

# 아킬레스건이 하지 상해에 미치는 영향 The Effect of Achilles' tendon on Lower Limb Injuries

\*이해아<sup>1</sup>, 박상백<sup>1</sup>, 강현대<sup>1</sup>, #채수원<sup>2</sup>

\*H. A. Lee<sup>1</sup>, S. B. Park<sup>1</sup>, H. D. Kang<sup>1</sup>, #S. W. Chae(swchae@korea.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 대학원 기계공학과, <sup>2</sup>고려대학교 기계공학부

Key words : Finite Element Model, Achilles' tendon, Tibia, Lower limb Injuries

## 1. 서론

많은 사람들이 일상생활에서 발목 관련 부상을 경험한다. 일상 생활에서 흔히 접할 수 있는 차량 관련 사고로 인해서도 많은 하지(lower limb) 상해가 발생하는데 대부분의 차량사고 관련 연구가 사람의 생존과 직접적으로 관련되는 상지(upper limb) 상해에 초점을 관련을 맞추고 있어, 일상생활에 지장을 주는 장애를 가져오는 하지 상해 관련 연구의 필요성이 강조되고 있다.<sup>1</sup>

그러나 지금까지 개발된 여러 FE 모델들은 주로 단순히 발과 접촉 판 간의 압력분포 측정을 위한 경우가 많으며, 뼈의 주요 구성요소를 구분하지 않고 모델링 한 경우도 많다.

본 연구에서는 이러한 여러 모델들의 단점을 보완하기 위한 상세 유한요소(finite element) 모델을 개발하고, 이를 이용하여 아킬레스건(Achilles' tendon)이 하지 상해에 주는 영향을 시뮬레이션을 통해 입증해 보았다.

## 2. 모델 구성

본 연구에서는 Digital Korean 에서 제공하는 29 세 남성의 CT data 를 이용하여 경골(tibia), 비골(fibula), 거골(talus), 종골(calcaneus), 발가락뼈(foot-bone)의 주요 뼈와 이를 둘러싸고 있는 살(flesh), 발목 주위의 7 개 주요 인대(ligament), 연골(cartilage), 아킬레스건 등을 포함하는 상세 유한요소 모델을 구성하였다.

주요 관심 부분인 경골과 비골은 피질골(cortical bone)과 해면골(trabecular bone)로 나누어 모델링 하였으며, 인대는 인장특성만을(tension only) 적용하였다.

각 부분별 물성치는 기존문헌을 참고하여 적용하였다.<sup>2,3</sup>

완성된 모델은 Fig. 1 과 같다.



Fig. 1 FE Tibia-Foot skeletal Model

## 3. 충돌 상황 시뮬레이션

자동차 충돌 상황에서 아킬레스건의 작용이 상해 정도에 영향을 미친다는 사실을 확인하기 위하여 기존 실험<sup>4</sup>을 참고하여 시뮬레이션을 수행하였다.

먼저 충돌 상황에서 발의 거동이 발의 최대 배측굴곡각도인 20°를 유지한다고 가정하고<sup>5</sup>, 이 때 아킬레스건에 걸리는 힘을 구하기 위하여 EMG 를 측정하였다.

측정 결과를 바탕으로 아킬레스건의 작용이 없을 때, 정상상태의 힘만을 고려했을 때, 아킬레스건의 작용을 고려했을 때의 세가지 경우에 대해 시뮬레이션을 수행하였다.

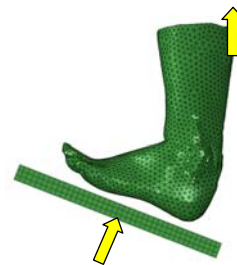


Fig. 2 Foot - Pedal Simulation

Fig. 2 는 시뮬레이션 시 적용된 힘의

방향을 보여주고 있고, 이 때 적용된 힘은 Table 1 과 같다.

Table 1 Applied force for foot - pedal simulation

	Plate Force (N)	Achilles's tendon (N)
A	500	0
B	500	103
C	500	137

4. 결론

Fig. 3 은 아킬레스건이 작용했을 경우와 그렇지 않은 경우의 한 예를 보여주고 있다.

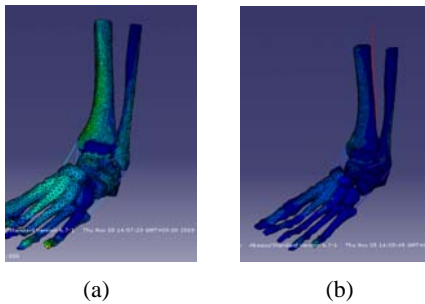


Fig. 3 Example of stress distribution;

(a) without Achilles' tendon, (b) with Achilles' tendon

시뮬레이션 수행 후 주요 관심 부위인 경골과 비골에 걸리는 하중을 측정하였고 그 결과는 Table 2 와 같다.

Table 2 Resultant forces on tibia and fibula

	Tibia (N)	Fibula (N)	Tibial strain (%)
A	690	140	-
B	740	150	7
C	760	130	10

그 크기가 작긴 하나 아킬레스건이 작용함에 따라 경골에 더 큰 하중이 걸리는 것을 확인할 수 있다.

또한 발목 부분이 받는 응력의 차이를 살펴보기 위해 수행한 시뮬레이션 결과로부터 Table 3 과 같이 아킬레스건이 작용할 경우

그렇지 않은 경우에 비해 경골에 더 많은 하중이 가해져 상대적으로 종골이 받는 응력이 감소하는 것을 확인할 수 있다.

Table 3 Stresses on tibia and calcaneus

	without Achilles' tendon (MPa)	with Achilles' tendon (MPa)
Tibia	731	814
Calcaneus	7,439	7,250
Tibia/calcaneus (%)	6.7	7.6

위와 같은 결과에 따라 아킬레스건의 작용이 있을 경우 경골에 보다 많은 하중이 걸리며 이로 인해 상대적으로 다른 부위의 상해가 줄어드는 효과가 있다는 사실을 확인할 수 있다.

후기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0001648).

참고문헌

1. Martinus Richter, Hajo Thermann et al., "Foot fractures in restrained front seat car occupants: A long-term study over twenty-three years", Journal of Orthopedic Trauma, 15, 287-293, 2001.
2. S.C. lee, B.S. Coan et al., "Tibial ultrasound velocity measured in situ predicts the material properties of tibial cortical bone", Bone, 21, 119-125, 1997.
3. K.A. Athanasiou, G.G. Niederauer et al., "Biomechanical topography of human ankle cartilage", Annals of Biomedical Engineering, 23, 697-704, 1995.
4. James R. Funk et al., "The axial injury tolerance of the human foot/ankle complex and the effect of Achilles tension", Journal of Biomechanical Engineering, 124, 750-757, 2002.
5. P Schreiber, J Crandall, S Hurwitz et al., "Static and dynamic bending strength of the leg", IJ Crash, 3, 295-308, 1998.