

심층근 손상 욕창 발생 기전 연구를 위한 유한요소모델 개발 및 검증

Development and Validation of Finite Element Model for Evaluation of Deep Muscle Injury and Ulcer on the Buttock

*최혜원¹⁻², 진경진¹, #임도형¹

*Hae Won Choi¹⁻², Keyoung Jin Chun¹, #Dohyung Lim(dli349@kitech.re.kr)¹

¹ 한국생산기술연구원 실버기술개발단, ² 단국대학교 기계공학과

Key words : Finite Element Model, Pressure Ulcer, Buttock, Deep Muscle Injury

1. 서론

욕창은 지속적인 압박에 의해 혈류의 중단으로 피부조직이 괴사하는 질환으로 특히 좌식 및 침상 생활이 많은 고령자, 장애인, 수술 전후의 환자에게 흔히 나타나며, 주로 골 돌출부에서 발생하는 것으로 알려져 있다.¹ 특히 앉은 자세에서는 체중의 대부분이 둔부(Buttock)에 전달되어 과도한 체압이 집중되고 이로 인해 심층근 손상(Deep muscle injury) 욕창 발생이 촉진 된다. 욕창 발생에 영향을 미치는 중요한 인자로는 조직 내에 발생하는 전단응력(Shear stress), 피부 표면에 작용하는 미끄럼(Slip) 및 접촉압력(Contact pressure) 등으로 알려져 있으나 욕창 발생 및 진행에 대한 정확한 공학적 기전은 아직 밝혀진 바 없다.² 따라서 본 연구에서는 앉은 자세에서 둔부의 심층근 손상 욕창 발생 및 진행에 대한 생체역학적 기전을 연구하기 위한 유한 요소 모델을 개발하고, 모델의 타당성을 검증하고자 한다.

2. 방법

2.1 유한 요소 모델 개발

둔부의 욕창 발생 해석을 위한 유한요소모델은 그림 1 과 같이 둔근(Gluteus), 내전근(Adductor), 치골경골근(Gracilis), 이상근(Piriformis) 등을 포함한 포함 한 다섯 종류의 둔부 근육(Muscle), 지방(Fat), 피부(Skin), 대퇴골(Femur), 골반(Pelvis), 그리고 앉은 자세를 표현하기 위해 C3D8 브릭(brick) 요소를 사용한 쿠션(Cushion)을 모델링 하였다. 각 부위의 물성

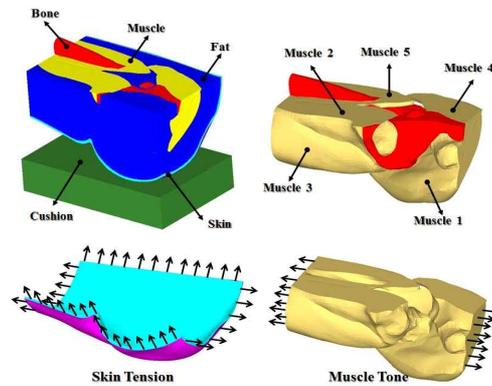


Fig.1 Finite Element Model and Loading Conditions

은 비선형(non-linear) 재료를 사용하여 사실적인 모델의 거동을 표현하고자 하였으며, Table 1의 재료 파라미터(material parameter)를 식(1)에 적용하여 유한 요소 모델에 입력하였다.³ 대퇴골 및 골반을 완전히 고정시키고 쿠션을 하부에서 상부로 일정 거리 이동시켜 착좌 상태를 표현하였다. 둔부의 하부만을 사용하였기 때문에 몸통, 다리와의 연결 부위와 모델 상부표면

$$W = \sum_{n=1}^N \frac{\mu_n}{\alpha_n} (\lambda_1^{\alpha_n} + \lambda_2^{\alpha_n} + \lambda_3^{\alpha_n} - 3) \dots (1)$$

Table 1 Material parameters for biological tissue

Material	μ (MPa)	α
Muscle	0.003	30
Skin	0.008	10
Fat	0.1	5

의 이동 및 회전에 대해 구속하였고, 근육 양단에 0.041Mpa의 압력을 가하여 내부에서 발생하는 근수축을 표현하였다. 피부에서 발생하는 인장력을 표현하기 위해 피부 끝단부에 0.013MPa의 압력을 그림 1과 같이 가하였다.

2.2 체압 측정 실험

앉은 자세에서의 체압을 측정하기 위하여 174-175cm, 75-80kg의 성인 남성 6명의 체압 측정 실험을 진행하였다. 보통 형상의 의자에 체압 매트를 고정시키고 수직으로 바르게 앉아 30초 동안의 압력을 측정하였다.

3. 결과

앉은 자세에서의 체압 분포 측정 결과 그림 2와 같이 좌골 결절(ischial tuberosity; IT) 부위에서 큰 압력을 갖는 경향을 보였다. 실험 결과 최대 압력은 30.95±1.73kPa로 측정되었으며, 유한 요소 해석 결과의 최대 압력 구간(33.2-39.1kPa)과 비슷한 수치를 보였다. 또한 둔부 피부 표면을 30 구역으로 나누어 각 위치에서의 변위량을 측정한 결과 P-M 구간의 중앙에서 31.6 mm의 가장 큰 변위를 보였으며 이는 기존 연구⁴의 결과에 부합되는 결과이다.

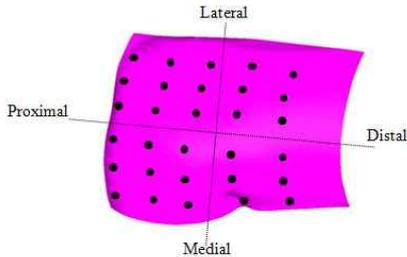


Fig. 2 Thirty ranges were identified over the skin

Table 2 Displacement of 30 ranges

	Lateral			Medial		
Proximal	9.39	8.52	6.74	17.12	17.87	10.79
	13.24	10.71	7.73	26.42	31.60	21.71
	12.31	8.72	5.70	30.97	30.59	19.82
Distal	7.90	6.10	4.85	2.81	14.08	10.29
	1.07	2.45	2.98	-3.65	-2.23	-1.36

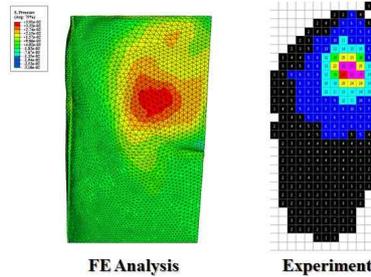


Fig. 3 Comparison of analysis and Experiment results

4. 결론

둔부의 상세 유한 요소 모델을 개발하고, 착좌 시 발생하는 둔부의 압력과 변위량을 측정하였다. 기존 연구⁴의 MRI 데이터와 앉은 자세에서의 체압 측정 결과를 기준으로 하여 해석 결과와 비교 하였을 때, 수치적으로 약간의 오차를 보였으나 압력 및 변위 분포 경향은 기준값에 부합되는 결과를 보였다. 본 연구를 통해 개발된 모델을 활용하여 다양한 해석 조건 하에서 심층근 손상 육창의 발생 기전을 효과적으로 연구할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Sandra Berquist, "The quality of pressure ulcer prediction and prevention in home health care," Applied Nursing Research, 18, 148-154, 2005.
2. L. F. Kanj and S. V. B. Wilking, "Pressure ulcers," Journal of the American Academy of DERMATOLOGY, 38, 517-538, 1998.
3. C. W. J. Oomens, O.F.J.T. Bressers, E.M.H. Bosboom, C.V.C. Bouten and D.L. Bader, "Can Loaded Interface Characteristics Influence Strain Distributions in Muscle Adjacent to Bony Prominences?," Computer Methods in Biomechacis and Biomedical Engineering, 6(3), 171-180, 2003.
4. M. Makhsous, D. H. Lim, R. Hendrix, J. Bankard, W. Z. Rymer and F. Lin, "Finite Element Analysis for Evaluation of Pressure Ulcer on the Buttock: Development and Validation," IEEE Transactions on neural system and rehabilitation engineering, 15(4), 517-525, 2007.