

## Sodium(Na)과 Potassium(K)섭취가 청소년의 혈압변화에 미치는 영향

서일<sup>1</sup>, 남정모<sup>1</sup>, 이강희<sup>1</sup>, 지선하<sup>2</sup>, 김석일<sup>3</sup>, 김규상<sup>4</sup>, 김춘배<sup>5</sup>

연세대학교 의과대학 예방의학교실<sup>1</sup>, 연세대학교 보건대학원<sup>2</sup>,  
가톨릭대학교 의과대학 예방의학교실<sup>3</sup>,  
한국산업안전공단 산업보건연구원<sup>4</sup>,  
연세대학교 원주의과대학 예방의학교실<sup>5</sup>

= Abstract =

### The effect of sodium and potassium intake on blood pressure change in Korean adolescents

Il Suh<sup>1</sup>, Chung Mo Nam<sup>1</sup>, Kang Hee Lee<sup>1</sup>, Sun Ha Jee<sup>2</sup>,  
Suk Il Kim<sup>3</sup>, Gyu Sang Kim<sup>4</sup>, Chun Bae Kim<sup>5</sup>

*Dept. of Preventive Medicine and Public Health, Yonsei University College of Medicine<sup>1</sup>,  
Graduate School of Health Science and Management, Yonsei University<sup>2</sup>,  
Dept. of Preventive Medicine, Catholic University College of Medicine<sup>3</sup>,  
Korea Industrial Safety Corporation<sup>4</sup>,  
Dept. of Preventive Medicine, Yonsei University Wonju College of Medicine<sup>5</sup>*

In order to investigate the effect of the urinary excretion of sodium and potassium on the change on blood pressure over 3 years, 668 adolescents aged 13 years living in Kangwha area were investigated in a longitudinal follow-up study. Two measurements were taken on each blood pressure (diastolic, systolic) and the average of the two readings was used in the analysis. Sodium and potassium intake were estimated by the determination of those electrolytes in 24hr urine. The mixed model regression analysis was used to identify the effect of urinary sodium and potassium on the change of blood pressure after controlling for BMI of each age.

On simple bivariate analysis no relationship was found between urinary sodium excretion and systolic or diastolic blood pressure among both male and female, however, a significant positive association between urinary potassium excretion and systolic

blood pressure among male.

The results of mixed regression analysis showed that the body mass index (BMI) were more influential than urinary electrolytes among this study subjects. It suggested that risk factors observed from the adults, may not be identical with that of the growing aged population. After control of the BMI and age, significant association between sodium and diastolic BP among male, and association between potassium and systolic BP among female, were found.

In summary, the results indicate that growth has been more influential than dietary factor on blood pressure for growing aged population.

---

Key words : blood pressure, sodium, potassium

## I. 서 론

1980년대 이후 현재까지 한국인의 사망원인중 가장 많은 것은 뇌혈관질환(cerebrovascular accident, stroke)이다(통계청, 1996). 뇌혈관질환의 원인은 아직 밝혀져 있지 않지만 위험요인으로 가장 중요한 것이 고혈압으로 알려져 있다. 더욱 1990년을 기준으로 한국인의 고혈압 유병률은 남자 12.9%, 여자 12.9%로 높아 문제의 심각성을 더하여 주고 있다(Kim, 1994).

고혈압을 효과적으로 관리하기 위해서는 고혈압의 자연사에 대하여 알고 있어야 한다. 고혈압은 흔히 성인에서 나타나는 질병으로 알고 있다. 그러나 외국의 여러 연구에서 고혈압은 소아기부터 시작하고 아동에서의 혈압이 성인에서의 혈압을 결정하는 중요한 요인이라고 보고하고 있다(Voors, 1977). 따라서 고혈압의 관리를 위한 소아혈압의 연구가 매우 중요하게 인식되어 관련 연구들이 많이 진행되고 있다. 성장기에 있는 아동이나 청소년의 혈압에 관한 연구는 성인 고혈압의 원인, 예방 및 치료의 새로운 방안을 찾고자 시도되고 있으며 특히 고혈압으로 발전할 위험이 높은 아동이나 청소년을 성인이 되기 전에 미리 찾아 성인이 되어 고혈압으로 진행되는 것을 예방하고자 하는 것이다(National Heart, Lung, and Blood Institute, 1987).

따라서 역학적 연구의 첫단계는 이러한 혈압의 자연사를 파악하는 것이고 다음 단계는 이러한 자연사

를 설명하는 기전을 알아내고 정상성장을 벗어나서 생기는 고혈압의 원인을 밝히는데 있다. 이러한 단계를 쫓아서 혈압의 수준과 변화에 영향을 미치는 요인을 구명하고자하는 많은 연구들이 진행되고 있다.

1900년대 초기에 시행된 아동과 청소년에 대한 혈압조사에서 아동기의 혈압수준은 연령에 따라 증가하는 것으로 밝혀졌다(Stocks, 1924). 그 이후 아동들을 대상으로 한 모든 연구들에서도 혈압은 연령에 따라 증가하는 양상을 보였고, 특히 수축기혈압이 현저히 증가하였다(Szklo, 1979; Kotchen 등, 1989). 아동기에서 수축기혈압의 증가는 남자나 여자에게서 비슷하게 일어난다. 그러나 사춘기에 접어들면서 혈압의 증가는 여자보다 남자에서 현저하게 되고 이 때문에 20세가 되면서 남자와 여자의 수축기혈압의 수준에 차이를 보이게 된다(WHO, 1985). 생후부터 20세까지 수축기혈압의 연평균 증가는 남자 2.0mmHg, 여자 1.0mmHg가 된다. 특히 10세부터 14세까지는 이러한 변화가 다른 시기보다 훨씬 크다. 그러나 이완기혈압의 경우 아동기에서는 연령의 증가에 따라 증가하지만 수축기혈압에 비해 그 증가폭이 현저하지 않고 남녀의 차이도 크지 않는 것으로 알려져 있다.

혈압의 수준을 결정하는 것은 심장의 박출량과 전신의 혈관저항에 따라 결정된다. 현재까지 성장기에서 혈압증가의 주원인이 심장의 박출량인지 혹은 혈관의 저항때문인지는 아직도 알려지지 않고 있다. 지금까지

성장기 청소년 혈압의 수준에 영향을 미치는 요인들은 유전적 요인, 생리적 성숙, 내분비 및 신장요소, 영양소섭취, 그리고 운동량 등이 있다. 그러나 성장기 혈압변화의 결정요인에 대해서는 아직까지 많은 연구들이 진행되지 않았다. 더욱이 혈압수준에 영향을 미치는 많은 요인들이 혈압의 변화에 어떻게 영향을 미치는지도 잘 알려져 있지 않다(WHO, 1985).

청소년 혈압변화의 결정요인으로 영양소 섭취와 관련하여 연구의 초점이 되고 있는 것이 소듐(Na)과 포타시움(K) 섭취이다. 성인에서 식염섭취가 혈압에 미치는 영향에 대해서는 분명하게 알려져 있다. 세계 32개국 52개 센터에서 수행되었던 INTSALT 연구에서 혈압이 식염섭취량과 상관이 있음이 밝혀졌으며 또한 식염섭취량이 극히 낮은 Yanomamo Indian과 Papua New Guinea의 부족에게서 연령의 증가에 따라 혈압이 증가하지 않을 뿐 아니라 고혈압의 유병률도 매우 낮았다. 또한 성인을 대상으로 한 임상시험에서 식염섭취량을 줄인 경우 혈압이 유의하게 감소하였다(Cutler 등 1991).

성인에서 K 섭취와 혈압의 관련성에 대해서 역상관이 있다는 보고들이 있으며, Whelton 등(1996)은 33개 임상시험을 종합한 결과 K로 인한 혈압강화 효과가 있음을 보고하였다. 또한 혈압과의 관계에서 Na나 K 단독의 영향보다는 Na/K 비가 더욱 중요하다는 보고도 있었다.

그러나 소아나 청소년을 대상으로 식염섭취량이 혈압의 변화에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 드물다. Hofman 등(1993)은 출생시부터 식염섭취량이 낮은 5-6개월의 영아를 대상으로 이들의 수축기혈압이 낮았으며 또한 연령의 증가에 따른 혈압의 증가률도 낮다는 것을 보고하였다. 한편 Geleijnse 등(1990)은 5-17세 233명을 대상으로 K 섭취가 증가할수록 그리고 Na/K 비가 감소할수록 수축기혈압의 증가가 낮다는 것을 보고하였다.

한국에서 소아나 청소년의 혈압에 대한 연구는 대부분 단면적 연구이었으므로(이병운, 1963; 최계영, 1968; 박종구 등, 1989; 최진수 등, 1990) 청소년의 혈압변화의 결정요인에 대한 연구는 거의 없었으며 특히 우리나라가 세계적으로 Na의 섭취량이 높은 나라

임에도 불구하고 Na, K 등의 섭취가 혈압변화에 미치는 영향에 대해서 보고된 바 없다. 따라서 이 연구는 우리나라 청소년의 Na과 K의 섭취가 혈압변화에 미치는 영향을 구명하고자 시도되었다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

이 연구는 1993년 8월 당시 행정구역인 경기도 강화군 강화읍에 소재하고 있는 강희중학교와 강희여자중학교 2학년(만 13세)에 재학중이며 혈압과 관련하여 24시간 소변검사가 조사된 남학생 318명, 여학생 350명을 연구대상으로 하였다.

### 2. 조사내용과 방법

#### 1) 혈압 및 신체계측

1993년부터 1996년까지 매년 동일 시기에 조사대상이 재학하고 있는 학교에 방문하여 수축기 및 이완기 혈압, 신장, 체중을 측정하였다. 수축기혈압은 Korotkoff phase I, 이완기혈압은 Korotkoff phase IV를 측정하였다. 조사방법과 내용은 서일 등(1989)과 김규상 등(1993)에 기술되어 있다.

#### 2) 소변검사

Na과 K의 섭취량을 측정하기 위하여 24시간 소변검사를 통해 Na와 K 배설량을 조사하였다. 염분섭취와 그의 성분의 정량적 평가를 위하여 토요일 오후 5시부터 일요일 오후 5시까지 24시간 소변검사를 시행하여 수거시 피측정자의 총소변 받은 횟수, 소변 받지 못한 회수, 방부제 투입 여부, 건강상태 약물복용, 생리유무 등을 확인하였다. 생리를 하는 경우 1주일 뒤에 다시 검사를 시행하였다. 수거된 소변은 일단 처음 소변을 받은 시간과 마지막 소변을 받은 시간을 기록하고 총량을 측정 후 ion selective 방법으로 Na와 K 등의 전해질을 측정하였다.

소변채취의 완전성을 평가하기 위하여 다음과 같은 세가지 방법을 사용하였다. 첫째, 소변중 크레아티닌(creatinine)량을 검토했으며 남학생은 0.4ml/kg/hour, 여학생은 0.3ml/kg/hour 미만인 경우는 분석에서 제외하였다 (Ellitson 등, 1980). 둘째, 소변량이 300ml/day 미만인 경우는 분석에서 제외하였다. 셋째, 소변채취 과정에서 소변손실이 있거나 채취기록이 불완전한 경우는 제외하였다.

### 3. 분석방법

#### 1) 분석대상

24시간 소변의 완전성을 평가한 결과 남학생은 318명 중 66명(20.8%), 여학생은 350명 중 94명(26.9%)을 최종 분석대상에서 탈락시켰다. 성별-학년별 최종 분석대상수는 다음과 같다(표 1).

Table 1. Number of students included in analysis

Grade	Unit: person				
	Middle		High		3-year
Sex	2nd	3rd	1st	2nd	follow-up cases
Male	252(49.6)	241(48.8)	206(46.2)	206(46.7)	194
Female	256(50.4)	253(51.2)	240(53.8)	235(53.3)	234
Total	508(100.0)	494(100.0)	446(100.0)	441(100.0)	428

#### 2) 분석방법

연령에 따른 수축기 및 이완기 혈압의 분포와 Na, K, Na/K 비의 분포를 기술통계량을 통하여 살펴보았다. Na과 K의 섭취가 혈압변화에 미치는 영향을 보기 위하여 Na과 Na/K 비는 75백분위수를 그리고 K은 25백분위수를 기준으로 각각 두 집단으로 분류하여 두 집단의 혈압 변화를 분석하였다. 먼저 t-검정을 통해 두 집단의 3년간 혈압변화의 차이를 검정하였다. 여기서 혈압변화의 측도는 고등학교 2학년 때의 혈압수준과 중학교 2학년 때의 혈압수준의 차이로 계산되었다. 이상의 분석은 3년간 계속적으로 추적된 학생만을 대상으로 하였다.

다음으로 각 연령시점에서의 비만도(body mass index)를 통제하고 Na, K, 그리고 Na/K 비가 혈압변화에 미치는 효과를 보기위해 혼합모형(mixed model)을 사용하여 분석하였다. 분석모형은 다음과 같다.

$$BP_t = \alpha + \beta_1(\text{age}_t) + \beta_2(\text{BMI}_t) + \beta_3(\text{Na}) + \beta_4(\text{K}) + \beta_5(\text{Na} \cdot \text{age}_t) + \beta_6(\text{K} \cdot \text{age}_t)$$

여기서,  $BP_t$ ,  $\text{Age}_t$ , 그리고  $\text{BMI}_t$ 는 각각 t 시점에서 혈압수준, 연령, 비만도를 나타내며 Na는 75백분위수 이상이면 1, 아니면 0, K는 25백분위수 이하이면 1, 아니면 0을 나타내는 지칭변수(indicator function)이다. 혼합모형에서는 각 시점에서 조사된 모든 대상을 분석에 포함하였으며 반복측정된 개인 내에서의 공분산 행렬은 복합대칭성(compound symmetric) 행렬을 사용하였다.

## III. 연구결과

### 1. 분석대상과 누락대상의 비교

소변검사의 완전성 평가 결과 최종 분석에서 포함된 대상과 제외된 대상의 중학교 2학년 기준시점에서의 혈압 및 신체계측치 모두 평균에 차이가 없었다(표 2).

Table 2. Mean difference of study variables between included and excluded cases

Sex	Variable	Included	Excluded	p-value*
Male	Systolic BP(mmHg)	111.9 ± 11.2	112.0 ± 10.2	0.98
	Diastolic BP(mmHg)	66.6 ± 7.8	66.8 ± 8.2	0.83
	Height(cm)	160.3 ± 8.0	160.5 ± 8.2	0.87
	Weight(kg)	49.5 ± 10.2	51.1 ± 10.0	0.32
	BMI(kg/m <sup>2</sup> )	19.1 ± 2.7	19.7 ± 3.6	0.26
Female	Systolic BP(mmHg)	117.7 ± 11.5	116.7 ± 11.4	0.44
	Diastolic BP(mmHg)	76.2 ± 8.0	76.4 ± 7.9	0.89
	Height(cm)	156.1 ± 5.0	154.8 ± 6.3	0.08
	Weight(kg)	49.2 ± 8.8	47.6 ± 8.3	0.13
	BMI(kg/m <sup>2</sup> )	20.2 ± 3.1	19.8 ± 3.0	0.39

BP: blood pressure; BMI: body mass index

\* calculated by independent two sample t-test

## 2. Na, K, Na/ K 비의 분포

성별에 따른 Na, K, Na/K 비의 백분위 분포는 다음과 같다(표 3). 남학생의 Na 섭취량의 중간값은 178.6 mEq/24hr, 여학생은 170.6mEq/24hr 이었으며, 90백분위수는 남학생이 302.1mEq/24hr, 여학생이 270.6 mEq/24hr으로서 남학생이 약간 높았다. K 섭취는 남학생의 중간값이 31.2mEq/24hr, 여학생이 32.4 mEq/24hr 이었으며 90백분위수는 남학생이 51.2 mEq/24hr, 여학생이 54.6mEq/24hr으로서 여학생이 약간 높았다. 전반적으로 Na 섭취의 분포는 남학생이 여학생보다 약간 넓게 퍼져 있으며 K 섭취분포는 남녀 간에 비슷하며 우향왜곡의 분포를 보였다.

**Table 3.** Distributions of urinary Na, K, and Na/K ratio according to sex

Sex	Variables	Percentiles				
		10	25	50	75	90
Male	Na(mEq/24hr)	92.9	125.6	178.6	223.0	302.1
	K(mEq/24hr)	18.6	24.0	31.2	42.6	51.2
	Na/K ratio	3.1	4.2	5.6	7.5	9.5
Female	Na(mEq/24hr)	101.3	129.2	170.6	219.1	270.6
	K(mEq/24hr)	18.7	23.8	32.4	42.5	54.6
	Na/K ratio	3.2	4.1	5.3	6.8	8.3

## 3. Na, K, Na/ K 비와 혈압수준 및 변화와의 관계

표 4와 5는 이 연구의 초기 시점인 중학교 2학년 때의 Na, K, Na/K 섭취량에 따라 두 집단으로 분류하고 두 집단간에 연령의 증가에 따른 혈압의 수준 및 3년간 변화에 차이가 있는가를 보여 주고 있다.

Na 섭취가 많은 군은 적은 군에 비해 남녀 모두 수축기혈압이 높은 경향을 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 아니었다. 한편 K의 섭취가 적은 군의 수축기 및 이완기혈압은 K의 섭취가 정상인 군에 비해 남학생에서 모두 통계학적으로 유의하게 낮았으며 여학

생에서도 비슷한 경향을 보였다. 특히 여학생에서 K의 섭취가 적은 군의 3년간 수축기혈압은 2.2mmHg 감소하였고, K의 섭취가 많은 군은 4.7mmHg 감소하여 두 군간에 유의한 차이를 보였다. 전반적으로 Na/K의 비는 혈압의 수준 및 변화와 유의한 관련성이 없었다.

**Table 4.** Table 4. The mean difference of systolic blood pressure between high(or low) and normal group in urinary Na, K, and Na/K ratio according to sex and age

Sex	Variable	Group*	Middle		High		Change <sup>†</sup>
			2nd	3rd	1st	2nd	
Male	Na	High	112.8	117.9	122.3	119.4	6.5
		Normal	111.9	115.8	120.1	118.1	6.2
		p-value	0.64	0.28	0.27	0.52	0.85
	K	Low	108.8	113.1	118.1	115.3	6.5
		Normal	113.3	117.4	121.5	119.5	6.2
		p-value	0.02	0.02	0.08	0.03	0.87
Na/K	High	113.0	117.1	121.1	117.4	4.4	
	Normal	111.9	116.1	120.5	118.8	6.9	
	p-value	0.56	0.60	0.75	0.47	0.15	
Female	Na	High	119.5	118.5	116.5	115.1	-4.4
		Normal	117.4	117.4	114.5	113.4	-4.0
		p-value	0.23	0.50	0.27	0.31	0.76
	K	Low	114.2	115.2	113.1	112.0	-2.2
		Normal	119.1	118.5	115.7	114.4	-4.7
		p-value	0.00	0.04	0.15	0.16	0.04
	Na/K	High	116.3	116.6	113.4	111.8	-4.6
		Normal	118.4	118.0	115.5	114.4	-4.0
		p-value	0.24	0.40	0.24	0.08	0.63

\* cutoff point of Na and Na/K ratio is 75 percentiles of their distribution and K is 25 percentiles of its distribution

† difference of blood pressure between 2nd grade in high school and 3rd grade in middle school

혼합모형을 이용하여 비만도에 대한 영향을 통제하고 혈압의 수준 및 변화와 Na, K, 그리고 Na/K 비의 관련성은 다음과 같았다(표 6, 표 7). 남녀 모두 수축기 및 이완기혈압은 비만도 및 연령과 통계학적으로 유의한 관련성이 있었으며, 비만할수록 혈압은 높았고 연령의 증가에 따라 남학생의 혈압은 증가하였으나 여학생은 감소하였다. Na 섭취가 많은 남학생들은

**Table 5.** The mean difference of diastolic blood pressure between high(or low) and normal group in urinary Na, K, and Na/K ratio according to sex and age

Sex	Variable	Group*	Middle		High		Change <sup>†</sup>
			2nd	3rd	1st	2nd	
Male	Na	High	66.1	71.7	74.6	74.0	7.9
		Normal	67.1	71.8	75.8	73.3	6.2
		p-value	0.46	0.89	0.41	0.58	0.20
	K	Low	65.5	69.0	73.5	72.8	7.3
		Normal	67.3	72.8	76.2	73.7	6.4
		p-value	0.13	0.00	0.06	0.50	0.51
Na/K	High	65.6	70.5	74.7	73.2	7.6	
	Normal	67.2	72.2	75.8	73.5	6.3	
	p-value	0.23	0.22	0.45	0.79	0.35	
Female	Na	High	76.7	75.5	75.0	72.5	-4.2
		Normal	76.3	75.3	73.8	71.7	-4.6
		p-value	0.74	0.87	0.39	0.48	0.72
	K	Low	76.4	73.9	73.7	72.1	-4.3
		Normal	76.4	75.8	74.3	71.8	-4.5
		p-value	1.00	0.11	0.64	0.82	0.82
Na/K	High	75.5	74.1	72.8	71.0	-4.47	
	Normal	76.7	75.8	74.5	72.2	-4.48	
	p-value	0.33	0.15	0.19	0.32	1.00	

\* cutoff point of Na and Na/K ratio is 75 percentiles of their distribution and K is 25 percentiles of its distribution

† difference of blood pressure between 2nd grade in high school and 3rd grade in middle school

적은 남학생들에 비해 중학교 2학년때의 이완기혈압이 2.4(-12.54+0.78×13)mmHg 낮은 경향을 보였으나(p<0.1) 연령의 증가에 따른 연평균 이완기혈압의 증가율은 0.78mmHg 더 높은 경향을 보였다(p<0.1). 한편 K의 섭취가 적은 여학생들은 많은 여학생들에 비해 중학교 2학년때의 수축기혈압이 2.27(-11.27+0.69×13)mmHg 정도 낮은 경향을 보였으나(p<0.1) 연령의 증가에 따른 연평균 수축기혈압의 증가율은 0.69mmHg 더 높은 경향을 보였다(p<0.1). 전반적으로 Na/K 비는 비만도를 통제하지 않은 단일변량의 분석 결과와 동일하였으며 혈압의 수준 및 변화와 유의한 관련성이 없었다.

**Table 6.** The effects of urinary Na, K, and Na/K ratio on blood pressure in male

Independent variable	Systolic BP		Diastolic BP	
	Model 1	Model 2	Model 1	Model 2
Age (year)	1.98***	1.44***	3.15***	2.71***
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	1.29***	1.27***	0.55***	0.55***
Na(1=high, 0=normal)	-4.49	—	-12.54*	—
K(1=low, 0=normal)	-3.93	—	-7.62	—
Na×Age	0.17	—	0.78*	—
K×Age	0.07	—	0.42	—
Na/K(1=high, 0=normal)	—	6.53	—	-9.91
Na/K×Age	—	-0.48	—	0.62

BP : blood pressure, BMI : body mass index

\* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

**Table 7.** The effects of urinary Na, K, and Na/K ratio on blood pressure in female

Independent variable	Systolic BP		Diastolic BP	
	Model 1 (Coefficient)	Model 2 (Coefficient)	Model 1 (Coefficient)	Model 2 (Coefficient)
Age (year)	-1.20***	-2.20***	-1.14***	-1.73***
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	1.13***	1.17***	0.75***	0.74***
Na(1=high, 0=normal)	-2.38	—	-5.32	—
K(1=low, 0=normal)	-11.27*	—	-5.05	—
Na×Age	0.17	—	0.35	—
K×Age	0.69*	—	0.37	—
Na/K(1=high, 0=normal)	—	5.25	—	0.29
Na/K×Age	—	-0.44	—	0.07

BP : blood pressure, BMI : body mass index

\* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

## IV. 토 의

본 연구에서 청소년기의 Na와 K섭취가 혈압수준과 변화에 미치는 영향을 알아본 결과, Na는 수축기 및 이완기 혈압과 역상관관계를 보였지만 통계학적으로 유의하지는 않았다. K는 남자 이완기혈압과 여자 수축기 혈압에서 통계학적으로 유의한 양의 관련성을 보였다. 또한 Na/K 비 역시 남,녀 모두에서 혈압과 뚜렷한 관련성을 보이지 않았다. 다른 연구결과와 일치하는 것으로는, 비만도가 남녀 모두에서 혈압과 유의

한 양의 관련성을 보였다.

본 연구에서 식염섭취량을 측정하기 위하여 24시간 소변을 한번 측정하는 것은 개인내 Na변동량을 고려할 때 다소 제한점이 있다. 식염섭취량은 개인간 변동이 개인내 변동보다 세배이상 크다는 것을 감안하면 (Beaton, 1986), 적어도 3일에서 1주일 정도 계속해서 24시간 소변을 받는 것이 타당하다고 본다. 그러나 식이로부터 유입되는 Na의 98%를 체내에서 흡수하고, 이것의 86%가 소변으로 배설된다고 할 때(Holbrook 등, 1984), 본 연구에서 실시한 방법과 같이 24시간 소변을 통한 식염의 측정이 현재까지 가장 타당한 방법으로 알려져 있다. 또한 Caggiula (1985)의 보고에 의하면 6일간 식이 조사와 단일회 24시간 소변중의 Na량과의 높은 상관관계( $r=0.61$ )를 보였고, 비슷한 연구에서 Holbrook등(1984)도 역시 높은 상관관계( $r=0.76$ )를 보였다. 그러나, 이들 연구에서 식이조사와 24시간 소변중 Na량과의 높은 상관관계를 보인 것은 사실이나, 반영되는 식이조사 기간이 몇 일에 불과할 정도로 비교적 짧은 것이 문제점으로 지적되고 있다. 본 연구에서는 비록 단회의 24시간 소변조사이었지만, 4년에 걸쳐 매년 동일한 시점에서 조사를 실시하였다는 점에서 지금까지 보고된 식염 측정방법의 제한점을 많이 줄일 수 있었다고 본다.

식염과 혈압에 대한 최초의 연구는 1954년에 Dahl and Lover가 Brookhaven 실험실에 근무자들을 대상으로 실시한 연구가 있다. 이 연구에서 식염섭취와 혈압과의 유의한 상관관계를 보였으나, 식염섭취 평가방법이 대부분 설문지를 통해 식염 사용력을 물었고, 28명에 대해서만 소변을 받았으며, 다변량분석에서는 소변량을 통한 식염량을 이용하지 않아서 측정과 분석방법의 타당도에 제한점이 지적되어 왔다. 인구집단내에서 Na와 혈압과의 양의 관계는 Belgium에서 보고된 바 있다(Joosens 등). 다변량분석에서 식염섭취와 혈압은 남자(1,314명)에서는 유의하였으나, 여자(713명)에서는 유의하지 않았다. 지금까지, 관찰 및 실험 연구에서 식염섭취가 혈압과 관련이 있다는 보고는 대부분 성인을 대상으로 실시한 연구들이었다. 비록, 성인과

청소년기에서 식염 섭취를 줄여야 한다고 추천을 하고 있지만 (JNC VI, 1997), 본 연구에서처럼 식염섭취와 혈압과의 관련성을 보이는 연구는 많지 않았다(Simon, 1994). 이는 아마도, 식염 분비량의 개인내 높은 변동과 같은 방법론적인 문제가 이러한 음의 결과를 도출하는 가장 큰 이유중의 하나라고 생각된다. 본 연구에서와 같이, 단일회 24시간 소변을 측정하는 비슷한 연구는 클리블랜드에서 Swaye 등(1972)의 보고가 있었으나 식염과 혈압과는 역상관관계를 보였다. 프레밍햄(Dawber, 1967), 에반(Grim, 1970), 미시피(Langford, 1975) 등의 지역사회에서 이뤄진 조사에서도 역시 관련성을 보이지 않았다.

식염문화 및 지역간의 식염섭취패턴을 비교한 연구에서는 식염섭취가 높은곳에서 고혈압 유병률이 높음을 보이고 있다 (Sasak, 1964; Prior, 1968; Freis, 1976; Page, 1976). 비록, 개인차원에서의 혼란변수를 통제하는데는 제한점이 있더라도, 이러한 연구는 식염섭취가 고혈압의 가능한 원인이라는 가설은 제공함은 물론, 혈압에 대한 식염의 독립적인 영향에 대한 확신을 줄 수 있다는데에 의의가 있다.

성인을 대상으로 실시한 관찰연구에서 K섭취와 혈압과는 음의 관련성이 있다고 보고되고 있다(Langford, 1983). 실험연구에서도 정상혈압에서보다 고혈압환자와 그의 자식들에게 K를 섭취하였을 때 혈압이 더욱 감소하였다는 보고가 있다(Tannen, 1983; Cappuccio, 1991). 최근, 실험연구들을 모아 실시한 메타분석에 의하면 식이를 통한 K섭취가 많을 경우 고혈압 발생을 줄여주고, 이러한 효과는 고혈압환자에서 특히 높았다(Whelton, 1997). JNC의 보고서(1997)에 의하면, 하루 50에서 90mmol정도의 K섭취를 권장하고 있다. 그러나, 청소년기를 대상으로 실시한 혈압에 대한 K의 영향에 관한 연구에서는 역시 논란이 많다(Zwiauer, 1991; Krishna, 1989). 본 연구에서도 K섭취와 혈압과 일관된 관련성을 보이지 못했다.

본 연구에서 Na/K비는 혈압과 뚜렷한 관련성을 보이지 않았다. Langford and Watson(1975)은 6회의 24시간 소변자료를 이용해 Na/K 비는 혈압과 유의한 관

련성을 보였다. 스탠포드에서는 세 지역사회에서 아침의 단회뇨를 통해 수축기 혈압과 Na/K 비와 유의한 관련성을 보였고, 이완기 혈압과도 유의한 음의 관련성이 보고된 바 있다(Walker, 1978). 시카고 연구(Cooper, 1980)에서는 학교 학생들에서 Na와 K는 상호 상관성이 높았고 ( $r=0.731$ ), K가 수축기 혈압과 양의 관련성을 보였다.

본 연구에서 측정된 24시간 소변내 Na, K, 그리고 Na/K 비와 혈압과의 관련성에서 뚜렷한 결과를 보이지 못한 것은 다음 몇 가지로 설명이 될 수 있다. 우선, 본 연구의 설계나 분석방법에 문제가 없다고 가정할 때, 청소년기에서는 이러한 변수들이 혈압을 결정짓는 중요한 요인이 못된다는 결론을 내릴 수가 있다. 그러나 이러한 결론을 내리기는 여전히 다음과 같은 몇가지 해결되어야 할 문제점들이 남아 있다.

우선, 본 연구대상이 일부 농촌지역에 국한 자료를 이용하였으므로 연구결과의 일반화에 많은 제한점이 있을수 있다. 그러나 이러한 제한점은 연구의 내적타당도가 문제가 없을 경우 관련성을 보는 연구에서는 큰 문제가 안된다고 생각한다. 본 연구에서 크레아티닌은 소변검체의 완전성을 평가하는 하나의 척도로서 사용되었다(Ellitson, 1980). 그러나 소변채취의 완전성을 평가하는 것과 같은 목적에서 일부 유용성에 대해 한계점이 보고되기도 하였다. 즉, 동물성 단백질을 섭취한 후 혈청 크레아티닌이 두배로 증가 됨이 보고된 바 있으며(Jacobsen, 1979), 크레아티닌의 일일변동은 식염보다는 적었으나 토요일이나 주말에는 오히려 증가하는 양상을 보임에 따라(Cooper, 1980), 토요일과 일요일을 소변채취일로 정하는 것은 신중히 고려될 필요가 있다. 본 연구에서 소변채취를 주말에 실시한 점을 감안할 때, 위에서 언급한 오류를 범했을 가능성을 완전히 배제할 수가 없다. 그렇지만 소변채취의 완전성을 평가할수 있는 다른 방법이 현재로서는 없는 실정이다. 본 연구에서 분석에서 소변의 완전성문제외 제외된 군과 포함된 군간의 성, 연령분포에는 차이가 없었다.

체중과 비만도는 청소년기에서 혈압수준과 변화량

에 강한 상관관계를 보이고 있다. 또한, 혈압을 올리는 기전중의 하나인 혈액량은 비만도와 높은 상관관계를 가지고 있다. 그런데, 혈액량은 비만한 사람에서 보다는 마른 사람에서 혈압과 관련성이 높다고 알려져 있다(Alexander, 1962). 즉, 체내 Na섭취는 곧, 혈관내 혈액량의 증가로 인해 혈압이 올라가게 된다. 청소년기에서는 성인에서 보다 혈관의 탄력성이 높다고 볼 때, Na 섭취량 증, 감에 덜 민감할 수도 있다는 가능성을 생각해 볼 수 있다. 이는, 본 연구에서 Na섭취량과 혈압수준과 관련성이 미약함을 보이는 이유 중의 하나일 수도 있다.

Voors(1977) 등은 청소년기에는 신장과 비만도가 혈압과 상관성이 높지만, 성인이 되면 다른 변수의 영향이 큰 것으로 보고하였다. 이는 본 연구에서 비만도와 달리 Na나 K가 뚜렷한 관련성을 보이지 못하는 이유 중의 하나라고 생각된다. 일부 연구에서는 비만한 사람에서 칼로리 섭취가 많았으며, 주로 Na가 많이 포함된 식품의 섭취가 많았다. 이는 비만도가 혈압과 높은 관련성을 보이는 기전중의 하나가 될 것이라는 것이다. 본 연구에서는 검증된 바 없지만, 비만한 사람에서 Na의 섭취가 높을 때 혈압이 더욱 상승할 가능성을 생각할 수 있다. 특히 본 연구에서 청소년기 여학생의 경우 연도별로 혈압이 감소하는 것은 비만했던 여학생이 체중관리를 위해 칼로리 섭취를 줄일 경우 Na의 섭취도 동시에 감소하므로써 Na와 혈압과의 관련성이 없어지거나, 심지어 음의 관련성까지 보일 수 있다는 추측을 할 수 있다.

앞서서, 24시간 소변중 Na분비량은 식이섭취량과 높은 상관관계를 보인다고 했으나, 실제로 본 연구의 자료를 이용하여 분석한 보고(최윤선, 1995)에 의하면 식이조사를 통한 Na섭취와 24시간 소변중 Na분비량은 낮은 상관관계를 보였으므로 그 타당성이 검증될 필요가 있었다. 따라서 본 연구자는 이 분야에서 국제적으로 공인된 실험실(Dr. Kestloot, 1996 : 개별 저문)에 본 연구에서 사용하였던 소변검체의 일부를 보내어 측정을 의뢰하였던 결과, 문제가 없음을 통보 받았었다. 즉, 국내에서 측정된 결과와 Belgium에 측정된



결과의 상관성을 분석한 결과 Na는 0.995, K는 0.987의 높은 상관관계를 보였다. 따라서 본 연구에서 이용한 검사실의 소변 측정방법에는 문제가 없었던 것이 객관적으로 입증되었다. 그렇다면, 본 연구에서 식이 조사를 통한 Na량과 소변검사를 통한 Na량의 낮은 상관성은 그밖에 다음 몇가지로 정리될 수 있다. 우선 식이조사와 소변조사 모두 단일회에 조사된 방법으로 개인내 변동을 고려하지 못했다. 일부 보고에 의하면, 일정한 식이를 섭취하였어도 소변중 Na의 분비는 3일간 계속될 수 있으며, 분비량 또한 변동이 있을 수 있다(Cooper, 1980). 마지막으로 Na 분비는 혈압과 관련이 깊은 신장기능과도 관련이 있으므로 신장기능이 함께 고려되어야 할 것중에 하나이다.

이 밖에 최근 고혈압에 관한 위험요인에 대해서 대중매체를 통해 이미 많이 보도되어 있는 상태에서, 고혈압을 가지고 있는 가정에서 그 중요성을 인식하고 식염의 섭취를 줄이기 시작한 경우도 있을 수 있다. 이것이 사실일 경우, 혈압의 결정요인으로서 현재시점에서의 식염섭취량과 비교할 경우 심각한 오차(prevalent incidence bias)를 유발할 수 있다. 이러한 오차의 가능성을 배제하기 위해서는 오랜기간동안 여러 회에 걸쳐서 24시간 소변검사를 실시하는 것이 가장 타당할 것으로 보인다.

이상으로 본 연구결과를 종합하면, 본 연구에서 지적할수 있었던 여러 가지 문제점들을 완전히 배제할수 있는 추후 연구가 나오기 전까지는, 본 연구결과만으로는 청소년기에서 Na 및 K섭취가 혈압과 관련이 없다고 결론을 내리기가 어렵다. 이와 관련하여 최근 발표된 여섯 번째 JNC의 보고서(NIH, 1997)에 의하면 하루 소금섭취량 대략 6g, Na는 2.4g이 적당량인 것으로 추천하고 있다.

끝으로, 현재까지 알려진 지식으로 보면, 고혈압의 직접적인 원인으로서는 식염섭취 만큼 보건학적으로 차지하는 중요성이 큰 경우도 드물다. 특히, 성장기 아동의 고혈압이 그대로 성인의 고혈압으로 지속된다는 사실을 인지할 때(서일, 1989), 성장기 아동과 청소년기에서의 식염섭취의 영향은 더욱 중요하다 하겠다.

따라서 본 연구에서 밝혀진 여러 가지 연구설계상의 문제점들을 보완할수 있는 좀더 체계적이고 지속적인 관찰 및 실험연구가 계속될 때, 청소년기 혈압수준과 변화에 식염섭취와의 관계를 좀더 잘 파악할 수 있으리라 생각된다.

## V. 결 론

본 연구는 1993년당시 경기도 강화군 강화읍에 거주하는 중학교 2학년에 재학중인 남자 318명과 여자 350명 (합 668명)을 대상으로 4년간 sodium(Na)과 potassium(K)섭취가 혈압의 수준과 변화에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 매년 동일한 시기에 수축기혈압과 이완기혈압을 측정하였으며, Na와 K의 섭취량을 측정하기 위하여 24시간 소변검사를 통해 Na와 K 배설량을 조사하였다. 각 연령시점에서 비만도를 통제한 상태에서 Na 및 K섭취량이 혈압의 변화에 미치는 영향을 파악하기 위하여 혼합모형을 이용하였다.

이변량분석에서 소변중 Na배설량은 남,여 모두에서 수축기혈압과 이완기혈압에서 유의한 관련성을 보이지 않았다. 그러나 소변중 K배설은 남자에서 양의 유의한 관련성을 보였다. 여자에서는 유의한 관련성을 보이지 않았다. Na/K의 비에 있어서도 남, 여 모두에서 수축기혈압과 이완기혈압과 유의한 관련성을 보이지 않았다.

각 연령시점에서 비만도를 통제해준 혼합모형을 이용한 다변량분석에서는 소변중 Na, K 및 Na/K 비보다는 연령과 비만도가 혈압과 통계학적으로 유의한 관련성을 보였다. 이것은 성인에서 보고된 고혈압의 위험요인들은 성장기에 있는 아동들에서는 위험요인이 아닐 수도 있다는 것을 보여준다. 연령과 비만도를 통제한 후에 남자에서 Na와 이완기혈압 그리고 여자에서 K와 수축기혈압이 통계학적으로 유의한 관련성을 보였다.

결론적으로 이 연구는 성장기 아동에 있어서 소변중 Na나 K는 혈압에 영향을 미치는 중요한 요인으로 볼 수 없으며, 오히려 성장과 관련된 비만도와 같은

요인들이 강력한 요인임을 보이고 있다.

## 참고문헌

- 김규상, 이순영, 서일 등. 사춘기아동의 성적 성숙도와 혈압수준. 예방의학회지 1993;26(3):347-358
- 최윤선, 김영옥, 서 일. Sodium, Potassium 섭취와 성장기 혈압과의 관계. 한국영양식량학회지 1995; 24(4):493-501
- 박중구, 차봉석, 이명근 등. 아동의 혈압과 관련된 요인에 관한 연구. 한국역학회지 1989;11(2):232-45
- 서일, 김일순, 남정모 등. 아동혈압의 시계열 변화 양상 및 평균혈압에 관련된 요인분석. 예방의학회지 1989;22(3):303-312
- 이병윤. 한국인 소아의 혈압. 소아과 1963;6:35-39
- 최윤선, 김영옥, 서 일. Sodium, potassium 섭취와 성장기 혈압과의 관계. 한국영양식량학회지 1995; 24(4):493-501.
- 최진수, 박기원, 마재숙 등. 광주지역 초, 중, 고 학생의 혈압. 소아과 1990; 33(7):952-958
- 통계청. 사망원인통계연보, 1996.
- Alexander JK. Obesity and the circulation. Mod Concepts Cardiovasc Dis 1962;1:39
- Beaton GH; Chery A. Evaluation of methods used to assess dietary intake:simulation analysis. Can J Physiol Pharmacol 1986;64:772-780.
- Caggiula AW. The measurement of sodium and potassium intake. Am J Clin Nutr 1985;42:391-398
- Cooper R, Soltero I, Liu K, et al. The association between urinary sodium extraction and blood pressure in children. Circulation 1980;62(1):97-104.
- Dahl LK; Lover RA. Evidence for a relationship between sodium intake and human essential hypertension. Arch Intern Med 1954;94:525.
- Dawber TR, Kannel WB, Kagan A, et al. Environmental factors in hypertension. In The epidemiology of hypertension, edited by Stamler J. New York, 1967. p 255
- Ellitson RC, Sosenko JM, Harper GP, et al. Obesity, sodium intake, and blood pressure in adolescents. Hypertens 1980;2(suppl I):I-78-82.
- Freis ED. Salt, volume and the prevention of hypertension. Circulation 1976;53:580
- Geleijnse JM, Grobbee DE, Hofman A. Sodium and potassium intake and blood pressure change in childhood. BMJ 1990;300:899-902
- Grim CE, McDonough JR, Dahl LK, et al. Racial differences in Evans Co, Georgia. (abstr) Circulation 1970;42(suppl III):III-85.
- Hofman A, Valkenburg HA. Determinants of change in blood pressure during childhood. Am J Epidemiol 1983;117(6):735-43
- Holbrook JT. Sodium and potassium intake and balance in adults consuming self-selected diets. Am J Clin Nutr 1984;40:786-793
- Jacobsen FK, Christensen CK, Mogensen CE, et al. Pronounced increase in serum creatinine concentration after eating cooked meat. Br Med J 1979;1:1049
- Joosens JV; Willems J, Claessens J, et al. Sodium and hypertension. In nutrition and cardiovascular diseases, edited by Fidanza F, Rome, Morgagni Edizioni, 1990
- Kim JS, Kim SJ, Jones DW, et al. Hypertension in Korea:A national survey. Am J Prev Med 1994;10(4):200-4
- Kotchen JM, McKean HE, Neill M, et al. Blood pressure trends associated with changes in height and weight from early adolescence to young adulthood. J Clin Epidemiol 1989;42(8):735-41
- Krishna GG, Miller E, Kapoor S. Increased blood pressure during potassium depletion in normotensive men. N Engl J Med 1989;320:1177-1182
- Langford H, Watson RL. Electrolytes and hypertension. In Epidemiology and control of hypertension, edited by Paul O, New York, 1975, pp 119-128.
- National Heart, Lung and Blood Institute. Report of the second task force on blood pressure control in children 1987. Pediatrics 1987;79:1-24
- National Institute of Health. The Sixth Report of The Joint National Committee on Preventive, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. NIH publication No. 98-4080, November 1997.
- Page LB, Damon A, Moellering RC. Antecedents of cardiovascular disease in six Solomon Islands societies. Circulation 1974;49:1132
- Prior IAM, Grimley-Evans J, Harvey HPB, et al. So-

- dium intake and blood pressure in two Polynesian populations. *N Engl J Med* 1968;279:515
- Sasak N. The relationship of salt intake to hypertension in the Japanese. *Geriatrics* 1964;19:735
- Simon JA, Obarzanek E, Daniels, et al. Dietary cation intake and blood pressure in black girls and white girls. *Am J Epidemiol* 1994;139:130-40.
- Stocks P. Blood pressure in early life. A statistical study. London, Cambridge University Press, 1924.
- Swaye PS. Dietary salt and essential hypertension. *Am J Cardiol* 1972;29:33-38
- Szklo M. Epidemiologic patterns of blood pressure in children. *Epidemiological review* 1979;1:143-69
- Voors AW, Forster TA, Frerichs RR, et al. Studies of blood pressure in children, ages 5-14 years, in a total biracial community- The Bogalusa Heart Study. *Circulation* 1976;54:319-27
- Voors AW, Webber LS, Frerichs RR, et al. Body height and body mass as determinants of basal blood pressure in children - the Bogalusa Heart Study. *Am J Epidemiol* 1977;106:101
- Walker G, Russell P, Whelton P, et al. Relation between blood pressure, plasma renin activity, aldosterone, urinary sodium and potassium in 574 ambulatory subjects(abstr). *Circulation* 1978;58(suppl II):II-165.
- Whelton PK, He J, Cutler JA, et al. Effects of oral potassium on blood pressure: meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *JAMA* 1997;277:1624-1632.
- WHO. Blood pressure studies in children. Technical Report Series. No. 715, Geneva, WHO. 1985
- Zwiauer K, Eberlein, Widhalm K. Inverse relationship between diastolic blood pressure and urinary excretion of potassium in girls aged 8 to 9 years - a preliminary communication. *Wien Klin Wochenschr* 1991;103(17):519-523
-