적되어 있는 에너지를 소모하여 많은 양의 ATP를 필요로 하게된다²⁷⁾. 운동으로 인해 근육의 O₂의 공급양이 많아지면 세포질내의 사립체내에서는 산화적 인산화 과정을 통해 ATP의 재합성이 활발해지고 혐기성 해당과정을 통해서도 적은 양이지만 ATP가 재합성된다¹⁸⁾.

한편 운동을 하고 있는 골격근에서는 산소부족으로 인해 젖산형성이 증가되며²⁰⁾ 이는 무산소 상태나¹⁹⁾ 또는 동맥혈류의 장애가 있을때에도³²⁾ 증가된다고 한다. Hukabee²³⁾에 의하면 젖산형성과정에서는 효소들이 관여하는바 혐기성 해당과정의 결과 생성된 초성포도산 염은 사립체내에 존재하는 NADH (dehydronicotinamide adenine dinucleotide)와 결합한후 LDH (lactate dehydrogenase)에 의해 환원되어 젖산과 NAD (nicotinamide adenine dinucleotide)를 형성한다고 한다.

운동으로 인해 골격근내 축적되는 젖산량은 운동을 시작후 1~7분후에 가장 증가하며 운동이 계속됨에 따라 젖산의 양은 더 이상 증가되지 않을뿐더러 오랜시간 동안 계속할 경우 오히려 감소된다고 한다³⁷⁾.

또한 2~4시간동안 계속된 운동의 결과 혈액내 젖산농도는 감소되었으나 골격근내 젖산농도는 정상치를 유지하였으며²⁵⁾ Astrand¹³⁾ 등은 골격근과 혈액내에 젖산량 변동을 본바 골격근내에서의 젖산량은 혈액에서 보다 약 2~3배 가량 증가한다고 보고 하였다. 그러나, 이러한 차이가 생기는 생체내에서의 기전에 대해서는 아직도 미상이다.

근육운동 대사에서 젖산의 형성을 촉매하는 LDH는 조직세포의 대사활동이 증가하여 산소가 부족하게 되면 젖산과 함께 상당량 증가한다고 밝혀져 LDH로 근육피로에 있어서 중요한 인자라고 주장되고 있다²¹⁾.

최근에 이르러서는 LDH 활성도를 조정함에 따라 젖산량의 변동을 측정하는 방법이 사용되고 있으며 혈액에 LDH와 NAD를 첨가하면 젖산량은 감소되는 반면 초성포도산염이 증가한다고 한다²⁸⁾.

한편 심한 운동의 결과 골격근의 대사활동이 활발해짐으로써 많은 양의 산소를 필요로하게 된다. 정상온도와 습도의 환경하에서 근육운동이 커지면 산소섭취량이 증가하고 심박동수가 이에 따라 직선적으로 증가하며²⁹⁾ 같은 개체에서도 과격한 운동을 할때나³⁾ 땀때는³⁰⁾ 산소섭취량이 증가하는바 근수축의 정도가 크면 클수록⁷⁾ 산소섭취량도 커진다고 한다.

근래에 들어 인삼이 항 피로효과가 있다고 보고되어진 이래 인삼이 피로회복에 미치는 영향과 운동능력 증대에 미치는 영향에 대해 연구가 활발히 진행되고 있다. Yamada³⁹⁾는 수영선수들에게 수영후 인삼을 투여했을때 평소와 비교해 피로회복이 빨라짐을 관찰했으며 Saito와

Takagi³³⁾등은 심한 운동을 부하시켜 완전히 지친 상태에 이른 쥐에게 인삼을 투여하여 인삼의 항 피로효과를 관찰한 결과 인삼이 피로회복 과정을 촉진 시키는 것을 확인했다.

운동시 에너지원으로는 주로 당류가 쓰이는데 체내에 축적되는 glycogen의 양이 증가함으로써 운동능력이 증가된다는 보고가 있다¹⁵⁾. Bykhovsova¹⁶⁾는 인삼 알콜 추출물을 토끼에 30일간 경구적으로 투여하였을때 근육과 간의 glycogen이 증가하였고 간에서 젖산의 양이 약간 증가하였으나 근육에서는 감소함으로써 운동능력이 증대됨을 관찰하였다. 또한 최대 산소섭취능을 측정해 봄으로써 운동능력을 평가해 볼 수 있는데 막²⁰⁾은 인삼이 대뇌 피질 절편의 산소 소모량을 증가시킨다고 하였으며 하팅강은¹¹⁾ 성장하고 있는 흰쥐에게 인삼을 장기 투여할때 흰쥐의 산소 소모량이 증가한다고 하였다. 이상의 사실들에 비추어 운동으로 인해 골격근내에는 피로물질이라 일컫는 젖산이 축적되며 또한 LDH 활성도의 변화를 초래하고 산소 소모량이 증대됨은 분명한 사실이다. 그리고 인삼은 골격근의 운동에 의해 초래되는 근조직의 에너지 대사 변화에 영향을 미치나 이들에 대한 명확한 작용기전은 아직 밝혀지지 않고 있다. 이에 본 저자는 운동으로 인해 골격근내에서 생성되는 젖산과 LDH의 활성도 변화 그리고 근조직의 산소 소모율이 인삼에 의해 어떻게 변화되는지를 여러 연구자들의 보고와 비교해 봄으로써 인삼이 생체내에서의 작용기전을 살펴보기 위해 다음과 같은 실험방법에 의해 실험한 결과를 보고하는 바이다.

2. 실험방법

1) 실험동물

실험동물은 체중 120~150g의 Wister 계 흰쥐를 안정상태에서 5일간 기른다음 이들을 대조군과 인삼투여군으로 나누어 실험하였으며 각군은 20예로 하였다. 인삼투여군은 안정상태에서 인삼알콜추출물을 1회 투여량 20mg/Kg씩 10일간 매일 피하주사 하였고 본 실험에서 사용한 인삼알콜추출물은 Shibata¹⁷⁾법에 의하여 추출된 인삼 saponin 약 10g을 식염수에 녹여 사용하였다.

대조군과 인삼투여군의 실험동물들 treadmill에 태워 3.6Km/hr의 속도로 각각 1시간씩 달리게 하여 약 8,820 joule의 똑같은 운동량을 각군에 부하하였다.

본 실험 진행중 실험동물들이 treadmill 위에서 잘 뛰지 않을 것을 방지코져 treadmill 뒷쪽 끝에 구리전극판을 대어 30v의 전압을 걸어 주었다.

2) 근조직내의 젖산량 측정

8,820 joule의 운동량을 부하시킨 대조군과 인삼투여군의 실험동물들을 운동시킨후 즉시 안정상태에서 순간적으로 단두하여 비복근을 적출해 낸후 근육절편을 약 100 ~ 130 mg 정도 떼어내어 얼음으로 채운 비이커 안에서 갈아 균등액을 만들어 운동후 근조직내의 젖산함유량을 ¹⁴Barker and Summerson 법에 의해 측정하여 mg %로 나타 내었다.

3) 근조직내의 LDH 활성도 측정

대조군과 인삼투여군의 실험동물들을 운동시킨후 즉시 안정상태에서 순간적으로 단두하여 비복근을 적출하고 근육절편을 약 100 ~ 130 mg 정도 떼어내어 얼음으로 채운 비이커에서 갈아 균등액을 만들어 운동후 근조직의 LDH 활성도를 ¹⁷Cabaud-Wuroblewski 법에 의해 측정하여 Unit/ml 단위로 나타 내었다.

4) 골격근내의 산소소모율 측정

대조군과 인삼투여군의 실험동물들 8,820 joule의 운동량을 부하시킨후 즉시 안정상태에서 순간적으로 단두하여 비복근을 적출해낸후 근육절편을 약 130 mg 정도 떼어내어 Kreb's-Ringer Phosphate 완충액 (pH 7.4)을 매질로 사용하여 대기환경에서 ³⁰Warburg 법에 의하여 측정하여 $\mu 10_2$ /mg/hr.로 나타 내었다.

3. 실험결과

인삼이 운동후 골격근내 젖산 및 LDH 활성도 그리고 근조직의 산소소모율에 어떠한 영향을 미치는지를 대조군과 인삼투여군 각군에서 비교해본 결과는 다음과 같다.

가. 인삼이 운동후 골격근내 젖산량 변동에 미치는 영향

대조군에서 골격근내의 젖산량은 제 1 표 및 그림 1에 제시된 바와 같이 51.44 ± 14.00 (M \pm S.D.) mg % 이었으며 실험군인 인삼투여군에서는 운동후 골격근내 젖산량이 31.06 ± 10.48 (M \pm S.D.) mg % 이었으며 대조군에 비해 39.26 % 감소하여 통계적으로 의의가 있었다. (p < 0.01)

나. 인삼이 운동후 골격근내 LDH 활성도 변동에 미치는 영향

대조군에서 골격근내 LDH 활성도는 제 1 표 및 그림 1에 제시된 바와같이 716.07 ± 76.88 (M \pm S.D.) Unit/ml로 실험군인 인삼투여군에서의 골격근내 LDH 활성도 687.27 ± 124.26 (M \pm S.D.) Unit/ml로 서로 비교해 볼 때 실험군에서 대조군에 비해 4.3 % 감소 하였으나 통계적으로는 의의가 없었다.

Table 1. The effects of Korean ginseng extracts on the muscle lactate and LDH activity in exercise condition N = 12

	LACTATE (mg%)		LDH activity (W. Unit)	
	Control	Ginseng	Control	Ginseng
Mean	51.44	31.06	716.07	687.27
S.D.	14.00	10.48	76.88	124.26
% change		39.26		4.30
P-value		p < 0.01		No.

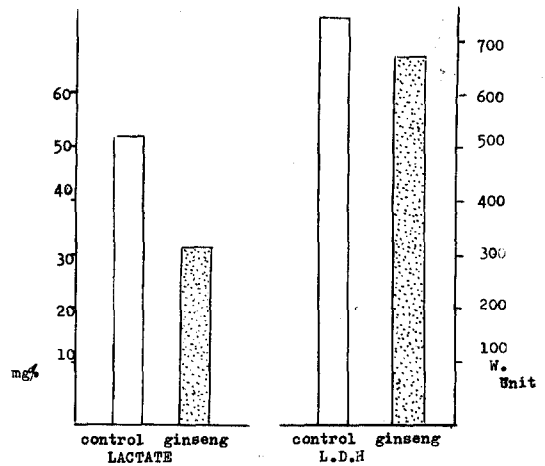


Fig. 1. The effects of Korean ginseng extracts on the muscle lactate and LDH activity in exercise condition.

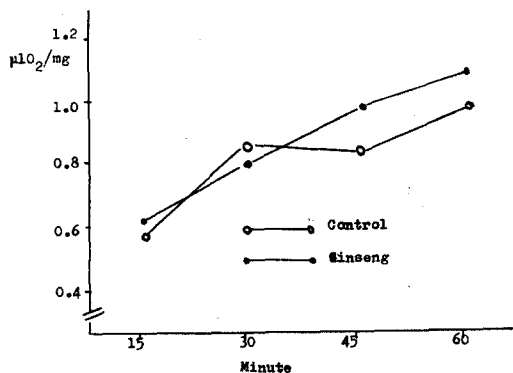


Fig. 2. The effects of Korean ginseng extracts on the muscle O_2 consumption in exercise condition.

다. 인삼이 운동후 골격근내 근조직의 산소소모율에 미치는 영향.

대조군에서 근조직내 산소소모율은 제 2 표 및 그림 2

Table 2. The effects of Korean ginseng extracts on the muscle O₂ consumption in exercise condition ($\mu\text{L O}_2 / \text{mg} / \text{hr}$)

Group	Control				Ginseng			
Minute	15	30	45	60	15	30	45	60
Mean	0.57	0.85	0.85	1.00	0.61	0.80	1.03	1.12
S.D.	0.14	0.46	0.30	0.24	0.17	0.56	0.28	0.31
P-value	p<0.1							

N = 12

에 제시된 바와같이 $1.00 \pm 0.24 (\text{M} \pm \text{S.D.}) \mu\text{L O}_2 / \text{mg} / \text{hr}$ 이었으며 실험군인 인삼투여군에서는 $1.12 \pm 0.31 (\text{M} \pm \text{S.D.}) \mu\text{L O}_2 / \text{mg} / \text{hr}$ 로 대조군에 비해 12% 증가하여 통계적으로 의의가 있었다.

4. 고 찰

본 실험은 인삼이 항 피로효과가 있으며 운동능력을 증대 시킨다는 여러 보고가 있는바 인삼이 운동으로 인한 근조직의 대사 특히 근육피로에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보고자 운동을 부하한 근조직에서 젖산량, 활성도, 산소소모율등을 측정하여 여러보고자들의 보고와 비교관찰 하였다.

근조직은 운동시 주로 포도당을 에너지로 이용하며 포도당은 무기성 대사과정을 밟은후 초성포도산염을 생산하고 이것이 조직내 산소가 충분할때는 Cytochrome 계 효소작용을 받아 TCA 회로를 거쳐 탄산가스와 물로된다. 그러나 격심한 운동으로 인해 근조직 대사활동이 활발해 짐으로써 많은 양의 산소가 소비되게 되면 조직내 산소부족으로 인해 위의 산화과정에 장애가 일어나 젖산이 형성되어진다²⁰. 즉 젖산형성은 ATP의 소비와 재합성의 불균형에 기인되거나 근육의 해당작용과 근육의 산소 함유량 간의 불균형에 의해 야기된다¹⁹. 사람에게 있어서 안정상태의 혈중내에는 약 10mg%의 젖산이 축적되어 있으며 운동후 혈중에서는 약 100mg%까지 한다고 한다²⁰. 혐기성 해당과정의 결과 조직내나 혈중 초성포도산염이 다량 증가하면 초성포도산염이 젖산으로 전환되는 과정에서 LDH 활성도가 증가되며 이와같이 증가되는 LDH 활성도는 생성된 초성포도산염의 농도에 따라 결정된다²³. 한편 30 분 이내의 짧은 시간동안의 심한 운동에서 젖산의 양은 매우 증가하나 LDH 활성도는 변화하지 않으며 오랜시간동안 격심한 운동을 한후에는 젖산의 농도는 감소되고 반대로 LDH 활성도가 증가한다고 한다³⁷.

인삼은 예로부터 우리인체에 이로온 명약으로서 이들

의 성분 및 효능에 대한 많은 보고가 있다.

인삼은 기초대사를 촉진시키며⁴ 성장 및 체중에도 많은 영향을 미치고¹⁰ 체내의 지방¹⁰, 탄수화물⁸, 단백질의 대사에도¹¹ 영향을 미친다고 하나 연구자들에 따라 의견이 일치하지 않아 아직도 그들의 생체 안에서의 확실한 작용기전 및 효능에 대해서는 많은 연구가 필요하다. 운동시 에너지원으로는 주로 당류가 쓰이며 체내에 증가되는 glycogen의 양이 증가됨에 따라 운동능력이 증가된다는 보고가 있다. Brekmann 및 Dardymov는⁹ 인삼이 체내에서 탄수화물을 sparing 하는 작용이 있어 근육내에서 운동중에 에너지를 공급하는 glycogen의 재합성을 촉진 시키며 고에너지 인산결합의 재합성을 촉진시켜 운동능력을 증진시킨다고 하였다. 또한 인삼은 정상 혈당치를 감소시키는 작용이 있는바 강은²⁴ 실험동물의 간절편을 이용하여 glucose의 산화정도를 살펴본 결과 인삼이 직접적으로 glucose의 산화를 촉진함을 관찰하였고 성 및 천에³⁶ 의하면 인삼은 쥐에서 alloxan으로 유발된 과혈당을 낮춘다고 하며 이 및 왕은²⁶ 정상개와 alloxan에 의한 당뇨병이 있는 개에게 홍삼 추출물을 체중당 0.13, 0.2 및 1.0 mg을 홍삼추출물을 단독, 혹은 인슐린과 병행하여 2~3주 투여한 결과 홍삼투여를 고농도로 투여했을때 혈당량이 현저히 감소하였으나 그 이하에서는 효과가 나타나지 않았다고 했다.

이는⁵ glycogen 축적을 증가시키는 insuline을 투여했을 때 특별한 운동훈련 없이도 운동능력이 증대되는 예를 볼 수 있었다고 했으며 또한 인삼은 insuline 작용을 강화시키거나 insuline과 동등한 작용을 함으로써 체내 glycogen을 축적시켜 운동능력을 증가시킨다는 보고가 있다. 홍·박은¹² 인삼을 투여한 쥐에서 운동중 근육내의 대사과정에서 생성되는 피로물질인 젖산과 초성포도산염의 양을 측정한 결과 대조군에 비해 혈중 젖산량이 현저히 감소하고 초성포도산염의 양도 감소하는 경향을 관찰했으며 간조직의 LDH 활성도도 인삼투여군에서 낮아졌음을 관찰하고 인삼이 운동능력을 증가시킴을 확인 하였다.

이러한 사실들은 본 실험의 결과중에서도 살펴볼 수 있는바 인삼투여후 운동을 시킨 근조직에 있어서의 젖산량이 대조군에 비해 의의있게 감소하였으며 LDH 활성도의 변화는 통계적으로는 의의가 없었으나 역시 감소하여 인삼의 항 피로효과에 대한 유효한 결과를 재확인 할 수 있었다. 또한 인삼은 세포막이나 lysosome membrane 및 적혈구의 투과도를 증가시키며⁹ 인삼 saponin은 대뇌피질 절편의 산소소모량을 증가시키고 성장시키고 있는 흰쥐에 인삼을 장기 투여할때 흰쥐의 산소소모량이 증가 한다고 한다⁶.

또한 이·강⁸ 등은 인삼알콜추출물이 쥐 간 미토콘드

리아의 산소소모율에 미치는 영향에 대해 관찰한 결과 인삼알콜추출물의 농도에 따라 산소소모율이 변하여 20 mg % 이하의 저농도에서는 막의 투과도를 증가시켜 산소소모율을 증가 시키며 그 이상의 농도에서는 효소의 작용이 억제되어 산소소모율이 감소되는 것을 관찰하였다.

본 실험의 결과에서 볼때 인삼투여후 운동을 시킨 근 조직의 산소소모율은 대조군에 비해 12%의 증가를 보여 인삼이 근조직의 산소소모율을 증가시켜 위의 보고한 사실들과 일치함을 볼 수 있었다.

이상의 사실들로 미루어 인삼은 근조직에서 산소소모율을 증진시킴으로써 근육에너지 대사과정에서 산화적 인산화 과정을 원활히하여 줌으로써 운동으로 인해 소비되는 ATP와 이에 대한 보상으로 재합성되는 ATP의 균형을 유지시켜주어 젖산의 형성 및 LDH 활성도를 억제 시켜 근육내에서 항피로효과를 나타내며 또한 운동능력을 증대시키는 효과를 나타낸다고 할 수 있겠다.

5. 결 론

인삼이 운동을 부하한 근조직의 대사활동에 어떠한 영향을 주는지를 살펴보고자 근조직의 젖산량과 LDH 활성도 또한 근조직의 산소소모율을 측정하여 실험한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 대조군에서 측정한 젖산량은 51.44 ± 14.00 (M \pm S.D.) mg %이었으며 인삼투여군에서는 운동후 골격근 내 젖산량이 31.06 ± 10.48 (M \pm S.D.) mg %으로 대조군에 비해 39.26% 감소하여 통계적으로 의의가 있었다 ($p < 0.01$).

2. 대조군에서의 골격근내 LDH 활성도는 716.07 ± 76.88 (M \pm S.D.) Unit / ml이었으며 인삼투여군의 골격근내 LDH 활성도는 687.27 ± 124.26 (M \pm S.D.) Unit / ml로 대조군에 비해 4.3% 감소하였으나 통계적으로 의의가 없었다.

3. 대조군에서 근조직내 산소소모율은 1.00 ± 0.24 (M \pm S.D.) $\mu 10_2$ / mg / hr이었으며 인삼투여군에서의 골격근의 근조직내의 산소소모율은 1.12 ± 0.31 (M \pm S.D.) $\mu 10_2$ / mg / hr로 대조군에 비해 12% 증가하여 통계적으로 의의가 있었다 ($p < 0.1$).

REFERENCES

- 1) 문명기 : 조선 의학회지, 19: 781, 1929.
- 2) 박철웅 : 인삼 Saponin 이 morphine에 의한 Rat 대뇌피질 절편 산소 소비량 및 $Na^+ - K^+$ 소장에 미치는 영향. 대한 약리학회잡지, 5(1): 29, 1969.

- 3) 이덕숙 : 여자고등학생의 최대 산소섭취량과 신체 구성 성분 사이의 관계. 우석의대 잡지, 5: 15, 1968.
- 4) 이명수 : 인삼이 기초대사에 미치는 영향. 중앙의학, 2: 509, 1962.
- 5) 이원규 : 박해근, 홍성일, 강두희 : Insulin 투여가 흰 쥐의 운동능력에 미치는 영향. 스포츠 과학 연구 보고서, 10: 69, 1973.
- 6) 이종우, 김인고, 강두희 : 인삼 알콜 추출물이 쥐 간 미토콘드리아의 산소 소모율에 미치는 영향. 대한 생리학회지, 13: 1, 1979.
- 7) 임승재, 남기용 : 남자의 최대 산소 섭취량과 신체 구성 성분 사이의 관계. 스포츠 과학 연구 보고서, 2: 93-100, 1966.
- 8) 정노팔 : 인삼의 효과에 대한 세포 생리학적 연구. 제 IV 편 포도당 투과에 미치는 영향. 대한 생리학회지, 5(1): 15, 1971.
- 9) 정을순, 김희중, 강두희 : 인삼 추출액이 lysosomal membrane 안정성에 미치는 영향. 연세 의대 논문집, 9(1): 20, 1976.
- 10) 정해원 : 인삼 도라지 및 INH 가 가토의 지질대사에 미치는 영향. 대한 생리학회지, 1: 25, 1964.
- 11) 하종식, 강두희 : 인삼이 흰쥐의 질소평형 및 아미노산 이동에 미치는 영향. 대한 생리학회지, 13: 1, 1979.
- 12) 홍성일, 박해근 : 인삼이 흰쥐의 운동능력 및 유산생성량에 미치는 영향. 스포츠 과학 연구 보고서, 10: 69, 1973.
- 13) Astrand, P.O., I. Hallback, P. Hedman and B. Saltin : Blood lactates after prolonged exercise. J. appl. physiol. 18, 619-629, 1963.
- 14) Baker and Summerson : Method of Baker and Summerson. J. Biol. Chem. 138, 535, 1941.
- 15) Bergström, J., L. Hermansen., E. Hultanan, B. Saltin : Diet, muscle glycogen and physical performance. Acta. physiol. Scan. 70:140, 1967.
- 16) Bykhovisova, T.L. : Effect of liquid extract from ginseng roots and ginseng glycosides on some indices of carbohydrate metabolism. IZV. AKD. Naub SSSR (Biol) 4:631-2, 1971.
- 17) Cabaud, P.G., Worblewski, F. : method of activity of lactate dehydrogenase. Am. J. Clin. Path., 30:234, 1958.
- 18) Cain, D.F., R.E. Davis : Breakdown of adenine triphosphate during a single contraction of working muscle. Biochem, biophys. Res., Commun. 8:361, 1962.

- 19) Gollnick, P.D., King, D.W. : *Energy release in the muscle cell. Med. sports.*, 23-32, 1969.
- 20) Gollnick, P.D., P.J. Struck, T.P. Bogoy : *Lactate dehydrogenase activity of rat heart and skeletal muscle after exercise & training.*
- 21) Granholm, L. and B.K. Sieesjo : *Signs of cerebral hypoxia in hyperventilation. Experimentia (Basel)*, 24, 337-338, 1968.
- 22) Hill, A.V., C.N.H., Long, H., Lupton : *Muscular exercise, lactic acid and the supply and the utilization of oxygen. 1-111, Proc. Roy. Soc. London. Ser. B.*
- 23) Hukabee, W.E. : *Relationship of pyruvate and lactate during anaerobic metabolism. I. effect of infusion of pyruvate of Glucose and of hyperventilation. J. Clin. Invest.* 37:244, 1958.
- 24) Kang, S.S. : *The action Panax ginseng on the glucose oxidation of rat liver in vitro.* 서울의대잡지, 3 (2): 157, 1962.
- 25) Karlsson, J. : *Lactate and phosphagen concentration in working muscle of man. Acta. physiol. Scand. Suppl.* 358, 1971.
- 26) Lee, H.P., C.K. Wang : *The 1st conference of the society of Chinese physiological science (Abstract) : Yao. p.* 378.
- 27) Lohmann, K. : *Konstitution der Adenylpyrophosphat-sphorsaunne und Adenosindiphosphorsare. Biochem. Z.* 282:120, 1935.
- 28) Lundholm, L., E. Mohme — Lundholm and N. Vamos : *Lactic acid assay with L (+) — Lactic acid dehydrogenase from rabbit muscle. Acta. physiol. Scand.* 58, 243 — 249, 1963.
- 29) Malhotra, M.S., J.S. Gupta, R.M. Rai : *Pulse count as measure of energy expenditure. J. Appl. physiol.* 18:994, 1963.
- 30) Megel, H., H. Wozniak, L. Sum, E. Franzier and H.C. Musson : *Effects on rats of exposure to heat and vibration. J. Appl. physiol.* 17:759, 1962.
- 31) Meyerhof, O., : *Die chemischen vor gange in Muskel. Verlagn von Julius Springer, Berlin*, 1930.
- 32) Oalson, L.A., B. Pernow, : *Oxygen utilization and lactic acid formation in the legs at rest and during exercise in normal subjects and in patients with arteriosclerosis obliterans. Acta. Med. Scand.*, 164:39-52, 1959.
- 33) Saito, H., Y. Yoshida, K. Takagi : *Effect of Panax ginseng root on exhaustive exercise in mice. Jap. J. Pharmacol.* 24:119-127, 1974.
- 34) Shibata, S.M. Fujita, H. Tokawa : *Chemical studies on ginseng, I. (Studies on saponin bearing drug IV.) Isolation of saponin and saponin from Radix Ginseng, Yakugku Zassi.* 82:1634, 1962.
- 35) Slepyan, L.I. : *Pharmacological activity of callus grown under in vitro condition. Tr. Lennigrad, Khim — Farm Inst.* 26:236, 1968.
- 36) Sung, C.Y., Y.H. Chen : *The 1st conference. (Abstract) : Yao. p.* 35.
- 37) Tesch, P., B. Sjodin, A. Thorstensson and J. Karlsson : *Muscle fatigue and its reaction to lactate accumulation and LDH activity. Acta. physiol. Scand.* 103:413-420, 1978.
- 38) Umbreit, W.W., R.H. Burris and J.F. Stauffer : *Manometric Techniques. Mineapolis: Burges*, 1957.
- 39) Yamada, M.Y. : *Pharmacological studies on Panax ginseng. Folia pharmacol. Jap.* 51:390, 1955.