

## 운동 분석을 통한 욕창 방지용 침대 기구의 개선

심창섭\*(고려대 대학원), 심재경(고려대 기계공학과), 권진욱, 임득재(고려대 대학원)

### Improvement of the Medical Bed for Preventing Decubitus Ulcer through Motion Analysis

C. S. Shim(Graduate School, Korea Univ.), J. K. Shim(Mechanical Eng. Dept., Korea Univ.),

J. W. Kwon, D. J. Lim(Graduate School, Korea Univ.)

#### ABSTRACT

Decubitus ulcer is a pressure-induced ulceration of the skin occurring in persons confined to bed for long periods of time. In order to prevent decubitus ulcer, the medical bed mechanism to minimize pressure, friction, and shear forces acting between bed and patient had been developed. Air mattress also can be effective for reducing pressure over bony prominence. In this study, motion analysis was performed to examine whether this bed mechanism functioned properly in case of using air mattress, which was much thicker than common hospital mattress. We found that the patient on the air mattress above the medical bed for preventing decubitus ulcer slipped upward and downward excessively as the general motored-bed. New bed mechanisms were synthesized kinematically using simple 4-bar and 6-bar linkages so as to reduce sliding between the bed and the patient on the air mattress for preventing decubitus ulcer.

**Key Words :** Medical Bed (의료용 침대), Kinematic Synthesis (기구학적 설계), Decubitus Ulcer (욕창), Motion Analysis (운동 분석)

#### 1. 서론

욕창(decubitus ulcer, pressure ulcer)이란 주로 골격이 튀어나온 부분에 자중 등에 의해 지속적인 압력이 작용하여 조직 및 피부에 피사가 일어난 상태를 말한다. 특히, 신경계 문제로 인하여 심한 기동성 제한을 받아 장기간 침대 위에 누워 있는 환자들에게 많이 발생하므로, bedsore라고도 한다. 욕창이 발생하면 장기간의 통원 및 입원 치료가 필요하며, 심한 경우 피부수술이나 절단수술이 요구되는 등 그 폐해가 심각하므로 예방이 중요하다.<sup>(1)</sup>

욕창이 가장 많이 발생하는 부위는 둔부(hip), 천골부(coccyx), 대전자(greater trochanter) 등이며, 욕창 발생의 주된 요인은 환자의 신체와 침대 사이에 작용하는 압력(pressure), 마찰(friction), 전단력(shear forces) 등이다.<sup>(2),(3)</sup> 그러므로, 욕창을 예방하기 위해서는 이러한 부위에 욕창 발생 요인들이 작용하지 않도록 해야 한다.

일정 부위에 압력이 지속적으로 작용하는 것을 방지하기 위해 현재 사용되고 있는 일반적인 방법은 환자의 체위를 2시간마다 한 번씩 바꿔주는 것이다. 간병인이나 보호자에 의해 이루어지고 있는

이러한 체위 변경을 침대가 지능적으로 구현할 수 있다면 욕창을 유발하는 압력 요인을 상당히 완화시킬 수 있다.

권 등<sup>(4)</sup>은 환자의 체위를 일정한 시간마다 한 번씩 일정한 각도로 바꾸어 주고, 침대와 환자 사이에 발생하는 마찰과 전단력을 감소시킬 수 있는 욕창 방지용 침대 기구를 개발하였다. 마찰은 침대의 등판(backrest)을 상승시킬 때 침대의 회전 중심과 환자의 회전 중심이 서로 일치하지 않음으로 인하여 환자가 침대 등판 위로 밀려 올라가면서 발생한다. 이에 대하여 인체의 회전 중심 부근에 침대 등판의 회전 중심이 위치하도록 침대 기구를 설계함으로써 침대 등판과 환자의 등 사이에 발생하는 미끄러짐을 감소시켰다. 또한, 침대 등판이 올라감에 따라 환자의 무게 중심의 위치가 침대 아래 방향으로 이동하면서 이로 인한 미끄러짐과 전단력이 발생하게 되는데, 침대 등판이 올라가는 동시에 엉덩이판(seatrest)은 내려가게 함으로써 이를 최소화하였다.

체위 변경과 함께 욕창 방지용 특수 매트리스를 사용하는 것이 욕창 예방에 효과적이다. 박 등<sup>(5)</sup>은 욕창 예방을 위해 고안된 특수 매트리스를 사용했

을 경우와 일반 병원 매트리스를 사용했을 경우에 대한 비교연구를 수행하였다. 그 결과 특수 매트리스를 사용한 경우, 일반 병원 매트리스를 사용할 때에 비해 전골부에 작용하는 압력은 절반 가량 낮게 나타났으며, 네 배의 시간 동안 더 오래 움직이지 않아도 피부변화가 적은 것으로 나타났다. 손등<sup>(6)</sup>은 인체 모델을 이용한 수치 해석을 통하여 욕창 방지용 에어 매트리스의 공기압과 형상 등에 관한 최적 설계를 수행하였다.

지금까지의 욕창 방지용 에어 매트리스에 관한 연구는 환자의 체위 변화 없이 양와위 자세에서의 압력 분포만을 기준으로 이루어진 것이므로, 침대 기구의 운동과 그에 따른 환자의 체위 변화가 발생하는 경우에 대해서는 연구된 바 없다. 또한, 일반적으로 사용되는 욕창 방지용 에어 매트리스는 전체가 하나로 연결되어 있고, 두께도 일반 병원 매트리스보다 훨씬 두껍다. 그런데, 권 등<sup>(4)</sup>이 개발한 욕창 방지용 침대가 마찰과 전단력을 감소시키는 기능을 효과적으로 수행하기 위해서는 침대 매트리스가 침대 각 부분 별로 분리되어 있어야 한다. 그러므로, 욕창 방지용 에어 매트리스 상에서도 욕창 방지용 침대가 욕창 발생 요인을 완화시키는 운동을 구현하는지에 대한 검토가 필요하다.

본 연구에서는 일반 전동침대와 욕창 방지용 침대에서 욕창 방지용 에어 매트리스를 사용하였을 경우 침대의 등판이 상승함에 따라 환자가 어떠한 운동을 하는가에 대한 운동 분석 실험을 수행하였다. 실험 결과 일반 매트리스 사용시에는 마찰과 전단력을 감소시키는 운동을 하였던 욕창 방지용 침대가 에어 매트리스를 사용한 경우에는 일반 전동침대에서와 거의 비슷한 경향을 보이며 효과적이지 못하다는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서는 욕창 방지용 에어 매트리스를 사용하면서도 침대와 환자 사이에 발생하는 마찰과 전단력을 감소시키도록 욕창 방지용 침대의 등판 기구부를 개선하고, 시뮬레이션을 통해 개선된 침대 기구의 운동을 분석하였다.

## 2. 운동 분석 실험

### 2.1 실험대상

본 실험은 신장 175cm, 체중 74kg의 평균적인 신체적 특징을 가진 성인 남자 1명을 대상으로 하였다. 실험에 사용된 일반 전동침대의 길이는 2030mm이고, 욕창 방지용 침대의 길이는 2100mm이다. 일반 매트리스의 두께는 100mm이고, 욕창 방지용 에어 매트리스의 두께는 180mm이다.

Figure 1에서 보는 바와 같이 운동 분석을 위하여 피검자의 견관절(glenohumeral joint) 부근과 고관

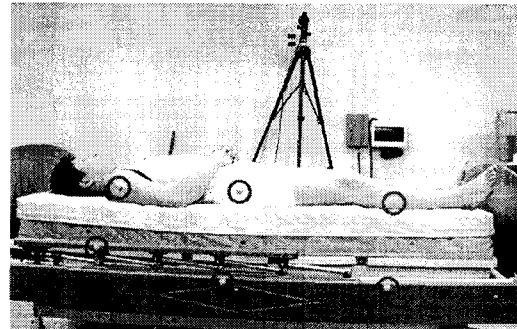


Fig. 1 Experimental setup and starting position of the subject on the bed

절(hip joint), 그리고 정강이(shank link) 부근에 마커를 부착하였고, 그 마커와 동일 수직면 상에 있는 침대 프레임의 위치에 마커를 부착하여 침대 위에서 환자의 상체와 하체의 상대적인 움직임을 확인할 수 있도록 하였다.

### 2.2 실험장비

실험장비로는 2개의 힘 측정판(piezoelectric force plate, 600×900, Kistler Instrument Ltd. Winterthur, Swiss), 적외선 카메라 7대, 25mm 반사마커, CCD 카메라 2대, VCR, 데이터 처리장치, PC 등으로 구성되어 있는 3차원 동작분석기(Vicon 370, Oxford metrics Ltd., U.K)를 사용하였다. 모든 실험장치는 Vicon 370 data station에 연결되어 시간적으로 일체화되도록 되어 있으며, 실험시 측정되는 모든 데이터들은 Vicon 370 data station을 통하여 control PC로 전달된다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서는 욕창 방지용 침대와 일반 전동침대에서 욕창 방지용 에어 매트리스를 사용한 경우에 대하여 실험하여 그 결과를 분석 및 고찰하였다. 이에 앞서 욕창 방지용 침대에 일반 매트리스를 사용하였을 경우 욕창 예방 효과를 실험을 통해 확인하였다.

### 3.1 일반 매트리스를 사용한 경우

욕창 방지용 침대에 침대 각 부분 별로 분리된 일반 매트리스를 사용하였을 경우, 침대 등판을 올린 후의 모습은 Fig. 2와 같다. 실험을 통해 획득된 데이터 중에서 피검자의 견관절 부근에 부착된 마커의 궤적과 침대 프레임에 부착된 마커의 궤적을 도시하면 Fig. 3과 같다.

실험 전 두 마커 사이의 거리는 같은 수직면 상에서 163mm이었다. 환자가 앉은 자세를 취하기까지 침대 등판을 올렸을 때 두 마커 사이의 거리는

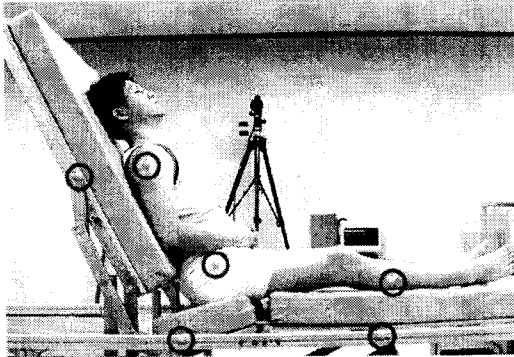


Fig. 2 Case in which a separated general hospital mattress is used on the bed for preventing decubitus ulcer

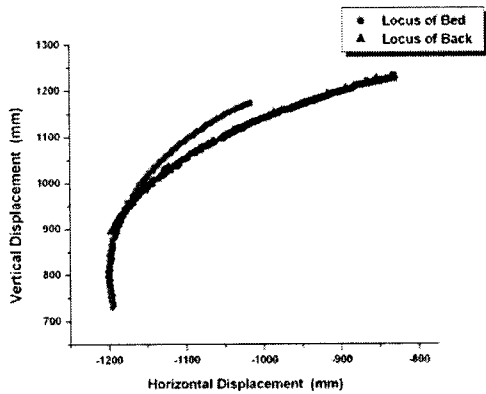


Fig. 3 Loci of the markers on the side of the subject and on the bed for preventing decubitus ulcer

수평방향으로 184mm, 수직방향으로 50mm이었다. 실험 결과로 얻은 데이터에서 고관절에 부착한 마커의 이동 거리가 87mm이었고, 정강이 부근에 부착한 마커의 이동 거리가 70mm이었다. 매트리스의 두께가 약 100mm인 것을 감안할 때 환자가 침대 등판 위로 밀려 올라가면서 발생한 미끄러짐의 양이나 환자가 침대 아래방향으로 밀려 내려오면서 발생한 미끄러짐의 양이 환자에게 영향을 줄 정도로 크지 않음을 알 수 있다.

이는 침대 등판의 회전 중심이 인체의 회전 중심 가까이에 위치하도록, 그리고 침대 등판이 올라가면서 엉덩이판은 내려가도록 침대 기구가 설계되었기 때문이다. 그러므로, 욕창 방지용 침대에 침대 각 부분 별로 분리된 일반 병원 매트리스를 사용하였을 경우에는 마찰과 전단력으로 인한 피부 손상을 상당히 완화시킬 수 있다.

### 3.2 에어 매트리스를 사용한 경우

일반 전동침대와 욕창 방지용 침대에 욕창 방지용 에어 매트리스를 사용하고, 동일한 조건 아래에

서 운동 분석 실험을 수행하였다.

#### 3.2.1 일반 전동침대에서 환자의 운동

침대 등판을 올린 후 환자의 모습과 그 미끄러진 정도는 Fig. 4와 같다.

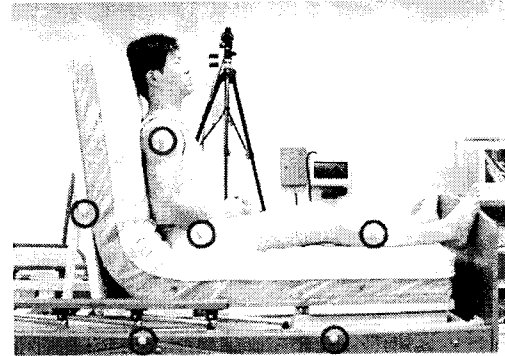


Fig. 4 Case in which the air mattress for preventing decubitus ulcer is used on the general motored-bed

실험을 통해 획득된 데이터 중에서 피검자의 고관절 부근에 부착된 마커의 궤적과 일반 전동침대 프레임에 부착된 마커의 궤적을 도시하면 Fig. 5와 같다.

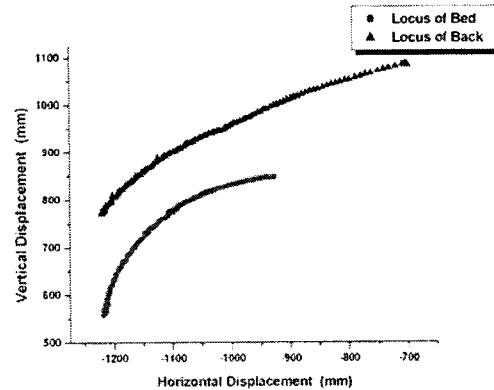


Fig. 5 Loci of the markers on the side of the subject and on the general motored-bed using the mattress for preventing decubitus ulcer

실험 전 두 마커 사이의 거리는 같은 수직면 상에서 240mm이었다. 환자가 앉은 자세를 취하기까지 침대 등판을 올렸을 때 두 마커 사이의 거리는 수평방향으로 230mm, 수직방향으로 236mm이었다. 이는 침대 프레임과 에어 매트리스 사이에서 발생한 미끄러짐을 감안하더라도 환자가 침대 매트리스 위에서 200mm이상 밀려 올라간 것이다. 이렇게 환자가 매트리스 위로 과도하게 밀려 올라간 것은 욕창 방지용 에어 매트리스가 일반 병원 매트리스보다 더 두꺼우므로 침대 등판의 회전 중심과 인체의

회전 중심이 더 멀어지게 되었기 때문이다. 이는 환자에게 불편함을 줄 뿐만 아니라, 큰 마찰을 유발하여 욕창의 우려가 있는 환자의 피부 상태를 악화시킬 수 있다.

실험 결과로 얻은 데이터에서 고관절에 부착한 마커의 이동 거리가 169mm이었고, 정강이 부근에 부착한 마커의 이동 거리가 149mm이었다. 이는 침대 등판을 올라가면서 환자가 자중에 의해 침대 아래 방향으로 밀려 내려오는 것과 욕창 방지용 에어 매트리스의 두께(180mm)만큼 환자가 앞으로 밀려난 것이 종합된 결과이다. Figure 4에서 보는 바와 같이 환자의 발이 침대의 발판에 닿아 더 밀려 내려올 수 없었는데, 이를 통해 환자의 신체에 상당한 압박이 작용하고 있다는 것과 하체가 침대 아래 방향으로 밀려 내려오는 실제 거리는 더 크다는 것을 알 수 있다. 침대의 길이가 2030mm이고, 환자의 신장이 1750 mm임을 고려할 때, 신장이 더 큰 환자는 더 큰 압박을 받게 될 것이고, 신장이 더 작은 환자는 더 많이 밀려 내려오게 될 것이라고 예상할 수 있다. 이러한 압박과 미끄러짐이 거동이 불편한 마비환자에게 있어서 욕창 발생 위험을 증가시킨다.

이 실험을 통해, 일반 전동침대에 욕창 방지용 에어 매트리스를 사용할 경우 특정 부분에 과도한 압력이 지속적으로 작용하는 것을 방지할 수는 있지만, 마찰과 전단력 등의 다른 욕창 발생 위험 요인은 여전히 해결하지 못한다는 것을 알 수 있다.

### 3.2.2 욕창 방지용 침대에서 환자의 운동

침대 등판을 올린 후 환자의 모습과 그 미끄러진 정도는 Fig. 6과 같다.



Fig. 6 Case in which the air mattress is used on the bed for preventing decubitus ulcer

실험을 통해 획득된 데이터 중에서 피검자의 고관절 부근에 부착된 마커의 궤적과 개발된 욕창 방지용 침대 프레임에 부착된 마커의 궤적을 도시하면 Fig. 7과 같다.

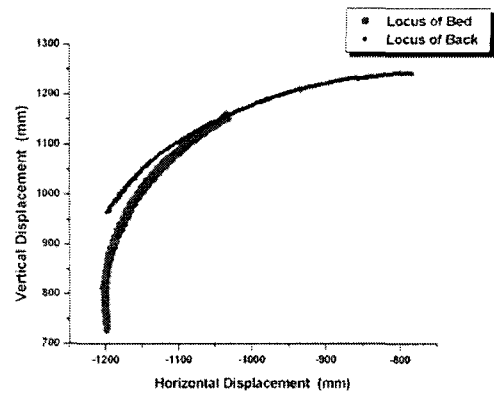


Fig. 7 Loci of the markers on the side of the subject and on the bed for preventing decubitus ulcer in using the air mattress

실험 전 두 마커 사이의 거리는 같은 수직면 상에서 228mm이었다. 환자가 앉은 자세를 취하기까지 침대 등판을 올렸을 때 두 마커 사이의 거리는 수평방향으로 250mm, 수직방향으로 80mm이었다. 실험 결과로 얻은 데이터에서 고관절에 부착한 마커의 이동 거리가 192mm이었고, 정강이 부근에 부착한 마커의 이동 거리가 179mm이었다. 이 실험에서 측정된 데이터 값들은 일반 전동침대에 욕창 방지용 에어 매트리스를 사용한 경우와 비슷한 경향을 보이고 있다. 단, 욕창 방지용 침대에서는 일반 전동침대에서와는 달리 침대 발판이 없었으므로, 환자의 신체가 침대 아래 방향으로 밀려 내려오는 것이 제한되지 않았다.

이상의 실험을 통해 욕창 방지용 침대 기구에 욕창 방지용 에어 매트리스를 사용하였을 때, 마찰과 전단력을 감소시키는 기능을 효과적으로 구현하지 못함을 알 수 있었다. 이는 욕창 방지용 에어 매트리스가 하나로 연결되어 있으므로 침대 등판이 올라가는 동시에 엉덩이판을 내리고자 했던 설계 의도를 만족시킬 수 없고, 매트리스가 두꺼워진 만큼 침대 등판의 회전 중심과 인체의 회전 중심 사이의 거리도 더 멀어졌기 때문이다. 이와 함께, 에어 매트리스 사용시 침대 등판이 상승되면서 환자가 앞으로 더 많이 밀려나 환자에게 과도한 압박과 마찰을 주는 문제가 새로이 발생하게 되었다.

## 4. 욕창 방지용 침대 기구의 개선

3장에서 수행한 운동 분석 실험을 통해 욕창 방지용 에어 매트리스를 사용하면서도 환자에게 마찰과 전단력이 작용하는 것을 감소시키는 침대 등판 기구의 새로운 설계가 필요함을 알 수 있었다.

욕창 방지용 에어 매트리스를 사용하게 되면,

과도한 매트리스의 두께로 인하여 침대의 등판이 상승하면서 동시에 엉덩이판이 내려가도록 하는 처음의 설계 의도로는 환자가 자중에 의해 밀려내려 오는 것을 방지할 수 없었다. 그러므로, 등판이 올라갈 때 다리판이 동시에 올라가도록 제어를 해주는 것이 보다 현실적이다.

그리고, 에어 매트리스의 두께 만큼 인체의 회전 중심의 위치가 상승하고 환자가 앞으로 밀려나는 문제를 해결하기 위해, 침대 등판의 회전 중심의 위치를 침대 위쪽 방향으로 이동시키고, 환자가 앞으로 밀려나지 않도록 에어 매트리스의 두께 만큼의 공간을 확보해 주는 것이 바람직하다. 새로운 침대 기구의 침대 등판에 요구되는 운동을 도식하면 Fig. 8과 같다.

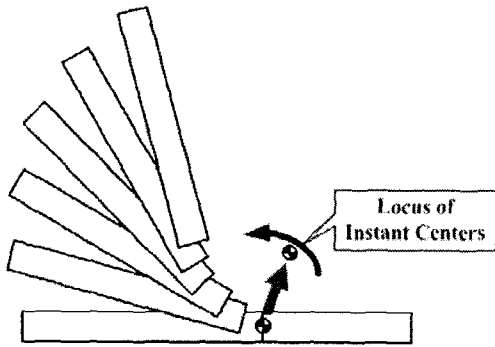


Fig. 8 Desired motion of the backrest of a new bed mechanism

#### 4.1 Four-bar 기구를 이용한 설계

Figure 8과 같은 침대 등판의 운동을 구현할 수 있는 가장 간단한 기구를 4-bar 링크기구를 이용하여 설계하였다. 이를 ADAMS<sup>(7)</sup> 프로그램을 이용하여 모델링한 것은 Fig. 9와 같고, 이 침대 기구의 운동시 침대 프레임에 대한 침대 등판의 순간 중심의 궤적은 Fig. 10과 같다.

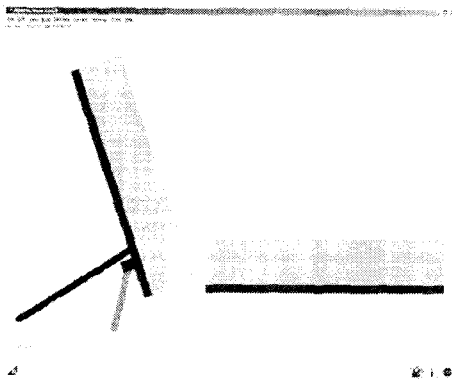


Fig. 9 Kinematic Synthesis of the backrest based on 4-bar mechanism

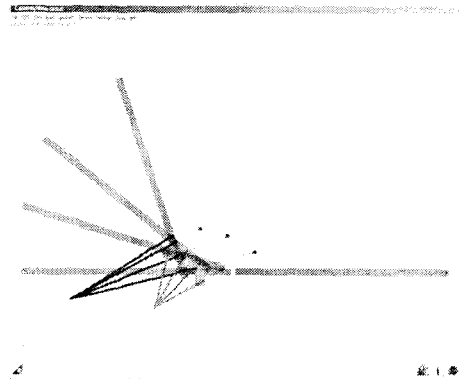


Fig. 10 Locus of instant centers of the backrest based on 4-bar mechanism

#### 4.2 Six-bar 기구를 이용한 설계

Figure 8과 같은 침대 등판의 운동을 구현할 수 있는 기구를 1 자유도의 6-bar 슬라이더-크랭크 기구를 이용하여 설계하였다. 이를 ADAMS를 이용하여 모델링한 것은 Fig. 11과 같고, 이 침대 기구의 운동시 침대 프레임에 대한 침대 등판의 순간 중심의 궤적은 Fig. 12과 같다.

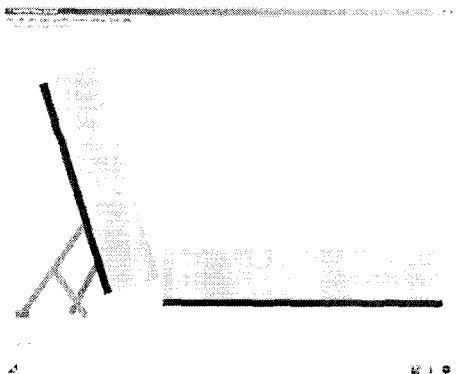


Fig. 11 Kinematic Synthesis of the backrest based on 6-bar mechanism

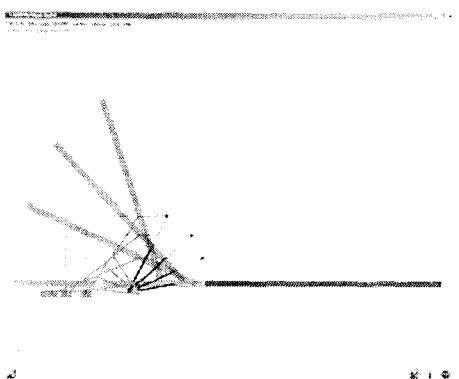


Fig. 12 Locus of instant centers of the backrest based on 6-bar mechanism

## 5. 결론

본 연구에서는 이미 개발된 욕창 방지용 침대 기구에 욕창 방지용 에어 매트리스를 사용할 경우에도 욕창 위험 인자들을 효과적으로 감소시키는지 확인하기 위하여 운동 분석 실험을 수행하였다. 실험 결과 침대 각 부분 별로 분리된 일반 매트리스를 사용할 경우에는 침대와 환자 사이에 발생하는 마찰과 전단력을 효과적으로 감소시키는 것으로 나타났다. 욕창 방지용 에어 매트리스를 사용하는 경우에는 일반 전동침대와 별 차이 없이 과도한 압박과 마찰을 유발하는 것으로 나타났다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 새로운 침대 기구의 바람직한 운동을 제안하고, 이러한 운동을 구현하는 침대 등판 기구를 간단한 기구를 이용하여 설계하였다. 시뮬레이션과 순간 중심의 궤적을 통해 각 침대 등판 기구가 원하는 운동을 구현하는 것을 확인할 수 있었으며, 개선된 침대 기구에 욕창 방지용 에어 매트리스를 사용할 때 압력과 마찰, 전단력 등 욕창 발생 요인들을 효과적으로 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

## 후 기

본 연구는 정보통신부 정보통신선도기반기술개발사업의 지원에 의하여 이루어 졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Kuhn B.A., Coulter S.J., "Balancing the pressure ulcer cost and quality equation," *Nursing Economics*, Vol. 10, No. 5, pp. 353-359, 1992.
2. 송경애, "부동으로 인한 욕창과 간호관리," *대한간호*, 제30권 제2호, pp. 32-40, 1991.
3. 송미순, 최경숙, "욕창발생 예측 요인에 관한 연구," *대한간호학회지*, 제21권, 제1호, pp. 16-26, 1991.
4. 권진욱, 심창섭, 박세환, 임득재, 이남기, 심재경, 홍정화, "욕창 방지용 침대의 기구학적 설계," *대한기계학회 추계학술대회 논문집 A*, pp. 1305-1310, 2002.
5. 박창일, 김유철, 신지철, 서혜정, 김용균, "특수 매트리스의 욕창 예방에 대한 임상적 유용성," *대한재활의학회지*, 제21권, 제1호, pp. 209-215, 1997.
6. 손재원, 이종근, 이인혁, 이진희, 홍정화, 문무성, "인체모델을 이용한 욕창방지 공기 매트리스의 최적설계에 관한 연구," *한국정밀공학회 생*

제공학부분 학술대회 논문집, 제1권, pp. 85-90, 2003.

7. ADAMS/View User's Manual, Version 11.0, Mechanical Dynamics Inc., 2000.