

유한요소해석을 통한 욕창방지방식의 접촉특성에 관한 비교분석 Comparative Analysis of the Contact Characteristics of the Ulceration Preventing Cushions using Finite Element Analysis

*서정희¹, 전성철¹, 임희철¹, #정덕영¹

*J. H. Seo¹, J. S. Jun¹, H. C. Lim¹, #D. Y. Jung(jung@spic.or.kr)¹

¹재단법인 부산테크노파크 고령친화산업지원센터

Key words : pressure ulcer, ulceration preventing cushion, air and air-gel type, finite element analysis

1. 서론

욕창은 급속한 고령화 진전과 더불어 유병률 및 치료비용이 지속적으로 증가하고 있는 질환이며 발병 이후의 관리 및 치료에 어려움이 많아 예방적 노력이 매우 중요한 질환이다. 인체 조직의 대사과 활력 정도, 노출 환경, 마비나 외상상태에서 외부 압박의 지속 등 욕창의 발생원인은 매우 다양하고 복잡적이다. 물리적으로는 인체 접촉부의 작용압력이 조직 내에서 전단 및 압축응력을 복합적으로 발생시켜 변형과 폐색에 의한 혈류장애로 조직이 괴사하게 되어 욕창으로 발전하는 것으로 알려지고 있다[1].

이러한 욕창을 예방하기 위해 인체와의 접촉압력을 분산시키거나 제거를 통해 압력을 재배치할 수 있는 욕창방지용 방식 및 매트리스를 사용하고 있다. 최근 개발되어 시판되는 욕창방지방식 제품들은 실리콘 겔(Silicone gel)과 열가소성 폴리우레탄(Thermoplastic polyurethane, TPU)의 공기주머니의 조합, 혹은 TPU의 공기주머니로만 구성된 두 종류의 욕창방지방식 제품들이 주를 이루고 있다.

Bouton 등은 유한요소 모델(Finite element model, FE model)을 사용하여 엉덩이부위와 욕창방지방식의 접촉에 대한 해석 연구를 통해 욕창방지방식은 인체와의 정적인 접촉조건에서 압력을 분산하는 효과를 보여주는 것으로 보고하였다. 하지만 Bouton의 연구에서 사용된 욕창방지방식은 라텍스폼(Latex-foam)의 단순한 제품을 사용하고 2차원 유한요소해석을 통해 연구의 한계점을 보여주었다[1].

따라서 본 연구에서는 실리콘 겔과 TPU 공기주머니 조합의 겔-공기패드형(Air-Gel type)과 TPU 공기주머니로만 구성된 고무-공기패드형(Air type) 두 종류의 욕창방지방식 제품을 인체더미모델의 착석 상태에 대한 유한요소해석을 통해 욕창방지방식의 소재 사용에 따른 접촉특성을 비교하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서 사용된 두 종류의 욕창방지방식 제품의 유한요소 모델은 기존 출시된 제품을 역설계하여 3차원 유한요소 모델로 구축하고 두 종류의 욕창방지방식의 욕창예방효과 비교 분석을 위해 동일한 크기의 라텍스폼 소재의 욕창방지방식 모델을 개발하였다. 문헌을 통해 실리콘 겔과 TPU, 라텍스폼에 해당하는 각 소재의 물성치를 적용하고 공기패드 내 공기압은 두 종류의 제품에 공기를 100% 주입 후 실시한 압축시험을 통해 계산된 결과를 사용하였다[2](Table 1). 모델의 구축에 사용된 두 종류 제품을 만능시험기를 이용한 압축시험의 결과와 압축시험과 동일한 하중 조건의 유한요소 해석결과와의 비교를 통해 구축된 유한요소 모델의 검증 실시하였다. 유한요소 모델의 검증 후, 욕창방지방식의 접촉압력시험에 사용되는 인체하지 인덴터(indenter)를 시험규격을 통해 3차원 인체더미 유한요소 모델로 구현하고 인체의 피부에 해당하는 물성치를 적용하였다. 구현된 인체더미 유한요소 모델은 욕창방지방식 모델에 위치시켜 착석상태에 대한 유한요소 해석을 시행하였다 [2,3](Fig. 1). 욕창방지방식과 인체더미모델의 착석에 대한 유한요소 해석을 통해 두 종류의 욕창방지방식과 인체더미간 발생하는 접촉압력(contact pressure)의 분포와 접촉 면적을 라텍스폼 욕창방지방식의 결과와의 비교를 통해 고무-공기패드형과 겔-공기패드형 욕창방지방식의 접촉특성을 분석하였다.

3. 결과

실리콘 겔과 TPU 공기주머니로 구성된 겔-공기패드형과 TPU 공기주머니로만 구성된 고무-공기패드형의 두 종류 욕창방지방식의 착석에 대한

유한요소 해석결과에서 라텍스폼의 욕창방지방식에 비해 향상된 접촉압력분포 결과가 확인되었다. 또한 두 종류의 제품 모두 인체더미모델의 접촉부위에 압력의 집중 현상이 나타난 라텍스폼에 비해 접촉압력 분산효과가 나타났으며 젤-공기패드형과 고무-공기패드형의 제품은 유사한 접촉특성의 결과와 접촉압력분포가 나타났다(Table 2, Fig 2).

4. 토의 및 결론

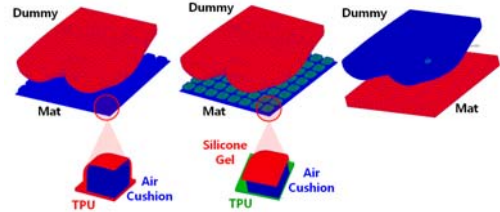
본 연구결과를 통해 젤-공기패드형과 고무-공기패드형 욕창방지방식이 라텍스폼 제품보다 향상된 접촉특성을 확인하였으며, 라텍스폼 제품의 결과는 Bouten 등의 연구에서 발표된 결과보다 낮은 최대 접촉 압력의 결과가 나타났다. 이는 Bouten 등은 피부와 근육, 뼈로 구성된 복합적인 실제 인체 모델을 이용하여 분석한 2차원 단면적의 유한요소 해석의 결과이고, 본 연구는 단순히 인텐터에 피부의 물성치를 부여하여 수행한 3차원 유한요소해석의 결과이기 때문에 이러한 경향이 나타난 것으로 판단된다. 라텍스폼 욕창방지방식의 접촉특성은 젤-공기패드형과 고무-공기패드형 제품의 결과보다 2배 높은 접촉압력과 면적의 결과를 보였다. 이는 욕창방지방식을 구성하고 있는 각 소재의 물리적인 특성의 차이로 인해 젤-공기패드형과 고무-공기패드형의 결과에서 라텍스폼에 비해 약 절반의 접촉면적에도 불구하고 낮은 최대접촉압력의 결과를 보이는 것으로 사료된다. 또한 젤-공기패드형의 접촉특성결과는 고무-공기패드형에 비해 높은 결과가 나타났지만 차이가 미미한 것으로 확인되어 두 제품의 접촉특성은 유사할 것으로 사료된다. 하지만 본 연구에서는 인텐터의 정적인(static) 착석상태에 대한 접촉특성결과이기 때문에 실제 인체 모델을 이용하여 동적인(dynamic) 착석 동작의 조건에서 추가적인 분석연구가 필요할 것으로 생각된다.

Table 1 Material Properties of FE Models

| Material Name | Elastic Modulus (E, MPa) | Poisson's Ratio (ν) |
|---------------|--------------------------|---------------------|
| Silicone Gel | 340 | 0.35 |
| TPU | 25 | 0.25 |
| Latex | 68 | 0.45 |
| Air Cushion | 550 | 0.39 |
| Dummy (Skin) | 7.6 | 0.4 |

Table 2 Results of the Contact Characteristics

| | Air type | Air-Gel type | Latex Model |
|---------------------------------------|----------|--------------|-------------|
| Max. Contact Pressure (mmHg) | 69.1 | 71.8 | 142.5 |
| Total Contact Area (mm ²) | 179.7 | 172.6 | 384.6 |



(a) Air type (b) Air-Gel type (c) Latex Model
Fig. 1 FE models of the ulceration preventing cushions

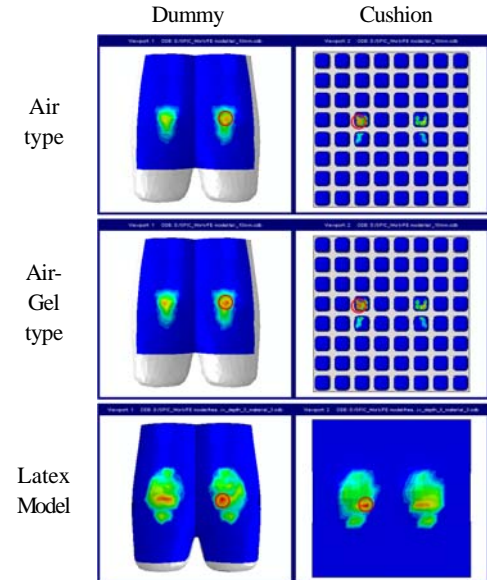


Fig. 2 Results of the contact pressure distribution (Red circle : Max. point of contact pressure)

참고문헌

1. Bouten, C., Oomens, C., Baaijens, F. and Bader, D., "The Etiology of Pressure Sores: Skin Deep or Muscle Bound?", Arch Phys Med Rehab, **84**, 616-619, 2003
2. Online Materials Information Resource, <http://www.matweb.com/>
3. 지식경제부 기술표준원, "KS P 0236 욕창예방 시트쿠션 : 공기패드형", 2007