

MR 영상에서 중간형상정보 생성을 통한 활성형상모델 기반 반월상 연골 자동 분할

김민정^o 유지현 홍헬렌

서울여자대학교 미디어학부

mjkim87@swu.ac.kr, jhyu@swu.ac.kr, hlhong@swu.ac.kr

Automatic Segmentation of the meniscus based on Active Shape Model in MR Images through Interpolated Shape Information

Minjung Kim^o Jihyun Yoo Helen Hong

Division of Multimedia Engineering, Seoul Women's University

반월상 연골은 슬관절 기능 유지를 위하여 중요한 역할을 하는 연골로 반월상 연골 이식과 같은 수술 계획 수립 및 성공적인 수술을 위해 3차원 반월상 연골을 분할하고 정량 측정하는 것이 필요하다. MR 영상에서 반월상 연골 분할에 대한 기존 연구는 다음과 같다. Cemal Kose 등[1]은 반월상 연골 파열에 대한 진단을 위해 히스토그램과 통계 정보를 이용하여 반월상 연골의 위치를 판별하고, 삼각형 모양의 반월상 연골 전각/후각 형태 정보를 이용한 템플릿 매칭 기법으로 반월상 연골을 분할하였다. M. S. Swanson 등[2]은 반월상 연골 변화에 대한 골관절염(OA: Osteoarthritis)과의 연관성 분석을 위해 밝기값 정보를 기반으로 반월상 연골 후보군을 검출하고, 조건적 형태학 팽창 연산 및 밝기값 기반의 후처리 작업을 이용하여 반월상 연골을 분할하였다. Ioannis Boniatis 등[3]은 텍스처 분석 기법 기반으로 정상과 변형된 반월상 연골의 자동 판별을 위해 밝기값 기반의 영역 성장법을 수행하여 반월상 연골 후각 영역 분할을 수행하였다. Jurgen Fripp 등[4]은 반월상 연골의 정량적 측정을 위해 반월상 연골 주변 골조직과 연골을 추출하여 반월상 연골의 위치를 판별하고, 통계모델을 이용하여 반월상 연골을 적합시킨 후 밝기값 기반으로 분할을 보정하였다. T. Sasaki 등[5]과 Y. Hata 등[6]은 T1 강조 영상과 T2 강조 영상의 밝기값 정보를 기반으로 반월상 연골 후보군을 검출하고, 밝기값 및 위치 정보를 이용한 퍼지 분류 기법으로 반월상 연골 반자동 분할 기법을 제안하였다. 기존 제안기법의 경우, 다양한 형태의 템플릿 정보 및 T1/T2 강조 영상과 같은 추가적인 정보가 필요하거나 퍼지 분류 기법 사용 시 사용자의 상호작용이 필요하며, 복잡한 알고리즘으로 수행 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 추가적인 정보 및 사용자의 상호작용 없이 활성형상모델 기반의 반월상 연골 자동 분할 방법을 제안한다. 이 때, 변형이 큰 반월상 연골 데이터의 중간형상정보를 생성하여 통계형상모델의 다양한 변형을 생성함으로써 변형이 큰 영역에 대해서도 견고하게 분할할 수 있는 기법을 제안한다.

본 제안 방법은 다음과 같이 세 단계로 구성된다. 첫째, 반자동 분할한 반월상 연골의 패치 분할 및 훈련 집합 형상들 간의 대응 형상을 생성하고 3차원 형상 정점에 대한 평균 밝기값 분포를 산정하여 주성분 분석을 이용하여 활성형상모델 적합을 통한 자동 분할을 수행 시 분할하고자 하는 데이터의 변형을 반영할 수 있는 통계형상모델의 생성한다. 둘째, 훈련 집합 형상 수에 따라 가중치를 산정하고 형상 유사도를 기준으로 중간 형상에 가중치를 부여하여 활성형상모델 기반의 반월상 연골 적합 수행 시 큰 변형에 대한 데이터를 견고하게 최적의 위치로 수렴시키기 위한 중간형상의 정보 생성한다. 셋째, 훈련 집합 형상의 평균 밝기값 분포와 분할 대상 데이터의 밝기값을 산출하여 활성형상모델의 변형을 예측하고 이전 단계에서 생성된 통계형상모델로부터 활성형상모델 기반의 형상 적합을 통해 반월상 연골 자동 분할을 수행한다.

제안 방법을 이용한 자동 분할 결과의 정확성을 평가하기 위하여 육안평가 및 반자동으로 분할한 결과와 제안 방법을 이용한 자동 분할 결과에 대해 3차원 형상 표면간 평균거리차이를 측정한다. 제안

방법의 실험결과 반자동 분할과 제안방법을 적용한 분할 결과 간의 평균거리차이는 내측 평균거리차이 $0.63 \pm 0.16\text{mm}$, 외측 평균거리차이 $0.76 \pm 0.40\text{mm}$ 의 정확성을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] Cemal Kose, Okyay Gencalioglu, Ugur Sevik, "An automatic diagnosis method for the knee meniscus tears in MR images", *ExpertSystemswithApplications*, vol.36, issue2, pp.1208–1216, 2009.
- [2] M. S. Swanson, J. W. Prescott, T. M. Best, K. Powell, R. D. Jackson, F. Haq and M. N. Gurcan, "Semi-automated segmentation to assess the lateral meniscus in normal and osteoarthritic knees", *OsteoarthritisResearchSocietyInternational*, vol.18, no.3, pp.344–353, 2009.
- [3] Ioannis Boniatis, George Panayiotakis, Elias Panagiotopoulos, "A Computer-Based System for the Discrimination Between Normal and Degenerated Menisci From Magnetic Resonance Images", *IEEEInternationalWorkshoponImaging,ImagingSystemsandTechniques*, pp.335–339, 2008.
- [4] Jurgen Fripp, Pierrick Bourgeat, Craig Engstrom, S'ebastien Ourselin, Stuart Crozier, Olivier Salvado, "AUTOMATED SEGMENTATION OF THE MENISCI FROM MR IMAGES", *IEEEinternationalconferenceonSymposiumonBiomedicalImaging*, pp.510–513, 2009.
- [5] T. Sasaki, Y. Hata, Y. Ando, M. Ishikawa, and H. Ishikawa, "Fuzzy rule-based approach to segment the menisci regions from MR images", *SPIEMedicalImaging*, vol.3661, pp.258–265, 1999.
- [6] Y. Hata, S. Kobashi, Y. Tokimoto, M. Ishikawa, and H. Ishikawa, "Computer Aided Diagnosis System of Meniscal Tears with T1 and T2 Weighted MR Images Based on Fuzzy Inference", *ComputationalIntelligence.TheoryandApplications*, vol.2206ofLNCS, pp.55–58, 2001.
- [7] Helen Hong, Joo Hwi Lee, Hyun Hee Jo, Ji Hyun Yoo, "Automatic Generation of the Mandible Bones using Statistical Shape Model in CT Dataset", *ProceedingofCARS*, vol.2, pp.522–526, 2007.
- [8] M. B. Stegmann, D. D. Gomez, "A Brief Introduction to Statistical Shape Analysis," *ImageAnalysisandComputerGraphics*, 2002.
- [9] Ji Hyun Yoo, Helen Hong, "Building a Robust 3D Statistical Shape Model of the Mandible," *Journal of KIISE : Software and Applications*, vol.35, no.2, pp.118–127, 2008. (in korea)