

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.3.7>

JCCT 2024-5-2

욕창예방 방식의 충격시험용 둔부 모형 개발

Development of a hip model for impact testing of bedsores prevention cushions

정성배*, 육선우**,최기원***,박상수****

JUNG, SUNGBAE*, YUK, SUNWOO**, Ki-Won Choi***, Sangsoo Park****

요약 욕창 예방 방식은 휠체어 사용자 둔부의 피부가 휠체어 좌석과 마찰을 통하여 손상되는 것을 방지하는 역할을 한다. 휠체어 좌석에 가해지는 체중의 부하를 일부 흡수하고 체중이 균일하게 전체 접촉면에 작용할 수 있도록 하기 때문이다. 욕창 예방 방식의 성능을 시험하는 항목의 일부인 충격시험을 위해서는 휠체어 사용자의 앉은 자세를 대신한 둔부 모형이 필요하다. 본 연구에서는 휠체어용 욕창 예방 방식의 충격시험을 위한 둔부 모형을 시험 제작하였다. 휠체어용 욕창 예방 방식의 성능 시험에는 한국 표준인 KSP 0236과 ISO의 국제표준인 KS P ISO 16840-2가 있으며, 휠체어용 욕창 예방 방식 충격시험에는 KS P ISO 16840-2에서 제안한 둔부 모형이 더 적합하였다. 그러나 KS P ISO 16840-2에서 제안한 둔부 모형의 제작 지침은 모형 제작 기술의 발전을 반영하여 더 쉬운 방법으로 수정이 필요하다. 우리는 플라스틱으로 둔부 모형을 한 번에 제작하고, 모형의 중량을 인체에 유사하게 만들기 위하여 둔부 모양으로 가공한 SS-41 철판을 추가로 부착하는 새로운 둔부 모형 제작 방법을 제안한다.

주요어 : 휠체어, 시트 쿠션, 욕창예방방식, 충격시험, 인체 모형

Abstract The bedsores prevention cushion serves to prevent the skin on the buttocks of a wheelchair user from being damaged through friction with the wheelchair seat. This is because it absorbs some of the weight applied to the wheelchair seat and allows the weight to be applied evenly to the entire contact surface. For the impact test, which is part of the performance testing of bedsores prevention cushions, a hip model that represents the sitting posture of a wheelchair user is required. In this study, a hip model was manufactured for impact testing of bedsores prevention cushions for wheelchairs. Performance tests for pressure bedsores prevention cushions for wheelchairs include KSP 0236, a Korean standard, and KS P ISO 16840-2, an ISO international standard. The hip model proposed in KS P ISO 16840-2 was more suitable for impact testing of bedsores prevention cushions for wheelchairs. However, the guidelines for making hip models proposed by international standards need to be modified to reflect the advancement of model making technology and use easier methods. We propose a new hip model production method that produces a hip model out of plastic all at once and additionally attaches SS-41 steel plates processed into the shape of the hip to make the mass of the model similar to the human body.

Key words : wheelchair, seat cushion, bedsores prevention cushion, impact test, human body model

*정희원, 근로복지공단 재활공학연구소 연구원(주저자)
**정희원, 근로복지공단 재활공학연구소 센터장(공동저자)
***정희원, 근로복지공단 재활공학연구소 연구실장(공동저자)
****정희원, 을지대학교 의료공학과 교수(교신저자)
접수일: 2024년 3월 1일, 수정완료일: 2024년 4월 10일
게재확정일: 2024년 4월 20일

Received: March 4, 2024 / Revised: April 10, 2024
Accepted: April 20, 2024
****Corresponding Author: spark@eulji.ac.kr
Dept. of Biomedical Engineering, Eulji Univ, Korea

1. 서론

욕창은 발생 이후 치료가 어렵고 장기간의 입원이 필요하며, 병증이 심한 경우 수술이 요구되기도 한다. 따라서 적절한 욕창 예방 제품을 통해 접촉 부분의 압력 부하를 낮추고 전체적으로 접촉압력이 균등하게 분포하도록 하는 것이 가장 효과적인 욕창 예방 방법이라 할 수 있다[1, 2]. 휠체어 사용자의 경우 장시간 앉아 있으면서 둔부의 피부에 압력이 집중되어 욕창 발생의 가능성이 높으며 이를 예방하기 위하여 욕창예방 방식을 사용한다[3, 4]. 욕창 예방 방식은 식품의약품안전처의 품목분류에 따르면 의료용 압력 분산 매트리스(口02050.02)에 속하며[5], 인증시험을 통하여 안전성과 유효성을 심사하는 의료기기 2등급 제품이다. 대표적인 제품인 공기패드형은 공압 패드부가 많은 수의 격자형 공기주머니로 구성되어 있다(그림 1). 격자형 공기주머니 내부에 공기가 충전되어 있고 하중 부하 시 공기 격자 자체의 변형이 가능하다. 각각의 격자는 이웃하고 있는 다른 격자로 유체가 이동할 수 있도록 통로로 연결되어 있고, 하중을 지지하는 공기가 인접한 공기 격자들로 이동하면서 균등한 압력 분포를 제공한다. 이러한 기전에 의해 피부 일부에 압력이 집중되어 피하 혈류 장애나 피부 조직의 괴사 등 조직 손상을 예방할 수 있다[6, 7]. 일반적으로 욕창예방 방식으로 널리 알려져 있으나, 한국산업 표준(KS)에는 외국에서 사용되는 용어인 욕창예방시트쿠션 표준이 만들어져 있다[8, 9]. 사용자가 장애인이거나 고령자인 경우에는 각각 장애인보조기기 및 복지용구로 지정되어 장애인 고용공단 혹은 국민건강보험의 급여를 받을 수 있는 공적 급여 대상 품목이기도 하다. 공적 급여 대상 품목으로 인정받기 위해서는 한국산업 표준 KS P 0236의 요구사항을 만족해야 한다.

KS 0236 표준에서는 유체의 정수압(hydrostatic) 원리를 이용하여 접촉하는 인체의 피부와 이를 지지하는 표면 사이의 계면 압력을 최대한 균등하게 분포시켜 욕창 발생을 예방할 목적으로 제조된 공압식 제품에 대하여 규정하고 있다. 이러한 제품들은 장시간 인체 피부의

한 지점(또는 지점들의 집합)에 과도한 접촉 압박이 가해져 국소빈혈(ischemia)이나 이로 인한 피부 등 조직의 손상이 생기는 것을 방지 또는 최소화 하기 위한 장치로 정의하고 있고 인체 피부면과 접촉하는 압력을 최대한 균등하게 분포, 최대 접촉 압력을 감소시켜 주는 효과가 있어야 한다.

와상 환자의 경우에는 사용자의 움직임이 적어 정적 시험만으로 충분하지만, 휠체어 사용자들의 경우에는 휠체어가 둔탁, 도로의 연석을 지날 때 받는 충격으로 피부에 생기는 상처 등이 욕창 발생을 유발할 수 있다.

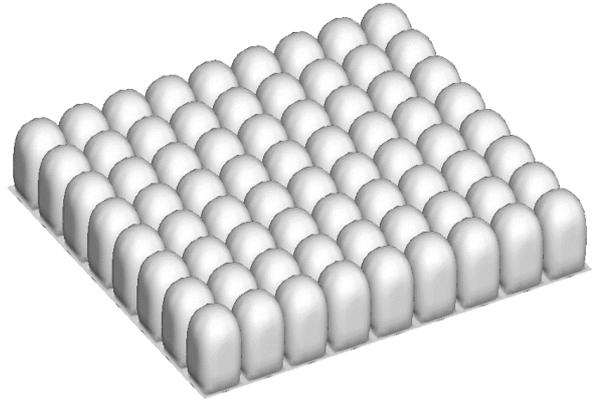


그림1. 공기패드형 욕창예방 방식

Figure 1. Air pad type bedsores prevention sheet cushion

따라서 한국 표준인 KS P 0236과 달리 국제 표준인 KS P ISO 16840-2에서는 사용자가 앉은 자세에서 휠체어 시트에 충격을 주어 시트의 충격 흡수 능력을 평가하는 시험을 요구한다. 우리는 본 연구에서 한국 표준인 KS P 0236과 국제 표준인 KS P ISO 16840-2에서 사용하는 둔부 모형을 제작하여 휠체어 시트 쿠션의 충격시험에서는 어떤 모형이 더 적합한지를 평가하고자 하였다.

II. 기존 시험평가 표준

욕창예방 방식의 국내외 시험규격은 표 1과 같다. KS P 0236은 한국산업표준이며, 공기패드형 시트 쿠션 제품이 장애인 보조기기 혹은 건강보험 고령자 복지용구 급여 품목으로 등록되기 위해 인증받아야 하는 시험 표준이다. KS P ISO 16840-2는 국제표준화기구

ISO의 표준시험규격으로 휠체어 좌석 쿠션의 성능 검사를 위한 국제 시험 규격을 번역하여 국내 표준으로 제정되었다.

욕창 예방용 시트 쿠션의 시험을 위한 인체 둔부 모형은 두 가지가 표준으로 제정되어 있다. 한국 표준 KS P 0236은 시트 쿠션에 작용하는 최대 접촉 압력을 측정하고자 시트 쿠션과 접촉하는 둔부 모형을 사용하고 있다. 그림 2는 이 KS P 0236에서 사용하고 있는 인체 모형이다. 시트 쿠션과 접촉하고 있는 인체 부위는 엉덩이 부위이므로 그림 2와 같이 앉은 자세에서 시트 쿠션과 접촉하게 되는 둔부와 대퇴부 모양의 모형을 사용한다. 강성 플라스틱 재료인 MC-Nylon 재료를 사용하여 제작한다.

표 1. 욕창 예방 시트 쿠션 관련 표준
 Table 1. Standards related to bedsores prevention seat cushions

표준 번호	KS P 0236	KS P ISO 16840-2
국문명	욕창 예방 시트쿠션 공기패드형	휠체어 좌석 - 제2부 : 근육 조직을 보전하도록 고안된 좌석 쿠션의 물리적, 기계적 특성의 결정
영문명	Air cushions for pressure sore preventing cushions	Wheelchair seating - Part 2: Determination of physical and mechanical characteristics of seat cushions intended to manage tissue integrity
시험 항목	인장강도, 파열강도, 인장절단하중, 인열강도, 세탁견뢰도, 마찰견뢰도, 땀견뢰도, 난연성시험, 공기투과도, 폼알데히드 함유량	마찰특성, 충격흡수시험, 복원력, 하중시 깊이, 수분유입량, 생체적합성 시험

그러나 인체의 둔부에는 머리, 팔, 흉부, 복부의 무게가 작용하고 있으므로 이 상반신 체중을 감안하여 추가로 10 kg 분동 두 개를 그림 2의 원으로 표시된 부위에 올려 놓고 방석에 작용하는 압력을 측정한다. 둔부 모형의 자체 무게는 18 kg 이고 모형 엉덩이 부분의 끝단으로부터 13 cm 부위에 추가로 10 kg 분동을 2개 올려놓는다.

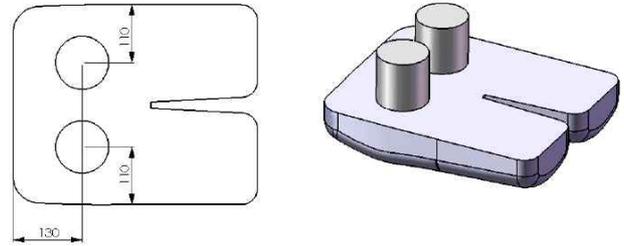


그림 2. 둔부 모형의 모양과 치수(KS P 0236)
 Figure 2. Shape and dimensions of the hip model(KS P 0236)

최대접촉압력은 다음과 같은 방법으로 측정한다.

- 1) 시트 쿠션의 공기 주입구에 공기압 측정기를 연결하고 최대 팽창 상태까지 공기를 주입하고 30분간 유지한다.
- 2) 시트 쿠션 위에 압력계를 위치시키고, 그 위에 둔부 모형과 분동을 올려 놓는다.
- 3) 시트 쿠션에 작용하는 압력을 측정 후, 쿠션 내의 공기를 서서히 빼 내면서 접촉 압력이 가장 작게 측정될 때의 공기압을 기록한다.

KS P ISO 16840-2는 인체 피부 조직의 완전성을 유지하기 위하여 휠체어 시트 쿠션이 갖추어야 할 물리적 기계적 특성을 시험하기 위한 표준이며, 피부 조직의 완전성 유지란 욕창 등의 피부 손상을 발생시키지 않는 것을 의미한다. 둔부 모형은 원뿔을 다듬어 대퇴부를 만들고 구를 다듬어 엉덩이 모양을 만들어 두 개의 대칭되는 반쪽 둔부 모형을 만든 후 접착한다.

III. 시험 제작 결과

충격시험을 위한 둔부 모형 제작을 위하여 그림 2와 그림 3의 두 가지 모형을 검토하였다. 검토 결과 KS P 0236의 모형은 충격시험 시 분동이 제 위치에서 이탈하게 되므로 부적합한 것으로 판단되어 KS P ISO 16840-2의 둔부 모형을 제작하기로 하였다.

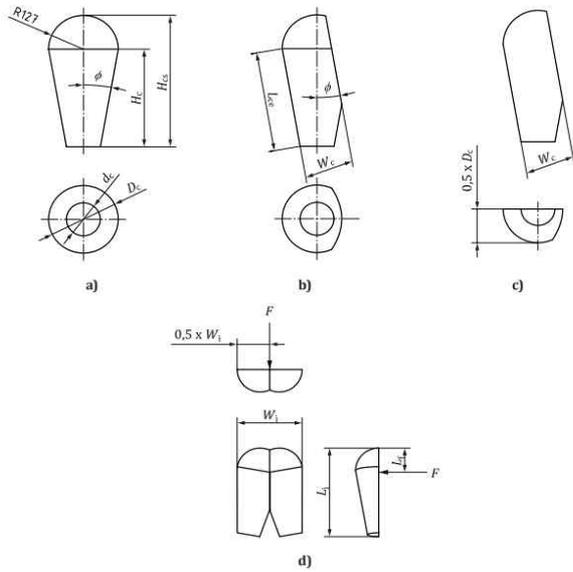


그림 3. KS P ISO 16840-2 인체 둔부 모형 제작 순서
Figure 3. Procedure for making human hip model (KS P ISO 16840-2)

KS P ISO 16840-2 에 의해 제작한 둔부 모형은 폭 40 cm, 길이 51 cm, 높이 13 cm의 NC-Nylon 직육면체를 가공하였으며 결과는 그림 4에 보여주고 있다. 그림 4(A)는 둔부 모형을 위에서 본 것이다. 두 개의 대퇴부와 연결된 둔부 모양이 보인다. 그러나 이 둔부 모형의 질량은 14.9 kg이어서 실제 사용자의 체중과는 큰 차이가 있었으며, KS P ISO 16840-2에서 요구하는 500(±10)N, 즉 51 kg의 기준을 충족하지 못하였다. 그림 4(B)는 인체 둔부 모형을 뒤집어서 바닥면이 보이게 찍은 사진이다. 나일론 둔부 모형은 금속판에 가려져서 보이지 않는다. 금속판을 부착한 이유는 나일론으로 만든 모형의 질량이 실제 사용자의 평균 체중보다 훨씬 가벼웠기 때문이다. 부족한 질량을 보완하기 위하여 비중이 7.85 두께 14 mm인 SS-41 철판 2개를 나일론 둔부 모형의 모양으로 자른 후 10개의 볼트로 나일론 둔부 모형과 결합시켰다. 또한 이동 편의성을 위하여 철제 체인을 십자 모양으로 부착하였을 때 전체 질량을 51(±1)kg에 맞출 수 있었다.

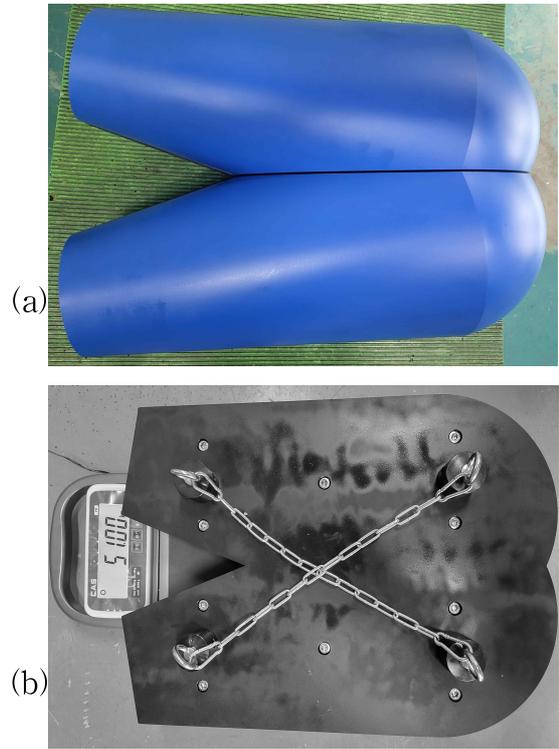


그림 4. KS P ISO 16840-2 에 의해 제작한 둔부 모형
Figure 4. Hip model produced according to KS P ISO 16840-2

IV. 고찰

본 연구에서는 휠체어 사용자가 이용하는 욕창 예방용 시트 쿠션의 충격시험에 사용할 인체 둔부 모형을 시험 제작하였다. 시험 제작을 통하여 다음과 같은 사실을 알게 되었다.

1) KS P 0236에 제시된 둔부 모형은 정적 성질 테스트 용이어서 충격시험과 같은 동적 시험에는 적합하지 않았다. 인체 체중을 모방하기 위하여 올려 놓는 분동이 동적 시험에서는 정해진 위치에서 이탈할 수 있기 때문이다.

2) KS P ISO 16840-2에 제시된 둔부 모형은 수정이 요구되었다. 첫째, 기존의 표준에는 원뿔과 공모양을 가공하여 단계적으로 둔부 모형을 만드는 방안이 제시되어 있으나, 기술의 발전으로 하나의 플라스틱 재료를 사용하여 일체형으로 가공하는 것이 가능하기 때문이다. 또한 기존 표준에서는 목재나 유리 섬유(fiber

glass)를 이용할 것을 제안하였다. 유리 섬유란 구체적으로 유리 섬유가 혼합되어 강화된 강화 섬유 플라스틱(fiber-reinforced plastic)을 의미한다. 강화 섬유 플라스틱은 일반적으로 강도가 큰 것으로 알려져 있으나, 본 연구에 사용된 NC-Nylon도 충격시험을 수행할 만큼 충분한 강도를 가지고 있다. 따라서 둔부 모형에 제작에 사용되는 재료를 기존에 목재나 유리 섬유라는 항목을 삭제하여 “강성재료로 만들 것”으로 수정이 필요하다.

셋째, 기존의 표준에는 둔부 모형의 질량 51 kg을 균등하게 분포하도록 금속 구를 사용하여 집착 또는 용해하여 붓는 방법을 제시하였다. 우리는 본 연구를 통하여 SS-41 철판을 사용하여 표준에서 요구하는 둔부 모형의 질량과 균등 분포를 만족시키는 방법을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 방법을 KS P ISO 16840-2의 부속서에 추가하여 다른 시험연구기관에서도 활용할 수 있도록 해야 할 것이다.

V. 결론

휠체어 시트 쿠션은 장시간 휠체어를 타고 있는 장애인들이 운행중 장애물들과 충돌할 때 사용자가 충돌의 충격으로부터 보호하는 역할을 한다. 장애물들과 충돌시에는 휠체어 시트와 접촉하는 둔부와 대퇴부의 피부가 평소보다 더 큰 마찰력을 받을 수 있기 때문이다. 휠체어 시트 쿠션의 충격 보호 능력을 시험하기 위해서는 실제 사용자를 대신할 인체 모형이 필요하며, 본 연구에서는 충격시험에 사용할 인체 둔부 모형을 제작해 보았다. 인체 모형 제작 기술의 발전을 반영한 KS P ISO 16840-2의 수정안을 제안할 예정이다.

- Convergence on Culture Technology, Vol. 9(1), pp. 619-625, 2023.
- [3] W.-H. Jang, “A Review on Sensor-based Cushions for the Prevention of Pressure Ulcers in Wheelchair Users,” The Journal of Korean Society of Assistive Technology, Vol. 15(1), pp. 1-11, 2023.
- [4] J.-N. Kim, S.-Y. Jo, W.-H. Jang, “An Exploratory Study on the Development of Pressure Ulcer Prevention Cushion for Pregnant Women with Spinal Cord Injury: Based on Focus Group Interviews,” The Journal of Korean Society of Assistive Technology, Vol. 14(1), pp. 23-35, 2022.
- [5] Korean Ministry of Food and Drug Safety, “Medical Pressure Distribution Mattress Performance Evaluation Guidelines,” 2023.
- [6] M. O. Kim, “Prevention and Treatment of Pressure Sore Following Spinal Cord Injury.” J Korean Med Assoc, Vol. 63(10), pp. 623-632.
- [7] J. H. Lee & C. K. Yun, (2019, “A Study on the Sitting Pressure of the People with Cerebral Palsy with Various Knee Angle in Sitting Posture.” Journal of Digital Content Society (J. DCS), Vol. 20(10), pp. 2017-2024.
- [8] Korean Standardization Organization, “Air Cushions for Pressure Sore Preventing Cushions,” 2023.
- [9] International Standardization Organization, “ISO 16840-2:2018 Wheelchair seating Part 2: Determination of physical and mechanical characteristics of seat cushions intended to manage tissue integrity,” 2018.

※ 본 연구는 보건복지부의 재원으로 한국보건산업진흥원의 보건의료기술연구개발사업 지원에 의하여 이루어진 것임(과제고유번호: HK23C0009).

References

- [1] Y. Lee, C. Kim, C. Chang, J.A. Kim, J.Y. Lim. “The Control System of a Medical Robot Bed for Prevention and Healing of Pressure Ulcer,” The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT), Vol. 6(3), pp. 353-359, 2020.
- [2] J. Jeung, S. Bok, J. Lim, B. Oh & Y. Lee, “Remote Care Using Medical Bed System Equipped With Body Pressure Sensors,” The Journal of the