

심층근 활성도 증진을 위한 기능성 전기 자극의 육창 예방 효과 검증

Effect of Thickness Change of Gluteus Muscle using Functional Electrical Stimulator for Pressure Ulcer Prevention

*최혜원^{1,2}, 전경진¹, #임도형¹

*Hae Won Choi^{1,2}, Keyoung Jin Chun¹, #Dohyung Lim(dli349@kitech.re.kr)¹

¹ 한국생산기술연구원 실버기술개발단, ² 단국대학교 기계공학과

Key words : Functional Electrical Stimulation, Pressure Ulcer, Finite Element Model

1. 서론

고령자 및 하지 마비 환자 등에서 쉽게 발생하는 육창은 지속적인 압박으로 인한 혈류의 중단에 의해 피부조직이 괴사하는 질환으로, 장기간 휠체어에 의지하는 환자의 경우 체중의 대부분이 둔부(Buttock)에 전달, 과도한 체압이 집중됨으로 인해 심층근 손상(Deep Muscle Injury) 육창의 발생이 촉진 된다.¹ 이렇게 발생하는 육창의 치료법으로 기능적 전기 자극(Functional Electrical Stimulation; FES)이 제안되고 있는데, 이는 손상된 근육을 자극하여 상실된 능동적 수축 기능을 활성화시켜 근육 마비의 회복이나 근육의 손상으로 인한 질병을 감소시키는 역할을 한다고 알려져 있다.² 많은 연구자들이 기능적 전기 자극을 통한 육창 방지 효과에 주장하고 있으나 기능적 전기 자극으로 인한 근육의 형상 및 두께 등의 변화가 근육 손상으로 인해 발생하는 질병에 미치는 영향에 대한 구체적인 연구는 진행되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 둔부 유한 요소 모델을 사용하여 기능적 전기 자극 시술로 인한 둔근(Gluteus Muscle)의 두께 변화가 심층근 손상 육창에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

2. 방법

2.1 유한 요소 모델

둔부의 육창 발생 해석을 위한 유한 요소 모델은 그림 1 과 같이 근육(Muscle), 지방(Fat), 피부(Skin), 대퇴골(Femur), 골반(Pelvis), 그리고

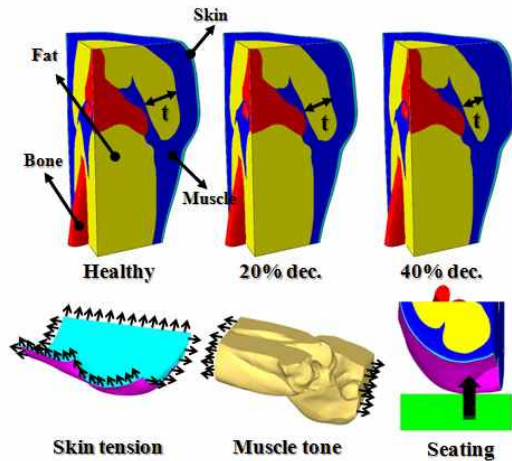


Fig. 1 Finite element model and loading conditions

앉은 자세를 표현하기 위해 C3D8 브릭(brick) 요소를 사용한 쿠션(Cushion)으로 구성하였다. FES 로 인한 두께 변화를 표현하기 위해 그림 1 과 같이 둔근의 두께(t)를 healthy(60.36mm), 20% dec.(49.16mm), 40% dec.(37.57mm) 로 각각 다르게 모델링 하였다. 각 부위의 물성은 비선형(non-linear) 재료를 사용하여 사실적인 모델의 거동을 표현하고자 하였으며, Table 1 의 재료 파라미터(Material parameter)를 식(1)에 적용하여 유한 요소 모델에 입력하였다.³

2.2 하중 및 구속 조건

대퇴골 및 골반을 완전히 고정시키고 쿠션을 하부에서 상부로 일정 거리(34mm)를 이동시켜 착좌 상태를 표현하였다. 둔부의 하부만

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

Table 1 Material parameters for biological tissue

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

을 사용하였기 때문에 몸통, 다리와의 연결 부위와 모델 상부표면의 이동 및 회전을 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.⁴

3. 결과

둔근의 두께 변화에 따른 Mises stress 및 Pressure 변화를 비교해보면 모든 경우에 좌골 결절(ischial tuberosity; IT) 부근에서 그 값이 집중되는 것을 확인하였다. 둔근의 평균 압력으로 Healthy, 20% dec., 40% dec. 각각 1.04kPa, 11.40kPa, 9.89kPa의 값을 보였다. 각 모델의 둔근 변위량을 비교해보면 둔근의 두께가 감소할수록 둔근에서 발생하는 변위량은 감소하였다.

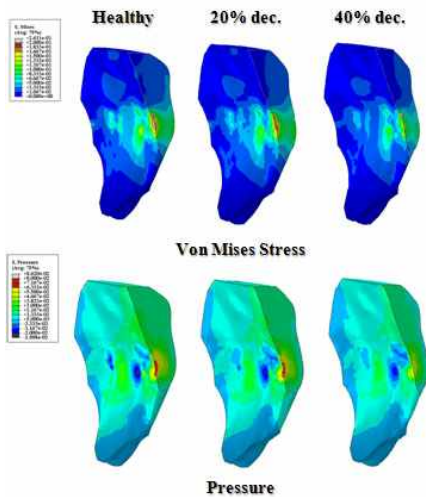


Fig. 2 Comparison of Mises stress and pressure of gluteus muscle

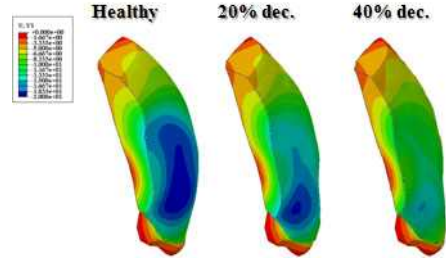


Fig. 3 Displacement of gluteus muscle according to a thickness change

4. 결론 및 논의

둔근의 두께가 감소함에 따라 둔근에 발생하는 평균 압력과 변위가 모두 감소하였다. 이는 FES 시술로 근육을 활성화시켜 심층근 손상 육창의 발생 가능성을 감소시킨다는 기존의 주장과 다른 결과로 이는 근육의 두께가 감소하면서 지방의 비율이 동일하게 증가되어 전체 볼륨을 유지하였기 때문인 것으로 사료된다. 이후 근육만의 변화를 유한 요소 모델에 반영하여 추가 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

1. L. F. Kanj and S. V. B. Wilking, "Pressure ulcers," *Journal of the American Academy of DERMATOLOGY*, 38, 517-538, 1998.
2. K. M. Bogie, D. Phil, S. I. Reger, S. P. Levine and V. Sahgal, "Electrical Stimulation for Pressure Sore Prevention and Wound Healing," *Assist Technol.*, 12, 50-66, 2000.
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.