

## 성장기 청소년의 혈압변화와 결정요인

서 일<sup>1</sup> · 남정모<sup>1</sup> · 지선하<sup>2</sup> · 김석일<sup>1</sup> · 김영옥<sup>3</sup> · 김성순<sup>4</sup> · 심원흠<sup>4</sup> · 김춘배<sup>1</sup>  
이강희<sup>1</sup> · 하종원<sup>4</sup> · 강형곤<sup>1</sup> · 오경원<sup>2</sup>

연세대학교 의과대학 예방의학교실<sup>1</sup>, 연세대학교 보건대학원<sup>2</sup>

동덕여자대학교 식품영양학과<sup>3</sup>, 연세대학교 의과대학 내과학교실<sup>4</sup>

= Abstract =

### Changes in blood pressure and determinants of blood pressure level and change in Korean adolescents

Il Suh<sup>1</sup>, Chung Mo Nam<sup>1</sup>, Sun Ha Jee<sup>2</sup>, Suk Il Kim<sup>1</sup>, Young Ok Kim<sup>3</sup>,  
Sung Soon Kim<sup>4</sup>, Won Heum Shim<sup>4</sup>, Chun Bae Kim<sup>1</sup>,  
Kang Hee Lee<sup>1</sup>, Jong Won Ha<sup>4</sup>, Hyung Gon Kang<sup>1</sup>, Kyung Won Oh<sup>2</sup>

*Dept. of Preventive Medicine and Public Health, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea<sup>1</sup>*

*Graduate School of Health Science and Management, Yonsei University, Seoul, Korea<sup>2</sup>*

*Dept. of Food & Nutrition, Dongduk Women's University, Seoul, Korea<sup>3</sup>*

*Dept. of Internal Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea<sup>4</sup>*

Many studies have led to the notion that essential hypertension in adults is the result of a process that starts early in life: investigation of blood pressure(BP) in children and adolescents can therefore contribute to knowledge of the etiology of the condition. A unique longitudinal study on BP in Korea, known as Kangwha Children's Blood Pressure(KCBP) Study was initiated in 1986 to investigate changes in BP in children. This study is a part of the KCBP study. The purposes of this study are to show changes in BP and to determine factors affecting to BP level and change in Korean adolescents during age period 12 to 16 years. A total of 710 students(335 males, 375 females) who were in the first grade at junior high school(12 years old) in 1992 in Kangwha County, Korea have been followed to measure BP and related factors(anthropometric, serologic and dietary factors) annually up to 1996. A total of 562 students(242

males, 320 females) completed all five annual examinations. The main results are as follows:

1. For males, mean systolic and diastolic BP at age 12 and 16 years old were 108.7 mmHg and 118.1 mmHg(systolic), and 69.5 mmHg and 73.4 mmHg(diastolic), respectively. BP level was the highest when students were at 15 years old. For females, mean systolic and diastolic BP at age 12 and 16 years were 114.4 mmHg and 113.5 mmHg(systolic) and 75.2 mmHg and 72.1 mmHg(diastolic), respectively. BP level reached the highest point when they were 13-14 years old.

2. Anthropometric variables(height, weight and body mass index, etc) increased constantly during the study period for males. However, the rate of increase was decreased for females after age 15 years. Serum total cholesterol decreased and triglyceride increased according to age for males, but they did not show any significant trend for females. Total fat intake increased at age 16 years compared with that at age 14 years. Compositions of carbohydrate, protein and fat among total energy intake were 66.2:12.0:19.4, 64.1:12.1:21.8 at age 14 and 16 years, respectively.

3. Most of anthropometric measures, especially, height, body mass index(BMI) and triceps skinfold thickness showed a significant correlation with BP level in both sexes. When BMI was adjusted, serum total cholesterol showed a significant negative correlation with systolic BP at age 12 years in males, but at age 14 years the direction of correlation changed to positive. In females serum total cholesterol was negatively correlated with diastolic BP at age 15 and 16 years. Triglyceride and creatinine showed positive correlation with systolic and diastolic BP in males, but they did not show any correlation in females. There was no consistent findings between nutrient intake and BP level. However, protein intake correlated positively with diastolic BP level in males.

4. Blood pressure change was positively associated with changes in BMI and serum total cholesterol in both sexes. Change in creatinine was associated with BP change positively in males and negatively in females. Students whose sodium intake was high showed higher systolic and diastolic BP in males, and students whose total fat intake was high maintained lower level of BP in females. The major determinants on BP change was BMI in both sexes.

## I. 서 론

고혈압은 심혈관질환의 중요한 위험요인이므로 고혈압에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 고혈압의 원인에 대한 그 동안의 연구에 의하면 고혈압은 소아기부터 시작하며 아동에서의 혈압이 성인에서 혈압을 결정하는 중요한 요인이라고 보고하고 있다 (Voors 등, 1976). 따라서 고혈압의 예방을 위하여 혈압의 자연사부터 규명될 필요가 있으며 이러한 필요성에 따라 아동과 청소년의 혈압에 대한 연구가 이루어지고

있다. 아동 혈압에 대한 연구는 1960년대에 시작되어 초기에는 주로 아동의 혈압 분포와 혈압의 수준을 결정하는 요인에 대한 단면적 연구가 많았으나 1970년대 후반에 들어서면서 장기 추적조사를 통한 혈압의 변화와 이러한 변화를 결정하는 요인의 규명에 대한 연구로 발전되었다 (Zinner 등, 1978; Clarke 등, 1978; Levine 등, 1978; McCue 등, 1979; Higgins 등, 1980; Kannel 등, 1980; Gillum 등, 1982; Webber 등, 1983; Shear 등, 1986; Webber 등, 1986; Burke 등, 1987; Kotchen 등, 1989; Lauer 등, 1989). 나이가 혈압

의 변화에 영향을 주는 인자 또는 장래의 혈압에 대한 예측인자를 분석하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이러한 인자들로는 인종(Berenson, 1996), 성적 성숙정도(Daniels 등, 1996), 신체적 성장(Akahoshi 등, 1996), A형 성격(Lee 등, 1996), 부모의 혈압, 초기 체중, 혈중 요산(Hofman 과 Valkenburg, 1983; Selby 등, 1990), 그리고 비만(Gillum 등, 1982) 등이 있다.

우리나라의 주요 사망원인이 전염성 질병으로부터 비전염성 질병으로 바뀐 1970년대 이후 뇌혈관질환이 사망원인 중 가장 많으며 뇌혈관질환의 가장 중요한 위험요인이 고혈압이라는 것은 잘 알려져 있다. 더욱 1990년 현재 성인의 고혈압 유병률이 19.8%로 보고되어 있어 고혈압 예방을 위한 연구의 필요성이 높다(Kim 등, 1994). 우리나라에서 고혈압의 일차 예방을 위하여 아동이나 청소년을 대상으로 이루어진 연구는 대부분 단면적 연구이었다(박종구 등, 1989; 최진수 등, 1990; 송윤미 등, 1991; 하성훈 1993). 따라서 우리나라 아동의 혈압의 자연적 성장을 보여줄 수 있는 자료가 없는 실정이었다. 이에 서 일 등(1989)은 국내에서 처음으로 혈압에 대한 장기 추적조사 연구인 “강화 아동혈압 연구”를 계획하여 진행하고 있다. 이 연구의 조사대상은 1986년 당시 강화도 강화읍내 4개 초등학교 1학년에 재학중인 아동들이었으며 이들을 1991년까지 6년 동안 매년 혈압 및 관련 요인을 추적 조사하였다(서 일 등, 1989; 이순영 등, 1991; 서 일 등, 1993). 이 연구 결과 초등학교 6년간의 혈압의 자연적 변화 양상을 밝혔으며 이러한 변화의 결정요인도 제시되었다.

그러나 청소년 시기에서는 성장과 더불어 성적 성숙이 이루어지는 시기이므로 이 시기에서의 혈압의 변화 양상과 결정요인을 밝힐 필요성이 있다. 이에 “강화 아동혈압 연구”는 과거 6년간 추적 관찰하던 조사대상을 넓혀 1992년에 중학교 1학년인 학생들은 1996년까지 5년간 매년 혈압과 관련된 신체적 특성, 혈청학적 요인 및 식이섭취 등을 광범위하게 조사하여 혈압의 수준 및 변화 양상을 밝히고 혈압의 수준과 변화를 결정하는 요인을 규명하고자 하였다. 이 연구

의 구체적인 연구목적은 다음과 같다. 첫째, 성장기 청소년의 12세부터 16세까지 5년간의 혈압의 변화와 이와 관련된 요인들의 분포를 제시하고, 둘째, 5년간 혈압의 수준 및 변화와 관련된 요인을 규명하고자 하였다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

이 연구는 1992년 당시 행정구역인 경기도 강화군 강화읍에 소재하고 있는 강화중학교와 강화여자중학교 1학년(12세)에 재학중인 710명(남자 335명, 여자 375명)을 연구대상으로 하였다. 이 중 1996년 고등학교 2학년(16세)까지 5년간 계속적으로 혈압 및 신체계측치가 추적 조사된 562명(남자 242명, 여자 330명)을 이 연구의 최종 분석대상으로 하였으며 연도별 조사 대상자 수는 Table 1과 같다. 기준년도(1992)에 비해 1995년과 1996년에 조사대상자가 많은 이유는 고등학교로 진학하면서 기준년도에 포함되지 않았던 학생들이 조사되었기 때문이다.

5년간 계속적으로 추적조사된 연구대상 집단과 1992년 기준년도에는 조사되었으나 중도탈락한 집단간의 기준년도의 혈압 및 신체계측치의 평균을 비교한 결과 두 집단간의 유의한 차이는 없었다(Table 2).

### 2. 조사내용과 방법

#### 1) 혈압 및 신체계측

1992년부터 1996년까지 매년 동일한 시기에 조사대상이 재학하고 있는 학교를 방문하여 수축기 및 이완기혈압, 신장, 체중, 피부두께(triceps skinfold thickness), 허리둘레, 엉덩이둘레 및 팔둘레(waist, hip, and upper arm circumference) 등을 각각 측정하였다. 수축기혈압은 Korotkoff phase I, 이완기혈압은 Korotkoff phase IV와 V를 측정하였다. 이완기혈압에 대한 분석에서는 Korotkoff phase IV를 사용하였다. 자

Table 1. Numbers of participants by year

unit : person

Sex	Year(age)					Follow-up (5-year)
	1992(12)	1993(13)	1994(14)	1995(15)	1996(16)	
Male	335	329	324	343	339	242
Female	375	372	373	442	430	320
Total	710	711	697	785	769	562

Table 2. Mean and standard deviation(SD) of study variables between complete follow-up and withdrawn cases

Variables		Male			Female		
		Follow-up(n=242)	Withdrawn(n=93)	t	Follow-up(n=320)	Withdrawn(n=55)	t
		Mean(SD)	Mean(SD)		Mean(SD)	Mean(SD)	
Systolic BP	mmHg	108.7( 9.7)	107.6( 9.3)	0.96	114.4(10.4)	112.0( 9.4)	1.54
Diastolic BP	mmHg	69.5( 7.6)	69.1( 7.6)	0.51	75.2( 8.8)	73.9( 8.6)	0.99
Arm circumference	mm	23.1( 3.0)	23.2( 2.6)	-0.23	23.3( 2.9)	23.1( 2.6)	0.40
Height	cm	152.8( 8.4)	154.0( 7.2)	-1.20	153.0( 6.0)	153.6( 6.1)	-0.06
Weight	kg	43.6( 9.8)	44.0( 8.3)	-0.36	44.6( 8.7)	44.4( 8.1)	0.15
BMI	kg/m <sup>2</sup>	18.5( 3.0)	18.4( 2.6)	0.12	19.0( 3.0)	18.9( 2.8)	0.21
Skinfold thickness	mm	11.4( 5.9)	10.9( 5.4)	0.68	16.5( 6.8)	14.7( 5.6)	1.85
Waist circumference	cm	64.2( 8.7)	63.6( 7.7)	0.58	65.9( 6.9)	65.8( 6.0)	0.15
Hip circumference	cm	77.3( 7.0)	77.4( 5.8)	-0.18	84.0( 6.3)	84.1( 5.9)	-0.08
WHR		0.83(0.06)	0.82(0.06)	1.10	0.78(0.04)	0.78(0.04)	0.32

BP : blood pressure ; BMI : body mass index; WHR : waist hip ratio

세한 조사방법은 서일 등(1989)과 김규상 등(1993)에 기술되어 있다.

### 2) 혈액검사

혈액검사는 1992년, 1994년, 그리고 1996년에 혈압 측정시기와 동일한 시기에 각각 조사하였으며 조사된 수는 1992년 706명(남자 331명, 여자 375명), 1994년 693명(남자 322명, 여자 371명), 그리고 1996년 748명(남자 334명, 여자 414명)이었다. 조사항목은 일반혈액검사로서 요산(Uric acid), 크레아티닌(Creatinine) 등을 조사하였고, 혈청지질검사로서 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지방 등을 조사하였다. 자세한 조사방법은 이강희 등(1997)에 기술되어 있다. 한편 혈액자료와 관련한 자료분석에서는 혈액검사가 완료

된 사람 중 3번의 혈액검사에서 모두 공복한 304명(남자 156명, 여자 148명)을 대상으로 하였다.

### 3) 식이섭취조사

식이섭취는 1994년과 1996년 동일한 시기인 10월에 각각 조사되었으며 조사된 수는 1994년 661명(남자 302명, 여자 359명)과 1996년 741명(남자 321명, 여자 420명)이었다. 조사방법은 식품섭취 빈도법으로 실시하였다. 식품섭취빈도 조사표의 경우 1994년은 식품소비형태연구(한국식품공업협회, 1991)에서 제시한 100대 상용식품과 중·고등학생이 선호하는 간식을 포함하여 207가지 식품과 1회 섭취분량, 10단계의 기간별 섭취빈도로 구성되었다. 96년은 94년의 조사표의 비슷한 식품을 한 군으로 묶어 146가지 식품과 3단

계의 1회 섭취분량, 9단계(10단계에서 1-2회/3개월을 삭제)의 기간별 섭취 빈도로 구성되었다.

섭취량의 측정오차를 최소화하기 위해 94년도에는 5가지의 기본 단위(공기, 대접, 컵, 큰술, 작은술)를, 96년에는 7가지의 기본 단위(공기, 대접, 컵, 큰술, 작은술, 생선 1토막 모형, 국수 1인분 모형)를 제시하여 눈대중량을 표준화하도록 하였다. 94년도에는 식품영양학과 4학년에 재학중인 50명의 학생을 면접원으로 선발하여 사전에 식이섭취 조사에 관한 교육을 실시한 후 면접원들이 조사대상자를 개인 면접하여 기입하도록 하였고, 96년에는 섭취조사에 관한 설명을 일률적으로 한 후 조사대상자가 직접 기입하게 하였으며 이 때 3명의 면접원이 기입하는 과정을 보조하였다.

영양소 분석을 위한 자료구축은 에너지, 단백질, 지질, 당질, 무기질, 비타민은 한국인 영양권장량(한국영양학회, 1995)을 근거로 하였고, 개개 지방산과 콜레스테롤 함량은 한국 상용식품의 지방산 조성표(이양자 등, 1995)와 한국식품성분표(보건복지부 식품의약안전본부, 1996)의 자료를 이용하였다.

개인의 1일 영양소 섭취량은 1일 섭취횟수에 1회 섭취분량을 곱하여 산출하였다. 설문은 단일식품과 음식으로 구성되었는데, 단일식품이란 식품성분표의 식품 하나 하나에 대응되는 것을 말하며 식품성분표로부터 바로 영양소 섭취량을 계산하였다. 우리나라는 다른 나라보다 여러 가지 식품이 혼합된 음식을 많이 섭취하므로 이를 구성하고 있는 레시피에 관한 자료(대한당뇨병학회 · 대한영양학회 · 한국영양학회, 1995; 황춘경, 1995)를 수집하여 음식 데이터베이스를 작성하고 각 음식을 구성하고 있는 단일식품과 그 양이 각각 식품성분표의 식품 하나하나에 대응되도록 하여 계산하였다. 한편 계산된 에너지 섭취가 1994년과 1996년 조사에서 모두 600kcal 미만이거나 6,000kcal 이상인 대상과 그리고 무성의하게 설문지를 작성한 대상은 분석에서 제외하였다. 식이섭취와 관련하여 분석된 수는 507명(남자 208명, 여자 299)이었다.

### 3. 통계분석

연령의 증가에 따른 혈압 및 관련요인의 분포는 평균과 표준편차를 기술하였으며 또한 각 연령에서 혈압의 사분위수 변화를 기술하였다. 혈압과 관련요인의 각 연령시점에서의 관련성은 신체비만지수(body mass index)의 영향을 교정한 부분 상관계수를 통해 살펴보고, 5년간 혈압 및 관련요인 변화에 대한 분석은 혼합모형(mixed model)을 사용하였다. 단, 혼합모형을 구축할 때 혈액검사자료는 연구대상자가 12세, 14세, 그리고 16세 때에만 조사되었기 때문에 13세 때의 혈액검사자료를 12세와 14세, 15세 때의 혈액검사자료를 14세와 16세 때의 평균값으로 추정하여 사용하였다. 그러나 식이섭취조사는 14세와 16세 때에만 측정되었기 때문에 이들 평균값을 이용하여 특정영양소 섭취가 그 분포의 75백분위수 이상이면 '상', 25-75 백분위수에 해당하면 '중', 그리고 25백분위수 이하면 '하'인 집단으로 분류하여 분석모형에 포함하였다. 사용한 혼합모형은 다음과 같다.

$$y_i = x_i \beta + \varepsilon_i$$

여기서,  $t$ 는 측정년도에서의 연령,  $y_i$ 는  $t$ 시점에서의 혈압수준,  $x_i$ 는  $t$ 시점에서의 관련요인,  $\beta$ 는 회귀계수 벡터이며, 그리고  $\varepsilon_i$ 는  $t$ 시점에서의 확률오차항으로 공분산행렬이 복합대칭성(compound symmetry)과 일반적인 형태가 없는(unstructured) 행렬을 각각 가정하였다. 모형을 구축하는 과정에서 독립변수간의 다중공선성이 발생하여 단일변량 분석결과를 토대로 독립변수를 일부 선택하여 모형을 구축하였고, 구축된 모형의 회귀계수 추정은 최대우도법(maximum likelihood)을 사용하였으며 최종적인 모형의 선택 기준은 로그우도(log likelihood)를 이용하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 연령별 측정변수의 분포

#### 1) 혈압 및 신체계측치의 분포

**Table 3.** Mean and standard deviations(SD) of blood pressure and anthropometric variables according to age in males(n=242)

Variables	Unit	12yrs	13yrs	14yrs	15yrs	16yrs
		Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)
Systolic BP	mmHg	108.7( 9.7)	112.0(11.2)	115.9(11.4)	121.1(11.8)	118.1(11.2)
Diastolic BP(IV)	mmHg	69.5( 7.6)	67.0( 7.9)	72.0( 8.0)	76.0( 8.6)	73.4( 7.8)
Weight	kg	43.6(10.0)	49.4(10.9)	54.6(10.6)	58.3(10.1)	61.2( 9.9)
Height	cm	152.8( 8.4)	159.8( 8.4)	166.1( 7.4)	169.7( 6.5)	171.4( 6.2)
BMI	kg/m <sup>2</sup>	18.5( 3.0)	19.2( 3.0)	19.7( 3.0)	20.2( 2.9)	20.8( 2.8)
Skinfold thickness	mm	11.4( 5.9)	11.1( 5.7)	10.3( 5.0)	12.3( 5.0)	13.2( 5.9)
Arm circumference	cm	23.1( 3.0)	24.7( 3.3)	24.8( 3.2)	26.1( 3.0)	26.4( 3.0)
Waist circumference	cm	64.2( 8.7)	66.6( 8.4)	72.1( 7.5)	72.2( 7.0)	77.3( 7.0)
Hip circumference	cm	77.3( 7.0)	82.6( 7.0)	88.0( 6.7)	89.9( 6.0)	91.5( 6.4)
WHR		0.83(0.06)	0.80(0.05)	0.82(0.04)	0.80(0.04)	0.78(0.05)

BP : blood pressure ; BMI : body mass index; WHR : waist hip ratio

**Table 4.** Mean and standard deviations(SD) of blood pressure and anthropometric variables according to age in female(n=320)

Variables	Unit	12yrs	13yrs	14yrs	15yrs	16yrs
		Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)
Systolic BP	mmHg	114.4(10.4)	117.7(11.5)	117.6(10.9)	115.3(11.7)	113.5(10.8)
Diastolic BP(IV)	mmHg	75.2( 8.8)	76.4( 7.8)	75.6( 7.8)	74.1( 8.3)	72.1( 7.7)
Weight	kg	44.6( 8.7)	48.9( 8.6)	50.8( 8.4)	52.8( 8.3)	53.2( 8.0)
Height	cm	153.0( 6.0)	155.8( 5.4)	158.1( 5.2)	158.8( 5.1)	159.0( 5.1)
BMI	kg/m <sup>2</sup>	19.0( 3.0)	20.1( 3.0)	20.3( 2.9)	20.9( 2.9)	21.0( 2.9)
Skinfold thickness	mm	16.5( 6.8)	16.4( 5.4)	18.5( 6.0)	21.5( 5.9)	21.7( 5.2)
Arm circumference	cm	23.3( 2.9)	24.6( 2.9)	24.7( 2.7)	25.3( 2.6)	25.5( 2.5)
Waist circumference	cm	65.9( 6.9)	67.1( 6.6)	68.2( 5.8)	67.2( 7.2)	66.2( 6.1)
Hip circumference	cm	84.0( 6.3)	87.2( 5.9)	90.2( 6.3)	91.1( 5.5)	91.9( 5.6)
WHR		0.78(0.04)	0.77(0.04)	0.74(0.05)	0.74(0.05)	0.72(0.04)

BP : blood pressure ; BMI : body mass index; WHR : waist hip ratio

연령별 측정변수의 평균과 표준편차는 Table 3, 4와 같다. 남자의 평균 수축기 및 이완기혈압은 15세까지 지속적으로 증가하다가 그 이후 약간 감소하는 경향을 보였다. 그러나 여자의 평균 수축기 및 이완기혈압은 13-14세 때에 가장 높았으며 그 이후 감소하는 경향을 보였다. 이러한 변화경향은 각 연령 시점에서의 성별에 따른 수축기 및 이완기혈압의 90, 75, 25, 그리고 10백분위수에서도 비슷하였다(Figure 1).

연령의 변화에 따른 평균 신장은 남녀 모두 14세가

지 급격히 성장하였으며 남자는 그 이후에 성장폭은 작았으나 계속적으로 증가하였고 여자는 거의 증가하지 않았다. 한편 평균 체중의 변화를 볼 때 남자는 15세까지 급격히 증가하다가 그 이후에 약간 둔화되는 경향을 보였고, 여자는 15세 이후에는 거의 증가하지 않았다. 평균 신체비만지수의 경우 남자는 계속적으로 증가하였으나 여자는 12-13세에 급격히 증가하였고 그 이후는 비슷한 수준을 보였다. 남자의 피부두께 평균변화는 12세부터 14세까지 약간 감소하는 경향을

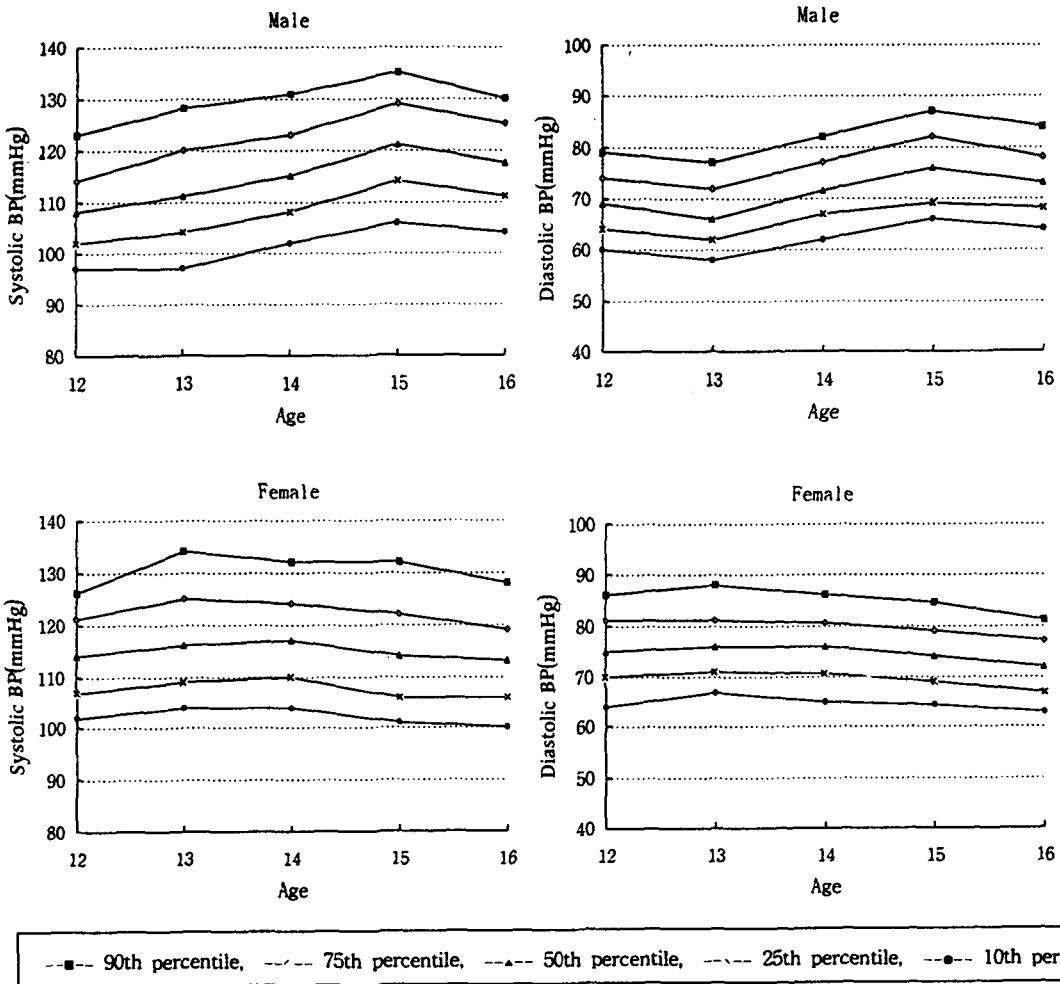


Fig 1. Age-specific percentiles of blood pressure measurements in males and females aged 12 to 16 years

보이다가 14세 이후에 다시 증가하는 경향을 보였고 여자는 15세까지 계속적으로 증가하다가 그 이후에는 거의 증가하지 않았다. 한편 남자의 팔둘레 변화는 14-15세, 허리둘레는 13-14세 사이에 가장 높았고 그 이후에는 거의 증가하지 않았다. 그러나 엉덩이둘레는 14세까지 급격히 증가하였으며 그 이후에도 증가 폭은 작았으나 계속적으로 증가추세에 있었다. 여자

의 팔둘레 변화는 12-13세 사이에 두드러진 증가를 보였고, 엉덩이둘레는 14세까지 계속적인 증가를 보였으나 그 이후에는 거의 증가하지 않았다. 남녀 모두 엉덩이 둘레와 허리둘레의 비는 조금 감소하는 경향을 보였다.

## 2) 혈액검사 자료의 분포

**Table 5.** The distribution of biochemical variables in each age

unit : mg/dl

Variables	Male(N=156)			Female(N=148)		
	12yrs	14yrs	16yrs	12yrs	14yrs	16yrs
	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)
Total cholesterol	160.5(25.4)	153.4(28.7)	149.5(28.1)	168.2(29.9)	170.4(27.6)	162.8(27.5)
Triglyceride	96.1(41.5)	104.4(43.7)	109.6(51.9)	110.2(37.3)	110.4(42.9)	105.2(47.3)
HDL-cholesterol	47.6( 9.2)	43.6( 8.8)	44.1(10.0)	48.7( 9.9)	47.0( 9.6)	47.7(11.1)
Uric acid	5.09( 1.17)	6.10( 1.29)	5.71( 1.12)	4.48( 0.88)	4.44( 0.85)	3.84( 0.73)
Creatinine	0.66( 0.09)	0.78( 0.11)	0.86( 0.10)	0.66( 0.07)	0.74( 0.11)	0.65( 0.08)

**Table 6.** Mean and standard deviations(SD) of nutrient intakes according to age and sex

Nutrient	Unit	Male(n=208)		Female(n=299)	
		14yrs	16yrs	14yrs	16yrs
		Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)
Energy	kcal	2086.8( 771.5)	2830.7(1004.8)	1932.7( 629.8)	2484.7( 840.3)
Carbohydrates	g	338.0( 103.8)	442.5( 139.4)	314.3( 83.6)	396.6( 120.8)
Protein	g	63.5( 29.8)	89.2( 40.6)	59.9( 28.0)	75.1( 31.4)
Total fat	g	47.8( 27.4)	71.5( 35.2)	43.4( 22.0)	61.6( 29.5)
Calcium	mg	466.3( 287.7)	623.5( 368.7)	470.6( 254.1)	606.6( 284.5)
Phosphorous	mg	966.9( 465.5)	1277.3( 555.7)	926.7( 403.6)	1137.7( 440.3)
Iron	mg	9.66( 6.39)	13.34( 7.32)	9.12( 5.48)	11.96( 6.04)
Sodium	g	4.44( 2.77)	6.87( 4.88)	4.76( 2.99)	5.77( 3.49)
Potassium	g	1.89( 1.07)	2.79( 1.55)	1.94( 1.05)	2.82( 1.33)
Vitamin A	R.E.	387.2( 330.7)	489.4( 374.9)	396.9( 284.2)	475.5( 339.9)
Retinol	ug	82.5( 114.4)	105.5( 171.6)	78.9( 79.1)	116.5( 229.5)
$\beta$ -carotene	ug	55.7( 52.9)	50.9( 57.0)	62.9( 62.7)	48.8( 30.9)
Vitamin B <sub>1</sub>	mg	1.21( 0.50)	1.61( 0.64)	1.14( 0.43)	1.57( 0.67)
Vitamin B <sub>2</sub>	mg	0.99( 0.58)	1.40( 0.74)	0.96( 0.62)	1.38( 0.65)
Niacin	mg	11.2( 6.4)	18.6( 10.4)	10.9( 6.2)	16.4( 8.6)
Vitamin C	mg	61.9( 48.7)	117.0( 95.1)	69.7( 48.6)	147.2( 103.6)
Carbohydrates(% of energy)		66.2( 5.5)	63.6( 5.9)	66.1( 5.0)	64.6( 5.3)
Protein(% of energy)		11.9( 1.7)	12.3( 2.0)	12.1( 1.9)	11.9( 1.7)
Total fat(% of energy)		19.4( 4.5)	21.9( 4.7)	19.4( 4.0)	21.7( 4.3)

남자의 평균 콜레스테롤은 연령의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였고 중성지방과 크레아티닌은 증가하는 경향을 보였다. HDL-콜레스테롤은 감소하다가 약간 증가하는 경향을 보였으며 요산은 증가하다가 감소하는 경향을 보였다. 한편 여자의 이들 평균값들은 특별한 선형적인 경향을 보이지 않았으나 콜레스테롤, 중성지방, 그리고 요산은 16세 때에 가장 낮은 수치를 보였으며 크레아티닌은 14세 때 가장 높은 평균을 보였다(Table 5).

3) 영양소 섭취의 분포

에너지의 섭취량은 남자의 경우 14세 때 2087kcal, 16세 때 2831kcal였고, 여자의 경우는 각각 1933kcal, 2485kcal였다. 에너지에 대한 당질, 단백질, 지질의 섭취비율은 남자의 경우 14세 때 66:12:19, 16세 때 64:12:22 이었으며, 여자의 경우는 각각 66:12:19, 65:12:22 이었다. 무기질과 비타민의 섭취에서  $\beta$ -카로틴을 제외한 무기질과 비타민의 섭취가 14세 때에 비해 16세 때에 증가하였다(Table 6).



**Table 7.** Spearman correlation coefficients between blood pressure and anthropometric variables according to age in males(n=242)

Variable	Systolic BP					Diastolic BP				
	12yrs	13yrs	14yrs	15yrs	16yrs	12yrs	13yrs	14yrs	15yrs	16yrs
Weight	0.47	0.45	0.43	0.39	0.32	0.14	0.25	0.29	0.33	0.24
Height	0.40	0.32	0.35	0.28	0.11*	0.11*	0.25	0.23	0.20	0.17
BMI	0.38	0.40	0.34	0.34	0.34	0.13	0.18	0.25	0.31	0.20
Skinfold thickness	0.29	0.25	0.35	0.23	0.30	0.16	0.13	0.24	0.25	0.18
Arm circumference	0.42	0.41	0.41	0.39	0.33	0.12*	0.19	0.32	0.33	0.29
Waist circumference	0.39	0.41	0.43	0.36	0.33	0.12*	0.18	0.27	0.32	0.18
Hip circumference	0.43	0.44	0.45	0.41	0.27	0.11*	0.23	0.31	0.32	0.24
WHR	0.16	0.21	0.16	0.17	0.24	0.08*	0.04*	0.06*	0.19	0.04*

BP: blood pressure ; BMI: body mass index ; WHR : waist hip ratio  
 All correlation coefficients are statistically significant (p<0.05) except in the case of \*

**Table 8.** Spearman correlation coefficients between blood pressure and anthropometric variables according to age in females(n=320)

Variable	Systolic BP					Diastolic BP				
	12yrs	13yrs	14yrs	15yrs	16yrs	12yrs	13yrs	14yrs	15yrs	16yrs
Weight	0.32	0.21	0.18	0.26	0.23	0.34	0.28	0.23	0.24	0.21
Height	0.19	0.06*	0.01*	-0.04*	-0.01*	0.19	0.06*	-0.02*	-0.02*	0.07*
BMI	0.31	0.22	0.20	0.30	0.25	0.32	0.30	0.27	0.27	0.25
Skinfold thickness	0.26	0.15	0.18	0.25	0.23	0.33	0.27	0.24	0.20	0.20
Arm circumference	0.29	0.23	0.20	0.30	0.23	0.30	0.27	0.27	0.26	0.23
Waist circumference	0.27	0.19	0.08*	0.21	0.24	0.28	0.24	0.14	0.21	0.24
Hip circumference	0.33	0.23	0.19	0.21	0.21	0.38	0.30	0.21	0.20	0.21
WHR	0.05*	0.07*	-0.11	0.13	0.14	-0.01*	0.06*	-0.06*	0.14	0.16

BP: blood pressure ; BMI: body mass index ; WHR : waist hip ratio  
 All correlation coefficients are statistically significant (p<0.05) except in the case of \*

## 2. 혈압수준의 관련요인

### 1) 혈압수준과 신체계측치의 관련성

성별-연령별 혈압수준과 신체계측치의 상관관계는 Table 7, 8과 같다. 여자에서 신장과 요둔비를 제외한 대부분의 신체계측치는 모든 연령에서 혈압과 양의 관련성을 보였으며 특히 남자는 체중, 여자는 신체비만지수가 혈압과 가장 높은 상관관계를 보였다. 이러한 신체계측치들은 남자의 경우 이완기혈압보다는 수축기혈압과 관련성이 높았고 여자에서는 상대적으로 이완기혈압과의 관련성이 높았다.

### 2) 혈압수준과 혈액 검사자료의 관련성

성별-연령별 혈청지질(총 콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤), 요산, 크레아티닌과 수축기 및 이완기 혈압의 스피어맨 상관계수는 Table 9와 같다. 다음의 상관계수는 신체비만지수의 영향을 교정한 부분 상관계수이다.

남자의 총 콜레스테롤은 12세 때에 수축기혈압과의 상관관계가 있다가 연령이 증가할수록 양의 관계로 바뀌었으며 이완기혈압과는 관련성이 없었다. 그러나 여자는 14세, 16세 때의 이완기혈압과 통계학적으로 유의한 양의 관련성을 보였다. 중성지방은 여자

**Table 9.** Spearman correlation coefficients between blood pressure and biochemical variables, adjusted for body mass index according to age and sex

Sex	Variables	Systolic BP			Diastolic BP		
		12yrs	14yrs	16yrs	12yrs	14yrs	16yrs
Male (n=156)	Total cholesterol	-0.16**	0.04	0.14*	0.01	0.08	0.12
	Triglyceride	0.05	0.20**	0.04	0.11	0.18**	-0.01
	HDL-cholesterol	-0.15*	-0.09	0.10	-0.06	-0.15*	-0.03
	Uric acid	0.04	0.12	0.06	0.11	0.13*	0.18**
	Creatinine	0.09	0.20**	0.09	0.07	0.24***	0.15*
Female (n=148)	Total cholesterol	0.13	0.09	0.10	0.12	0.17**	0.19**
	Triglyceride	-0.13	0.02	0.05	0.00	0.02	0.04
	HDL-cholesterol	0.20**	0.03	0.06	0.03	0.15*	0.10
	Uric acid	0.12	-0.01	0.02	0.05	-0.06	0.09
	Creatinine	0.12	-0.16*	-0.05	0.15*	0.01	-0.03

BP : blood pressure \* : p<0.1, \*\* : p<0.05, \*\*\* : p<0.01

에서는 혈압과 관련성이 없었으나 남자에서는 14세 때의 수축기 및 이완기혈압과 모두 양의 관련성을 보였다. HDL-콜레스테롤은 남자의 경우 12세 때 수축기 혈압, 13세 때 이완기혈압과 약한 음의 관련성을 보였으나 여자는 12세 때 수축기혈압과 양의 관련성을 보였으며 연령이 증가할수록 이들간의 관련성은 없어졌다.

요산과 크레아티닌은 여학생의 경우 혈압과 뚜렷한 관련성이 없었으나 남자의 경우 14, 16세 때의 이완기혈압과 양의 관련성을 보였고 또한 크레아티닌은 14세 때의 수축기혈압과 양의 관련성을 보였다.

### 3) 혈압수준과 영양소 섭취의 관련성

각 연령에서 영양소의 섭취와 혈압과의 상관관계는 신체비만지수와 에너지 섭취를 동시에 통제된 방법으로 살펴보았다. 남자의 경우에는 이완기혈압과 단백질 섭취가 양의 관련성이 있었고 여자의 경우에는 14세 때 수축기혈압과 비타민 A의 섭취가 음의 관련성이 있었다. 그 이외에는 약간의 차이는 있지만 지질섭취가 남녀 모두 수축기혈압과 약한 음의 관련성을 보였고, 여자에서 지질섭취와 이완기혈압이 약한 음의 관련성이 있었다. 또한 16세 때 남자에서 소듐과 포타시움의 섭취가 이완기혈압과 약한 양의 관련성을

보였고, 비타민 A, C,  $\beta$ -카로틴 섭취도 양의 관련성이 있었다(Table 10).

### 3. 혈압 변화의 결정요인 분석

혼합모형을 이용하여 연령, 신체비만지수, 혈청지질, 요산, 그리고 크레아티닌의 변화가 혈압변화에 미치는 영향을 분석한 결과 남녀 모두 연령이 증가함에 따라 수축기혈압이 증가하는 경향을 보이다가 그 이후로는 다시 감소하는 이차함수적인 경향을 보였다. 이러한 경향은 여자의 이완기혈압에서도 동일하였다.

개인내에서 신체비만지수가 증가하면 수축기 및 이완기혈압은 남녀 모두 증가하는 경향을 보였다. 총 콜레스테롤이 증가하면 남자의 경우 수축기혈압은 증가하지 않았으나 이완기혈압은 증가하였고 여자의 경우는 수축기 및 이완기혈압이 모두 증가하는 경향을 보였다. 남자에서 크레아티닌이 증가하면 이완기혈압이 증가하였으나 여자의 경우에는 수축기혈압이 감소하는 상반된 관련성을 보였다. 한편 중성지방, HDL-콜레스테롤, 그리고 요산은 남녀 모두 혈압변화와 통계학적으로 유의한 관련성이 없었다(Table 11).

영양소 섭취요인을 보면 남자의 경우는 에너지 섭취가 '중'인 집단에 비해 상대적으로 많이 섭취하는

**Table 10.** Spearman correlation coefficients between blood pressure and nutrient intakes, adjusted for body mass index and energy intake according to age and sex

Nutrients	Male(n=208)				Female(n=299)			
	Systolic BP		Diastolic BP		Systolic BP		Diastolic BP	
	14yrs	16yrs	14yrs	16yrs	14yrs	16yrs	14yrs	16yrs
Energy‡	-0.04	-0.10	-0.00	0.10	-0.09	0.03	-0.04	0.05
Protein(% of energy)	-0.00	0.07	0.14**	0.11	-0.03	-0.03	-0.02	-0.03
Carbohydrates(% of energy)	-0.04	-0.10	0.06	-0.01	-0.11*	-0.05	-0.10*	-0.07
Total fat(% of energy)	0.03	0.06	-0.13*	-0.02	0.09	0.04	0.08	0.06
Calcium	-0.07	-0.00	0.07	0.05	0.04	-0.02	0.03	-0.06
Sodium	-0.04	0.08	0.00	0.12*	0.01	-0.00	-0.01	0.03
Potassium	-0.07	0.11	0.07	0.15*	-0.01	0.01	0.01	0.03
Sodium/Potassium	-0.01	0.02	-0.01	0.09	-0.01	-0.01	-0.03	-0.01
Vitamin A	-0.04	-0.09	0.13*	0.12*	-0.13**	0.02	-0.08	0.03
Retinol	-0.02	0.00	0.05	0.07	-0.00	-0.06	0.06	-0.04
β-carotene	-0.13*	0.00	0.07	0.12*	0.03	0.09	0.02	0.05
Vitamin C	0.00	0.11	0.01	0.13*	-0.01	0.02	-0.01	0.04

BP : blood pressure

‡: adjusted for body mass index

\* : p<0.1 \*\* : p<0.05

**Table 11.** The estimated regression coefficients of age, body mass index, and biochemical variables on blood pressure change in mixed model‡

Independent variables	Unit	Male(n=156)		Female(n=148)	
		Systolic BP	Diastolic BP	Systolic BP	Diastolic BP
Age	year	24.063***	2.885	26.941***	11.737***
Age <sup>2</sup>	year <sup>2</sup>	-0.795***	-0.072	-0.986***	-0.456***
BMI	kg/m <sup>2</sup>	1.410***	0.473***	1.165***	0.859***
Total cholesterol	mg/dl	-0.033	0.031**	0.045**	0.032*
Triglyceride	mg/dl	0.019*	0.012	-0.014	-0.002
HDL-cholesterol	mg/dl	0.049	-0.034	0.053	0.040
Uric acid	mg/dl	-0.082	0.324	0.901	-0.007
Creatinine	mg/dl	3.297	8.406**	-12.147**	-0.296

BP : blood pressure

‡: unstructured covariance matrix was used.

\* : p<0.1 \*\* : p<0.05 \*\*\* : p<0.01

‘상’인 집단이 평균적으로 5년간 낮은 수준의 수축기 및 이완기혈압을 유지하였다. 에너지에 대한 지질 섭취비율은 남자의 경우 5년간 혈압변화와 관련이 없었으나 여자의 경우에는 ‘중’인 집단에 비해 상대적으로 많이 섭취하는 ‘상’인 집단의 수축기혈압이 통계

학적으로 유의하게 낮았고 이완기혈압도 낮은 경향을 보였다.

한편 소디움섭취는 남자의 경우에는 혈압과 관련이 있었으며 섭취수준이 ‘중’인 집단에 비해 상대적으로 많이 섭취하는 ‘상’인 집단에서 5년간 수축기 및 이완

**Table 12.** The estimated regression coefficients of age, body mass index and nutrient intakes on blood pressure change in mixed model †

Independent variables	Unit	Male(n=208)		Female(n=299)	
		Systolic BP	Diastolic BP	Systolic BP	Diastolic BP
Age	year	25.749***	2.174	21.262***	10.973***
Age <sup>2</sup>	year <sup>2</sup>	-0.842***	-0.038	-0.794***	-0.436***
BMI	kg/m <sup>2</sup>	1.244***	0.547***	1.170***	0.730***
Energy intake group <sup>†</sup> (1=low)	-	-1.326	-1.585	3.290**	1.040
Energy intake group (1=high)	-	-2.706*	-2.611**	0.555	1.616*
Lipid intake group (1=low)	-	0.729	0.092	0.500	-0.133
Lipid intake group (1=high)	-	0.535	0.850	-3.395**	-1.581*
Sodium intake group (1=low)	-	-0.308	1.164	-1.325	0.321
Sodium intake group (1=high)	-	2.892**	2.150**	-1.357	0.493
β-carotene intake group (1=low)	-	4.311***	0.725	-2.913	-1.327
β-carotene intake group (1=high)	-	1.097	2.777***	0.049	-0.858

BP : blood pressure ; BMI : body mass index

†: unstructured covariance matrix was used.

‡: reference category was middle intake group in each nutrient.

\* : p<0.1 \*\* : p<0.05 \*\*\* : p<0.01

β-카로틴 섭취 또한 남자의 혈압변화와 관련이 있었으며 섭취수준이 '중'인 집단에 비해 상대적으로 '하'인 집단의 수축기혈압이 높았으나 '상'인 집단의 이완기혈압 또한 높았다 (Table 12).

## IV. 고찰

### 1. 연구방법에 대한 고찰

이 연구는 12세부터 16세까지 5년간 계속적으로 추적된 562명을 최종분석대상으로 하였다. 중도탈락자로 인한 연구결과의 치우침을 알아보기 위해 연구시작 시점인 12세 때에 이 연구에 참여하였으나 중도에 탈락한 148명과 계속적으로 추적된 562명 두 집단간의 12세 때의 신체적 특성과 혈압수준을 비교한 결과 특별한 차이는 발견할 수 없었다.

혈압측정은 측정자의 측정방법에 따라 많은 차이가 있을 수 있고(Voors 등, 1976; Kotchen과 Kotchen, 1978) 또한 측정 당시의 주위환경에 따라서도 측정치가 달라질 수가 있다(Berenson 등, 1986). 따라서 이 연구는 측정자에 따른 오차를 최대한 줄이기 위해서

매년 의과대학 4학년에 재학중인 학생들을 교육하여 일정 오차가 허용된 학생에게만 혈압을 측정케 하였다. 또한 피측정자의 외부환경에 따른 오차를 최대한 줄이기 위해서 매년 측정시기, 방법 및 절차 등이 동일한 환경하에서 실시토록 노력하였다.

이 연구에서 분석모형으로 혼합모형을 사용하였다. 혈압변화와 혈액검사 항목의 모형을 구축할 때 13세와 15세 때의 혈액자료가 조사되지 않아 이들 값을 각각 12세, 14세 그리고 16세 때의 자료로 부터 추정하여 모형에 포함하였다. 따라서 이에 따른 추정치의 치우침이 존재할 수 있으나 위 모형을 사용한 것은 이 연구대상의 5년간 혈압변화가 선형적으로만 증가하지 않았기 때문에 혈압변화를 5년간의 단순차이로 계산하여 모형화하는 것보다는 추정치의 치우침이 적을 것으로 판단되었기 때문이다. 한편 식이섭취조사는 14세와 16세 때에만 조사되었고 또한 식이섭취가 가지는 측정오차로 인해 이들 평균값을 독립변수로 혼합모형에 포함하였기 때문에 개입 시점에 대한 문제점이 있을 수 있다. 즉, 개인내 영양소의 평균값이 연령의 변화에 따라 변화하지 않는 상수의 의미를 가지므로 이 분석모형은 특정영양소가 혈압의 변화에 미치

는 것이 아니라 5년간 평균적인 혈압수준에 대한 모형으로 생각할 수 있다.

## 2. 분석결과에 대한 고찰

많은 연구에서 혈압은 연령이 증가함에 따라 증가하며 특히 아동기에서 두드러진 증가를 한다고 보고하였다(Szklo 등, 1979; National Heart, Lung, and Blood Institute, 1977). 또한 WHO(1985)의 보고에 의하면 수축기혈압의 증가는 20세까지 매년 남자가 2.0mmHg, 여자가 1.0mmHg 정도 증가하는 것으로 보고하였다. 그러나 이 연구의 결과 우리나라 12세부터 16세까지 청소년기의 혈압은 연령의 증가에 따라 선형적으로만 증가하지 않았다.

남학생의 수축기 및 이완기혈압은 15세까지는 선형적으로 증가하다가 16세 때 약간 감소하였으며 여학생의 수축기 및 이완기혈압은 14세 때에 가장 높았으며 전체 연구기간 동안 평균혈압의 차이는 그리 크지 않았다. 그럼에도 불구하고 16세의 수축기혈압은 외국의 같은 연령 대상과 비교하였을 때 남녀 모두 비슷한 수준을 보였다(National Heart, Lung, and Blood Institute, 1987; Uhari 등, 1991). 이러한 자연적 혈압 변화 패턴에 차이가 있는 것은 6세부터 11세까지 아동기의 혈압 증가율이 우리나라가 이들 나라에 비해 훨씬 높았기 때문이며(서 등, 1993), 이러한 이유로 인해 우리나라의 청소년기 혈압의 자연적 성장이 더 이른 연령 시점에서 멈춘 것이 아닌가 생각된다. 한편 이 연구에서 제시된 우리나라 성장기 혈압변화 분포는 같은 동양계인 일본 청소년을 대상으로 한 Akahoshi(1996)의 연구결과와 동일한 양상을 보였다. 이상의 결과를 유추할 때 청소년기의 혈압은 연령에 따라 반드시 선형적으로만 증가하지 않을 수 있으며 인종에 따라서도 혈압의 자연사가 차이가 있음을 제시하여 준다. 따라서 우리나라 청소년기 혈압의 이러한 패턴을 확인하기 위해서는 성인 초기까지의 지속적인 관찰이 요망된다고 할 수 있다.

이 연구결과 혈압수준에 가장 영향을 많이 미치는

요인은 체중, 신체비만지수, 피부두께, 허리둘레, 엉덩이둘레 등 신체적 특성이었으며 이러한 결과는 기존의 많은 결과와 일치하고 있다(Chiang 등, 1969; Kahn 등, 1972; Killen 등, 1978; Lauer 등, 1984). 특히 이 연구에서 남자는 체중, 여자는 신체비만지수가 다른 신체적 특성보다 약간 더 높은 상관관계를 보였다.

성장기의 혈압변화의 결정요인에 대해서는 아직까지 많은 연구가 진행되지 않았으나 Yong 등(1993)은 성장기의 혈압변화는 기준시점에서의 혈압과 체중, 그리고 체중의 변화가 관련있다고 보고하였으며, Visser 등(1987)은 체중의 변화가, Gillum 등(1982)은 체중과 신체비만지수의 변화가 혈압의 변화와 관련있다고 보고하였다. 이 연구에서도 혈압의 변화와 관련하여 남녀 모두 신장을 제외한 신체적 특성, 특히 혼합모형에 포함된 신체비만지수의 변화가 혈압의 변화와 유의한 양의 관련성이 있었다.

식이섭취조사에 의하면 14세의 에너지 섭취는 남녀 모두 권장량에 미달하였고 16세 때는 권장량보다 약간 많이 섭취하였다. 또한 연령이 증가함에 따라 당질의 섭취비율은 감소하는 반면 지질의 섭취비율은 증가하는 경향이였다. 전체적으로 평균 섭취비율은 현재 한국영양학회(1995)에서 권장하는 수준인 65:15:20의 비율에서 크게 벗어나지 않았다. 칼슘과 철분, 비타민 A의 섭취량은 남·여 모두 권장량에 비해 적었으며, 비타민 C는 권장량보다 많이 섭취하는 경향이였다.

단백질 섭취는 이완기혈압과 양의 관계를 보였는데 이는 13-16세의 남자를 대상으로 하여 단백질 섭취와 수축기와 이완기혈압 모두 양의 관련성이 있다고 한 이정원 등(1996)과 흑인을 대상으로 한 Melby 등(1994)의 연구결과와 일치하였다. 고단백질 식사는 직접적으로 신장기능 손상과 관련되어(Lyle 등, 1987) 또는 간접적으로 소변으로의 칼슘 배설을 유도하여(Lutz 등, 1981) 고혈압을 유발한다고 알려져 있다.

지질의 섭취가 혈압과 약한 음의 관련성을 보여 일반적으로 알려져 있는 연구결과와는 차이가 있었다(Preuss 등, 1996). 대부분의 지질과 혈압과의 연구는 에너지에 대한 지질의 섭취비율이 35%이상인 지질의

섭취가 많은 지역에서의 연구결과이므로 이 결과를 지질의 섭취비율이 19-22%인 본 연구의 결과에 그대로 적용할 수 있는 지에 대해 문제를 제기할 수 있다 (Preuss 등, 1996; Moore, 1995; Sacks, 1989; Judd 등, 1989; Iacono 등, 1975). 다음으로 다른 형태(type)의 지질은 서로 다르게 즉 고도불포화지방산은 혈압 감소와 포화지방산은 혈압 증가와 관련된다. 또한 Keys 등(1980)은 지질 섭취와는 독립적으로 포화지방산의 섭취와 혈압이 유의한 관련성이 있다고 하므로 지질의 섭취량 뿐만 아니라 지질을 고도불포화지방산과 포화지방산으로 구분하여 질적인 면에서의 지방산 섭취와 혈압과의 관련성을 고찰하는 것이 필요하다고 여겨진다.

Intersalt 연구(1988)에서 소금 섭취와 혈압과의 양의 관련성이 보고되었고 Law 등(1991)은 메타분석을 시행하여 소듐 섭취와 수축기와 이완기혈압이 양의 관련성이 있으며 특히 혈압이 높을수록 나이가 들수록 혈압변화는 크다고 한 바 있는데 소듐과 수분의 축적은 세포외액의 확장과 관련되며 이로 인해 고혈압이 유발된다고 한다(Haddy, 1976). 본 연구에서도 소듐의 섭취가 남자의 이완기혈압과 양의 관계를 보였으며 포타시움의 섭취는 기존의 연구결과(Langford, 1983; Cappuccio 등, 1991)와는 다르게 이완기혈압과 약한 양의 관련성이 있었다. Geleijnse 등(1990)은 포타시움의 섭취와 소듐/포타시움의 섭취비율이 사춘기 혈압증가와 관련된다고 한 바 있고, 사춘기 남녀학생을 대상으로 저소듐식사와 포타시움보충의 효과를 연구한 Sinaiko 등(1993)은 남자에서는 뚜렷한 경향을 보이지 않았고 여자에서는 혈압이 감소하여 성별에 따른 민감도(sensitivity)의 기전 연구의 필요성을 제안하였다. 또한 이정원 등(1996), McCarron 등(1984)은 비타민 A와 C의 섭취가 이완기혈압과 음의 관계가 있음을 보고하였는데 본 연구에서 여자는 음의 관련성을, 남자는 양의 관련성을 보여 일관되지 않은 결과를 보였다.

식사의 복잡성(diet complexity)으로 인해 특정한 영양소의 효과를 다른 영양소의 효과와 분리하는 것

은 어렵다(Preuss, 1996). 즉 채소류와 과일류로부터 칼슘과 동시에 마그네슘이 섭취되며, 비타민 A의 섭취는 칼슘의 섭취와, 비타민 C의 섭취는 포타시움의 섭취와 관련되며 이 문제는 통계적인 방법에 의해서도 해결되기 어려운 제한점이 있다. 또한 특정한 macronutrient의 효과는 형태(type)에 따라 다르다. 즉 당질은 단순당질과 복합당질 또는 섬유소의 효과가, 지질은 고도불포화지방산과 포화지방산의 효과가 다르므로 추후에는 당질, 지질 및 단백질의 더 세분화하여 혈압과의 관계를 고찰하고, 무기질(특히 마그네슘)과 항산화비타민을 동시에 고려한 종합적인 분석이 요구된다.

Rigby 등(1994)에 의하면 혈청 요산은 남자의 경우 소아기에는 성인의 약 60%로서 낮은 값을 보이다가 약 17세에 성인치에 도달하고 그 이후에는 변동이 없다. 이에 반해 여자는 소아기에는 남자와 비슷하게 낮은 값을 보이고 20-40세에도 출산과 관계하여 낮은 값을 보이지만 폐경기 이후에는 점차 증가하였다. 즉 소아인 경우 남녀 모두 3-4mg/dl 정도이고 남자가 여자보다 많이 증가하기 시작하여 계속 남자가 높은 상태를 유지한다. 본 연구에서도 남자가 지속적으로 여자보다 더 높았다.

Selby 등(1990)은 청소년기의 요산 수준은 장년기의 고혈압을 예측할 수 있다고 하였다. Goldstein과 Manowitz(1993)은 미국의 12-17세 청소년들을 대상으로 하여 요산과 혈압이 양의 상관관계가 있음을 보고하였다. 그런데 요산과 혈압의 관계는 성별에 따라 차이가 있다. 남녀 모두 유의한 양의 상관관계가 있다고 한 연구가 있는 반면(Garrick 등, 1972; Selby 등, 1990; Brand 등, 1985) 남자에서만 유의한 관련성을 보고한 연구도 있었다(Abbott 등, 1988; Tuomilehto 등, 1988; Goldstein과 Manowitz, 1993). 본 연구에서는 남녀에 있어서 분명한 차이를 보이고 있다. 남자의 이완기 혈압이 요산과 유의한 양의 관련성을 갖고 있는 반면 여자에서는 유의한 결과가 없었다. 하지만 혈압의 변화와의 관련성은 남녀 모두 유의한 결과를 보이지 않았다. 혈중 크레아티닌의 농도와 혈압은 성별

에 따라 상반된 관련성을 보였다. 이러한 상반된 관련성에 대하여 그 이유를 뚜렷하게 설명할 수 없으며 계속적인 연구가 요망된다.

12세에서 16세까지 혈청 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤은 전반적으로 감소하는 경향을 보이고 중성지방은 다른 혈청지질과는 달리 증가하였다. 이는 외국의 다른 연구들과 부합되는 결과이다(이강희 등, 1997). 남자와 여자의 혈청지질의 수준과 분포는 서로 동일하지 않았다. 중성지방을 제외한 혈청지질치들의 평균은 모두 남자가 여자보다 낮았다. 또한 청소년기 동안의 감소가 뚜렷한 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤의 감소폭도 남자들이 여자보다 더 컸다. 이러한 남녀의 차이는 우선 남녀가 사춘기동안 겪는 성적 성숙과 신체적 성장의 양상이 서로 상이하기 때문인 것으로 생각된다.

혈청지질과 혈압의 직접적인 연관성은 알려져 있지 않다(Gidding 등, 1993). 고혈압 환자들은 콜레스테롤 수치가 높은 경우가 많다(Julius 등, 1990). 그러나 인구집단을 대상으로 한 경우 고혈압과 고지혈증이 동반하는 경우가 일반적인 것은 아니라고 하기도 하고(Lauer 등, 1984; Laurer 등, 1988), 정상 혈압집단에서도 서로 양의 상관관계가 있다고 하는 연구도 있다(Bonna 등, 1991). 하지만 이 두가지 요인이 인슐린 내성 등과 함께 군집(clustering)을 이루며 비만과 밀접하게 연관되어 있다는 것은 잘 알려져 있다(Flack 등, 1991; Strong 등, 1990). 특히 고혈압과 고지혈증을 함께 가지고 있는 경우에는 심혈관 질환에 대한 위험도가 산술적으로 증가하는 것이 아니라 기하적으로 증가하기 때문에 많은 연구자들이 이 두가지 요소가 함께 있는 경우에 대해 큰 관심을 가지고 있다(Gidding 등, 1993; Criqui 등, 1980).

본 연구에서 총 콜레스테롤은 연령이 증가함에 따라 남자 수축기 혈압과 음의 관련성에서 양의 관련성으로 여자에서는 이완기 혈압과 양의 관련성을 보였다. 중성지방은 남자에서만 양의 관련성을 보였다. HDL-콜레스테롤은 남녀 모두에서 음의 관련성을 보이고 있다. 혈압변화와 혈청지질과의 관계에서도 남자의

이완기와 여자의 이완기 및 수축기 혈압에서 유의한 결과를 보였다. 이런 결과들은 전반적으로 정상인에서도 혈압과 혈청지질치가 서로 상관성이 높다는 연구들과 부합한다. 하지만 성인이 되어서의 고혈압 및 심혈관질환의 발생에 관하여 이 두가지 요인들이 어떤 영향을 미칠지에 대해서는 더 깊은 연구가 필요하다.

이상의 혈청지질, 영양소 섭취와 혈압의 수준 및 변화의 관계는 이 연구의 대상이 정상혈압을 가진 청소년이라는 점을 감안할 때 조심스러운 해석이 요구되며 청소년기 혈압수준 및 변화와 관련하여 부모의 혈압 및 사회경제적 요인 등을 통제하지 못한 제한점이 있다. 추후 이러한 문제점을 보완한 계속적인 연구가 요구된다고 할 수 있다.

한편 이 연구는 농촌지역의 특성을 보이는 강화도라는 일부지역에 있는 학생들만을 대상으로 하였기 때문에 이 연구의 결과를 일반화하기에는 제한점이 있을 수 있다. 그럼에도 불구하고 이 연구는 우리나라에서는 드물게 조사대상 청소년을 5년간 매년 추적하여 청소년들의 성장기 동안 변화하는 혈압의 자연사를 제시하였을 뿐 아니라 혈압의 수준과 변화에 관련된 여러 가지 위험요인들의 분포를 제시하고 또한 그 관련성을 제시하므로써 성장기 혈압의 관리에 대한 귀중한 기초자료를 제시하였다는데 그 의의가 크다고 할 수 있다.

## V. 요약

본 연구는 1992년 당시 경기도 강화군 강화읍내에 거주하는 중학교 1학년애 재학중인 남자 335명과 여자 375명을 대상으로 5년간 혈압수준 및 변화에 대한 분포를 제시하고 혈압수준 및 변화의 결정 요인을 밝히고자 하였다. 혈압의 수준 및 변화와 관련된 요인으로는 신체적 요인, 혈청학적 요인 및 영양소 섭취요인을 조사하였다. 주요 연구결과는 다음과 같다.

1. 12세부터 16세까지 5년간 남자의 수축기혈압의 평균은 108.7mmHg에서 118.1mmHg로, 이완기혈압의 평균은 69.5mmHg에서 73.4mmHg로 증가하였으며 15

세에 가장 높은 혈압수준을 보였다. 그러나 동기간 동안 여자의 수축기혈압의 평균은 114.4mmHg에서 113.5mmHg로, 이완기혈압의 평균은 75.2mmHg에서 72.1mmHg로 감소하였으며 13-14세 때에 가장 높은 혈압수준을 보였다.

2. 남자의 5년간 신장, 체중, 신체비만지수 등은 계속 성장하였으나 여자는 15세를 기점으로 신체적 성장이 둔화되는 경향을 보였다. 한편 연령이 증가할수록 남자의 혈청 총 콜레스테롤은 감소하고 중성지방은 증가하는 경향을 보였으나 여자에서는 특별한 변화가 없었다. 식이섭취에서는 지질의 섭취가 연령에 따라 약간 증가하는 경향을 보였으나 전반적으로 남녀 모두 에너지의 20% 정도였다.

3. 혈압수준과 체중, 신체비만지수, 피부두께 등은 남녀 모두 각 연령에서 통계학적으로 유의한 관련성이 있었다. 신체비만지수의 영향을 통제하였을 때 혈청 총 콜레스테롤은 남자에서 연령의 증가에 따라 수축기혈압과 음의 관계에서 양의 관계로, 여자의 경우에는 이완기혈압과 15-16세에서 양의 관련성을 보였다. 그리고 중성지방과 크레아티닌은 남자에서는 혈압과 양의 관련성을 보였으나 여자의 경우에는 관련성이 없었다. 한편 영양소 섭취와 혈압과의 관계는 성별-연령별로 일관성 있는 결과가 없었으나 남자의 이완기혈압과 단백질 섭취가 양의 관련성이 있었고 여자의 14세 때 수축기혈압과 비타민 A 섭취가 음의 관련성이 있었다.

4. 혈압변화와 신체비만지수의 변화, 혈청 총 콜레스테롤의 변화는 남녀 모두 양의 관련성을 보였으며 크레아티닌의 변화는 남자에서는 양의 관계를, 여자에서는 음의 관계를 보였다. 또한 남자에서 소디움 섭취가 높은 군이 계속해서 높은 혈압수준을 유지하였으며 여자의 경우에는 에너지에 대한 지질 섭취비율이 높은 군이 계속해서 낮은 혈압수준을 유지하여 성별에 따른 차이를 보였다. 전체적으로 성장기 혈압변화에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 남녀 모두 신체비만지수이었다.

## 감사의 글

본 연구에 적극 참여하여준 강화중학교, 강화여자중학교, 강화고등학교, 강화여자종합고등학교, 덕신고등학교, 삼양종합고등학교 및 강남종합고등학교 학생들과 선생님, 그리고 연세대학교 의과대학생들에게 진심으로 감사를 드립니다.

## 참고 문헌

- 김규상, 이순영, 서일, 남정모, 지선하. 사춘기 아동의 성적성숙도와 혈압수준. 예방의학회지 1993; 26(3): 347-58
- 대한당뇨병학회 · 대한영양사회 · 한국영양학회. 당뇨병 식사요법 지침서. 1995
- 박종구, 차봉석, 이명근, 윤갑준, 장세진. 아동의 혈압과 관련된 요인에 관한 연구. 한국역학회지 1989; 11(2): 232-45
- 보건복지부 식품의약품안전본부. 한국식품성분표. 1996.
- 서 일, 김일순, 남정모, 이순영, 오희철, 김춘배, 박은철. 아동혈압의 시계열 변화양상 및 평균혈압에 관련된 요인분석. 예방의학회지 1989; 22(3): 303-12
- 서 일, 이순영, 남정모, 김일순. 국민학생의 6년간 혈압의 변화양상과 혈압변화와 관련된 요인 분석. 예방의학회지 1993; 26(1): 96-109
- 송윤미, 이기영, 임철균, 박용우, 김창엽, 유태우, 허봉렬. 일부 여자고등학교 학생들을 대상으로 한 청소년기 혈압에 관한 연구. 가정의학회지 1991; 12(9): 1-11
- 이강희, 서 일, 지선하, 남정모, 김성순, 심원흠, 하종원, 김석일, 강형곤. 강화지역 청소년의 4년간 혈청지질의 변화와 지속성. 예방의학회지 1997; 30(1): 45-59
- 이순영, 서 일, 남정모. 아동혈압의 지속성에 관한 시계열 분석. 예방의학회지 1991; 24(2): 161-70
- 이양자, 이희자, 오경원. 한국상용식품의 지방산 조성표. 신평출판사, 1995
- 이정원, 나효숙, 곽충실. 사춘기 혈압에 영향을 미치는 식이 인자 및 혈액과 뇨중 무기이온 농도. 지역사회영양학회지 1996; 1(1): 61-70
- 최진수, 박기원, 마재숙, 황태주. 광주지역 초, 중, 고 학생의 혈압. 소아과 1990; 33(7): 952-8



- 하성훈. 괴산지역 학동기 이동에서의 혈압측정. 소아과 1993;36(5):705-12
- 한국식품공업협회 · 한국식품연구소. 국민영양 조사방법 개선 방안 연구(III), 식품소비형태 파악. 1991 한국영양학회. 한국인 영양 권장량 제 6차 개정. 중앙문화진수출판사, 1995
- 황춘경. 외식의 열량. 국민영양 1995; 5: 26-35
- Abbott RD, Brand FN, Kannel WB, Castelli WP. Gout and coronary heart disease: The Framingham Study. *J Clin Epidemiol* 1988;41(3):237-42
- Akahoshi M, Soda M, Carter R, et al. Correlation between systolic blood pressure and physical development in adolescence. *Am J Epidemiol* 1996; 144(1): 51-8
- Berenson GS. Causation of cardiovascular risk factors in children. New York, Raven Press, 1986, pp. 42-64
- Berenson GS, Wattingney WA, Webber LS. epidemiology of hypertension from childhood to young adulthood in black, white, and hispanic population samples. *Public Health Reports* 1996;111 suppl 2:3-6
- Bonna KH, Thelle DS. Association between blood pressure and serum lipids in a population: The Tromso Study. *Circulation* 1991;83:1305-14
- Brand FN, McGee DL, Kannel WB, Stokes J, Castelli WP. Hyperuricemia as a risk factor of coronary heart disease: The Framingham Study. *Am J Epidemiol* 1985;121(1):11-8
- Burke GL, Voors AW, Sheer CL, Webber LS, Smoak CG, Cresanta JL, Berenson GS. Blood pressure: The Bogalusa Heart Study. *Pediatrics* 1987;80 (Suppl.):784-8
- Cappuccio FP, MacGregor GA. Does potassium supplementation lower blood pressure? A meta-analysis of published trials. *J Hypertension* 1991;9:465-73
- Chiang BN, Perlman LV, Epstein FH. Overweight and hypertension. *Circulation* 1969;39:403-21
- Clarke WR, Schrott HG, Leaverton PE, Connor WE, Lauer RM. Tracking of blood pressures in school age children: The Muscatine Study. *Circulation* 1978;58:626-34
- Criqui MH, Barrett-Connor E, Holdbrook MJ, Austin M, Turner JD. Clustering of cardiovascular disease risk factors. *Prev Med* 1980;9:525-33
- Daniels Sr, Obarzanek E, Barton BA, Kimm SY, Similo SL, Morrison JA. Sexual maturation and racial differences in blood pressure in girls: the National Heart, Lung, and Blood Institute Growth and Health Study. *J of Pediatrics* 1996;129(2):208-13
- Flack JM, Sowers JR. Epidemiologic and clinical aspects of insulin resistance and hyperinsulinemia. *Am J Med* 1991;91(1A):11s-21s
- Garrick R, Ewan CE, Bauer GE, Neale FC. Serum uric acid in normal and hypertensive Australian subjects. *Australian & New Zealand Journal of Medicine* 1972;2(4):351-6
- Geleijnse JM, Grobbee DE, Hofman A. Sodium and potassium intake and blood pressure change in childhood. *BMJ* 1990;300:899-902
- Gidding SS. Relationships between blood pressure and lipids in childhood. *The Pediatric Clinics of North America* 1993;40(1):41-9
- Gillum RF, Taylor HL, Brozek J, Polansky P, Blackburn H. Indices of obesity and blood pressure in young men followed 32 years. *J Chronic Dis* 1982;35:211-9
- Goldstein HS, Manowitz P. Relation between serum uric acid and blood pressure in adolescents. *Annals of Human Biology* 1993;20(5):423-31
- Haddy FJ, Overbeck HW. The role of humoral agents in volume expanded hypertension. *Life Sci* 1976;19:935-48
- Higgins MW, Keller JB, Metzner HL, Moore FE, Ostrander LD. Studies of blood pressure in Tecumseh, Michigan. II: Antecedents in childhood of high blood pressure in young adults. *Hypertension* 1980;2(Suppl. I):117-23
- Hofman A, Valkenburg HA. Determinants of change in blood pressure during childhood. *Am J Epidemiol* 1983;117(6):735-43
- Iacono JM, Marshall MW, Dougherty RM, Wheeler MA. Reduction in blood pressure associated with high polyunsaturated fat diets that reduce blood cholesterol in man. *Prev Med* 1975;4:426-43
- Intersalt Cooperative Research Group. Intersalt, an international study of electrolyte excretion and

- blood pressure, Results of 24 hour urinary sodium and potassium excretion. *BMJ* 1988;297:319-28
- Judd JT, Marshall MS, Dupont J. Relationship of dietary fat to plasma fatty acids, blood pressure, and urinary eicosanoids in adult men. *J Am Coll Nutr* 1989;8:386-99
- Julius S, Jamerson K, Mejia A, Krause L, Schork N, Jones K. The association of borderline hypertension with target organ changes and higher coronary risk: Tecumseh Blood Pressure study. *JAMA* 1990;264:354-8
- Kahn HA, Medalie JH, Neufeld HN, Riss E, Gold U. The incidence of hypertension and associated factors; The Israel ischemic heart disease study. *Am Heart J* 1972;84(2):171-82
- Kannel WB, Sorlie P, Gordon T. Labile hypertension: A faculty concept? The Framingham Study. *Circulation* 1980;61:1183-7
- Keys AB. Seven Countries. A Multivariate Analysis of Death and Coronary Disease. Cambridge MA, Harvard University Press, 1980
- 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, Kotchen TA. Geographic effect and racial blood pressure differences in adolescents. *J Chron Dis* 1978;31:581-6
- Kotchen JM, McKean HE, Neill M, Kotchen TA. Blood pressure trends associated with changes in height and weight from early adolescence to young adulthood. *J Clin Epidemiol* 1989;42(8):735-41
- Langford HG. Dietary potassium and hypertension; epidemiologic data. *Ann intern Med* 1983;98(part 2):770-2
- Lauer RM, Clarke WR. Childhood risk factors for high adult blood pressure: The Muscatine Study. *Pediatrics* 1989;84(4):633-41
- Laurer RM, Lee J, Clarke WR. Factors affecting the relationship between childhood and adult cholesterol levels: The Muscatine Study. *Pediatrics* 1988;82:309-18
- Law MR, Frost CD, Wald NJ. By how much does dietary salt reduction lower blood pressure? I. Analysis of observational data among populations. *BMJ* 1991;302:811-5
- Law MR, Frost CD, Wald NJ. By how much does dietary salt reduction lower blood pressure? II. Analysis of observational data within populations. *BMJ* 1991;302: 815-8
- Lee DJ, Gomez-Marin O, Prineas RJ. Type A behavior pattern and change in blood pressure from childhood to adolescence. The Minneapolis Children's Blood Pressure Study. *Am J Epidemiol* 1996;143(1):63-72
- Levine RS, Hennekens CH, Klein B, Gourley J, Briese FW, Hokanson J, Gelfand H, Jesse MJ. Tracking correlation of blood pressure levels in infancy. *Pediatrics* 1978;61:121-5
- Lutz J, Linkswiller HM. Calcium metabolism in postmenopausal and osteoporotic women consuming two levels of dietary protein. *Am J Clin Nutr* 1981;34:2178-86
- Lyle RM, Melby CL, Edmondson JW, Miller JZ, Weingerger MH. Blood pressure and metabolic effects of calcium supplementation in normotensive white and black men. *JAMA* 1987;257:1772-6
- McCarron DA, Morris CD, Henry HJ, Stanton JL. Blood pressure and nutrient intake in the United States. *Science* 1984;224:1392-8
- McCue CM, Miller WM, Mauck HP, Robertson L, Parr EL. Adolescent blood pressure in Richmond, Virginia, Schools. *Virginia Medical* 1979;106: 210-20
- Melby CL, Toohey ML, Cebrick J. Blood pressure and blood lipids among vegetarian, semivegetarians and nonvegetarian African Americans. *Am J Clin Nutr* 1994;59:103-9
- Moore TJ, McKnight JA. Dietary factors and blood pressure regulation. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America* 1995;24(3):643-55
- 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 Heart, Lung and Blood Institute. Report of the task force on blood pressure control in children 1977. *Pediatrics* 1977;59(suppl):797-817

- Preuss HG, Gondal JA, Lieberman S. Association of macronutrients and energy intake with hypertension. *J Am Coll Nutr* 1996;15(1):21-35
- Rigby AS, Wood PH. Serum uric acid levels and gout: what does this herald for the population?. *Clinical & Experimental Rheumatology* 1994;12(4):395-400
- Sacks FM. Dietary fats and blood pressure; A critical review of the evidence. *Nutr Rev* 1989;47:291-300
- Selby JV, Friedman GD, Quesenberry CP Jr. Precursors of essential hypertension: pulmonary function, heart rate, uric acid, serum cholesterol, and other serum chemistries [published erratum appears in *Am J Epidemiol* 1990 Sep;132(3):589] [see comments]. *Am J Epidemiol* 1990;131(6):1017-27
- Shear CL, Burke GL, Freedman DS, Brenson GS. Value of childhood blood pressure measurements and family history in predicting future blood pressure status: Result from 8 years of follow-up in the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics* 1986;77:862-9
- Sinaiko AR, Gomez-Marin O, Proneas RJ. Effect of low sodium diet or potassium supplementation on adolescent blood pressure. *Hypertension* 1993;21:989-94
- Strong WB. Physical activity and children. *Circulation* 1990;80:1697-701
- Szklo M. Epidemiologic patterns of blood pressure in children. *Epidemiological review* 1979;1:143-69
- Tuomilehto J, Zimmet P, Wolf E, Taylor R, Ram P, King H. Plasma uric acid level and its association with diabetes mellitus and some biologic parameters in a biracial population of Fiji. *Am J Epidemiol* 1988;127(2):321-36
- Uhari M, Nuutinen M, Turtinen J et al. Blood pressure in children, adolescents and young adults. *Annals of Medicine* 1991;23:47-51
- Voors AW, Forster TA, Frericbs RR, Webber LS, Berenson GS. Studies of blood pressure in children, ages 5-14 years, in a total biracial community-The Bogalusa Heart Study. *Circulation* 1976;54:319-27
- WHO. Blood pressure studies in children. Technical Report Series. No. 715, Geneva, WHO. 1985
- Webber LS, Cresanta JL, Croft JB, Srinivasaa SR, Berenson GS. Transitions of cardiovascular risk from adolescence to young adulthood - The Bogalusa Heart Study. II. Alterations in anthropometric, blood pressure and serum lipoprotein variables. *J Chron Dis* 1986;39(2):91-103
- Webber LS, Cresanta JL, Voors AW, Berenson L, Parr EL. Tracking of cardiovascular disease risk factor variables in school-age children. *J Chronic Dis* 1983;36:647-60
- Yong LC, Kuller LH, Rutan G, Bunker C. Longitudinal study of blood pressure: Changes and determinants from adolescence to middle age. The Dormant high school follow-up study, 1957-1963 to 1989-1990. *Am J Epidemiol* 1993;138(11):973-83
- Zinner SH, Margolius HS, Rosner B, Kass EH. Stability of blood pressure rank and urinary kallikrein concentration in childhood: An eight-year follow-up. *Circulation* 1978;58(5):908-15