Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology
2017. vol. 11, no. 1,
http://resko.jams.or.kr
https://doi.org/10.21288/resko.2017.11.1.29

고령자용 저상 요양침대의 설계 및 평가

Design and Evaluation of a Low-floor Care-bed for Elderly People

배주환*, 문인혁
J. H. Bae, I. Moon

요 약

기존의 가정용 요양침대는 매트리스 지지판(mattress support platform) 하부에 설치된 복잡한 기구부로 인해 저상화 실현이 어려웠다. 본 논문에서는 등판과 다리판의 각도를 조절하면서도 저상화가 가능한 요양침대의 구동 메커니즘을 제안한다. 등판과 다리판의 메커니즘은 듀얼 모터(dual motor)를 적용하고, 최적화 기법으로 설계변수를 결정하였다. 승강 메커니즘은 풀리(pulley)구조를 적용하여 제한된 구동기의 가동범위를 최대 두 배까지 높일 수 있도록 설계하였다. 건강한 5명의 피험자(24.4±0.5세)가 방바닥에서 240mm의 저상 프로토타입 요양침대와, 600mm의 일반적인 높이의 침대에 올라갈 때의 그 이동 거리를 측정하여 저상화 침대에 대한 유효성을 평가하였다. 그 결과 저상 요양침대를 사용할 때의 이동 거리는 기존 높이의 침대에 비해 평균 38% 작았다. 이것은 저상 요양침대가 고령자의 신체적 부담을 줄여주며, 일반침대보다 일상생활 지원에 효과적이라는 것을 보여주었다.

ABSTRACT

It was hard for a conventional care-bed to be realized to a low-floor position due to a complex actuation mechanism installed under the mattress support platform. In this paper a mechanism design to set a low-floor position as well as to adjust back- and leg-rest angles was proposed. A dual motor was applied to the back- and leg-rest mechanism of which design parameters were determined by an optimal method. An elevation mechanism was also designed to enlarge a limited stroke range up to two times of its original stroke using a pulley mechanism. An evaluation test was performed by five healthy subjects (24.4±0.5 yrs.) when going up from a floor position to a preset best position which was set to the 240mm height for a prototype low-floor bed and to the 600mm height for a conventional bed. As a result, the moving distance was 38% lower than the conventional bed when the subject used the low-floor bed. It showed that the low-floor care-bed reduced physical burdens and was effective to assist activities of daily living of the elderly people.

Keyword : Low-floor, care-bed, mechanism design, assist, elderly people

1. 서론

병원에서 사용하는 의료용 침대[1]와 달리, 가정에서 요양이나 케어의 목적으로 사용하는 침대를 요양침대(care-bed)라고도 한다[2]. 이러한 요양침대는 매트리스 지지판(mattress support platform)[3,4]의 높이 조절이 가능하고, 그 외 등판(back-rest)이나 다리판(leg-rest)의 각도 조절이 가능한 것도 많이 있다. 이러한 기능이 전동 모터에 의해 조절되는 침대를 요양용 전동침대라고 통칭하기도 한다[4].

요양침대는 매트리스 지지판의 높이와 각도 조절 기능에 의해, 간병인이나 다른 사람의 도움 없이도 침상의 사용자 자세를 변환하거나, 식사, TV 시청 등의 다양한 자세로 전환에 유용하기 때문에[5-7], 침상에서의 생활하는 고령자 혹은 간병인에게 매우 중요한 보조기기(assistive product)[8]의 하나이다.

접 수 일 : 2016.12.16
심사완료일 : 2016.12.22
게재확정일 : 2016.12.23
* 배주환 : 근로복지공단 재활공학연구소
juhwan0307@gmail.com (주저자)
문인혁 : 동의대학교로봇자동화전공 교수
ihmoon@deu.ac.kr (교신저자)
※ 본 연구는 2012년 보건의료연구개발사업(A120125)로 이루어진 연구임.

이 요양침대는 현재 노인장기요양보험에서 대여 품목으로 선정하여 급여하고 있다. 그러나 고령자나 장애인 등의 사용자가 방바닥에서 침대에 올라가거나, 반대로 침대에서 방바닥으로 내려올 때, 안전사고가 빈번히 발생한다. 한국소비자원의 고령자 안전사고에 관한 보고서[9]에 의하면, 침실과 방(22.2%)에서 안전사고가 가장 많이 발생하였으며, 특히, 추락/낙상 사고는 세 번째로 높은 사고율(9.3%)을 나타내었다. 사고 원인을 분석한 결과 48.7%가 가구를 이용 시 발생하였고, 이중 침대에서의 낙상이 79.1%로 다른 가구보다도 월등히 높은 사고율을 보였다. 이러한 낙상의 원인으로는 노화로 인한 근골격계의 변화, 하지 근력의 약화[10]와 관련이 깊기 때문에, 고령자가 일상생활 동작 중 앉은 자세에서 일어서기 또는 방향 바꾸기 등의 자세 변환시 낙상이 발생하기 쉽다[11]. 따라서 이러한 낙상을 예방하거나, 약화된 근력을 고려한 침대 이용을 보조하기 위해서는 침대의 저상화가 필요하다. 특히 우리나라는 방바닥에 앉거나 잠을 자는 생활방식을 고려할 때 저상화는 필수적인 기능이라고 할 수 있다. 그러나 기존의 요양 침대는 등판과 다리판의 각도 조절과, 매트리스 지지판 높이 조절을 위한 기구부가 매트리스 지지판의 하부에 설치되어 있어 저상화 실현이 쉽지 않았다.

본 논문에서는 한국산업표준[4]에서 정의한 등판과 다리판의 각도의 범위를 조절할 수 있으면서도, [4]의 표준에서 정의한 최저 높이 320mm 보다도 훨씬 낮은 위치까지 조절 가능한 저상 요양침대(low-floor care-bed)[12]의 설계를 제안한다. 먼저 설계를 위한 매트리스 지지판의 설계 모델을 정의하고, 최적화 기법을 통해 각 설계 치수를 결정한다. 저상화 실현을 위해, 승강 구동부는 풀리(pulley)구조를 적용하여 제한된 구동기의 가동범위를 최대 두 배까지 높일 수 있도록 설계한다. 프로토타입 저상 요양침대를 제작하고, 5명의 피험자(평균 24.4± 0.5세)에 의한 유효성을 평가한다. 피험자가 방바닥에서 침대에 올라갈 때의 총 이동거리를 측정하고, 기존의 침대 높이에서의 이동거리와 비교함으로써 평가 한다. 이로부터 본 논문에서 제안한 저상 요양침대가 신체부담을 줄여주며, 고령자에게 효과적임을 보인다.

2. 저상 요양침대의 설계

기존의 대부분 요양침대는 매트리스 지지판의 하부에 있는 등판과 다리판의 각도 조절과 침대의 높

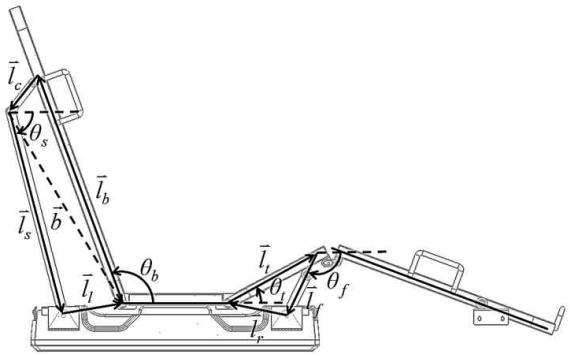


그림 1. 등판/다리판 기구부 설계 모델
Fig. 1. Design model for back- and leg-rest mechanism.

낮이 조절을 위한 복잡한 기구부에 의해 저상화가 쉽지 않았다. 본 연구에서는 두 개의 모터가 하나의 케이스에 삽입된, 듀얼 모터 JC35S(dual motor, DM)[13]를 사용하여 등판과 다리판의 각도 조절 기능을 설계하고, 풀리 구조의 수직형 승강 메커니즘을 설계하여 저상화를 실현하였다.

2.1 등판/다리판 기구부 설계

그림 1은 DM을 사용한 매트리스 지지판의 등판과 다리판의 각도를 조절할 수 있는 기구부의 설계 모델이다. 본 연구의 설계 목표는 등판의 상승 각도 $\theta_b = \pi \sim 110$도, 다리판의 상승 각도 $\theta_t = 0 \sim 30$도가 되도록 하며, 매트리스 지지판의 하부에 설치되는 기구부의 총 높이는 DM 본체의 크기 이상이 되지 않도록 하였다.

먼저, 등판 기구부는 하부의 설치된 DM의 왼쪽 구동기에 의해 등판 구동링크 l_s가 회전하면, 연결링크 l_c를 통해 등판에 해당하는 l_b가 회전하게 되어 등판각도 θ_b가 변한다. 마찬가지로 다리판 기구부는 DM의 오른쪽 구동기에 의해 다리판 구동링크 l_f가 회전하게 되면, 다리판에 해당하는 l_t가 회전하게 되어 다리판의 각도 θ_t가 변하게 된다.

본 연구에서는 DM의 스펙에 의해 등판 구동링크 l_s의 회전각도 범위는 $0 \sim 80$도, 다리판 구동링크 l_f의 회전각도 범위는 $0 \sim 50$도로 정하였다. 그리고 한국산업표준[4]에는 등판과 다리판의 회전 가동범위가 각각 $0 \sim 70$도, $0 \sim 30$도이므로, 이러한 구속조건을 가지고 최적설계를 수행하였다. 그리고 DM의 설치 위치는 최대한 매트리스 지지판에 밀착해 설치하여 저상화에 유리하도록 하였다. 해석을 위해 DM의 좌우 모터의 회전중심과 등판과 다리판의 회

전 중심을 연결한 동일한 길이의 가상의 링크 l_l과 l_r을 정의하였으며 이는 상수로서 고정하였다.

먼저 등판 기구부에 있어서 등판과 연결되는 연결링크 l_c 위치를 기준으로 l_b의 길이를 최적 설계를 통해 결정하였다. 이때 등판 구동링크 l_s의 길이는 상수로 고정하였으며, 그때 각도 θ_s는 $\theta_b=180$도 (등판각도 0도에 해당)일 때 $\theta_s=0$도, $\theta_b=110$도 (등판각도 70도에 해당)일 때 $\theta_s=80$도의 구속조건을 만족하여야 한다. 이를 위해 $\vec{b}$ 를 등판 회전중심에서 구동링크 l_s와 연결링크 l_c가 연결되는 지점까지 연결된 가상의 임의 벡터라고 하면, 등판 구동링크 의 각도 θ_s가 0도 또는 180도가 주어졌을 때 $\vec{b}$는 식(1)에 의해 구할 수 있다. 따라서 벡터 $\vec{b}$, $\vec{l}_b$, $\vec{l}_c$의 관계는 식(2)로 나타낼 수 있으므로 식(3)에 의해 등판벡터 $\vec{l}_b$를 구할 수 있다. 이로부터 등판 각도 θ_b도 구할 수 있다. 단, $\vec{b}^u$는 임의벡터 $\vec{b}$의 단위벡터이다.

$$\vec{b}=\vec{l}_s+\vec{l}_l \tag{1}$$

$$\vec{b}+\vec{l}_b+\vec{l}_c=0 \tag{2}$$

$$\vec{l}_b=\left[l_b^2-\left(\frac{b^2+l_b^2-l_c^2}{2b}\right)\right]^{\frac{1}{2}}\left(\vec{b}^u\times\vec{k}\right)-\left[\frac{b^2+l_b^2-l_c^2}{2b}\right]\vec{b}^u \tag{3}$$

이렇게 구한 θ_b가 구속조건에 해당하는 180도 또는 110도를 만족하는 $\vec{l}_b$만을 설계 후보로 선택한다.

그러나 다리판의 경우, 등판의 설계와 달라 그 해석 방법에서도 차이가 있다. 다리판 구동링크 l_f는 다리판 링크 l_t와 고정된 연결이 아닌 다리판 구동링크의 회전각도에 따라 슬라이딩(sliding)이 되는 구조로 설계되어 있다. 따라서 다리판 링크 l_t의 길이도 가변이 되는 구조이다. 따라서 구속조건으로 다리판의 각도 $\theta_t=0$도일 때, 다리판 구동링크의 회전각도 $\theta_f=0$도, $\theta_t=30$도일 때, $\theta_f=50$도로 설정하고, 다리판 구동링크 l_f 길이의 최적설계를 수행하였다. 다리판의 각도 θ_t, 다리판 구동링크 l_f의 길이와 다리판 구동링크 벡터 $\vec{l}_f$ 는 식(4)의 관계식으로 나타낼 수 있다.

$$\vec{l}_f=\left[\vec{l}_r\cdot\left(\vec{l}_t^{\,u}\times\vec{k}\right)\right]\left(\vec{l}_t^{\,u}\times\vec{k}\right)+\sqrt{l_f^2-\left[\vec{l}_r\cdot\left(\vec{l}_t^{\,u}\times\vec{k}\right)\right]^2}\,\vec{l}_t^{\,u} \tag{4}$$

여기서 $\vec{l}_t^{\,u}$는 $\vec{l}_t$의 단위벡터이다.

$$\vec{l}_t^{\,u}=\begin{bmatrix}\cos(\theta_t)\\ \sin(\theta_t)\\ 0\end{bmatrix} \tag{5}$$

따라서 θ_t와 l_f가 주어지면 $\vec{l}_f$가 구해지고, θ_t와 θ_f의 구속조건에 의해 만족하는 $\vec{l}_f$만을 선정함으로써 다리판 구동링크 l_f의 길이를 결정할 수 있다.

최적설계의 해를 구하기 위한 과정은 다음과 같다. 먼저, 등판 기구부의 경우, 등판 구동링크 l_s의 길이는 상수, 연결링크 l_c와 l_b의 길이를 설계변수로 정하고, 그 범위는 60mm-100mm, 500mm-700mm에서 1mm 단위로 변화시킬 때, 등판 구동링크의 각도조건에 만족하는 설계변수를 구하였다. 그림 2는 등판 구동링크의 각도 조건에 만족하는 설계치수를 나타내었다. 가로축은 데이터 순번(갯수)을 나타낸다.

다리판 기구부의 경우, 다리판 구동링크 l_f 길이를 설계변수로 정의하고, 길이를 50mm-150mm 범위에서 1mm 단위로 변화시키면서 다리판 구동링크의 각도조건에 만족하는 설계변수를 구하였다. 그림 3은 이와 같은 조건을 만족하는 설계치수를 나타내었다.

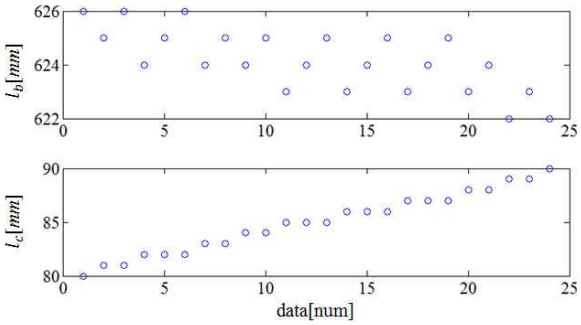


그림 2. 링크 l_b와 l_c의 설계 치수

Fig. 2. Design results for link length l_b and l_c.

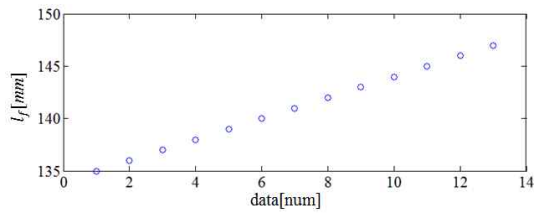


그림 3. 링크 l_f의 설계 치수

Fig. 3. Design results for link length l_b and l_c.

이러한 최적설계 결과로부터, 링크의 길이를 최단으로 하는 치수를 선택하였다. 최종적으로 등판 벡터의 길이 $l_b = 622$mm, 연결링크의 길이 $l_c = 98$mm, 그리고 다리판 구동링크의 길이 $l_f = 135$mm로 설계 치수를 정하였다.

2.2 승강 기구부 설계

침대 저상화를 위한 가장 간단한 방법은 침대 머리판과 발판 위치에 선형구동기를 수직으로 설치하여, 구동기의 높이에 따라 침대를 승하강하는 것이다. 하지만 한국산업표준[4]에서 정한 승하강 길이를 만족하기 위해서는 선형구동기의 전체 길이가 상당히 길어야 한다. 이렇게 되면 선형구동기의 고정점이 좁아 좌우편심이 쉽게 발생할 수 있으며, 진동이나 흔들림이 쉽게 발생하여 승하강시 불안정한 원인이 된다.

따라서 본 연구에서는 이동 풀리(movable pulley) 구조를 이용하여, 선형구동기 스트로크의 두 배 스트로크를 가지는 와이어-풀리(wire-pulley) 승강 기구부를 설계하였다(그림 4 참조). 풀리에 연결된 와이어의 한쪽은 침대 바닥 지지프레임에 고정되어 있고, 풀리의 반대쪽은 침대의 메인프레임에 연결되어 있다. 이 구조의 장점으로는 와이어를 양쪽으로 설치함으로써 중심에 위치한 단일 선형구동기에 의한 승강기구에 비해 힘의 작용점이 양쪽 와이어와 구동기 고정축의 세 군데로 분산되어 외력에 의한 기울어짐도 막을 수 있다.

본 연구에서는 가동범위에 따른 와이어의 길이 및 메커니즘의 동작을 정의하기 위해 메커니즘의 기구학적 해석을 수행하였다. 그러나 가동범위가 500mm를 넘어가면 간섭이 생기므로, 가동범위를 500mm로 하여 와이어 길이를 결정하였다. 먼저 구동기의 설계변수는 승강 구동기와 풀리간의 거리 l_h와 와이어의 총 길이 y로 정의하였고, 설계 상수는 상부프레임의 두께 f_s와 메인프레임의 최저높이 $d_{\min}$, 최대높이 $d_{\max}$로 정의하였다. 그리고 풀리의 반지름 r은 상용화된 제품을 사용하였기 때문에 상수로 정의하였다. 침대 메인프 레임의 최저 높이 $d_{\min}$는 등판/다리판 기구부의 구조 때문에 120mm로 설정하였다. 그리고 최대로 상승하였을 때의 높이 $d_{\max}$는 설계 조건으로 주어진 500mm의 가동범위를 더하여 620mm로 설정하였다. 또한 와이어가 고정되는 위치의 최대높이는 메인 프레임의 높이 f_s=80mm를 포함하여 $d_{\max}+f_s$=700mm가 된다. 그리

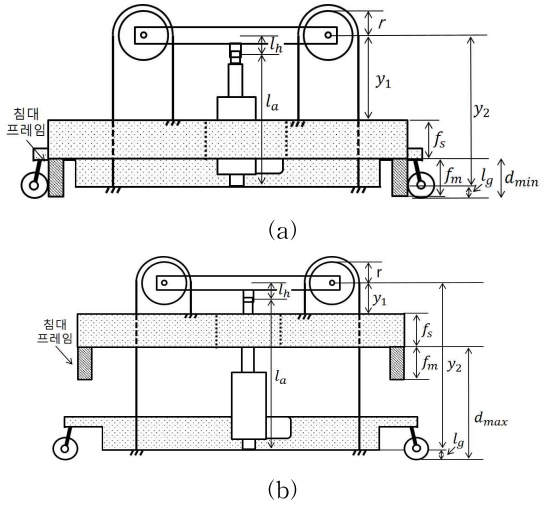


그림 4. 승강 기구부 모델: (a)하강 (b)상승
Fig. 4. Elevation mechanism model: (a) descending (b)ascending.

고 풀리의 반지름이 100mm이므로 도르레를 고정하는 위치는 800mm 이상이 되어야한다. 본 연구에서는 10mm 여유를 줘서 풀리의 고정위치를 810mm로 설정하였다. 구동기의 길이 l_a의 최대값은 705mm이고, 지면과 구동기 고정판의 거리 l_g 는 45mm이므로, 최대 구동높이를 맞추기 위한 보정길이 l_h는 60mm가 되어야 한다. 이것을 기준을 와이어의 총길이 y는 그림 4(b)에 나타나 있는 것과 같이 $y = y_1 + y_2 + \pi r$로 계산된다. 여기서 y_1과 y_2는 각각 $y_1 = 810 - f_s - d_{\max} = 110$, $y_2 = 810 - l_g = 765$로 계산된다. 계산 결과 와이어의 총길이 y는 1189mm로 확인하였고, 이에 따라 설계를 진행하였다.

3. 프로토타입 저상 요양침대의 제작

2장에서 최적설계한 결과를 이용하여 프로토타입 저상 요양침대를 제작하였다(그림 5 참조). 제작의 편의를 위해 침대의 프레임은 알루미늄 프로파일을 이용하여 제작하였고, 승강 기구부는 강철의 절곡 및 용접에 의해 제작하였다(그림 6 참조).

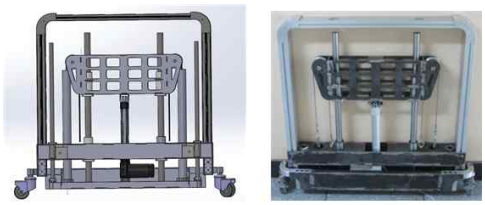
제작된 프로토타입 요양침대의 성능을 그림 7, 8과 같이 자와 각도기로 그 동작 범위를 측정하였다. 측정은 각각 최저 위치와 최고 위치에 이르렀을 때 그 위치에서의 높이와 각도를 측정하였다. 그 결과, 최저 높이에서의 바닥에서 침대 프레임의 하부까지의 높이는 50mm, 침대 프레임의 상부까지는 130mm이었다. 그리고 최고 높이에서의 바닥에서 침대 프레임의 하부까지의 높이는 540mm, 침대 프레임의 상부까지의 620mm이었다.

(a)

(b)

그림 5. 프로토타입 저상 요양침대: (a)3D 설계 (b)프로토타입

Fig. 5. Prototype low-floor care-bed: (a) 3D design (b)prototype.



(a) (b)

그림 6. 프로토타입 승강 기구부: (a)3D 설계 (b)프로토타입

Fig. 6. Prototype elevation mechanism: (a) 3D design (b)prototype.

참고로 침대 프레임의 두께는 80mm이다. 그리고 등판과 다리판의 조절각도는 각각 70도와 34도였다. 다리판의 각도는 30도를 기준으로 설계하였으나, 4도의 오차를 가지는 것은 다리판 구동링크가 다리판에 고정되어 있지 않고 슬라이딩 되는 구조로 설계하였기기 때문에 제작상 오차가 발생한 것으로 사료된다.

4. 유효성 평가 및 결과

4.1 실험 방법

저상침대의 유효성을 평가하기 위해 그림 5의 프로토타입 침대를 이용하였다. 건강한 성인 남성 5명의 피험자(24.4±0.5세, 172.2±1.3cm, 67.8±10.49kg)가 참여하였다.

(a) (b)

그림 7. 침대 높이 측정 (a)최고 위치(b)최저 위치

Fig. 7. Measuring height: (a) high position (b) low position.

(a) (b)

그림 8. 침대 각도 측정 (a)등판각도(b)다리판

Fig. 8. Measuring bed angles: (a) back-rest angle (b) leg-rest angle.

그림 9는 실험 환경을 나타낸다. 먼저, 침대의 높이는 저상 상태(매트리스 두께 포함 240mm)와, 일반적인 침대의 높이 (매트리스 두께 포함 600mm)의 두 가지 경우로 설정하고, 그림 10과 같이 피험자가 앉아 있는 상태에서 설정된 높이의 침대 위로 올라가는 동작을 수행한다. 이 과정에서 적외선 반사마커를 피험자 신체의 목, 어깨, 고관절, 무릎, 발목의 각 관절 부위에 부착하여 3차원 동작측정장치를 이용하여 실시간으로 이동 거리를 측정하였다. 그러나 본 연구에서는 비교적 마커의 검출이 용이하며, 상체의 이동 거리로 볼 수 있는 목(경추)에 부착한 마커의 측정 결과만을 사용하여 비교하였다.

그림 9. 실험 환경

Fig. 9. Experimental setup.

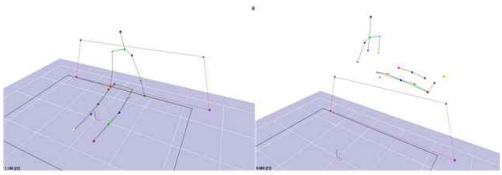
그림 10. 피험자 동작: 바닥에서 침대 위로

Fig. 10. Motion of subject: from floor onto bed.

4.2 실험 결과

그림 11은 바닥에 앉아 있을 때의 초기 상태(a)와, 침대에 올라간 후(b)에 측정한 결과이다. 두 상태간의 이동 거리는 그림 12와 같이 경추에 부착한 마커의 이동 궤적을 적분하여 구하였다.

5명의 피험자가 바닥에서 기존의 높이(600mm)에 설치된 침대에 올라갔을 때의 이동거리 평균과 표준편차는 2828.7±438.0mm였고, 저상의 높이(240mm)에 설치된 침대에 올라갔을 때의 이동거리는 1767.5±144.5mm였다. 저상 침대의 이동 거리 차이에 대한 유의성을 평가하기 위해 ANOVA테스트를 수행하였다. 그 결과 $p<0.001$로 유의한 차이를 나타내었다. 이것은 저상으로 설정된 침대가 사용자가 침대에 올라갈 때 이동거리가 유의하게 차이가 난다는 것을 의미한다. 다른 의미로는 저상 침대에서는 이동거리가 짧아져 그 만큼 운동에너지가 작아지므로, 신체의 부담을 줄여준다고도 할 수 있다.



(a) (b)

그림 11. 동작측정 (a)초기위치 (b)침대위의 위치

Fig. 11. Measuring motion: (a) initial position (b) position on bed.

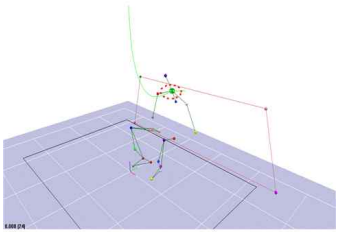


그림 12. 경추위치의 이동 궤적

Fig. 12. Moving trajectory of neck position.

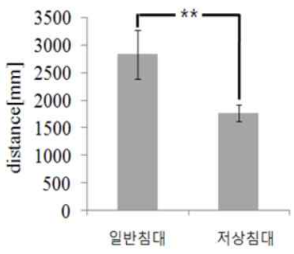


그림 13. ANOVA 평가 결과 (**p<0.001)

Fig. 13. Evaluation result by ANOVA test(**p<0.001).

5. 결론

본 논문에서는 고령자의 낙상예방이나, 보다 편리하게 침대를 사용할 수 있도록 침대의 높이를 방바닥까지 낮출 수 있는 저상 요양침대를 제안하였다. 기존의 침대는 구조의 복잡성에 의해 기본적으로 저상화 실현이 어려웠지만, 본 논문에서는 새로운 설계 개념을 적용하여 한국산업표준[4]에서 정하는 등판과 다리판의 구동 범위와 침대 높이 기준을 만족하면서도 저상화를 실현하였다. 구체적으로는 등판 및 다리판의 기구부와 승강 기구부의 설계 모델을 제안하였고, 각 설계 변수를 최적화 기법을 적용하여 구하였다. 이러한 최적설계를 바탕으로 프로토타입 저상 요양침대를 제작하였다. 침대의 각 기능은 설계 의도대로 표준을 만족하였으며, 침대프레임의 하부높이는 바닥에서 50mm로 저상화를 실현하였다. 또한 저상 요양침대의 유효성을 평가하기 위해, 5명의 피험자에 의해 침대 높이에 따른 이동거리를 측정하고, 그에 따른 유의성을 평가하였다. 그 결과 기존의 높이의 침대에 올라갈 때보다, 이동거리가 평균 38% 작아짐을 확인하였다. 이러한 유의한 차이는 분산분석을 통해서도 확인하였다. 이것은 침대에 올라가는 동작에서는 이동거리는 운동에너지에 비례하므로, 적은 이동거리는 상대적으로 신체적인 에너지 부담을 경감시킨다고도 할 수 있다. 그러나 피험자의 수가 5명으로 통계적 분석에 적용하기에는 다소 적다.

향후에는 보다 많은 피험자에 의한 실험과 함께, 고령자나 실 사용자를 대상으로 사용성 평가를 수행할 필요가 있다. 이러한 평가를 통해 얻은 결과를 제품 개발에 반영한다면, 보다 안전하면서도 사용성이 높은 제품을 개발할 수 있을 것이다.

REFERENCES

[1] Ministry of Food and Drug Safety, 47. Bed for medical use, Ministry of Food & Drug Safety Notification no. 2016-90, MFDS standard, 2016.

[2] S. J. Hwang, J. H. Bae, I. Moon, “Development of Controller for Estimating and Changing Body Posture of Care-bed User,” Proceedings of KSPE Spring Conference, pp. 223-224, 2014.

[3] I. Moon, “Revision of Korean Standard for Electrically Operated Adjustable Bed for Home Care”, Proceeding of RESKO Technical Conference, pp. 39-40, 2010.

[4] KS P 0388 Electrically operated adjustable bed for home care, Korean Agency for Technology and St andards, 2012.
[5] IEC 60601-2-52 Medical electrical equipment -- Pa rt 2-52: Particular requirements for the basic safet y and essential performance of medical beds, IEC, 2009.
[6] J. H. Bae, I. Moon, “Control System Design of El ectric Operated Adjustable Bed for Body Posture Stability”, Journal of Rehabilitation Welfare Engin eering & Assistive Technology, vol. 6, no. 2, pp. 55-61, 2012.
[7] B. K. Kang, K. T. Jung, “Anthropometric and Sta nding Action Analysis for Electric Adjustable Be d”, Journal of the Ergonomics Society of Korea, vol. 28, no. 4, pp. 125-137, 2009.
[8] ISO 9999:2016 Assistive products for persons with disability - Classification and terminology, ISO, 2 016.
[9] Risk Analysis on Safe Accidents of Elderly Person s, Report on The Korea Consumer Agency, 2015.
[10] K. Josephson, D. Fabaccher, Z. Rubenstein, “Hom e safety and fall prevention. clinics”, Geriatric Me dicine, vol. 7, no. 4, pp. 707-730, 1991.
[11] A. Polcyn, L. Lipsitz, D. Kerrigan, J. Collins, “A ge-related changes in the initiation of gait: degrad ation of central mechanisms for momentum genera tion”, Archives of Physical Medicine and Rehabili tation, vol. 79, pp. 1582-1589, 1998.
[12] J.H. Bae, I. Moon, “Design of a low-floor care b ed for aged people”, RESNA Annual conference, 2016.
[13] http://www.jiecang.com/index.php/en

배 주 환(Ju-Hwan Bae)

2011년 2월 동의대학교 대학원 지능시스템공학과 졸업 (석사)
2011년 3월～현재 동의대학교 대학원 지능시스템공학과 재학중 (박사)
2015년 3월～현재 재활공학연구소 재활보조기술연구팀 연구원

Interest: Rehabilitation engineering, assisitve technology

문 인 혁(Inhyuk Moon)

2005년～현재 동의대학교 로봇자동화전공 교수
2002년～2005년 재활공학연구소 전자제어팀 책임연구원
1999년～일본 Osaka 대학 전자제어기계공학과 졸업(공학박사)

Interest: Bio-mechatronics, rehabilitation robotics, assistive technology, standardization