

원 저

竹瀝(竹酢液)이 遊泳運動으로 유발된 피로에 미치는 영향

나창수, 윤대환, 최동희, 김정상¹⁾, 장경선²⁾
동신대학교 한의과대학 경혈학교실, 해부학교실¹⁾, 생리학교실²⁾

The Effect of *BCL (Bambusae Caulis in Liquamen)* on Fatigue Induced by Swimming Exercise

Chang-Su Na, Dae-Hwan Youn, Dong-Hee Choi, Jeong-Sang Kim¹⁾, Kyeong-Seon Jang²⁾

Department of Meridian & Acupoints, Anatomy¹⁾, Physiology²⁾, College of Oriental Medicine, Dongshin University

Objectives : *Bambusae Caulis in Liquamen* (BCL) has been used for stamina fortification in Oriental Medicine for thousand years. The goal of the present study was to investigate the muscle antifatigue effect of BCL.

Methods : The mice were divided into three groups. The control group was allowed to swim for 10 minutes without BCL infusion. For the preventive effect of BCL, another group referred to BCL-1 was fed with BCL an hour before the swimming exercise. BCL-2 group for the reversion effect was forced to swim for 10 minutes at first, then fed with BCL followed by half an hour rest and another 10 minute swimming exercise. All the serum samples collected by heart puncture were used for the measuring biochemical factors such as LDH, CPK, glucose, lactate, triglycerides and total cholesterol.

Results : In the BCL-2 group, lactate and LDH were significantly reduced compared to the control. BCL infusion during the exercise was effective in metabolizing LDH, reducing the conversion ratio of pyruvate into lactate. In the BCL-1 group, it was not effective in antifatigue function. The level of glucose was significantly reduced in BCL-1 group compared to the control. When the BCL was infused before the exercise, it is assumed that glycogenolysis seen during the exercise was prevented. When the BCL was infused during the exercise, the triglycerides and total cholesterol were increased significantly compared to the control. BCL seems to cause the increase of lipolysis to utilize the fat as an energy source. Unlike other parameters, CPK did not show any changes from BCL infusion.

Conclusions : Based on the above results, BCL is found to be involved in energy metabolism. Further studies are needed to find out the underlying mechanism of BCL for its effect on stamina fortification. (*J Korean Oriental Med 2001;22(4):90-100*)

Key Words: *Bambusae Caulis in Liquamen*(竹瀝), swimming exercise, antifatigue, biochemical factors, stamina fortification

서 론

한의학에서는 疲勞에 대하여 《素問·宣明五氣論》¹⁾에 “五勞損傷, 久視傷血, 久臥傷氣, 久坐傷肉, 久立傷

骨, 久行傷筋”이라 하였는데, 虛勞는 五勞, 七傷, 六極, 勞倦 등의 證候群을 포함하고 있으며, 筋肉疲勞에 대하여 《千金要方》⁹⁾에 “凡筋極者主肝也, 肝應筋, 筋與肝合, 肝有病從筋生.”이라고 하여, 운동의 원동력은 근력에 있으며, 肝이 筋을 주관하기 때문에 신체운동에 관여하여 피로를 받게 되므로 근육운동으로 인한 피로와 肝과는 밀접히 관련됨을 밝히고 있다⁹⁾.

한편 竹瀝은 淡竹의 신선한 莖을 불에 구워 양끝에서 흘러내린 液汁을 채취한 것으로 寒, 無毒, 微甘한 性味를 갖으며, 主治效能에 대하여 《名醫別錄》⁴⁾, 《本草綱目》⁵⁾에서는 “療暴中風... 消渴, 復勞”라 하였고, 또한 《丹溪心法》⁶⁾에서 “痰在經絡四肢, 及皮裏膜外, 非此不達不行”라 하였으며, 《本草備要》⁷⁾에서는 “消風降火, 潤燥行痰, 養血益陰... 治煩悶消渴, 血虛自汗”이라 하였고, 또 《千金方》⁸⁾에서는 “主四肢不收, 心神恍惚, 不知人, 不能言方”이라 하였듯이, 行痰, 降火, 潤燥, 養血, 益陰 등의 작용이 있어서 疲勞, 四肢不隨 등에 활용되어 왔다.

피로와 관련된 biochemical factor들은 여러 가지가 있는데, 헵기성 해당과정에서 lactate 형성에 관여하는 lactic dehydrogenase(LDH), ATP가 형성시키는 가역적인 반응을 촉매하는 creatine phosphokinase(CPK), 운동 후 산소 부족으로 인해 생성되는 lactate, 그리고 에너지원인 glucose, 세포활동에 에너지원으로 활용되는 지질과 관련된 triglycerides, cholesterol 등이 활용되고 있다^{8,10)}.

이에 본 연구에서는 대나무 숲 제조과정에서 얻어지는 竹酢液(竹瀝)의 항피로 효과를 실험적으로 규명하기 위해 생쥐에게 유영운동 시행전 및 시행중에 죽초액을 투여하여 에너지 대사와 연관된 대사 물질인 LDH, CPK 활성도 및 혈당치, 그리고 lactate, triglycerides, total cholesterol 농도를 관찰한 바 다음과 같은 결과를 얻었기에 보고하는 바이다

재료 및 방법

1. 동물

체중 30g 내외의 ICR系 雌性 흰 쥐로서 고품 사료(제일 사료(주), 소동물용)와 물을 충분히 공급하면서 2주일간 실험실 환경에 적응시킨 후 사용하였다.

2. 竹瀝(竹酢液) 제조 및 특성

1) 竹瀝(竹酢液) 제조

담양산 대나무를 사용하여 대나무 숲을 제조하는데 발생하는 죽초액을 원재료로 활용하였다. 숲가마에서 350~430℃로 가열하면서 공기의 양을 조절하여 탄화시킬 때 발생하는 연기를 냉각통의 온도가 80~150℃일 때 채취하여 응축시킨 후 6개월 이상의 숙성 기간을 거쳐 몇 가지의 정제 공정을 거친다.

본 연구에서 취한 공정은 김 등¹¹⁾의 방법에 의하여 정제된 정제 시료를 취하였다. 여섯가지로 나뉘어 시행된 정제 방법(A, B, C, D, E, F) 중 예비실험을 거친 후 C의 법을 취하였다. 이를 간단히 설명하면 추출된 죽초액에 규조토 10% 흡착, 활성토 10% 흡착을 시행하여 108℃에서 상압증류한 용액의 초기 10%와 최종 10%를 제거하고 중간의 80%를 취하였다(Table 1). 즉 활성탄과 규조토로 정제된 죽력(이하 정제 죽

Table 1. Sample for Using This Study

Original	Refining condition
Original	atmosphere settled joochrhyuk (Bambusae Caulis in Liquamen)
Sample C	diatomaceous-earth 10% adsorption active carbon 10% adsorption atmosphere distilling of origin at 108℃ removal of pre 10% & final 10% : collecting 80%

* active carbon powder : 200~250 mesh (Yakuri pure chemical, Japan)
diatomaceous-earth : 200 mesh (Celite, Korea)

Table 2. Physical Property of Distilled BCL on Refining Condition

Sample	Tar	Transparency	pH	Specific gravity	Chromaticity		
					L(white & black)	a(red)	b(yellow)
Standard	0.674	0.151	4.00	1.012	55.57	33.37	-15.11
Sample C	0.013	0.043	2.22	1.008	92.30	5.32	6.34

Table 3. Chemical Constituent of Distilled Tabasheer on Refining Condition

No	RT (min)	Mw (g)	Compound	Sample C
1	0.658	32	Methanol	○※
2	2.792	46	Ethanol	○
3	3.050	58	Propanol	△※
4	3.692	60	Acetic acid	○
5	5.640	104	Propanoic acid	△
6	7.510	88	Hydroxy buthanone	○
7	8.550	96	Furanaldehyde	△
8	11.36	86	Furanone	△
9	15.14	94	Phenol	△
10	16.49	110	Cyclopentanone	△
11	17.50	108	o-Cresol	△
12	18.23	108	m,p-Cresol	△
13	18.46	124	Mepoxyphenol	△
14	21.65	122	Dimethylphenol	△
15	26.50	139	Nitrophenol	△

※ : △ : trace, ○ : larger than 20,000 CPS

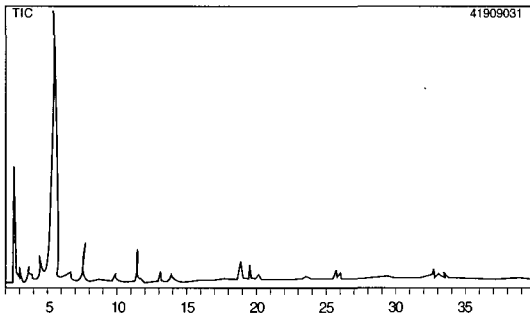


Fig. 1. Result GC & GC-Mass analysis of distilled BCL on refining condition

력, refined *Bambusae Caulis in Liquamen*, BCL)을 응용수에 희석한 후 활용하였다.

2) 竹瀝(竹酢液)의 물리적 특성

본 정제 죽력의 물리적 특성은 <Table 2>와 같다. 비중은 1.000~1.060 수치의 표준 비중계를 사용하였으며, 투명도는 분광광도계(SHIMADZU, UV-1061)를 사용하여 680nm에서 측정하였으며, pH는 pH측정장치(Metter Toledo 320)를 사용하였으며, 색차는 색차계(Chromimeter CR-200, Minolta)를 이용하였다. 정제하지 않은 죽력에는 타르 성분이 0.674% 함유되어 있으나 정제 및 증류과정을 거치면서 95% 이상 제거됨을 알 수 있었고, 적색을 띠던 원액과는 달리

정제 과정을 거치면서 투명하게 되었다. 즉 타르성분이 감소함에 따라 투명도가 증가하며, 또한 정제된 유출물의 pH가 원액보다 낮게 나타났는데 이는 원액보다 유기산의 함량이 증가하였기 때문으로 여겨진다.

3) 竹瀝(竹酢液)의 화학적 특성

원액을 정제하고 108℃에서 상압 증류한 정제 죽력의 화학적 성분 분석 결과는 <Table 3>과 <Fig. 1>과 같다. 유기물의 함량은 SHIMADZU 17A GC에 CBP20 capillary(0.2mm×25m, film thickness 0.25µm)와 SHIMADZU QP5050 mass를 이용하였다. 시료 1 ml을 취하여 분석한 결과 200여 종의 성분을 함유하고 있으며, CPS(count per second)가 20,000 이상인 물질이 15종 검출되었다. 초기 단계에는 alcohol류가 검출되었고, 중간 단계는 알데하이드계 물질이 주로 검출되었으며, 최종 단계는 리그닌이 열분해되어 생성된 phenol계 화합물(페놀 유도체)이 검출되었다. 공시재인 죽력을 흡착제로 정제하고 증류한 유출물들은 유해한 alcohol과 phenol이 많이 제거되었지만 활성탄을 이용하여 정제하였을 경우 제거율이 높게 나타났다.

3. 遊泳負荷

유영부하를 위하여 자체 제작한 원형육조(지름 70 cm, 깊이 50cm)에 water bath circulator(WBC-1520A, Jeio Tech, korea)를 연결하였으며, 물은 circulator에 의하여 수온 23℃, 압력 0.4kg/cm², 유량 12liter/min, 양정 4m로 하여 순환시켰다. 각 군의 동물들은 유영에 관한 적응 기간이 없는 상태에서 원형육조에 넣어 자유 유영을 시켰다.

4. 군분류

정제 죽력이 피로에 미치는 영향을 관찰하기 위해 군을 다음과 같이 분류하였다. 피로가 유발되지 않은 상태에서 죽력을 투여한 후의 피로 예방효과와 피로가 유발된 상태에서 죽력을 투여하였을 시에 발현되는 피로 회복효과 관찰을 위하여 다음과 같이 방법

을 설정하였다.

Saline 0.25ml을 투여한 후 유영운동을 10분간 시행한 군을 대조군으로 하였다. 정제 죽력 0.25ml을 투여한 후 유영운동을 10분간 시행한 군을 죽력투여 A군(BCL-A)이라 하였다. 또 다른 군으로서 유영운동을 10분간 시행한 후 정제 죽력 0.25ml을 투여하였고, 30분후에 유영운동을 10분간 다시 시행한 군을 죽력투여B군(BCL-B)이라 하였다(Table 4).

Table 4. Swimming exercise loaded & BCL administered method of an each groups

Group	Swimming exercise loaded & BCL administered
Control	Saline 0.25ml administered → swimming exercise loaded for 10 minutes
BCL-A	BCL 0.25ml administered → swimming exercise loaded for 10 minutes
BCL-B	swimming exercise loaded for 10 minutes → BCL 0.25ml administered → rests for 30 minutes → swimming exercise loaded for 10 minutes

5. 채혈 및 혈청 분리

대조군, 죽력투여A군, 죽력투여B군은 각각 유영운동이 끝난 후 곧바로 에테르로 마취한 후, 심장 천자하여 혈액을 얻어 EDTA를 함유한 시험관에 옮겼으며, 혈청은 high-speed centrifuge(Centrifon T-42K, Kontron, Italy)를 이용하여 3,000rpm으로 10분간 시행하여 얻었다.

6. Lactate 정량

p-Hydroxydiphenyl Solution(1.5g의 p-Hydroxydiphenyl을 10ml의 5% NaOH와 약간의 증류수에 녹여 총 100ml이 되게 함), lactate standards solution(0.213g의 순수한 lithium lactate를 100ml의 증류수가 들어 있는 1 liter volumetric flask에 넣어 녹임, 진한 황산 1ml을 가하고, 총 1000ml이 되게 DW로 희석함, 1mg/5ml), working standard Solution(5ml의 stocksolution을 증류수 100ml까지 희석함, 0.01mg/ml)을 각각 준비한다. 제단백을 위하여 Folin-Wu filtrate를 시행한다. 즉 혈청 1용 분량에 8용 분량의 DW와 0.5용 분량의 sodium tungstate 0.30M(10%)과 0.5용 분량의 sulfuric acid 0.33M을 잘 섞은 후 10

분간 방치한 다음 8,000rpm으로 10분간 원심하여 상등액을 사용한다. 원침관 3개를 준비한다. 1원침관에는 상청액 2ml을 10ml 눈금의 원침관에 옮긴다. 2원침관에는 표준 lactic acid 용액 5ml(0.01mg/ml)로 가한다. 3원침관에는 증류수 500 μ 를 넣는다. 각 시험관에 20% 황산동용액(CuSO₄ · 5H₂O 100g + DW total 50ml) 1ml씩을 가하고 증류수를 10ml까지 채운다. 각 시험관에 수산화칼슘 분말 1g씩을 넣고 파라필름으로 막고, 이를 세게 흔들어 균일하게 퍼지게 하며, 실온에서 30분간 방치한 후 원심분리하여 침전시킨다. 시험관(내경 18~23mm)에 상청액 1ml을 옮기고, 0.05ml의 4% 황산동(CuSO₄ · 5H₂O 100g + DW total 50ml)을 가하며, ice로 차게한다. 유리 뷰렛으로 6ml의 진한 황산을 천천히 가한다. 이를 5분간 끓는 물에 넣어두며, 수도물에서 20℃이하로 식힌다. 0.1ml의 p-Hydroxydiphenyl을 한방울씩 가하면서 옆으로 흔들어 침전물이 엉기지 않고 퍼지게 한다. 30℃되는 물이 든 비이커에 넣어 30분간 방치하고, 1회 이상 흔들어서 침전물이 퍼지게 한다. 끓는 물에 정확히 90초간 넣고, 찬물로 실온까지 식힌다. 즉시 내용물을 큐벳에 옮겨 UV-spectrophotometer(Kontron, Italy)에서 흡광도를 560nm에서 측정한다. Lactate 활성의 계산은 검체의 흡광도를 표준액의 흡광도로 나누어 25를 곱해주며, 이 값이 혈액 100ml에 들어있는 lactate 활성이 된다.

7. LDH 정량

기질완충액(2-amino-2methyl-1-propanol 63.9ml, lithium lactate 10.9g, DW total volume 1000ml, pH 9.0)을 준비하여 이 중 100ml을 취하여 NAD 400mg과 혼합하여 기질-NAD-완충액으로 한다. 미리 큐벳을 37℃로 보온한다. 적당한 농도의 중크롬산칼륨액(Dichromate)을 blank로 하여 최초의 흡광도가 0~0.1이 되도록 한다. 시험관에 기질-NAD-완충액 2.9ml을 취하여 37℃ 항온수조에 수분간 방치하고, 여기에 혈청 100 μ 를 혼합한다. 즉시 내용물을 큐벳에 옮겨 UV-spectrophotometer(Kontron, Italy)에서 흡광도를 340nm에서 0분과 5분에 각각 측정하여 분당

흡광도 변화를 구하며, 분당 변화량에 4,830을 곱해 준다.

8. Glucose 정량

4-aminoantipyrin 17.5mg과 0.2ml의 glucose oxidase를 가한 것을 준비하고(A시약), phenol 0.2g과 NaCl 0.9g을 100ml의 증류수에 녹인 것을 준비한다(B시약). Glucose standard는 glucose 400mg/dl를 준비하여, serial dilution한 후 510nm에서 흡광도를 측정한다. 그리고 각 sample 5 μ l을 혼합하여 10분간 상온에 방치한 후, B시약 1000 μ l를 넣는다. 이 후 각 510nm에서 각 sample의 흡광도를 UV-spectrophotometer(Kontron, Italy)로 측정한다.

9. Triglycerides 정량

혈액 내 triglycerides를 lipase를 이용해 glycerol로 전환시키고 이를 glycerol kinase에 의해 phosphorylation을 수행하여 glycerol-1-phosphate와 ADP를 생성하게 한다. 생성된 ADP를 pyruvate kinase와 lactate dehydrogenase를 이용하여 NAD의 환원반응과 연계시키는 효소법을 사용한다. 이 경우 triglyceride는 생성된 NADH의 양과 같게 된다. 이에 따라 triglycerides assay kit (Asan Co.)를 이용하여 혈액 내의 triglycerides의 총량의 측정을 수행한다. Kit에서 제공된 반응용액 1vial을 용해액 1병으로 용해하여 효소 용액으로 사용한다. 시약 blank는 증류수 20 μ l, standard는 표준액 20 μ l, 검체는 혈청 20 μ l를 취한 후 각각에 효소 용액 3ml를 넣는다. 이를 혼합한 후에 37 $^{\circ}$ C에서 10분간 incubation하고 60분 이내에 시약 blank를 대조로 하여 550nm에서 흡광도를 측정하여 triglycerides 양으로 환산한다.

10. Total cholesterol 정량

Cholesterol esterase를 이용해 cholesterol로 수화시킨 후 이를 cholesterol oxidase로 산화시켜 cholest-4-en-3-one으로 변화시킨다. 이 때 cholesterol당 두 분자의 과산화수소가 형성되는데 이를 4-aminoantipyrine과 p-hydroxybenzene sulfonate와 peroxydase에 의해 반응시켜 500nm에서 강한 흡수도가 있는 염료

가 형성된다. 이에 따라 total cholesterol assay kit (Asan Co.)를 이용하여 혈액 내의 total cholesterol의 총량의 측정을 수행한다. Kit에서 제공된 반응용액 1vial을 용해액 1병으로 용해하여 효소 용액으로 사용한다. 시약 blank는 증류수 20 μ l, standard는 표준액 20 μ l, 검체는 혈청 20 μ l를 취한 후 각각에 효소 용액 3ml를 넣는다. 이를 혼합한 후에 37 $^{\circ}$ C에서 5분간 incubation하고 60분 이내에 시약 blank를 대조로 하여 500nm에서 흡광도를 측정하여 total cholesterol양으로 환산한다.

11. CPK 정량

Imidazole buffer (0.115M, pH 6.7, Imidazole 7.39g + DW 900ml, HCl로 pH 조절, total 1000ml)를 사용하여 Buffered reagent mixture(100ml buffer, Mag acetate tetrahydrate 246mg, Glucose 415mg, diNa creatine phosphate hydrate 1.13g, AMP Na 224mg, ADP Na 103mg, pH 6.7)를 제조한다. NADP solution(NADP 5mg을 buffer 1.1ml에 녹임), Thiol solution(N-acetylcysteine 8.2mg을 buffer 10ml에 녹임, 0.005M), Enzyme solution(Buffer를 사용하여 Hexokinase 50 μ l/ml, G-6-PD 30 μ l/ml를 동량으로 섞음)을 준비한다. 3ml 용량 튜브 준비하여, buffer reagent mixture 2.6ml, NADP solution 0.1ml, thiol solution 0.1ml, enzyme solution 0.1ml, 각각을 혼합하여 섞는다. 이후 30 $^{\circ}$ C에서 5분간 incubate하고, 혈청 0.1ml을 미리 30 $^{\circ}$ C로 가온한 후 가하여 30 $^{\circ}$ C에서 5분간 incubate한다. Dichromate blank로 100% T에 맞추어 340nm에서 0분과 5분의 흡광도를 측정하여 CPK양으로 환산한다.

12. 통계

실험결과에 대한 통계처리는 Statistical Analysis System(version 6.4)에 의하여 각 실험군 별로 평균치와 표준편차를 계산하였고, P값이 0.05이하일 때 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

실험성적

1. Lactate 변화

유영운동 부하에 의하여 유발된 피로에 대하여 lactate 농도를 관찰한 결과, 대조군이 $24.64 \pm 0.38 \text{ mg/dl}$ 인 것에 비하여 죽력투여A군에서는 $24.83 \pm 0.24 \text{ mg/dl}$, 죽력투여B군에서는 $22.45 \pm 0.22 \text{ mg/dl}$ 를 보였다. 즉 대조군에 비하여 정제 죽력을 유영운동 중에 투여한 죽력투여B군에서는 lactate 농도가 유의하게 감소하였으며($P < 0.01$), 유영운동 전에 투여한 죽력투여A군에서는 유의한 변화를 보여주지 않았다(Fig. 2).

2. LDH 변화

유영운동 부하에 의하여 유발된 피로에 대하여 LDH 활성을 관찰한 결과, 대조군이 $192.68 \pm 28.68 \text{ U/L}$ 인 것에 비하여 죽력투여A군에서는 $135.35 \pm 10.26 \text{ U/L}$, 죽력투여B군에서는 $125.34 \pm 7.93 \text{ U/L}$ 를 보였다. 즉 대조군에 비하여 정제 죽력을 유영운동 중에 투여한 죽력투여B군에서는 LDH 활성이 유의하게 정상 수준으로 감소하였으며($P < 0.05$), 유영운동 전에 투여한 죽력투여A군에서도 감소의 경향을 보였으나 유의성은 나타내지 않았다(Fig. 3).

3. Glucose 변화

유영운동 부하에 의하여 유발된 피로에 대하여 glucose 농도를 관찰한 결과, 대조군이 $192.8 \pm 9.90 \text{ mg/dl}$ 인 것에 비하여 죽력투여A군에서는 $142.9 \pm 7.86 \text{ mg/dl}$, 죽력투여B군에서는 $176.4 \pm 5.95 \text{ mg/dl}$ 를 보였다. 즉 대조군에 비하여 정제 죽력을 유영운동 전에 투여한 죽력투여A군에서는 glucose 농도가 유의하게 정상 수준으로 감소하였으며($P < 0.01$), 유영운동 중에 투여한 죽력투여B군에서는 유의한 변화를 나타내지 않았다(Fig. 4).

4. Triglycerides 변화

유영운동 부하에 의하여 유발된 피로에 대하여 triglycerides 농도를 관찰한 결과, 대조군이 $156.23 \pm$

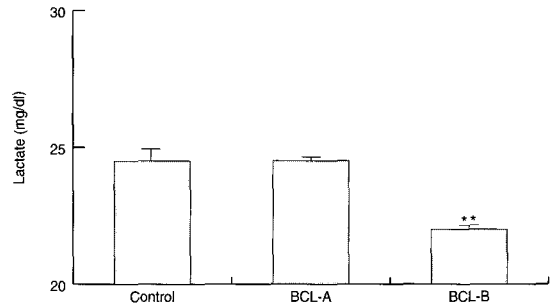


Fig. 2. Effect of BCL on lactate level in mice. Control : group of swimming exercise for 10 minutes administered with saline. BCL-A : oral administration an hour before swimming exercise for 10 minutes to test the preventive effect of BCL. BCL-B : swimming for 10 minutes at first, then orally fed with BCL followed by half an hour rest and another 10 minute swimming exercise to test the fatigue recovery. Other detailed contents were described in the material and methods. **, Statistically different compared with control($P < 0.01$).

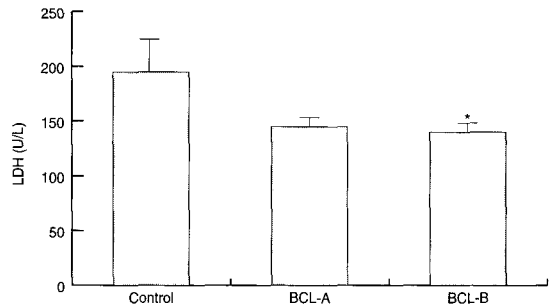


Fig. 3. Effect of BCL on LDH activity in mice. Control : group of swimming exercise for 10 minutes administered with saline. BCL-A : oral administration an hour before swimming exercise for 10 minutes to test the preventive effect of BCL. BCL-B : swimming for 10 minutes at first, then orally fed with BCL followed by half an hour rest and another 10 minute swimming exercise to test the fatigue recovery. Other detailed contents were described in the material and methods. *, Statistically different compared with control($P < 0.05$).

11.21 mg/dl 인 것에 비하여 죽력투여A군에서는 $160.14 \pm 11.61 \text{ mg/dl}$, 죽력투여B군에서는 $188.68 \pm 8.87 \text{ mg/dl}$ 를 보였다. 즉 대조군에 비하여 정제 죽력을 유영운동 전에 투여한 죽력투여A군에서는 triglycerides 농도가 유의한 변화를 나타내지 않았으

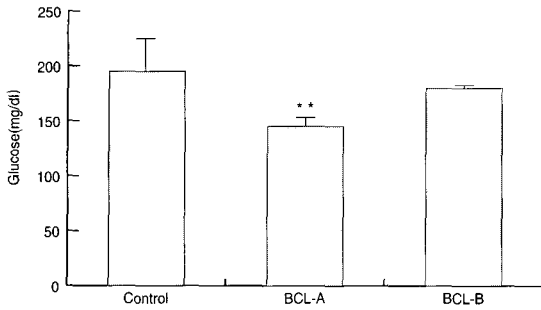


Fig. 4. Effect of BCL on glucose level in mice. Control : group of swimming exercise for 10 minutes administered with saline. BCL-A : oral administration an hour before swimming exercise for 10 minutes to test the preventive effect of BCL. BCL-B : swimming for 10 minutes at first, then orally fed with BCL followed by half an hour rest and another 10 minute swimming exercise to test the fatigue recovery. Other detailed contents were described in the material and methods. **, Statistically different compared with control($P<0.01$).

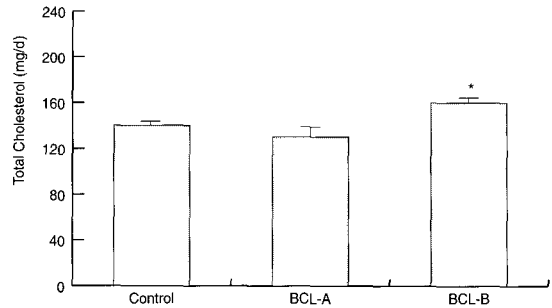


Fig. 6. Effect of BCL on total cholesterol in mice. Control : group of swimming exercise for 10 minutes administered with saline. BCL-A : oral administration an hour before swimming exercise for 10 minutes to test the preventive effect of BCL. BCL-B : swimming for 10 minutes at first, then orally fed with BCL followed by half an hour rest and another 10 minute swimming exercise to test the fatigue recovery. Other detailed contents were described in the material and methods. *, Statistically different compared with control($P<0.05$).

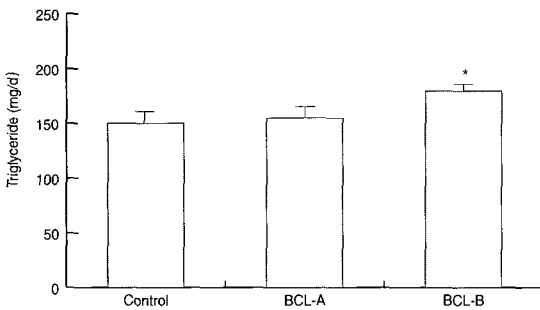


Fig. 5. Effect of BCL on triglycerides level in mice. Control : group of swimming exercise for 10 minutes administered with saline. BCL-A : oral administration an hour before swimming exercise for 10 minutes to test the preventive effect of BCL. BCL-B : swimming for 10 minutes at first, then orally fed with BCL followed by half an hour rest and another 10 minute swimming exercise to test the fatigue recovery. Other detailed contents were described in the material and methods. *, Statistically different compared with control($P<0.05$).

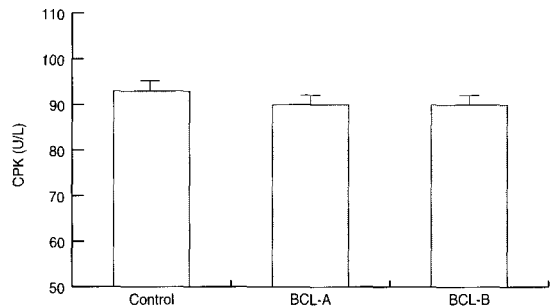


Fig. 7. Effect of BCL on CPK activity in mice. Control : group of swimming exercise for 10 minutes administered with saline. BCL-A : oral administration an hour before swimming exercise for 10 minutes to test the preventive effect of BCL. BCL-B : swimming for 10 minutes at first, then orally fed with BCL followed by half an hour rest and another 10 minute swimming exercise to test the fatigue recovery. Other detailed contents were described in the material and methods.

며, 유영운동 중에 투여한 죽력투여B군에서는 유의성 있는 증가를 나타내었다(Fig. 5).

5. Total Cholesterol 변화

유영운동 부하에 의하여 유발된 피로에 대하여 total cholesterol 농도를 관찰한 결과, 대조군이 $145.25 \pm 4.14 \text{ mg/dl}$ 인 것에 비하여 죽력투여A군에서는 $135.76 \pm 7.28 \text{ mg/dl}$, 죽력투여B군에서는 159.62 ± 3.04

mg/dl를 보였다. 즉 대조군에 비하여 정제 죽력을 유영운동 전에 투여한 죽력투여A군에서는 total cholesterol 농도가 유의한 변화를 나타내지 않았으며, 유영운동 중에 투여한 죽력투여B군에서는 유의성 있는 증가를 나타내었다(Fig. 6).

6. CPK 변화

유영운동 부하에 의하여 유발된 피로에 대하여 CPK 활성을 관찰한 결과, 대조군이 $93.35 \pm 1.93 \text{ U/L}$ 인 것에 비하여 죽력투여A군에서는 $90.02 \pm 2.26 \text{ U/L}$, 죽력투여B군에서는 $89.34 \pm 1.79 \text{ U/L}$ 를 보였다. 즉 대조군에 비하여 정제 죽력을 유영운동 전에 투여한 죽력투여A군에서는 CPK 활성이 유의한 변화를 나타내지 않았으며, 유영운동 중에 투여한 죽력투여B군에서도 유의성 있는 변화를 나타내지 않았다(Fig. 7).

토의 및 고찰

생화학적 관점에서 피로는 신체운동의 결과 체내의 각 조직에서는 활동이 활발해짐으로써 많은 에너지가 생성될 뿐만 아니라 대사 최종산물로서 젖산, 탄산가스 및 무기인산염 등이 생성된 상태로, 운동을 하고 있는 골격근에서는 산소 부족으로 인해 lactate 형성이 증가되고, lactate 형성과정에서 효소들이 관여하는 바 혐기성 해당과정의 결과 생성된 초성 포도산염은 미토콘드리아 내에 존재하는 dehydronicotinamide adenine dinucleotide와 결합한 후 lactic dehydrogenase(LDH)에 의해 환원되어 lactate와 nicotinamide dinucleotide를 형성한다^{12,13}. 안정상태의 근조직 속에는 근수축 에너지원으로 adenosine triphosphate와 creatine phosphate가 축적되어 있으며, 화학적으로 결합되어 있는 에너지는 기계적 에너지로 전환되어 운동을 영위할 수 있게 되며, creatine phosphate 등의 phosphagen은 ADP로부터 ATP를 생성하는데 필요한 이용 가능한 고에너지 인산염을 제공하여 ATP의 빠른 손실을 보충하여 ATP 수준을 완충하고, creatine phosphokinase(CPK)는

phosphocreatine에서 phosphate를 ADP에 이전시켜 ATP가 형성시키는 가역적인 반응을 촉매한다¹⁴. 또한 지질은 세포활동에 에너지원으로 활용되고 있는데, 흡수된 지질은 간장을 통하여 triglycerides, cholesterol, phospholipids, fatty acids, lipoproteins 등의 지질로 합성된다. 체내의 총 cholesterol양은 cholesterol 합성과 혈액으로의 방출에 의하여 조절되며, triglycerides는 지방 조직에 저장되는데, 혈액 지질 농도가 감소되면 이들 triglycerides의 일부가 가수분해되어 혈류 중으로 방출된다¹⁵.

피로에 있어서는 이와 같은 대사 과정을 거치기 때문에 피로와 관련된 연구에서도 biochemical factor를 위의 인자를 주요하게 활용하는 것을 볼 수가 있는데, 즉 근 운동 및 피로와 관련된 주요 인자로서 Ide M 등⁸, Kraemer WJ 등¹⁶은 LDH와 CPK를 활용하였고, Akova B 등¹⁷, Ohtani M 등¹⁸은 lactate를 활용하였고, Stannard SR 등⁹, Takii H 등¹⁹은 glucose를 활용하였고, Nash MS 등²⁰, Shirom A 등¹⁰은 triglycerides와 cholesterol을 활용하였다.

한의학에서 피로와 관련된 연구로는 김²¹이 운동 부하후의 피로회복에 미치는 補中益氣湯 및 六味地黃湯의 효과를, 한²²이 雙和湯, 八物湯, 六味地黃湯 및 補中益氣湯이 근육 피로회복에 미치는 효과를, 주²³가 人蔘이 운동을 부하한 근조직의 대사활성에 미치는 효과를, 홍²⁴이 인삼이 생쥐의 운동능력 및 乳酸生成量에 미치는 효과를 각각 보고하였으며, 황²⁵은 혈행장애로 인한 근병변에 肝俞, 筋縮에 施灸하여 艾灸가 근질환에 효과가 있음을 보고하였으며, 이²⁶는 腎俞, 關元穴에 施灸하여 백서의 유영능력을 상승시키는 항피로 효과가 있음을 보고하였으며, 나²⁷는 足三里, 肝俞 艾灸가 근육내 피로대사 물질인 젖산, creatine의 형성 및 LDH 활성을 억제시킴을 보고하였다.

그런데 대나무를 고온으로 가열하여 얻어지는 맑고 청징한 즙액인 죽력은 解熱, 煩悶, 消渴, 祛痰 등의 효능이 있어 대사 순환계 개선 효과와 밀접한 관계를 지니고 있는 한약재로 현재까지 항피로에 대한 연구가 수행된 바가 없어 본 연구에서는 실험적으로

규명하여 보았다.

유영운동을 부하하여 피로를 유발한 상태에서 lactate 농도를 관찰한 결과, 대조군 비하여 죽력투여 B군에서는 lactate 농도가 유의하게 감소하였으며, 죽력투여A군에서는 별다른 변화를 보여주지 않았다. 격심한 운동을 하게 되면 조직이나 혈액내에 lactate가 증가되게 되는데, 본 연구에서 정제 죽력을 유영운동 중에 투여한 죽력투여B군에서 젖산의 농도가 대조군에 비하여 감소한 것으로 보아 정제 죽력 투여가 피로 회복에 주요한 영향을 미치는 것으로 사료된다.

유영운동을 시행하여 피로를 유발한 상태에서 LDH 활성을 관찰한 결과, 대조군에 비하여 죽력투여 A군에서는 약 30%의 감소를, 죽력투여B군에서는 약 35%의 감소를 각각 나타내었다. 생체내에 과도한 근육운동으로 혈액중에 pyruvate가 과량으로 존재하게 되고, LDH에 의해 초성포도산염이 환원작용을 일으켜 lactate로 환원되며, 격심한 운동 후 LDH 활성도는 증가하게 되는데, 본 연구에서 대조군에 비하여 죽력투여B군에서는 LDH 활성이 유의하게 정상 수준으로 감소하였고, 죽력투여A군에서는 유의성은 나타나지 않았으나 감소의 경향을 보인 것으로 보아 정제 죽력의 투여는 피로를 유발시키지 않게 해주는 작용이 있는 것으로 사료된다.

근운동에 있어서 근내의 화학적 에너지가 기계적 에너지로 변화되기 위해서는 복잡한 중간대사를 거치게 되는데, 에너지원으로는 glucose가 이용된다. 간장과 함께 근에는 glycogen이 저장되어 있는데, 계속되는 운동시 glycogenolysis 작용으로 포도당으로 전환되어 지구력에 필요한 에너지로 이용된다. 이는 근운동에 의하여 저장되어 있던 glycogen이 분해되어 생성된 glucose가 혈액 중으로 공급되는 것을 의미한다¹⁵⁾.

본 연구에서 유영운동을 부하하여 피로를 유발한 상태에서 glucose 농도를 관찰한 결과 대조군에 비하여 죽력투여A군에서는 glucose 농도가 유의하게 정상 수준으로 감소하였으나, 죽력투여B군에서는 별다른 변화를 나타내지 않았다. 이것으로 보아 정제 죽

력을 미리 투여하면 근 피로에 관련된 당대사에 영향을 미쳐서 혈당 상승을 발현시키지 않은 것으로 사료된다. Stannard 등¹⁶⁾은 강도 높은 운동을 시행할 시에 low glycemic index foods를 공급하여 plasma glucose를 낮추는 유의한 효과를 얻었음을 보고하고 있는데, 본 연구에서 죽력투여A군에서 혈당이 대조군보다 낮은 수준을 유지한 것은 이와 같은 결과로 사료된다.

한편 죽력은 消風降火, 潤燥行痰, 養血益陰 등의 작용이 있기에 혈중 지질의 대사와 밀접히 연관이 있을 것으로 사료되어 본 연구에서는 혈중 triglycerides와 total cholesterol 농도를 관찰하였다.

유영운동을 부하하여 피로를 유발한 상태에서 triglycerides와 total cholesterol 농도를 관찰한 결과 대조군에 비하여 죽력투여A군에서는 별다른 변화를 나타내지 않았다. 그러나 죽력투여B군에서는 증가를 나타내었는데, 이는 유영중 죽력 투여가 지질대사에 작용하여 그 과정에서 triglycerides와 cholesterol 농도 증가가 발현되는 것으로 사료되며, 향후 이의 작용 기전에 대하여서는 계속적인 추적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 정제 죽력은 운동으로 인한 피로에 대하여 에너지 대사 작용에 의하며 발현되는 여러 대사물질에 주요하게 작용하는 것으로 사료된다. 즉 정제 죽력은 격심한 운동으로 인하여 발생하는 lactate 농도를 감소시키며, 이 때 LDH의 활성도도 증가하여 피로도를 낮추는데 작용하는 것으로 여겨진다. 또한 정제 죽력을 미리 투여하면 유영운동시 에너지원으로 사용되는 혈당의 과다한 이용을 억제하는 것으로 사료된다. 그리고 정제 죽력을 투여하면 운동시 에너지원으로 활용되는 triglycerides, cholesterol 등의 지질의 활용을 증가시키는 것으로 여겨진다. 향후 이러한 작용의 기전을 파악하기 위한 계속적인 연구의 진행이 필요하리라고 사료된다.

결론

정제 竹瀝(竹酢液)의 항피로 효과를 실험적으로 규명하기 위한 목적으로, 생쥐에게 유영운동 시행전 및 시행중에 죽력을 투여하여 LDH, CPK 활성도 및 혈당치, 그리고 lactate, triglycerides, total cholesterol 농도를 관찰한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

Lactate 농도에 있어서 대조군에 비하여 죽력투여B군에서 유의한 감소를 나타내었다. LDH 활성에 있어서 대조군에 비하여 죽력투여B군에서 유의한 감소를 나타내었다. Glucose 농도에 있어서 대조군에 비하여 죽력투여A군에서 유의한 감소를 나타내었다. Triglycerides 농도에 있어서 대조군에 비하여 죽력투여B군에서 유의한 감소를 나타내었다. Total cholesterol 농도에 있어서 대조군에 비하여 대조군에 비하여 죽력투여B군에서 유의한 감소를 나타내었다. CPK 활성에 있어서 대조군에 비하여 죽력투여A군과 죽력투여B군 모두 유의한 변화를 나타내지 않았다.

이상에서 살펴본 바와 같이 정제 죽력은 에너지 대사 작용에 주요하게 작용하는 것으로 사료되며, 이의 작용기전을 더 밝힌다면 강장작용에 유효하게 활용될 수 있으리라고 사료된다.

감사의 글

이 연구는 2000년도 농림기술개발사업 지원에 의해 수행된 연구 결과임.

참고문헌

1. 楊維傑註. 黃帝內經 素問 譯解. 서울:일중사. 1991:210-211.
2. 孫思邈. 千金要方校釋. 북경:인민위생출판사. 1997:322, 413.
3. 金完熙外編. 臟腑辨證論治. 서울:성보사. 1985:143,162-163.
4. 도홍경. 名醫別錄. 북경:인민위생출판사. 1986:126.

5. 李時珍. 本草綱目. 서울:의성당. 1993:2167-2169.
6. 朱丹溪. 丹溪心法. 서울:대성출판사. 1993:7.
7. 汪昂. 本草備要. 新竹市:國興出版社. 1974:398-399.
8. Ide M, Ogata H, Kobayashi M, Wada F. Muscle damage occurring in wheelchair sports people. *Spinal Cord* 1997;35(4):234-7
9. Stannard SR, Constantini NW, Miller JC. The effect of glycemic index on plasma glucose and lactate levels during incremental exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000;10(1):51-61
10. Shirom A, Westman M, Shamai O, Carel RS. Effects of work overload and burnout on cholesterol and triglycerides levels: the moderating effects of emotional reactivity among male and female employees. *J Occup Health Psychol* 1997;2(4):275-88
11. 김해진, 김선민, 오영준, 정기상, 장경선. 정제 방법에 따른 죽력의 물리-화학적 특성 연구(1). 서울:동의생리병리학회지. 2001;15(3):473-476.
12. 李東晷 外譯. 生化學. 서울:고문사. 1984:519-529.
13. Hukabee WE. Relation ship of pyruvate and lactate during anaerobic metabolism effect of infusion of pyruvate of Glucose and hyperventilation. *J Clin Invest.* 1958;37:224.
14. 박인원. Stryer 생화학. 서울:서울외국서적 주식회사. 1994:985-986.
15. 김정진. 은사생리학. 서울:고문사. 1994:391-396, 392.
16. Kraemer WJ, Bush JA, Wickham RB, Denegar CR, Gomez AL, Gotshalk LA, Duncan ND, Volek JS, Putukian M, Sebastianelli WJ. Influence of compression therapy on symptoms following soft tissue injury from maximal eccentric exercise. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001;31(6):282-90
17. Akova B, Surmen-Gur E, Gur H, Dirican M, Sarandol E, Kucukoglu S. Exercise-induced oxidative stress and muscle performance in healthy women: role of vitamin E supplementation and endogenous oestradiol. *Eur J Appl Physiol* 2001;84(1-2):141-7
18. Ohtani M, Maruyama K, Suzuki S, Sugita M, Kobayashi K. Changes in hematological parameters of athletes after receiving daily dose of a mixture of 12 amino acids for one month during the middle- and long-distance running training. *Biosci Biotechnol Biochem* 2001;65(2):348-55
19. Takii H, Ishihara K, Kometani T, Okada S, Fushiki T.

- Enhancement of swimming endurance in mice by highly branched cyclic dextrin. *Biosci Biotechnol Biochem* 1999;63(12):2045-52
20. Nash MS, Jacobs PL, Mendez AJ, Goldberg RB. Circuit resistance training improves the atherogenic lipid profiles of persons with chronic paraplegia. *J Spinal Cord Med* 2001;24(1):2-9
 21. 김길훤. 운동부하후 피로회복에 미치는 보중익기탕 및 육미지황탕의 효과. 서울:경희한의대 학위논문집. 1984;7:121-133.
 22. 한대회, 이철완. 쌍화탕, 팔물탕 및 육미지황탕 및 보중익기탕 전탕액의 운동부하조건에 따른 근육피로 회복. 서울:대한한의학회지. 1991; 12(2):185-202.
 23. 주재욱. 인삼이 운동을 부하한 근조직의 대사활성에 미치는 영향. 서울:고려대학교석사학위논문. 1982.
 24. 홍성일, 박해근. 인삼이 흰 생쥐의 운동능력 및 유산 생성량에 미치는 영향. 서울:대한생리학회지. 1975;9(1):77-82.
 25. 황우준. 간수, 근축의 애구가 가토 대퇴운동압박으로 인한 혈청에 미치는 영향. 익산:원광대학교 대학원 (석사). 1985.
 26. 이윤호. 애구가 항피로 및 부신피질기능부전에 미치는 영향. 서울:경희한의대논문집. 1982;5:161-173.
 27. 나창수, 황우준, 엄태식. 애구가 운동을 부하한 근조직의 대사활성에 미치는 영향. 서울:대한침구학회지. 1991;8(1):271-286.