

# 고나트륨과 저나트륨 식이시 성인 여성의 혈중 아미노산 농도변화에 관한 연구

홍원주\* · 승정자\*\* · 김미현\*\*§

수원여자대학 식품과학부, \* 숙명여자대학교 식품영양학과\*\*

## Effects of High and Low Sodium Diet on Plasma Amino Acid Levels in Korean Adult Women

Hong, Won-Ju\* · Sung, Chung-Ja\*\* · Kim, Mi-Hyun\*\*§

Department of Food Science,\* Suwon Women's College, Suwon 441-748, Korea

Department of Food & Nutrition,\*\* Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

### ABSTRACT

This study was performed to determine the effect of dietary Na levels on plasma amino acid levels. Plasma amino acid levels were compared in 20 adult healthy women subjects who were given high Na diet (290.48 mEq/day : NaCl 17 g) or low Na diet (51.26 mEq/day : NaCl 3 g) for subsequent 6 days. Plasma essential amino acids levels were significantly decreased (36%) while plasma non-essential amino acids levels were significantly increased (22%) when subjects were given low Na diet ( $p < 0.001$ ). Among essential amino acids, threonine was decreased (74%) significantly when subjects were given low Na diet ( $p < 0.01$ ). Among nonessential amino acids, serine (49%), proline (20%) and aspartic acid (14%) were increased ( $p < 0.01$ ), while arginine (48%) and glutamic acid (27%) were decreased ( $p < 0.001$ ). In conclusion, dietary Na contents seemed to be an important factor to affect plasma amino acid levels. It would be appropriate to decrease the dietary Na intakes level considering the various clinical effects of dietary Na on the body fluid. For the patients who need low Na diet, it would be suggested that the level of dietary proteins should be carefully considered along with dietary Na manipulation. (*Korean J Nutrition* 37(2) : 108~114, 2004)

**KEY WORDS** : low Na diet, High Na diet, plasma amino acid.

## 서 론

최근 우리나라는 사회경제적 수준이 향상되어 사회 환경과 생활이 변화하고 식품공업의 발달로 다양한 가공식품이 개발되어 그 섭취가 증가하고 있으며, 사회활동의 증가로 간편식의 이용과 외식의 빈도가 증가하고 있는 추세이다.<sup>1)</sup> 가공식품은 식염뿐 아니라 여러 첨가물들을 나트륨의 형태로 사용하기 때문에 자신도 모르는 사이에 나트륨의 섭취는 더욱 높아질 것으로 예상된다.

과잉의 나트륨 섭취는 혈압을 상승시켜 고혈압을 유발한다고 알려져 있어 오랫동안 나트륨의 섭취에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다.<sup>2-5)</sup> 나트륨이 고혈압을 유발하는 원인

으로 나트륨의 과잉섭취시 동맥의 나트륨저류로 동맥벽의 신장성이 변화되기 때문이라는 것과,<sup>6)</sup> 세포외액량 증가로 인한 혈액학적 변화 때문이라고 제시되었다.<sup>10)</sup> 또한 나트륨의 과잉섭취는 고혈압 뿐만 아니라 심혈관의 알도스테론 과잉분비로 울혈성 심부전, 심장발작을 초래할 수 있으며,<sup>11)</sup> 위암발생의 증가와도 관련이 있는 것으로 보고되었다.<sup>12)</sup>

이와 같이 일상 식이 중 나트륨 섭취증가에 대한 우려와 고염식의 부정적인 영향에 대한 보고로 나트륨의 섭취를 줄일 것을 권고하고 있으며, 병원에서는 고혈압, 신장질환, 심장질환, 임신중독증 등의 식사요법으로 저염식을 실시하고 있다. 그러나 나트륨 제한에 따른 생체내 성분의 변화에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 나트륨은 아미노산을 포함한 여러 영양소의 생체 내 이동에 관여하기 때문에 나트륨 섭취수준의 변화는 체내 영양소의 함량에 영향을 미칠 것으로 사료된다. 특히 혈중 아미노산은 대부분이 단백질로부터 유도되어 여러개의 운반체에 의해 흡수되는데,<sup>13)</sup>

접수일 : 2003년 8월 8일

채택일 : 2004년 3월 8일

§ To whom correspondence should be addressed.

이 운반체 중에는 나트륨과 결합하는 것과 나트륨과 관계 없이 운반되는 것이 있다.<sup>14,15)</sup> 나트륨 의존적인 운반기전이 물질의 이동에서 차지하는 비율은 환경에 따라 다른데, 장관내의 아미노산 농도가 증가하면 나트륨 의존적인 운반이 중요하지만, 아미노산 농도가 현저히 높아지면 단순 확산이 더욱 중요한 것으로 보고되고 있다.<sup>16)</sup> 신장 세뇨관에서의 아미노산의 재흡수도 나트륨 의존적인 기전에 의해 일어난다. 따라서 나트륨 섭취수준이 혈장 아미노산 농도에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

이에 본 연구는 나트륨 섭취 수준의 변화가 혈장 아미노산 농도에 어떠한 영향을 미치는지 비교 분석하여 나트륨의 과잉 섭취와 밀접한 관련이 있는 심장순환계 및 신장 질환 같은 질병의 예방과 치료를 위한 저염식 처방시 단백질 섭취 기준의 기초자료를 마련하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험대상자 및 기간

일상적으로 나트륨의 섭취수준이 증가함에 따라 고나트륨 식이를 하는 사람들에게 저나트륨식이 처방시 나타나는 혈장 아미노산 농도의 변화를 관찰하기 위하여 21~28세의 건강한 여대생 및 대학원생 20명을 모집하여 Fig. 1과 같은 연구를 16일 동안 실시하였다. 식단구성은 동일하고 나트륨 함량만 다른 고나트륨식과 저나트륨식을 6일씩 제공하였다. 고나트륨식을 제공하기 전날 신체계측을 실시하였고 고나트륨식과 저나트륨식 섭취기간 사이에 2일간의 적응기간을 두었으며, 고나트륨식과 저나트륨식의 실험식이를 마친 다음날 아침 공복상태에서 신체계측과 혈액채취를 실시하였다. 실험식이 기간동안에는 주어진 식사 전량을 섭취하고 실험식 이외의 어떤 약제나 식품도 섭취하지 않도록 하였으며, 실험기간 중 심한 운동이나 활동은 피하고 가능한 규칙적인 생활을 유지하도록 하였다.

### 2. 실험식이

실험식은 Table 1과 같이 대상자들의 기호도 조사 후 5가지 기초식품군을 고려한 일상적인 상용식품을 주로 선

택하여 대상자들의 영양권장량<sup>17)</sup> 수준에 맞게 3일간의 식단을 작성하여 고나트륨식과 저나트륨식이 기간인 6일 동안 각각 두번씩 공급하였다. 나트륨의 공급수준은 식이조사에서 나타난 성인의 나트륨 섭취수준 (240~277 mEq)을 고려하여 고나트륨식은 290.5 mEq (NaCl 17 g), 저나트륨식은 현재 우리나라 대부분의 병원에서 나트륨 제한식으로 실시하고 있는 저나트륨식 수준 (59.8~85.4 mEq ; NaCl 3.5~5 g)보다 낮은 51.3 mEq (NaCl 3 g)으로 결정하였다. Table 1과 같이 식품성분표<sup>18)</sup>를 기준으로 산출했을 때 3일 식단의 식품에 자연적으로 포함되어 있는 평균 나트륨량은 13.62 mEq였으며, 그 나머지의 나트륨은 sodium citrate로 고염식 277.19 mEq, 저염식 37.64 mEq씩 첨가하여 공급하였다.

3일간 실험식이의 평균 영양소구성은 Table 2와 같다. 실험기간에 사용한 모든 식품은 가능한 가공식품을 피하고 신선한 것으로 구입하여 영양, 맛과 위생을 충분히 고려하면서 조리하였으며, 조리에 사용한 모든 기구는 매일 0.4%의 EDTA (ethylene diamine tetraacetic acid)에 12시간 이상 담근 후 사용하기 직전 이온제거수로 3번 이상 헹구어 사용하였다. 모든 대상자들에게 정해진 시각에 제공된 식사는 잔반이 없이 모두 섭취하도록 하였으며 식단에 함유되어 있는 나트륨량을 제하고 제공한 일정량의 나트륨은 식사 중 음식에 넣어서 섭취하도록 하였다. 실험식이를 통한 아미노산의 섭취량은 식품성분표를 이용하여 분석하였다.

### 3. 신체계측 및 혈액채취

체중은 신발을 벗고 옷을 가볍게 입은 상태에서 Beam balance scale (Continental scale Co., USA)을 이용하였고, 고염과 저염식이 후 동일한 옷차림으로 측정하였다. 신장은 Martin씨 계측기를 이용하여 각각 2회 반복 측정하였다. 혈압은 아침식사 전 공복상태에서 편안하게 앉은 자세로 10분 이상 휴식을 취한 후 표준 수은주 혈압계를 사용하여 측정하였으며, 그 후 진공채혈관을 이용하여 정맥혈 20 ml를 채취하였다. 채취한 혈액 6 ml은 heparin 처리된 CBC bottle에 담고, 나머지 혈액은 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리하여 혈청을 얻은 후 분석에 사용하였다.

Date \ Method	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Education																
Diet		High sodium diet						Adaptation		Low sodium diet						
Anthropometric measurement																
Blood sampling																

Fig. 1. Experimental design.

## 4. 혈장 아미노산분석

실험에 사용한 모든 기구들은 오염방지를 위하여 깨끗이 씻은 후 플라스틱 제품일 경우는 0.4% EDTA용액에 12시간 이상 담그고 유리제품일 경우에는 질산원액에 24시간 담

근 후 이온제거수로 5번 이상 세척하여 건조기에서 완전히 건조시켜 사용하였으며, 모든 시료는 2회 이상 반복 측정하여 그 평균치를 사용하였다. 혈장내 아미노산은 산가수분해로 단백질의 peptide결합이 끊어진 free amino acid nit-

Table 1. Composition of the experimental diet

	Mealtime	Meal composition	Amount (g)	Na (mg)
1st day	Breakfast	Yeast bread	60	2.7
		Milk	200	100
		Hard boiled eggs	60	78
	Snack	Orange	100	2
	Lunch	Steamed sweet potatoes	150	15
		Fried chicken	165	86.2
		Kkackduki	110	19.7
	Supper	Cooked rice	100	2
		Fried shrimp	90	39.1
		Sauted perilla leaf	55	16.1
		Seasoned doraji, cucumber	67	7.15
	Snack	Apple	200	4
		Candies	10	0.5
	Non-discretionary Na (mg)			372.45 (16.19 mEq)
2nd day	Breakfast	Sandwich	110	0
		Milk	200	100
	Snack	Apple	200	4
	Lunch	Cooked rice	100	2
		Grilled pacific cod	60	58
		Fried vegetables	50	17.1
		Seasoned cabbage	53	11.8
	Snack	Banana	80	1.6
	Supper	Cooked rice	100	2
		Potatoe croquette	82	61.2
		Seasoned sea lettuce, cucumber	50	7.9
		Fried soybean curd	105	0
		Rolled egg	45	35.4
	Non-discretionary Na (mg)			300.9 (13.1 mEq)
3rd day	Breakfast	Karaeddok	100	0
		Milk	200	100
	Snack	Orange	100	2
	Lunch	Cooked rice	100	2
		Fish cuttlet	95	72.7
		Sauted oyster mushroom	85	14.5
		Seasoned radish root	103	12.5
		Boiled potatoes	70	1.4
	Supper	Cooked rice	100	2
		Sauted pork	56	30.4
		Sea lettuce, radish namul	80	13.8
		Pumpkin jeon	60	15.0
	Snack	Peanuts	20	0.4
	Non-discretionary Na (mg)			266.6 (11.6 mEq)

**Table 2.** Nutritional composition of the experimental diet

Nutrient	Intake	
Energy (kcal)	2023.9 ±	48.9 <sup>1)</sup>
Protein (g)	63.9 ±	5.9
Fat (g)	47.8 ±	13.0
Carbohydrate (g)	334.3 ±	39.4
Vitamin A (μgR.E.)	3359.3 ±	1690.4
Vitamin B <sub>1</sub> (mg)	1.1 ±	0.3
Vitamin B <sub>2</sub> (mg)	1.3 ±	0.2
Niacin (mg)	19.8 ±	5.1
Vitamin C (mg)	95.4 ±	27.8
Calcium (mg)	578.2 ±	45.8
Phosphorus (mg)	1013.6 ±	90.4
Iron (mg)	18.8 ±	1.4
Potassium (mEq) <sup>2)</sup>	40.6 ±	9.7
Sodium (mEq) <sup>2)</sup>		
High-Na diet	290.5 ±	15.6
Low-Na diet	51.3 ±	4.5

1) Mean ± standard deviation  
2) Chemical analysis data

**Table 3.** Physical characteristics of the subjects

Variable	Mean ± SD <sup>1)</sup> (Range)
Age (years)	22.88 ± 2.52 ( 20 - 28)
Weight (kg)	54.71 ± 6.56 (43.30 - 66.95)
Height (cm)	160.04 ± 4.83 (149.9 - 167.4)
BMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2)</sup>	21.08 ± 1.93 (17.98 - 24.32)
Systolic blood pressure (mmHg)	110.25 ± 7.69 (100 - 120)
Diastolic blood pressure (mmHg)	67.50 ± 9.67 ( 50 - 80)

1) Standard deviation  
2) Body mass index (weight/height<sup>2</sup>)

rogen을 HPLC system의 cation-exchange column을 통과시켜 분리된 각각의 amino acid들을 ninhydrin시약을 이용 발색시켜 Amax 570 nm에서 정량분석 하였다.<sup>13)</sup>

**5. 통계분석**

실험을 통해 얻은 모든 결과는 SAS program을 이용하여 평균과 표준편차를 계산하였고, 고나트륨식과 저나트륨식이 모든 변수들의 차이는 paired t-test로 유의성을 검정하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 실험대상자의 일반 사항**

연구 대상자들의 일반사항은 Table 3과 같다. 평균 연령은 22.9세였으며, 평균 체중과 신장은 각각 54.7 kg, 160.0 cm로 인 한국인 체위기준치 (체중 54 kg, 신장 161 cm)<sup>17)</sup>와 비교시 유사한 수준이었다. 평균 체질량지수는 평균 21.1

**Table 4.** Anthropometric measurements of the subjects consuming high-and low-Na diets (n = 20)

Variable	High-Na	Low-Na
Weight (kg)	54.7 ± 6.4 <sup>1)</sup>	54.5 ± 5.8 <sup>***2)</sup>
BMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>3)</sup>	21.4 ± 2.0	21.2 ± 1.9*
Skinfold Thickness (mm)	20.3 ± 4.1	19.8 ± 3.6*
Blood pressure (mmHg)		
SBP <sup>4)</sup>	107.6 ± 8.7	103.5 ± 10.3
DBP <sup>5)</sup>	65.5 ± 8.3	60.7 ± 8.6*

1) Mean + standard deviation  
2) Significantly different from high Na diet and low Na diet group by paired t-test \*: p<0.05, \*\*\*: p<0.001  
3) Body mass index (weight/height<sup>2</sup>)  
4) Systolic blood pressure  
5) Diastolic blood pressure

이었으며, 수축기/이완기 혈압은 110.25/67.50 mmHg로써 WHO의 고혈압 확정치인 160/95 mmHg와 비교할 때 정상범위에 속하였고 개인별로도 모두 정상 범위에 있었다.

**2. 고나트륨과 저나트륨 식이시 신체계측치와 혈압의 변화**

고나트륨과 저나트륨 식이시 대상자들의 신체계측과 혈압 상태는 Table 4와 같다. 평균 체중은 고나트륨식이시 54.7 kg이었으나, 저나트륨식이시에 54.5 kg으로 유의적으로 감소하였다 (p < 0.001). 저나트륨식이시 공급시 BMI, Skinfold thickness도 각각 유의적으로 감소하였다 (p < 0.05, p < 0.05). 이는 저나트륨식이시 수분 섭취의 감소로 인한 세포 외액량의 감소 때문으로 보여지며 성인남녀 147명을 대상으로 각각 7일 동안 고염과 저염식을 실시한 Ruppert 등<sup>18)</sup> 연구결과와 일치하였다.

혈압은 수축기혈압이 고나트륨식과 저나트륨식에서 각각 107.6 ± 8.7 mmHg, 103.5 ± 10.3 mmHg로서 유의한 변화가 없었으나, 이완기혈압 (65.5 ± 8.3 mmHg, 60.8 ± 8.6 mmHg)은 저나트륨식이시 고나트륨식보다 유의하게 감소하였다 (p < 0.05). 최근에 고염식과 저염식에서의 혈압변화를 재고한 Jurgens과 Graudal<sup>19)</sup>의 보고에 의하면 정상 혈압의 백인여성을 대상으로 한 57개의 연구에서 고염식과 비교시 저염식에서 수축기 혈압이 1.27 mmHg, 이완기 혈압이 0.54 mmHg감소하였고, 혈압이 높은 백인 여성을 대상으로한 58개의 연구에서는 고염식에 비하여 저염식에서 수축기 혈압이 4.18 mmHg, 이완기 혈압이 1.98 mmHg감소한 것으로 나타났다. 따라서 저염식에 의한 혈압의 감소효과는 혈압이 높은 대상자에게서 더욱 효과적으로 보이며, 본 연구 대상자의 경우 모두 정상 혈압범위에 속하는 경우로 이완기 혈압에서만 유의적인 변화를 나타낸 것으로 생각된다.

**3. 아미노산 섭취 상태**

연구 대상자들이 3일간 실험식에 의하여 섭취한 아미노

**Table 5.** Amino acid contents of experimental diet (mg/day)

	Variable	Mean	Range
EAA <sup>2)</sup>	Threonine	2320 ± 293 <sup>1)</sup>	2053 - 2634
	Valine	3423 ± 312	3092 - 3713
	Isoleucine	2680 ± 296	2434 - 3008
	Leucine	4783 ± 447	4367 - 5256
	Phenylalanine	2778 ± 178	2654 - 2982
	Lysine	3573 ± 747	2980 - 4412
	Methionine	1494 ± 218	1257 - 1686
	Subtotal	21054 ± 2331	
NEAA <sup>3)</sup>	Serine	3541 ± 201	3314 - 3696
	Proline	2599 ± 343	2205 - 2838
	Glycine	10926 ± 393	10674 - 11378
	Alanine	3035 ± 394	2492 - 3355
	Tyrosine	2153 ± 218	1906 - 2316
	Aspartic acid	3036 ± 394	2592 - 3345
	Glutamic acid	5726 ± 599	5141 - 6339
	Histidine	1592 ± 174	1442 - 1783
	Arginine	3936 ± 514	3344 - 4278
	Cystine	1096 ± 68	1024 - 1159
	Subtotal	37640 ± 2464	
Total	58694 ± 3675		

1) Mean ± standard deviation

2) Essential amino acid

3) Nonessential amino acid

산 섭취량은 Table 5와 같다. 아미노산의 1인 1일 평균 섭취량은 총 58,694 mg이었으며 이 중 필수아미노산은 21,054 mg, 불필수아미노산은 37,640 mg으로 총 아미노산 섭취량의 36%가 필수아미노산에 해당하였다. 필수아미노산 중 가장 많이 섭취한 것은 leucine으로 4,783 mg을 섭취하여 총 필수아미노산 섭취량의 23%를 차지하였으며, lysine과 valine은 각각 3,573 mg, 3,423 mg으로 총 필수아미노산의 17%, 16%였다. Isoleucine, threonine, methionine은 각각 2,680 mg, 2,320 mg, 1,494 mg을 섭취하였다.

불필수아미노산 중 가장 많이 섭취한 것은 glycine으로 10,926 mg이었으며 총 불필수아미노산의 29%였다. Glutamic acid의 섭취량은 5,726 mg으로 총 불필수아미노산의 15%에 해당되었고 arginine, serine, aspartic acid는 각각 3,936 mg, 3,541 mg, 3,036 mg으로 총 불필수아미노산의 2%, 9%, 8%이었다. Alanine, proline과 tyrosine은 3,035 mg, 2,599 mg, 2,153 mg을 섭취하여 총 불필수아미노산의 8%, 7%, 6%이었으며, histidine과 cystine은 1,592 mg, 1,096 mg으로 가장 적게 섭취하였다.

문헌에 의해 제시된 필수아미노산의 필요량은,<sup>23)</sup> threonine 383 mg/day, valine은 6.2 mg/day, isoleucine은 547 mg/day이었고, leucine, phenylalanine + tyrosine, methio-

**Table 6.** Plasma amino acids levels of subjects high-and low-Na diets ( $\mu\text{mol/l}$ , n = 20)

	Variable	High Na	Low Na
EAA <sup>3)</sup>	Threonine	544 ± 84 <sup>1)</sup>	143 ± 26 <sup>****2)</sup>
	Valine	191 ± 40	187 ± 25
	Isoleucine	44 ± 10	46 ± 6
	Leucine	92 ± 20	96 ± 12
	Phenylalanine	44 ± 5	49 ± 10
	Lysine	142 ± 29	145 ± 42
	Methionine	16 ± 3	20 ± 4 <sup>**</sup>
	Subtotal	1073 ± 154	687 ± 80 <sup>****</sup>
NEAA <sup>4)</sup>	Serine	358 ± 58	705 ± 81 <sup>****</sup>
	Proline	137 ± 40	171 ± 56 <sup>****</sup>
	Glycine	183 ± 3	193 ± 40
	Alanine	375 ± 63	387 ± 94
	Tyrosine	46 ± 9	45 ± 6
	Aspartic acid	6 ± 1	7 ± 1 <sup>**</sup>
	Glutamic acid	65 ± 17	47 ± 9 <sup>****</sup>
	Histidine	70 ± 15	68 ± 23
	Arginine	29 ± 13	15 ± 4 <sup>****</sup>
	Cystine	41 ± 14	34 ± 9
	Subtotal	1311 ± 133	1674 ± 224 <sup>****</sup>

1) Mean ± standard deviation

2) Significantly different from high Na diet and low Na diet group by paired t-test \*\*: p &lt; 0.01, \*\*\*\*: p &lt; 0.001

3) Essential amino acid

4) Nonessential amino acid

nine + cystine은 모두 711 mg/day로 제시되어 있다. 본 연구 대상자들의 필수아미노산의 섭취량은 이러한 필요량의 범위보다 높은 수준인 것으로 나타났다. 또한 한국인 영양 권장량에 제시된<sup>17)</sup> 성인 여성의 아미노산 필요량 조성에 비해서도 높은 수준 이었다.

#### 4. 고나트륨과 저나트륨 식이시 혈장 아미노산 농도변화

고나트륨과 저나트륨 식이시 혈장 아미노산의 농도변화는 Table 6과 같다. 혈장 threonine 농도는 고나트륨식이에 비해 저나트륨식이시 544  $\mu\text{mol/l}$ 에서 143  $\mu\text{mol/l}$ 로 73.7% 정도의 큰폭의 감소가 있었다 (p < 0.001).

함유량 아미노산 중 methionine은 저나트륨식이 공급기간에 20% 정도 유의적으로 증가하였고 (p < 0.01), cystine은 유의적인 변화가 없어 cystine influx에 나트륨이 관여하지 않는다고 한 McNamara 등<sup>23)</sup>의 보고와 일치하였다.

혈장 serine농도의 경우 고나트륨 식이에 비해 저나트륨식이시 358  $\mu\text{mol/l}$ 에서 705  $\mu\text{mol/l}$ 로 49.2% 수준의 유의적인 증가를 나타내었다 (p < 0.001). 혈장 proline의 경우 저나트륨식이 공급기간에 약 20% 정도 유의적으로 증가하였다 (p < 0.001). glycine과 alanine은 유의적인 변화를 나타내지 않았다.

측쇄아미노산에 속하는 valine, leucine, isoleucine의 혈장농도는 나트륨 수준변화에 대해 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 산성 아미노산인 aspartic acid는 6  $\mu\text{mol/l}$ 에서 7  $\mu\text{mol/l}$ 로 14%정도 증가되었으나 ( $p < 0.01$ ), glutamic acid의 혈장농도는 저나트륨식이 공급 기간에 65  $\mu\text{mol/l}$ 에서 47  $\mu\text{mol/l}$ 로 28%정도 감소하였다 ( $p < 0.001$ ). 스트레스를 받는 환자는 근육조직에서 아미노산의 방출이 증가되고 aspartic acid만 흡수시켰다는 보고가 있으며<sup>24)</sup> 또한 Kuwahara 등<sup>25)</sup>은 쥐의 해미를 이용한 생체의 실험에서 나트륨이 있는 배지에서 L-glutamic acid와 L-aspartic acid는 D-aspartic acid의 흡수를 저해한다고 보고하였는데, 본 연구에서 산성아미노산의 서로 다른 차이는 두 아미노산간의 상호 저해작용에 의한 것이라고 추측된다.

염기성아미노산 (lysine, histidine, arginine)중 arginine만이 29  $\mu\text{mol/l}$ 에서 15  $\mu\text{mol/l}$ 로 48%정도 유의적인 감소를 나타내었다 ( $p < 0.001$ ). 쥐를 이용한 실험에서 염기성 아미노산들은 0.14 M정도의 나트륨이 존재할때 10~50% 더 빠르게 흡수되는 것으로 나타난다고 하였으나, 모든 염기성아미노산에서 같은 결과가 나타나지는 않았다고 한다.<sup>15)</sup> 방향족아미노산인 tyrosine과 phenylalanine은 나트륨 섭취수준에 따른 유의적인 변화를 보이지 않았다.

본 연구에서 나타난 나트륨섭취 수준에 따른 혈장 아미노산농도의 변화를 정리하여 보면 개개의 아미노산에서는 threonine, methionine, serine, proline, aspartic acid, glutamic acid, arginine만이 유의적인 변화를 나타내었으나, 총 필수아미노산은 유의적인 감소를 ( $p < 0.001$ ). 총 불필수아미노산은 유의적인 증가를 보였다 ( $p < 0.001$ ). 나트륨의 공급으로 인한 혈장 아미노산의 변화에 대한 연구가 거의 없어 비교하기 어려우나 본 연구의 결과로 나트륨의 섭취수준은 혈장 아미노산의 농도에 유의적으로 영향을 미치는 것으로 보이며 이는 나트륨 의존적인 아미노산의 운반체계에 변화를 초래하여 일어나는 것으로 사료된다. 아미노산은 단백질의 직접적인 구조부품으로 필수아미노산과 불필수아미노산의 이용가능성은 모두 단백질의 합성에 영향을 미친다.<sup>26)</sup> 특히 필수아미노산은 식이단백질에서만 공급이 가능하므로 고나트륨식과 저나트륨식이 식이조성에 변화가 없는 가운데 혈장 필수아미노산함량이 유의적으로 감소한 본 연구 결과는 나트륨의 섭취량 조절하는 식이처방시 단백질의 공급에 주의를 기울여야 함을 제시하여준다.

## 요약 및 결론

나트륨의 섭취수준이 혈장아미노산 농도에 미치는 영향을

알아보기 위하여 21~28세의 성인 여성을 대상으로 1일 나트륨의 함량을 290.48 mEq (NaCl 17 g)와 51.26 mEq (NaCl 3 g)로 구성된 고나트륨식과 저나트륨식을 각각 6일간 공급한 후, 혈장내 아미노산의 농도변화를 비교분석하였다. 고나트륨식보다 저나트륨식을 섭취할 때 체질량지수, 피하지방두께, 이완기혈압과 평균혈압이 유의하게 감소하였다 ( $p < 0.001$ ,  $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ). 혈장 아미노산의 농도 변화를 살펴보았을 때 고나트륨식이시보다 저나트륨식이시에 필수아미노산 중 threonine은 74% 감소하였고 ( $p < 0.001$ ), methionine은 20% 증가하였다 ( $p < 0.01$ ). 불필수아미노산에서는 serine, proline, aspartic acid가 각각 49%, 20%, 14% 증가하였고 ( $p < 0.01$ ), glutamic acid는 27%, arginine은 48% 감소하였다 ( $p < 0.001$ ). 혈장중 아미노산의 총량을 비교시 필수아미노산 ( $p < 0.001$ )은 유의적인 감소를 불필수아미노산 ( $p < 0.001$ )은 유의적이 증가를 나타내었다. 이상의 연구를 종합해 보면, 나트륨 섭취수준에 따라 혈중 아미노산의 함량이 변화하는 것으로 나타났으며, 특히 혈장 중 필수아미노산 함량의 감소는 생체내 단백질의 이용에 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료되어 우리나라 사람들의 나트륨 과잉섭취와 관련된 질병의 식사처방에서 나트륨의 섭취량 조절에 따른 단백질 및 아미노산 비율 등의 조절에 주의를 기울여야 할 것으로 보여진다. 또한 나트륨의 섭취수준에 따른 혈장 아미노산 농도의 변화에 대한 기전 및 생체내 영향을 밝힐 수 있는 지속적인 추후 연구가 필요하다.

## Literature cited

- 1) 2001 National Health & Nutrition survey. Ministry of health and welfare, 2002
- 2) Ambard L, Beaujard E. Causes de hypertension arterielle. *Arch Gen Med* 1: 520-533, 1904
- 3) Allen FM, Sherill JW. The treatment of arterial hypertension. *J Metabol Res* 2: 429, 1922
- 4) Saunders GM, Bancroft, H. Blood pressure studies on Negro and white men living in Virgin Islands of United States. *Am Heart J* 23: 410, 1942
- 5) Kempner W. Treatment of hypertensive vascular disease with rice diet. *Am J Med* 4: 545, 1948
- 6) Dahl LK. Salt and hypertension. *Am J Clin Nutr* 25: 231, 1972
- 7) Blackwood AM, Sagnella GA, Cook DG, Cappuccio FP. Urinary calcium excretion, sodium intake and blood pressure in multi-ethnic population: results of the Wandsworth Heart and Stroke Study. *J Hum Hypertens* 15 (4) : 229-237, 2001
- 8) Cirillo M, Lombardi C, Laurenzi M, De Santo NG. Relation of urinary urea to blood pressure: interaction with urinary sodium. *J Hum Hypertens* 16 (3) : 205-212, 2002

- 9) Tobian L. Artery wall electrolytes in renal and DCA hypertension. *J Clin Invest* 33: 1407, 1954
- 10) Ledingham JM. Distribution of water, sodium and potassium in heart and skeletal muscle in experimental renal hypertension in rats. *Clin Sci* 12: 337, 1953
- 11) Takeda Y, Yoneda T, Demura M, Furukawa K, Miyamori I, Mabuchi H. Effects of high sodium intake on cardiovascular aldosterone synthesis in stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *J Hypertens* 19 (3): 635-639, 2001
- 12) Ngoan LT, Mizoue T, Fujino Y, Tokui N, Yoshimura T, Yamakawa H. Dietary factors and stomach cancer mortality. *Br J Cancer* 87 (1): 37-42, 2002
- 13) Adibi SA, Morse EL. Intestinal transport of dipeptides in man: Relative importance of hydrolysis and intact absorption. *J Clin Invest* 50: 2266-2275, 1971
- 14) Christensen HN. Role of amino acid transport and countertransport in nutrition and metabolism. *Physi Rev* 70 (1): 43-77, 1990
- 15) Shennan DB, Mcneillie SA, Jamieson EA, Calvert DT. Lysine transport in lactating rat mammary tissue: evidence for an interaction between cationic and neutral amino acids. *Acta Physiol Scand* 151 (4): 461-466, 1994
- 16) Goenner S, Bboutron A, Soni J, Lemonnier A, Moatti N. Amino acid transport systems in human hepatoma cell line Hep G2. *Biochem Biophys Res Commun* 189 (1): 472-479, 1992
- 17) Recommended dietary allowances for Koreans, 7th revision, The Korean Nutrition Society, Seoul, 2000
- 18) National Rural Living Science Institute, RDA, 5th revision, Food composition tables, Seoul, 1996
- 19) Tietz NW. Textbook of clinical chemistry, pp589. W. B. Saunders. Co., Philadelphia, 1986
- 20) Ruppert M, Diehl J, Kolloch R, Overlack A, Kraft K, Gobel B, Hitte N, Stumpe KO. Short-term dietary sodium restriction increases serum lipids and insulin in salt-sensitive and salt-resistant normotensive adults. *Klin Wochenschr* 69 (S25): 51-57, 1991
- 21) Effects of low sodium diet versus high sodium diet on blood pressure, renin, aldosterone, catecholamines, cholesterol, and triglyceride. *Cochrane Database Syst Rev* 2003 (1): CD004022, 2003
- 22) Shils ME, Olson JA, Shike M. Modern nutrition health and disease (8th) Lea and Febiger, pp. 1262-1288, 1994
- 23) McNamara PD, Rea CT, Segal S. Ion dependence of cystine and lysine uptake by rat renal brush-border membrane vesicles. *Biochim Biophys Acta* 1103 (1): 101-108, 1992
- 24) Cynober L. Plasma amino acid levels with a note membrane transport: characteristics, regulation, and metabolic significance. *Nutrition* 18 (9): 773-774, 2002
- 25) Kuwahara O, Mitsumoto Y, Chiba K, Mohr T. Characterization of D-aspartic-acid uptake by rat hippocampal slices and effect of ischemic conditions. *J Neurochem* 59 (2): 616-21, 1992
- 26) Choi JH, Kim HR. Protein metabolism. Seoul national university publisher, Seoul, 2002