



교대 부양 욕창 방지 매트리스의 정량적 측정과 비교 방안

곽동기^a, 손동섭^b, 서갑호^{a*}

Objective Measurement and Comparison of Alternating Pressure Mattresses for Bed Sore Prevention

Dong-Gi Gwak^a, Dong-Seop Sohn^b, Kap-Ho Seo^{a*}^a Interaction Robotics R&D Division, Korea Institute of Robotics & Technology Convergence^b Planing & Coordination Department, Korea Institute of Robotics & Technology Convergence

ARTICLE INFO

Article history:

Received	19	March	2020
Revised	13	April	2020
Accepted	14	April	2020

Keywords:

Bed sore
Pressure ulcer
Alternating pressure mattress
Body pressure distribution sensor
Mattress comparison

ABSTRACT

Alternating pressure mattresses are generally used for bed sore prevention as they inhibit the formation of pressure ulcers. However, several alternating pressure mattresses do not provide sufficient information, such as their numerical pressure, making it difficult for consumers to compare products. In this study, we propose a method for the objective measurement and comparison of alternating pressure mattresses. We measure the body pressure using a body pressure distribution sensor and obtain different frames depending on the air pressure state of the mattress. The frames are categorized into three types depending on the pressure ulcer factor. Although the patterns, shapes, and count of the mattresses are alternating, this method aids in comparing the performance of various mattresses. Furthermore, this measurement and data processing method can be applied to bed sore cushions.

1. 서론

1.1 욕창 방지 매트리스의 정량적 측정 필요성

욕창은 혈액 순환 장애로 피부조직 내에 산소와 영양공급이 부족할 때 발생하는 피부 궤양이다^[1]. 욕창 발생은 신체 부위에 지속적인 압력을 받을 때 발생하여, 침상 또는 휠체어 환자의 발병 확률이 높다. 통계청에 따르면 2017년 대한민국은 고령사회에 진입했고^[2] 고령자 수가 증가함에 따라 침상 생활자도 증가하고 있다. 또한 우리나라는 OECD에 비교해 간호사는 현저히 적은 인력으로^[3] 욕창 발생 환자는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 대한민국은 욕창 발병을 줄이기 위한 대책이 필요하다.

욕창은 세균 오염, 운동 마비와 같은 기타 위험 요소가 동반되어

욕창 발생 후 관리보다 발생 방지 활동에 신중해야 한다. 의학에서 욕창 예방 관리는 주기적인 체위변경과 마사지를 통해 혈액 순환을 원활히 하고 피부를 건조하게 유지시킨다. 그러나 몸이 불편한 환자는 스스로 체위변경과 마사지 활동은 불가능하고 외부 인력의 도움이 필요하다^[4].

공학에서 욕창 예방 연구는 신체 압력 분석을 통한 기구학적 해석^[5], 자동화 로봇^[6] 등의 개발을 하고 있다. 정량적인 수치 접근, 외부 인력의 도움을 줄이기 위한 개발은 향후 인력난을 해소할 수 있는 근본적인 대책이나 초기 비용, 안전 등의 문제로 개인 보급의 한계가 있다.

의료 분야에서 욕창 예방은 마사지, 교대 부양식의 욕창 방지 매트리스 등 주로 보수적 방법으로 관리 한다. 교대 부양식의 욕창

* Corresponding author. Tel.: +82-54-240-2501

E-mail address: newworld@kiro.re.kr (Kap-Ho Seo).

방지 매트리스는 일반 에어매트리스와 달리 내부 독립된 2개 이상의 공압 튜브 라인으로 구성되어 있다. 교대부위의 욕창방지 매트리스는 공기를 교대로 넣고 빼며 매트리스의 형태를 변형시키고 신체 가해지는 압력분포를 분산시키는 방식이다. 욕창 방지 매트리스는 욕창 발생의 방지보다는 발생 지연 장치이고 성능은 신체에 가해지는 압력과 밀접한 관련이 있다.

의학에서 욕창 매트리스를 적극 사용하는 것과 달리 매트리스에 대한 분석은 미비하다. 시장에 성능과 가격이 다양한 욕창 매트리스가 있음에도 사용 기준이 되는 지표도 없고 판매 중인 매트리스도 성능을 나타내는 표시가 없다. 욕창 방지 매트리스의 성능을 비교하고 객관적인 지표로 나타낼 방법이 필요하다.

신체 압력을 측정 선행 연구는 신체 부착방식^[7], 매트리스측정방식이 있다^[8]. 신체 부착 방식은 설치가 복잡하고 신체에 가해지는 압력은 매트리스 접촉면에서 발생하여 매트리스 측정 방식이 유용하다. 휠체어, 일반 매트리스와 같은 압력이 변화하지 않는 시스템에서 압력을 측정하는 연구는 교대 부양으로 신체 압력이 다변화하는 시스템은 단일 지표로 나타내는데 한계가 있다^[9,10].

본 논문은 교대 부양식의 욕창 방지 매트리스를 FSR기반의 체압 측정 시스템과 다변화하는 신체 압력 데이터를 통합하는 방안의 연구로서 통합 데이터 방안과 실험 결과에 대해 기술한다.

2. 본 론

2.1 정량적 데이터 취득 시스템 구성

본 연구에서는 정량적 데이터를 위한 측정 수단으로 체압분포 매트리스를 사용한다. 체압분포 매트리스는 FSR (force sensing resistor)의 힘 측정 센서가 매트리스 내부 Cell들이 35 × 35 mm 간격으로 배치되어 있다.

Fig. 1(a)는 본 연구에서 사용한 체압 분포 매트리스와 Fig. 1(b)는 체압분포 매트리스 내부의 FSR 측정 셀(cell) 배치도를 나타낸다. Fig. 1(c)는 본 연구에서 제안하는 신체에 가해지는 압력을 측정하기 위한 시스템이다. 신체에 가해지는 압력을 측정을 위해 사용자 피부와 교대 부위 방식의 욕창 방지 매트리스 사이에 체압 측정 매트리스를 위치시킨다.

체압 측정 매트리스 내부 셀의 센서에서 측정 데이터를 얻을 수 있다. 데이터는 셀 배치와 같이 2차원 배열 형태의 프레임(frame) 단위로 측정된다. Fig. 2(a)는 체압 측정 매트리스의 압력 측정의 프레임 데이터를 나타낸다. Fig. 2(b)는 Fig. 2(a)에서 측정된 프레임 데이터를 3차원으로 가시화하여 표시한 그림이다.

2.2 욕창 방지 매트리스 특징과 데이터 처리

욕창 방지 매트리스는 사용하지 않을 때와 비교해 신체 특정 부

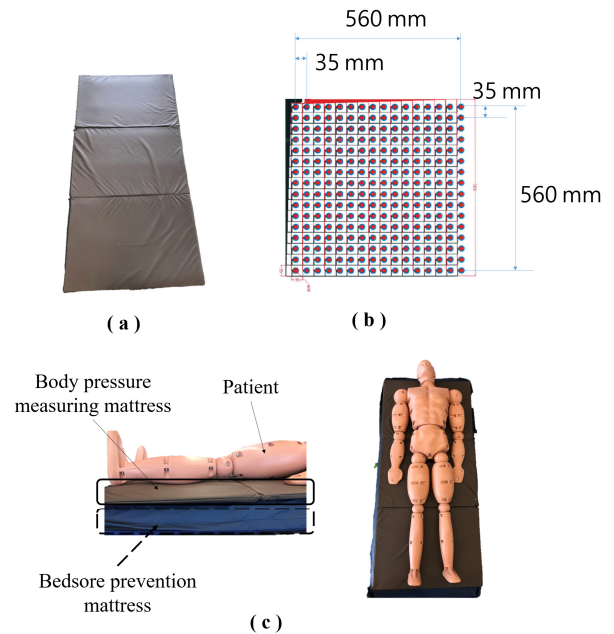


Fig. 1 (a) FSR (Force Sensitive Resistor) Body pressure measurement mattress. (b) Internal cell layout. (c) Body pressure measurement system

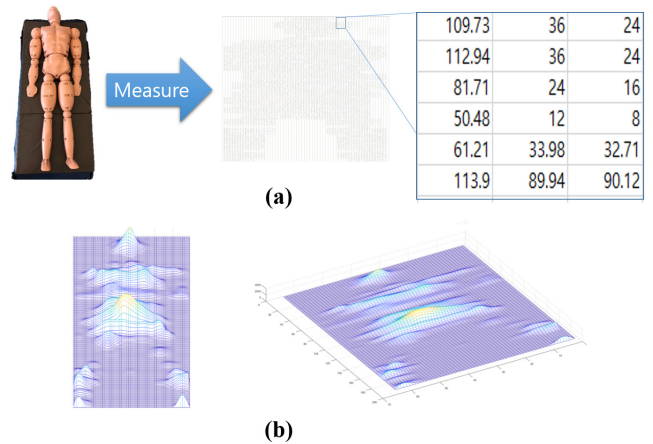


Fig. 2 (a) Body pressure measurement frame data (b) 3D frame data

위에 가해지는 집중 압력분포를 분산시키는 효과가 있다. 매트리스의 형태, 재질에 따라 하중을 실었을 때 신체에 가해지는 압력 분포도 다르게 나타난다.

Fig. 3은 체압분포 매트리스로 측정된 데이터를 시각화를 위해 흑백화하여 표시한 내용이다. Fig. 3(a)는 매트리스를 사용하지 않았을 때의 측정 값, Fig. 3(b)와 (c)는 특정 시점에 서로 다른 욕창 방지 매트리스의 측정값을 나타낸다. 매트리스를 사용하지 않으면 허리와 머리 부분에 압력이 집중되는 것을 확인 할 수 있다. 반면에 욕창 방지 매트리스를 사용하면 신체 압력이 전체적으로 분산되고 매트리스 제품마다 압력 분포되는 형상이 다르게 나타남을 확인

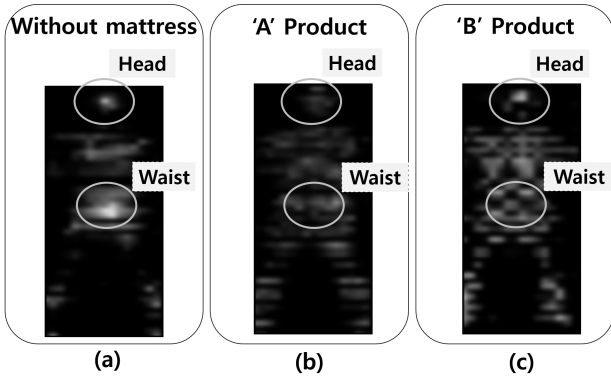


Fig. 3 gray scale images. (a) is without mattress. (b) and (c) are bed sore prevention mattress

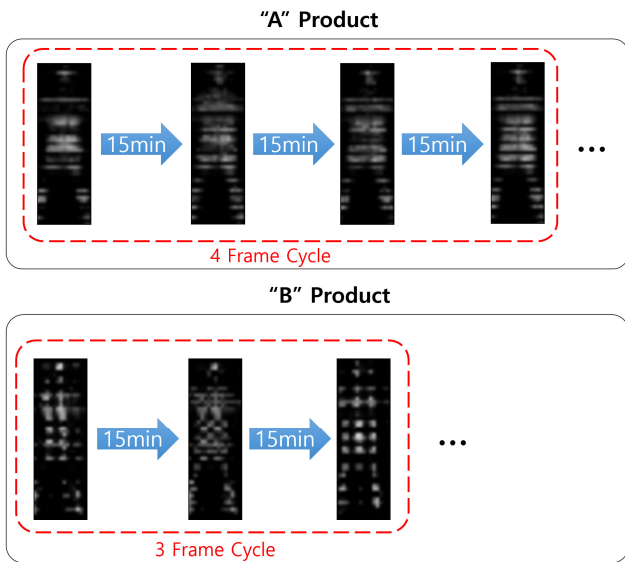


Fig. 4 Various pressure data and cycle by alternating pressure mattress product

할 수 있다.

교대 부양방식의 욕창 방지 매트리스는 제어기, 매트리스 형태에 따라 시간에 따른 압력분포가 다양하게 나타난다. Fig. 4는 두 가지의 제품에서 제어기 주기, 압력분포 모양이 다르게 측정됨을 보여준다. 'A' 제품은 4가지 형태의 프레임 데이터가 반복되는 반면 'B' 제품은 3가지의 형태의 프레임 데이터가 반복된다.

욕창 방지 매트리스는 순환 주기에 따라 압력분포와 크기가 변하여 임의의 한순간의 프레임 데이터로 모든 측정을 값을 대표할 수 없다. 교대 부양식 욕창 방지 매트리스는 분배기에 연결된 공압 튜브에서 흡기, 배기, 유지의 상태 변경 시 약 1분 정도 압력이 변하는 시간이 발생한다. 이러한 교대 불안정한 시간과 외부 힘의 변화를 제외한 압력은 대체로 안정적으로 유지된다.

Fig. 5(a)는 교대 부양 매트리스의 호스를 나타내고 Fig. 5(b)는 3가지 프레임 패턴이 반복되는 교대 부양 매트리스에서 Port A와

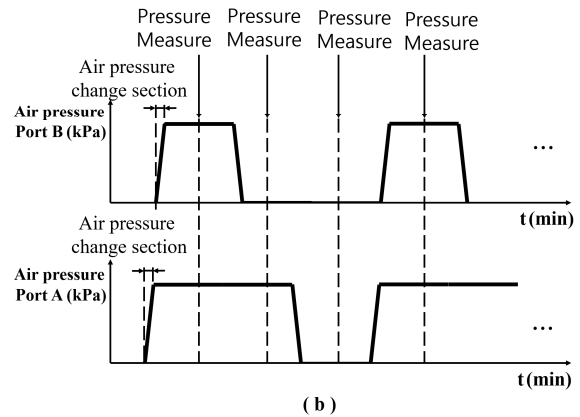
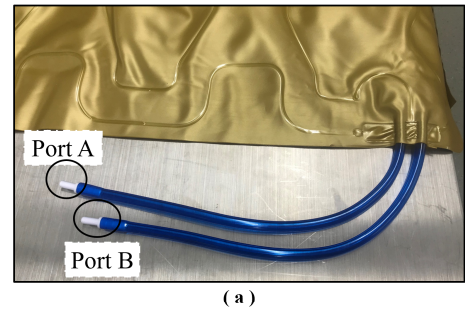


Fig. 5 (a) Alternating pressure mattress. (b) Pressure graph of port A and port B in 3 type cycle

Port B 각각의 압력 변화의 그래프를 나타낸다. 본 연구에서 제안하는 압력 측정 시점은 압력의 변화가 없는 안정적인 시점 데이터를 취득의 조건이 있다.

2.3 프레임 단일 데이터 표현 방안

욕창 방지 매트리스는 그림 Fig. 5의 형태로 제품별 순환 주기와 프레임 데이터의 형상이 다르게 반복된다. 본 연구에서는 개수가 다른 프레임을 하나의 데이터로 통합하여 비교 할 수 있는 방안을 제시한다. 데이터 통합은 욕창 예방과 관련 깊은 데이터 처리이다. 욕창 발생의 주요 요소는 경계압력, 특정 부위의 지속해서 가해지는 압력, 지속압박과 관련이 있고 각각은 프레임 내의 셀 변화의 최대, 최소, 평균값과 연관 지어 확인 할 수 있다.

Fig. 6은 N번째 frame 안에 cell 위치에 따른 표기 방법을 나타낸다. 욕창 발생은 신체에 가해지는 경계압력, 압박 시간 그리고 혈액 순환의 체위변경 활동과 연관이 깊다. 본 연구에서는 경계압력, 특정 부위의 지속해서 가해지는 압력, 평균 신체에 가해지는 압력을 각각을 최대, 최소, 평균으로 처리했고 프레임의 개수는 욕창 방지 매트리스의 교대 부양의 한 주기 내에 개수로 정의했다^[11].

$$F_{max} = Max(F_N(u, v)) \begin{pmatrix} N = 0 \sim \text{Number of Cycle} - 1 \\ u = 0 \sim \text{width} - 1 \\ v = 0 \sim \text{height} - 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

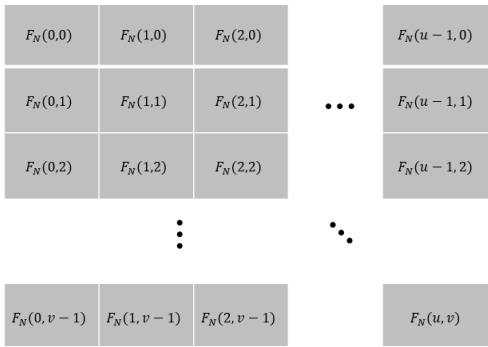


Fig. 6 Cell data notation in frame

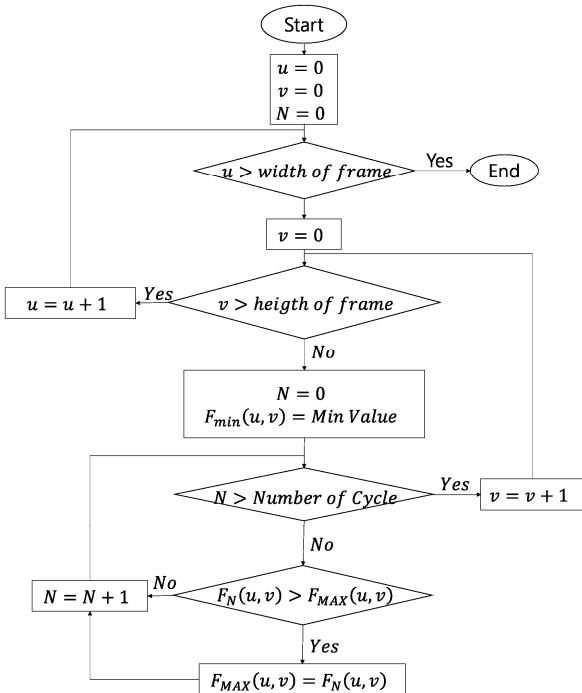


Fig. 7 Maximum pressure value processing flowchart of frames data one cycle

수식 (1)은 한 주기의 프레임 데이터에서 각 셀에서 최댓값을 추출하는 연산식이다. 최댓값의 의미는 높은 경계압력을 측정하기 위함이고 압력 측정값이 일정 수치 이상으로 올라가게 되면 체위 변경은 조절되어야 한다. Fig. 7는 수식 (1)의 처리 Flowchart를 나타낸다.

수식 (2)은 한 주기의 프레임 데이터에서 각 셀에서 최솟값을 추출하는 연산식이다. 최솟값의 의미는 신체 압력 분산이 전체 크게 분포되는 정도와 혈액 순환의 정도를 나타낸다. Fig. 8은 수식 (2)의 처리 flowchart이다.

$$F_{min} = \text{Min}(F_N(u, v)) \left(\begin{matrix} N = 0 \sim \text{Number of Cycle} - 1 \\ u = 0 \sim \text{width} - 1 \\ v = 0 \sim \text{height} - 1 \end{matrix} \right) \quad (2)$$

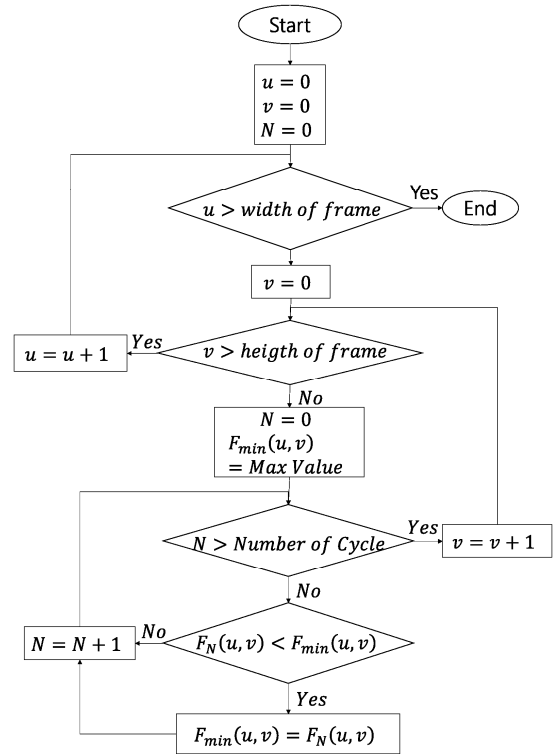


Fig. 8 Minimum pressure value processing flowchart of frames data one cycle

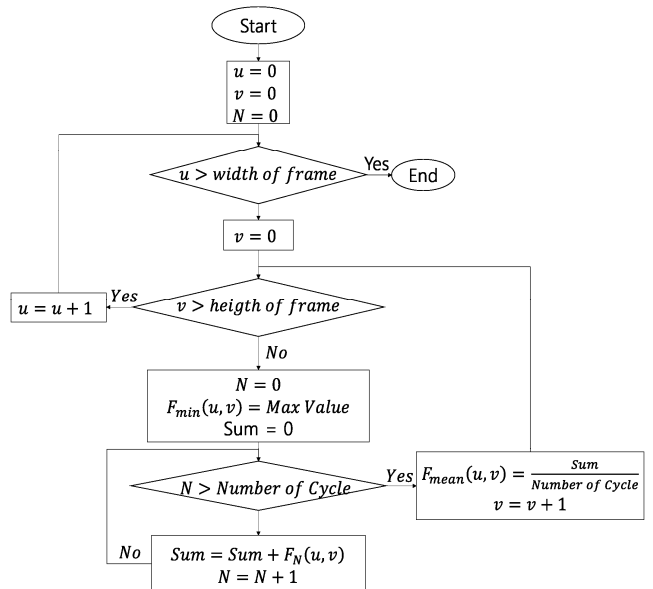


Fig. 9 Mean pressure value processing flowchart of frames data one cycle

수식 (3)은 한 주기의 프레임 데이터에서 각 셀에서 평균값을 추출하는 연산식이다. 평균 압력 데이터를 통해 압력 정도에 따라 피부조직의 변화를 예측 할 수 있게 된다^[12]. Fig. 9는 수식 (3)의 처리 Flowchart를 나타낸다.

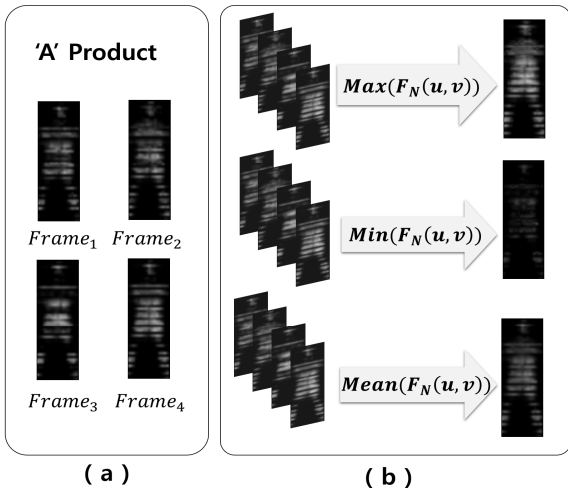


Fig. 10 Frames data of A product bed sore prevention. (a) are frames in one cycle. (b) Each gray image of maximum, minimum and mean processing

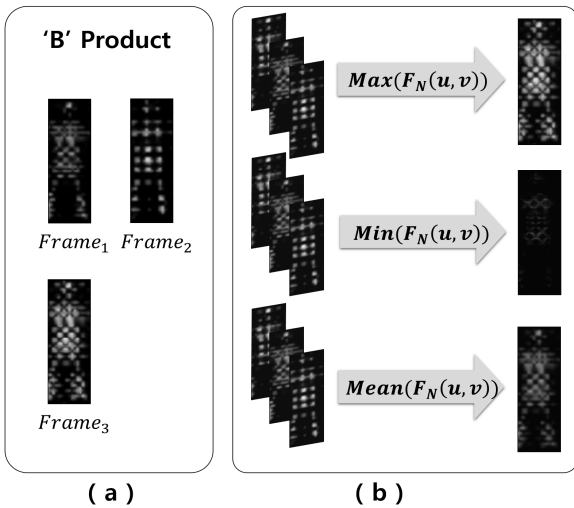


Fig. 11 Frames data of B product bed sore prevention. (a) are frames in one cycle. (b) Each gray image of maximum, minimum and mean processing

$$F_{mean} = \frac{\sum_1^{Cycle N} F_N(u,v)}{Cycle N} \begin{pmatrix} N = 0 \sim Cycle N - 1 \\ u = 0 \sim width - 1 \\ v = 0 \sim height - 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

3. 실험 및 결과

본 연구에서는 2가지 제품의 욕창 방지 매트리스를 실험했다. Fig. 10(a)는 A 제품을 본 연구에서 제시한 측정 방법으로 수집한 데이터의 이미지 결과를 나타낸다. Fig. 10(b)는 최대, 최소, 평균 값을 처리한 이미지 결과를 나타낸다. 측정인의 신장은 184 cm에 몸무게 95 kg이다. Fig. 11(a)은 B 제품을 본 연구에서 제시한 측정 방법으로 수집한 데이터이고 Fig. 11(b)는 최대, 최소, 평균

Table 1 Standard deviation of the maximum, minimum and average pressure values of A and B products

Frame \ product	A product	B product
$Max(F_N(u, v))$ Standard deviation (N/cm^2)	3.6×10^{-3}	6.5×10^{-3}
$Min(F_N(u, v))$ Standard deviation (N/cm^2)	1.37×10^{-3}	1.5×10^{-3}
$Mean(F_N(u, v))$ Standard deviation (N/cm^2)	2.3×10^{-3}	3.3×10^{-3}

Table 2 Maximum pressure value of tailbone maximum, minimum and average pressure values of A and B products

Bone Region \ product	A product	B product
$Max(F_N(u, v))$ pressure (N/cm^2)	0.39	0.37
$Min(F_N(u, v))$ pressure (N/cm^2)	0.06	0.1
$Mean(F_N(u, v))$ pressure (N/cm^2)	0.22	0.27

값을 처리한 이미지 결과를 나타낸다. 측정인은 Fig. 10과 동일인이다.

Table 1은 A, B 제품에서 전체 측정 셀 영역의 최대, 최소, 평균 압력 결과의 전체 셀의 표준편차이다. 표준편차가 높다는 건 평균 값이 같다는 가정하에 높을수록 신체에 더 강한 압력이 가해진다는 의미로 해석 할 수 있다.

Table 2는 A, B 제품에서 꼬리뼈 영역의 최대, 최소, 평균 압력 결과 압력을 나타낸다. 골격이 튀어나온 욕창이 주로 발생하는 부위 압력은 B 제품보다 A 제품의 집중하중이 작음을 알 수 있다.

Table 1과 Table 2로 제품의 전체 성능을 측정하는 데 무리가 있지만 본 연구는 프레임 데이터들을 하나로 통합하여 측정 영역 전체 또는 일부의 영역을 응용하면 수치 데이터로 비교 할 수 있다는 것이 핵심이다.

4. 결론

본 논문은 객관적인 정보가 미비한 상태로 판매 중인 욕창 방지 매트리스와 제품 간 성능 측정 비교가 불가능한 문제 인식에서 시작되었다. 욕창 방지 매트리스를 정량적으로 측정하기 위해 FSR 기반의 체압 측정 매트리스를 이용하여 측정 시스템을 구축했고 시간에 따라 서로 다른 프레임들의 교대 부양 욕창 방지 매트리스를 비교하기 위해 하나의 프레임 데이터로 통합하는 방안을 제시

했다. 통합 연산은 최대, 최소, 평균값의 셀 단위 처리 과정이 있고 이는 욕창 발생과 관련 깊은 데이터이다.

본 연구의 핵심으로 매트리스 자체의 성능을 측정하고 측정된 프레임 데이터를 비교 할 수 있도록 통합하는 것을 강조했다. 의학에서는 사람의 특성이 다르기 때문에 욕창 발병 경계 압력을 절댓값으로 기준을 두지 않는다. 그러나 확률적으로 높은 압력, 습한 환경에서 욕창 발병 확률은 높을 것이고 이를 통계적인 수치화 된 객관적 지표로 나타낼 필요가 있다. 추후 연구과제로 본 연구의 내용을 기반으로 측정된 제품을 실제 적용하여 제품별 욕창 발생률을 통계 분석하면 욕창 발병을 줄이기 위한 제품 성능 개선의 연구가 될 수 있을 것으로 기대한다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 산업기술혁신사업 ‘인공지능 기반 욕창 예방을 위한 자율형 침대 로봇 개발(20005004)’의 지원을 받아 수행된 연구임.

References

- [1] Pugliese, G., Favero, M. S., 1999, Pressure Ulcers Impact on Hospital Costs and Length of Stay, *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 20:7 472, <https://doi.org/10.1017/S0195941700068843>.
- [2] Department of Social Statistics Planning in Korea, 2017, viewed 12 February 2020, Statistics on the Elderly in 2017, <http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/1/index.board?bmode=read&aSeq=363362>.
- [3] Medical Resource Policy, 2019, viewed 16 February 2020, Ministry of Health and Welfare, Collection of Basic Data for Training High Quality Medical Personnel, <http://www.mohw.go.kr/react/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&page=1&CONT_SEQ=351956>.
- [4] Lindgren, M., Unosson, M., Fredrikson, M., Ek, A. C., 2004, A Major Risk Factor for Development of Pressure Ulcers Among Adult Hospitalized Patients: A Prospective Study, *Scandinavian Journal of Caring Science*, 18:1 57-64, <https://doi.org/10.1046/j.0283-9318.2003.00250.x>.
- [5] Kwon, J. W., Shim, C. S., Park, S. H., Lim, D. J., Lee, N. G., Shim, J. K., Hong, J. H., 2002, Kinematic Synthesis of a Medical Bed for Decubitus Ulcer Patients, *The Korean Society of Mechanical Engineers*, 1305-1310.
- [6] Lee, Y. D., Choi, M. S., Jang, I. H., Kim, C. Y., Choi, D. S., Kim, M. S., Kim, W. J., Kim, D. H., 2018, Research on the Development of Automated Multifunction-Integrated Motion Bed, *The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, 18:5 215-222, <http://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.5.215>.
- [7] Tanimoto, Y., Takechi, H., Tokuhiko, A., Takechi, H., Yamamoto, H., 2002, Buttock Pressure Measurement using Bed Mattress, MTC/2002, Proceedings of the 19th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (IEEE Cat. No.00CH37276), 7803-7218.
- [8] Lee, A. R., Jang, K. B., 2011, Development of The Physical Pressure Monitoring System to Prevent Pressure Ulcers, *IEMEK Journal of Embedded Systems and Applications*, 6:4 209-214.
- [9] Kim, C. J., Park, S. J., Kwon, K. S., Kim, J. S., Min, B. C., Lee, H. Y., Kim, K. H., 1999, The Characteristics of Body Pressure Distribution on Sleeping Posture, *Science of Emotion & Sensibility*, 2:1 95-103.
- [10] Jung, S. B., Hwang, I. H., Jung, J. S., Yuk, S. W., 2019, A Study on the Peak Pressure Measurement Test Method for Bed Robots for Preventing Bedsores, Proceedings of the KSMPE Autumn Conference, 274-274.
- [11] Lee, H., Cho, K. H., 2009, Changes on Blood Perfusion and Histological Structures of Sacral Skin in Rat by Externally Applied Pressure, *Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 6:1 294-299.
- [12] Cho, K. H., Yune, S. H., Lee, H., 2010, Effects of Mattresses and Position Positioning on Interface Pressure and Skin Blood Flow, *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*, 34:2 214-219.



Dong-Gi Gwak

Assistant Researcher in Interactive Robotics R&D Division, Korea Institute of Robotics & Technology Convergence, Korea.

His research interest are Intelligent robot control and Image processing.

E-mail: dg.gwak@kiro.re.kr



Dong-Seop Sohn

Director in Planing & Coordination Department, Korea Institute of Robotics & Technology Convergence, Korea.

His research interest are Robotics, Control & System.

E-mail: sdsubi@kiro.re.kr



Kap-Ho Seo

Director in Interactive Robotics R&D Division, Korea Institute of Robotics & Technology Convergence, Korea.

His current research interests include system design/control/integration, rehabilitation robotics, disaster response robotics, and soft robotics.

E-mail: neoworld@kiro.re.kr