

# 대퇴골에 대한 원통형 좌표계의 생성 및 응용

서우덕<sup>1</sup>, 김구진<sup>2</sup>, 최유주<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 컴퓨터학부 박사과정

<sup>2</sup>(교신저자)경북대학교 컴퓨터학부 교수

<sup>3</sup>서울미디어대학원대학교 인공지능응용SW학과 교수

[power88a@naver.com](mailto:power88a@naver.com), [kujinkim@gmail.com](mailto:kujinkim@gmail.com), [yjchoi@smit.ac.kr](mailto:yjchoi@smit.ac.kr)

## Cylindrical Coordinate Generation for Femur and its Application

Udeok Seo<sup>1</sup>, Ku-Jin Kim<sup>2</sup>, Yoo-Joo Choi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>School of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University

<sup>2</sup>(Corresponding Author)School of Computer Science and Engineering,

Kyungpook National University

<sup>3</sup>Dept. of AI Software Engineering, Seoul Media Institute of Technology

### 요 약

본 논문에서는 대퇴골의 3D 메쉬 모델에 대해 원통형 좌표계(cylindrical coordinate system)를 생성하는 방법을 제안한다. 원통형 좌표계는 대퇴골 메쉬의 방향에 따라 장축 및 단축을 결정한 뒤, 대퇴골을 포함하는 원통(right circular cylinder)을 계산하여 생성된다. 실험을 통해, 생성된 원통형 좌표계에서 균일하게 생성한 삼각형 메쉬(triangular mesh)를 대퇴골 메쉬에 투사한 결과를 보인다.

### 1. 서론

3D 프린터는 다양한 재료를 사용하여 3차원 모델을 출력할 수 있는 기기이다. 3D 프린터의 보급으로 다품종 소량생산이 가능해지면서, 최근 의료분야에서는 환자 맞춤형(Patient-Specific) 의료제품을 제작하려는 다양한 연구가 수행되었다[1-3].

기존에는 규격화된 상용 의료제품들을 사용하는 수술 방법이 일반적으로 시행되었다. 상용 의료제품의 경우, 소품종 대량생산인 경우가 일반적이며 대부분 수입하여 사용하기 때문에 규격이 대부분 서양인에 맞춰져 있어[4-5] 국내에서 사용하는 데 어려움이 있고 부가적인 문제가 발생하는 경우가 있다.

상용 의료제품을 사용할 경우 발생하는 다양한 어려움과 문제점을 해결하기 위해 환자 맞춤형 의료 기구에 관한 관심이 높아지고 있다. 이중에서도 골절된 뼈를 고정하기 위해 사용하는 금속판(bone plate)의 경우 환자 맞춤형 제작에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

나선형 금속판(Helical Plate)은 상완골이나 대퇴골의 골절에 사용하는 의료제품 중 하나로, 골절로 인해 분리된 두 개 이상의 뼈를 정렬한 뒤 금속판과 나사를 통해 이를 고정하는 데 사용한다. 나선형 금

속판은 대퇴골의 형태에 맞게 제작되어야 하지만, 대퇴골과 같은 곡면 상에서 직접 금속판 형태를 설계하는 것은 어려운 일이다.

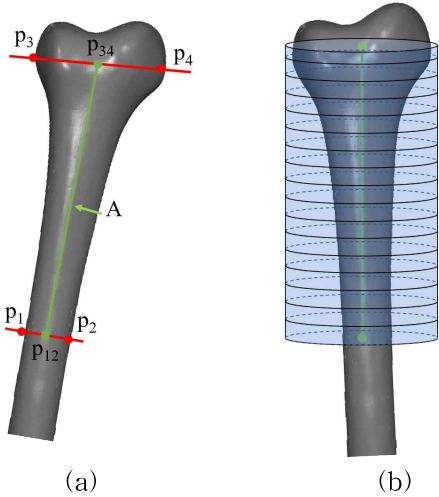
본 논문에서는 환자 맞춤형 나선형 금속판을 효율적으로 제작하기 위해 대퇴골에 대해 원통형 좌표계를 생성하는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련 연구를 소개하고 3절에서는 원통형 좌표계 생성 알고리즘을 제시한다. 4절에서는 실험 결과를 보이고, 5절에서는 결론을 맺는다.

### 2. 관련 연구

Byun et al. [6] 은 19명의 환자에게 골절정복 수술을 실시하였으며, 견고한 고정력을 얻으면서 골유합과 기능회복을 기대할 수 있음을 임상적으로 보였다. 그리고 삼각근의 부착부를 박리하지 않고 요골신경의 주행경로를 피할 수 있어 기존에 사용되던 직선형 금속판이 일으킬 수 있는 합병증과 같은 부작용을 감소시키면서도 술식이 안전하고 기능회복이 촉진된다는 결과를 도출했다.

Pastor et al. [7] 은 직선형, 90도 나선형, 180도 나선형과 같은 서로 다른 형태의 금속판을 사용하여



(그림 1) 대퇴골 모델의 장축 계산(a) 및 장축을 기준으로 하는 원통(b)

동맥, 혈관, 신경과 같은 인접한 해부학적 구조물과의 거리를 측정, 평가하고 분석하여 직선형 금속판에 비해 나선형 금속판이 안전하다는 결과를 도출했다.

Byun et al. 과 Pastor et al.의 연구는 모두 직선형 금속판을 굴절시켜 나선형 금속판으로 변형하여 사용하므로, 뼈의 형태와 근접한 나선형 금속판을 제작하는 데 한계가 있다. Byun et al. 의 연구에서는 굴절시켜 사용한 상용 금속판의 사이즈로 인해 관절 운동시 금속판과 뼈의 충돌로 통증을 유발하는 경우가 보고되었다.

### 3. 원통형 좌표계의 생성 알고리즘

대퇴골의 메쉬 모델이 입력으로 주어질 때, 모델을 둘러싸는 원통형 좌표계를 생성하기 위한 알고리즘을 제안한다.

대퇴골 모델을 포함하는 원통을 계산하기 위해 원통의 주축(main axis)을 결정한다. 원통의 축은 메쉬 모델 표면에서 사용자가 선택한 점들을 이용하여 계산한다. 대퇴골을 둘러싸는 원통의 축에 대한 수직단면은 원을 이루며, 단면에서 원통의 축이 지나가는 점은 거리가 가장 먼 두 점의 중점이다. 이를 반대로 이용하여, 대퇴골 표면 상의 두 점을 선택하여 중점을 계산하여 원통의 중심축 상의 한 점을 지정할 수 있다.

차후 골절 부위를 상하로 연결하는 형태의 금속판을 생성해야 하므로, 골절 부위를 포함하는 범위를 고려하여 사용자가 대퇴골 하부 단면의 지름에 해당하는 두 점 p1, p2 및 상부 단면의 지름에 해당

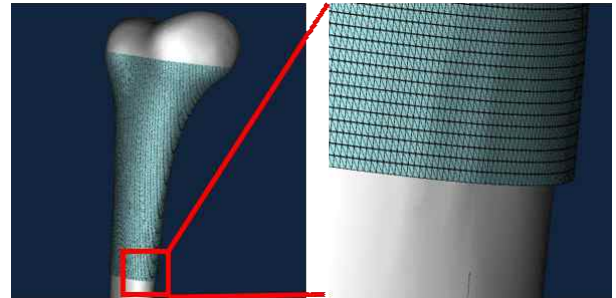
하는 두 점 p3, p4를 선택한다 (그림 1(a)). 식(1)과 같이 두 점 p1, p2의 중점에 해당하는 p12를 계산한다.

$$p_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} \quad (1)$$

또한, 유사한 방식으로 두 점 p3, p4의 중점에 해당하는 p34를 계산한다. 계산된 점 p12와 p34를 연결하는 직선을 원통의 축으로 결정하며, 점 p12와 p34가 포함된 원통의 수직 단면들이 금속판이 생성될 수 있는 범위를 표시한다. 그림 1(b)에서는 생성된 원통형 좌표계를 보인다.

### 4. 실험 결과

그림 2에서는 원통형 좌표계 상에서 균일한 분포를 갖는 삼각형 메쉬를 생성한 뒤, 이것을 대퇴골 모델에 투사한 결과를 보인다.



(그림 2) 원통형 좌표계에서 생성한 삼각형 메쉬를 대퇴골 모델에 투사한 예

### 5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 대퇴골 모델에 대해 원통형 좌표계를 생성하는 방법을 제안하고, 실험을 통해, 원통형 좌표계에서 생성한 삼각형 메쉬를 대퇴골 메쉬에 투사한 결과를 보였다.

향후에는 원통형 좌표계를 생성하는 과정을 자동화하는 방법을 연구하고자 한다. 또한, 연구 결과를 토대로 나선형 금속판을 제작하는 방법을 연구하고자 한다.

### 6. 감사의 글

이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 연구비 지원(20016852) 및 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(NRF-2020R1A2C1008912)을 받아 수행되었음.

## 참고문헌

- [1] R.J. Mobbs, M. Coughlan, R. Thompson, C.E. Sutterlin, and K. Phan, "The Utility of 3D Printing for Surgical Planning and Patient-Specific Implant Design for Complex Spinal Pathologies: Case Report," *Journal of Neurosurgery Spine*, vol. 26, no. 4, pp. 513-8, 2017.
- [2] A. Louvrier, P. Marty, A. Barrabe, E. Euvrard, B. Chatelain, E. Weber E, et al, "How Useful is 3D Printing in Maxillofacial Surgery?" *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 118, no. 4, pp. 206-212, 2017.
- [3] P. Honigmann, N. Sharma, B. Okolo, U. Popp, B. Msallem, F.M. Thieringer, "Patient-Specific Surgical Implants Made of 3D Printed PEEK: Material, Technology, and Scope of Surgical Application," *BioMed Research International*, vol. 2018, article ID 4520636, 2018.
- [4] S. Lee, T. Kim, D. Hong, J. Ock, J. Kwon, E. Gwon, et al., "A Review of Three-Dimensional Printing Technology for Medical Applications," *Journal of Korean Society of Radiology*, vol. 80, no. 2, pp. 213-225, 2019.
- [5] Y.J. Jeong, D.H. Choi, and K.-J. Kim, "Algorithm for Fabricating 3D Breast Implants by Using MRI and 3D Scan Data," *Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 22, no. 12, pp. 1385-1395, 2019.
- [6] Y. Byun, D. Shin, Y. Park, M. Kim, T. Gu and J. Han, "Helical Plating for Fractures of the Proximal Humeral Shaft", *Journal of Korean Orthopaedic Association*, vol. 52, no. 3, pp. 232-239, 2017.
- [7] T. Pastor, F.J. Beeres, P. Kastner, D. Gehweiler, F. Migliorini, S. Nebelung, M.F. Scaglioni, F. Souleiman, B. Link, R. Babst, B. Gueorguiev, M. Knoke, "Anatomical Analysis of Different Helical Plate Designs for Distal Femoral Fracture Fixation", *International Journal of the Care of the Injured*, vol. 53, no. 7, pp. 2636-2641, 2022.