

# Development of Non-Motorized Lifting Chair For the Elderly

Hyeon Jun Kim · Hyeon Jin Yeo · Sung Soo Kim  
Sung Ho Chang<sup>†</sup> · Sang Ho Lee · Ik Soon Bae

School of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

## 고령자를 위한 무동력 기립보조 의자 개발

김현준 · 여현진 · 김성수 · 장성호<sup>†</sup> · 이상호 · 배익순

금오공과대학교 산업공학과

The aging of Korea is rapidly advancing in an unprecedented rate in the world. Indoor and outdoor safety accidents involving the elderly frequently occur, with elderly population increasing. Because the physical strength of elderly is decreased, it is necessary to develop devices that aid the everyday life of the elderly to prevent safety accidents. Among many activities, the motions of standing from and sitting on a chair require much physical strength from particular body parts, which causes an overload for particular body parts. To the elderly the repeating motion of standing from and sitting down on a chair is burdensome, because they do not have enough physical strength compare to young persons. As a result the elderly could be injured or falling during standing or sitting. Therefore, the development of a lift chair that considers the problems mentioned above is necessary to prevent the safety accidents of the elderly. The study designed a non-motorized lift chair that comfortably aids the standing and sitting down motion for the use of the elderly by reflecting the anthropometric data of the Korean elderly over 65 years old. Also the design was implemented to smoothly aid the standing motion by considering the knee angle of the elderly when standing. Because the regained strength to stand from a chair is depend on the knee angle. Unlike existing lift devices, this device utilizes a tilting mechanism that does not use electric power so that the product could be composed inexpensively than existing chairs released in the market.

**Keywords** : Elderly, Safety Accidents, Non-Motorized Lift Chair, Tilting Mechanism

## 1. 서 론

### 1.1 연구 배경 및 목적

OECD에 따르면 고령화 사회란 65세 이상 인구 비중이 전체 인구 7%에서 14% 미만인 사회를 말한다. 2015년 대한민국 인구통계에 따르면 인구 중 65세 이상의 인구는

13.1%를 차지한다고 나타났다[3]. ‘가정에서 발생하는 고령자 안전사고’에 따르면 가정 내에서 일어나는 고령자 관련 안전사고는 2007년 1,339건, 2008년 2082건, 2009년 2,191건으로 점점 늘어나는 추세이며 고령자의 안전사고가 가장 많이 발생하는 장소는 가정(48.8%), 의료시설(23.7%), 교통시설(7.5%)순으로 나타났다[2]. 또한 가정 내 노인 안전사고 실태조사 사고사례 분석 결과 물품에 의한 사고는 침대(22%), 의자(16%)를 이용하다가 떨어져서라고 나타났다[1]. 가정이 사고 발생률이 가장 높은 곳으로 고령자의 안전사고의 사각지대로 나타났다. ‘노인실태 조사’에 따르면 노인들은 안전사고 중 25.1%가 낙상 경험(25.1%)을 했으며 노인 중 78.8%가 평소 낙상에 대한 두려움을

Received 30 October 2015; Finally Revised 23 December 2015;  
Accepted 24 December 2015

<sup>†</sup> Corresponding Author : changsh@kumoh.ac.kr

지니고 있다고 나타났다. 낙상의 원인으로는 다리에 힘이 풀려서(29.5%), 바닥이 미끄러워서(26.8%), 다리를 접질려서(발을 헛디뎠서)(13.8%)로 나타났다[4]. 이처럼 고령화로 인해 사회 전반적으로 고령자의 일상생활을 지원해 줄 수 있는 기기들이 요구된다. 또한 고령자뿐만 아니라 현대인들은 의자 위에서의 생활 기간이 길어 기립 및 착석활동은 신체적 부담이 가중된다. 현재 기립 및 착석을 보조하는 기기는 중증환자를 위한 고가의 제품으로 동력장치를 동반하여 크기뿐만 아니라 가격 또한 사용자에게 상당한 부담을 지우게 된다.

일반 고령자의 경우 중증환자와 달리 좀 더 활동적이며 보조기에 탑승하여 선체로 다양한 활동을 한다. 따라서 본 연구에서는 고령자의 안전사고 방지와 사용자가 적은 근력을 사용하여 쉽게 조작이 가능하도록 경량의 저가 기립 및 착석 보조기기를 개발 하는 것을 목적으로 한다.

### 1.2 연구방법 및 내용

근력이 떨어지는 고령자의 경우 의자에서 기립하거나 착석 시 타인의 도움을 필요로 한다. 따라서 자신의 힘으로 기립 및 착석을 보조하기 위한 의자를 개발하고자 한다.

고령자의 인체 치수에 맞게 의자높이, 의자길이, 의자너비, 의자등받이 길이, 의자설계하중 등을 개발될 기립 및 착석보조의자에 반영하였다.

선행연구 조사를 통해 무릎각도에 따른 근력변화를 찾아 사용자가 기립 동작 시 근육에 가장 부담이 되는 각도를 조사하였고, 이를 설계될 의자에 반영하였다. 또한 이중 지렛대를 이용하여 무동력으로 사용자가 최소의 근력

을 사용하여 앉은 상태에서 기립을 할 경우 레버를 앞으로 밀면 의자 시트가 상승과 동시에 기울어져 기립 및 착석시 관절에 발생하는 충격 및 하중을 최소화 하고자 하였다.

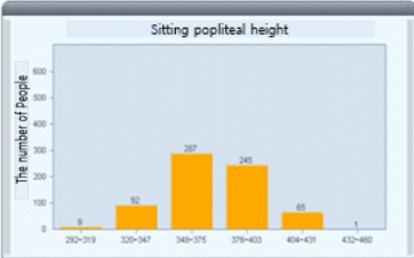
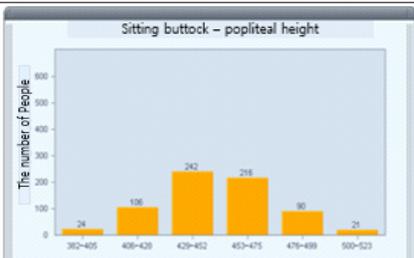
## 2. 본 론

### 2.1 고령자 인체치수 분석

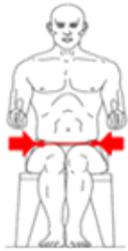
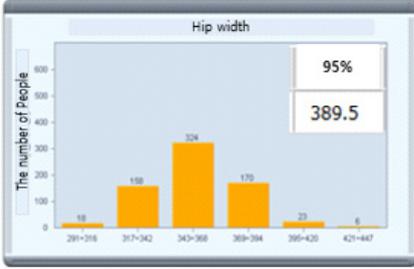
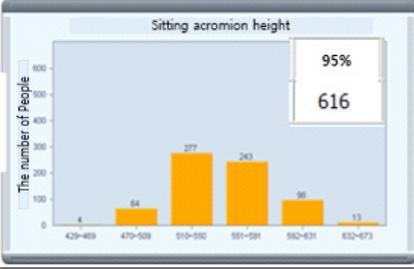
일상생활에서 흔히 접하는 의자, 책상, 작업대 등 여러 가지 제품들이 사용자의 인체 치수를 잘못 적용하여 사용성이 떨어지는 경우가 있다. 선행연구에 의하면 의자 좌편의 높이가 높으면 허벅지와 넙적다리 부위에 압박을 주게 되어 혈액순환 장애를 유발하며, 낮으면 다리를 앞으로 뻗거나 몸을 앞으로 구부려야 한다. 또한 등받침대 폭, 높이, 각도가 잘못 설계됨으로 어깨, 목, 허리에 피로를 가져다 준다[9]. 따라서 이러한 장치와 시설을 사용하는 사람의 신체치수에 맞게 설계되지 않으면 불편뿐만 아니라 통증을 가져오기도 한다. 적절한 의자 설계를 위해 사이즈 코리아에서 측정한 자료를 통해 65세 이상 고령자의 신체치수를 토대로 의자 높이, 의자길이, 의자 너비, 의자등받이 길이 등을 의자설계 시 적용하였다.

<Table 1>은 최소치수에 해당하는 사람뿐만 아니라 이보다 크거나 여유가 있는 사람도 아무런 문제없이 사용할 수 있도록 최소치수를 이용한 설계 원리를 적용하였다. 최소 집단치를 위한 설계를 위해 인체 측정 변수 분포의 5%값을 이용하여 65세 이상 5%에 해당하는 값을 의자 높이, 의자 길이 설계 시 적용하였다.

<Table 1> Average Body of the Elderly or Design Requirements

Design Method	Body Part	Measurement Site	Date(over 65 years old)	Apply Dimension
Height of The chair (minimum Design)		Sitting Popliteal height		Over 65 years Old 5% 334mm
Lenght of The chair (minimum Design)		Sitting Buttock - Popliteal height		Over 65 years Old 5% 408mm

<Table 2> Average Body of the Elderly or Design Requirements

Design Method	Body Part	Measurement Site	Date (over 65 years old)	Apply Dimension
Width of The chair (maximum Design)		Hip width		Over 65 years Old 95% 389.5mm
Chair Back (maximum Design)		Sitting acromion height		Over 65 years Old 95% 616mm
Design Load (maximum Design)		Weight		Over 65 years Old 95% 75.6kg

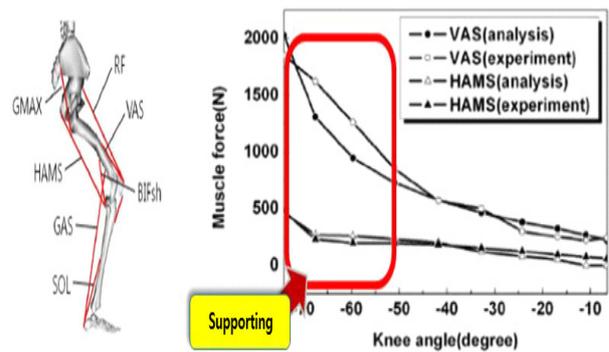
<Table 2>는 최대치수에 해당하는 사람뿐만 아니라 이보다 작거나 여유가 있는 사람도 아무런 문제없이 수용할 수 있도록 최대치수를 이용한 설계 원리를 적용하였다. 최대 집단치를 위한 설계를 위해 인체 측정 변수 분포의 95% 값을 이용하여 65세 이상 95% 해당하는 값을 의자 너비, 의자 등받이, 적정 하중 설계 시 적용하였다.

2.2 의자. 상승각도 조사

고령자가 의자에서 기립 시 무릎에 많은 근력이 필요하기 때문에 기립 시 무릎 각도에 따른 근력변화조사를 하였다.

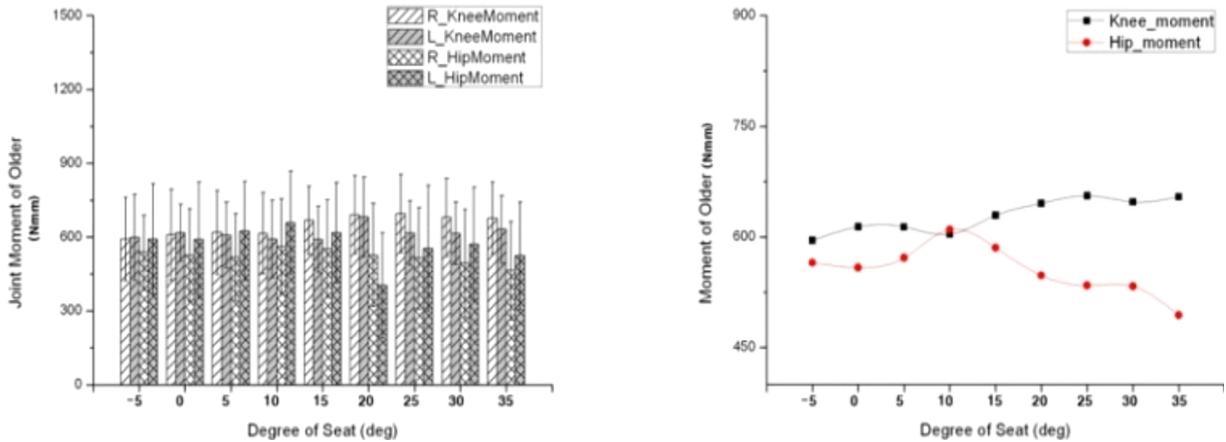
본 연구에서는 Jo[6]가 제시한 인체 하지부 근골격계 모델을 이용하여 의자에서 일어서는 동작 시 발생하는 근력의 예측 값을 이용하였다.

<Figure 1>은 인체하지부 근골격계 모델 및 의자에서 기립 동작 시 무릎 각도에 따른 근력 변화의 예시이다. 그림에 따르면 앉은 자세에서 기립동작 시 무릎의 각도가 -10도부터 -50도까지는 대체적으로 완만한 곡선을 그리고 있고 -50도부터 -80도까지는 하지에 많은 근력을 요구하는 것을 보여주고 있다[8].



<Figure 1> Low Limb of Human Musculoskeletal model or Changes in Strength Standing Knee Operation Angle on the Chair[6]

<Figure 2>는 고령자의 조인트 모멘트 실험결과를 나타낸 그래프이다. 선행연구에서는 3차원 모션캡처 카메라와 지면반력기, 무선근전도(EMG) 장비를 사용하여 65세 이상 고령자 여자 7명을 대상으로 STS(Sit-to-Stand) 동작에서 좌변의 틸팅각도에 따른 관절모멘트(Knee, Hip) 변화를 관찰 및 분석하였다. 3차원 모션캡처를 위해 피실험자 몸에 장비의 일반적인 마커셋인 plug in gait full



<Figure 2> Elderly Results of the Joint Moments[5]

body marker set을 사용하여 35개의 marker를 부착했고, 3가지 근육의 EMG 측정을 위해 좌우 양쪽에 EMG electrode 6개 채널을 부착한 후 총 -5deg부터 -35deg까지 총 9개의 단계의 각도에서 STS 모션을 3번씩 반복하여 총 27번 반복 동작을 캡처·측정하는 것으로 실험이 진행되었다. 그 결과 고령자의 근육활성도 결과 값은 무릎각도가 10도에서부터 30도일때 대체적으로 완만한 곡선을 그리고 있고, 15도와 30도에서는 낮은 결과 값을 나타내고 있다. 또한 고령자의 관절모멘트 결과 그래프에서도 10도에서부터 두 그래프(Knee, Hip)의 곡선이 나누어지기 시작한다. EMG와 관절 모멘트 결과를 반영하여 틸팅 각도의 조절범위가 10도~30도 사이로 설계하는 것이 적합함을 알 수 있다[5].

첫 번째 선행연구는 일반적인 인체에 대한 모델로 의자에서 일어서는 동작 시 발생하는 근력의 예측 값이며, 또한 두 번째 여성 고령자를 대상으로 실험한 결과 값이 모든 고령자를 포함한 값은 아니지만 일반적으로 여성 근력이 남성의 근력보다 적다. 따라서 두 실험의 교집합이 되는 각도(30도)까지 좌판의 상승각도로 설정하였다.

### 2.3 이중지렛대를 이용한 틸팅메카니즘 설계

선행연구에 따르면 승강의자 설계 시 고려사항 중 하나로 기립 시 손을 짚을 수 있는 받침대가 있어야 한다 [7]. 따라서 본 연구에서는 이중 지렛대를 이용한 레버를 손잡이 역할로써 사용하였다.

본 연구에서 기립보조의자는 2가지 방식의 설계를 제안한다. 첫 번째, 사용자의 기립을 보조할 수 있도록 시트의 기울기를 조정할 수 있는 레버를 가지고 있다. 두 번째, 의자다리 중심부에는 기립 하기 위해 레버를 회전시키면 바퀴에 의해 의자가 미끄러지지 않도록 바닥에 밀착시키는 고정 장치를 포함 하는 것이다.



<Figure 3> Elderly Lifting-Chair with a Dual Action Lever

<Figure 3>은 앞서 언급한 특징 중 첫 번째 설계 방식을 포함하고 있다. 이중 지렛대를 이용한 기립 보조의자는 다수의 바퀴가 달려 이동이 용이하도록 형성된 다리와 사용자가 등을 기대어 쉴 수 있도록 형성된 등받이와 사용자의 기립을 보조할 수 있도록 전방을 향해 기울어지는 시트와 시트의 좌, 우측 중 어느 한 곳에 위치한 지렛대의 원리를 이용한 레버와 이를 연결하는 다수의 링크를 가지고 있다. 사용자가 잡는 레버의 끝단을 휘어지도록 하여 착좌한 상태에는 연직방향으로 형성되어 사용자가 앞으로 밀 때 힘을 쉽게 가할 수 있고, 기립을 위해 시트가 기울어진 상태에서는 끝단이 수평방향으로 형성되어 사용자가 레버 끝단을 잡아 지지할 수 있게 된다.

<Figure 4>는 기립보조의자의 레버에 의한 링크 동작 방식을 나타낸다. 레버는 시트 하부에 쌍으로 형성된 브라켓에 관통되어 고정되는 레버축의 끝단과 결합하였다. 이때 레버 축으로부터 레버의 끝단까지의 수직선 길이가 길도록 하여 사용자가 레버의 끝단에서 힘을 가하면 큰 모멘트가 발생해 작은 힘으로도 레버 축을 쉽게 회전시킬 수 있도록 하였다.



Code	Name
100	Lever
101	Lever axis
200	First link
201	Second link
202	Third link
203	Fourth link
500	Supporting Sheet
501	Axis of Supporting Sheet
510	First movement Protection devices

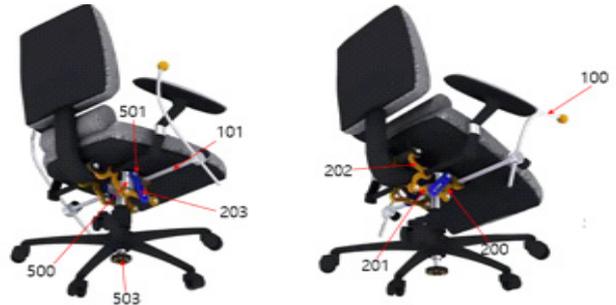
<Figure 4> Link Movement by Lever of Elderly Lifting-Chair and Sign Description

사용자가 기립을 위해 레버를 밀게 되면 레버에 의해 발생된 회전력은 레버 축 및 제1링크를 회전시키고 제2링크는 회전력을 직선운동으로 변형하여 제3링크의 끝단으로 전달한다. 제3링크는 링크 중앙에 고정된 팔걸이 축을 중심으로 직선운동을 회전운동으로 변형시켜 회전하고 이 회전을 통해 고정 축이 제1브라켓의 홈을 이동하면서 수직방향으로 힘을 가해 시트를 기울어지게 만들어 사용자의 기립을 보조하게 된다.



<Figure 5> Both Sides Lever of Elderly Lift Chair and Movement Control Device

<Figure 5>는 앞서 언급한 설계방식 중 2번째에 해당하는 그림으로써 기립 보조 의자의 레버가 양쪽에 위치하여 이동방지장치를 포함한 모습을 설계한 그림이다.

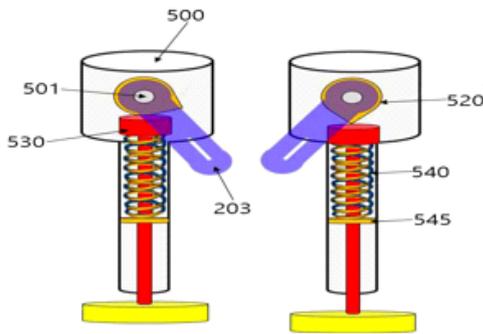


Code	Name
100	Lever
101	Lever axis
200	First link
201	Second link
202	Third link
203	Fourth link
500	Supporting Sheet
501	Axis of Supporting Sheet
510	First movement Protection devices

<Figure 6> Link Movement by Both Sides Lever of Elderly Lift Chair

사용자가 기립을 원할 때 양측에 위치한 레버는 한 쪽 레버에 비해 레버 양쪽으로 힘을 분산시켜 밀게 되므로 적은 힘으로 시트를 기울일 수 있고, 시트가 완전히 기울어진 상태에서는 양측의 레버를 잡고 지지할 수 있도록 형성되기 때문에 더욱 안전하게 사용할 수 있다.

<Figure 6>은 양측레버에 의한 링크 동작 방식을 나타내고 있다. 사용자가 기립을 위해 시트가 기울어질 때 바퀴에 의해 의자가 미끄러져 낙상하는 경우를 방지하기 위해서 의자다리의 중심부에 레버를 회전시키면 바닥에 밀착하여 고정되는 제1이동방지장치가 더 포함된다. 제1레버 이동방식은 레버의 회전과 연동되어 작동해야 하므로 제1링크부에 제4링크를 추가하여 구성하였다. 제4링크는 한쪽 끝단에 홈이 파여져 있는 일자 형태로 홈이 없는 쪽은 시트 지지부를 관통하는 시트 지지부 축에 고정되어 축과 함께 회전하고 홈이 있는 쪽은 제2링크 중앙에 추가적으로 결합된 핀이 홈에 끼워져 구속된다. 제1링크부는 상기 설명한 내용과 동일하게 사용자가 기립을 위해 레버를 밀게 되면 레버에 의해 발생된 레버 축 및 제1링크를 회전시키고 제2링크는 회전력을 직선운동으로 변형하여 제3링크 끝단으로 전달할 때 제2링크에 결합된 핀 300이 홈에 구속되어 움직이게 되므로 제4링크를 시트 지지부 축을 중심으로 회전하게 된다. 제4링크의 회전에 따라 시트 지지부 축도 동일한 방향으로 회전을 하게 되고 제1이동방지장치가 작동하여 바닥에 밀착하게 된다.



Code	Name
203	Fourth link
500	Supporting Sheet
501	Axis of Supporting Sheet
520	Cam
530	Pole shaped T
540	Spring
545	Spring anchorage

<Figure 7> Movement Control Device and The Operation Principle and Sign Description

<Figure 7>은 제1이동방지장치의 작동원리를 나타내고 있다. 제1이동방지장치를 레버와 연동하여 작동하기 위한 내부 시스템은 시트 지지부 내에 위치하여 시트 지지부 축에 관통되어 회전이 되는 제4링크 및 캠과, 상부의 지름은 크고 길이가 짧고 하부는 상부에 비해 지름은 작고 길이가 길며 제1이동방지장치와 결합되고 캠에 의해 상부가 눌러 제1이동방지장치를 바닥과 밀착시켜 T형 봉과 시트 지지부 내에 고정되어 중앙에는 구멍이 형성되어

T형 봉의 하부가 관통되는 스프링 고정 장치와, T형 봉의 하부 지름을 둘러싸고 스프링 고정 장치 상부에 위치하여 캠이 T형 봉을 누르지 않는 상태가 되면 탄성력으로 제1이동장치를 바닥에 이격시키는 스프링으로 구성하였다.

사용자가 기립을 위해 레버를 밀게 되면 제4링크가 제2링크의 운동에 의해 회전하게 되고 제4링크와 결합된 시트 지지부축과 시트 지지부 내부에 위치하여 시트 지지부 축과 결합된 캠도 제4링크와 동일한 양 만큼 회전하게 된다. 회전된 캠은 T형 봉의 상부를 눌러 T형 봉의 하부에 부착된 제1이동방지장치가 바닥에 밀착되도록 하여 사용자가 기립할 때 의자가 미끄러지지 않도록 한다. 사용자가 기립을 완료하여 레버를 복귀시키면 캠도 초기 상태로 회전하고 T형 봉에 의해 압축된 스프링이 탄성력으로 T형 봉이 상승하여 제1이동방지장치가 바닥에 이격 되도록 하였다.

상기 이동방지장치의 구성요소는 예를 나타낸 것이고 가스스프링이나 실린더 등과 같이 다양한 부품을 사용하여 이동방지장치를 바닥에 밀착 및 이격시킬 수 있다.

<Table 3>은 65세 이상 고령자의 근력 및 몸무게를 나타내고 있다. 65세 이상의 고령자의 5분위수의 근력은 53.5N이며, 65세 이상의 고령자의 95분위수의 몸무게는 75.6kg이다. 95분위수의 고령자의 몸무게를 N으로 변환하면 740.88N이고, 두 가지 설계의 경우에 공통으로 가해지는 힘은 지렛대의 지지부의 비율을 1:5와 1:4로 설정하여 95분위수의 고령자의 하중 1/20힘(37.44N)만으로도 기립을 할 수 있도록 설계했기 때문에 최소 근력을 가진 고령자들도 무리 없이 사용할 수 있다.

<Table 3> Average Body of the Elderly or Design Requirements

Design Method	Body Part	Measurement Site	Date (over 65 years old)	Apply Dimension														
Height of The chair (minimum Design)		Sitting Popliteal height	<table border="1"> <caption>Sitting popliteal height</caption> <thead> <tr> <th>Height Range (mm)</th> <th>Number of People</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>262-319</td><td>0</td></tr> <tr><td>320-347</td><td>62</td></tr> <tr><td>348-375</td><td>287</td></tr> <tr><td>376-403</td><td>245</td></tr> <tr><td>404-431</td><td>65</td></tr> <tr><td>432-460</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Height Range (mm)	Number of People	262-319	0	320-347	62	348-375	287	376-403	245	404-431	65	432-460	1	Over 65 years Old 5% 334mm
Height Range (mm)	Number of People																	
262-319	0																	
320-347	62																	
348-375	287																	
376-403	245																	
404-431	65																	
432-460	1																	
Lenght of the chair (minimum Design)		Sitting Buttock - Popliteal height	<table border="1"> <caption>Sitting buttock - popliteal height</caption> <thead> <tr> <th>Height Range (mm)</th> <th>Number of People</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>362-409</td><td>24</td></tr> <tr><td>409-426</td><td>130</td></tr> <tr><td>427-452</td><td>267</td></tr> <tr><td>453-475</td><td>218</td></tr> <tr><td>476-498</td><td>90</td></tr> <tr><td>500-523</td><td>21</td></tr> </tbody> </table>	Height Range (mm)	Number of People	362-409	24	409-426	130	427-452	267	453-475	218	476-498	90	500-523	21	Over 65 years Old 5% 408mm
Height Range (mm)	Number of People																	
362-409	24																	
409-426	130																	
427-452	267																	
453-475	218																	
476-498	90																	
500-523	21																	

### 3. 결 론

본 논문에서는 고령자를 위한 기립보조의자의 필요성 및 설계를 제안하였다. 향후에는 위에 제시한 설계를 토대로 프로토타입을 제작 후 각 구성품의 동작이 완벽하게 수행되는지 평가 할 예정이며, 노형봉, 이정희[11] 등이 제시한 제품안전경영을 위한 단계별 실행 모형 4단계를 참조하여 기립보조의자의 신뢰성 확보를 위해 정량적, 정성적으로 평가할 예정이다.

민윤기 등[10]의 연구에서는 고령자의 신체적 능력 및 시각처리 능력이 교차로 운전수행에 미치는 영향에 대하여 분석 하였다. 추후 연구에서는 기립 시 고령자의 시각 정보처리능력이나 인지능력에 따른 안전장치 등을 설계에 반영할 예정이다.

### References

- [1] A survey of elderly safety accidents in the home, Korea Consumer Agency, 1998.
- [2] Elderly safety accidents in the home, Korea Consumer Agency, 2011.
- [3] Elderly Statistics, Statistics Korea, 2015.
- [4] Elderly Status Survey, Ministry of Health and Welfare, 2015.
- [5] Hong, J.S., Chun, K.J., and Kim, J.H., A study on Evaluation of Seat pan inclination during Sit-to-Stand for development of elderly lifting-chair. *Ergonomics Society of Korea*, 2011, Vol. 30, No. 2, pp. 357-363.
- [6] Jo, Y.N. and Yoo, H.H., A Musculoskeletal Model of A Human Lower Extremity and Estimation of Muscle Forces While Rising from a seated Position. *Transaction of the Korea Society for Noise and Vibration Engineering*, 2012, Vol. 22, No. 6, pp. 502-508.
- [7] Kim, I.H., Jung, K.J., Hong, J.S., Yu, U.S., and Jeong, G.T., A study on Standing Action for Development of Lift. *Ergonomics Society of Korea*, 2009, pp. 176-180.
- [8] Kim, S.W., Secondary non-motorized stand as office chairs private development organizations tiltu, Kyungil University, 2013.
- [9] Kwak, W.M., Hong, S.S., Jung, S.G., Lee, S.D., Lee, D.C., and Yoon, H.Y., Ergonomic Design of Office Chair. *Journal of Korean Society of Design Science*, 1999, Vol. 31, No. 1, pp. 73-80.
- [10] Min, Y.K., Kim, H.W., Lim, D.H., Min, B.C., and Kim, B.S., Effect of Visual Information Processing Skills on Intersection's Driving Performance of Elderly Drivers. *Journal of the Society of Korea Industrial and System Engineering*, 2009, Vol. 32, No. 4, pp. 107-112.
- [11] Ro, H.Y. and Lee, J.H., A Stepwise Approach to Product Safety Management. *Journal of Korean Society for Quality Management*, 2009, Vol. 37, No. 3, pp. 83-93.

### ORCID

- |               |  |   |
|---------------|--|---|
| Hyeon Jun Kim |  | <a href="http://orcid.org/0000-0002-3005-2771">http://orcid.org/0000-0002-3005-2771</a> |
| Hyeon Jin Yeo |  | <a href="http://orcid.org/0000-0002-0784-0622">http://orcid.org/0000-0002-0784-0622</a> |
| Sung Soo Kim  |  | <a href="http://orcid.org/0000-0002-6613-8454">http://orcid.org/0000-0002-6613-8454</a> |
| Sung Ho Chang |  | <a href="http://orcid.org/0000-0002-9758-2902">http://orcid.org/0000-0002-9758-2902</a> |
| Sang Ho Lee   |  | <a href="http://orcid.org/0000-0002-8151-9239">http://orcid.org/0000-0002-8151-9239</a> |
| Ik Soon Bae   |  | <a href="http://orcid.org/0000-0001-8308-1077">http://orcid.org/0000-0001-8308-1077</a> |