

학생용 책걸상의 표준규격에 관한 연구

(An Ergonomic Study of the Standard Sizes
of Educational Chairs and Desks)

鄭炳榕[†] 朴景洙^{††}

Abstract

This study intends to improve the efficiencies of school works by proposing a method of determining the standard sizes of chairs and desks. To achive this purpose, eight measurements were taken of 1248 school children.

The main results drawn from this study are :

1. There are significant correlations between stature and popliteal height and between stature and elbow height (seated).
2. There are significant differences between men and women of similar stature in respect of popliteal height.
3. The standard sizes of chairs and desks ought to be based on the characteristics of human body size and their relationship.

I. 序 論

1. 研究의 必要性

現代를 살아가는 사람들은 하루중의 많은 시간을 앉아서 지내며, 특히 初·中高等學校 學生들에게는 日常生活의 대부분이 책상과 의자에서 이루어진다고 할 수 있다.

의자와 책상은 人體와 직접 接觸하여 使用하게 되므로, 人體의 構造나 特性에 맞지 않을 경우에는 身體發育에 支障을 주거나 身體骨格의 變形을 가져오기가 쉽다.

1985년 文教統計年報^[12]에 의하면 우리나라 初·中高等學校의 總學生數는 9,791,727명에 이르지만 아직까지 초·중·고등학교 學生用 책·걸상에 관한 體系의인 研究는 없었다.

따라서, 人間工學的 側面에서 책·걸상에 관한 설계 指針을 살펴보고, 이를 應用하여 韓國人의 體格에 맞는 책걸상을 설계하기 위한 研究가 必要하다.

2. 研究 目的

개개인마다 身體部位의 寸수가 각각 다르므로,

†韓國科學技術院 産業工學科 人間-機械/生産 體系研究室
††韓國科學技術院 産業工學科

개인에게 적절한 책·걸상을 提供하기 위해서는, 일일이 개개인의 치수에 따라 注文製作하거나, 신체 크기에 맞도록 調節할 수 있어야 한다.

그러나, 教室에서 使用하고 있는 學生用 책·걸상의 경우에는 개인에게 모두 책·걸상을 注文式으로 製作하거나, 책상·의자의 모든 部分을 調節式으로 만드는 것은 어려운 일이다.

따라서, 책·걸상을 使用하려고 하는 大多數의 사람들을 滿足시킬 수 있는 規格을 정하는 것이 필요하다.

본 研究에서는, 지금까지 先行된 研究에 의하여 알려진 책상과 의자의 설계 基準을 살펴보고, 人體測定을 통하여 人體部位들 사이의 관계를 분석하여 合理的인 方法에 의하여 規格을 정하는 方法을 提示하고자 한다.

3. 研究 範圍

본 研究에서는 책상과 의자의 여러 설계 요소중에서 신체 치수에 따라 크기를 달리해야 하는 의자의 좌면 높이, 좌면 너비, 좌면 깊이와 책상 높이에 관심을 두고자 한다. 이 요소들은 規格을 정하는 데 필수적인 것들이며, 책·걸상의 安樂함과 機能的 効用性を 결정하는 중요한 要因들이다.

또한, 인체 부위들 사이의 관계를 調査하고 키, 앉은키, 몸무게, 나이, 남·녀 관계등을 이용하여 책·걸상 설계에 필요한 인체 부위를 推定하여, 이를 책·걸상 설계에 應用하고자 한다.

II. 의자와 책상의 設計指針

1. 의자의 設計指針

1.1 좌면 높이 (Seat Height)

일반적으로 사람들은 자기의 오금높이 (popliteal height, sitting)와 거의 일치하는 높이의 의자에 앉았을 때 편하게 느낀다^[5].

따라서, 개개인에 알맞는 의자를 만드는 경우에 좌면 높이는 개개인의 오금높이가 되도록 하면 된다. 다만 인간이 적당하게 느끼는 의자

의 높이는 어느 한 점이 아니라 一定範圍의 區間이며, 그 구간내에서는 적당하다고 느끼므로 많은 사람들을 대상으로 설계하는 경우에는 이를 考慮하여 비슷한 오금높이들을 單位로 묶어 製作하면 된다.

N.S.Kirk 등은^[6] 成人 男女를 對象으로 한 의자높이 判別 實驗에서 比較높이 보다 상·하 각각 2.5cm 정도 이상만 차이 나면 判別可能하다고 하였다. 또, 인력 개발 연구소^[4]의 調査에 의하면 좌면 높이에 대하여 韓國人이 識別하지 못하는 높이의 範圍는 오금높이에 따라 변하는데, 國民學生의 경우 上·下 각 1.5cm 씩 3.0cm 구간, 中學生 以上은 上·下 각 2.0cm와 4.0cm 區間이 된다고 하였다.

1.2 좌면 깊이 (Seat Depth)

의자의 좌면 깊이는 엉덩이에서 무릎뒤까지의 길이 (이하 엉덩이-무릎뒤 길이 buttock - popliteal length)보다 약간 짧게 즉, 國民學生의 경우 2cm, 中學生 以上은 4cm 정도 짧게 하는 것이 적당하다^[4].

여러 사람이 使用하는 의자를 설계하는 경우에는 엉덩이-무릎뒤 길이가 짧은 사람을 基準으로 정해야 한다^[9].

1.3 좌면 너비 (Seat Width)

의자의 좌면 너비는 엉덩이 너비 (hip breadth, sitting)보다는 최소한 커야하며 자연스럽게 양 무릎을 놓을 수 있는 餘裕空間을 더해 주어야 한다^[10].

일반적으로 의자의 좌면 너비는 엉덩이 너비보다 6~8cm 이상은 넓어야 하며 적어도 엉덩이 너비보다 5cm 이상은 넓어야 한다^[11].

여러 사람이 사용해야 하는 의자일 경우에는 좌면너비는 엉덩이 너비가 큰 사람을 基準으로 설계해야 한다^[6].

2. 책상의 設計指針

2.1 책상 높이

책상 높이는 해야할 作業種類에 따라 다르나, 어떤 경우이든 팔꿈치가 작업면이나 책상면에 편하게 놓이도록 해야 하며^[5], 앉아 있을 때

의 팔꿈치 높이는 몸의 자세나 앉아있는 좌면의 높이와 관련이 있으므로 의자의 좌면 높이와 동시에 고려하여야 한다^[1].

學習을 하는 경우의 바람직한 책상 높이는 자신에게 알맞는 좌면 높이에다 좌면에서 팔꿈치까지의 높이(이하 좌면-팔꿈치 높이 elbow height, sitting)를 더하면 된다^[2].

개인용 책상의 경우, 책상 높이는 오금높이에 좌면-팔꿈치 높이를 더한 지면-팔꿈치 높이를 基準으로 하면 되지만, 靑少年期 學生들은 成長速度가 빠르므로 높이를 조절할 수 있는 높이 調節用 책상이 요구된다.

많은 사람들을 대상으로 하는 教室用 책상의 경우에는 堅固性和 經濟的인 면 때문에 높이를 조절할 수 없는 固定用 책상이 많다. 이 경우 사람들이 적당하게 느끼는 책상의 높이는 어느 한 점이 아니라 지면-팔꿈치 높이를 중심으로 一定한 範圍區間이라는 사실을 이용하여 설계하면 된다.

인력 개발 연구소^[14]에 의하면, 지면-팔꿈치 높이를 기준으로 한국인이 식별하지 못하는 높이의 범위는 지면-팔꿈치 높이에 따라 변하는데, 국민학생은 3.0~4.0cm 구간, 중학생이상은 4~4.5cm 구간이라고 하였다.

Ⅲ. 實驗 및 結果

1. 測定 對象

모든 학생들에게 적합한 標準規格을 정하기 위해서는 地域別, 性別, 年齡別로 全國의 학생들을 代表할 수 있도록 전국 각지에서 골고루 標本을 抽出하여야 한다. 그러나, 많은 경비와 시간, 측정, 인력등의 제약때문에 서울과 경기도 성남만을 測定 對象地域으로 정하였다.

피실험자(이하 피계측자)들은 正형의과적으로 결함이 없는 사람들 중에서 선정하였으며 性別, 地域別, 學年別(測定對象 分布는 표 1과 같다.

표 1. 인체 측정 인원수 단위 : 명

성별 지역 학교	남 자		여 자		계
	서울	성남	서울	성남	
국민학교	26명 × 6학년 = 156	156	156	156	624
중 학교	26명 × 3학년 = 78	78	78	78	312
고등학교	26명 × 3학년 = 78	78	78	78	312
계	312	312	312	312	1248
	624		624		

2. 測定器機

신장계, 좌고계, 체중계를 이용하여 키, 앉은 키, 몸무게 등을 측정하였으며, 책·걸상 설계시에 필요한 인체 부위를 직접 측정할 수 있도록 새로운 측정기를 설계한뒤, 제작은 KAIST 공작실에서 하였다.

측정기는 피계측자의 姿勢變化에 따른 영향을 줄이기 위하여 측정 基準點이 틀 역할을 하며(그림 1 참조), 측정기를 사이에 자 눈금의 差異를 없애도록 신장계, 좌고계와 눈금 조정(calibration)을 하였다. 또한, 측정 자세에서 직접계측에 따른 거부감을 줄이기 위하여 피계측자의 몸을 직접 만지지 않고도 눈금을 읽을 수 있으며, 이동 계측도 용이하다.

3. 測定部位 및 方法

인체 측정은 각 학교의 教室이나 체육관에서 하였으며, 피계측자들은 여름용 체육복(반팔T셔츠, 반바지)만을 着用한 상태에서 다음과 같은 部位를 측정하였다.

3.1 신체 특성치

- ① 키(stature)
- ② 앉은키(sitting height)
- ③ 몸무게(weight)



그림 1. 측정기 및 측정 자세

3.2 책·결상 설계에 필요한 部位

피계측자들은 신발을 신지 않은 채로 下肢(lower legs)보다 높게 설계된 측정기에 무릎이 직각을 이루도록 앉으며, 이 때, 몸통은 똑바로 세우고, 팔이 몸통과 직각이 되도록 팔꿈치를 굽힌 상태에서 다음 부위들을 측정한다.

- ④ 엉덩이-무릎뒤길이(buttock-popliteal length) : 엉덩이 끝에서 굽힌 무릎의 뒷부분까지의 최대 수평거리
- ⑤ 엉덩이 너비(hip breadth, sitting) : 엉덩이의 최대 수평거리
- ⑥ 오금 높이(popliteal height, sitting) : 발바닥에서 앉은면까지의 수직거리
- ⑦ 대퇴 높이(thigh clearance height, sitting) : 앉은면에서 대퇴 윗면까지의 최대 수직거리
- ⑧ 좌면-팔꿈치 높이(elbow-seat) : 앉은면에서 팔꿈치 밑면까지의 수직거리

피계측자들은 測定前에 정해진 자세를 취하도록 설명을 받았으며, 앉은 자세에서의 인체 부위를 측정할 때는 자세의 변화를 막기 위하여 측정이 끝날 때까지 같은 자세를 유지하였다.

4. 人體 測定結果

初·中·高等學校 1248 명의 학생들을 대상으로 측정한 人體部位別 평균, 표준편차 및 상관계수는 표 2.3 과 같다.

책걸상 설계에 필요한 人體部位중 엉덩이-무릎뒤길이, 오금높이, 지면-팔꿈치 높이는 키와의 상관계수가 크며, 엉덩이 너비는 몸무게와의 상관 계수가 큰 것을 알 수 있다. 즉, 人體部位중에서 길이를 나타내는 부위는 키와의 상관관계가 높고, 들레를 나타내는 부위는 몸무게와의 상관관계가 높음을 확인할 수 있다.

조사한 1248 명의 人體測定値로 부터 남녀별로 각 인체 부위 칫수의 키에 대한 비율을 구하여 그림 2에 표시하였다.

각 인체 부위별 키에 대한 비율은

$$\frac{\text{성별 인체 칫수의 평균치}}{\text{성별 키의 평균치}} \quad \text{로 정의된다}^{[10]}$$

그림에 의하면 각 부위별 키에 대한 비율이 남·녀간에 차이가 존재함을 알 수 있다.

IV. 人體測定値의 分析

1. 回歸分析

身體部位 칫수들 사이에는 서로 相關關係가 깊으므로 測定하기 쉬우면서도 人體의 特性을 잘 대변하는 키, 앉은키, 몸무게와 나이등을 이용하여 책걸상 설계에 필요한 인체 부위 칫수를 推定(estimate)하기 위하여 回歸分析(regression analysis)을 하였다.

그러나, 키, 앉은키, 몸무게, 나이등은 서로 相關關係가 매우 높아, 이들을 獨立變數로 하여 책걸상 설계에 필요한 人體部位 칫수를 추정하는 回歸線(regression line)을 구할 경우, 獨立變數들 사이에 多共線性(multicollinearity)이 存在하게 되어 回歸線의 使用에 문제점이 발생한다.

일반적으로 線型回歸模型(linear regression model)

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

표 2. 인체 측정치의 평균 및 표준편차

단위: cm

특 정 치	남 자		여 자	
	평 균	표준편차	평 균	표준편차
1. 키	146.6	18.86	142.5	15.27
2. 앉은키	79.5	9.19	77.9	7.74
3. 몸무게	39.7	14.85	37.1	7.74
4. 엉덩이 - 무릎뒤길이	38.7	5.24	38.6	4.98
5. 엉덩이 너비	28.3	4.48	28.6	4.70
6. 오금 높이	38.6	5.04	36.5	3.67
7. 대퇴 높이	13.8	1.98	13.8	1.83
8. 좌면 - 팔꿈치 높이	20.2	3.11	20.1	2.76
9. 지면 - 팔꿈치 높이	58.8	7.62	56.5	5.72

표 3. 신체 부위들 사이의 상관계수

앉은키	·9744								
몸무게	·9404	·9374							
무릎뒤 길이	·9358	·9012	·8921						
엉덩이 너비	·9065	·9075	·9329	·8869					
오금 높이	·8992	·8414	·7920	·8197	·7446				
좌면 - 팔꿈치높이	·7828	·7939	·7694	·7311	·7557	·6563			
지면 - 팔꿈치높이	·9334	·8999	·8565	·8584	·8191	·9458	·8657		
나이	·9231	·9079	·9046	·8924	·8950	·7735	·7349	·8294	
키 - 앉은키	·9779	·9058	·8999	·9249	·8638	·9116	·7365	·9217	·8948
	키	앉은키	몸무게	무릎뒤 길이	엉덩이 너비	오금높이	좌면 - 팔꿈치높이	지면 - 팔꿈치높이	나이

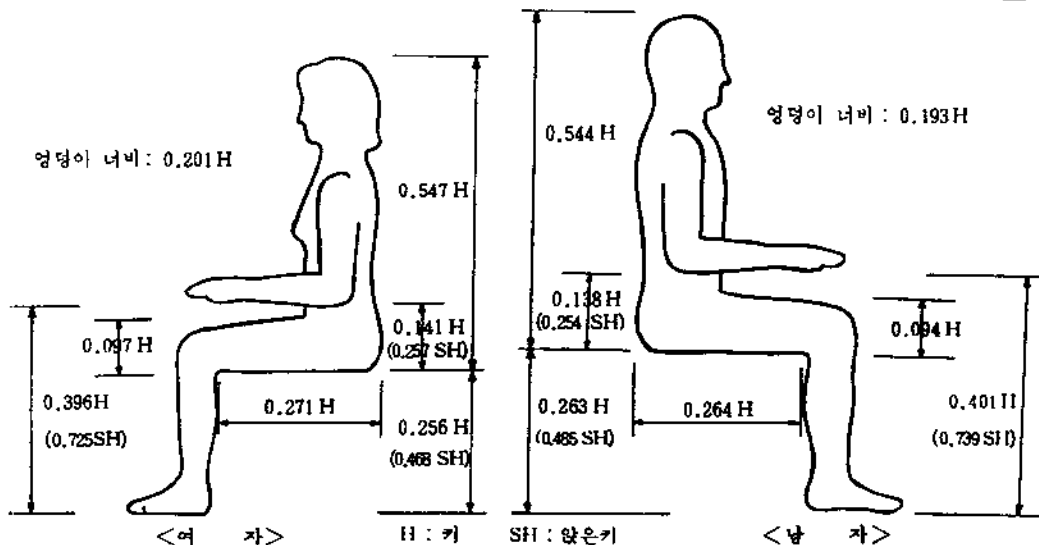


그림 2 인체 치수의 키에 대한 비율

은 회귀계수 β 를 最小自乘法(least squared method)에 의하여 $b = (X'X)^{-1}X'Y$ 로 추정 하였으나, 獨立變數들 사이에 多共線性이 存在 하는 경우 $X'X$ 는 거의 正則性(near singularity)을 갖게되어 最小自乘推定量的 信賴性이 떨어지게 된다. 이 문제에 대한 해결 방법으로는 相關係數가 높은 변수들 중에서 說明力이 높은 변수 한개만을 선택하여 回歸分析을 하거나, 稜形 回歸推定量(ridge regression estimator)이나 主成分 回歸推定量(principal component regression estimator)과 같은 偏倚된 推定量(biased estimator)을 사용하여 推定量的 統計的 精度(Precision)를 높일 수 있다.^[13]

1.1. 한 개의 변수만에 의한 回歸分析

키, 앉은키, 몸무게, 나이, (키-앉은키) 중 한 변수만으로 靑結상 설계에 필요한 人體 軀寸을 豫측(prediction)할 경우, 性別에 따라 差이 존재하는가를 살펴보기 위하여 다음과 같은 模型을 세웠다.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 z_i + \beta_3 x_i z_i + \epsilon_i$$

$\epsilon_i \sim N(0, \sigma_{\epsilon}^2)$ 이고 서로 독립
 $i = 1, \dots, 1248$
 y_i : 靑結상에 필요한 人體部位
 x_i : 키, 앉은키, 몸무게, (키-앉은키)들 중에서 한 변수
 $z_i = \begin{cases} 0 & \text{여자} \\ 1 & \text{남자} \end{cases}$

이 模型의 回歸方程式을 구하면

$$Y = b_0 + b_1 x + b_2 z + b_3 x \cdot z$$

이며, 남녀별로는 다음과 같다.

$$Y = b_0 + b_1 x + b_2 + b_3 x$$

$$= (b_0 + b_2) + (b_1 + b_3)x \quad (\text{남자: } z=1)$$

$$Y = b_0 + b_1 x \quad (\text{여자: } z=0)$$

두 변수 x 와 z 간의 交互作用이 存在하는가를 알아보기 위하여 回歸係數 β_3 에 대한 假設檢定

$$H_0 : \beta_3 = 0$$

$$H_1 : \beta_3 \neq 0$$

을 하였으며, 다른 回歸係數 $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ 에 대해서도 β_3 와 마찬가지로 假設檢定을 하여 有意水準 $\alpha=0.05$ 에서의 有意인 변수만으로 回歸方程式을 나타내었다.

1.2. 主成分(Principal component)에 의한 回歸 線型回歸模型

$$Y = X\beta + \epsilon$$

은 $Z = XP \quad \alpha = P'\beta$ 를 이용하여

$$Y = X\beta + \epsilon$$

$$= Z\alpha + \epsilon$$

로 표현할 수 있다.

여기서 P 는 $X'X$ 행렬의 固有值(eigen value)들에 의한 固有벡터(eigen vector)들의 行렬이며, $Z = XP$ 는 변수들의 關係를 새로운 몇개의 成分(component)들의 關係로 재정의한 것으로 行렬 Z 의 元素(element)들을 각각 主成分(Principal component)이라 부른다. 이들 主成分들끼리의 相關은 모두 0이며, 主成分들은 원래의 변수들이 가진 정보의 손실이 最小가 되도록 재정의된 것이다^[7,8].

본 연구에서는 相關行列(correlation matrix)을 이용하여 主成分을 구한뒤, 이를 이용하여 主成分回歸推定량을 구하였다.

이렇게 구한 回歸方程式의 說明力의 精度를 나타내는 데는 決定係數(coefficient of determination) R^2 , 수정 결정 계수(adjusted coefficient of determination) R^2_{ad} 이 이용되는데 이들 값이 클경우 회귀방정식에 의한 說明力도 크다.

2. 오금늪어의 推定

2.1. 단순 회귀에 의한 추정

변 수	회 귀 방 정 식	R ²	R ² _{adj}	STD
키-얇은키 (X ₅)	y ₁ = 10.7087 + 0.3983X ₅ - 3.7509 Z + 0.0731 X ₅ · Z	0.84907	0.84871	1.7631
키 (X ₁)	y ₁ = 7.2545 + 0.2049X ₁ - 5.2496 Z + 0.0447 X ₁ · Z (식 1)	0.83227	0.83187	1.8586
얇은키 (X ₂)	y ₁ = 7.4572 + 0.3723X ₂ - 7.5616 Z + 0.0114 X ₂ · Z	0.74361	0.74299	0.2979
나이 (X ₄)	y ₁ = 27.6022 + 0.7689X ₄ - 3.5277 Z + 0.0493 X ₄ · Z	0.68929	0.68854	2.5297
몸무게 (X ₃)	y ₁ = 28.3380 + 0.2187X ₃ - 1.0822 Z + 0.068 X ₃ · Z	0.6626	0.66178	2.6361

$$Z \begin{cases} 0 & \text{여자} \\ 1 & \text{남자} \end{cases}$$

2.2. 주성분을 이용한 推定

주성분(변수)	회 귀 방 정 식	R ²	R ² _{adj}	STD
P ₁ (키, 몸무게)	y ₁ = 37.5143 + 2.0379 P ₁	0.73698	0.73677	2.3256
P ₂ (키, 얇은키, 나이)	y ₁ = 37.5143 + 1.3536 P ₂	0.73482	0.73460	2.3351
P ₃ (키, 얇은키, 몸무게, 나이)	y ₁ = 37.5143 + 1.0144 P ₃	0.72095	0.72073	2.3954
P ₄ (키, 몸무게, 나이)	y ₁ = 37.5143 + 1.3443 P ₄	0.71209	0.71186	2.4331

$$P_1 = 0.9693 \times (X_1 - 144.53) / 17.27 + 0.9693 \times (X_3 - 38.37) / 13.59$$

(키(X₁), 몸무게(X₃))에 의한 주성분)

$$P_2 = 0.9876 \times (X_1 - 144.53) / 17.27 + 0.9825 \times (X_3 - 78.68) / 8.53$$

$$+ 0.9643 \times (X_4 - 11.5) / 3.45$$

(키(X₁), 얇은키(X₂), 나이(X₄))에 의한 주성분)

$$P_3 = 0.9854 \times (X_1 - 144.53) / 17.27 + 0.9808 \times (X_1 - 78.68) / 8.53$$

$$+ 0.9709 \times (X_3 - 38.37) / 13.59 + 0.9585 \times (X_4 - 11.5) / 3.45$$

(키(X₁), 얇은키(X₂), 몸무게(X₃), 나이(X₄))에 의한 주성분)

$$P_4 = 0.9802 \times (X_1 - 144.53) / 17.24 + 0.9738 \times (X_3 - 38.37) / 13.59$$

$$+ 0.9676 \times (X_4 - 11.5) / 3.45$$

(키(X₁), 몸무게(X₃), 나이(X₄))에 의한 주성분)

* 각 주성분은 해당되는 상관행렬의 고유치가 1보다 큰 것만을 이용하여 선택

3. 엉덩이 - 무릎뒤길이의 推定

3.1. 단순 회귀에 의한 추정

변 수	회 귀 방 정 식	R^2	R^2_{ad}	STD
키 (X_1)	$y_2 = -5.0972 + 0.3070 X_1 + 5.3102 Z$ $-0.0442 X_1 \cdot Z$	0.89152	0.89129	1.6843
키-앉은키 (X_5)	$y_2 = 1.4525 + 0.5756 X_5 + 4.2995 Z$ $-0.0840 X_5 \cdot Z$	0.87442	0.87412	1.8121
앉은키 (X_2)	$y_2 = -6.5643 + 0.5806 X_2 + 4.0975 Z$ $-0.0623 X_2 \cdot Z$	0.82082	0.82039	2.1646
몸무게 (X_3)	$y_2 = 24.9097 + 0.3705 X_3 + 1.2706 Z$ $-0.0540 X_3 \cdot Z$	0.8067	0.8062	2.2482
나이 (X_4)	$y_2 = 23.9739 + 1.2757 X_4 - 0.9235 Z$ $+ 0.0883 X_4 \cdot Z$	0.79736	0.79687	2.3019

3.2. 주성분을 이용한 推定

주성분(변수)	회 귀 방 정 식	R^2	R^2_{ad}	STD
P_4 (키, 몸무게, 나이)	$y_2 = 38.6902 + 1.6714 P_4$	0.86705	0.86695	1.8630
P_2 (키, 앉은키, 나이)	$y_2 = 38.6902 + 1.6551 P_2$	0.86527	0.86516	1.8755
P_3 (키, 앉은키, 몸무게, 나이)	$y_2 = 38.6902 + 1.2515 P_3$	0.86435	0.86424	1.8819
P_1 (키, 몸무게)	$y_2 = 38.6902 + 2.4820 P_1$	0.86097	0.86086	1.9051

4. 엉덩이 너비의 推定

4.1. 단순 회귀에 의한 추정

변 수	회 귀 방 정 식	R^2	R^2_{ad}	STD
몸무게 (X_3)	$y_3 = 14.9447 + 0.3675 X_3 + 1.9994 Z$ $-0.0811 X_3 \cdot Z$	0.89806	0.89781	1.4665
키 (X_1)	$y_3 = -11.4220 + 0.2807 X_1 + 7.2276 Z$ $-0.0589 X_1 \cdot Z$	0.85202	0.85167	1.7669
앉은키 (X_2)	$y_3 = -14.3803 + 0.5516 X_2 + 6.6487 Z$ $-0.0920 X_2 \cdot Z$	0.84492	0.84455	1.8087
나이 (X_4)	$y_3 = 14.6867 + 1.2070 X_4 + 0.1563 Z$ $-0.0361 X_4 \cdot Z$	0.80203	0.80155	2.0436
키-앉은키 (X_5)	$y_3 = -4.1796 + 0.5068 X_5 + 5.5578 Z$ $-0.1054 X_5 \cdot Z$	0.77793	0.77739	2.1645

4.2. 주성분을 이용한 推定

주성분(변수)	회귀방정식	R^2	R^2_{ad}	STD
P_4 (키, 몸무게, 나이)	$y_3 = 28.4377 + 1.5089 P_4$	0.87593	0.87583	1.6166
P_3 (키, 앞은키, 몸무게, 나이)	$y_3 = 28.4377 + 1.1303 P_3$	0.87388	0.87377	1.6299
P_1 (키, 몸무게)	$y_3 = 28.4377 + 2.2434 P_1$	0.87184	0.87173	1.6430
P_2 (키, 앞은키, 나이)	$y_3 = 28.4377 + 1.4753 P_2$	0.85218	0.85206	1.7645

5. 지면-팔꿈치 높이의 推定

5.1. 단순 회귀에 의한 지면-팔꿈치 높이 추정

변수	회귀방정식	R^2	R^2_{ad}	STD
키 (X_1)	$y_4 = 7.9416 + 0.3406 X_1 - 5.4010 Z$ + 0.0428 $X_1 \cdot Z$ (식 2)	0.87707	0.87677	2.398
키-앞은키 (X_5)	$y_4 = 15.4701 + 0.0636 X_5 - 4.4509 Z$ + 0.0768 $X_5 \cdot Z$	0.85374	0.85339	2.6159
앞은키 (X_2)	$y_4 = 6.0581 + 0.0648 X_2 - 7.9014 Z$ + 0.0115 $X_2 \cdot Z$	0.8212	0.82078	2.8922
몸무게 (X_3)	$y_4 = 42.1886 + 0.0385 X_3 - 1.4334 Z$ + 0.6508 $X_3 \cdot Z$	0.74512	0.74450	3.4533
나이 (X_4)	$y_4 = 41.3468 + 0.1315 X_4 - 5.2110 Z$ + 0.6508 $X_4 \cdot Z$	0.74265	0.74203	3.4700
오금높이 (y_1)	$y_4 = 3.2350 + 1.4605 y_1$ - 0.0215 $y_1 \cdot Z$ (식 3)	0.8979	0.89774	2.1847

5.2. 주성분을 이용한 推定

주성분(변수)	회귀방정식	R^2	R^2_{ad}	STD
P_1 (키, 몸무게)	$y_4 = 57.6103 + 3.2509 \cdot P_1$	0.82553	0.82539	2.8548
P_2 (키, 앞은키, 나이)	$y_4 = 57.6103 + 2.1604 \cdot P_2$	0.82398	0.82384	2.8674
P_3 (키, 앞은키, 몸무게, 나이)	$y_4 = 57.6103 + 1.6272 \cdot P_3$	0.81665	0.81651	2.9265
P_4 (키, 몸무게, 나이)	$y_4 = 57.6103 + 2.1530 \cdot P_4$	0.80409	0.80393	2.0251

6. 回歸方程式의 性別 差異

신체 특성치로써, 책걸상 설계에 필요한 人體部位들을 추정하는 線形回歸方程式을 보면, 性別에 따라 回歸方程式에 統計적으로 유의적인 差異가 존재함을 알 수 있다.

남녀에 따른 키와 오금높이, 엉덩이-무릎뒤길이, 지면-팔꿈치 높이, 엉덩이 너비와의 관계식에 의하면, 키가 127 cm 이상인 경우에는 키가 비슷한 남녀라 할지라도 일반적으로 남자는 여자보다 오금높이와 지면-팔꿈치 높이가 더 크며, 여자는 남자보다 엉덩이-무릎뒤 길이와 엉덩이 너비가 더 큰 것을 알 수 있다. 이는 책걸상을 설계할 때, 性別에 따른 신체 구조적 차이를 고려해야 된다는 점에서 중요하다.

V. 책·걸상 規格 制定 方法의 提案

1. 인체 치수를 대변하는 身體 特性值의 선택

책걸상 규격을 정하는 데는 책걸상 설계에 필

요한 인체 치수들을 잘 설명해 줄 수 있는 신체 특성치를 선택해야 한다. 선택된 신체 특성치는 간단한 측정기에 의하여 쉽게 측정할 수 있고, 책걸상 설계에 필요한 인체 치수를 추정하는 회귀선을 구할 때, 회귀선의 설명력이 높아야 한다.

표 4. 는 키, 앉은키, 몸무게, 나이, 성별관계 등의 변수를 이용하여 필요한 인체 치수를 추정하는 회귀방정식을 구할 때, 설명 변수에 따라 決定 係數(coefficient of determination) R^2 이 어떻게 변화하는가를 나타내고 있다. 결정계수 R^2 에 의하여 변수를 선택할 경우, 키와 남녀 관계를 이용하는 것이 책걸상 설계에 필요한 치수들을 推定하는데 설명력이 큰 것을 알 수 있다.

키는 신장계로 쉽게 측정할 수 있을 뿐만 아니라, 다른 인체 치수에 대한 설명력도 크므로, 책걸상 설계에 필요한 인체 치수를 대변하는 신체 특성치로 선택한다.

표 5. R^2 에 의한 변수 선택

변 수	오금높이	지면 - 팔꿈치높이	엉덩이-무릎뒤길이	엉덩이너비
X_1	0.80852	0.87118	0.87567	0.82165
X_2	0.70802	0.63032	0.81223	0.82357
X_3	0.62722	0.73359	0.79588	0.87038
X_4	0.59836	0.68790	0.79640	0.80104
X_5	0.83101	0.84948	0.85544	0.74618
$X_1, Z, X_1 * Z$	0.83227	0.87707	0.89152	0.85202
$X_2, Z, X_2 * Z$	0.74361	0.82120	0.82082	0.84492
$X_3, Z, X_3 * Z$	0.66260	0.74512	0.80670	0.89806
$X_4, Z, X_4 * Z$	0.68929	0.74265	0.79736	0.80203
$X_5, Z, X_5 * Z$	0.84907	0.85374	0.87442	0.77793
$X_1, X_3,$	0.73698	0.82553	0.86097	0.87184
X_1, X_3, X_4	0.71209	0.80409	0.86705	0.87593
X_1, X_2, X_4	0.73482	0.82398	0.86527	0.85218
X_1, X_2, X_3, X_4	0.72095	0.81665	0.86435	0.87388

($X_1 =$ 키, $X_2 =$ 앉은키, $X_3 =$ 몸무게, $X_4 =$ 나이, $X_5 =$ 키-앉은키, $Z =$ 성별)

2. 規格 制定 方法의 節次

남녀의 키에 따라 책상상의 규격을 정할 경우 호수의 등급간 간격은 오금높이와 지면-팔꿈치 높이를 중심으로 사람들이 높이의 차를 인식하지 못하는 구간을 이용하면 된다. 사람들이 불편을 느끼지 않는 좌면 높이의 구간은 오금높이를 중심으로 국민학생은 3 cm, 중학생 이상은 4 cm 정도이며, 책상높이는 지면-팔꿈치 높이를 중심으로 국민학생은 3.0 ~ 4 cm, 중학생 이상은 4 ~ 4.5 cm 구간이므로, 이들 범위를 모두 만족시키는 키의 구간폭이 얼마나 되는가를 알아 보자.

식 1을 역변환하면,

$$\begin{aligned} X_1 &= 4.0064 y_1 - 8.0325 \quad (Z=1 \text{ 남자}) \\ X_1 &= 4.8804 y_1 - 35.4050 \quad (Z=0 \text{ 여자}) \\ &\dots\dots\dots (\text{식 } 4) \end{aligned}$$

여기서 $X_1 = \text{키}$ $y_1 = \text{오금높이}$ 이며, 식 2를 역변환하면

$$\begin{aligned} X_1 &= 2.6082 y_4 - 6.6265 \quad (Z=1 \text{ 남자}) \\ X_1 &= 2.9360 y_4 - 23.3165 \quad (Z=0 \text{ 여자}) \\ &\dots\dots\dots (\text{식 } 5) \end{aligned}$$

여기서 $X_1 = \text{키}$ $y_4 = \text{지면-팔꿈치 높이}$ 가 된다.

오금높이와 지면-팔꿈치 높이를 기준으로 볼 때 불편함이 없이 사용할 수 있는 키의 구간 폭은

남자는

$$\min [4.0064 y_1, 2.6082 y_4 \mid y_1 = 3, y_4 = 3.0] = 7.8 (\text{cm})$$

여자는

$$\min [4.8804 y_1, 2.9360 y_4 \mid y_1 = 3, y_4 = 3.0] = 8.8 (\text{cm})$$

가 된다.

키를 기준으로 규격을 정하려면, 특정한 오금 높이나, 지면-팔꿈치 높이의 책상상에서 불편

함이 없이 사용할 수 있는 키의 구간 폭이 작은 남자에 대하여 우선 의자의 좌면 높이, 책상 높이를 정한 다음 이 높이들을 기준으로 적합한 범위에 드는 여자의 키 구간을 정하면 된다.

따라서 남자의 한 호수간 등급 간격은 7 ~ 8 cm로 정하고, 규격 전체를 이용하여 수용할 수 있는 사용구간의 상한값과 하한값을 구하자.

본 연구에서 조사한 남자 키의 97.5 Percentile 값 183.5 cm [평균(146.6) + 표준편차(18.8) × 1.95]는 최대값 183 cm와 유사하며, 2.5 percentile 값 109.7 cm (146.6 - 1.95 × 18.8)는 최소값 108.3 cm와 비슷하다.

본 연구조사는 서울과 성남을 대상으로 하였기 때문에, 전국을 대상으로 한 평균치보다 큰 것을 감안하여 하한치는 1.5 Percentile 값 105.8 cm를, 상한치는 97.5 Percentile 값 183.5 cm로 하여 사용 범위를 정한다.

따라서, 규격의 사용 범위 하한치를 105 cm, 상한치를 184 cm로 하고 7 ~ 8 cm 간격으로 호수를 정하면, 11개의 호수가 필요하게 된다.

좌면 높이는 각 호수에서 남자 사용구간의 중간값을 (식 1)에 대입하여 얻은 오금높이로 정하고, 정해진 좌면 높이(오금높이)를 이용하여 지면-팔꿈치 높이를 추정하여 책상 높이로 정한다.

이 좌면 높이와 책상 높이를 기준으로 불편함이 없이 사용할 수 있는 여자의 키 범위를 식 4와 식 5를 이용하여 구할 수 있다.

이렇게 남녀별로 키에 의한 사용범위, 좌면 높이, 책상높이 등을 정한뒤, 그 호수를 사용하는 사람들 중에서 작은 사람을 기준으로 엉덩이-무릎뒤길이의 추정치를 얻어 좌면 깊이를 정하고, 큰 사람을 기준으로 엉덩이 너비의 추정치를 얻어 좌면너비를 정한다.

표 6은 위의 절차에 의하여 새로이 정한 학생용 책상상의 규격을 나타내고 있으며, 그림 3은 책·결상 규격 방법의 절차를 요약하여 놓은 것이다.

표 6. 본 연구 절차에 의한 책결상 규격표

단위 : cm

	사용자의 키		의 자			책 상
	남 자	여 자	좌면높이	좌면깊이	좌면너비	책상높이
1	105 이상 ~ 112 이하	106 이상 ~ 112 이하	29.0	25.0	32.0	45.5
2	112 ~ 119	112 ~ 119	31.0	27.0	32.0	48.5
3	119 ~ 126	119 ~ 126	32.5	29.0	32.0	51.0
4	126 ~ 133	126 ~ 133	34.5	31.0	36.0	54.0
5	133 ~ 140	133 ~ 140	36.0	33.0	36.0	57.0
6	140 ~ 147	140 ~ 149	38.0	35.0	45.0	60.0
7	147 ~ 154	149 ~ 158	40.0	37.0	45.0	63.0
8	154 ~ 161	158 ~ 167	41.5	39.0	45.0	66.0
9	161 ~ 168	167 ~ 176	43.0	41.0	48.0	68.0
10	168 ~ 176	176 ~ 184	45.0	43.0	48.0	70.0
11	176 ~ 184	184 이상	47.0	45.0	48.0	72.0

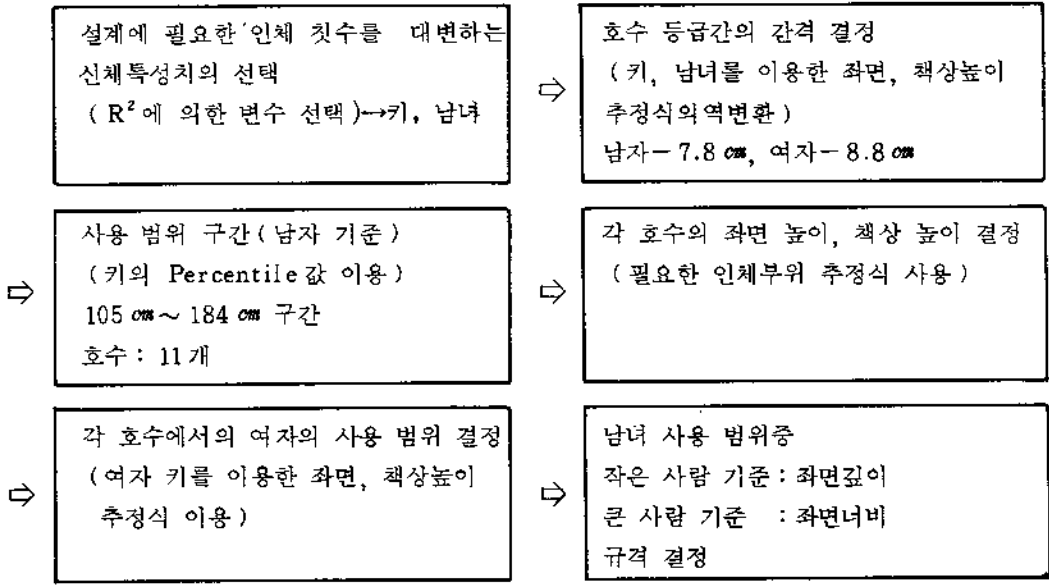


그림 3. 책결상 규격 결정 방법 절차

VI. 結論 및 檢討

1. 測定한 人體部位 치수들 사이의 관계

- a. 키와 오금높이, 엉덩이 - 무릎뒤길이, 지면 - 팔꿈치 높이 사이와 몸무게와 엉덩이

너비는 밀접한 상관관계가 있다.

- b. 키, 앉은키, 몸무게, 나이, 성별관계를 이용하여 오금높이, 엉덩이 - 무릎뒤길이, 엉덩이 너비, 지면 - 팔꿈치 높이를 推定하는 회귀방정식을 구할 수 있으며, 키와

남녀 성별관계를 이용할 때 회귀방정식의 說明力이 높다.

- c. 키에 의하여 오금높이, 엉덩이-무릎뒤길이, 엉덩이 너비, 지면-팔꿈치 높이를 추정하는 회귀방정식을 구할 경우 남녀 성별간에 回歸線의 差異가 존재한다.

2. 학생용 책걸상 규격 제정 방법의 제안

身體의 特性을 잘 대변하여 주는 키와 책걸상 설계에 필요한 인체 부위 치수와의 관계를 이용하여, 학생용 책걸상의 규격을 정하는 방법을 제시하였다.

그러나 전국의 학생들이 身體 特性에 맞는 책걸상을 설계하기 위해서는, 본 연구에서 서울과 성남 학생들만의 人體 測定值를 利用한 人體 치수들 사이의 關係式이 전국을 對象으로 調査한 인체 치수들 사이의 관계식과 同一한가를 調査하는 것이 必要하며, 앞으로 신체 특성치가 변하면(예를들어 전국 학생들의 키와 몸무게 등이 매년 커짐), 인체 치수들 사이의 관계식 또한 변하는가에 대한 研究가 要望된다.

따라서, 본 연구에서 提案한 規格은 전국을 대상으로 조사한 인체 치수들 사이의 관계식을 이용하는 경우 변할 수 있으므로, 전국 학생들을 적용 대상으로 하는 경우에는 같은 節次를 따라 규격을 정하면 된다.

參 考 文 獻

- [1] Applied Ergonomics, "Seating in Industry", *Applied Ergonomics*, Vol. 1, No. 3, pp. 159-165, 1970.
- [2] Bex, F.H.A., "Desk Heights", *Applied Ergonomics*, Vol. 2, No. 3, pp. 138-140, 1971.
- [3] Branton, P., "Behavior, Body Mechanics and Discomfort.", *Ergonomics*, Vol. 12, No. 2, pp. 316-327, 1969.
- [4] Chapanis, A., *The Design and Conduct of Human Engineering Studies*, San Diego State College Foundation, 1956.
- [5] Floyd, W.F., and Roberts, D.F., "Anatomical and Physiological Principles in Chair and Table Design", *Ergonomics*, Vol. 2, No. 1, pp. 1-16, 1958.
- [6] Kirk, N.S., et al., "Discrimination of Chair Seat Heights.", *Ergonomics*, Vol. 12, No. 3, pp. 403-413, 1980.
- [7] Mulaik, S.A., *The Foundation of Factor Analysis*, McGraw-Hill, 1972.
- [8] Nie, et al., *Statistical Package for the Social Sciences.*, McGraw-Hill, 1970.
- [9] Oxford, H.W., "Anthropometric Data for Educational Chairs." *Ergonomics*, Vol. 12, No. 2, pp. 140-161, 1969.
- [10] Roebuck, J.A., et al. *Engineering Anthropometry Methods*, Wiley-Interscience Publication, 1975.
- [11] Woodson, W.F., *Human Engineering Guide for Equipment Designers*, University of California, 1954.
- [12] 문교부, 문교 통계 연보, 1985.
- [13] 박성현, 회귀분석, 대영사, 1981.
- [14] 인력개발연구소, 생산성 향상을 위한 인간공학적 조사연구, 과학기술처, 1971.