

측두골마이크로 CT 데이터를이용한이소골 CAD 모델링 CAD modeling of Ossicles using micro CT data of temporal bone

갈영민* · 안태수* · 백무진** · 이두호*†

Young-Min Gal, Tae-Soo Ahn, Moo-Jin Baek and Dooho Lee

1. 서론

인간의 청각시스템은 소리를 모으는 역할을 하는 외이, 소리 에너지를 기계적 에너지로 전환하는 중이, 기계적 에너지를 전기·생체적 에너지로 전환하는 내이로 나눌 수 있다. 이 중 중이의 경우 음의 증폭과 변환에 관여하고, 일정수준 이상의 음에 대해서 고막을 보호하며 운동 에너지를 전달하는 중요한 기능을 담당하고 있다. 이 연구에서는 음에 대해 고막 보호와 운동 에너지를 전달이라는 중요한 역할을 하는 중이를 구성하는 이소골(ossicles)에 대하여 실제 사람의 측두골을 이용하여 Micro CT 촬영한 후 CAD 모델링을 수행 하였다.

2. 중이의 구성 및 측두골 형상

중이는 고막과 달팽이관 사이에 공기가 차있는 공간으로 크게 외이와 중이의 경계에 위치한 고막과 고막의 뒤에 차례로 붙어있는 세 이소골 - 추골(malleus), 침골(incus), 등골(stapes)로 구성된다. 중이 및 내이를 외부로부터 보호하는 역할을 하는 고막은 안쪽에 청소골의 일부인 망치골의 망치뼈 자루가 붙어 있어 진동수를 조절하는 역할을 함과 동시에 외이도를 통해 전달된 음파를 진동시키는 진동판 역할을 함께 수행한다. 그리고 고막의 뒤에 차례로 붙어있는 세 이소골 - 추골, 침골, 등골은 고막에서 전달되어 온 진동을 내이로 전달하는데 이때, 세 이소골의 길이차에 의한 지렛대 효과, 고막과 고리뼈족판(footplate)의 면적비 등에 의해 소리를 증폭시킨다. Fig.1 은 외이도 등을 포함하는 외이, 고막과 세 이소골 등을 포함하는 중이, 달팽이관 등을 포함하는 내이로 이루어진 귀의 기본적인 구성을 보여준다.

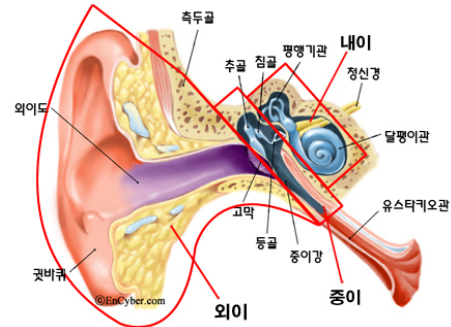


Fig.1 Basic configuration of ear (outer, middle and inner ear)



Fig.2 Temporal bone of a Korean male

3. 이소골의 CAD 모델링

3.1 측두골의 형상

이소골의 CAD 모델링을 위하여 중이를 포함하는 실제 사람의 측두골(temporal bone)을 마이크로 CT 촬영에 사용하였다. 측두골은 모든 조직을 제거하고 뼈만 남아있는 상태였다. Fig.2 에 보이는 측두골은 20 대 성인의 오른쪽의 것으로 가로길이는 약 8cm 이고 세로길이는 약 9cm 그리고 높이는 약 6.5cm 이다.

3.2 Micro CT 원리 및 영상 처리 기법

마이크로 CT 는 X 선 촬영 기법과 컴퓨터 공학을 결합하여 대상 물체 내부의 3 차원 입체구조를 가시화하는 기법이다. Fig.3 과 같이 광원(X-ray source) 으로부터 방사된 X 선이 물체를 투과하면서 강도 저하가 발생하고, 탐지기(detector)에서 X 선의 강도감쇠 정도를 측정하여 2 차원 단면 영상들을 재구성

† 교신저자; 동의대학교 대학원 기계공학과
E-mail : dooho@deu.ac.kr
Tel : (051) 890-1658, Fax : (051) 890-2232
* 동의대학교 기계공학과
** 인제대학교해운대백병원 이비인후과

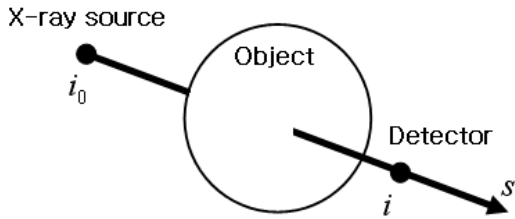


Fig.3 Basic principle of Micro CT

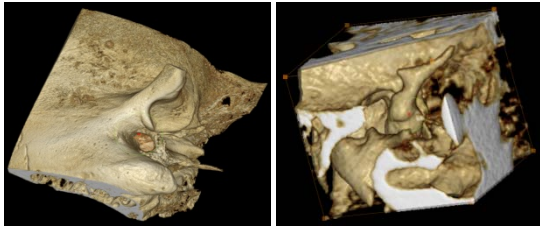


Fig.4 Reconstructed temporal bone

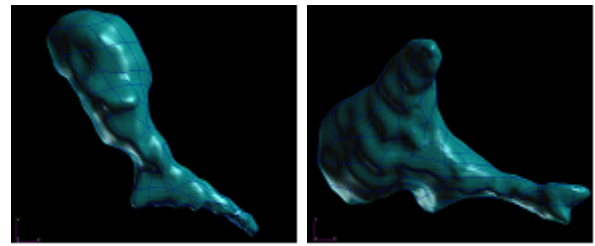
해낸다. 이렇게 획득된 단면 영상은 육면체의 부피 속성을 지니는 기본 단위인 복셀(voxel)들로 구성되며 각각의 복셀에는 CT 수 라는 물과 공기의 밀도와 비교하여 계산된 상대밀도 값이 할당된다. 이러한 두께정보를 가지고 있는 단면 영상들을 조합하여 3 차원 입체 영상을 생성한다. CT 영상의 처리는 창폭(window width)과 창수준(window level)의 두 가지 수치를 조절함으로써 가시화할 CT 수의 범위를 설정하고 단면 혹은 입체영상 내에서 관심 대상의 특성을 부각시킬 수 있다.

3.3 마이크로 CT 를 이용한 측두골 촬영 및 후 처리

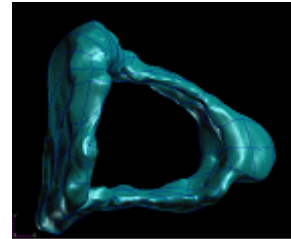
3.1 절의 20 대 성인의 오른쪽 측두골을 X-eye MCT 160CT 라고 하는 마이크로 CT 장비를 사용하여 촬영하였다. X-ray Source 는 Micro-focus Directional Open Tube 160kV/1mA 이고, X-ray 감응기는 9" Image intensifier 이다. 이때 복셀메트릭스(voxel matrix)는 512^3 이고 복셀 폭과 높이의 해상도는 약 0.12mm 이다. Fig.4 는 마이크로 CT 촬영 결과를 삼차원으로 재구성한 그림이다. Fig.4 에서 이소골들을 확인할 수 있다.

3.4 이소골 CAD 모델링

마이크로 CT 촬영을 통하여 얻어진 측두골 데이터를 후처리 프로그램인 3D-Doctor 를 이용하여 CAD 모델링을 수행하였고 후처리에 의해서 정리된 세이소골을 3D CAD 프로그램을 이용하여 정리하고 형상화하였다. 이소골들에 대한 최종적인 삼차원 CAD 모델을 Fig.5 에 나타내었다. (a), (b)와 (c)는 차례대로 추골, 침골, 등골이다.



(a) Malleus (b) Incus



(c) Stapes

Fig.5 3D CAD models of ossicles

4. 결론

실제사람측두골에 대한 마이크로 CT 촬영을 통하여 중이 에 위치 한 세이소골을 CAD 모델링 하였다. 향후 외이도를 통해 전달된 음파를 진동시켜 내이로 전달하는 중요한 역할을 수행하는 중이의 세 이소골을 유한요소 모델링 및 해석하여 각각의 전달 함수를 구하고 검증할 것이다.

후 기

이 논문은 2007 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R01-2007-000-10986-0).

참 고 문 헌

- (1) Kang, H. Y., Kim, B. C., Lee, D. H., Lim, J. J. and Jun, B. H., 2000, "Modeling and Analysis of Eardrum using FEM", Korea Society of Machine Tool Engineers, pp.495~499
- (2) Hyun, C. W. and Park, H. D., 2005, "A study on inner flow fields characteristics of engineering geology."
- (3) Sato, A., Fukahori, D., Sugawara, K., 2003, Crack opening analysis by the X-Ray CT image subtraction method, Proceedings of Internal Workshop on X-ray CT for Geomaterials, 223-228.