

# 나트륨 섭취수준이 정상 성인 여성의 혈압과 혈액성상에 미치는 영향

이영근 · 승정자\* · 최미경\*\*<sup>§</sup> · 이윤신

수원여자대학 식품과학부, 숙명여자대학교 식품영양학과, \* 청운대학교 식품영양학과\*\*

## Effects of Sodium Intakes on Blood Pressure and Blood Parameters in Korean Normal Adult Women

Lee, Young-Keun · Sung, Chung-Ja\* · Choi, Mi-Kyeong\*\*<sup>§</sup> · Lee, Yoon-Shin

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

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

Department of Human Nutrition & Food Science,\*\* Chungwoon University, Hongsung 350-701, Korea

### ABSTRACT

This study was performed to investigate the effect of sodium intake on blood pressure and blood parameters. 20 young adult women were fed the diets containing 290.5 mEq (high-Na diet) and 51.3 mEq (low-Na diet) Na for 6 days, respectively. BMI, DBP, and MBP were significantly lower in low-Na diet than those in high-Na diet. 20 subjects were divided into 3 groups according to the salt-sensitivity. In salt-sensitive group, decreases in SBP, DBP, and MBP by low-Na diet were shown. And there were not significant difference in blood pressure of salt-resistant group between high- and low-Na diet. In count-reactive group, MBP in low-Na diet was significantly higher than that in high-Na diet. Hemoglobin, creatinine, uric acid, and haptoglobin levels in serum were significantly higher in low-Na diet than those in high-Na diet. Among groups with different salt-sensitivity, increments of haptoglobin by low-Na diet were shown in salt-sensitive and counter-reactive groups. Actually, low sodium diet affects not only the blood pressure, but other biochemical parameters which in turn affect an individual overall health. Also salt-sensitivity should be considered as an important determinant. Therefore, for the patients who need restricted Na diet, it would be suggested that various biochemical changes and individual salt-sensitivity should be carefully considered along with dietary Na manipulation. (*Korean J Nutrition* 35(7) : 754~762, 2002)

KEY WORDS: low-Na diet, high-Na diet, blood pressure, haptoglobin, salt-sensitivity.

### 서 론

나트륨은 체내 세포외액의 주요 양이온으로 약 11% 정도가 136~145 mEq/l의 농도로 혈장에 존재하며, 세포외액량 및 산·염기평형 등 체내 항상성 유지, 세포막 전위의 조절, 세포막에서의 영양소 이동, 신경흥분, 근육수축 등 다양한 생리기능을 한다. 나트륨의 생리적 필요량은 매우 낮지만 식습관에 의한 과잉섭취는 고혈압을 유발시키는 것으로 보고되고 있다.

나트륨 섭취와 고혈압의 상관성은 1904년에 Ambard와

Beaujard<sup>1)</sup>가 이들간에 정의 상관관계가 있음을 보고한 이래 여러 연구자들<sup>2-4)</sup>에 의하여 계속적으로 강조되어 왔다. 나트륨이 고혈압을 유발시키는 원인으로 Tobian<sup>5)</sup>은 동맥의 나트륨저류로 동맥벽의 신장성이 변화되기 때문이라고 하였으며, Ledingham<sup>6)</sup>은 세포외액량 증가로 인하여 혈액학적 변화가 만성고혈압의 원인이 된다고 보고하였다. 그후 나트륨으로 인한 혈압반응의 기전은 다른 연구자들에 의해 서도 세포외액량과 동맥압간의 관련이 중요하다고 보고되었다. 또한 Takeda 등<sup>7)</sup>은 식염의 과잉섭취는 심혈관의 알도스테론 과잉 분비로 울혈성 심부전, 심장발작을 초래할 수 있으며, Ngoan 등<sup>8)</sup>은 나트륨 함량이 높은 염장식품의 과잉섭취는 위암 발생을 증가시킨다고 보고하였고, 위암 예방을 위해서는 식염 섭취를 낮추는 것이 바람직하다고 하였다.<sup>9)</sup> 따라서 WHO에서는 고혈압을 포함한 여러 질환에 대

접수일: 2002년 6월 13일

채택일: 2002년 8월 26일

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

한 예방과 치료적인 측면에서 저염식에 대한 안내와 보건교육이 중요하다고 권장하게 되었고, 각 나라에서도 고혈압, 심장질환, 임신중독증 등의 식사요법으로 저염식을 실시하고 있다.

그러나 지금까지 고염식의 부정적인 영향으로 저염식을 권장하고 있으나 나트륨 제한식이에 따른 생체내 변화에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. Oliver 등<sup>10)</sup>은 역학 연구를 통하여 저나트륨식을 하는 인구집단의 평균 수명이 짧고 심근경색증 발병율이 높은 것을 관찰하였다. 또한 저나트륨식을 하는 임신부는 1일의 총열량 섭취가 낮고 그에 따라 체중증가량이 감소되었다고 하며,<sup>11)</sup> Bert 등<sup>12)</sup>은 저염식을 한 임신부의 혈장, 근육, 뼈, 뇌의 나트륨 수준이 유의하게 낮고 조직이 위축되었다고 보고하였다. 또한 Ruppert 등<sup>13)</sup>과 Weder와 Egan<sup>14)</sup>은 정상인과 고혈압 환자들에게 극심한 저나트륨식 (20 mEq/day, NaCl 1.17 g)과 고나트륨식 (300 mEq/day, NaCl 17.55 g)을 1주일과 3주일동안 섭취시켰을 때 저나트륨식에서 혈액의 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 중성지방이 유의하게 증가하였는데, 이는 저나트륨식에 의해 혈액량이 감소하였기 때문이라고 설명하였다. Sharma 등<sup>15)</sup>은 혈중 지질외에 norepinephrine, renin, aldosterone과 같은 호르몬도 증가하여 오히려 혈압에 나쁜 영향을 미칠 수 있다고 보고하여 고혈압치료를 위한 저나트륨식에 대한 연구의 필요성을 제시하였다.

그 이외에도 나트륨 제한식에 대한 생체 반응이 사람마다 다르게 나타나는 것에 대한 연구로서 Kobusiak-Prokopowicz<sup>16)</sup>은 본태성 고혈압환자에게 나트륨 제한식을 처방했을 때 혈액량이나 혈관수축반응은 식염 민감도에 따라 다르게 나타난다고 하였다. 다른 연구자들<sup>17-19)</sup>도 나트륨에 대한 혈압반응은 선천적인 식염감수성 (salt-sensitivity)과 식염저항성 (salt-resistance)에 따른 이질성이 뚜렷하기 때문에 나트륨제한으로 인한 혈압 저하효과는 항상 동일하게 나타난다고 볼 수 없음을 지적하였다.

이상과 같이 고혈압의 예방과 치료방법으로서 저나트륨식의 유용성은 지난 1세기동안 강조되어 왔으나 긍정적인

측면과 함께 부정적인 측면의 논란이 계속되고 있다. 저나트륨식이 적용되고 있는 대상이 대부분 고혈압, 심장질환 및 신장질환자인데, 고혈압 환자는 인슐린 저항성이 증가되며 그에 따라 고혈압, 고지혈증, 인슐린 저항성, 당불내성 등의 복합적인 증세가 나타난다고 한다.<sup>20)</sup> 따라서 혈압을 감소시키기 위한 목적으로 이용되고 있는 저나트륨식에 따른 혈압변화를 포함한 다양한 생체 내 변화와 기전을 규명해보는 연구가 필요하다고 생각된다.

본 연구에서는 지금까지 고혈압관리에 주로 이용되고 있는 저나트륨식에 따른 생체내 변화를 규명해보기 위한 1차 시도로서 정상 성인 여성을 대상으로 고나트륨식과 저나트륨식을 공급한 후 혈압과 혈액성상의 변화를 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험대상자 및 기간

나트륨 섭취수준이 정상 성인 여성의 혈압과 및 혈액성상에 미치는 영향을 알아보기 위하여 만 21~28세 연령의 건강한 여대생 및 대학원생 20명을 모집하여 Fig. 1과 같은 연구를 16일 동안 실시하였다. 식단구성은 동일하고 나트륨 함량만 달린 고나트륨식과 저나트륨식을 6일씩 제공하였다. 실험식이 제공 전날 신체계측을 실시하였고 고나트륨식과 저나트륨식 섭취기간 사이에 2일간의 적응기간을 두었으며,<sup>13)</sup> 실험식이를 마친 다음날 다시 신체계측과 혈압측정 및 혈액채취를 실시하였다. 실험식이 기간동안에는 주어진 식사 전량을 섭취하고 실험식이 외에 어떤 약제나 식품도 섭취하지 않도록 하였으며 실험기간 중 심한 운동이나 활동은 피하고 가능한 규칙적인 생활을 유지하도록 하였다.

### 2. 실험식이

실험식이는 Table 1에서 보는 바와 같이 대상자들의 기호도를 조사하고 5가지 기초식품군을 고려한 일상적인 상용식품을 주로 선택하여 대상자들의 영양권장량<sup>21)</sup> 수준에

Method \ Date	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 & blood pressure measurement																
Blood sampling																

Fig. 1. Experimental design.

맞게 3일간의 식단을 작성하여 고나트륨식과 저나트륨식이 기간인 6일 동안 각각 2번씩 공급하였다. 최근 한국인의 평균 나트륨 섭취량이 낮아지기는 했지만 식이조사에 의한 성인의 나트륨 섭취량은 240~277 mEq로 아직도 그 섭취수준이 높은 것으로 보고되고 있어<sup>21)</sup> 고나트륨식은 290.48 mEq

(NaCl 17 g)의 나트륨량으로 결정하였다. 저나트륨식은 현재 우리나라 대부분의 병원에서 나트륨 제한식으로 실시하고 있는 저나트륨식 수준 (59.80~85.44 mEq, 3.5~5 g NaCl)보다 낮은 51.26 mEq (NaCl 3 g)으로 결정하였다. Table 1과 같이 식품성분표<sup>22)</sup>를 기준으로 3일 식단의

**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
		Steamed sweet potatoes	150	15
	Lunch	Fried chicken	165	86.2
		Kkackduki	110	19.7
		Cooked rice	100	2
	Supper	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)			
2nd day	Breakfast	Sandwich	110	0
		Milk	200	100
	Snack	Apple	200	4
		Cooked rice	100	2
	Lunch	Grilled pacific cod	60	58
		Fried vegetables	50	17.05
		Seasoned cabbage	53	11.84
	Snack	Banana	80	1.6
		Cooked rice	100	2
	Supper	Potatoe croquette	82	61.15
		Seasoned sea lettuce, cucumber	50	7.9
		Fried soybean curd	105	0
		Rolled egg	45	35.4
	Non-discretionary Na (mg)			
3rd day	Breakfast	Karaeddok	100	0
		Milk	200	100
	Snack	Orange	100	2
		Cooked rice	100	2
	Lunch	Fish cuttlet	95	72.7
		Sauted oyster mushroom	85	14.45
		Seasoned radish root	103	12.54
		Boiled potatoes	70	1.4
	Supper	Cooked rice	100	2
		Sauted pork	56	30.4
		Sea lettuce, radish Namul	80	13.79
		Pumpkin Jeon	60	14.95
	Snack	Peanuts	20	0.4
		Non-discretionary Na (mg)		

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 영양소의 구성은 Table 2와 같다. 실험기간에 사용한 모든 식품은 가능한 가공식품을 피하고 신선한 것으로 구입하여 영양, 맛과 위생을 충분히 고려하면서 조리하였으며 조리에 사용한 기구는 플라스틱 그릇과 유리그릇으로 매일 0.4%의 EDTA (ethylene diamine tetraacetic acid)에 12시간 이상 담근 후 사용하기 직전 이온제거수로 3번 이상 헹구어 사용하였다. 모든 대상자들에게 일정한 시간에 제공된 식사는 잔식이 없도록 모두 섭취하도록 하였으며 식단에 함유되어 있는 나트륨량을 제한하고 제공한 일정량의 나트륨은 식사 중 음식에 넣어서 섭취하도록 하였다.

**3. 신체계측, 혈압측정 및 혈액채취**

체중은 신발을 벗고 가벼운 옷을 입은 상태에서 Beam balance scale (Continental scale co., Chicago, USA)을 이용하여 측정하였다. 신장은 Martin씨 계측기를 이용하여 2회 반복 측정하였다. 혈압은 아침식사 전 공복상태에서 편안하게 앉은 자세로 10분 이상 휴식을 취한 후 표준수은주 혈압계를 사용하여 측정하였으며, 그후 진공채혈관을 이용하여 정맥혈 20 ml를 채취하였다. 채취한 혈액 6 ml는 heparin으로 처리된 CBC bottle에 담고, 나머지 혈액은 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리하여 혈청을 얻은 후 분석에 사용하였다.

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

Nutrient	Intake	
Energy (kcal)	2,023.90 ±	48.85 <sup>1)</sup>
Protein (g)	63.90 ±	5.90
Fat (g)	47.80 ±	12.95
Carbohydrate (g)	334.32 ±	39.40
Vitamin A (R.E.)	3,359.27 ±	1,690.44
Vitamin B <sub>1</sub> (mg)	1.12 ±	0.26
Vitamin B <sub>2</sub> (mg)	1.33 ±	0.22
Niacin (mg)	19.80 ±	5.14
Vitamin C (mg)	95.43 ±	27.77
Calcium (mg)	578.20 ±	45.81
Phosphorus (mg)	1,013.63 ±	90.41
Iron (mg)	18.80 ±	1.39
Potassium (mEq)	40.57 ±	9.69
Sodium (mEq)		
High-Na diet	290.48 ±	15.63
Low-Na diet	51.26 ±	4.53

1) Mean ± standard deviation

**4. 혈액분석**

실험에 사용한 모든 기구들은 오염방지를 위하여 깨끗이 씻은 후 플라스틱 제품일 경우는 0.4% EDTA용액에 12시간 이상 담그고 유리제품일 경우에는 질산원액에 24시간 담근 후 이온제거수로 5번 이상 세척하여 건조기에서 완전히 건조시켜 사용하였으며, 모든 시료는 2회 이상 반복 측정하여 그 평균치를 구하였다. EDTA로 처리한 tube에 채혈한 혈액의 헤모글로빈 함량과 헤마토크릿치를 혈구자동분석기 (CELL-DYN 1600)를 사용하여 측정하였다. 혈청의 총 단백질과 알부민 함량은 비색법에 의한 분석용 kit (영동제약)를 사용하여 540 nm의 spectrophotometer (Shimadzu UV-120-02, Japan)에서 측정하였으며, 글로불린 함량은 총 단백질에서 알부민 함량을 제한 값으로 계산하였다. 혈청 합토크로빈 함량은 확산율에 대한 여러 단백질의 분자량의 차이로써 알아보는 면역비탁법을 이용하여 면역비탁계 (Behring Nephelometer)로 측정하였다. 혈청 크레아티닌 함량은 Jaffe modified 측정법을 이용하여 비색정량 하였으며, 요산 함량은 enzymatic colorimetric test법으로 측정하였고 혈액의 총 적혈구수는 coulter counter (Model STKS, USA)로 측정하였다.

**5. 식염감수성에 따른 실험군 분류**

Ruppert 등<sup>19)</sup>이 정의한 방법에 준하여 고나트륨식과 저나트륨식을 섭취한 후 5 mmHg 이상의 평균혈압 저하를 보인 대상자를 salt-sensitive group, 5 mmHg 이내의 평균혈압 변화를 보인 대상자를 salt-resistant group, 5 mmHg 이상의 평균혈압 상승을 보인 대상자를 counter-reactive group으로 분류하여 혈액분석 결과를 비교하였다.

**6. 통계분석**

실험을 통해 얻은 모든 결과는 SAS program을 이용하여 평균과 표준편차를 계산하였고, 고나트륨식과 저나트륨식이시 모든 변수들의 차이는 paired t-test로 유의성을 검정하였다. 식염 감수성에 따른 세 군간의 비교는 일원배치 분산분석을 한 후 유의성이 나타났을 경우 α = 0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 유의성을 검정하였다.

**결과 및 고찰**

본 연구는 고혈압관리에 주로 이용되고 있는 저나트륨식에 따른 혈압과 혈액성상의 변화를 규명해보기 위하여 정상 성인 여성 20명을 대상으로 고나트륨식과 저나트륨식을 각각 6일씩 공급한 후 혈압과 혈액성상을 비교분석하였으며,

그 결과 및 고찰은 다음과 같다.

### 1. 일반사항

본 연구대상자들의 일반적인 사항은 Table 3과 같다. 평균연령이 22.9세인 연구대상자들의 체위를 한국인 체위기준치 (체중 54 kg, 신장 161 cm)<sup>21)</sup>와 비교해볼 때, 평균 체중은 54.7 kg, 신장은 160.0 cm로 유사한 수준을 보였다. 체질량지수는 평균 21.1로써 기준치 (< 20 저체중, 20~25 정상, > 30 비만)와 비교할 때 정상수준에 속하였으며 비만인 사람은 한명도 없었다. 수축기/이완기 혈압은 110.25/67.50 mmHg로써 WHO의 고혈압 확정치인 160/95 mmHg와 비교할 때 정상범위에 속하였고 개인별로도 모두 정상이었다.

### 2. 나트륨 섭취수준에 따른 신체계측치와 혈압의 변화

고나트륨식과 저나트륨식에 따른 신체계측치와 혈압의 변화는 Table 4와 같다. 평균 체중은 고 나트륨식에서 54.7 ± 6.4 kg으로 저나트륨식의 54.5 ± 5.8 kg보다 유의하게 높았는데 (p < 0.001), 이는 저나트륨식이 수분 섭취의 감소로 인한 세포외액량의 감소 때문으로 보여지며 이러한 결과는 Ruppert 등,<sup>13)</sup> Sharma 등,<sup>15)</sup> Hong<sup>20)</sup>의 보고와도 일치하였다. 평균 신장은 고나트륨식과 저나트륨식간에 유의적인 차이를 보이지 않았으며 체질량지수는 고나트륨식보다 저

나트륨식을 실시한 후에 유의하게 감소하였다 (p < 0.001). 혈압은 수축기혈압이 고나트륨식과 저나트륨식에서 각각 107.6 ± 8.7 mmHg, 103.5 ± 10.3 mmHg로서 유의한 차이가 없었으나, 이완기혈압 (65.5 ± 8.3 mmHg, 60.8 ± 8.6 mmHg)과 평균혈압 (79.5 ± 7.4 mmHg, 75.0 ± 7.7 mmHg)은 나트륨 섭취수준에 따른 차이를 보여 저나트륨식이 고나트륨식보다 유의하게 감소하였다 (p < 0.05, p < 0.05).

나트륨과 혈압과의 관계는 식이나트륨이 혈압증가와 관련된다는 가설이 1960년 Dahl<sup>24)</sup>에 의하여 보고된 이후 이에 관한 많은 연구가 이루어졌다. Law 등<sup>25)</sup>은 2~3주간 정상인과 고혈압환자를 대상으로 나트륨 섭취를 감소시킨 결과 정상인은 평균 5 mmHg, 고혈압환자는 7 mmHg의 수축기혈압 저하를 보여 이로 인해 서구사람들에게서 뇌졸중은 26%, 혈관수축성 심장병은 15%까지 감소시킬 수 있는 것으로 보고하였다. Milan 등<sup>26)</sup>은 고혈압은 유전과 밀접하지만 나트륨 섭취와 같은 환경적 요인도 매우 중요한 역할을 하여 혈압 상승을 예방하기 위해서는 하루 104 mEq 이하의 나트륨 섭취가 바람직하지만, 대부분 이 권장 수준의 2배 이상을 섭취하고 있다고 하였다. Maldonado-Martin 등<sup>27)</sup>은 특히 저연령층의 소변중 나트륨 배설량은 혈압과 유의한 차이가 없지만 연령 증가에 따라 나트륨과 혈압의 관련성이 커진다고 보고하였다.

나트륨의 과잉섭취가 혈압에 미치는 기전은 아직까지 정확하게 밝혀지지 않고 있지만 Blaustein과 Hamlyn<sup>28)</sup>은 체내 나트륨의 증가는 수분평형을 위하여 혈액의 부피를 증가시킴으로써 volume hypertension을 초래한다고 하였다. 즉 혈액이 많아지면 뇌로부터 Na-K pump 저하요소인 natriuretic factor가 분비되어 Na-K pump의 활성을 저하시켜 세포내액의 나트륨 농도를 높이고 그 결과 심근의 수축을 증가시키는 한편, 혈관수축에 관여하는 norep-

Table 3. Physical characteristics of the subjects (n = 20)

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 (149.95 - 167.40)
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>)

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

Variable	Diet	High-Na	Low-Na
		Mean ± SD <sup>1)</sup> (Range)	Mean ± SD (Range)
Weight (kg) <sup>***</sup>		54.70 ± 6.38 (43.50 - 66.95)	54.54 ± 5.79 (43.30 - 66.90)
Height (cm)		160.04 ± 4.83 (149.92 - 167.40)	160.05 ± 4.81 (149.95 - 167.52)
BMI <sup>2)</sup> <sup>***</sup>		21.35 ± 2.04 (18.17 - 25.59)	21.21 ± 1.96 (18.57 - 25.37)
Blood pressure			
SBP (mmHg) <sup>3)</sup>		107.60 ± 8.70 (90.00 - 120.00)	103.50 ± 10.27 (90.00 - 130.00)
DBP (mmHg) <sup>4)*</sup>		65.50 ± 8.26 (50.00 - 80.00)	60.75 ± 8.63 (50.00 - 80.00)
MBP (mmHg) <sup>5)*</sup>		79.53 ± 7.40 (63.33 - 93.33)	75.00 ± 7.74 (63.33 - 93.33)

1) Standard deviation

2) Body Mass Index[Weight (kg)/Height (m)<sup>2</sup>]

3) Systolic blood pressure

4) Diastolic blood pressure

5) Mean blood pressure[ $\frac{1}{3}$  (systolic blood pressure-diastolic blood pressure) + diastolic blood pressure]

\*: p < 0.05, \*\*\*: p < 0.001

inephrine의 분비를 증가시켜 혈관의 말초저항을 상승시킴으로써 고혈압을 유발시킨다는 것이다. Ledingham<sup>6)</sup>은 실험쥐에 있어 고나트륨식이로 인한 고혈압 발생에 앞서 세포외액의 증가로 신장의 동맥수축이 먼저 일어난다고 하였으며, Morgan<sup>29)</sup>은 혈액량과 혈관의 관계가 혈압조절에 중요하다고 보고하였다. 그러나 Alberto 등<sup>30)</sup>은 정상인의 경우 나트륨과 혈압간에는 어떠한 유의성도 나타나지 않았다고 보고하였다. 이와 같이 식이 나트륨 증감에 따라 혈압반응이 다르게 나타나는 것은 개인마다 선천적으로 식염감수성이 다르기 때문이라고 한다.

본 연구에서 고나트륨식과 저나트륨식에 따른 수축기 혈압은 유의적인 차이가 없었으나 이완기혈압과 평균혈압은 유의적으로 감소하여 ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ) 나트륨 섭취제한에 따라 혈압감소를 보였다는 여러 연구들과 일치하였다. 특히 고혈압 환자에게 소변중 나트륨 배설량은 이완기 혈압과 유의한 상관성을 보였으나 수축기 혈압과는 상관관계가 나타나지 않았다는 보고<sup>31)</sup>가 있어 나트륨 섭취에 따른 혈압 변화는 특히 이완기 혈압과 관련성이 높은 것으로 보여진다. 그러나 본 연구대상자들은 정상인으로서 수축기 혈압이 유의적인 차이를 보이지 않은 결과는 나트륨 섭취수준에 따른 혈압변화에 개인간의 차이가 있음을 보여준다. 따라서 본 연구대상자들을 Ruppert 등<sup>13)</sup>이 정의한 방법에 준하여 고나트륨식 (290.48 mEq Na)에서 저나트륨식 (51.26 mEq Na)을 섭취한 후 5 mmHg 이상의 평균혈압 저하를 보인 대상자 12명 (60%)을 salt-sensitive group, 5 mmHg 이내의 평균혈압 변화를 보인 대상자 4명 (20%)을 salt-resistant group, 5 mmHg 이상의 평균혈압 상승을 보인 대상자 4명 (20%)을 counter-reactive group으로 분류하였다.

식염민감도에 따라 분류한 세군별 고나트륨식과 저나트륨식에 따른 혈압변화를 살펴본 결과는 Fig. 2와 같다. Salt-sensitive group은 고나트륨식과 저나트륨식에 따라 수축기, 이완기 및 평균혈압이 모두 유의하게 감소하였고 ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.001$ ,  $p < 0.001$ ) salt-resistant group은 나트륨섭취수준에 따라 유의적인 혈압변화가 없었으며, counter-reactive group은 저나트륨식이 후 평균혈압이 유의하게 증가하였다 ( $p < 0.05$ ). Salt-resistant group과 counter-reactive group은 각각 4명씩으로 대상자의 수가 적어 결과의 신뢰성이 낮다고 할 수 있지만, 이와 같은 결과는 혈압조절을 위한 저염식 처방을 일괄적으로 하기 보다는 개인의 식염감수성을 고려하는 세부적인 원칙이 마련되어야 함을 보여준다.

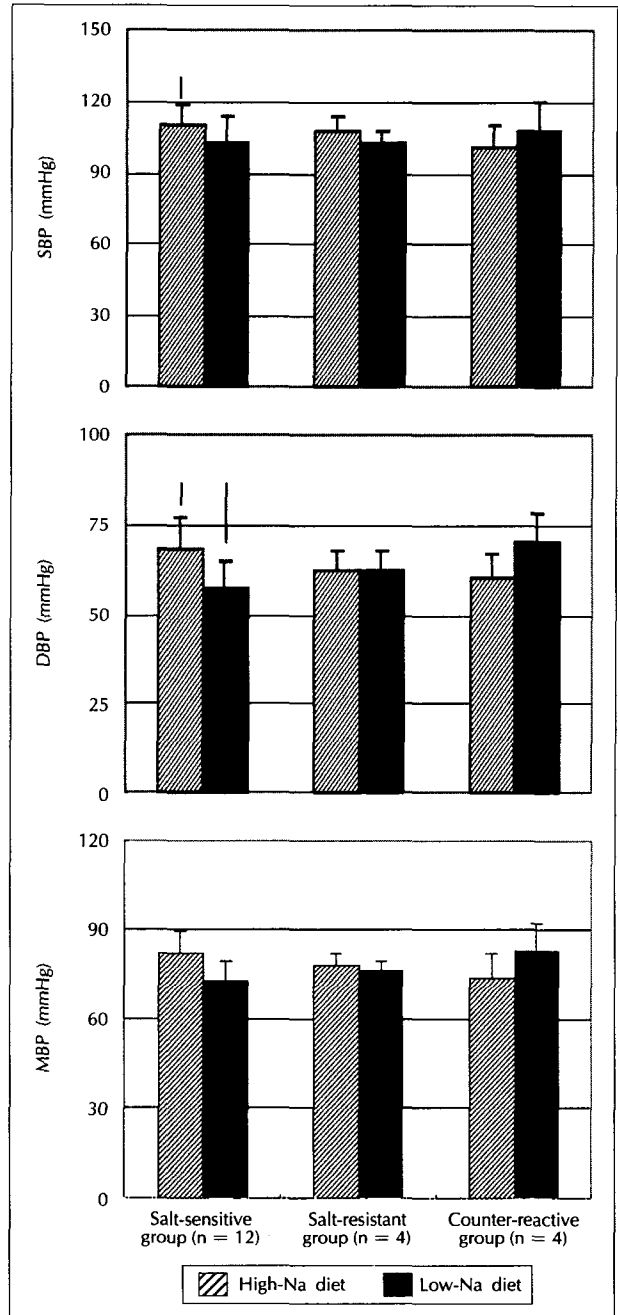


Fig. 2. Blood pressure with high- and low-Na diet in subjects divided by salt-sensitivity. There is statistical difference between high- and low-Na diet (\*:  $p < 0.05$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ ).

### 3. 나트륨 섭취수준에 따른 혈액성상의 변화

고나트륨식과 저나트륨식에 따른 혈액성상의 변화는 Table 5와 같다. 헤모글로빈 함량은 고나트륨식의 12.72 g/dl보다 저나트륨식이시 13.27 g/dl로 유의하게 ( $p < 0.001$ ) 증가하였고 헤마토크릿치, 적혈구수, 총 단백질, 알부민, 글로불린, A/G 비율은 나트륨 섭취수준에 따른 유의적인 차이가 없었다. 혈청 크레아티닌은 고나트륨식의 0.75 mg/dl보다

**Table 5.** Blood parameters of the subjects consuming high- and low-Na diets (n = 20)

Variable	Diet	High Na	Low Na
		Mean ± SD <sup>1)</sup> (Range)	Mean ± SD (Range)
Hemoglobin (g/dl)***		12.72 ± 0.82 (11.30 - 14.00)	13.27 ± 0.74 (12.00 - 14..50)
Hematocrit (%)		39.80 ± 2.65 (36.00 - 44.00)	39.80 ± 2.14 (36.00 - 44.00)
RBC <sup>2)</sup> (/mm <sup>3</sup> )		4.25 ± 0.31 (3.78 - 4.87)	4.29 ± 0.27 (3.90 - 4.83)
Protein (g/dl)		7.46 ± 0.25 (7.00 - 7.90)	7.46 ± 0.27 (6.80 - 7.90)
Albumin (g/dl)		4.98 ± 0.21 (4.60 - 5.30)	4.95 ± 0.13 (4.70 - 5.20)
Globulin (g/dl)		2.48 ± 0.20 (2.10 - 2.80)	2.52 ± 0.26 (2.00 - 3.10)
A/G <sup>3)</sup>		2.03 ± 0.21 (1.64 - 2.33)	1.99 ± 0.21 (1.52 - 2.40)
Creatinine (mg/dl)*		0.75 ± 0.07 (0.60 - 0.80)	0.78 ± 0.08 (0.60 - 0.90)
Uric acid (mg/dl)***		3.40 ± 0.71 (2.10 - 4.70)	4.05 ± 0.90 (2.20 - 5.50)
Haptoglobin (mg/dl)***		59.02 ± 33.96 (14.00 - 145.00)	78.65 ± 44.03 (18.3 - 167.00)
Na (mEq/dl)***		144.50 ± 1.73 (141.00 - 147.00)	140.85 ± 0.93 (139.00 - 142.00)
K (mEq/dl)		4.27 ± 0.41 (3.50 - 5.30)	4.15 ± 0.31 (3.60 - 4.70)

1) Standard deviation  
 \*: p<0.05, \*\*\*: p<0.001

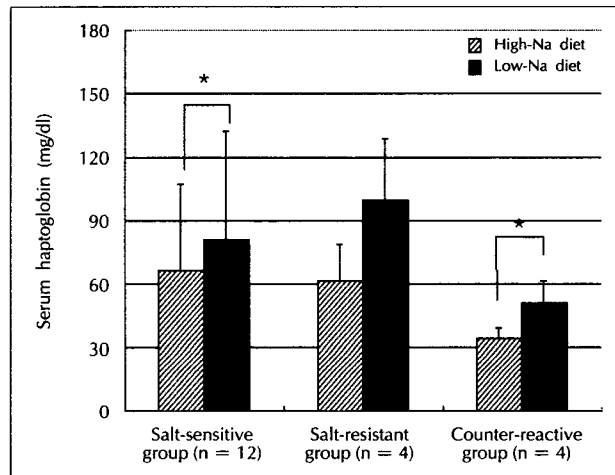
2) Red blood cell

3) Albumin/globulin

저나트륨식에서 0.78 mg/dl로 유의하게 증가하였으며 (p < 0.05), 요산도 고나트륨식의 3.40 mg/dl보다 저나트륨식에서 4.05 mg/dl로 유의하게 증가하였다 (p < 0.001). 합토클로빈 함량은 고나트륨식의 59.02 mg/dl에서 저나트륨식의 78.65 mg/dl로 유의하게 증가하였으며 (p < 0.001), 나트륨 함량은 저염식에 따라 유의하게 감소하였다 (p < 0.001).

Ruppert 등<sup>13)</sup>은 저나트륨식이 시 세포외액의 감소로 헤모글로빈, 헤마토크릿, 단백질 등 혈액 성분의 농도가 증가한다고 하였으며, Sharma 등<sup>15)</sup>은 저나트륨식이 신세뇨관의 나트륨 재흡수가 강화되므로 신제거율 (renal clearance)이 감소되어 크레아티닌과 요산 수준이 증가한다고 하였다. 본 연구에서도 다양한 혈액성상 중 헤모글로빈, 크레아티닌, 요산 농도가 유의하게 증가하여 위의 연구자들과 일치하였지만, 헤마토크릿치는 유의한 변화가 없어 저나트륨식에 의한 혈액성분의 농도 변화가 전적으로 혈액농축의 결과라고 해석하기는 어렵다. 한편 Sharma 등<sup>15)</sup>은 고나트륨식보다 저나트륨식과 sodium citrate 처방에서 혈중 요산수준이 높게 나타나 urate clearance가 나트륨에 의한 것이라기보다 염소의 영향을 받은 것으로 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 고나트륨식과 저나트륨식 모두 나트륨을 sodium citrate로 공급하였기 때문에 저나트륨식에 따른 혈액성상의 변화는 나트륨의 효과라고 할 수 있다.

혈중 합토클로빈 수준은 다양한 요인에 민감하게 변하기 때문에 여러 가지 질병의 진단에 사용되고 있다. Delanghe와 Langlois<sup>32)</sup>는 용혈성 빈혈환자는 합토클로빈 수준이 낮고 염증상태에 있을 경우에는 그 수준이 증가된다고 하였다. Luft 등<sup>33)</sup>은 합토클로빈의 phenotype이 식염감수성과 식염저항성의 지표로서 유용하다고 하였으며, 흑인과 나이가



**Fig. 3.** Serum haptoglobin level with high- and low-Na diet in subjects divided by salt-sensitivity. There is statistical difference between high- and low-Na diet (\*: p < 0.05).

많은 대상자들은 합토클로빈과 혈압간에 상관관계가 있었으나 남녀에 따른 차이는 없었다고 보고하였다. Weinberger 등<sup>34)</sup>은 식염감수성군에서는 합토클로빈 I-I phenotype이, 식염저항성군에서는 합토클로빈 II-II phenotype이 각각 유의하게 증가되었다고 하여 합토클로빈은 식염감수성에 대한 유전적 지표로서 그리고 나트륨은 식이인자로서 중요하다고 하였다. 또한 최근 Guerra 등<sup>35)</sup>은 합토클로빈의 phenotype이 관상동맥질환의 소아 진단지표로 사용될 가능성을 제시하였다.

본 연구에서 혈청 합토클로빈은 다른 혈액성상의 변화와 마찬가지로 고나트륨식보다 저나트륨식이에 따라 유의하게 증가하였다. 이와 같은 변화를 식염민감도에 따라 salt-sensitive group, salt-resistant group, counter-reactive

tive group으로 분류하여 비교한 결과는 Fig. 3과 같다. 고나트륨식과 저나트륨식에 따라 세군 중 salt-sensitive group과 counter-reactive group에서 혈청 합토클로빈이 유의하게 증가하였으며 ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ), salt-resistant group은 나트륨 섭취수준에 따른 유의적인 변화가 없었다. 본 연구에서는 합토클로빈의 다양한 phenotype을 관찰하지 못했지만 식염감수성을 판별할 수 있는 인자로서 혈청 합토클로빈의 이용 가능성을 제시하고 있다.

### 요약 및 결론

만성퇴행성질환의 이환율이 높은 시점에서 고혈압과 관련이 있는 나트륨 섭취수준에 따른 혈압과 혈액성상의 변화를 규명해보기 위하여 정상 성인 여성 20명을 대상으로 고나트륨식과 저나트륨식을 각각 6일씩 공급한 후 혈압과 혈액성상을 비교분석하였다. 고나트륨식보다 저나트륨식을 섭취할 때 체질량지수, 이완기혈압과 평균혈압이 유의하게 감소하였다 ( $p < 0.001$ ,  $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ). 연구대상자를 식염민감도에 따라 세 군으로 분류하여 나트륨 섭취수준에 따른 혈압변화를 살펴보았을 때 salt-sensitive group은 고나트륨식에 비하여 저나트륨식이 후 수축기, 이완기 및 평균혈압이 모두 유의하게 감소하였고 ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.001$ ,  $p < 0.001$ ) salt-resistant group은 나트륨섭취수준에 따라 유의한 변화가 없었으며, counter-reactive group은 저나트륨식이 후 평균혈압이 유의하게 증가하였다 ( $p < 0.05$ ). 고나트륨식보다 저나트륨식이 후 혈중 헤모글로빈, 크레아티닌, 요산, 합토클로빈 수준이 유의하게 증가하였고 ( $p < 0.001$ ,  $p < 0.05$ ,  $p < 0.001$ ,  $p < 0.001$ ) 나트륨 함량은 유의하게 감소하였다 ( $p < 0.001$ ). 고나트륨식과 저나트륨식에 따라 세군 중 salt-sensitive group과 counter-reactive group에서 혈청 합토클로빈이 유의하게 증가하였으며 ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ), salt-resistant group은 나트륨 섭취수준에 따른 유의한 변화가 없었다. 이상의 연구결과를 종합할 때 혈압조절을 위한 저염식 처방은 개인의 식염감수성과 혈액성상의 변화를 고려하는 세부적인 원칙이 마련되어야 할 것으로 보이며, 식염감수성을 판별할 수 있는 인자로서 혈청 합토클로빈의 이용 가능성이 제시되었다.

### Literature cited

- 1) Ambard L, Beaujard E. Causes de hypertension arterielle. *Arch Gen Med* 1: 520-533, 1904
- 2) Dahl LK. Salt and hypertension. *Am J Clin Nutr* 25: 231, 1972

- 3) 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
- 4) 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
- 5) Tobian L. Artery wall electrolytes in renal and DCA hypertension. *J Clin Invest* 33: 1407, 1954
- 6) Ledingham JM. Distribution of water, sodium and potassium in heart and skeletal muscle in experimental renal hypertension in rats. *Clin Sci* 12: 337, 1953
- 7) 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
- 8) 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
- 9) La Vecchia C, Franceschi S. Nutrition and gastric cancer. *Can J Gastroenterol* 14(S): 51-54, 2000
- 10) Oliver WJ, Cohen EL, Neel JV. Blood pressure, sodium intake, and sodium related hormones in the Yanomamo Indians, a no-salt culture. *Circulation* 52: 146-151, 1975
- 11) Ozaki T, Nishina H, Hanson MA, Poston L. Dietary restriction in pregnant rats causes gender-related hypertension and vascular dysfunction in offspring. *J Physiol* 530(1): 141-152, 2001
- 12) Bert JA, Steegers, EAP, Jongma HW, Rijpkema AL, Eskes TKAB, Thomas CMG, Baadenhuysen H, Hein PR. Dietary sodium restriction in the prophylaxis of hypertensive disorders of pregnancy: effects on the intake of other nutrients. *Am J Clin Nutr* 62: 49-57, 1995
- 13) 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
- 14) Weder AB, Egan BM. Potential deleterious impact of dietary salt restriction on cardiovascular risk factors. *Klin Wochenschr* 69(S25): 45-50, 1991
- 15) Sharma AM, Arntz HR, Kribben A, Schatternfroh S, Distler A. Dietary sodium restriction: adverse effect on plasma lipids. *Klin Wochenschr* 68: 664-668, 1990
- 16) Kobusiak-Prokopowicz M. The role of sodium in prevention and treatment of essential hypertension. *Pol Merkuriusz Lek* 11(62): 117-120, 2001
- 17) Tan DY, Meng S, Cason GW, Manning RD. Mechanisms of salt-sensitive hypertension: role of inducible nitric oxide synthase. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 279(6): R2297-2303, 2000
- 18) Chrysant SG, Weder AB, McCarron DA, Canossa-Terris M, Cohen JD, Gunter PA, Hamilton BP, Lewin AJ, Mennella RF, Kirkegaard LW, Weir MR, Weinberger MH. Effects of isradipine or enalapril on blood pressure in salt sensitive hypertensives during low and high dietary salt intake. *Am J Hypertens* 13(11): 1180-1188, 2000
- 19) Huang Y, Wang DH. Role of AT1 and AT2 receptor subtypes in salt-sensitive hypertension induced by sensory nerve degeneration. *J Hypertens* 19(10): 1841-1846, 2001
- 20) Giner V, Coca A, de la Sierra A. Increased insulin resistance in salt sensitive essential hypertension. *J Hum Hypertens* 15(7): 481-



- 485, 2001
- 21) Recommended dietary allowances for Koreans, 7th revision, The Korean Nutrition Society, Seoul, 2000
  - 22) National Rural Living Science Institute, RDA, 5th revision, Food composition tables, Seoul, 1996
  - 23) Hong WJ. Effect of sodium intake on plasma amino acid contents and macromineral metabolism in Korean adult women. PhD thesis, Sookmyung Women's University, 1996
  - 24) Dahl LK. Possible role of salt intake in the development of essential hypertension. In: Cottier P, Bock KD, ed. Essential Hypertension: An International Symposium, pp.53-65, Springer-verlag, Heidelberg, 1960
  - 25) Law MR, Frost CD, Wald NJ. Analysis of data from trials of salt reduction. *BMJ* 302: 819-824, 1991
  - 26) Milan A, Mulatero P, Rabbia F, Veglio F. Salt intake and hypertension therapy. *J Nephrol* 15(1): 1-6, 2002
  - 27) Maldonado-Martin A, Garcia-Matarin L, Gil-Extremera B, Aviva-Oyonarte C, Garcia-Granados ME, Gil-Garcia F, Latorre-Hernandez J, Miro-Gutierrez J, Soria-Bonilla A, Vergara-Martin J, Javier-Martinez MR. Blood pressure and urinary excretion of electrolytes in Spanish schoolchildren. *J Hum Hypertens* 16(7): 473-478, 2002
  - 28) Blaustein MP, Hamlyn JM. Role of a natriuretic factor in essential hypertension. An hypothesis. *Ann Int Med* 98(P2): 785-791, 1983
  - 29) Morgan T. Interaction between sodium and angiotensin. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 28(12): 1070-1073, 2001
  - 30) Alberto A, Rimm EB, Giovannucci EL, Colditz GA, Willett WC, Stampfer MJ. A prospective study of nutritional factors and hypertension among US men. *Circulation* 86(5): 1475-1484, 1992
  - 31) Cheung BM, Ho SP, Cheung AH, Lau CP. Diastolic blood pressure is related to urinary sodium excretion in hypertensive Chinese patients. *QJM* 93(8): 557-558, 2000
  - 32) Delanghe JR, Langlois MR. Haptoglobin polymorphism and body iron stores. *Clin Chem Lab Med* 40(3): 212-216, 2002
  - 33) Luft FC, Miller JZ, Grim CE, Fineberg NS, Chirstian JC, Daugherty SA, Weinberger MH. Salt sensitivity and resistance of blood pressure. Age and race as factors in physiological responses. *Hypertension* 17(S1): 1102-1108, 1991
  - 34) Weinberger MH, Miller JZ, Fineberg NS. Association of haptoglobin with sodium sensitivity and resistance of blood pressure. *Hypertension* 10: 443-446, 1987
  - 35) Guerra A, Rego C, Silva D, Rodrigues P, Silva Z, Breitenfeld L, Pinto AT, Bicho M. Blood pressure and genetic and biological markers in pediatric population. *Rev Port Cardiol* 21(1): 23-36, 2002