

식이단백질 함량이 개복수술을 받은 흰쥐의 Catecholamine 농도에 미치는 영향

김 현 숙 · 천 중 희

인하대학교 가정대학 식품영양학과

Effects of Dietary Protein Level on Catecholamine Concentration of Laparotomized Rats

Kim, Hyun Sook · Chyun, Jong Hee

Department of Food and Nutrition, College of Home Economics Inha University, Incheon, Korea

ABSTRACT

This study was performed to investigate the effects of dietary protein content on recovery of laparotomized rats in terms of urinary epinephrine and norepinephrine, plasma epinephrine and norepinephrine. Fortyeight male Sprague Dawley rats average-weighting 160g were divided into two diet groups ; LPD(10% low protein diet) group, HPD(25% high protein diet) group. After 3 days of adaptation period, rats were given experimental diet for 14 days. Experimental period consists of 7-days pre-trauma and 7-days post trauma period. Rats were laparotomized by 4cm abdominal incision under sodium pentobarbital anesthesia. During 7-days before and after the surgery, urine and plasma were collected for the analysis of epinephrine and norepinephrine.

The results are as follows :

1) After laparotomy, urinary epinephrine level was not increased in two diet groups. Urinary epinephrine concentration of rats in LPD group was considerably increased in post-trauma day 3 and thereafter gradually reduced. By post-trauma day 4, however, urinary epinephrine concentration of rats in HPD group was recovered to pre-trauma level.

2) Urinary norepinephrine concentration of rats in LPD group was significantly increased after trauma($p < 0.01$) and the difference between LPD and HPD in post-trauma average norepinephrine concentration was not significant.

3) Post-traum average plasma epinephrine concentration was higher, but not significant, than that of pre-trauma average in both groups [LPD(19.88ng/ml vs 20.93ng/ml), HPD(17.20 ng/ml vs 19.37ng/ml)].

4) Plasma norepinephrine concentration of rats in LPD group was significantly increased

in post-trauma period($p < 0.01$). In HPD group, however, post-trauma average plasma norepinephrine concentration was significantly lower than pre-trauma average.

Thus, the results suggest that norepinephrine concentration was affected by trauma and rats in HPD group excreted less amount of norepinephrine than rats in LPD group.

KEY WORDS : laparotomy · epinephrine · norepinephrine · trauma.

서 론

체조직의 분해는 많은 임상적 질병에서 일어나지만 특히 trauma(外傷)을 입거나 말기 암환자에서 치명적이다. 일단 외상을 받게 되면 체조직이 분해되면서 체중이 감소되고 체내 열발생의 증가로 산소 소비가 점차 증가하며¹⁻⁴⁾, 조직 catabolism 증가로 체단백질, 체지방, 글리코젠이 손실되므로 체구성 성분이 변화되는 등 체내 여러가지 대사 기능에 변화가 오게 된다⁴⁾. 또한 hormone 대사에도 이상이 생겨서 간에서 glycogenolysis와 gluconeogenesis를 유도하는 glucagon 분비가 증가하고 골격 근육에서 아미노산을 유리시키는 corticosterone이 증가하며, 간에서의 gluconeogenesis와 당분해를 촉진하는 catecholamines과 glucocorticoid가 증가하게 된다¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾.

신체적, 정신적 스트레스, cold exposure, hypoglycemia, trauma, injury, sepsis 등과 같은 체내조직에 대한 stressor는 특히 sympathetic nervous system과 adrenomedullary의 분비를 자극하여 adrenergic neurotransmitter인 norepinephrine와 adrenal gland에서 많이 합성되는 epinephrine 같은 catecholamines 분비를 촉진하는데²⁾, 이들이 stressor에 대해 어떻게 작용하여 항상성을 유지하는지에 대한 정확한 메카니즘은 아직 의문으로 남아 있다.

Stress를 받은 후 회복에 미치는 인자에는 온도⁶⁾, 연령⁴⁾, 영양상태 등 여러가지 있겠으나, 특히 식이섭취는 회복에 직접적인 영향을 주며 실험 동물이나 사람에게 있어 sympathoadrenal system의 작용에 영향을 미친다⁷⁾. 특히 catecholamines과 식이 성분과의 관계에 대한 보고를 살펴보면, sucrose와 lard를 식이에 보충해 주었을 때 sympathetic activity가 증가하여 catecholamines의 분비를 증가시켰

고, 절식은 이들 작용을 감소시켰다고 한다⁸⁻¹¹⁾. 또한 식이 단백질 함량과의 관계에서, 식이 단백질 함량이 높을수록 조직과 혈중 catecholamines 대사 산물의 함량이 감소 한다고 보고¹²⁻¹⁴⁾하였고, Hoeldke등¹⁵⁾은 급성 kwashiorkor환자의 epinephrine분비량은 대조군과 비교하여 증가되었다고 하였다. 그리고 높은 식이 단백질 함량은 에너지 섭취량과 체중 증가량이 비슷할 때 norepinephrine turnover를 감소 시켰다고 제안하였다.

Catecholamines 생합성의 전구체인 아미노산 중에서 tyrosine, phenylalanine의 섭취는 sympathetic nervous system의 기능에 저해작용이 있다고 하지만, Kaufmann등¹³⁻¹⁴⁾은 7%의 저단백질 식이에 tyrosine을 첨가 하였을 때 첨가된 tyrosine이 감소된 norepinephrine turnover에는 영향을 미치지 않았다고 보고 하였다. 결과적으로 에너지 섭취와 식이 단백질 함량은 모두 sympathetic nervous system의 activity에 영향을 미치지만 tyrosine은 영향을 미치지 않는다고 할 수 있다.

그외 catecholamines대사는 혈압¹¹⁾¹⁶⁾이나 immobilization, foot shock, handling같은 외부적인 stress¹⁷⁻¹⁹⁾, 그리고 온도²⁰⁾²¹⁾, 신체적 운동²²⁾, 연령¹⁶⁾²³⁾에도 영향을 받으며, 특히 Popper등¹⁷⁾에 의하면 수술후 오는 stress도 circulating catecholamines의 수준에 영향을 미친다고 하였다.

이에 본 실험은 수술 환자의 회복을 촉진하기 위한 diet 연구로써 개복수술을 받은 후 일어나는 catecholamines대사에 식이단백질 함량이 미치는 영향을 연구하는데 그 목적을 두었다.

실험재료 및 방법

1. 실험동물

식이단백질 함량이 Catecholamine 농도에 미치는 영향

실험동물은 평균체중 150~170g의 Sprague-Dawley종 흰쥐 수컷으로, 총 48마리를 표준사료로 3일간 적응시킨 후 체중에 따라 난괴법에 의해 두군으로 나누고 실험식으로 14일간 사육하였다. 전 실험기간동안의 계획은 Fig. 1과 같다.

Fig 1. Experimental design.

Date	Period	Urine Sample	Blood Sample
1	Adaptation Period		
2			
3			
4	Experimental Period		
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11	Post-Trauma Period		
12			
13			
14			
15			
16			
17			

Operation

동물사육실의 실내온도는 24±1℃로 유지하였고 12시간 주기로 명암을 조절하였으며, 먹는 물의 양은 제한하지 않았다.

2. 실험식이 및 개복수술

본 실험에 사용한 실험식이의 조성은 Table 1에서 보는 바와같이 LPD군은 단백질 함량이 10%인 저단백질 식이군이고 HPD군은 25%의 Casein을 함유하는 고단백질 식이로 실험식이의 단백질 수준을 달리 하였으며, 실험식이 배합에 사용된 비타민과 무기질의 혼합은 American Institute of Nutrition (AIN)²⁴⁾에서 제시한 조성비를 이용하였다. 각 실험식이는 동물이 잘먹는 agar diet로 만들어 냉장고에 보관하면서 공급하였다.

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredients	(g/kg diet)	
	LPD group	HPD group
Casein	100.0	250.0
Corn oil	60.0	60.0
Corn starch	191.2	133.8
Sucrose	573.8	481.2
Cellulose	30.0	30.0
Vitamin mix ¹⁾	10.0	10.0
Mineral mix ²⁾	35.0	35.0

1) Vitamin mixture ; 1.0% in diet provided the following vitamins. Thiamin. HCl, 6.0mg/kg diet ; Riboflavin, 6.0 mg/kg diet ; Pyridoxine. HCl, 7.0mg/kg diet ; Nicotinic acid, 30.0mg/kg diet ; Calcium pantothenate, 16.0mg/kg diet ; Folic acid, 2.0mg/kg diet ; Cyanocobalamine, 10 µg/kg diet ; Biotin, 0.2mg/kg diet ; Vitamin A(as retinyl palmitate), 4,000IU/kg diet ; Vitamin D(as cholecalciferol), 1,000IU/kg diet ; Vitamin E(as α-tochopheryl acetate), 50IU/kg diet ; Vitamin K(as menaquinone), 50 µg/kg diet.

2) Mineral mixture ; 3.5% in diet provided the following minerals(mg/kg diet)

Calcium(as calcium phosphate. dibasic), 5,200 ; Phosphorus(as calcium phosphate. dibasic), 4,000 ; Sodium (as sodium chloride), 1,020 ; Potassium(as potassium citrate. H₂O), 3,600 ; Magnesium(as magnesium oxide), 500 ; Manganese(as manganese carbonate), 54 ; Iron (as ferric citrate), 35 ; Copper(as cupric carbonate), 6 ; Zinc(as zinc carbonate), 30 ; Iodine(as potassium iodine), 0.2 ; Selenium(as sodium selenite. 5H₂O), 0.1 ; Chromium(as chromium potassium sulfate. 12H₂O), 2.0 ; Chloride(as sodium chloride), 1,560 ; Sulfate(as potassium sulfate), 1,000

외부적인 stress를 주기 위한 개복수술을 실험식이 공급후 7일째 되는 날 실험동물에게 sodium pentobarbital을 복강내 주사하여 마취시킨 뒤 복부의 털을 깎아낸 후 4cm길이로 피층과 근육층을 개복한뒤 봉합하는 인위적인 trauma를 주었다. 개복수술 후에도 수술전에 급여한 실험식이를 7일간 계속 공급하였다.

3. 시료의 수집

1) 뇨의 수집

뇨는 실험기간 동안 매일 일정시간에 수집하여 탈이온 증류수로 희석한 뒤 분석될 때까지 -20℃에

냉동보관 하였다

2) 혈액의 채취

채혈은 수술전 1, 3, 7일과 수술후 1, 3, 5, 7일에 각 식이군에서 세마리씩 실시 하였다. 뇨 수집후에 ether로 가볍게 마취시킨 상태에서 heart puncture로 채혈하였으며, 채취한 혈액은 heparin이 처리된 tube에 넣어 30,000×g, 10℃에서 10분간 원심분리 시켜 분석직전까지 냉동보관 하였다.

4. 생화학적 분석

1) 뇨중 epinephrine과 norepinephrine의 분석

뇨중 epinephrine과 norepinephrine 분석은 Anton등의 방법²⁵⁾을 변형하여 실시하였다.

냉동된 뇨를 냉장온도에 방치하여 녹인 뒤 약 5분동안 강하게 shaking하고 5ml를 취하여 30,000×g, 10℃에서 10분간 냉동원심분리시켜 0.4N-HClO₄ 25ml을 넣고 이 용액을 산성 Al₂O₃와 EDTA를 포함하는 비이커에 옮긴 다음 5분동안 빠르게 저으면서 pH 8.6을 유지 시킨 뒤, Al₂O₃가 안정되면 용액을 흡인하여 버리고 증류수로 2분간 shaking 한뒤 clinical centrifuge를 이용하여 1,500 rpm에서 2분동안 원심분리 시켜 씻어 낸다. 이러한 과정을 최소한 4번 반복하여 씻어낸 뒤 0.05N HClO₄ 3ml를 첨가하여 강하게 shaking 함으로써 catecholamines를 용출 시킨다. 용출된 catecholamines 용액을 30,000×g, 10℃에서 10분 동안 원심분리 시킨 후, 맑은 상층액 1ml를 tube에 옮기고 완충 용액 0.5ml을 혼합 하였다. 이때 norepinephrine에 대하여는 pH 7.0의 phosphate buffer를 혼합하였고, epinephrine에 대하여는 pH 2.0의 acetic acid를 첨가하였다. 다시 시험관을 잘 혼합하고 0.25% potassium ferricyanide 0.1ml을 가한 뒤, 여기에 alkaline ascorbate 1ml를 넣고 15~30초 사이에 증류수 2.5 ml를 첨가한 뒤 시료를 비색관에 옮기고 fluorescence를 측정 하였다. 이때 norepinephrine에 대한 activation과 fluorescence는 pH 7.0, 409-519nm에서, epinephrine에 대한 activation과 fluorescence는 pH 2.0, 422-529nm에서 측정하였다.

2) Plasma epinephrine과 norepinephrine의 분석

Plasma epinephrine과 norepinephrine분석은 뇨와 마찬가지로 Anton등²⁵⁾의 방법을 변형해서 실시하였다.

5. 통계적 처리

본 연구의 모든 실험결과는 SPSS-PC를 이용하여 분산 분석을 한후 student t-test를 하여 실험군간의 유의성을 검정 하였다.

실험결과 및 고찰

1. 뇨중 epinephrine 함량

뇨중 epinephrine 함량은 Fig. 2와 같다.

수술전의 뇨중 epinephrine 함량은 식이군간 유의적인 차이는 없었으나 LDP군이 HPD군에 비해 약간 높은 편이었다. 수술후 첫째날의 뇨중 epinephrine 함량은 LPD군에서는 수술전과 비교해 거의 같은 수준을 보이고 있으나 수술후 3일째에 아주 급격히 증가 하였다가 다시 감소하는 경향을 보이고 있다.

HPD군에서는 수술전에 비해 수술직후 증가하였으며, 수술후 2~3일동안 수술전에 비해 약간 높은 수치를 보이다가 수술후 4일째 부터 수술전 보다 낮은 수준으로 회복되었으나 수술 7일째에 다시 급격히 증가하였다. 수술후 7일간의 평균 뇨중 epinephrine 함량은 LPD군이 56.75ng/ml, HPD군이 54.99ng/ml으로 수술전에 비교해 함량 변화는 거의 없었다.

결과적으로 볼때 뇨중 epinephrine 함량은 수술 직후 일시적으로 증가 하였으나 LPD군과 HPD군 모두 수술에 의한 영향을 크게 받지 않았음을 알 수 있었다.

2. 뇨중 norepinephrine 함량

뇨중 norepinephrine 함량은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 수술전에는 두 식이군 사이에서 유의적인 차이가 인정되지 않았으나 수술후 7일간의 평균 norepinephrine 함량은 LPD군에서 수술전의 함량에 비해 유의적인(P<0.01) 차이를 보이고 있으며, HPD군은 수술전과 비슷한 수준을 보이고 있다.

식이단백질 함량이 Catecholamine 농도에 미치는 영향

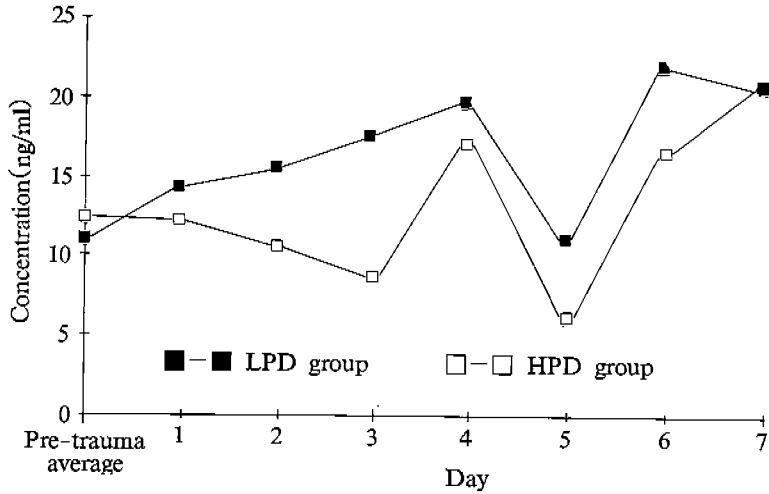


Fig. 2. Daily urinary epinephrine excretion of traumatized mature rats.

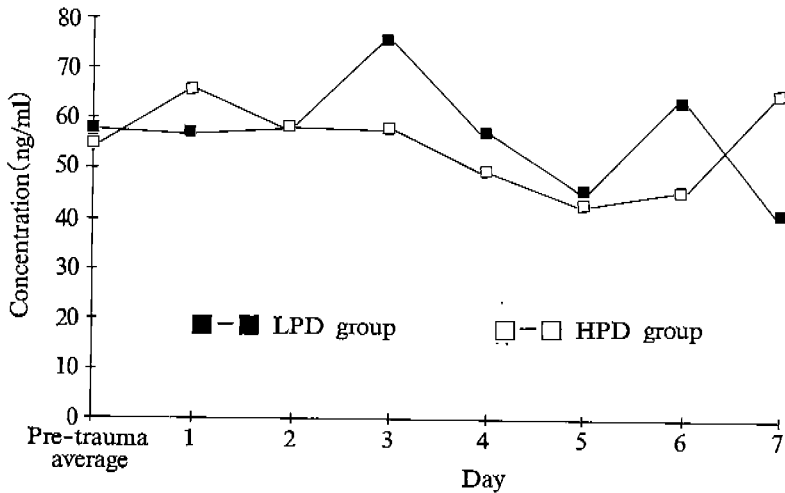


Fig. 3. Daily urinary norepinephrine excretion of traumatized mature rats.

LPD군의 norepinephrine 함량은 수술후 계속 증가하다가 5일째에 수술전 수준으로 떨어졌으나 6일 이후에는 다시 증가 하였다.

한편 HPD군은 오히려 수술후 3일까지 감소하여 LPD군 보다 유의적($P < 0.05$)으로 낮았으나 4일에 급격히 증가 하였고, 5일에 다시 감소하다가 또 다시 증가하는 경향을 보였다. 이와같이 뇨중 norepinephrine 함량은 불규칙적 변동을 보이고 있으나 수술후 7일간의 평균 norepinephrine 뇨중 배설량은 LPD군이 수술전에 비해 50.5% 증가하여 HPD군

보다 높았고, HPD군은 수술전과 비슷한 수준을 보여 수술후 평균 norepinephrine 함량은 LPD군에서 다소 높았다. 이는 식이 단백질 함량이 높으면 뇨중 norepinephrine 배설과 조직의 norepinephrine 분비를 완화시키는 norepinephrine turnover가 감소된다는 Johnston의 보고¹²⁾와 일치 한다.

결과적으로 뇨중 norepinephrine 함량은 LPD군에서 수술후 크게 증가한 것으로 보아 HPD군 보다 수술에 영향을 더 많이 받았음을 알 수 있었다. 이는 뇨중 norepinephrine 배설량이 7%의 저단백질식

이를 먹은 실험동물에서 22~23% 증가하였다는 Young의 보고¹⁴⁾와도 일치하였다.

3. Plasma epinephrine 함량

수술전과 수술후의 plasma epinephrine 함량은 Table 2에 나타냈으며, 수술전 평균 epinephrine 함량은 LPD군에서 약간 높았으나 식이군 사이에는 유의적인 차이가 인정 되지 않았다. 수술후 1일째의 plasma epinephrine 분비량은 LPD군이 수술전 평균 epinephrine보다 조금 낮았지만 3일째 이후 부터 계속 증가 하였고, HPD군은 수술후 첫째날에 증가하여 2~3일간 계속 되다가 4~5일째에 수술전의 수준보다 낮아졌으며 7일에는 다시 증가 하였다. 수술후 평균 plasma epinephrine 함량은 두 식이군에서 모두 수술전 함량에 비해 약간 증가하였으나 유의적 차이는 없었다.

결과적으로 plasma epinephrine 함량은 두 식이군 모두 수술에 의한 영향을 받지 않았고 식이 단백질 함량에도 큰 차이가 없다는 것을 알수 있으며, 이는 노의 결과와도 일치 하였다.

4. Plasma norepinephrine 함량

Table 3에서 보는 바와 같이 수술전 평균 plasma norepinephrine 함량은 LPD군보다 HPD군이 유의적(P<0.01)으로 높았다. 수술후 1일째 norepinephrine 함량은 LPD군이 수술전과 비슷한 수준을 보이고 있지만 수술후 3일째에 급격히 증가하여 2.7배 정도 높았고 이후 차차 감소 되었지만, 7일째에도 수술전 상태로 완전히 회복되지 않았다. HPD군에

Table 3. Plasma norepinephrine concentration of traumatized mature rats

(ng/ml, Mean± S.D)		
	LPD group	HPD group ^{b)}
Pre-trauma average ^{a)}	2.48± 1.45	4.28± 1.01
Post-trauma		
Day 1	2.26± 0.17	2.16± 0.00
Day 3 ^{c)}	6.25± 1.23	1.04± 0.50
Day 5	4.84± 4.32	2.72± 0.63
Day 7	2.70± 2.08	2.69± 0.42
Post-trauma average	4.01± 2.60	2.15± 1.53

a) LPD and HPD groups are significantly different in pre-trauma average at p<0.01

b) Within HPD group, pre-trauma average and post-trauma average are significantly different at p<0.01

c) LDP and HPD groups are significantly different at post-trauma day 3 at p<0.01

서는 수술후 plasma norepinephrine 함량이 오히려 유의적(P<0.01)으로 감소되었다. 또한 수술후 3일째 되는날 plasma norepinephrine 함량은 두 식이군 사이에서 HPD군이 LPD군 보다 P<0.01 수준에서 현저히 낮았으며, 수술후 7일간의 평균 norepinephrine 함량은 LPD군이 HPD군 보다 P<0.01 수준에서 높았다. 따라서 수술에 의한 영향은 단백질 함량이 높은 HPD군에서 보다는 함량이 낮은 LPD군에서 높았다고 할수 있다.

결론 및 요약

본 연구에서는 단백질 함량을 달리한 식이가 개복 수술을 받은 흰쥐의 catecholamines 농도에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 실시하였다.

실험기간동안 노중의 epinephrine과 norepinephrine, plasma epinephrine과 norepinephrine을 측정한 결과는 다음과 같다.

1) 노중 epinephrine 함량은 두 식이군 모두 수술전에 비해 수술후에 많이 증가하지 않았고, LPD군은 수술후 3일째에 급격히 증가하다가 다시 감소 하였지만 HPD군은 수술직후 증가하다가 4일째 부터 수술전 보다 낮은 수준으로 회복되었다.

Table 2. Plasma epinephrine concentration of traumatized mature rats

(ng/ml, Mean± S.D)		
	LPD group	HPD group
Pre-trauma average	19.88± 9.59	17.20± 7.21
Post-trauma		
Day 1	17.92± 9.24	22.66± 12.38
Day 3	22.35± 12.97	21.77± 16.04
Day 5	23.06± 9.61	12.69± 3.81
Day 7	20.41± 6.68	20.39± 9.51
Post-trauma average	20.41± 8.56	19.37± 10.06

식이단백질 함량이 Catecholamine 농도에 미치는 영향

수술후 7일간의 평균 epinephrine 함량은 LPD군이 약간 높았으나 유의하지 않았다.

2) 뇨중 norepinephrine 함량은 수술전에는 두 식이군에서 차이가 인정되지 않았지만, 수술후 LPD군에서 수술전 함량에 비해 유의적($P < 0.01$)으로 증가하였고 HPD군은 수술전과 비슷한 수준을 보여 수술후 평균 norepinephrine 함량은 LPD군에서 다소 높았으나 유의하지는 않았다.

3) Plasma epinephrine 함량은 수술전에 비해 수술후 두 식이군에서 약간 증가 하였으며, LPD군은 수술후 첫째날에 낮은 값을 나타냈지만 3일째 이후 부터 계속 증가하였고 HPD군은 첫째날에 현저히 증가하여 수술후 4~5일째에 수술전 보다 낮아졌지만 수술후 7일째에는 다시 급격히 증가하였다.

4) Plasma norepinephrine 함량은 LPD군이 수술후, 수술전에 비해 $P < 0.01$ 수준에서 HPD보다 높았다. LPD군은 수술후 첫째날 수술전과 비슷한 수준을 보이고 있지만 3일째에 급격히 증가하여 7일째까지 수술전 상태로 회복되지 않았고 HPD군은 수술후 오히려 감소되었다. 따라서 수술에 의한 영향은 단백질 함량이 높은 HPD군에서 낮았다.

이상과 같이 본 연구에서는 뇨중이나 plasma epinephrine 함량이 개복수술에 의한 영향을 별로 받지 않았으며 식이 단백질 함량과도 상관관계가 적었음을 알수 있었다.

한편 뇨중이나 plasma norepinephrine 함량은 LPD군이 수술후 크게 증가하였지만 HPD군은 수술전과 수술후 평균함량에 변화가 없거나 감소된 것으로 보아 LPD군이 HPD군 보다 수술로 인한 stress에 더 영향을 받았다고 할 수 있다. 이는 신체적 스트레스에는 norepinephrine 배설량이 증가하고, 정신적 스트레스에는 epinephrine 분비량이 증가한다는 Dimsdale의 보고²²⁾와 일치한다. 따라서 고단백식이 수술후에 오는 catecholamine의 분비 증가를 억제하며 수술후에 일어나는 체조직의 분해를 감소시켜 회복을 증진시켰다고 할 수 있다. 그러나 catecholamines의 hormone적 작용의 이해 부족은 이들의 대사산물을 혈장이나 뇨중에서 측

정하는 sensitive한 방법의 부족 때문이라고 생각되며 앞으로는 이들 화합물의 정량분석과 함께 trauma로 인해 분비 경향이 달라지는 glucagon, corticosterone 등의 hormone을 정량하여 상처회복에 미치는 영향에 대해서 더 연구해 볼 필요가 있다고 사료된다.

Literature cited

- 1) Upjohn HL, Levenson SM. Some metabolic and nutritional changes associated with injury. *Arch Inter Med* 101 : 530-550, 1958
- 2) Shills ME, Young VR. Modern nutrition in health and disease. 7th. by lea and febigger. Philadelphia 1306-1336, 1988
- 3) Cuthbertson DP, McGirr JL, Robertson JSM. The effect of fracture of bone on the metabolism of the rat. *Quart J Exp Phy* 29 : 13-25, 1939
- 4) McMahan MJ. Workshop on why, when and how to feed patients in hospital : Why I feed patients with trauma and sepsis. *Proc Nutr Soc* 45 : 139-151, 1986
- 5) Soroff HS, Rozin RR, Mooty J, Lister J, Raben MS, MacAulay AJ, Paddock J. Role of human growth hormone in the response to trauma : I. Metabolic effects following burns. *Ann Surg* 166 : 739-752, 1967
- 6) Cuthbertson DP, Fell GS, Smith CM, Tillstone WJ. Metabolism after injury : Effects of severity, nutrition and environmental temperature on protein, potassium, zinc and creatine. *Br J Nutr* 59 : 925-931, 1972
- 7) Dietary carbohydrate intake and catecholamines secretion in man. *Nutr Rev* 40 : 138-141, 1985
- 8) Landsberg L, Young JB. Fasting, feeding and regulation of the sympathetic nervous system. *New Eng J Med* 298 : 1295-1301, 1978
- 9) Welle S, Campbell R. Effect of overeating on plasma and urinary concentration of norepinephrine. *J Clin Endo Metab* 59 : 531-534, 1984
- 10) Januszewicz W, Sznajderman-ciswicka M, Wocial B. Urinary excretion of catecholamines in fasting obese subjects. *J Clin Endo Metab* 27 : 130-133,

- 1967
- 11) Jung RT, Shetty PS, Barrand M, Callingham, James WPT. Role of catecholamines in hypotensive response to dieting. *Br J Med* 13, 1979
 - 12) Johnston JL, Balachandran AV. Effects of dietary protein, energy and tyrosine on central and peripheral norepinephrine turnover in rats. *J Nutr* 117 : 2046-2053, 1987
 - 13) Kaufmann LN, Young JB, Landsberg L. Effects of protein on sympathetic nervous system activity in the rat. *J Clin Invest* 77 : 551-558, 1986
 - 14) Young JB, Kaufmann LN, Saville ME, Landsberg L. Increased sympathetic nervous system activity in rats fed a low-protein diet. *Am J Phy* 248 : R 627-R637, 1985
 - 15) Hoeldke RD, Wurtman RJ. Excretion of catecholamine metabolites in kwashiorkor. *Am J Clin Nutr* 26 : 205-210, 1973
 - 16) Palmer GJ, Ziegler MG, Lake R. Response of norepinephrine and blood pressure to stress increases with age. *J Gerontology* 33 : 482-487, 1978
 - 17) Popper CW, Chiueh CC, Kopin IJ. Plasma catecholamines concentration in unanesthetized rats during sleep, wakefulness, immobilization and after decapitation. *J Phar Exp Ther* 202 : 144-148, 1977
 - 18) Kvetnansky R, Sun CL, Lake CR, Thoa N, Torda T, Kopin IJ. Effect of handling and forced immobilization on rat plasma levels of epinephrine, norepinephrine and dopamine- β -hydroxylase. *Endocrinology* 103 : 1868-1874, 1978
 - 19) DeTurck KH, Vogel WH. Effect of acute ethanol on plasma and brain catecholamine levels in stressed and unstressed rats. *J Phar Exp Ther* 223 : 348-354, 1982
 - 20) Knehans AW, Romsos DR. Reduced norepinephrine turnover in brown adipose tissue of ob/ob mice. *Am J Phy* 245 : E67-E73, 1983
 - 21) Fregly MJ, Field FP, Katovich MJ, Barnely CC. Catecholamines thyroid hormone interaction in cold-acclimated rats. *Fed Proc* 38 : 2162-2169, 1979
 - 22) Dimsdale JE, Moss J. Plasma catecholamines in stress and exercise. *JAMA* 243 : 340-342, 1980
 - 23) Shoemaker WJ, Wurtmann RJ. Effect of perinatal undernutrition on the metabolism of catecholamines in the rat brain. *J Nutr* 103 : 1537-1547, 1973
 - 24) Report of the American Institute of nutrition Ad. Hoc. committee on standards for nutritional studies. *J Nutr* 107 : 1340-1448, 1973
 - 25) Anton AH, Sayre DF. A study of the factors affecting the aluminum oxide-trihydroxyindole procedure for the analysis of catecholamines. *J Phar Exp Ther* 138 : 360-375, 1962