



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



**저작자표시.** 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



**비영리.** 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



**변경금지.** 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

## Micro CT를 이용한 사람 이소골의 3차원적 구조에 대한 연구

**목적 :** 전음성 난청을 개선하기 위하여 이소골재건술을 시행하는데, 결손 부위를 재건할 때는 잔존해 있는 종이내 구조물에 대한 해부학적 길이 및 각도에 대한 이해가 필수적이며, 사용되어지는 대체물 재료에 대해서는 현재 완전한 인공 이소골의 개발을 위한 연구가 계속되어지고 있다. 저자들은 최근 개발된 Micro CT를 이용, 3D reconstruction을 시행하여 정확한 이소골의 미세구조의 영상 및 계측을 구하고, 각 이소골의 내부 구조 및 각 이소골의 강도, 그리고 이소골간의 역동학을 분석하여 이소골의 생역학적 연구기반을 구축하고 인공 이소골 개발의 기초자료로 활용하고자 본 연구를 시행하였다.

**재료 및 방법 :** 모두 정상 이소골인 3례의 사체를 대상으로 시행하였으며, 이소골을 Micro CT (skyscan-1072, Belgium)을 이용하여 각각 이소골의 3차원 구조를 재구성하였다. 이소골 내부의 골밀도를 측정하기 위하여 volume fraction으로 대변되는 강도를 구하고 이를 도식화하였다.

**결과 :** 이소골의 3차원적 구조를 재구성하여 영상으로 구할 수 있는데, 외부표면의 미세한 구조 뿐 아니라 원하는 부위의 내부 구조까지도 지정하여 분석할 수 있었다. 이소골의 각 부위별 길이중 임피던스 변압기(impedance transformer)의 역할에 관여하는 추골병(4.413 mm)과 침골의 장각(3.559 mm)의 비율은 1.24:1였다. 이소골 일정부위의 강도를 대변하는 Volume Fraction을 보여주는 모식도에서는 추골인 경우 경부부위, 침골인 경우 장각과 단각이 만나는 부위, 등골에서

는 측면에서 Volume Fraction이 높게 나왔다.

**결론** : 본 연구에서 구해진 Micro CT를 이용한 사람 이소골의 미세구조 및 생역학은, 이 분야에 대한 기반을 구축하고 이소골성형술시에 중요한 정보를 제공하며 인간에게 더욱 적합한 인공 이소골 개발에 도움이 될 것으로 사료된다.

---

핵심되는 말 : 이소골, 미세단층촬영, 3차원 영상

## 차례

국문요약 -----	1
차례 -----	3
그림 차례 -----	4
표 차례 -----	5
I. 서론 -----	6
II. 재료 및 방법 -----	8
III. 결과 -----	9
IV. 고찰 -----	11
V. 결론 -----	14
참고문헌 -----	15
영문요약 -----	25

## 그림 차례

Fig. 1. Scale of ossicular measurement -----	17
Fig. 2. Volume fraction of small pieces was analysed by Ant <sup>100x</sup> ----	17
Fig. 3. Two dimensional tomogram of each ossicles -----	18
Fig. 4. 3-dimensional malleus reconstruction, outer surface -----	18
Fig. 5. Malleus internal structure -----	19
Fig. 6. 3-dimensional incus reconstruction, outer surface -----	19
Fig. 7. Incus internal structure -----	20
Fig. 8. 3-dimensional stapes reconstruction, outer surface -----	20
Fig. 9. Stapes internal structure -----	21
Fig. 10. 3D-relationship of ossicles -----	21
Fig. 11. The picture of internal microarchitecture -----	22
Fig. 12. Volume fraction of malleus -----	22
Fig. 13. Volume fraction of incus -----	23
Fig. 14. Volume fraction of stapes -----	23

## 표 차례

Table 1, Results of ossicular measurements -----	24
Table 2 Higher and lower portion of volume fraction in ossicles -----	24

## I. 서론

종이의 이소골은 추골, 침골 및 등골로 구성되어 있으며, 추골의 추골병 부분은 고막의 긴장부에 부착되어 고막에 전달된 소리 에너지를 받아 침골의 장각 사이와 지렛대의 원리로 소리를 증폭시켜 등골의 족판 즉 난원창으로 전달하는 임피던스 변압기(impedance transformer)의 역할을 한다.

전음성 난청, 특히 종이 내 이소골과 그 주변 구조의 변형이나 손상으로 인한 난청을 개선하기 위하여 이소골재건술이 현재 널리 시행되어지고 있으며, 청력 개선의 좋은 효과를 얻기 위해서는 병변의 정확한 진단, 종이 및 이소골의 정상적인 해부학적 구조에 대한 이해, 결손 부위에 대한 적절한 대체물의 사용, 수술자의 숙기 등이 중요한 역할을 하게 된다.<sup>1</sup> 이종 대체물 재료에 대해서는 완전한 인공 이소골의 개발을 위한 연구가 계속되고 있는 상태이며, 결손 부위를 재건할 때는 잔존해 있는 종이나 구조물에 대한 해부학적 길이 및 각도에 대한 이해가 필수적이다.<sup>2</sup> 하지만 일반적으로 이비인후과 영역에서 이소골자체의 특성과 각 이소골들의 연관성에 대해서는 많이 알려져 있지 않다. 이소골의 외형적 형태는 잘 알려져 있지만 뼈 자체의 내부구조와 물리학적 특성, 그리고 각각의 이소골간의 관절의 역동학에 대해서는 아직 많은 연구가 필요하다. 현재까지의 연구는 세포학적 연구를 위한 2차원적인 조직 병리 슬라이드와 외형적 형태로만 진행되어 3차원적인 구조에 의한 기계적 물성을 나타내는 생역학적인 평가에 어려움이 있다.

이러한 연구에 있어서 고해상도의 3차원적 영상을 얻는 것은 중요하다. 저자들은 최근 개발된 Micro CT를 이용, 3D reconstruction을 시행하여 정확한 이소골의 미세구조의 영상 및 계측을 구하고, 각 이소골의 내부 구조 및 각 이소골의 강도, 그리고 이소골간의 역동학을 분석하여 이소골의 생역학적 연구기반을 구축

하고 인공 이소골 개발의 기초자료로 활용하고자 본 연구를 시행하였다.



## II. 재료 및 방법

본 연구는 모두 정상 이소골인 3례의 사체를 대상으로 시행하였으며, 얻어진 시편은 70% 소독용 알코올 용액에 담가 보관하였다. 이소골을 Micro CT (skyscan-1072, Belgium)을 이용하여 이소골의 장축에 직각이 되는 2차원 횡단면 영상을 촬영하여(픽셀크기:21.3 $\mu$ m $\times$ 21.3 $\mu$ m) 구조분석을 시행하고, 이렇게 이소골 시편으로부터 480~942장의 횡단면 영상을 약 2시간에 걸쳐 획득하였다. 이러한 2차원 영상을 토대로 각각 이소골의 3차원 구조를(복셀크기:21.3 $\mu$ m $\times$ 21.3 $\mu$ m $\times$ 21.3 $\mu$ m) 재구성하였다. 재구성한 자료는 2차원 및 3차원의 구조지수가 자동 계산되는 CT-Analyzer<sup>TM</sup> 과 Ant<sup>TM</sup>(SkyScan, Belgium)라는 분석 프로그램을 이용하여 분석을 시행하였으며,<sup>3</sup> 이를 바탕으로 각각 이소골의 길이, 각도를 측정하였다. 측정에 필요한 이소골에서의 각각 부위의 척도는 각 이소골 부위의 서로 만나는 부위중 가장 급격한 각도를 이루는 곳을 기준으로 하였고, 길이는 장축에서 가장 긴 부위를 측정하였다(Fig. 1).<sup>2</sup> 이소골 내부의 골밀도를 측정하기 위하여 추골은 47개, 침골은 73개, 등골은 10개의 구획으로 나눈뒤, 각 구획의 전체 용적중 골 용적의 비율을 계산하여 체적비율(volume fraction)로 대변되는 강도를 구하고 이를 도식화하였다(Fig. 2).

### III. 결과

Micro CT를 이용하여 구한 각각 이소골의 2차원 tomogram 영상을 보여주고 있다(Fig. 3). 이 tomogram을 가지고 이소골의 3차원적 구조를 재구성하여 영상으로 구할 수 있는데, 외부표면의 미세한 구조 뿐 아니라 원하는 부위의 내부 구조까지도 지정하여 분석할 수 있었다.

추골을 형성하는 두부, 경부, 병, 전돌기, 단돌기의 형태를 정확하게 알 수 있으며(Fig. 4), 추골 내부에서는 추골에 필요한 혈관, 신경, 그리고 결합조직을 함유하고 있을 것으로 생각되어지는 빈 공간을 관찰할 수 있었다(Fig 5). 침골은 이소골중에서 가장 큰 면적을 차지하고 있고, 추골과 마찬가지로 체부, 장각, 단각, 두상돌기를 형태를 정확하게 알 수 있으며, 특히 추골과의 관절면의 형태에 대한 세밀한 이미지를 제공하고 있다(Fig 6). 내부 구조를 보면 추골과 마찬가지로 빈 공간이 주로 체부 부위에서 관찰되고 있음을 알 수 있다(Fig. 7). 등골은 시편 채취시에 족판의 일부가 파손된 것을 보여주고 있으며, 특히 등골근이 부착되는 등골 경부의 후면이 응기되어 있는 모습을 확인할 수 있다(Fig 8). 등골의 두부와 전후각의 내부구조에서도 침골, 추골에서 보여진 빈공간을 확인할 수 있었다(Fig 9). 각각의 이소골을 3차원적 공간내에서 조합을 하여 이를 통해 각각의 이소골간의 관계를 확인할 수 있고, 여러 방향에서의 형상을 구할 수 있었다(Fig. 10). 또한 빈공간으로 대변되는 이소골 내부 골소주의 형상만을 선별하여 표현하였다(Fig. 11).

3레만을 이용한 결과이기에 통계학적인 의미를 부여할 순 없지만, 이소골을 계측했을시의 각 부위의 값은 Table 1과 같다. 추골의 두부, 경부, 병의 평균 길이는 3.149 mm, 0.756 mm, 4.413 mm이며, 두부와 병은 평균 141.4°의 각도로 꺾여 있어 전체 추골의 길이는 위의 세 부위의 길이의 합보다 짧은 7.630mm였다. 침

골체부의 위아래 평균 길이는 3.135mm, 수평 길이는 평균 2.736mm이며, 침골장각의 평균 길이는 3.559mm, 단각의 평균 길이는 2.637mm, 두상돌기의 평균 길이는 0.377mm였다. 장각과 단각은 평균 83.8°의 각도로 꺾여 있었다. 이소골의 각 부위별 길이중 임피던스 변압기(impedance transformer)의 역할에 관여하는 추골병(4.413 mm)과 침골의 장각(3.559 mm)의 비율은 1.241였다. 등골의 두부의 평균 길이는 1.210mm였으며, 전후각의 높이는 평균 1.710mm였다. 족판의 장축은 평균 2.747mm이며, 단축은 평균 1.253mm였다.

이소골 일정부위의 강도를 대변하는 체적비율을 보여주는 모식도에서는, 추골인 경우(Fig. 12) 경부부위, 침골인 경우(Fig. 13) 장각과 단각이 만나는 부위, 등골에서는(Fig. 14) 족판에서 체적비율이 높게 나왔다. 모식도의 좌측에 있는 체적비율의 기준표는 개념적으로 부위에 따른 이소골의 골밀도 정도를 파악하는데 도움이 되며, 기준표는 각각 부위의 상대적인 정도차이를 비교하기 위한 것이 아니라 실질적인 절대값에 기준을 두고 표시하였다. 모식도에서 보여주듯이 체적비율이 낮게 나온 부위는 추골의 병, 침골의 장각, 등골의 두부 부위였다(Table 2).

#### IV. 고찰

이소골의 내부구조에 대한 연구와 물리적인 특성은 현재 이비인후과적인 영역에서는 초기 단계이며, 특히 3차원적인 구조에 대한 연구는 시행되지 않은 실정이다. 김등<sup>2</sup>과 Gibb등,<sup>4</sup> 그리고 Mills<sup>5</sup>가 중이 수술에 필요한 정확한 이소골 계측을 측정하였으나, 이는 이소골 외부적인 특성을 파악하는데 중점을 두었으며 계측기구를 이용한 육안적인 비교를 통해 계측값을 구하였다. 본 연구에서는 Micro-CT를 이용하여 um단위로 시편을 분석한 뒤 디지털화된 자료를 컴퓨터하에서 계측을 시행하였으며, 이 자료는 저장되어 추후 다른 방향의 연구에도 계속적인 활용이 가능한 장점을 지니게 되었다. 이러한 새로운 방식의 도입은 전자재료공학, 의용공학, 지질학, 건축재료학, 보석감정등 주로 비파괴적 검사를 필요로 하는 분야에서 활발히 진행되고 있으며, 이비인후과 영역에서는 Rowley<sup>6</sup>가 처음으로 Micro CT를 이용하여 이소골의 내부구조에 대한 보고를 하였다.

중이 수술에 있어 청력개선은 궁극적인 목표이다. 수술후 청력개선의 정도는 내적요인인 이관기능, 수술전 병변의 상태, 이소골의 상태등을 들 수 있고, 외적인 요인으로는 수술하는 방법의 선택, 단계수술 여부, 이소골재건술시 사용하는 이식재료, 수술자의 숙기 등에 의해 좌우된다.<sup>1,7-9</sup> 이소골 결손시 청력개선을 위한 이소골성형술은 필수적인 술식이며, 최근 여러 재료로 합성된 인공 이소골을 이용한 방법이 시도되고 있다. 여러 보고에 따르면 현재까지는 hydroxyapatite를 이용한 이소골성형술이 가장 청력개선에 효과가 있음을 알 수 있는데<sup>10</sup>, 보다 인체에 적합하고 소리전달에 효율적인 재료를 이용한 인공 이소골의 개발에 대한 연구는 계속되고 있다. 이를 위해선 정확한 사람 이소골의 특성을 파악하는 것과 개발되어지는 인공 이소골의 내부적인 물리학적 특성을 아는 것이 중요한데, 현재까지의 흔히 사용되는 고식적인 조직형태학적 분석방법으로는 신속 정확한 구

조의 분석에 한계가 있었다. 최근 개발된 Micro-CT는 용적이 적은 시편도 고해상도로 분석할 수 있는 비파괴 검사장비로써, mm 단위의 시편을 um 단위로 2차원 횡단면을 촬영하고, 3차원 재구성을 통해 이소골의 3차원 입체구조를 영상화할 수 있어 손쉽게 구조적인 분석을 가능하게 하였다. 또한 시편에 조작을 가하지 않는 비파괴 촬영 장비이기 때문에 Micro CT를 이용한 분석 후, 시편은 절단하여 병리조직 슬라이드를 만들어 서로 비교를 할 수 있는 장점이 있다. 특히 각각 이소골의 특정 부위의 강도를 측정할 수 있어, 외부충격이나 병변에 약한 부위를 예측할 수 있다.

본 연구를 통해 저자들은 정확한 이소골의 계측을 시행하였으며, 특히 이소골의 부위의 길이 증 임피던스 변압에 중요한 추골의 병과 침골의 장각의 비는 1.24 : 1로 이전의 연구결과와 같은 결과를 보였다<sup>2</sup>. 이로써 이소골이 소리전달에 있어서 지렛대 역할(lever ratio)에 의한 소리의 증폭효과에 기여한다는 것을 알 수 있었다.

Sarrat 등<sup>11</sup>은 52례의 이소골에 Martin's trichromic 염색을 시행하여, 이소골내에서 음압 전도의 양상에 대해 기술한 바 있다. 이소골내의 압력의 하중을 받는 방식은 장골인 대퇴골의 골단과 상당히 비슷하게 이소골의 장축에 평행하게 힘을 지탱한다는 것을 보고하였으며, 본 연구에서도 이러한 개념에 부합되게 결과가 나왔다.

본 연구에서는 추골에서는 추골병, 침골에서는 장각, 등골에서는 두부에서 강도가 약한 것을 알 수 있다. 골중 압축하중을 많이 받는 부위에서 구조적인 측면에서 강하고 조밀한 미세구조를 갖는다는 개념을 생각해보면, 임피던스 변압기의 역할을 하는, 추골과 침골로 형성되는 지렛대의 축 부분인 추골의 두부와 경부, 침골의 체부부분에서 골밀도가 높게 나오고, 난원창으로 증강된 증이 음압을 전달하는 등골의 족판에서 골밀도가 높게 나온 것은 쉽게 예측할 수 있는 결과이

다.

전등<sup>12</sup>은 상고실 진주종에서 내측형 진주종이 외측형 진주종보다 이소골의 파괴 정도가 심하고 내측형 진주종은 주로 침골의 장각, 등골을 침범한다고 하였다. 본 연구에서는 침골의 장각 및 등골의 두부등이 골밀도가 낮게 측정되었는데, 이는 전등의 연구 결과에 비추어본다면 침골의 장각 및 등골은 다른 부위보다 골밀도가 낮아 진주종에 쉽게 파괴된다고 생각할 수 있겠다.

추후 사체에서 이소골을 포함하는 종이강 전체를 연구 대상으로 이용할시에는 이소골과 그 주변 구조물간의 3차원적인 관계를 파악하는데 더욱 중요한 자료로 이용할 수 있으며, 이는 임상적인 연구의 기초자료로 활용가치가 매우 클 것으로 사료된다. 본 연구에서 측정한 이소골의 거리, 각도, 그리고 체적비율은 종이내에서 소리전달의 연구와 인공 이소골 개발에 있어 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

## V. 결론

본 연구에서 구해진 Micro CT를 이용한 사람 이소골의 미세구조 및 생역학은, 이 분야에 대한 기반을 구축하고 이소골성형술시에 중요한 정보를 제공하며 인간에게 더욱 적합한 인공 이소골 개발에 도움이 될 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Albu S, Babighian G and Trabalzini F: Prognostic factors in tympanoplasty. *Am J Otol* 19(2):136-40, 1998
2. Kim HN, Lee HK, Park K, Chung MH, Kim WS and Chung IH: Measurement of korean ossicles. *Korean J Otolaryngol* 41(8):994-8, 1998
3. Odgaard A: Three-dimensional method for quantification of cancellous bone architecture. *Bone* 20:315-28, 1997
4. Gibb AG and Croll TL: Linear measurements in middle ear surgery. *J Laryngol Otol* 100:625-8, 1986
5. Mills RP: Ossicular geometry and the choice of technique for ossiculoplasty. *Clin Otolaryngol* 16:476-9, 1991
6. Rowley HM: 3-D reconstruction of the ossicular chain using micro-CT scanning. *Otolaryngol Head Neck Surg* 125:111-2, 2001
7. Dornhoffer JL and Gardner E: Prognostic factors in ossiculoplasty : a statistical staging system. *Otol Neurotol* 22(3):299-304, 2001
8. Goldenberg RA and Emmet JR: Current use of implant in middle ear surgery. *Otol Neurotol* 22(2):145-52, 2001
9. Kim HN, Lee HK, Chung MH, Lee WS, Cho CH and Kim HO: A clinical study of the ossiculoplasty in the chronic otitis media. *Korean J Otolaryngol* 40(2):234-9, 1997



10. Goldenberg RA: Hydroxylapatite ossicular replacement prosthesis : preliminary results. *Laryngoscope* 100:693-700, 1990
11. Sarrat R, Torres A, Guzman A, Lostale F and Whyte J: Functional structure of human auditory ossicles. *Acta Anat* 144:189-95, 1992
12. Chun YM, Park K, Shin SJ and Kim BH: Clinical appearances on the extension of attic cholesteatoma. *Korean J Otolaryngol* 41(1):32-6, 1998

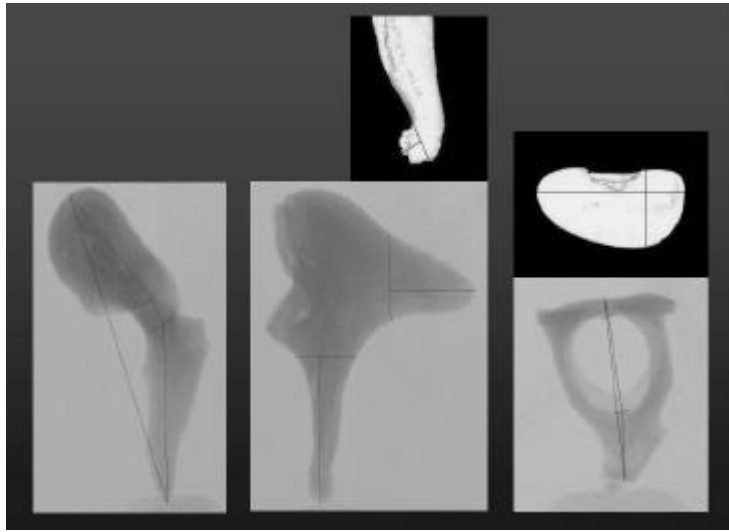


Fig. 1. Scale of ossicular measurement. The standard point of measurement is perpendicular plane of outer surface's maximal angle.

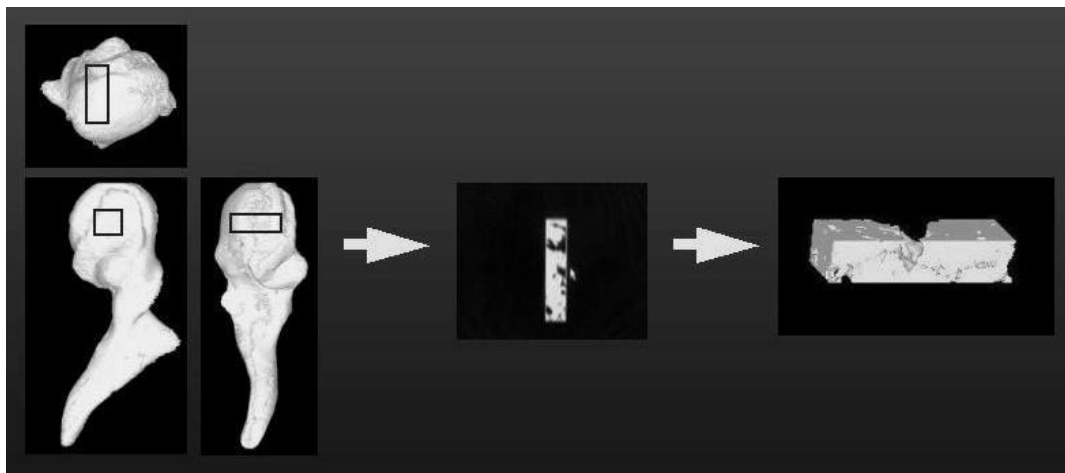


Fig. 2. Volume fraction of small pieces which is analysed by Ant<sup>TM</sup>. In malleus, 47 pieces was divided and analyzed.

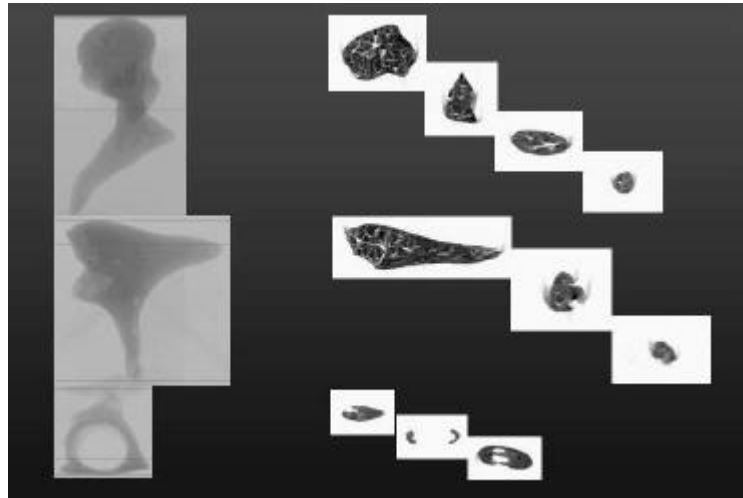


Fig. 3. Two dimensional tomogram of each ossicles. This image is cut to about 8um thickness, 942 sections were performed for incus sample.

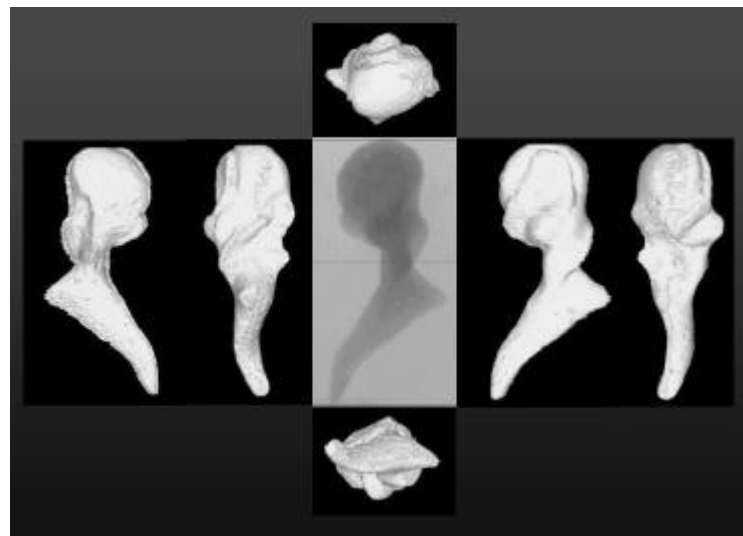


Fig. 4. The outer surface picture of 3-dimensional malleus reconstruction.

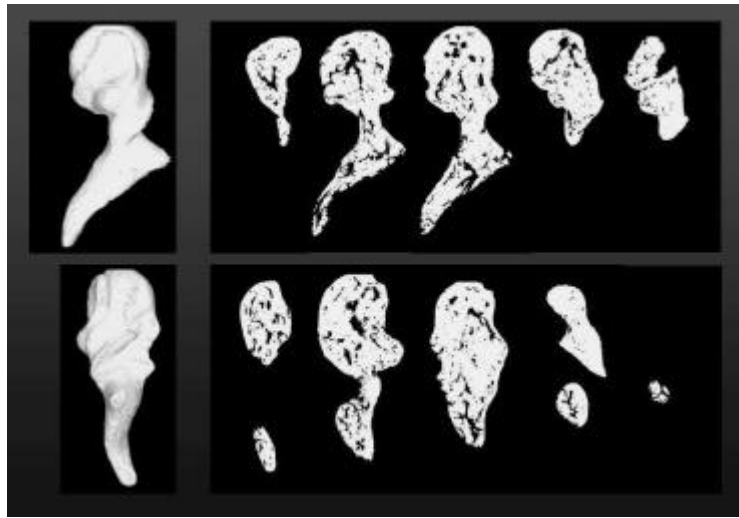


Fig. 5. The picture of malleus internal structure which shows the trabecular pattern.

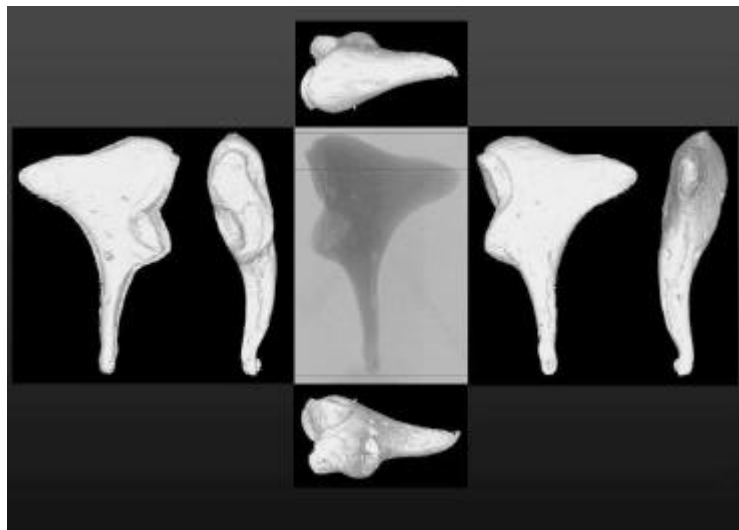


Fig. 6. The outer surface picture of 3-dimensional incus reconstruction.

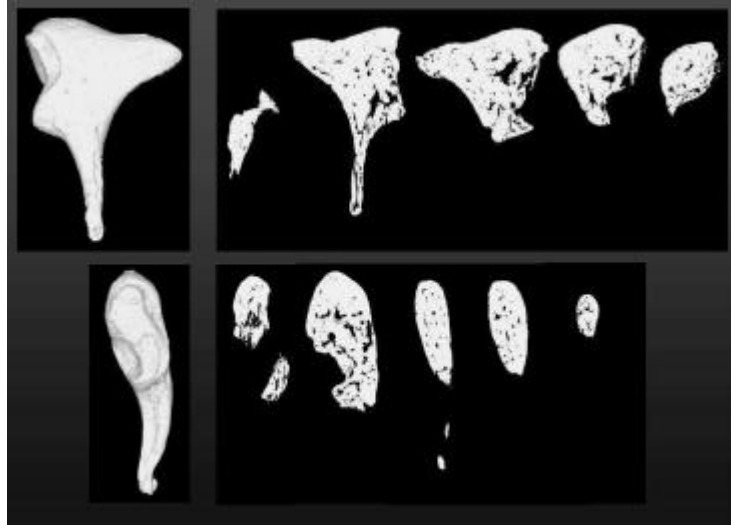


Fig. 7. The picture of incus internal structure which shows the trabecular pattern.

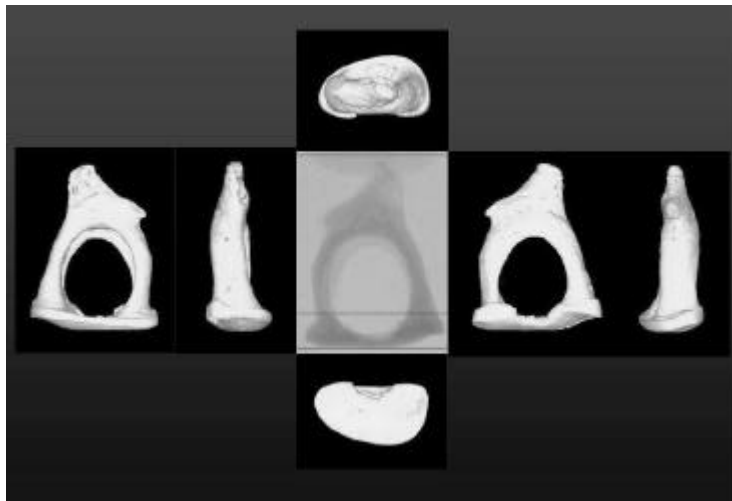


Fig. 8. The picture of 3-dimensional stapes reconstruction, outer surface.

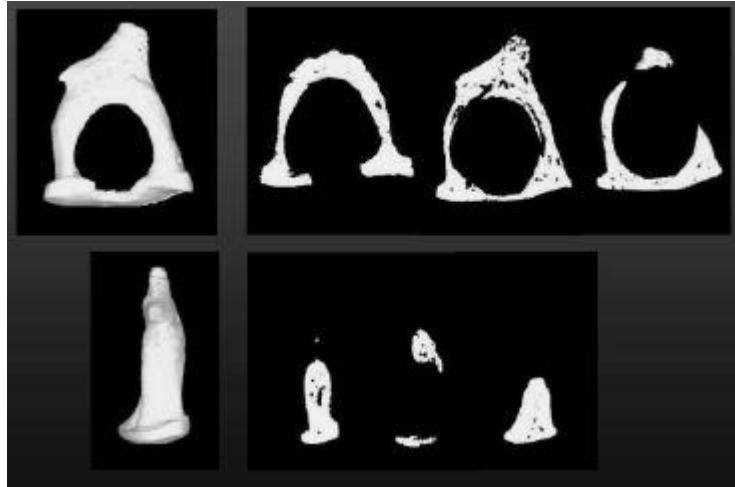


Fig. 9. The picture of stapes internal structure which shows the trabecular pattern.

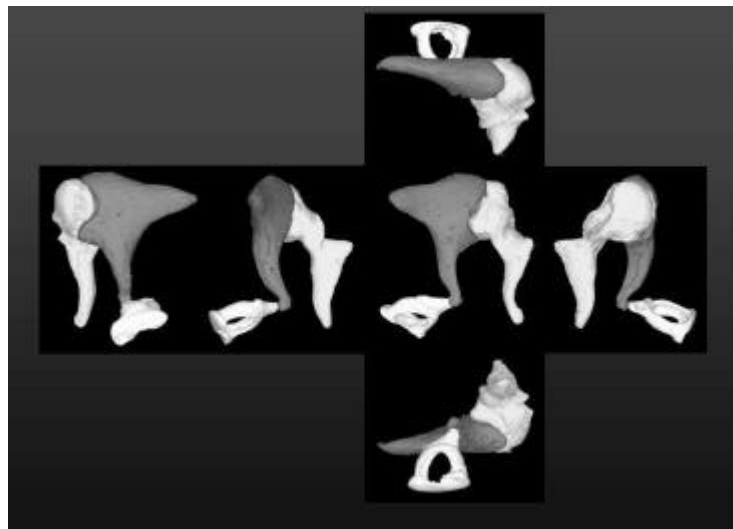


Fig. 10. Image of recombining 3D-relationship among the ossicles.

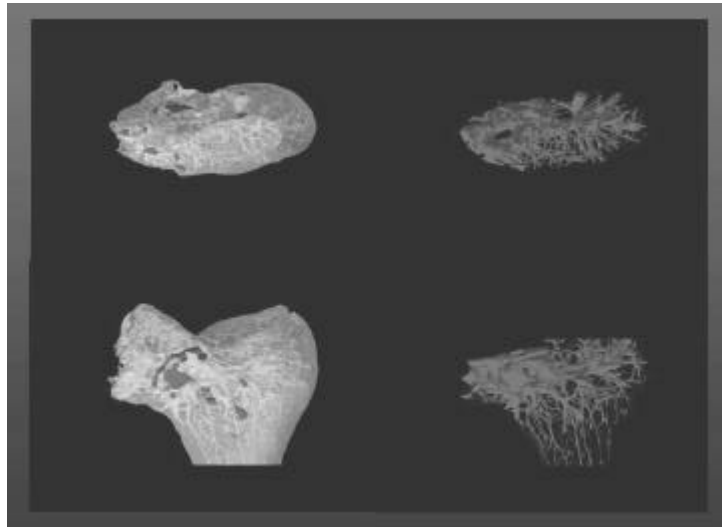


Fig. 11. The picture of internal microarchitecture of the incus body which shows internal trabecular structure for vascular channel.

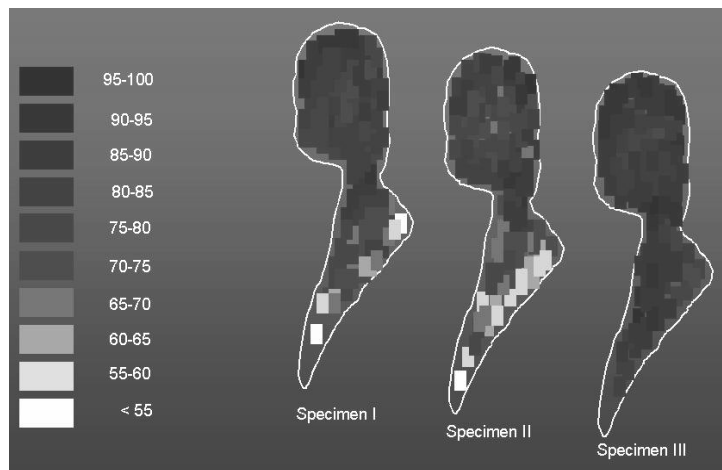


Fig. 12. Volume fraction of malleus. Left side shows reference to scale color. The neck part is higher volume fraction area, and the handle part is lower volume fraction area.

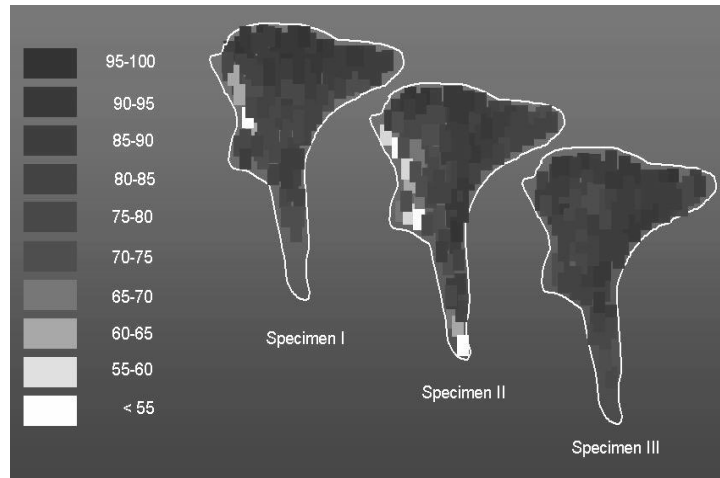


Fig. 13. Volume fraction of incus, Articular portion between malleus and stapes is lower volume fraction area, and the area between the body and the long process is higher volume fraction area.

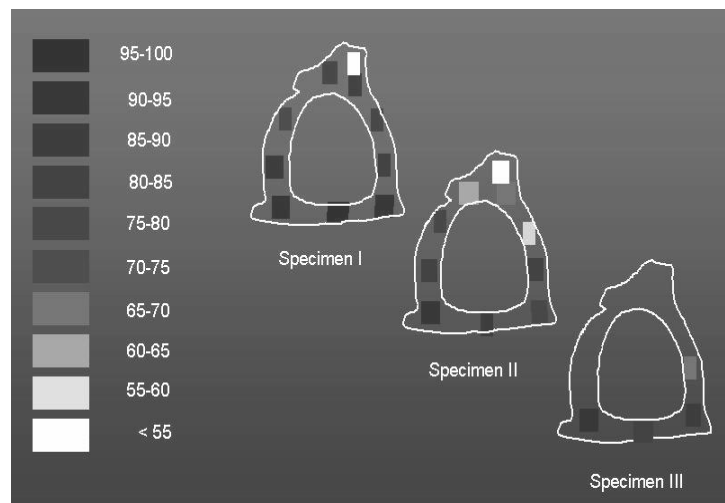


Fig. 14. Volume fraction of stapes, The footplate is higher volume fraction area, and the head part is lower volume fraction area.



**Table 1.** Results of ossicular measurements

	Ossicle	mean length ( mm )	
Malleus	total	7,630	(7,248–8,045)
	head	3,149	(3,005–3,414)
	neck	0,756	(0,671–0,908)
	handle	4,413	(4,302–4,625)
Incus	body–superoinferior length	3,135	(2,707–3,534)
	anteroposterior length	2,736	(2,581–2,834)
	long process	3,559	(3,043–3,707)
	short process	2,637	(2,175–3,273)
	lenticular process	0,377	(0,311–0,390)
	Stapes	head & neck	1,210
height of crus		1,710	(1,655–1,788)
foot plate – long axis		2,747	(2,659–3,358)
short axis		1,253	(1,170–1,459)
Angle between malleus head and handle		141,4° (138,2–146,7°)	
Angle between incus long and short process		83,8° (83,5–84,2°)	

**Table 2.** Higher and lower portion of volume fraction in ossicles.

Strength portion	Higher	Lower
Malleus	neck	handle
Incus	portion between long & short process	long process
Stapes	foot plate	head

-Abstract-

**Study on the three dimensional structure of the human ossicle  
using Micro CT**

**Jun-ho Lee**

**Department of Medical Sciences  
The graduate School, Ajou University**

**(Supervised by Professor Keehyun Park)**

**Purpose:** Conventional studies of the middle ear ossicles give relatively limited information on shape, mechanical strength and 3-dimensional relationship. Recently, Micro CT scanning technology has been applied to analysis of skeletal structure. This study aims to reconstruct the 3-dimensional structure of the ossicles, including the length, thickness, strength, and the angle.

**Materials and Method:** The structures of ossicles obtained from 3 cadavers were analyzed through micro CT by filming the 2-dimensional cross section image running perpendicular to the long axis of the ossicles. The 3-dimensional images were thereby reconstructed for each, and were analyzed using CT-Analyzer™ and

AntTM. Based on the results, the strength, length, and angle of each ossicle were measured.

**Results:** The ratio between the handle of malleus (4.413 mm) and the long process of incus (3.559 mm) was 1.24 : 1, which acts as a lever of middle ear impedance transformer. The volume fraction, indicating relative strengths of ossicles, was higher in the portion close to the articular surface.

**Conclusion:** Our preliminary data of ossicular structure analysed by micro CT scan will be helpful for elucidation of ossicle's structure and further development of artificial prosthesis.

---

Key Words: Ossicles · Imaging, Three-Dimensional · Microradiography