

# A proposal of the Optimal Angle of Standing Assistant Chair for the Elderly by Comparing of Pressure Distribution on Hip

Sung-Ho Chang\* · Ji-Hoon Baek\*<sup>†</sup> · Jung-Eon Lee\* · Nematov Mirazamjon\*  
Seok-Wan-Kang\*\* · Wang-Bum Lee\*\*\*

\*Department of Industrial Engineering, Graduate School Kumoh National Institute of Technology

\*\*LG Electronics

\*\*\*Department of Industrial Management, Gumi University

## 둔부의 압력분포 비교를 이용한 고령자용 기립보조자의 기립 최적각도 제안

장성호\* · 백지훈\*<sup>†</sup> · 이중언\* · Nematov Mirazamjon\* · 강석원\*\* · 이왕범\*\*\*

\*금오공과대학교 대학원 산업공학과

\*\*LG전자

\*\*\*구미대학교 산업경영학부

One of the most performed action in daily life is standing up from sitting position. As the population of the world is aging at the high rates, people may face problems with reduced muscle strength as well as psychological changes. This can lead elderly people having difficulties with standing up from chair. Now, with the aging trend worldwide, products are being developed that can support the lives of the elderly. This study examines the distribution of hip pressure in relation to the seating positions of the standing assistance seats under development to prevent standing up accidents in older adults. The currently developing standing assistant chair designed to tilt to a maximum angle of 25 degrees. At over 25°, design considers that older people are at risk of thrown back out of that force and that the forces exerted on their arms and legs can be a significant burden to older people.

By considering danger of higher than 25° for older people which is experimented in the basis of static capturing approach in previous papers, it is experimented people with age group of 20~60 on 0° to 25° tilting angle on the basis of dynamic capturing method in order to pick convenient angle of inclination.

Moreover, tried to find the optimum angle by comparing the hip pressure distribution when seated at the edge of the seat and at the center of the seat with the pressure distribution sensor.

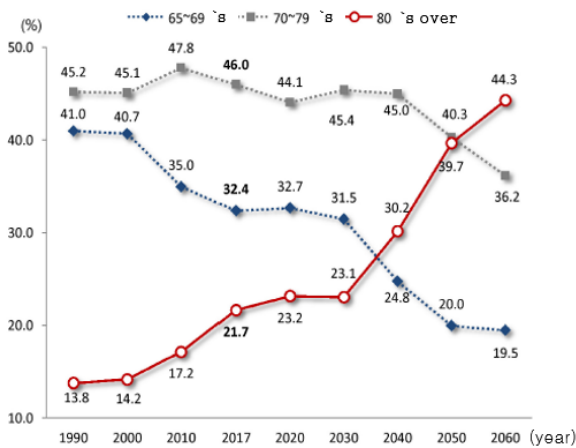
**Keywords** : Elderly Standing Safety, Assistant Chair, Pressure Distribution, Tilting Angle, Dynamic Capturing Method

# 1. 서 론

## 1.1 연구배경 및 목적

현재 세계 인구는 2015년 73억 2천만 명으로, 2000년에 비해 1.2배로 증가하였고, 향후 15년간 유사한 속도로 증가하여 2030년에는 84억 2천만 명에 이를 전망이다. 2060년 세계인구 중 유소년 인구는 20.5%, 생산 가능인구는 62.0%, 그 중 65세 이상의 비중은 2015년 8.2%에서 2060년 17.6%로 인구구조가 고령화될 것으로 전망되고 있다. 또한, 모든 대륙에서 유소년 인구 비중은 감소하는 반면, 고령인구의 비중은 크게 증가할 것으로 전망된다.

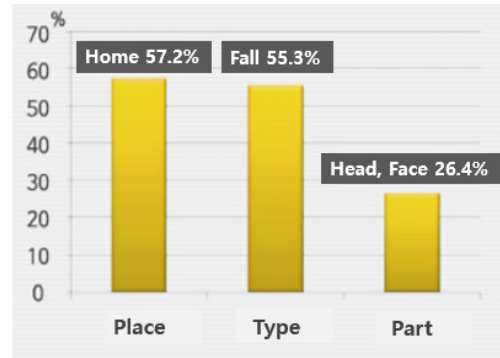
한편, 아래의 <Figure 1>을 보면 우리나라의 65세 이상 고령자는 전체 인구의 14.3%를 차지하고 있으며, 2060년에는 41.0%라는 인구의 절반가량이 고령자인 초고령화 사회가 될 것으로 예상되고 있다. 연령별로 살펴보면, 65~69세와 70~79세는 비중이 감소하는 반면, 80세 이상의 비중은 지속적으로 증가하고 있는 것을 볼 수 있다.



<Figure 1> Population Ratio of Elderly People by Age Group in Korea

‘고령자 안전사고 사례 분석’에 따르면 아래의 <Figure 2>을 보면 알 수 있듯이, 고령자 안전사고는 생활하는 시간이 가장 많은 가정에서 50% 이상으로 가장 높게 나타나 안전사고가 다발하는 것으로 나타났다. 따라서 가정이 안전사고의 발생률이 가장 높은 곳으로써 가정에서의 고령자들에 대한 안전사고 대책이 시급해진 실정이다. 또한, 사고유형은 낙상사고가 가장 많이 나타나며 기립동작은 고령자의 일상생활에서 자주 이루어지는 행위로, 고령자의 신체에 많은 부담을 주고, 중심이동이 적합하게 이루어지지 못해 낙상사고를 유발하는 주요한 원인 중 하나인 것으로 조사되고 있다. 따라서, 가정에서 고령자들의 일상생활을 보조해줄 수 있는 제품들의 개발 및

개선이 고령화사회를 대비하는 중요한 사항으로 자리매김 하고있다[3, 9].



<Figure 2> Results of Safety Accident Analysis for the Aged

이에 본 연구는 가정에서만 아니라 외부에서도 가장 많이 사용되는 가구 중 하나인 의자에 대한 개발 및 개선을 하고자 한다. 또한, 위의 <Figure 2>를 보면 알 수 있듯이, 고령자들은 의자위에서의 생활이 길어짐에 따라 의자에서의 기립시 무릎 및 다리에 많은 근력의 부담을 받게되고, 다리에 힘이 풀려 안전사고까지 발생할 수 있는 경우가 많다. 따라서 고령자가 의자에서 기립시 받게 되는 근력의 부담을 덜게 할수 있는 의자의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 안전사고 예방과 의자를 사용하는데 있어 신체에 불편함을 가진 사람들의 안전한 생활 및 편의를 도모하기 위함을 목적으로 한다.

## 1.2 연구내용 및 방법

본 연구는 현재 개발 중인 고령자용 기립보조의자의 각도별 앉은 자세에 따른 둔부의 압력분포를 알아보고자 한다. 또한, 압력분포의 비교를 통해 기립시 고령자들의 둔부의 가장 적은 압력분포가 나타나는 좌판의 각도를 파악한 후 기립보조의자의 최적 기립각도를 찾고자 한다. 압력분포는 압력분포센서를 이용하여 의자의 좌판에 설치한 후 좌판의 각도를 여러 각도로 설정하여 실험을 진행하였다.

본 연구에서는 동적인 압력분포의 변화를 정적인 압력분포 데이터와 비교하여 실험을 하였다. 또한, 현재 개발 중인 기립보조의자에 대한 선행연구의 틸팅각도 조절범위를 10deg에서 30deg까지 가능하게 설정한 것을 동적인 데이터의 실험결과에 따라 25deg까지의 범위로 조정하여 연구를 진행하였다. 그 이유는, 선행연구에서는 정적인 자세에서만 실험을 진행하였기 때문에 30deg의 위험성을 간과할 수 있다고 판단하여 동적으로(0deg부터 30deg까지 한번에 tilting이 되면서 의자 사용자가 기립을 할 경우) 실험한 결과 30deg의 각도는 고령자들에게 팔과 다리에

상당히 많은 근력을 요구하며, 20대들의 피실험자들 또한 앞으로 튕겨져 나갈 가능성이 많은 것으로 나타났다.

이에 본 연구는, 선행연구들을 토대로 정적인 자세에서의 실험과 동적인 자세에서의 실험을 중점적으로 비교하여 이 기립보조의자의 최적각도가 30deg까지가 아닌 25deg임을 밝히고자 한다. 또한, 현재 개발중인 기립보조의자의 앞으로의 개발방향도 제시하고자 한다.

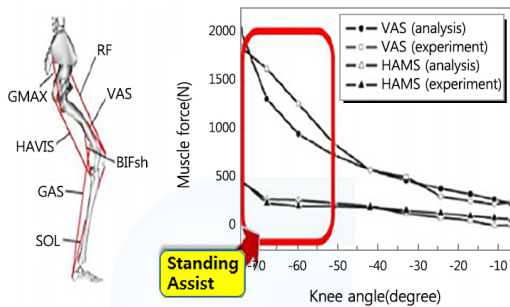
## 2. 선행논문 연구

현재까지 고령자의 기립동작과 관련된 연구를 살펴보면, Kim and Chun[6, 7, 8]은 EMG 측정장비와 3차원 모션캡처 시스템, 지면 반력기를 활용하여 좌면 각도에 따른 STS 동작에 대한 실험을 실시하여, 좌면의 각도에 따른 STS 동작에서의 근육활성도 및 관절 모멘트에 대한 결과값들을 제시하였고, 이러한 결과값들을 반영하여 틸팅각도의 조절 범위가 10deg~30deg사이에서 조절될 수 있도록 설계하는 것이 적합함을 제시하였다.

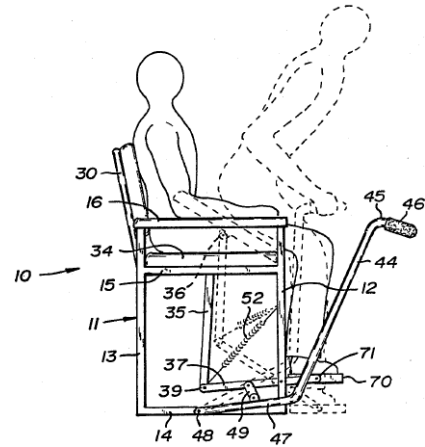
Jo and Yoo[5]는 <Figure 3>의 표기된 부분처럼 인체 하지부는 -50deg~-80deg로 기립 및 착석을 할 때, 근력의 통증 및 피로도가 급격히 증가하는 것을 실험을 통해 알 수 있다고 제시했다.

하지만 이 연구들의 데이터들은 의자의 각도를 정적인 자세에서만 설정하여 실험을 진행하였기 때문에 실제로 의자에서 기립하면서의 근육변화를 의미한다고 하기는 어렵다.

또한, Yeo[11]는 앞선 선행논문들을 토대로 현재 본 연구에서 개발 중인 기립보조의자의 tilting 각도 조절범위를 10deg에서 30deg까지 가능하게 설정하였다. 하지만, 선행 연구들은 모두 의자의 각도가 고정된 채로 정적인 자세에서 실험을 진행하였기 때문에 실제로 의자가 30deg까지 tilting되면서 실제로 사람이 일어나는 것에 대한 동적인 자세의 데이터를 알지 못하였다.



<Figure 3> Musculoskeletal Model of the Lower Part of the Human Body and the Force Change with Knee Angle During Upright Motion on the Chair



<Figure 4> Chair Having Lift Apparatus

한편, 미국의 기립보조의자에 대한 특허에서는 리프팅 기능이 있는 의자라는 제목으로 신체적으로 불편한 사람이 의자에서 일어나기 쉽게 도와주는 리프팅 수단을 가진 의자에 대한 내용으로 등록되었다. 하지만, 리프팅 기능이 있는 기립보조의자에 대한 해외논문연구는 전무하며, <Figure 4>의 특허 또한, 1990년의 특허로써 상당히 오래된 특허이며 리프팅 각도에 대한 언급이 상세히 나타나있지 않기에, 본 연구의 의의를 더욱 부각시킬 수 있다고 생각한다[1].

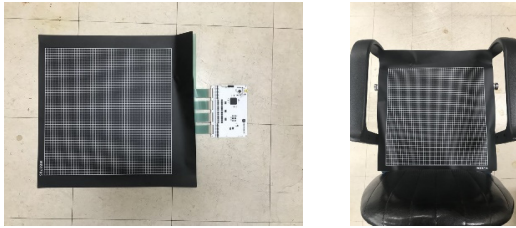
따라서 본 연구에서는 실제로 좌판의 각도가 기울면서 사람이 자연스럽게 일어나는 동적인 자세에 대한 실험을 하여 앞선 선행연구들의 정적인 자세에서의 실험과 실제로 의자를 사용할 때의 동적인 자세를 중점적으로 비교하여 분석하였다.

## 3. 실험

### 3.1 실험개요 및 방법

본 연구의 실험은 20대부터 60대까지의 각 연령별로 5명씩의 피실험자들을 대상으로 진행하였으나, 같은 연령대끼리의 분포차이가 거의 나왔기 때문에 각 연령대의 대표적인 하나의 분포를 선택하여 비교하였으며, 고령자를 위한 의자이기에 고령자의 데이터에 무게를 두어 분포의 차이가 가장 뚜렷한 60대와 20대의 대표 분포를 중점적으로 비교하였다.

또한, 의자에 앉는 위치를 좌판의 중간에 앉는 경우와 의자 끝에 바짝 앉는 경우 2가지를 모두 고려하여 실험을 진행했으며, 사람마다 기립동작 및 자세에 다소 차이가 있는 점을 고려하여 실험자들에게 최대한 같은 동작이 나올 수 있도록 요구하여 진행하였다.



<Figure 5> Pressure Distribution Sensor, Standing Assistance Chair

위의 <Figure 5>와 같이 좌판에 KITRONYX사의 압력분포센서를 깔고 아래의 <Figure 6>처럼 실험자가 앉은 상태에서의 압력분포데이터를 여러 각도에서 캡처하였다. 또한, 한번에 tilting이 되면서 자연스럽게 기립하는 과정동안의 압력분포 변화를 동영상으로 녹화하여, 각 영상의 시간 비율에 맞춰 총 5가지의 장면을 캡처하여 나누었다. 또한, 정적인 데이터들은 0deg, 10deg, 15deg, 20deg, 25deg의 고정된 각도에서 좌판에 앉은 상태에서의 압력분포를 캡처한 것이다.



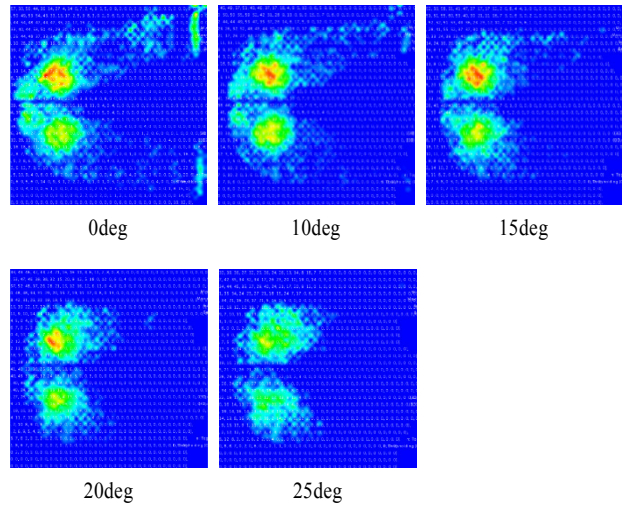
<Figure 6> Sitting on a Chair at 0deg, 25deg

### 3.2 실험결과 및 분석

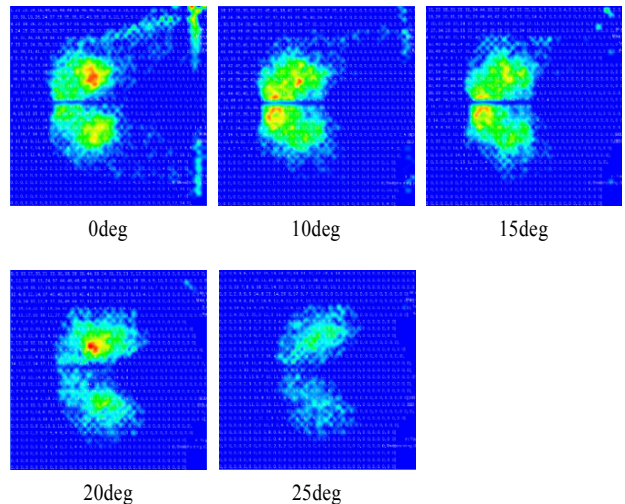
<Figure 7>은 순서대로 0deg부터 25deg까지의 각각의 각도에서 좌판을 고정된 상태로 바짝 앉아 둔부의 압력분포를 측정하였다. 또한, 모든 실험자들의 데이터들을 본 논문에 넣을 수 없기에, 25deg와 0deg의 분포차이가 가장 큰 60대 실험자의 측정 데이터를 대표로 사용하였으며, 가장 근력의 부담이 적을 20대 실험자의 데이터를 비교용으로 사용하였다. 이 데이터들을 보면 각도가 높아질수록 둔부의 압력세기가 약해지는 것을 알 수 있고, 또한 대퇴부의 압력은 갈수록 분포가 사라지는 것을 알 수 있다.

<Figure 8>은 <Figure 7>과 마찬가지로 순서대로 각도별로 배치한 것이며, 의자 좌판의 중간 부분에 앉아 압력분포를 측정하였다. 사람들마다 의자에 앉는 위치가 다르기에 이 점을 고려하여 각각의 위치에 따른 데이터들을 비교 및 분석하기 위해 실험하였다.

25deg 각도를 비교해보면 좌판의 중간에 앉았을 경우가



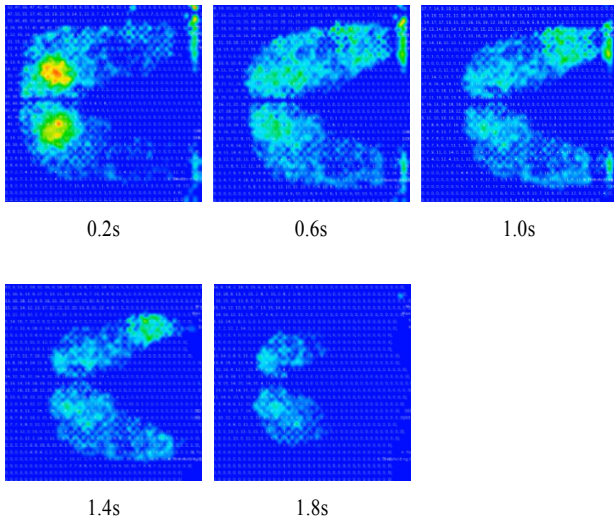
<Figure 7> Pressure Distribution on Hip at 0deg, 10deg, 15deg, 20deg, 25deg when Seated at the Edge of the Seat on 60's



<Figure 8> Pressure Distribution on Hip at 0deg, 10deg, 15deg, 20deg, 25deg when Seated at the Center of the Seat on 60's

미세하게 적은 분포를 띄고 있는 것을 알 수 있다. 이는, 바짝 앉았을 경우에는 등받이가 받쳐주므로 그만큼의 하지부담을 덜어주는데 반면, 중간에 앉는 경우는 오로지 팔과 다리의 근력에 의해 앉아 있기 때문이라고 설명할 수 있다.

<Figure 9>는 의자가 0deg부터 25deg까지 연속으로 tilting될 때, 의자의 끝에 바짝 앉은 실험자가 각도의 상승에 따라 자연스럽게 일어나는 경우의 압력분포를 총 2초의 기립시간에 따라 0.4초로 나뉘어서 캡처한 것이다. 즉, 0.2s는 앉아있는 상태에서 0.2초 뒤의 분포이기에 변화가 거의 없으며 1.8s는 일어나기 바로 직전의 분포인 것이다.



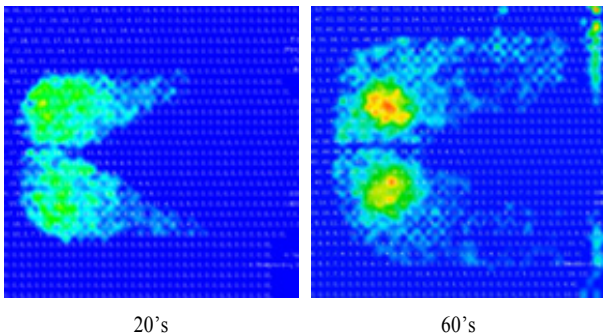
<Figure 9> Pressure Distribution on hip at Time

각각의 고정된 각도에서 앉아있을 경우의 데이터와 비교하였을 때, 분포의 세기가 현저히 적게 나타나며, 일어나기 바로 직전의 분포를 보면 25deg로 고정된 좌판에 앉아있는 경우보다 분포가 적은 것을 알 수 있다.

실제로 tilting이 되면서 실험자가 일어나는 것을 관찰한 결과, 대부분이 25deg에 딱 맞춰서 기립하기 보다는 20deg~25deg사이에서 기립하는 것을 알 수 있었다. 즉, 일어나기 바로 직전의 분포는 정확한 25deg가 아닐 수도 있다는 의미이고, 또한 25deg까지 좌판에서 둔부 및 대퇴부가 완전히 떨어지지 않을 수도 있다는 의미이다.

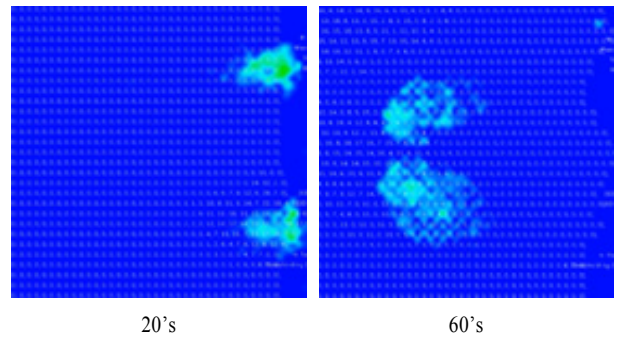
따라서, 최대각도를 30deg로 설정할 경우, 일어나기 직전의 분포가 25deg의 분포에 못미칠 경우도 있다는 점과, 각도가 높아짐에 따라 요구되는 고령자의 근육을 고려할 때, 30deg는 부적절할 것이며, 그에 따른 안전사고 발생 확률도 높아지기에 위험성 측면에서도 부적절함을 알 수 있다.

<Figure 10>을 보도록 하자.



<Figure 10> Pressure Distribution on Hip at 25deg, 20's, 60's

위 사진은 20대 실험자의 25deg에서의 앉은 상태 사진과 60대 실험자의 25deg에서의 앉은 상태인 정적인 자세의 분포이다. 가장 선명한 차이를 알 수 있는 20대와 60대의 데이터를 대표로 비교하였다. 20대의 분포를 보면 20대는 다리와 팔의 근육에 부담이 덜하기 때문에 다리와 팔의 힘으로 고정된 25deg에서 버티고 있으므로 분포가 둔부에 약하게 나타나고 있으나, 60대의 분포는 비교적 팔과 다리의 근육이 부족하여 둔부에 분포가 집중되어 나타나는 것을 알 수 있다.



<Figure 11> The Capture of the Part before Standing 20's, 60's

위의 <Figure 11>은 일어나기 바로 직전의 20대와 60대의 동적인 자세의 분포를 캡처한 것이다. 일어나기 바로 직전의 분포는 둔부의 분포가 먼저 사라지는 20대에 반해, 60대는 둔부의 분포가 끝까지 남아있는 것을 알 수 있다. 이는 20대 다리의 근육은 비교적 부담이 덜 되기 때문에 다리로 지탱하면서 둔부가 먼저 좌판에서 떨어지는 것을 의미하며 반대로 60대는 좌판의 tilting이 최대각도까지 되기까지 굳이 다리의 근육을 사용하여 먼저 일어나지 않는 점을 알 수 있다.

아래의 <Figure 12>과 같은 기립동작에서 알 수 있듯이, 손잡이를 잡는 팔과 체중을 지탱하는 다리에 많은 근육이 요구될 것으로 보인다.



<Figure 12> Standing Motion

이상의 결과를 볼 때 좌판의 각도가 높아질수록 고령자의 기립 동작시에 많은 근력을 요구한다는 것을 분포 데이터들을 통해 알 수 있었고, 최대각도를 30deg로 설정한다면 고령자들의 근력에는 상당한 부담이 가게 되며 각도가 너무 높아져 앞으로 튕겨져 나갈 수도 있는 낙상사고로 까지 이어질 수 있음을 알 수 있었다.

따라서, 본 연구에서는 기립보조 의자가 고령자들의 의자 사용시 느끼는 많은 부담을 tilting을 통해 줄여줄 뿐만 아니라, 25deg는 위험성 및 근력을 고려한 기립 동작을 원활하게 해줄 수 있는 최대각도임을 제안한다.

#### 4. 향후 기립보조 의자 개발방향

시중에 이미 나와 있는 많은 기립보조 의자들은 대다수가 전통식으로 설계된 제품들이다. 이는 무겁기 때문에 고령자들이 의자를 이동시키기에 많은 어려움이 있으며, 또한 가격 측면에서도 고가인 제품들이 많다.

본 연구의 기립보조 의자는 이러한 가격과 무게 측면을 고려하여 수동식으로 각도를 조절할 수 있도록 개발 중이며, 향후 고령자들이 더욱 사용하기 편하고 안전한 의자를 개발할 필요성이 있다.

또한, 현재 개발 중인 tilting 기술을 의자뿐만이 아닌 고령자들 및 장애인들을 위한 휠체어 및 보행보조기에도 접목시킬 수 있을 것이다[2, 4].

#### 5. 결 론

본 연구에서는 현재 개발 중인 고령자를 위한 기립보조 의자의 최대각도에 대하여 두 가지 조건인 정적인 자세와 동적인 자세에서의 압력분포변화를 비교하여 최적 최대각도를 제시함으로써 향후 보다 안전한 기립보조 의자의 개발과 연구에 도움을 줄 수 있는 실험결과를 제안하기 위해 연구를 수행하였다.

선행논문의 최대각도를 30deg로 설정하여 정적인 자세에서만 실험한 것을 본 연구에서 동적인 자세에서 실험한 결과 실제로 30deg의 위험성과 근력 면에서의 부적절함을 제시하였다.

의자의 각도 별 둔부의 압력분포 분석 결과로 선행연구에서 밝힌 최대각도 30deg는 낙상사고의 위험성을 가지며, 각도가 높아질수록 분포가 현저히 떨어지는 경향을 보였다. 이는 높은 각도에서 기립 시 그만큼 둔부를 제외한 다른 근육에 많은 부담이 갈 수 있다는 의미이다. 특히, 고령자는 각도가 낮더라도 기립 시에 많은 부담이 갈 수 있기에, 현재 개발 중인 기립보조 의자가 각도를 높

여가며 이러한 부담들을 줄여주고 최대각도를 25deg로 설정하여 보다 안정된 기립을 보조 및 지원할 수 있다는 점을 강조하고 싶다.

이에 따라, 본 연구의 결과를 토대로 기립보조 의자의 적정 최대각도를 25deg로 제시하였으며, 향후 본 연구의 결과를 개선 및 타당하게 하기 위해 앞서 말한 기립보조 의자의 개발방향대로 연구하여 다양한 방향으로 의자 사용자들에 대한 기립동작 연구를 실시하여 보다 나은 기립보조 의자를 설계해야 할 것이다.

또한, 본 연구의 결과들이 최적의 기립보조 의자 설계에 활용될 수 있을 것이며, 의자뿐만이 아닌 다양한 고령자들을 위한 제품들(휠체어, 보행보조기, 침대 등)의 설계에도 활용되길 바란다.

#### Acknowledgement

The results of this study are based on sabbatical year of Kumoh National Institute of Technology.

#### References

- [1] Alexander, G., Chair Having Lift Apparatus, United States Patent, 5221 N. Lind Ave., Chicago, 3. 60630, Appl. No. 314, 164, May 29, 1990.
- [2] Bae, J.H. and Moon, I.H., Design of Lifting Chair for Persons with Disability, *The Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 2010, No. 5, pp. 945-946.
- [3] Consumer Safety Administration, Analysis of Safety Accident for the Elderly, 2012, pp. 1-9.
- [4] Jang, D.J. and Kim, J.K., A Study on Design of Standing Mobility Assistive Device for the Elderly, *The Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 2015, No. 5, pp. 899-900.
- [5] 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, *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 2012, Vol. 22, No. 6, pp. 502-508.
- [6] Kim, J.H. and Chun, K.J., A Study on Evaluation of Seat pan inclination during Sit-to-stand for development of elderly lifting-chair, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 2010, No. 10, pp. 147-151.
- [7] Kim, J.H. and Chun, K.J., A Study on Standing Action for Development of Lift Chair, *The Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 2009, No. 11, pp. 176-180.

- [8] Kin, J.H. and Chun, K.J., An Analysis on Muscular strength and Joint Torque For Effectiveness Verification of Standing support in Lift Chair : Forward Dynamics of Muscle Skeleton, *The Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 2010, No. 5, pp. 1383-1384.
- [9] Korea Consumer Agency, Safety Accident for the Elderly at home, 2010, pp. 13-20
- [10] KOSIS, 2017 Elderly Statistics, 2017, pp. 15-10.
- [11] Yeo, H.J., A study on Non-motorized Lifting Chair development for the elder, *The Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society*, 2015, No. 4, pp. 3133-3141.

**ORCID**

- Sung-Ho Chang | <https://orcid.org/0000-0002-9758-2902>
- Ji-Hoon Baek | <https://orcid.org/0000-0002-8923-1416>
- Jung-Eon Lee | <https://orcid.org/0000-0003-4092-0306>
- Nematov Mirazamjon | <https://orcid.org/0000-0002-5864-682X>
- Seok-Wan Kang | <https://orcid.org/0000-0003-3524-1202>
- Wang-Bum Lee | <https://orcid.org/0000-0002-7166-9751>