

진동식 자동 혈압계로 측정한 6세 이하 아동의 정상 혈압치와 백분위수 곡선

이화여자대학교 의과대학 소아과학교실, 포천중문 의과대학 소아과학교실*,
관동대학교 의과대학 소아과학교실†, 아주대학교 의과대학 소아과학교실‡,
한양대학교 의과대학 소아과학교실§, 서울대학교 의과대학 소아과학교실||, 아주대학교 의과대학 예방의학교실¶

손진아 · 이희숙 · 임경아* · 윤소영† · 정조원‡ · 김남수§ · 노정일|| · 이순영¶ · 홍영미

= Abstract =

Normal blood pressure values and percentile curves measured by oscillometric method in children under 6 years of age

Jin A Sohn, M.D., Hee Sook Lee, M.D., Kyoung Aha Lim, M.D.*, So Young Yoon, M.D.†, Jo Won Jung, M.D.‡,
Nam Su Kim, M.D.§, Chung Il Noh, M.D.||, Soon Young Lee, M.D.¶ and Young Mi Hong, M.D.

Department of Pediatrics, School of Medicine, Ewha Womans University, Pocheon Cha University*,
Kwangdong University†, Ajou University‡, Hanyang University§, Seoul National University||,
Department of Preventive Medicine, Ajou University¶, Seoul, Korea

Purpose : Hypertension is defined as average systolic blood pressure and/or diastolic blood pressure that is $\geq 95^{\text{th}}$ percentile for gender, age, and height on ≥ 3 occasions. Knowing that blood pressure values increase in children as they grow older, the purposes of this study were to measure blood pressure by an oscillometric device and to determine normal values and percentile curves for children.

Methods : Systolic and diastolic blood pressures were measured twice with an oscillometric device in 3,545 boys and 3,145 girls under six years of age, in Seoul. Using this data, we determined average blood pressure values and percentile curves based on gender and age; we subdivided these values into blood pressures of 50th, 90th, 95th, and 99th percentiles, by percentile of height. The regression coefficients and standard deviations of the systolic and diastolic blood pressure values were obtained from linear regression models.

Results : Older boys and girls had higher systolic and diastolic blood pressure values. Older boys and girls in the same percentile of height for age had higher systolic and diastolic blood pressure values. Taller boys and girls within the same age group had higher systolic and diastolic blood pressure values.

Conclusion : Blood pressure standards based on gender, age, and height were obtained via an oscillometric method. Limitation of this study is that the study population was not from the whole country, but exclusively from Seoul. Nonetheless, the data from this study will be helpful in diagnosing and managing hypertension in Korean children. (**Korean J Pediatr 2008;51:998-1006**)

Key Words : Blood pressure, Child, Hypertension

서 론

소아에서 고혈압은 적어도 3회 이상 반복하여 측정한 성별, 연령별, 신장별 수축기 또는 이완기 혈압이 95 백분위수 이상일 때

로 정의한다¹⁾. 따라서 소아에서 고혈압 진단시 일률적으로 절대치를 사용하는 것은 부적합하다. 소아기 고혈압은 이차성으로 오는 경우가 일차성 고혈압보다 흔하지만 소아기의 고혈압이 장래 성인기의 일차성 고혈압의 선행 원인이 된다는 점에서 중요하다²⁾.

현재까지 대부분의 혈압 기준표가 수은 혈압계를 이용한 청진법에 의해서 만들어졌기 때문에 혈압 측정의 표준 방법이 청진법으로 되어 있다. 그러나 비협조적인 어린 소아와 신생아, 영아 등은 혈압 측정 중에 잘 움직이며 보채기 때문에 Korotkoff 음을 청진하기가 어려운 반면, 진동식 혈압계가 사용하기 편리하고 측정시간 오차도 작아 최근에는 전 세계적으로 수은 혈압계를 이용

Received : 22 April 2008, Revised : 30 July 2008, Accepted : 5 August 2008

Address for correspondence: Young Mi Hong, M.D.

Department of Pediatrics, School of Medicine, Ewha Womans University Mok-Dong Hospital, 911-1 Mok6-dong Yangcheon-gu, Seoul, Korea

Tel : +82.2-2650-2841, Fax : +82.2-2653-3718

E-mail : hongym@chollian.net

한 혈압 측정보다 진동식 혈압계를 이용한 혈압 측정이 보편화된 상태이다.

진동식 혈압계는 평균 동맥 혈압을 측정하여, 이로부터 수축기와 이완기 혈압을 계산해낸다. 진동식 혈압계마다 사용되는 알고리즘이 다르기 때문에 기계별로 측정치가 다 다르고³⁾, 청진법에 의해 얻어진 혈압과 항상 일치하지는 않는다는 단점이 있으나^{4,5)}, 올바른 혈압대의 크기를 선택하고 소아가 보채지 않는 상태에서 검증된 진동식 혈압계로 정확하게 측정할 경우, 진동식 혈압계로 측정된 혈압 수치는 수은 혈압계 및 동맥에서 관혈적으로 측정된 혈압치와 높은 상관관계가 보고되었다^{6,7)}.

2004년에 미국 고혈압 교육 사업단(National High Blood Pressure Education Program Working Group) 4차 보고서를 통해 소아와 청소년을 대상으로 수은 혈압계를 이용하여 측정된 성별, 연령과 신장 백분위수에 따른 혈압의 백분위수표가 발표되었다¹⁾. 성인 고혈압 빈도가 인종 간에 차이가 있음이 잘 알려져 있으나⁸⁾, 소아와 청소년에서 혈압의 인종 간 차이에 대해서는 서로 상반된 연구들이 보고되었다^{9,10)}. 따라서 유전적, 환경적 배경이 다른 미국의 자료를 우리나라 소아와 청소년에게 그대로 적용하기에는 무리가 있어 우리나라 어린이를 대상으로 한 혈압의 백분위수표가 필요하다.

소아의 경우 연령이 증가하면서 일정 시기까지 혈압이 증가하므로¹¹⁾, 소아에서 연령에 따른 혈압의 정상치를 알아야만 소아기 고혈압을 선별하여 예방 또는 치료할 수 있을 것이다.

진동식 자동 혈압계에 의한 우리나라 소아 혈압치에 대한 보고가 있었으나¹²⁻¹⁴⁾ 대부분 오래된 자료이거나 일부 연령에서만 보고되었고, 최근 6세 이하의 어린 소아에서 보고가 적은 실정이다^{15,16)}.

이에 저자들은 진동식 자동 혈압계를 이용하여 신생아부터 6세 이하의 정상 소아를 대상으로 성별, 연령별, 신장 백분위수별 수축기 및 이완기 혈압을 측정하여 정상 혈압치 및 혈압 백분위수 곡선을 구하여 우리나라 소아의 고혈압 진단과 치료에 도움이 되고자 본 연구를 실시하였다.

대상 및 방법

1. 대상

서울시내 6세 이하의 어린이 6,690명(남아 3,545명, 여아 3,145명)을 대상으로 2005년 3월부터 2007년 5월까지 진동식 자동 혈압계(Dinamap, Procare-200, GE, USA)를 이용하여 혈압을 측정하였다. 대상 어린이들은 육아상담에서 예방접종을 위해 내원한 건강아들과, 서울시내 20개 유치원에 다니는 어린이를 대상으로 하였다. 대상군의 연령별, 성별 분포는 Table 1과 같다.

2. 방법

1) 신체 계측

대상 소아의 신장은 신장 측정기를 이용하여 맨발로 누운 상태나 선 상태에서 측정되었으며, 체중은 표준 체중계의 영점을 맞춘 후 겹옷을 벗은 상태에서 측정되었다.

2) 체질량지수(body mass index, BMI)

체질량지수는 체중(kg)을 신장의 제곱(m²)으로 나눈 값이다.

3) 혈압측정

혈압은 진동식 자동 혈압계를 이용하여 측정하였으며, 혈압대의 넓이는 대상 소아 상완 둘레의 40%, 길이는 80-100%가 되는 것을 선택하였다. 측정 방법은 소음이 없는 조용한 방 안에서 상완을 완전히 노출 시킨 후 소아를 충분히 안정시키고, 측정 오차를 줄이기 위해 잘 훈련된 동일한 조사원이 시간 간격을 두고 수축기 혈압 및 이완기 혈압을 각각 두 차례에 걸쳐 측정하였으며, 이를 이용하여 연령별, 성별 평균 혈압을 구하였고, '2007년 한국 소아 청소년 표준 연령별 신장¹⁷⁾'을 기준으로 신장 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 백분위수에 따른 50, 90, 95, 99 백분위수의 혈압을 산출하였다.

4) 통계

자료 입력과 통계처리 및 분석은 SPSS for Windows (version 15.0, SPSS, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하였다. 연령별, 성별로 측정된 수축기 및 이완기 혈압을 이용하여 평균 ± 표준편차를 구하였고, 성별과 연령에 따른 혈압 5, 25, 50, 75, 95 백분위수 곡선을 그렸다. 신체 발육 상태를 반영시켜 '2007년 한국 소아 청소년 표준 연령별 신장¹⁷⁾'을 기준으로 신장 백분위수에 따른 50, 90, 95, 99 백분위수의 혈압을 구하여 성별, 연령별, 신장별 혈압 백분위수표를 만들었다. 수축기 혈압과 이완기 혈압은 성별 고정효과 모형을 적용하여 선형회귀모형에서 회귀계수와 표준편차를 구하였다.

Table 1. Age and Gender Distribution in Study Group

Age	Boy No. (%)	Girl No. (%)
<1 month	130 (3.7)	125 (4.0)
1-6 month	305 (8.6)	249 (7.9)
7-12 month	344 (9.7)	295 (9.4)
1 year	299 (8.4)	299 (9.5)
2 year	428 (12.1)	411 (13.1)
3 year	573 (16.2)	539 (17.1)
4 year	631 (17.8)	428 (13.6)
5 year	486 (13.7)	452 (14.4)
6 year	349 (9.8)	347 (11.0)
Total	3,545 (100)	3,145 (100)

Table 2. Blood Pressure Levels by Age and Gender

Age	Systolic Pressure (mmHg)		Diastolic Pressure (mmHg)	
	Boy	Girl	Boy	Girl
<1 month	74.0±14.0	75.8±13.1	39.2±8.2*	41.5±8.6
1-6 month	83.7±13.9	81.4±14.9	52.4±12.1*	49.9±12.5
7-12 month	87.5±12.7*	83.7±10.8	56.6±9.9	55.3±8.5
1 year	92.9±13.6*	88.7±12.6	59.5±10.2*	57.0±9.6
2 year	95.6±11.3	94.6±10.7	58.3±8.1	58.1±8.2
3 year	97.2±10.5*	95.5±10.6	57.5±7.3	58.1±8.2
4 year	98.4±10.7*	97.0±10.0	57.6±7.0	57.2±7.5
5 year	103.7±11.0*	101.4±10.0	60.0±7.0	59.4±7.2
6 year	105.9±11.1*	103.7±10.7	59.6±6.8	59.2±7.0

*P<0.05 significantly different from blood pressure of girl

결 과

1. 연령에 따른 수축기 혈압

신생아 남아의 평균 수축기 혈압은 74.0±14.0 mmHg, 6세 남아의 평균 수축기 혈압은 105.9±11.1 mmHg로 연령이 증가함에 따라 수축기 혈압이 점차 증가하였다(Table 2). 신생아 여아의 평균 수축기 혈압은 75.8±13.1 mmHg, 6세 여아의 평균 수축기 혈압은 103.7±10.7 mmHg로 연령이 증가함에 따라 수축기 혈압이 점차 증가하였다(Table 2). 연령 증가에 따른 백분위 수별 수축기 혈압의 증가 양상이 Fig. 1에 남아와 여아로 나뉘어 잘 나타나 있다.

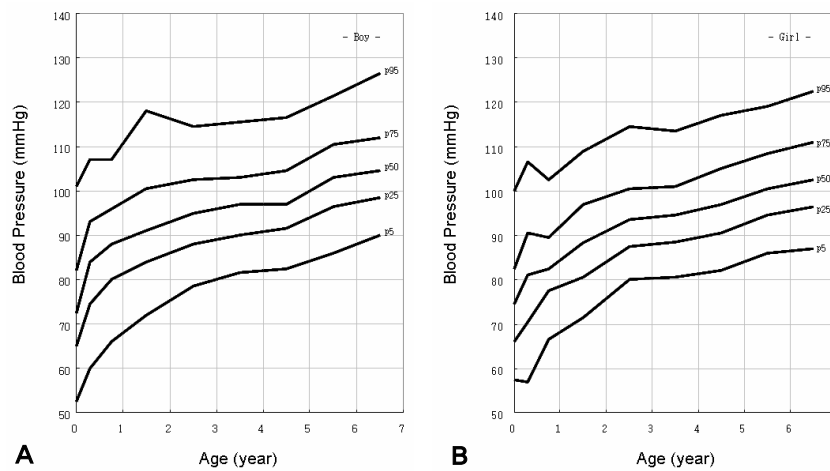


Fig. 1. Percentile curves of systolic blood pressure, by age and gender (A. boy; B. girl). Older children (both boys and girls) had higher systolic blood pressure values.

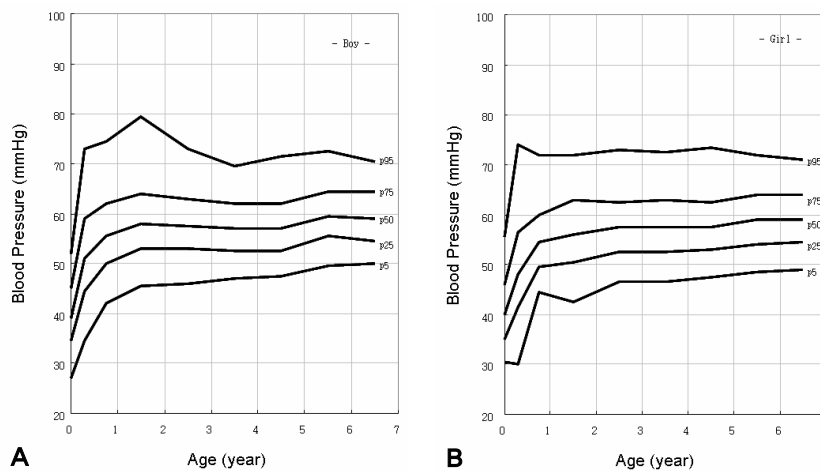


Fig. 2. Percentile curves of diastolic blood pressure, by age and gender (A. boy; B. girl). Older children (both boys and girls) had higher diastolic blood pressure values.

Table 3. Blood Pressure Levels by Age and Percentile of Height (Boys)

Age	Percentile of Blood Pressure	Systolic Pressure (mmHg)							Diastolic Pressure (mmHg)						
		Percentile of Height							Percentile of Height						
		5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th	5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th
<1 mo	50th	75	76	76	77	77	78	78	43	43	44	44	44	44	44
	90th	90	90	91	92	92	93	93	54	54	54	55	55	55	55
	95th	94	95	95	96	96	97	97	57	57	57	58	58	58	58
	99th	102	103	103	104	104	105	105	62	63	63	64	64	64	64
1-6 mo	50th	81	81	82	83	83	83	84	50	50	50	51	51	51	51
	90th	96	96	97	98	98	98	98	60	61	61	61	62	62	61
	95th	100	100	101	102	102	103	103	63	64	64	65	65	65	65
	99th	108	108	109	110	110	111	111	69	69	70	70	70	70	70
7-12 mo	50th	87	88	88	89	89	90	90	56	57	57	57	58	57	57
	90th	102	103	103	104	104	105	105	67	67	68	68	68	68	68
	95th	106	107	108	108	109	109	109	70	70	71	71	71	71	71
	99th	114	115	115	116	117	117	117	76	76	77	77	77	77	77
1 yr	50th	92	93	93	94	94	95	95	60	60	61	61	61	61	61
	90th	107	108	108	109	109	110	110	71	71	71	72	72	72	72
	95th	111	112	112	113	114	114	114	74	74	74	75	75	75	75
	99th	119	120	120	121	122	122	122	79	80	80	80	81	81	81
2 yr	50th	94	94	95	95	96	96	96	58	58	59	59	59	59	59
	90th	109	109	110	110	111	111	111	69	69	70	70	70	70	70
	95th	113	113	114	115	115	115	115	72	72	73	73	73	73	73
	99th	121	121	122	123	123	123	123	78	78	78	79	79	79	79
3 yr	50th	94	95	96	96	97	97	97	56	56	57	57	57	57	57
	90th	109	110	110	111	112	112	112	67	67	67	68	68	68	68
	95th	113	114	115	115	116	116	116	70	70	70	71	71	71	71
	99th	121	122	123	123	124	124	124	75	76	76	77	77	77	77
4 yr	50th	97	97	98	99	99	100	100	57	57	58	58	58	58	58
	90th	112	112	113	114	114	114	115	67	68	68	69	69	69	69
	95th	116	117	117	118	118	119	119	70	71	71	72	72	72	72
	99th	124	125	125	126	126	127	127	76	77	77	77	78	77	77
5 yr	50th	101	102	102	103	103	104	104	59	60	60	61	61	61	61
	90th	116	117	117	118	118	119	119	70	71	71	71	71	71	71
	95th	120	121	122	122	123	123	123	73	74	74	74	75	75	74
	99th	128	129	130	130	131	131	131	79	79	80	80	80	80	80
6 yr	50th	104	104	105	105	106	106	106	58	59	59	59	60	60	60
	90th	119	119	120	120	121	121	121	69	69	70	70	70	70	70
	95th	123	123	124	125	125	125	125	72	72	73	73	73	73	73
	99th	131	131	132	133	133	133	133	78	78	79	79	79	79	79

2. 연령에 따른 이완기 혈압

신생아 남아의 평균 이완기 혈압은 39.2±8.2 mmHg, 6세 남아의 평균 이완기 혈압은 59.6±6.8 mmHg로 연령이 증가함에 따라 이완기 혈압이 점차 증가하였다(Table 2). 신생아 여아의 평균 이완기 혈압은 41.5±8.6 mmHg, 6세 여아의 평균 이완기 혈압은 59.2±7.0 mmHg로 연령이 증가함에 따라 이완기 혈압이 점차 증가하였다(Table 2). 연령 증가에 따른 백분위수별 이완기 혈압의 증가 양상이 Fig. 2에 남아와 여아로 나뉘어 잘 나타나 있다.

3. 신장 백분위수별 수축기 및 이완기 혈압표

연령별 혈압 평균을 좀 더 세분하여 신장 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 백분위수별 혈압의 50, 90, 95, 99 백분위수의 평균을 남아(Table 3)와 여아(Table 4)로 구분하여 혈압표를 만들었다.

신생아 남아 중 50 백분위수의 키를 가진 남아의 50 백분위수 수축기 혈압의 평균은 77 mmHg, 이완기 혈압의 평균은 44 mmHg였고, 6세 남아 중 50 백분위수의 키를 가진 남아의 50 백분위수 수축기 혈압의 평균은 105 mmHg, 이완기 혈압의 평균은 59 mmHg였다(Table 3). 신생아 여아 중 50 백분위수의 키를 가진 여아의 50 백분위수 수축기 혈압의 평균은 77 mmHg, 이완기 혈압의 평균은 44 mmHg였고, 6세 여아 중 50 백분위수

Table 4. Blood Pressure Levels by Age and Percentile of Height (Girls)

Age	Percentile of blood Pressure	Systolic Pressure (mmHg)								Diastolic Pressure (mmHg)					
		Percentile of Height								Percentile of Height					
		5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th	5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th
<1 mo	50th	76	76	76	77	77	78	78	44	44	44	44	44	44	44
	90th	90	90	91	91	91	92	92	54	55	55	55	55	55	55
	95th	94	94	95	95	95	96	96	58	58	58	58	58	58	58
	99th	102	102	102	103	103	103	104	63	64	64	64	64	64	64
1-6 mo	50th	79	80	80	80	81	81	81	49	49	49	49	49	49	49
	90th	94	94	94	95	95	95	96	60	60	60	60	60	60	60
	95th	98	98	98	99	99	100	100	63	63	63	63	63	63	63
7-12 mo	99th	105	106	106	106	107	107	107	69	69	69	69	69	69	69
	50th	84	84	85	85	85	86	86	54	55	55	55	55	55	55
	90th	98	98	99	99	100	100	100	65	65	66	66	66	66	66
1 yr	95th	102	102	103	103	104	104	104	68	68	69	69	69	69	69
	99th	110	110	110	111	111	112	112	74	74	74	75	75	75	75
	50th	89	89	89	90	90	90	91	58	58	59	59	59	59	59
	90th	103	103	103	104	104	105	105	69	69	69	70	70	70	69
2 yr	95th	107	107	108	108	108	109	109	72	72	72	73	73	73	73
	99th	115	115	115	116	116	116	117	78	78	78	78	78	78	78
	50th	92	92	92	93	93	94	94	58	58	58	59	59	59	59
	90th	106	106	107	107	107	108	108	69	69	69	69	70	69	69
3 yr	95th	110	110	111	111	112	112	112	72	72	72	73	73	73	72
	99th	118	118	118	119	119	120	120	78	78	78	78	78	78	78
	50th	94	94	94	95	95	96	96	57	57	57	58	58	58	57
	90th	108	108	109	109	110	110	110	68	68	68	68	68	68	68
4 yr	95th	112	112	113	113	114	114	114	71	71	71	71	71	71	71
	99th	120	120	120	121	121	122	122	77	77	77	77	77	77	77
	50th	96	96	97	97	98	98	98	57	58	58	58	58	58	58
	90th	110	111	111	111	112	112	112	68	68	69	69	69	69	69
5 yr	95th	114	115	115	115	116	116	116	71	71	72	72	72	72	72
	99th	122	122	123	123	123	124	124	77	77	77	78	78	78	78
	50th	99	99	100	100	100	101	101	59	59	59	60	60	60	59
	90th	113	114	114	114	115	115	115	70	70	70	70	70	70	70
6 yr	95th	117	118	118	118	119	119	119	73	73	73	73	73	73	73
	99th	125	125	126	126	126	127	127	79	79	79	79	79	79	79
	50th	102	102	103	103	104	104	104	59	59	59	59	59	59	59
	90th	116	117	117	117	118	118	118	70	70	70	70	70	70	70
6 yr	95th	121	121	121	122	122	122	123	73	73	73	73	73	73	73
	99th	128	128	129	129	129	130	130	78	79	79	79	79	79	79

의 키를 가진 여아의 50 백분위수 수축기 혈압의 평균은 103 mmHg, 이완기 혈압의 평균은 59 mmHg였다(Table 4). 남아와 여아 모두 동일한 신장 백분위수를 가진 어린이들이 연령이 증가함에 따라서 수축기 혈압과 이완기 혈압 모두 증가하는 양상을 보였다.

6세 남아 중 5 백분위수의 키를 가진 남아의 50 백분위수 수축기 혈압의 평균은 104 mmHg, 이완기 혈압의 평균은 58 mmHg이었고, 95 백분위수의 키를 가진 남아의 50 백분위수 수축기 혈압의 평균은 106 mmHg, 이완기 혈압의 평균은 60 mmHg였다(Table 3). 6세 여아 중 5 백분위수의 키를 가진 여아의 50 백분위수 수축기 혈압의 평균은 102 mmHg, 이완기 혈압의 평균은 59 mmHg이었고, 95 백분위수의 키를 가진 여아의

50 백분위수 수축기 혈압의 평균은 104 mmHg, 이완기 혈압의 평균은 59 mmHg였다(Table 4). 남아와 여아 모두 동일한 연령대에서 신장이 커질수록 수축기 혈압과 이완기 혈압 모두 증가하는 양상을 보였다.

4. 혈압 선형회귀모형

연령과 신장별 혈압표는 '2007년 한국 소아 청소년 표준 연령별 신장¹⁷⁾'의 데이터로부터 성별 고정효과모형을 적용하였다. 여기서 μ 는 수축기 혈압 또는 이완기 혈압이고 y 는 연령값, Z 는 해당 아동의 신장치를 연령별 신장 곡선에서 추정된 LMS (λ, μ, σ)에 의해 환산된 백분위수의 표준정규분포 값으로 하였다.

Table 5. Linear Regression of Blood Pressures by Age and Gender

		Systolic Pressure (mmHg)		Diastolic Pressure (mmHg)	
		Boy	Girl	Boy	Girl
Constant	a	95.62377	93.88661	57.81537	57.99326
Age (year)					
Age-3	b1	0.60172	1.97690	-2.33612	-1.21671
(Age-3) ²	b2	0.61326	-0.13778	1.13982	0.40517
(Age-3) ³	b3	0.45071	0.24247	0.57528	0.42590
(Age-3) ⁴	b4	-0.12768	-0.04214	-0.19191	-0.11750
Standard Height (Zht)					
Zht	g1	0.81048	0.56572	0.36749	0.12996
Zht ²	g2	-0.17338	0.00447	-0.21550	-0.13031
Zht ³	g3	0.00329	0.01493	-0.00070	0.01291
Zht ⁴	g4	0.00139	-0.00122	0.00182	-0.00006
Standard deviation	s	11.65679	11.14221	8.38930	8.45627
Total number		3,545	3,145	3,545	3,145

위 식을 통해 추정된 상수(α)는 $y=3$ 이고 $Zht=0$ 일 때의 혈압이므로 연령 3세이면서 50 백분위수의 신장인 아동의 50 백분위수 혈압으로 해석할 수 있다. 우리나라 50 백분위수의 신장을 가진 3세 남아의 50 백분위수 수축기 혈압은 95.62 mmHg, 이완기 혈압은 57.82 mmHg이었고, 여아의 수축기 혈압은 93.89 mmHg, 이완기 혈압은 57.99 mmHg이었다(Table 5).

고 찰

소아에서 적어도 3회 이상 반복하여 측정된 성별, 연령별, 신장별 수축기 또는 이완기 혈압이 95 백분위수 이상일 때를 고혈압으로 정의한다¹⁾. 일시적인 고혈압이 훨씬 많기 때문에 상재성 고혈압은 시기를 달리하여 3번 이상 반복해서 혈압 측정을 한 후에야 진단이 가능하다. 혈압 측정에서 90 백분위수 이상이 나오면 상승된 혈압을 확인하기 위해 재 측정하여야 한다.

95-99 백분위수 혈압에 5 mmHg을 더한 값을 1단계 고혈압, 99 백분위수 이상의 혈압에 5 mmHg을 더한 값을 2단계 고혈압으로 정의한다. 혈압이 90 백분위수 이상이고 95 백분위수 미만이거나 120/80 mmHg 이상일 때를 고혈압 위험군이라고 하고, 이들은 고혈압으로 진행될 가능성이 높기 때문에 생활양식 조절을 필요로 한다. 정상 혈압은 성별, 연령별, 신장별 혈압이 90 백분위수 미만일 때를 말한다¹⁾.

소아에서 지속적인 고혈압 빈도는 낮으나 최근 빠른 속도로 증가하고 있는 추세이며, Sorof 등¹⁸⁾은 진동식 자동 혈압계(SpaceLabs Inc, Redmond, WA, USA)로 선별 검사한 후 학동기 소아에서 약 19%가 95 백분위수 이상의 고혈압 빈도를 보였다고 보고하였다. Muntner 등¹⁹⁾의 연구에서 보면 1988-1994년과 1999-2000년에 8살에서 17살까지의 미국 소아와 청소년 혈압을 수은 혈압계로 측정된 결과 수축기 혈압은 평균 1.4 mmHg 상승하였고 이완기 혈압은 3.3 mmHg 상승한 것으로 나타났다.

소아기에 높은 혈압이 성인기의 고혈압을 예측할 수 있다. 소

아기의 고혈압이 장래 성인기에 일차성 고혈압의 선행 원인이 된다²⁾. 90 백분위수 이상의 혈압을 가진 소아는 90 백분위수 이하의 혈압을 가진 소아보다 성인에 고혈압을 가질 확률이 2.4배나 되고³⁾, 사춘기에 관찰되는 고혈압의 약 30%에서 성인 고혈압으로 이행되는 것으로 알려져 있다¹⁵⁾.

백인보다 아프리카계 미국인에서 고혈압의 빈도가 높은 성인에서의 연구⁸⁾와는 다르게, 소아에서 인종의 효과는 명확하지 않다^{5, 9, 10)}. Bogalusa 심장 연구에서는 백인에서보다 아프리카계 미국인 소아와 청소년에서 혈압이 의미 있게 높다고 하였지만²⁰⁾, 더 많은 연구들은 소아에서 인종에 따른 고혈압의 빈도에 유의한 차이를 발견하지 못했다¹⁰⁾.

소아에서 고혈압의 원인은 연령에 따라 다르다. 이차성 고혈압의 빈도가 나이와 반비례한다는 것은 잘 알려져 있다¹⁾. 6세 이하의 어린이에서 고혈압의 가장 흔한 원인은 신질환과 대동맥 협착이다. 6세에서 10세 사이의 어린이에서 신질환이 혈압을 올리는 가장 많은 원인이다. 나이가 들에 따라 본태성 고혈압의 빈도는 올라가고 10세 이후 어린이에서 혈압이 상승하는 가장 흔한 원인이 된다²¹⁾.

3세 이상의 어린이들은 병원 방문 시마다 혈압이 측정되어져야 하며, 미숙아, 저출생체중아, 신생아 중환자실 입원 과거력이 있거나, 선천성 심질환, 반복되는 요로감염이나 혈뇨, 단백뇨가 있는 경우, 신질환이나 요로계 기형이 있거나 선천성 신질환의 가족력을 가진 경우, 이식 환자, 혈압 조절약제를 쓰는 경우, 혈압이나 뇌압 상승을 일으키는 질환을 가진 경우에는 3세 미만에서도 혈압 측정이 이루어져야 한다¹⁾.

혈압 측정은 혈압대의 넓이, 혈압 측정 장소, 하루의 시간, 연령, 중계절, 대상의 자세, 사용된 혈압계의 종류, 관찰자, 청진하는 팔의 위치에 따라 차이가 있을 수 있다.

혈압을 측정하는 가장 정확한 방법은 직접 동맥압을 측정하는 것이다. 그러나 이 방법은 동맥 도관 삽입에 의한 심각한 합병증이 발생할 수 있고²²⁾ 시술 자체가 기술적으로 어려운데 특히 저

출생체중 영아에서 측정하기 어렵기 때문에, 직접적인 동맥압 측정의 경우 보통 환아의 상태가 심각할 경우에 시행하게 된다. 동맥 삽관술에 의한 직접적인 혈압 측정이 가장 정확하나 경제적인 면과 위험성을 고려하여 청진, 촉진, 발적법, 초음파, 진동식 혈압계 등의 비혈관적인 방법을 시행하여 간접적으로 측정하는 경우가 많으며 지난 20년 동안 기술 진보로 인해 영아들의 혈압 측정에서 비침습적인 방법의 정확도가 향상되었다. 최근 진동식 혈압계를 이용한 혈압 측정법이 많이 이용되고 있으며 다른 방법들과 비교해 일치하는 결과들을 보고하고 있다^{6,7)}.

진동식 혈압계는 비침습적인 방법으로 정확하고 믿을만한 방법이다. 사용이 간단하고, 반복 측정에도 결과가 일정하고, 소아에서도 사용이 가능하며, 혈압을 선별검사하기에 적합하다.

신생아에서 청진법은 진동수나 진폭이 가청한계 이하에 있어 청진기로 감지가 어렵고 촉진법은 심박출량이 적은 경우에 정확한 수축기압을 측정하기 어렵고 확장기압, 평균 동맥압을 측정할 수 없다. 초음파법은 동맥 벽의 진동을 측정하기 때문에 쇼크나 혈관 수축 시에도 사용할 수 있으나 동맥에 정확히 위치해야 하고 관찰자의 편견이 배제될 수 없으며 확장기 혈압을 측정하기 어렵다²³⁾.

지난 십년간 자동 혈압계의 사용이 증가되었다. 이 기계의 장점은 청진하기가 어려운 신생아와 어린 영아에서도 측정가능하고, 빈번하게 혈압을 측정해야 하는 중환자실 환자에서도 사용할 수 있으며 관찰자 오류가 적으나 기계의 보정이 필요하다는 문제점이 있다. 또한 발표된 정상 혈압 자료들이 청진법에 의해서 측정되었기 때문에 자동식 혈압계로 측정된 혈압은 표준화되기에 부적절한 면이 있다. 진동식 혈압계로 측정된 혈압이 90 백분위수 이상이거나 120/80 mmHg 이상인 소아는 수은 혈압계로 반복 측정해야 한다²⁴⁾.

진동식 혈압계와 청진법에 의한 혈압 측정 사이의 차이에 대해서는 논란이 많다^{7,25,26)}. Weaver 등²⁵⁾은 진동식 혈압계(Dinamap 1846, Critikon Inc, Tampa, FL, USA)로 측정된 혈압보다 청진법에 의한 수축기 혈압이 6.4 mmHg 낮고, 이완기 혈압이 8.7 mmHg 높다고 하였다. Park 등⁷⁾은 진동식 혈압계(Dinamap 1846, Critikon Inc, Tampa, FL, USA)로 측정된 수축기 및 이완기 혈압 모두 높다고 보고하였다. 반대로 O'Brien 등²⁶⁾은 자동 혈압계(Dinamap 8100, Critikon Inc, Tampa, FL, USA)로 측정된 수축기 및 이완기 혈압 모두 낮다고 보고하였다.

각 연구들의 혈압 측정 대상, 측정 방법, 분석 방법에 따라서 결과가 다양하여 그 결과들을 비교하기가 어렵다. 2004년에 미국 고혈압 교육 사업단의 4차 보고서에서 수은 혈압계를 이용하여 측정된 소아의 성별, 연령과 신장 백분위수에 따른 혈압의 백분위수¹⁾와 본 연구에서 측정된 혈압을 비교하여 보면, 4-6세 소아의 이완기 혈압 일부를 제외하고는 본 연구에서 진동식 자동 혈압계를 이용하여 측정된 혈압이 남녀 모두에서 높았다. 남아에서 두 연구간의 수축기 혈압의 차이는 8.65±2.85 mmHg이었고, 이완기 혈압의 차이는 7.64±7.35 mmHg였다, 여아에서 수축기

혈압의 차이는 6.85±2.54 mmHg였고, 이완기 혈압의 차이는 5.89±5.83 mmHg였다. 이 차이는 미국과 우리나라 사람의 인종 간 혈압 정상치 차이에 의한 요인을 완전히 배제할 수 없으나 진동식 혈압계와 수은 혈압계의 측정 방법 차이에 의한 영향으로 생각된다.

비만도가 85 백분위수 미만인 1-17세의 정상 체중 소아를 대상으로 신장 백분위수에 따른 90 백분위수의 혈압 수치를 구한 Rosner 등²⁷⁾의 연구와 본 연구 수치를 비교하여 보면 남아의 수축기 혈압의 차이는 9.74±2.04 mmHg, 이완기 혈압의 차이는 8.95±5.53 mmHg이었고, 여아에서 수축기 혈압의 차이는 5.71±2.32 mmHg, 이완기 혈압의 차이는 5.98±4.43 mmHg로 본 연구에서 모두 높은 수치를 보여 수은 혈압계를 이용하여 측정할 때보다 진동식 자동 혈압계로 측정할 경우 혈압이 더 높게 나오는 것을 확인할 수 있었다.

중국에서 6세 이하의 소아를 대상으로 2000년도에 수은 혈압계로 측정하여 발표한 He 등²⁸⁾의 연구와 비교하면 수축기 혈압은 남아에서 7.54±1.44 mmHg, 여아에서 6.75±2.37 mmHg로 본 연구에서 더 높았으며, 이완기 혈압은 유의한 차이가 없었다.

2000년에 서울 시내 1-11세 사이의 소아를 대상으로 진동식 자동 혈압계(Korin 103N, Japan)를 이용하여 혈압 백분위수를 구한 연구¹⁴⁾와 비교하여 보면 수축기 혈압의 경우 남녀 신생아와 5-6세 남아에서, 이완기 혈압의 경우 1개월-2세 남아와 1세 이하의 여아에서 본 연구에서 측정된 혈압치가 높았으나, 그 외 연령에서는 수축기 혈압과 이완기 혈압은 큰 차이를 보이지는 않았다. 본 연구가 약 4배정도 많은 소아를 대상으로 혈압을 측정하였으며, 2000년 자료는 연령과 체중에 따른 혈압의 백분위수를 구하였으나 본 연구에서는 각 연령대에서 신장 백분위수에 따른 혈압의 백분위수를 세분하여 구하였다는데 의의가 있다. 단순히 나이에 따른 평균적 의미의 혈압 백분위수를 구하지 않고, 혈압에 영향을 미칠 수 있는 신체 크기를 고려한 이번 자료가 더 유용하게 쓰일 것으로 생각된다.

Hashimoto 등²⁹⁾은 1997년에 2-6세의 건강한 일본 소아를 대상으로 진동식 자동 혈압계(Dinamap 8104, Critikon Inc, Tampa, FL, USA)로 혈압을 측정하여 발표하였다. 연령별 평균 수축기 혈압과 이완기 혈압을 비교해 보면 본 연구에서 남아에서 수축기 혈압은 0.84±2.37 mmHg 더 높았고 이완기 혈압은 5.36±0.91 mmHg 더 높았다. 여아에서 수축기 혈압은 1.42±1.97 mmHg 낮았으며 이완기 혈압은 4.56±0.68 mmHg 높았다. 이완기 혈압의 경우는 2-6세 전 연령에서 본 연구에서 측정된 혈압이 의미있게 높은 것으로 나왔으나 수축기 혈압의 경우는 큰 차이를 보이지는 않았다.

Park 등⁵⁾은 진동식 자동 혈압계(Dinamap 8100, Critikon Inc, Tampa, FL, USA)로 5-17세까지 소아의 혈압을 측정하여 인종 간 혈압의 차이가 없음을 보고하였고 5-7세 사이의 연령에서 수축기와 이완기 혈압은 본 연구에서 측정된 혈압과 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 영국에서 4-23세 사이 연령을 대상

으로 진동식 자동 혈압계(Dinamap 8100, Critikon Inc, Tampa, FL, USA)를 이용하여 연령별 혈압 백분위수 곡선을 그린 Jackson 등³⁰⁾의 연구와 4-6세까지의 본 연구 자료 결과를 비교해 본 결과 유의한 차이를 보이지 않았다.

혈압 자료들을 비교해 본 결과 진동식 자동 혈압계로 측정된 혈압이 수은 혈압계에 비해 유의하게 높게 나왔지만 높은 상관관계를 보이고 있으며, 식이가 서구화되면서 우리나라 소아들의 신체 발육 상태가 좋아지면서 인종간 혈압 차이는 크지 않은 것으로 생각된다.

본 연구 대상인 서울시에 거주하는 소아와 대한소아과학회에서 발표한 2007년 우리나라 소아의 표준 연령별 성장 자료¹⁷⁾를 비교하여 보면 본 연구 대상인 서울시 어린이들이 전국 어린이 평균에 비해서 키가 크고 체중도 많이 나가는 것을 확인할 수 있었다. 혈압이 신체 크기에 영향을 미친다는 점을 고려해 보면 본 연구에서 나온 혈압 자료가 우리나라 소아 전체를 대상으로 혈압을 측정할 경우보다 혈압이 높을 것으로 생각된다.

향후, 동일한 환자에서 수은 혈압계와 진동식 혈압계에 의한 측정 혈압의 차이를 알기 위한 대규모 연구가 시행된다면, 사용이 편리한 진동식 혈압계를 이용하여 더욱 정확한 고혈압 진단과 치료가 이루어질 수 있을 것이다. 또한 앞서 말한 바와 같이 우리나라 소아의 보다 정확한 고혈압 진단과 치료를 위해서는 서울시가 아닌 우리나라 전국 소아를 대상으로 한 대규모 연구가 필요하다.

본 연구는 진동식 혈압계를 이용하여 서울지역 6세 이하 어린이의 성별, 연령 및 신장 백분위수에 따른 혈압 백분위수를 구해 보았다는 데에서 의미가 있다. 우리나라 소아에서 고혈압을 진단하고 적절하게 치료 계획을 세우는데 있어 이번 연구 자료가 큰 도움이 되리라고 본다.

요 약

목적 : 소아 고혈압은 성별, 연령별, 신장별 수축기 또는 이완기 혈압이 95 백분위수 이상으로, 진동식 자동 혈압계에 의한 소아 혈압치는 일부 연령에서만 보고되어 있고, 최근 6세 이하의 어린 소아에서 보고가 적다. 이에 저자들은 진동식 자동 혈압계를 이용하여 신생아부터 6세 이하의 정상 소아를 대상으로 성별, 연령별, 신장 백분위수별 수축기 및 이완기 혈압을 측정하여 정상 혈압치 및 혈압 백분위수 곡선을 구하여 우리나라 소아의 고혈압 진단과 치료에 도움이 되고자 본 연구를 실시하였다.

방법 : 서울 시내 6세 이하의 어린이 6,690명(남아 3,545명, 여아 3,145명)을 대상으로 진동식 자동 혈압계(Dinamap, Procare-200, GE, USA)를 이용하여 수축기 혈압과 이완기 혈압을 각각 두 차례에 걸쳐 측정하였으며, 이를 이용하여 연령별, 성별 평균 혈압을 구하고, 신장 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 백분위수에 따른 50, 90, 95, 99 백분위수의 혈압을 산출하였고 혈압 백분위수 곡선을 구하였다. 수축기 혈압과 이완기 혈압은 성별 고

정효과모형을 적용하여 선형회귀모형에서 회귀계수와 표준편차를 구하였다.

결과 : 남아와 여아 모두에서 연령이 증가함에 따라 수축기 혈압과 이완기 혈압이 점차 증가하였다. 남아와 여아 모두 동일한 신장 백분위수를 가진 어린이들이 연령이 증가함에 따라서 수축기 혈압과 이완기 혈압 모두 증가하는 양상을 보였다. 남아와 여아 모두 동일한 연령대에서 신장이 커질수록 수축기 혈압과 이완기 혈압 모두 증가하는 양상을 보였다.

결론 : 진동식 자동 혈압계를 이용하여 서울지역 6세 이하 어린이의 성별, 연령 및 신장 백분위수에 따른 혈압 백분위수를 구하였다. 이번 연구 자료가 6세 이하의 고혈압을 진단하고 치료하는데 큰 도움이 되리라 생각한다. 앞으로 고혈압 진단과 치료를 위해서는 서울시가 아닌 우리나라 전국 소아를 대상으로 한 대규모 연구가 필요하다.

References

- 1) National high blood pressure education program working group on high blood pressure in children and adolescents. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents. *Pediatrics* 2004;114(2 Suppl):555S-76S.
- 2) Bao W, Threefoot SA, Srinivasan SR, Berenson GS. Essential hypertension predicted by tracking of elevated blood pressure from childhood to adulthood: the Bogalusa heart study. *Am J Hypertens* 1995;8:657-65.
- 3) Kaufmann MA, Pargger H, Drop LJ. Oscillometric blood pressure measurements by different devices are not interchangeable. *Anesth Analg* 1996;82:377-81.
- 4) Park MK, Menard SW, Yuan C. Comparison of auscultatory and oscillometric blood pressures. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2001;155:50-3.
- 5) Park MK, Menard SW, Yuan C. Comparison of blood pressure in children from three ethnic groups. *Am J Cardiol* 2001;87:1305-8.
- 6) Colan SD, Fujii A, Borow KM, MacPherson D, Sanders SP. Noninvasive determination of systolic, diastolic and end-systolic blood pressure in neonates, infants and young children: comparison with central aortic pressure measurements. *Am J Cardiol* 1983;52:867-70.
- 7) Park MK, Menard SM. Accuracy of blood pressure measurement by the Dinamap monitor in infants and children. *Pediatrics* 1987;79:907-14.
- 8) Chase HP, Garg SK, Icaza G, Carmain JA, Walravens CF, Marshall G. 24-h ambulatory blood pressure monitoring in healthy young adult Anglo, Hispanic and African-American subjects. *Am J Hypertens* 1997;10:18-23.
- 9) Hohn AR, Dwyer KM, Dwyer JH. Blood pressure in youth from four ethnic groups: the Pasadena prevention project. *J Pediatr* 1994;125:368-73.
- 10) Rosner B, Prineas R, Daniels SR, Loggie J. Blood pressure differences between blacks and whites in relation to body size among US children and adolescents. *Am J Epidemiol*

- 2000;151:1007-19.
- 11) Munger RG, Prineas RJ, Gomez-Marín O. Persistent elevation of blood pressure among children with a family history of hypertension: the Minneapolis children's blood pressure study. *J Hypertens* 1988;6:647-53.
 - 12) Lee EH, Namgung R, Lee C, Han DG. A study on the noninvasive measurement of blood pressure in normal newborn. *J Korean Pediatr Soc* 1989;32:1216-23.
 - 13) Lee KJ, Choi JH, Lee J, Shin ZH, Jung JH, Sohn JW, *et al.* Evaluation of correlation between automatic oscillometric sphygmomanometer and standard Korotkoff auscultatory sphygmomanometer. *Korean Circ J* 1997;27:501-7.
 - 14) Suh HI, Hong YM. Oscillometric blood pressure values of infants and children. *J Korean Pediatr Soc* 2000;43:1029-36.
 - 15) Hong YM, Lee JY, Jung JW, Kim NS, Noh CI, Lee SY, *et al.* Normal blood pressure values and percentile curves in children. *Korean Circ J* 2006;36:744-52.
 - 16) Lee CG, Moon JS, Choi JM, Nam CM, Lee SY, Oh KW, *et al.* Normative blood pressure references for Korean children and adolescents. *Korean J Pediatr* 2008;51:33-41.
 - 17) Moon JS, Lee SY, Nam CM, Choi JM, Choe BK, Seo JW, *et al.* 2007 Korean national growth charts: review of developmental process and an outlook. *Korean J Pediatr* 2008;51:1-25.
 - 18) Sorof JM, Lai D, Turner J, Poffenbarger T, Portman RJ. Overweight, ethnicity, and the prevalence of hypertension in school-aged children. *Pediatrics* 2004;113:475-82.
 - 19) Muntner P, He J, Cutler JA, Wildman RP, Whelton PK. Trends in blood pressure among children and adolescents. *JAMA* 2004;291:2107-13.
 - 20) Voors AW, Foster TA, Frerichs RR, Webber LS, Berenson GS. Studies of blood pressures in children, ages 5-14 years, in a total biracial community: the Bogalusa heart study. *Circulation* 1976;54:319-27.
 - 21) Varda NM, Gregoric A. A diagnostic approach for the child with hypertension. *Pediatr Nephrol* 2005;20:499-506.
 - 22) Marsh JL, King W, Barrett C, Fonkalsrud EW. Serious complications after umbilical artery catheterization for neonatal monitoring. *Arch Surg* 1975;110:1203-8.
 - 23) Kim YD, Choi JW, Yun CK. A study on blood pressure measurements in the newborn infants. *J Korean Pediatr Soc* 1986;29:7-17.
 - 24) Portman RJ, McNiece KL, Swinford RD, Braun MC, Samuels JA. Pediatric hypertension: diagnosis, evaluation, management, and treatment for the primary care physician. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care* 2005;35:262-94.
 - 25) Weaver MG, Park MK, Lee DH. Differences in blood pressure levels obtained by auscultatory and oscillometric methods. *Am J Dis Child* 1990;144:911-4.
 - 26) O'Brien E, Mee F, Atkins N, O'Malley K. Short report: accuracy of the Dinamap portable monitor, model 8100 determined by the British Hypertension Society protocol. *J Hypertens* 1993;11:761-3.
 - 27) Rosner B, Cook N, Portman R, Daniels S, Falkner B. Determination of blood pressure percentiles in normal-weight children: some methodological issues. *Am J Epidemiol* 2008;167:653-66.
 - 28) He Q, Ding ZY, Fong DY, Karlberg J. Blood pressure is associated with body mass index in both normal and obese children. *Hypertension* 2000;36:165-70.
 - 29) Hashimoto N, Kawasaki T, Kikuchi T, Uchiyama M. Criteria of normal blood pressure and hypertension in Japanese pre-school children. *J Hum Hypertens* 1997;11:351-4.
 - 30) Jackson LV, Thalange NK, Cole TJ. Blood pressure centiles for Great Britain. *Arch Dis Child* 2007;92:298-303.