Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 20, No. 1, pp. 15-29, April 2001

조절 가능한 학생용 책상과 의자의 인간공학적 설계 및 평가

Ergonomic Design and Evaluation of Adjustable Desk and Chair for Students

정 화 식*

ABSTRACT

This study was conducted to develop a prototype of adjustable desk and chair for students from elementary to high school. The development process started with identifying the problems of existing adjustable desks and chairs that are currently available in the market. The following fundamental design criteria were established and then applied to develop the prototype. The criterion of minimization of production cost yielding lower the market selling price was the most critically considered in view of the school furniture buyers' price-consciousness. Other design criteria used in this development were designing for stable and solid structure, requiring few motions and no tools to adjust, requiring the use of only one hand to adjust, unrestricting the adjustable interval, providing extra space for foot and knee area, reducing weight to move easily, and requiring not to move around for cleaning up floor. To evaluate the performance of the prototype, the adjustability of prototype was specifically compared with both dimensions suggested by KS G 2010(Korean Standards for desks and chairs for students) and current anthropometric dimension in terms of the flexible range of accommodation. Results of this study illustrate that the prototype developed in this study could be accommodated for the both dimensions. As a concluding mark, appropriate adjustable range for various grades and age groups were presented.

Keywords: Height adjustable desk and chair, adjustable chair, student desk and chair

* 동신대학교 산업공학과
주소 : 520-714 전남 나주시 대호동 252번지
전화 : 061-330-3144
E-mail : hsjung@white.dongshinu.ac.kr

1. 서 론

최근 우리의 소득수준이 높아지면서 식생활 및 주거 환경이 향상됨에 따라 과거에 비해 학생들의 체격이 커지고 체형 또한 점차 서구화 되가는 경향을 보이고 있다. 하지만 아직까지도 초·중·고등학교의 교실에서는 학생 자신의 체격과 체형에 적합하게 조절하여 사용할 수 없는 고정형 학생용 책상과 의자를 사용하고 있다. 더군다나 우리 나라 학생들이 학교에서 책상과 의자를 사용하는 시간은 같은 연령대의 서구선진국 학생들에 비해 월등히 많은 것으로 잘 알려져 있다.

문재호 등(1995)과 Drury와 Coury (1982)의 보고에 따르면 자신의 체격에 맞지 않는 책상과 의자를 장시간 사용할 경우 신체 발육에 막대한 지장을 초래할 뿐만 아니라 집중력이 저하되어 학습효과를 저하시키게 되며, 오래 지속될 경우 학생들의 척추측만증 및 척추진·후만증 등 이상체형 형성의 주요 원인이 될 가능성이 높다고 보고하고 있다.

이러한 이유 때문에 현재까지도 학생용 책상과 의자에 대한 많은 연구가 이루어지고 있으며 특히 국내의 경우 박수찬 등(1995), 조암 등(1990), 정병용과 박경수(1986) 등이 최근 학생들의 체격향상과 체형의 변화에 따라 KS G 2010(학생용 책상 및 의자에 대한 한국산업규격)에 대한 적절한 규격 개정의 필요성을 강조하고 있다.

현재 전국의 초·중·고등학생들이 사용하고 있는 책상과 의자 및 대학생들이 사용하는 강의용 책상 등 교구의 경우 대부분 중·소 교구 제조업체에서 KS G 2010을 참조하거나 학교 주문자의 자체 요구 지침에 의해 제작되고 있는 실정이다. 따라서 인간공학을 전공한 연구인력이나 연구재원이 미약한 중·소 기업에서는 최근 학생들의 빠른 성장과 변화하는 학생들의 체격과 체형을 고려한 학생용 책상과 의자의 개발에 적절히 대처해 나가지 못하는 실정이다. 더구나 1995년에 개정된 KS G 2010은 1992년에 실시된 국민표준체위조사자료를 토대로 개정이 되었기 때문에 매년 규격히 변화해가는 학생들의 체격과 체형을 제대로 반영하지 못하고 있다.

실제 KS G 2010의 사용자 신장에 따른 책상과 의자의 최대치수를 1997년에 실시된 국민표준체위 조사에 의해 발표된 학생들의 체격과 비교해보면 17세 까지 학생의 95th Percentile을 수용하는 데는 큰 문제가 없는 것으로 보여진다. 하지만 학생들의 체형이 변화함에 따라 KS G 2010에서 제시한 각 호수에 따른 세부규격의 조합이 최근 학생들의 체형을 만족시키는 데는 문제가 있다고 판단된다. 예를 들면, 어느 학생 개인의 신장에 따라 선택한 의자의 호수가 의자높이는 적절할 수 있어도 의자좌판의 나비나 깊이가 적절하지 않은 경우가 발생될 수 있다. 이러한 관점에서 보았을 때 조절 가능한 책상과 의자의 개발은 이와 같은 문제점을 해결 하기위해 꼭 필요하다고 할 수 있다. 또한 학생들의 체격과 체형에 맞게 조절이 가능한 인간공학적 학생용 책상과 의자를 개발 보급하는 것은 학생들의 학습효과와 건강 증진의 차원에서 꼭 필요하며 향후 이에 대한 수요는 국내는 물론 국외까지 실로 막대할 거라고 예측한다.

Shute와 Starr(1984)에 따르면 조절 가능한 가구는 생산성을 향상시키며 어깨와 허리의 통증을 줄일 수 있다고 보고하고 있다. 이러한 이유로 최근 몇몇 국내외 교구 제작업체에서 개발된 조절식 학생용 책상과 의자가 출시되고 있다. 특히 정명철 등(1996)와 홍성수 등(1997)는 초·중·고등 학생들을 대상으로 감성적 선호도를 조사하고 신체측정자료를 토대로 조절형 인체공학적 책상과 의자를 개발하기도 하였다. 하지만 조절식 가구의 가장 큰 문제점으로 지적되고 있는 조절의 어려움을 비롯하여 그 외 조절부위가 제한되어 있는 점, 가격이 고가인 점 등 여러 가지 문제점들을 안고 있다.

본 연구에서는 학생 자신의 체격에 맞게 높낮이를 자유롭게 조절하여 사용할 수 있는 학생용 책상과 의자의 Prototype을 개발하여 이를 KS G 2010과 최근 급격히 성장해가고 있는 학생들의 신체 치수(1997 국민표준체위조사자료, 1997)와 비교하여 수용능력에 따른 적합성 여부를 평가한다. 또한 평가결과를 토대로 개발된 Prototype의 최종 조절범위를 설정하고 이를 실용화하는데 목적을 두고 있다.

2. 연구 내용 및 방법

2.1 기존의 조절 가능한 책상과 의자의 사용상 문제점 분석

Lueder(1986)는 조절식 가구를 디자인할 때 고려 사항으로 조절 시 최소의 동작으로, 혼자서, 한손(One Hand)으로, 그리고 공구가 필요 없이 조절 가능하여야 한다 는 지침을 제공하고 있다. 하지만 현재까지 국내외 몇몇 중소 교구 제작업체에서 개발되어 판매되고 있는 높낮이 조절식 책상과 의자에 대한 문제점을 살펴보면 우선 높낮이를 조절 할 때 육각볼트 드라이버 등 별도의 공구가 필요하기 때문에 조절이 불편하며, 책상과 의자가 20~30mm 간격으로 높이 조절구멍이 고정되어 조절 간격이 자유롭지 못할 뿐만 아니라 사용자 혼자서 조절하기 또한 쉽지 않다. 그리고 책상과 의자의 지지를 위한 지주가 2개이기 때문에 안정성이 떨어지며 이를 보안하기 위한 밑면부위 지지봉의 지름과 길이가 커서 중량이 무거운 단점이 있다. 또한 책상과 의자 제작 시 부재가 많이 소요되기 때문에 가격이 높고, 책상과 의자의 지지 밑면부가 바닥에 넓게 밀착되어 있기 때문에 이동 및 청소가 용이하지 않으며, 책상과 의자의 지지를 위한 밑면 지지부위가 발과 무릎의 활동에 제한을 줌으로써 장애물로 작용하는 등의 여러 가지 문제점을 안고 있다.

2.2 설계 수용범위 및 설계요건 선정

본 연구에서는 조절용 학생용 책상과 의자의 설계 수용 범위로 초등학생이상 고등학생(6세~17세) 까지를 설정 하였다. 현재 참조되고 있는 KS G 2010은 적정한 책상과 의자의 규격 선정에 있어 사용자의 신장에 따라 0~12호까지의 호수를 구분하고 있다. 이 규격은 잘 알려진 바와 같이 유치원, 초등학교 및 중·고등학교에서 사용하는 학생용 책상과 의자에 대하여 규정한 규격이다. 그러나 유치

원의 경우 실제 책상과 의자의 사용시간이 길지 않을 뿐만 아니라 주로 바닥에서 수업이 이루어 지므로 많이 사용되고 있지 않고 판매 수요도 많지 않은 실정이다. 또한 1997년에 실시된 국민표준체위조사자료에 따르면 취학기 연령인 6세 남자와 여자아이의 평균신장은 각각 120.4cm과 119.0cm로서 실제 3호 이상에 해당하는 것을 알 수 있다. 그러므로 초등학생이상의 학생을 위한 책상과 의자설계는 4호부터 고려해야 함을 알 수 있다.

Prototype을 개발하기 위한 가장 기본적인 설계요건으로 기존의 높이 조절식 책상과 의자의 단점을 보안하고 사용자의 편의성을 고려한 인간공학적 설계에 중점을 두었다. 또한 KS G 2010에서 제시한 "책상과 의자의 품질은 조절형의 경우 높낮이 조절부위는 원활히 작동하여야 하며, 조절부위에 돌기 및 거스러미 등이 없어야 한다"와 "조절형의 경우 조절범위 내의 조절높이는 각 호수와 치수에 맞게 조절되어야 한다"는 규정들을 만족하는 설계에 중점을 두었다. 또한 조절식 가구의 가장 큰 문제점으로 지적되고 있는 '조절의 어려움'과 "의자의 조정기능이 많으면 사람들은 자신의 의자를 조정하는 일을 귀찮아 하며 평균사용자는 여러 가지로 조정할 수 있는 의자의 선택기능에 압도된다 (Sanders & McCormick, 1992)"라는 실험적 결과에 비추어 볼 때, 조절부위가 많아지는 불편을 최소화하고 조절 부위의 증가에 따른 구조적인 결함을 감소시키는데 노력하였으며 다음과 같은 추가 설계요건(Supplemental Design Criteria)을 설정하여 설계하였다.

- 제작 비용을 최소화 할 수 있는 설계
- 안정되고 견고한 설계
- 조절 시 최소의 동작으로 별도의 공구가 필요 없이 편리하게 조절 가능한 설계
- 조절 간격에 제한이 없는 설계
- 발과 무릎이 자유롭게 여유공간을 제공하는 설계
- 부재가 적게 소요되어 중량이 가벼워 이동이 용이한 설계
- 책상과 의자다리 밑바닥 부분의 바닥면과의 접촉 부분을 최소화하여 바닥 청소시 이동이 필요 없는 설계

한편 본 연구에서 설계한 학생용 책상과 의자는 다수의 학생들이 사용하기 위한 목적으로 특수 규격부품이 아닌 일반 학생용 책상과 의자제작에 사용되는 목재류와 철재류를 KS 규격 부품으로 채택함으로써 제작 비용을 최소화 하면서 기능적 치수(Functional Dimension)에 중점을 둔 인간공학적 설계를 하였다. 따라서 책상서랍의 치수나 의자좌판의 적절한 경사(Tilting)나 굴곡(Contouring) 등에 대해서는 KS G 2010의 규격에 따르는 것을 원칙으로 하였으며 Sanders & McCormick(1992)과 Drury와 Coury (1982)가 제안한 등받이의 요천추부지지(Lumbosacral Support) 및 편안함을 위한 Cushioning 또는 Padding 등에 대해서는 추후 연구과제로 설정하였다.

2.3 Prototype의 적합성 평가 및 조절범위 설정

본 연구에서 설계된 조절 가능한 학생용 책상과 의자의 수용능력에 따른 적합성 평가와

이를 통한 최종 조절범위 설정을 위하여 다음과 같이 두 가지 평가 방법을 선정하였다.

1) 현행 KS G 2010은 사용자의 신장에 따라 호수를 구분하고 이에 따른 책상과 의자의 세부규격을 제시하고 있다. 따라서 본 연구에서 설계된 조절 가능한 학생용 책상과 의자가 KS G 2010에서 제시한 설계기준 범위를 수용 가능한지의 여부를 평가한다.
2) 조절 가능한 설계는 여성의 5th Percentile부터 남성의 95th Percentile까지 95%(남성과 여성의 신체치수 중복 때문에 90%가 아님)의 Population을 수용하는 것이 적절하다(Sanders and McCormick, 1992). 따라서 국내 학생들의 신체치수를 측정한 자료 중 가장 최신의 자료인 1997년 국민표준체위조사자료를 참조하여 책상과 의자의 사용 시 적용되는 각 신체부위별 치수를 본 연구에서 설계된 조절 가능한 Prototype이 수용 가능한지의 여부를 평가한다.
3) 1)과 2)의 비교평가 결과에 따라 최종 조절범위를 설정한다.

3. 조절 가능한 학생용 책상과 의자의 설계

3.1 조절 가능한 학생용 책상과 의자의 Prototype

전술한 설계 범위 및 요건을 바탕으로 그림 1과 같이 체격과 체형에 따라 조절 가능한 학생용 책상과 의자의 Prototype을 개발하였다.

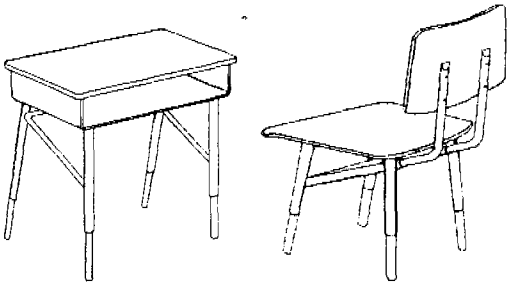

그림 1. 체격과 체형에 따라 조절 가능한 인간공학적 학생용 책상과 의자의 Prototype

그림 2는 책상과 의자의 높낮이 조절 부위 메커니즘을 표현한 그림으로 사용자가 높낮이를 조절할 때 다리 하부 높이조절봉을 조절간격에 상관없이 손으로 회전시켜 책상의 경우 자신의 앉은팔꿈치 높이에 적절하게 조절하며 의자의 경우 앉은오금높이에 맞추어 조절할 수 있다. 또한 높이조절봉에는 눈금과 수치를 표시하여 4개의 다리 높이를 일정하게 맞출 수 있을 뿐만 아니라 바닥면이 불규칙한 경우에도 적절히 조절하여 수평을 맞추어 사용할 수 있는 장점이 있다.

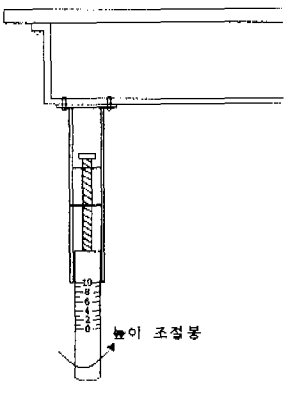

그림 2. 높낮이 조절 부위 메커니즘

그림 1과 2에서 보는 바와 같이 본 연구에서 개발된 학생용 책상과 의자는 일반적으로 사용하는 학생용 책상과 의자의 다리부분에 풀림과 조임이 가능한 금속제 나사형식의 높이조절봉을 도입하여 별도의 공구가 필요 없이 손으로 회전시켜 자유롭게 조절할 수 있다. 특히 책상의 경우 4개의 다리부위를 연결하는 ㄷ자형 경사면 지지봉을 도입하며 책상다리에 부과되는 전단응력(Shear Force)으로부터 안정성을 높였고 발과 무릎이 여유롭게 활동할 수 있는 공간을 확보하였다.

의자의 경우 다리부분은 책상과 같은 메커니즘을 적용하여 좌판의 높이를 자유롭게 조절하여 사용할 수 있게 설계 하였다. 의자 등받이 전후상하 이동을 위하여 그림 3과 같이 의자 좌판 하부 ㄷ자형 경사 지지봉에 의자 등받이 이동부분을 끼워서 등받이 전체 부분을 전후상하 방향으로 이동되게 함으로써 착석 시 좌판의 깊이와 등받이의 높낮이를 동시에 최소의 동작으로 조절 가능하게 하여, 학생의 신체크기에 맞춘 후 볼트로 고정 할 수 있도록 설계하였다. 볼트 고정 부분은 의자다리 및 등받이 지지부 경사면 안쪽으로 배치하여 장애물이 되지않게 하고 볼트구멍의 간격은 최소 간격인 20mm 단위로 설계하였다. 물론 이 부분은 볼트 사용으로 인하여 별도의 Screw Driver가 필요하므로 사용이 불편할 뿐만 아니라 조절간격에 제한이 있기 때문에 견고성 등의 구조적인 문제만 해결된다면 대안으로서 회전손잡이 조임 방식이나 스프링버튼 누름방식 그 외 다른 고정방식을 채택할 수 있다.

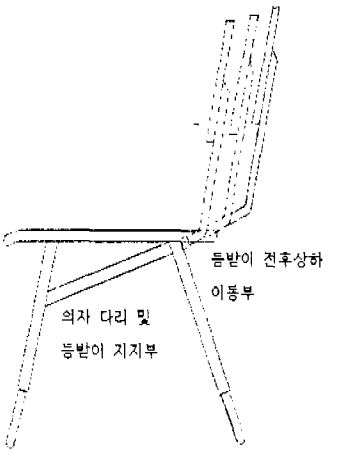

그림 3. 의자다리 및 등받이 지지부와 등받이 전후상하 이동부의 이동모습

3.2 의자다리 및 등받이 지지부 경사면 각도 설정

의자의 등받이 전후상하 동시 조절을 위한 의자좌판의 하부 경사면 부위의 적절한 경사면 각도(Angle) 설정을 위하여 다음과 같은 방법이 시도되었다.

의자다리는 안정성을 위하여 좌판과 직각이 아닌 의자의 앞뒤방향으로 대략 10° 와 20° 의 경사로 제작되고 있다. 등받이 전후상하 이동을 위해 ㄷ자형 의자다리 및 등받이 지지부에 끼워지는 등받이 전후상하 이동부는 그림 4의 A부분에 끼워져서 의자좌판과 의자의 앞다리 사이에 삼각형 모양이 형성된다. 이때 의자좌판 밑면의 앞다리와 뒷다리의 간격은 λ로 정의되며, 각도의 변화에 따른 높이(h)는 $\lambda^{*}tan\theta 1$ 과 경사면의 길이(a)는 $\lambda/cos\theta 1$ 또는 $\sqrt{\lambda^2+h^2}$ 로 각각 계산될 수 있다.

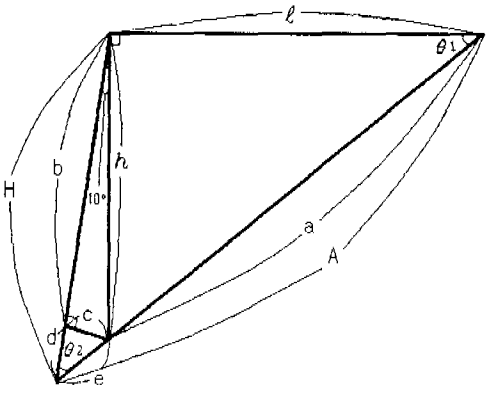

그림 4. 의자좌판 하부 ㄷ자형 의자다리 및 등받이 지지부 경사면

그림 4에서 의자좌판 하부 의자다리 및 등받이 지지부 경사면의 각도가 $\theta 1$일 때 높이(h)와 경사면의 길이(a)를 제외한 각 부위별 치수는 다음과 같이 계산된다.

$$b = h^{*}\cos 10^{\circ}$$

$$c = b^{*}\tan 10^{\circ}$$

$$d = \frac{c}{\tan \theta 2}$$

$$e = \frac{d}{\cos \theta 2}$$

그림 3의 등받이 전후상하 이동부가 잡아당겨(Pulling Out)져서 이동할 때 전후이동길이는

$$A : \lambda = \textit{이동거리} : \textit{전후길이}$$

와 같이 계산되며 상하이동높이의 변화는

$$A : H = \textit{이동거리} : \textit{상하높이}$$

로 계산될 수 있다. 따라서 의자다리 및 등받이 지지부 경사면의 각도가 커질수록 전후이동거리의 폭은 적어지고 상하이동거리의 변화는 커진다. 표 1은 의자 앞다리와 뒷다리의

표 1. 등받이 전후상하 이동부의 경사면 각도에 따른 등받이 상하높이 및 전후길이의 변화

단위 : mm

경사면 각도($\theta 1$)	높이(H)	경사면 길이(A)	상 하 높 이	전 후 길 이	비 율 (상하/전후)
20	94.7834	272.9179	6.9459	17.5877	0.3949
25	123.8212	288.5348	8.5828	16.6358	0.5159
30	156.6489	308.5381	10.1543	15.5572	0.6527
31	163.7837	313.1719	10.4597	15.3270	0.6824
32	171.1384	318.0455	10.7619	15.0922	0.7131
33	178.7280	323.1731	11.0608	14.8527	0.7447
34	186.5687	328.5705	11.3564	14.6087	0.7774
35	194.6783	334.2548	11.6485	14.3603	0.8112
40	240.0000	367.7013	13.0541	13.0541	1.0000

표 2. KS G 2010의 책상과 의자 호수에 따른 의자의 등판높이 및 좌판깊이의 비율

단위 : mm

책상·의자 호수	의자 등판높이	의자 좌판깊이	비 율 (등판높이/좌판깊이)
4호	220	310	0.7097
5호	230	310	0.7419
6호	240	340	0.7059
7호	250	340	0.7353
8호	260	370	0.7027
9호	270	370	0.7297
10호	280	390	0.7179
11호	290	390	0.7436
12호	300	390	0.7692
평균	260	357	0.7283

간격이 240mm일 때 경사면 각도에 따라 등받이 전후상하 이동부가 20mm 이동 시 등받이 전후길이 및 상하높이의 변화를 요약하여 보여주고 있다.

본 연구에서 개발한 조절 가능한 책상과 의자는 등받이가 전후상하 방향으로 동시에 이동하기 때문에 등받이의 전후방향 이동을 통하여 좌판의 깊이를 조절할 수 있을 뿐만 아니라 등받이의 상하방향 이동을 통하여 등받이의 높이를 조절할 수 있다. 따라서 조절 가능한 의자 등받이 지지부의 경사면의 각도에 따른 등받이 전후상하 이동비율이 KS G 2010에서 제시한 책상과 의자의 호수에 따른 의자등판높이와 의자좌판깊이의 비율과 같을 때 의자다리 및 등받이 지지부 경사면의 각도가 적절하다고 말할 수 있다. 왜냐하면 본 연구에서는 KS G 2010에서 제시한 설계기준을 만족하는데 중점을 두었기 때문이다. 표 2는 KS G 2010의 책상과 의자의 호수에 따라 변하는 의자등판높이와 의자좌판깊이의 비율을 계산한 결과를 보여주고 있다.

표 1에서 경사면 각도에 따른 이동 시 등받이 상하높이와 전후길이의 비율이 의자 경사면의 각도가 32° 일 때 0.7131로서 KS G 2010의 책상과 의자의 4~12호까지의 평균 의자등판높이와 의자좌판깊이의 비율인 0.7283과 가장 근소한 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 따라서 의자 및 등받이 지지부 경사면의 각도는 32° 로 결정할 수 있다.

3.3 개발된 조절형 의자의 주요 설계치수

표 3은 의자다리와 등받이 지지부 경사면의 각도($\theta 1$)가 32° 일 때 의자 앞다리와 뒷다리의 간격에 따라 의자다리와 등받이 지지부 경사면의 길이(A)와 경사면이 의자 앞다

표 3. 의자좌판 밑면 앞다리와 뒷다리의 간격에 따른 세부 설계치수

단위 : mm

λ	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	*h*	*H(b+d)*	*A(a+e)*
240	283.0028	147.6903	26.0418	23.4481	35.0427	149.9686	171.1384	318.0455
250	294.7946	153.8440	27.1269	24.4251	36.5028	156.2173	178.2692	331.2974
260	306.5864	159.9978	28.2119	25.4021	37.9629	162.4660	185.3999	344.5493
270	318.3782	166.1516	29.2970	26.3791	39.4230	168.7147	192.5307	357.8012
280	330.1700	172.3053	30.3821	27.3561	40.8831	174.9634	199.6615	371.0531
290	341.9617	178.4591	31.4672	28.3332	42.3432	181.2121	206.7922	384.3050
300	353.7535	184.6129	32.5522	29.3102	43.8033	187.4608	213.9230	397.5569
310	365.5453	190.7666	33.6373	30.2872	45.2635	193.7095	221.0538	410.8088
320	377.3371	196.9204	34.7224	31.2642	46.7236	199.9582	228.1845	424.0607

리와 만나는 지점의 높이(*H*)에 대한 세부 설계치수를 보여준다.

표 3의 데이터를 참조하여 경사면의 각도가 32° 이고, 이동거리가 20~200mm일 때 등받이 전후상하 이동부분의 이동 시 전후이동길이(*A* : λ = *이동거리* : *전후길이*)와 상하이동높이(*A* : *H* = *이동거리* : *상하높이*)를 계산할 수 있다. 등받이 전후상하 이동부의 이동거리에 따른 등받이 상하높이와 전후길이의 변화를 계산한 결과는 표 4와 같다.

표 4. 등받이 전후상하 이동부의 이동거리에 따른 등받이 상하높이와 전후길이의 변화

단위 : mm

이동거리	상하높이	전후길이
20	10.7619	15.0922
40	21.5238	30.1844
60	32.2856	45.2765
80	43.0475	60.3687
100	53.8094	75.4609
120	64.5713	90.5531
140	75.3332	105.6453
160	86.0951	120.7374
180	96.8569	135.8296
200	107.6188	150.9218

4. Prototype의 적합성 평가 및 조절범위 설정

4.1 KS G 2010에 따른 적합성 평가 및 조절범위 설정

제작된 Prototype을 KS G 2010을 참조하여 설계범위에 따른 적합성을 평가하였다. 조절형 책상과 의자의 설계범위 및 설계요건 선정에서 정의한 바와 같이 초등학생 이상 고

표 5. KS G 2010에 따른 설계범위

단위 : mm

구분	최소범위	최대범위	설계범위
책상 · 의자의 호수	4	12	9
사용자의 신장	120이상	176이상	56이상
책상높이	530	770	240
의자높이	320	480	160
의자등판높이	220	300	80
의자좌판깊이	310	390	80
좌판나비	310이상	400이상	90이상
앉는자리기준점	80	95	15

등학생(6세~17세)까지를 수용하기 위하여 4호에서 12호까지의 책상높이는 530~770 mm으로 240mm의 조절범위(Adjustable Range)가 요구되며 의자의 경우 좌판의 높이는 320~480mm이므로 160mm의 조절범위가 요구된다(표 5).

하지만 책상과 의자의 높이조절 부분과 의자 등받이 전후상하 이동부분의 이동거리가 너무 길어지면 하중이 집중됨에 따라 이동부분이 구부러지는 현상 등의 구조적인 문제가 발생하기 때문에 이동거리는 150mm 이내가 적절하다고 판단된다. 특히 책상보다 하중을 더 많이 받는 의자의 경우는 100mm 이내가 적절하다고 판단되기 때문에 1개의 호수로 KS G 2010과 국민표준체위조사자료에서 제시한 책상과 의자 설계 관련 신체치수의 수용이 가능은 하지만 2개의 호수로 구분하여 견고성과 안정성을 높이는 것이 보다 중요하다.

또한 KS G 2010은 조절형의 경우 조절범위는 중간호수의 치수를 적용한다 고 명시하고 있다. 따라서 책상높이의 경우 120mm의 조절범위를 가진 2개의 호수(조절형 1호 : KS G 2010 4~8호 수용, 조절형 2호 : KS G 2010 8~12호 수용)로 구분하여 설계하는 것이 바람직하다. 의자의 경우는 책상보다 더 많은 하중을 받기 때문에 조절범위를 작게 하여 80mm범위로 역시 2개의 호수로 구분하여 설계하는 것이 바람직하다. 의자설계 시 인간공학적 관점에서 보았을 때 일반적으로 의자좌판나비(Seat Pan Width)는 사용자 집단 앉은엉덩이너비의 95^{th} Percentile을 적용하여 설계하기 때문에 좌판의 나비는 8호와 12호의 최대치수인 각각 370 mm이상(조절형 1호)과 400mm이상(조절형 2호)을 적용하여 설계하는 것이 적절하다고 판단된다.

의자의 등판높이와 의자좌판깊이의 경우 사용자 집단의 5^{th} Percentile을 적용하며 설계하는 것이 일반적인 방법이다. 그러나 본 연구에서 개발한 조절 가능한 의자는 등받이가

동시에 전후상하 방향으로 이동하기 때문에 의자의 등판높이와 의자좌판깊이의 조절범위가 KS G 2010이 제시한 수치를 수용할 수 있으면 된다.

등판높이는 표 5에서 KS G 2010의 4~12호까지의 설계 범위인 80mm를 수용할 수 있으면 충분하다. 따라서 조절형 1호는 등판높이의 조절범위를 220~260mm(KS G 2010의 4~8호)로 설정하며, 조절형 2호는 등판높이 조절범위를 260~300mm(KS G 2010의 8~12호)로 각각 40mm의 간격으로 조절할 수 있게 설계한다. 표 4에서 등받이 이동부의 이동거리에 따른 상하높이의 변화를 살펴보면 이동거리가 80mm일 때 43.0475mm의 상하높이 조절을 할 수 있으므로 조절형 1호와 2호의 등판높이 조절범위는 적절하다고 판단된다.

의자좌판깊이도 등판높이와 마찬가지로 표 5의 KS G 2010 4~12호까지 80mm의 설계범위가 요구되며 등받이의 이동거리가 등판높이와 같이 조절형 1호와 2호가 각각 80mm씩 이동했을 때 설계범위를 만족시켜야 한다. 예를 들어 의자좌판깊이에 대한 KS G 2010의 4~8호까지의 치수는 310~370mm로서 60mm의 조절범위가 요구되며 이 범위를 만족하기 위해서는 조절형 1호의 경우 등판높이 조절을 위한 이동거리와 같은 80mm의 이동거리가 요구된다. 그러나 조절형 2호의 경우 KS G 2010 8~12호의 370~390mm는 20mm의 조절범위만 필요하기 때문에 등받이의 이동거리가 80mm일 때 등판높이의 변화하는 비율과 달라지는 문제가 발생한다. 따라서 다음에 나오는 학생들의 체위조사자료를 토대로 이의 문제를 해결하였다.

그림 5는 평가결과에 따른 설계치수 구분선을 보여준다.

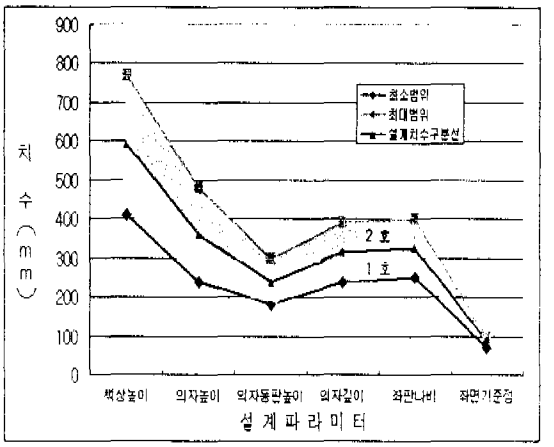

그림 5. KS G 2010에 따른 조절형 책상과 의자의 설계범위

4.2 인체측정치수에 따른 적합성 평가 및 조절범위 설정

제작된 Prototype의 적합성 평가를 위하여 1997 국민표준체위조사자료를 참조하여 설계범위의 수용(Accommodation)여부에 따른 적합성을 평가하였다. 표 6에서 앉은 팔꿈치높이의 최소와 최대치수는 각각 441mm와 700mm이다. 따라서 체격의 범위는 259mm로서 조절형 1호와 2호의 조절범위가 각각 130mm이면 수용 가능해 진다. 의자좌판 높이의 경우는 앉은오금높이를 고려하여 표 6에서 최소치수와 최대치수와의 차이는 181mm로서 조절형 1호와 2호의 조절범위가 각각 90mm이상이면 수용할 수 있다.

표 6. 1997년 국민표준체위조사자료(6세~17세) 및 수용체격 요구범위

단위 : mm

신 체 부 위	성별	백분위수		최소값	최대값	수용체격 요구범위
		5^{th}	95^{th}			
키	남	1125	1801	1093	1801	708
	여	1093	1682			
앉은팔꿈치높이*	남	444	700	441	700	259
	여	441	674			
앉은오금높이	남	268	447	266	447	181
	여	266	423			
앉은엉덩이오금길이	남	281	514	280	514	234
	여	280	501			
앉은엉덩이너비	남	202	386	202	386	184
	여	207	374			

* 바닥에서부터의 높이로서 앉은팔꿈치높이+앉은오금높이

그러나 책상높이의 경우 일반적으로 바닥에서부터 앉은팔꿈치높이의 평균치를 고려하여 설계하며 의자좌판 높이는 앉은오금높이의 하위백분위수를 고려하여 설계하기 때문에 인체측정치수의 최소와 최대와의 차이를 전부 수용할 필요는 없다. 따라서 여기서는 KS G 2010에서와 같이 조절형 1호와 2호의 책상과 의자의 조절범위를 각각 120mm와 80mm로 설계할 수 있다.

의자설계시 인간공학적 관점에서 보았을 때 일반적으로 의자좌판너비(Seat Pan Width)는 앉은엉덩이너비의 95^{th} Percentile을 적용하며 의자좌판깊이(Seat Pan Depth)는 앉은엉덩이오금길이의 5^{th} Percentile을 적용하여 설계한다.

표 6에서 앉은엉덩이너비의 경우 최대 신체치수가 386mm로서 KS G 2010의 수치인 400mm 이상에 포함되기 때문에 고려할 필요는 없다. 그러나 표 6에서 6세~17세까지의 앉은엉덩이오금길이의 체격범위는 280~514mm로서 KS G 2010 의자깊이의 치수인 310~390mm(KS G 2010의 4~12호) 보다 더 넓은 범위가 필요할 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 개발된 조절형 의자의 경우 1호의 조절범위는 280~340mm, 2호는 340~400mm까지 각각 60mm의 이동범위의 조절이 가능하게 설계하는 것이 바람직 하다고 판단된다. 왜냐하면 표 6의 앉은엉덩이오금길이는 6~17세까지의 최대치수일 뿐만 아니라 의자좌판깊이는 앉은엉덩이오금길이의 5^{th} Percentile을 적용하여 설계하기 때문이다. 그러므로 의자좌판의 깊이는 1호와

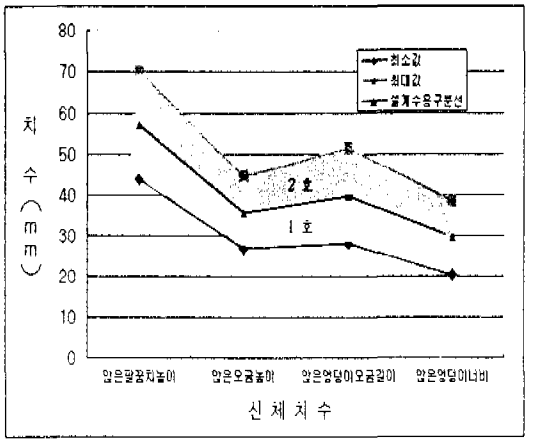

그림 6. 1997년 국민표준체위조사자료(6세~17세)에 따른 조절형의 수용 체격범위

2호 각각의 조절범위 중간치수인 310mm와 370mm로 설계한다.

요약하자면 조절형 1호의 경우 의자좌판의 깊이는 310mm로서 등받이의 전후이동은 280mm에서 시작하여 340mm까지 조절이 가능하며 2호의 경우 의자좌판의 깊이는 370mm로서 등받이의 전후이동은 340mm에서 시작하여 400mm까지 조절이 가능하다. 이렇게 함으로써 등판높이의 변화와 동일하게 등받이 이동부가 표 4에서 보는 바와 같이 80mm 이동할 때 상하방향은 43.04mm를 이동하고 전후방향은 60.36mm가 이동되게 최종 설계될 수 있다. 그림 6은 책상과 의자의 설계를 위해 참조되는 신체부위 치수에 따른 설계수용 구분선을 보여준다.

이와 같이 본 연구에서 개발된 조절 가능한 학생용 책상과 의자의 Prototype은 KS G 2010가 제시하는 치수를 만족할 수 있을 뿐만 아니라 최근 변화하는 학생들의 체격과 체형을 충분히 수용할 수 있음을 알 수 있다.

4.3 비교평가 결과에 따른 최종 조절 범위 설정

표 7에서는 본 연구에서 설계되고 비교 평가된 조절 가능한 학생용 책상과 의자에 대하여 호수에 따른 구체적인 수용치수를 요약하였다. 치수는 KS G 2010과 최근 학생들의 인체치수를 동시에 만족하여 수용할 수 있도록 각 호수별 최소와 최대 수용 치수를 구분하여 조절범위를 설정하였다. 참고로 조절형 1호와 2호의 구분 치수인 155cm는 국민표준체위조사자료에서 보면 13세 여자중학생의 평균치수 (남: 158.8cm, 여: 155.4cm)에 해당한다.

표 7. 최종 설계된 Prototype의 호수에 따른 조절 가능 범위

단위 : mm

조절형 호수	사용자의 신장	조절 범위	책상 높이	의자 높이	의자 등판높이	의자 좌판깊이	의자 좌판나비
1호	120cm이상	최소	530	320	220	280	370이상
	155cm미만	최대	650	400	260	340	
2호	155cm이상	최소	650	400	260	340	400이상
		최대	770	480	300	400	

5. 토의 및 결론

본 연구에서는 제작 가격이 저가이면서도 학생들의 체격과 체형에 맞게 조절이 가능한 인간공학적 학생용 책상과 의자를 개발하였다. KS G 2010과 최근 학생들의 신체치수의 수용 가능 여부에 대한 비교평가 결과 개발된 Prototype은 이들 모두를 수용할 수 있음을 알 수 있었다. 향후 이를 전국에 있는 초·중·고등학교를 비롯하여 대학 등 각급 학교 및 각종 학원의 학생들에게 보급 활용함으로써 학생들의 이상체형 형성을 억제하여 신체 발육에 도움을 주며, 학습효과를 높일 수 있다고 판단된다.

개발된 Prototype 조절형 학생용 책상과 의자는 다수의 학생들이 사용하기 위한 목적 때문에 제작비용을 최소화하면서 인간공학적 고려를 통한 기능성에 중점을 두어 개발하였다. 하지만 현대사회는 삶의 질을 추구하는 사회로 점차 변모해가고 있기 때문에 이제부터는 교구설계에 있어서도 경제성의 논리가 우선 되지 않고 사용자의 감성을 만족하는 설계를 지향해야 한다고 생각된다. 따라서 향후 연구에서는 학생용 책상과 의자도 외관의 미려성과 사용 시 편안함이나 안락감을 제공하는 설계로의 전환이 요구된다. 또한 본 연구 결과가 학생용 책상과 의자 등 학교에서 사용하는 교구뿐만이 아닌 학생들이 가정에서 사용하는 가정용 가구 및 사무용 가구에도 적용할 수 있는 설계로의 연구가 뒤따라야 한다고 강조한다.

참고 문헌

문재호, 강민정, 강종권, 강성웅, 김건홈. "한국 여고생의 척추변형에 대한조사", 대한재활의학회지, 19(4), 1995, pp 846-852.

박수찬, 김진호, 김철중, 학생용 책상 및 의자 설계를 위한 선호높이와 불편인식범위에 관한 연구, 대한인간공학회지, Vol. 14, No. 2, pp.41-50, 1995.

산업자원부 기술표준원, '97국민표준체위조사 자료, 산업자원부 기술표준원(www.ats.go.kr), 1997.

정명철, 현수돈, 신기영, 홍성수, 김종수, 김정룡, 인체공학적 학생용 책상과 의자 개발, 96 대한인간공학회 추계학술대회논문집, pp. 85-90, 1996.

정병용, 박경수, 학생용 책걸상의 표준규격에 관한 연구, 대한인간공학회지, Vol. 5, No. 1, pp. 29-41, 1986.

조암, 김명진, 이상봉, 이윤동, 오병환, 한국 아동의 신체치수에서 본 아동용 학교의자의 적합성, 대한인간공학회지, Vol. 9, No. 2, pp.55-63, 1990.

한국표준협회, 한국산업규격 KS G 2010 - 학생용 책상 및 걸상, 한국표준협회 한국산업규격, 1995.

홍성수, 정명철, 현수돈, 김종수, 김정룡, 인체공학적 초·중·고등 학생용 책상과 의자 개발에 관한 연구: 시제품 평가를 통한 개선안을 중심으로, 97 대한인간공학회 추계학술대회논문집, pp. 331-335, 1997.

Drury, C. G. and Coury, B. G., A

Methodology for Chair Evaluation , Applied Ergonomics, Vol. 13, pp.195-202, 1982.

Lueder, R. Work Station Design, The Ergonomics Payoff: Designing the Electronics Office, Toronto, Ontario, Canada: Holt, Rinehart & Winston, 1986.

Sanders, M . S. and McCormick, E. J., Human Factors in Engineering and Design, 7th Ed., McGraw-Hill International Editions, 1992.

Shute, S. J. and Starr, S. J. Effects of Adjustable furniture on VDT users , Human Factors, Vol. 26, No. 2, pp. 157-170, 1984.

저자 소개

◈ 정화식

단국대학교 건축공학과를 졸업하고 미국 Murray State University와 University of Houston에서 산업공학 석사 및 박사학위를 취득하였다. 현재 동신대학교 산업공학과에 재직하고 있으며 주요 관심분야는 인간공학, 데이터베이스, 전문가시스템 등이다.

논문접수일 (Date Received) : 2000/11/22
논문게재승인일(Date Accepted) : 2001/5/3