

좌심방이 폐색 시뮬레이션을 위한 CT영상 기반 Geometry 추출

전병환[§], Dongjie Jia[†], 박형복[§], Lucy Zhang[†], 장혁재^{*}

Left Atrium Extraction from Computed Tomography Angiography for Simulation of Left Atrial Appendage Occlusion

Byunghwan Jeon^{*}, Dongjie Jia[†], Hyungbok Park^{*}, Lucy Zhang[†], Hyuk-Jae Chang^{*}

Abstract : 본 논문은 좌심방이 폐색시술 역학 시뮬레이션을 위하여 CT영상으로부터 좌심방 및 좌심방이를 추출해내고, 자동으로 랜드마크를 추출하여 시뮬레이션 셋업을 위한 자동화를 목표로 한다. 이를 위한 시스템은 좌심방의 랜드마크를 자동으로 찾아내는 과정, 랜드마크의 위치들을 기반으로 좌심방 자동 분할과정, 유출입구 부위의 자동 절삭과정을 다루고 있다. 본 연구는 유한요소해석을 위한 자동 셋팅이 가능하도록 하는 방법으로 새로운 시각의 연구주제가 될 수 있다.

1. 서 론

심혈관 질환은 세계적으로 사망원인이 가장 높은 질환이다[1]. 좌심방이는 심장내에서 가장 혈전이 잘 생기는 부위 중 하나이며 혈전은 혈류를 막아 여러 합병증을 발생시킬 수 있다. 좌심방이는 구조적인 문제로 인하여 혈전 발생을 야기할 수 있으며 크게 4 가지로 나누어질 수 있는 좌심방이의 형태 중 혈전발생빈도가 높은 형태가 정해져있다.

너출증을 예방하는 방법으로 좌심방이를 물리적으로 폐쇄하는 방법이 있는데 디바이스를 이용하여 좌심방이의 입구부위를 완벽히 막는 방법이며, 이를 좌심방이폐색시술이라고 한다.

좌심방이폐색시술을 수행하기 전에 환자의 좌심방이 형태를 파악할 수 있는 방법으로 CT영상을 활용할 수 있다. 현재는 좌심방이의 형태를 임상이가 정성적으로 확인하고 시술진행여부를 확인하는 방법을 취하고 있으나, 이는 정량화된 시스템으로 시술진행여부를 결정하는 방법이 아니기 때문에 전문의의 주관적 결정에 달려있다.

좌심방이가 폐쇄되었을 때 혈류의 흐름이 정상적으로

돌아올 수 있는지에 대한 역학시뮬레이션은 이러한 정성적 과정들을 더욱 가시적이며 정량적인 수치로 제공할 수 있다. 학계에 보고된 바로는 이상화모델을 이용하여 좌심방이폐색을 위한 역학시뮬레이션을 수행한 사례만이 존재한다[2]. 또는 구조적 분석을 통하여 임상적 결과를 얻어낸 사례가 존재한다[3].

본 연구는 좌심방이폐쇄 시뮬레이션을 위하여 CT영상으로부터 환자맞춤의 좌심방 및 좌심방이를 추출해내고, 시뮬레이션 준비를 위해 유출입구의 자동절삭과정을 포함하고 있다.

시뮬레이션 준비를 위한 일련의 과정들을 포함하는 시스템은 역학분석을 신속하게 하는 데 도움을 주고, 향후 전체자동화 시뮬레이션을 수행하는데 첫 걸음이 될 것이다.

2. 본 론

2.1. 좌심방 랜드마크 지역화

*연세대학교 의과대학, †美 RPI 린첼러폴리텍,

§미래융합연구원(ICONS), 연세대학교

Table 3: Quantitative Results for Five Locations

Method	LSPV	LIPV	LAA	RIPV	RSPV	average
Proposed (Public [?])	100%	100%	93%	100%	96%	98%
Proposed (Selected)	100%	94%	88%	100%	92%	95%
Vitrea (Public)	94%	97%	- %	97%	81%	92%
Vitrea (Selected)	93%	89%	- %	96%	82%	90%
Hoffmann et al. [18], 2016	-	-	-	-	-	86%

Table. 2 각 랜드마크 검출의 정량적 결과

검출된 랜드마크들을 기반으로 자동 분할결과로 Fig 3는 역학계산이 가능한 메쉬격자 형태로 변환된 결과이다. 좌심방이 부분을 최대한 심방의 표면에 근사시켜 잘라내어 이를 폐색 후로 간주하였다.

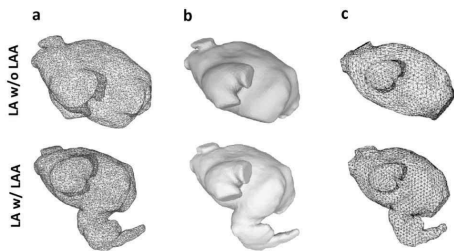


Figure. 3 좌심방 영역화 결과

Fig 4는 시뮬레이션 결과를 가시화 한 모습이며, 폐색을 가정하고 시뮬레이션한 결과 스트림라인의 굵은 정도가 폐색 전보다 부드러워졌음을 확인하였다.

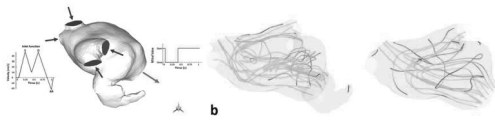


Figure. 4 시뮬레이션 셋업 및 결과

3. 결론

좌심방이 시뮬레이션을 위한 일련의 절차는 아직 학계에 보고되지 않았다. 환자맞춤의 역학시뮬레이션을 위해서 반드시 필요한 것은 영상을 기반으로 환자맞춤의 구조물을 얻는 과정이 필요하다. 구조물을 얻고, 시뮬레이션을 하는 방법은 좌심방을 위한 것이 아닌 다른 부위를 시뮬레이션하는 시스템으로 존재해왔으나 자동화라는 관점에서는 학계에서 심층적으로 다루어지지 않았다. 최근 GPU의 발전으로 시뮬레이션을 수행하는 시간이 분단위로 줄어들고 있는 가운데 영상기

반의 구조물추출과 시뮬레이션계산에 이르기까지의 과정이 자동화될 수 있다면 의료현장에서도 즉시 계산하여 의미있는 정보를 제공될 수 있다. 본 연구는 궁극적으로 환자맞춤 역학시뮬레이션을 자동화하고자 심방의 랜드마크를 자동으로 검출하고 이들을 기반으로 분할을 하는 과정을 연구하였다. 다음 연구를 통하여 검출된 랜드마크를 기반으로 자동으로 유출입구의 절삭을 할 수 있는 알고리즘을 개발할 예정이다.

참고 문헌

- [1] Alan D Lopez, Colin D Mathers, Majid Ezzati, Dean TJamison, and Christopher JL Murray, "Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data," The Lancet, vol.367, no. 9524, pp. 1747 - -1757, 2006.
- [2] Zhang, Lucy T., and Mickael Gay. "Characterizing left atrial appendage functions in sinus rhythm and atrial fibrillation using computational models." Journal of biomechanics 41.11 (2008): 2515-2523.
- [3] Chung, Hyemoon, et al. "Predicting peri-device leakage of left atrial appendage device closure using novel three-dimensional geometric CT analysis." Journal of cardiovascular ultrasound 23.4 (2015): 211-218.
- [4] Jeon, Byunghwan, et al. "Maximum a posteriori estimation method for aorta localization and coronary seed identification." Pattern Recognition 68 (2017): 222-232.