

신체 성장곡선 및 성별 차이에 관한 연구

Sex Differences in Physical Growth Model

정 병 용*

Byung-Yong Jeong

ABSTRACT

Anthropometric characteristics and considerations of sex differences are essential for the correct design of ergonomic work spaces. This paper is concerned with longitudinal study on the physical growth in Korean youth. Three hundred eighty-seven subjects were selected from third year students of high schools, and their records on physical examination during the last twelve years were surveyed by longitudinal method. For boys and girls, this study investigated the anthropometric characteristics of physical structure and the shape of physical growth. The result showed that the physical growth spurt of girl occurred earlier than that of boy. Also, by regression analysis, the third-order polynomial function was suitable for the growth curves of stature and weight, and there were significant sex differences in the fitted curves.

1. 서 론

최근 인간이 사용하기에 보다 편하고 적합한 제품을 만들자는 인간공학적 사고가 인식됨에 따라 인체 치수는 인류학이나 의학적 관심의 영역을 넘어서 제품 설계를 위한 필수적인 자료로 인식되어 가고 있다.

인체 측정은 산업설계의 기본이 되는 인간의 신체 치수 및 특성에 관한 자료를 산출하는 작업으로서 측정 자료는 의류, 가구류 등의 일상용품이나

공구, 작업환경에 이르기까지 인간이 사용하고 활동하는 환경을 적합하고 편리하게 만드는데 이용된다. 국내에서도 산업 발전 형태가 모방에서 독창적인 설계 단계로 이행됨에 따라 인체 측정자료의 요구도가 급증하는 추세이며, 이에 따라 인체 측정을 통하여 작업 및 생산설비의 설계, 작업역 등의 설정 등에 대한 기초 자료를 제공하는 것이 바람직하며, 인체 측정 자료의 다방면에 걸친 해석과 적용이 필요하다.

인체 측정 연구는 크게 횡단적 연구(cross-sectional study)와 종단적 연구(longitudinal study)로

* 한성대학교 산업공학과 / 산업안전공학과

분류된다. 횡단적 연구는 특정 집단 또는 연령층의 인체특성과 구조를 일시에 조사하는 것으로 단기간의 연구기간에 저렴한 경비로 수행할 수 있으며, 대량의 계측 자료 수집이 가능하며 집단 비교나 공용 설비의 설계시 적합한 방법이다. Australia의 학생용 의자 설계를 위한 인체측정치의 연구¹⁾, 학생용 가구 설계를 위한 홍콩 학생들의 인체측정치²⁾ 등이 있으며, 국내에서는 1979년 KIST에서 실시한 국민 체위조사³⁾, 1986년 및 1992년 표준과학연구원에서 실시한 국민 체위조사⁴⁾⁵⁾, 학생용 가구설계를 위한 인체 측정치의 성별 차이에 관한 연구⁶⁾ 등이 있다. 종단적 연구는 개인 또는 집단을 대상으로 인체 특성의 변화를 장기간동안 주기적으로 조사하는 것으로, 많은 시간과 노력, 경비 등이 필요하며 검사때마다 측정 오차를 줄이기 위한 노력이 필요하다. Montbellard 백작이 아들의 신장을 생후 18년간 동안 6개월마다 기록한 것이 최초의 종단적 연구로 알려져 있으며, 국내에서는 서울지역 신생아 100명을 대상으로 10개년 계획으로 실시했던 한국 아동의 종단적 연구와, 최대 성장발육 연령과 신장과 몸무게의 상관성을 분석한 연구⁷⁾, 국민학교 아동 체격의 종단적 연구⁸⁾ 등이 있다.

지금까지 우리나라에서의 인체 측정에 관한 연구는 주로 횡단적인 연구에 한정되었으며, 종단적인 연구의 중요성에도 불구하고 신체 발육이 왕성한 청소년기에 신체 성장이 어떤 형태로 나타나는가를 체계적으로 분석한 연구는 아직까지 부족한 상태이다. 특히, 신체 발육이 왕성한 청소년기 초중고등학생들의 신체 발육 상태를 정확히 측정하고 평가하는 것은 보건 관리 측면이나 교육적인 면에서 신체 성장에 관한 특성을 이해하는 기초 자료로 중요할 뿐만 아니라, 학교 생활 시설·설비를 설계하는데 기초 자료로 응용될 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 국민학교 1학년(6세)부터 고등학교 3학년(17세)까지의 청소년기에 학생들이 어떻게 신체적으로 성장 발달하는가를 키와 몸무게를 대상으로 특성을 분석하고 성장곡선을 구하며, 이 과정에서 남녀간의 신체 성장 유형에 관한 차이를 밝히고자 한다.

2. 연구방법

우리나라에서는 청소년들의 신체발달의 중요성을 인식하여 1951년부터 학생 신체검사 규정에 의하여 키, 앉은키, 몸무게, 가슴둘레를 매년 측정하여 건강기록부에 기록하고 있다. 이러한 자료는 학생들의 개인별 체격에 관한 성장 변화의 과정을 나타내며 성장발육의 정도를 평가하는 척도로 이용된다. 교육부에선 전국 학생들에 대한 신체검사 자료를 집계하여 교육 통계 연보에 수록하고 우리나라 학생들의 평균 신체 체격에 대한 통계 자료로 이용한다.

키, 몸무게, 앉은키, 가슴둘레 등은 제품이나 장비의 설계시 사람의 체격을 대변하여 주는 특성치로 중요하다. 특히, 키는 신체의 길이부위를 대변하는, 특성치로, 몸무게는 둘레와 너비 부위를 가장 잘 설명하는 특성치로 대표된다^{6)~9)}. 즉, 체격을 나타내는 척도로는 주로 키와 몸무게가 이용되므로 본 연구에서는 신체 성장을 키와 몸무게를 대상으로 분석하고자 한다.

또한, 본 연구에서는 종단적 연구에 소요되는 장기간의 노력과 경비의 어려움을 해소하기 위해 매년 초중고등학교에서 실시하는 신체검사의 기록을 이용하였다. 조사는 1992년에 서울시내 고등학교 3학년에 재학중인 학생들을 대상으로 건강기록부에서 국민학교 1학년(만 6세)부터 고등학교 3학년(만 17세)까지 12년간의 개인별 키와 몸무게의 성장 기록을 수집하였다. 수집된 성장기록 중에서 현저하게 측정오류가 있는 것으로 여겨지는 자료(성장 발육의 감소가 있는 것 등)들은 제외시키고, 남자 193명, 여자 185명, 총 378명의 자료를 분석 대상으로 이용하였다.

수집된 자료들은 키와 몸무게 모두 소수 첫째자리까지 cm와 kg단위로 기록된 것이며, 남녀, 연령별로 키와 몸무게의 성장 발육 평균치와 연간 최대 발육연령과 분포 경향, 신체발육 치수인 몸무게/키 비율과 Rohrer 지수들을 구하여 남녀 연령별 체격 발달의 전체적인 변화 경향을 알아본다. 또한, 키와 몸무게가 남녀별로 어떻게 성장하는가를 수학적으로 성장 곡선을 추정하여 남녀별로 비교한다.

3. 연구 결과 및 분석

본 연구에서 조사한 피실험자들의 남녀별 연령에 따른 키와 몸무게의 평균과 표준편차를 Table 1에,

변화 경향을 Fig. 1에 나타내었다. 이들에 의하면 키와 몸무게 모두 연령이 증가됨에 따라 평균값들이 증가됨을 알 수 있고, 남녀 비교에서는 키는 여

자가 11세에서만 남자보다 평균값이 높으며, 몸무게는 모든 연령대에서 남자가 여자의 평균값보다 큰 결과를 보이고 있다.

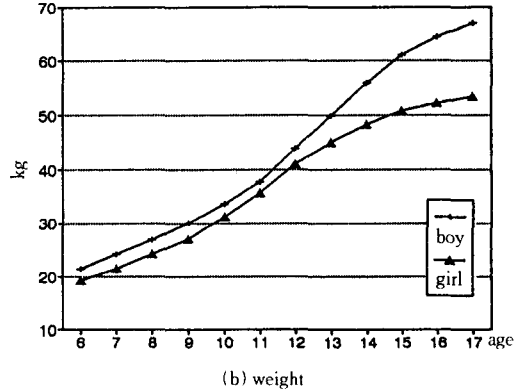
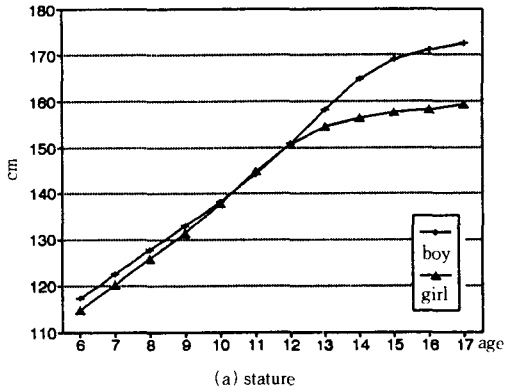


Fig. 1 Mean values of stature and weight

Table 1 Measurements of boys and girls

Age	Stature(cm)		Weight(kg)	
	boys	girls	boys	girls
6	117.3* (4.0782)**	114.7 (3.7515)	21.6 (4.2580)	19.2 (2.1744)
7	122.4 (4.0067)	120.2 (3.9911)	24.2 (4.5051)	21.6 (2.1266)
8	127.7 (3.9518)	125.8 (4.3578)	26.9 (5.2476)	24.2 (2.7845)
9	132.9 (4.3455)	131.4 (4.6234)	30.1 (6.2081)	27.2 (3.5871)
10	138.2 (4.8325)	137.8 (5.3580)	33.7 (7.0873)	31.3 (4.4652)
11	144.3 (5.8159)	144.8 (5.3168)	37.7 (7.9320)	35.7 (5.1955)
12	150.9 (7.1974)	150.6 (4.7781)	43.9 (9.6833)	41.0 (5.6131)
13	158.1 (7.1223)	154.5 (3.5925)	49.9 (9.7712)	45.0 (5.1556)
14	164.9 (6.1742)	156.4 (3.3123)	56.0 (9.7453)	48.3 (5.0471)
15	169.1 (5.0769)	157.6 (3.2673)	61.1 (9.5350)	50.8 (5.0605)
16	171.1 (4.9293)	158.3 (3.1244)	64.4 (9.1711)	52.3 (5.5648)
17	172.6 (4.7555)	159.3 (3.2063)	67.0 (9.1754)	53.5 (5.9059)

* Mean

** Standard deviation

남녀 성장 변화를 자세히 파악하기 위하여 연령에 따른 키와 몸무게의 연간 변화의 평균치를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2(a)에 의하면 조사대상자들의 연령별 키의 연간 증가값의 평균치는 여자가 11세까지는 남자보다 증가값이 앞서고 12세부터는 남자의 성장값의 평균치가 더 큼을 알 수 있다. 연간 키의 변화는 여자는 11세(10세에서 11세 구간)에서 남자는 13세(12세에서 13세 구간)에서 가장 큰 것을 알 수 있다. Fig. 2(b)에 의하면 연령별 몸무게의 연간 성장 발육 변화는 남자의 평균값이 여자의 평균값보다 10세와 11세 구간을 제외하고는 모든 연령대에서 큰것으로 나타났다. 또한, 연간 몸무게의 증가는 여자는 12세(11에서 12세 구간)에서 남자는 12, 13, 14세 구간에서 최대의 연간 증가를 보이고 있다.

남녀 성별로 키와 몸무게의 연간 최대 성장이 어느 연령대에서 일어나는가를 파악하기 위하여 개인별로 연간 최대 성장 연령대를 구하여 그 분포를 Table 2에 나타내었다. Table 2에서 여자는 키의 연간 최대 성장이 11세에 이루어진 비율이 가장 높았으며, 남자는 13세에 이루어진 비율이 가장 높음을 보여준다. 또한, 여자가 남자보다 키의 성장이 일찍 일어나며, 그 연령대는 대부분이 여자는 9세에서 11세까지, 남자는 11세에서 14세까지 일어남을 보여준다. 몸무게는 연간 최대 성장이 남자는

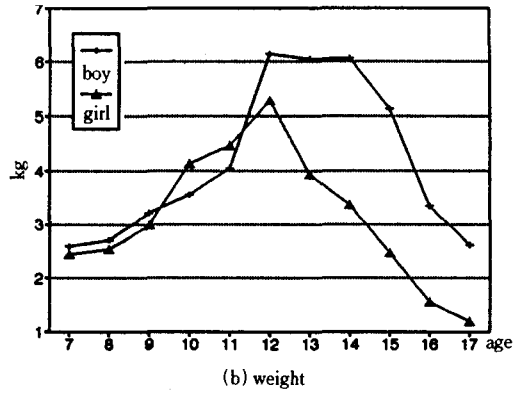
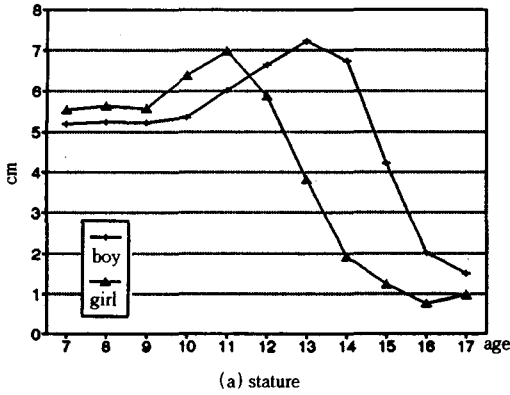


Fig. 2 Mean values of annai increments

Table 2 Distributions of maximum growth age

Age		6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	
Stat	boys		0.5% (1)	0	3.6% (7)	5.7% (11)	22.8% (44)	31.1% (60)	28.5% (55)	7.8% (15)			100% (193)
	girls	3.8% (7)	3.8% (7)	11.4% (21)	26.5% (49)	36.2% (66)	13.0% (24)	6.0% (11)					100% (185)
Wei	boys			0.52% (1)	0	5.7% (11)	27.4% (53)	25.4% (49)	25.9% (50)	11.4% (22)	3.11% (6)	0.52% (1)	100% (193)
	girls		0.5% (1)	3.2% (6)	7.0% (13)	20.5% (38)	37.8% (70)	23.8% (44)	6.5% (12)	0.5% (1)			100% (185)

11세에서 14세에, 여자는 11세에서 12세까지 이루어진 비율이 높다. 몸무게의 연간 최대 증가도 여자는 대부분이 10에서 13세에, 남자는 11에서 14세에 일어나 남자가 여자보다 1년 정도 늦음을 알 수 있다.

Fig. 3은 남녀별 연령에 따른 몸무게/키 비율에 대한 평균치를 나타내고 있는데 남자는 전 연령에서 몸무게/키의 비율이 계속 증가하고 있는 반면 여자는 15세를 기준으로 증가하지 않음을 볼 수 있다. 이는 여자는 고등학교 1학년(15세)를 기준으로 키의 증가가 몸무게의 증가율보다 상대적으로 적게 일어남을 시사한다.

남녀 연령별 신체 발육 상태를 나타내는데는 주로 Rohrer 지수가 이용된다. Rohrer 지수는 $10^7 * \text{몸무게}/(\text{키})^3$ 로 표시되는 신체총질 지수로서 120이하의 허약, 120에서 150은 정상, 150이상은 비만으로 분류한다[8]. 본 연구의 피실험자들은 고등학교 3학년(17세) 당시에 남자는 허약이 193명중 50명(25.9%), 정상이 130명(67.4%), 비만이 13명(6.

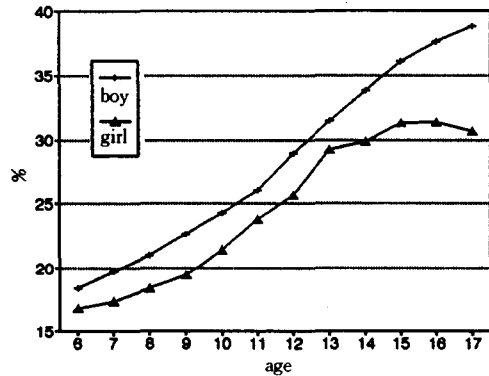


Fig. 3 Means of weight/stature ratio

7%)이었으며, 여자는 185명중 허약이 43명(23.2%), 정상이 113명(61.1%), 비만이 29명(15.7%)로 분포되었다. 이들의 연령별 평균치 변화는 Fig. 4에 나타내었다. 연령별 Rohrer 지수의 평균값을 보면 남녀 모두 정상치의 범위내에 있으며, 여자의

경우 6 세부터 감소하여 11세에 최소가 된후 다시 증가하는 형태로 보이며, 남자는 6 세부터 감소하여 11세까지 감소한 후 12세에 잠시 높아졌다. 다시 감소하여 14세에 최소값을 이루고 이후 증가하는 형태를 보이고 있다. 즉, 키의 성장이 상대적으로 왕성한 구간에서 Rohrer지수가 적게 나타난다. 14세이후 여자지수가 남자지수보다 높은 것은 여자에 있어서 키의 성장이 거의 완료되어 상대적으로 몸무게의 증가가 Rohrer 지수에 큰 영향을 준것으로 여겨진다.

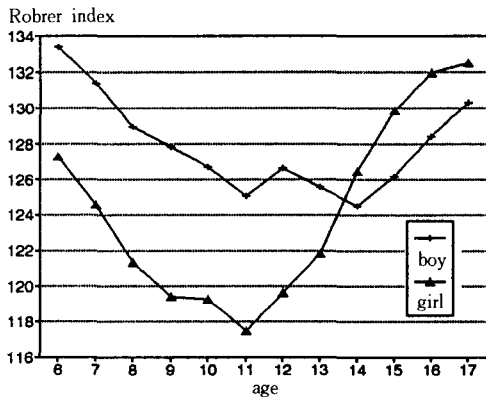


Fig. 4 Means of Rohrer index by age and sex

키와 몸무게의 성장이 왕성한 시기인 6 세에서 17 세까지의 성장 발육 형태를 추정하기 위하여, 다음과 같은 회귀모형을 이용하여 성장곡선을 추정하였다.

$$y_i = a + bx_i + \epsilon_i$$

$$y_i = a + bx_i + cx_i^2 + \epsilon_i$$

$$y_i = a + bx_i + cx_i^2 + dx_i^3 + \epsilon_i$$

$$y_i = a + b(1/x_i) + \epsilon_i$$

여기서 y는 키 또는 몸무게, x는 나이, i는 피실험자 순번을 나타내는 첨자이다. Table 3은 위의 회귀모형을 이용하여 남녀별로 구한 회귀방정식과 결정계수(R²)을 나타낸다. Table 3에 의하면 남녀 모두 키와 몸무게의 성장곡선으로 여러 모형중에서 3차 곡선이 가장 설명력(R²)이 높고, 남녀별로 성장 곡선에 차이가 있음을 볼 수 있다.

Fig. 5는 추정한 성장곡선 방정식중에서 가장 설명력이 높은 성장곡선을 나타내고 있으며 그 추정식은 다음과 같다.

$$\text{키} = \begin{cases} 140.7215 - 12.3111 * \text{나이} + 1.7434 * \text{나이}^2 - 0.0536 * \text{나이}^3 & (\text{남자}) \\ 92.8043 + 0.7870 * \text{나이}^2 - 0.0330 * \text{나이}^3 & (\text{여자}) \end{cases}$$

$$\text{몸무게} = \begin{cases} 60.0583 - 14.3652 * \text{나이} + 1.6117 * \text{나이}^2 - 0.0436 * \text{나이}^3 & (\text{남자}) \\ 46.7588 - 11.7857 * \text{나이} + 1.4734 * \text{나이}^2 - 0.0446 * \text{나이}^3 & (\text{여자}) \end{cases}$$

Table 3 Physical growth model

Y	Boys	Girls
s t a t u r e	Y = 84.6277 + 5.4631X (R ² = 0.9161)	Y = 92.8452 + 4.3269X (R ² = 0.8729)
	Y = 72.2679 + 7.8255X - 0.1027X ² (R ² = 0.9191)	Y = 51.0511 + 12.3153X - 0.3473X ² (R ² = 0.9254)
	Y = 140.7215 - 12.3111X + 1.7434X ² - 0.0536X ³ (R ² = 0.9262)	Y = 92.8043 + 0.7870X ² - 0.0330X ³ (R ² = 0.9306)
	Y = 201.3507 - 559.3874(1/X) (R ² = 0.8592)	Y = 187.5304 - 466.2684(1/X) (R ² = 0.9067)
w e i g h t	Y = -8.6277 + 4.4929X (R ² = 0.7828)	Y = -2.3677 + 3.4671X (R ² = 0.8597)
	Y = 4.4450 + 1.9942X + 0.1086X ² (R ² = 0.7870)	Y = 10.1475 + 4.9541X - 0.0647X ² (R ² = 0.8625)
	Y = 60.0583 - 14.3652X + 1.6117X ² - 0.0436X ³ (R ² = 0.7930)	Y = 46.7588 - 11.7857X ² + 1.4734X ² - 0.0446X ³ (R ² = 0.8740)
	Y = 85.7300 - 443.0609(1/X) (R ² = 0.6809)	Y = 71.6099 - 353.9694(1/X) (R ² = 0.8015)

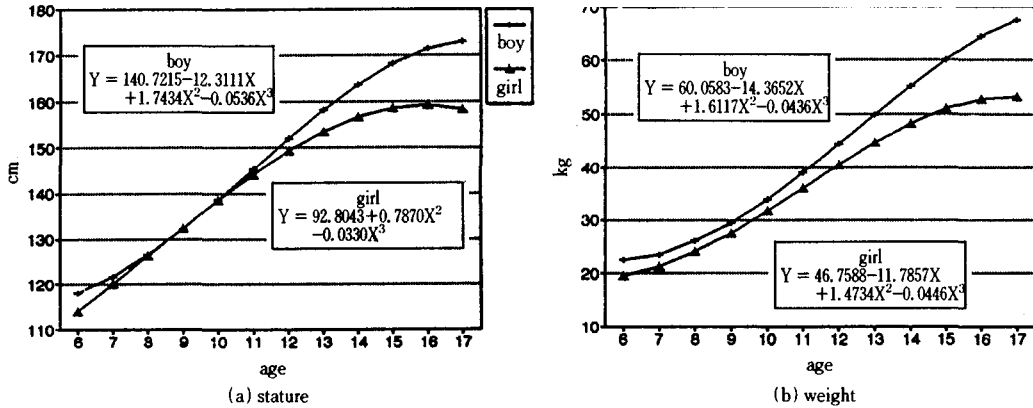


Fig. 5 Growth curves of stature and weight

4. 결론 및 검토

인체에 잘맞고 사용하기에 편리한 제품을 설계, 제작하기 위해서는 신체의 특성과 인체 부위들 사이의 관계를 잘 파악하여야 한다.

본 연구에서는 청소년기의 신체성장 발육이 키, 몸무게 별로 어떻게 진행되는가를 분석하고, 성장곡선의 추정 방정식을 세우는 한편, 성별 차이를 검토하였다. 결과에 의하면 키는 여자가 9세에서 11세에, 남자가 11세에서 14세에 최대의 성장을 나타내며, 여자의 성장이 남자보다 일찍 일어났고, 몸무게도 여자는 10세에서 13세에 남자는 11세에서 14세에 최대 성장이 일어났다. 또한, 키와 몸무게의 성장곡선은 모두 나이에 따른 3차 다항식의 형태로 표현되었고, 남녀별 차이가 존재하였다.

본 연구의 분석 결과는 한국 청소년의 신체 발달을 표현하는 기본 자료로 의미를 갖으며, 청소년기 학생들의 시설, 설비등을 설계하는데 이용될 수 있을 것이다. 특히, 신체 부위별 성장 형태에서 성별 차이를 파악함으로써, 남녀 신체 특성에 맞는 설계를 하는데 기여할 것이다. 또한, 현재 초중고등학교에서 실시되고 있는 신체검사 자료가 효과적으로 분석되고 중요한 통계자료로 응용될 수 있음을 보여줌으로써, 신체 검사시 정밀한 자료의 수집과 관리에 더욱 주의를 기울이도록 하는데 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 1) Oxford, H.W. Anthropometric Data for Educational Chairs, Ergonomics, Vol.12, No.2, pp. 140~161, 1969.
- 2) Evans, W.A. et al., The Design of School Furniture for Hong Kong Schoolchildren, Applied Ergonomics, Vol.19, No.12, pp.122~134, 1988.
- 3) 허문열외, 산업의 표준치 설정을 위한 국민 표준체위 조사 연구보고서, 한국과학기술연구소, 1980.
- 4) 김진호외, 한국인 인체측정에 관한 연구, 대한인간공학회지, Vol.8, No.1, pp.19~30, 1989.
- 5) 한국표준과학연구원, 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사보고서, 공업진흥청, 1992.
- 6) Byung Yong Jeong, Kyung S.Park, Sex Differences in Anthropometry for School Furniture Design, Ergonomics, Vol.33, No.12, pp.1511~1521, 1990.
- 7) 박정환, 박순영 외, 일부 대도시지역 청소년의 성장발육, 최대성장발육 연령, 상관성과 회귀직선방정식에 대한 유사종단적 연구, 경희대학교 논문집, pp.453~472, 1989.
- 8) 정옥임, 아동체격의 종단적 연구, 대한인간공학회지, Vol.6, No.2, pp.3~8, 1987.
- 9) Roebuck, J.A. et al., Engineering Anthropometry Methods, Wiley-Interscience Publication, 1975.