

<원저>

3차원 의료영상을 이용한 보청기 제작의 새로운 모델링 방법

- A Novel Modeling Method for Manufacturing Hearing Aid Using 3D Medical Images -

극동대학교 방사선학과

김형균

— 국문초록 —

본 연구는 3차원 프린터를 이용한 보청기 이어 셸 제작기법에서 보청기 이어 셸 제작에 필요한 모델링 구조를 DICOM(Digital Imaging and Communication in Medicine) 영상에 의한 새로운 방법으로 제시하고자 하였다. 실험 방법은 DICOM 볼륨 영상에서 임계치 값을 이용한 3차원 외이도를 추출하여 3차원 프린터가 인식할 수 있는 표준 형식의 STL(STereoLithography) 파일로 모델링 표면구조를 비교하였다. 이러한 3차원 모델링은 기존의 컷본 제작 후 3차원 스캐너에 의한 인접한 등치선 사이를 3차원 표면조각들로 채워 모델링 구조를 표현한 방법들로서 본 연구에서도 DICOM 영상에 의한 삼각형 표면구조를 동일하게 만들 수 있었다. 이는 DICOM 영상에 의한 모델링 표면구조가 기존 3차원 프린터가 인식할 수 있는 동일한 환경을 제공해 최종적으로 보청기 이어 셸 형상을 출력할 수 있음을 나타냈다.

중심 단어: 컷본 제작, 이어 셸, DICOM, 3차원 모델링, STL

I. 서 론

급속한 노령화 사회로 노령인구의 지속적인 증가와 함께 보청기 산업의 규모와 수요가 크게 늘어나고 있다. 보청기 제조에 있어 사람들이 가지고 있는 컷바퀴와 외이도 형태는 길이, 직경, 모양 등에서 다소간의 개인적 차이가 있다. 컷속 형 보청기의 경우 외형(shell)을 개개인의 컷바퀴와 외이도에 맞추는 방식으로 제작하므로 착용감을 높일 수 있다. 만약 컷속 형 보청기가 외이도의 크기에 비해 작으면 헐거워서 빠질 수 있고, 반대로 크면 통증을 유발할 수 있다¹⁾. 보청기 사용자 만족도 조사에서 귀의 통증이나 불편 감을 호소하는 경우가 전체 응답자의 24%가 나타나²⁾ 문제점으로 그 정밀성은 매우 중요해졌다. 이러한 이유로 보청기를 만들기 위해선 각 개인의 특성에 맞는 컷본 제작을 하여야 하는데 그 제작과정에서 재료의 특성인 점성(viscosity),

수축비율, 응력완화(stress relaxation), 인장강도(tensile strength), 경도(hardener), 이항력(release force)등을 고려하여야 한다. 또한 컷본 채취 과정에서 인체의 감염과 재료의 접촉으로 고막 손상이 발생할 수도 있으며, 컷본 제작 전후 및 이동과정에서 변형으로 시간과 비용을 낭비하는 경우도 있을 수 있다. 본 연구는 이러한 기존의 방법들이 보완된 새로운 방법으로 병원 임상에서 진단 및 수술시 보조적인 지표로 유용하게 사용하는 인체의 3차원 정보³⁾, 즉 방사선 DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) 영상을 이용한 외이도 외형을 3차원으로 만들어 보청기 착용 시 크기가 맞지 않아 발생하는 통증 및 불편감과 환자안전을 줄일 수 있는 새로운 보청기 제조방법을 이어 셸 모델링을 통하여 제시하고자 하였다.

¹⁾This work was supported by the Far East University Research Grant(FEU2015R04)

Corresponding author: Hyeong-Gyun kim, (27601) 76-32 Daehakgil, Gangok-myeon, Eumseong-gun, Chungbuk-do, Korea

Tel: +82-43-880-3242 / E-mail: jung7818@hanmail.net

Received 25 April 2016; Revised 8 May 2016; Accepted 11 June 2016

II. 실험 방법

1. 전체과정 모식도

본 연구에서는 기존방법과 다른 새로운 방법으로 보청기 외형을 제작하는 전체 모식도를 설계하였다.

Fig. 1은 보청기를 제조하는 기존의 방법(green, block arrow)과 본 연구에서 새롭게 연구한 방법(yellow, red arrow)에 대한 전체과정의 모식도를 나타내고 있다. 기존 방법에서는 깃본 채취를 통하여 수요자의 외이도에 맞는 보청기 외형을 제작하였으며, 본 연구에서는 초기 청력 손실의 원인을 위한 의료영상 CT (Computed Tomography) DICOM Volume data 검사를 이용하여 깃본 채취, 깃본 가공, 셸(Sheel) 가공 방법을 대체할 수 있는 새로운 방법을 연구하였다.

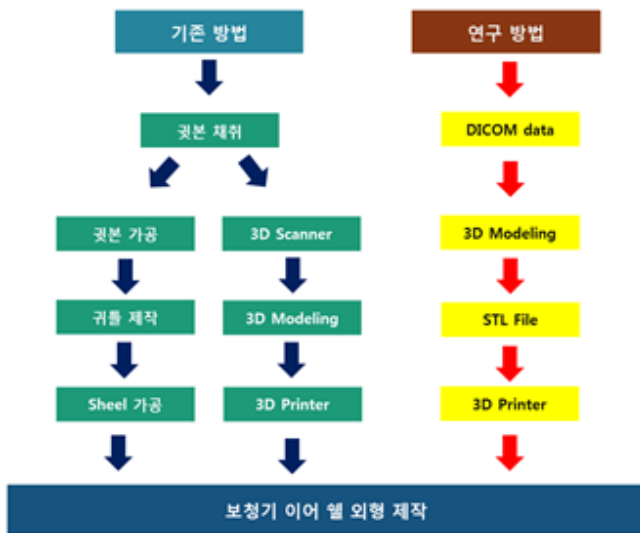


Fig. 1 Schematic diagram for manufacturing the external form of a hearing aid

2. 실험 방법

Fig. 2. (a)는 Temporal CT DICOM Volume data 에서 해부학적 구조의 Hounsfield Unit (HU)와 동일한 Threshold Value를 이용하여⁴⁾ 외이도를 추출하는 과정을 나타내고 있다. Fig. 2. (b), (c)는 추출된 3차원 외이도 영상의 표면과 내부를 나타내고 있으며 surface 형태의 3차원 형상을 도출하여 3D Printer에서 출력과 편집이 가능한 STL (STereoLithography) 변환 파일을 생성하였다.

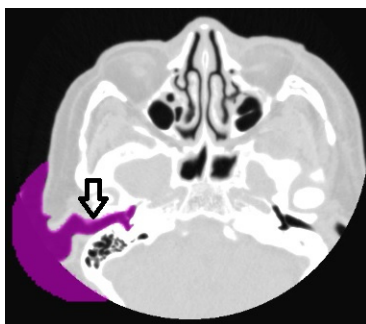
3. 실험 장비

본 연구에 이용된 CT DICOM Volume data는 640-multi-slice computed tomography (Aquilion ONE, TOSHIBA, JAPAN)장치로 0.5 mm Volume Scan하여 획득 한 영상을 Terarecon (USA) 3D 프로그램에서 편집하여 STL 변환파일을 생성하였다. 모델링 획득과 형상 표면구조 확인을 위해 STL View (Module Works GmbH)를 사용하였으며, Rhinoceros (McNeel North America, USA) 프로그램의 Mesh tools을 사용하여 보청기 형상에 맞는 모델링 구조를 편집하였다.

III. 실험 결과

1. DICOM 영상의 STL 변환

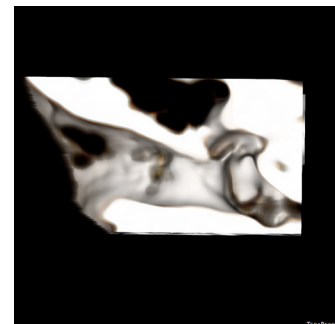
Fig. 3의 (a)는 기존 깃본 채취 방법으로 3D Scan 하여 STL 파일을 얻은 외형 형상이고, (b)는 DICOM 영상에서 Threshold 값의 3차원 영상 추출을 통해 STL 파일을 얻은 외이도 형상이다. 기존 깃본 채취 방법(a)에 비해 DICOM 파일(b)에서 얻은 외이도 형상은 고막까지 전체를 나타 낼



(a) The derivation of external auditory canal



(b) 3D surface CT image



(c) The interior of external auditory canal

Fig. 2 CT DICOM Volume data

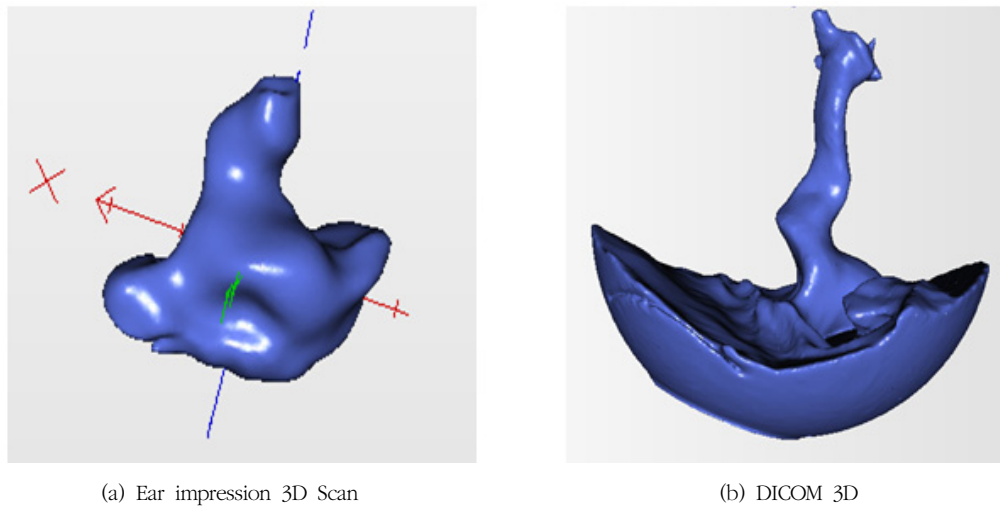


Fig. 3 3D external auditory canal STL file

Table 1 Dynamic region growing tool

| Tool | Value |
|------------------|---------------------------------|
| Include selected | Zero(0) |
| Export as mesh | Smoothness 100% Decimate 30% |

수 있는 장점이 있었다. 이는 고막손상 위험과 중이염 수술을 받은 골도 보청기 수요자들에게 좋은 정보를 제공해 줄 수 있다.

Table 1은 DICOM 파일로 얻은 3차원 외이도 영상을 STL 파일로 변환 시 적용된 growing tool의 값들을 나타내고 있다. Include selected는 Zero(0), Export as mesh는 Smoothness 100%, Decimate 30%를 적용하여 최종 STL Binary file format(*.stl) 으로 모델링을 만들었다.

2. 외이도에 대한 모델링 편집

DICOM 영상을 변환하여 만든 외이도 STL 파일은 고막까지 표현된 외이도 전체체크기이다. 이를 보청기 외형 크기로 편집하기 위해 Rhinoceros 프로그램으로 STL 파일을 불러온 후 Mesh tools의 Mesh Box로 편집 영역만큼 사각형을 그린 후 임의의 Solid 형상을 제거하는 방법으로 완성하였다. Fig. 4에서 외형구조에 맞게 편집하는 전체 과정을 나타내고 있다. 본 연구에서 사용된 DICOM 방식의 이어 셀 제작은 수요자의 특성에 따라 위치를 맞춤형으로 제작할 수 있는 특징이 있다. 이는 보청기 이어 셀 위치에 대해 개인 특성을 반영할 수 있는 유연성을 높여주며 외부에 노출되지 않는 보청기 제작 가능성을 보여준다.

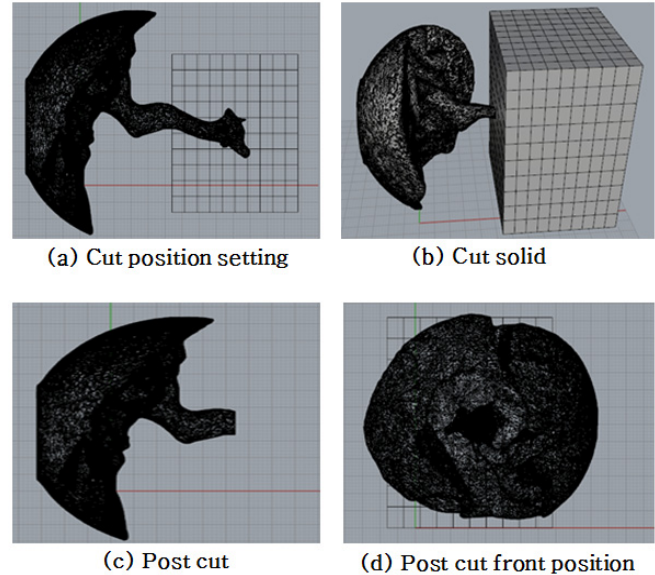
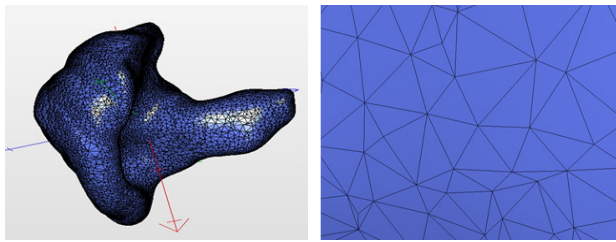


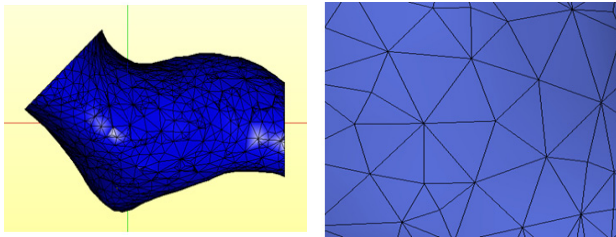
Fig. 4 External auditory canal amending process

3. 모델링 표면구조와 보청기 이어 셀 제작

모델링 표면 구조는 인접한 등치선들 사이를 3차원 표면 조각들로 채워 두 등치선 사이의 공간을 삼각형으로 연결하는 과정⁵⁾으로 나타내며 Fig. 5의 (a)는 기존 컷본 방식, (b)는 DICOM 방식의 모델링 표면구조를 나타내고 있다.

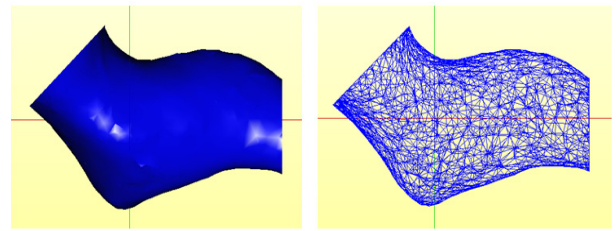


(a) The impressions the way the surface structure



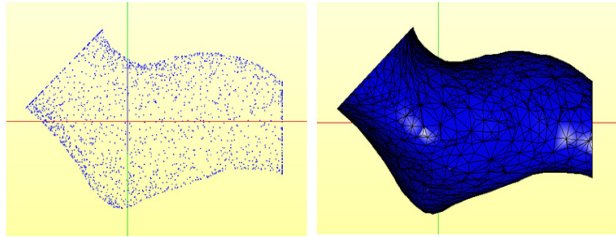
(b) DICOM way the surface structure

Fig. 5. Surface structure comparison



(a) Solid

(b) Wireframe



(c) Points

(d) Solid and Wireframe

Fig. 6. Model representation method



(a) Ear shell size compare



(b) Ear shell



(c) After wear

Fig. 7 Compared before and after wearing ear shell

Fig. 5의 (b)는 (a)와 같이 3차원 모델링의 표면 구조가 많은 삼각형으로 표현되어 형상 외벽을 만드는 기존방법과 동일하게 만들어 진다는 것을 알 수 있다. 이는 DICOM 방식에 의한 STL 파일이 기존 킷본 방식에 의한 모델링과 같은 공정으로 3D Printer 형상이 출력됨을 나타낸다.

Fig. 6은 DICOM 파일로 생성한 외이도 3차원 모델링을 Solide, Wireframe, Point, Solide and Wireframe 방식으로 표현한 모델링 구조로 다양한 방식의 표현에서도 기존방식과 동일하게 나타났다.

Fig. 7은 본 연구의 DICOM 방식에 의해 3D Printer로 제작된 보청기 이어 셸을 나타내고 있다. (a)는 보청기 이어 셸의 크기를 연필의 끝부분과 비교하여 나타냈으며, (b)는

출력된 보청기 이어 셸 형상, (c)는 보청기 이어 셸 착용 후 외이도 얼굴부위를 나타내고 있다. Fig. 7 (c)에서와 같이 DICOM 방식에 의해 출력된 이어 셸 형상은 보청기 형태에 맞게 삽입되는 것을 알 수 있었다. 이는 DICOM 방식에 의한 모델링 구조도 킷본 채취에 의한 3D Scanning 방법과 동일하게 보청기 이어 셸이 완성됨을 보여주고 있다.

IV. 고 찰

의료기술 발달에 따른 삶의 질 향상과 더불어 인구의 고령화가 진행되면서 보청기를 필요로 하는 인구는 더욱 늘어나는 추세이며 2013년 기준으로 한국에서 청력문제로 고생하는 사람은 약 200만 명에 달하는 것으로 알려져 있다⁶⁾. 이러한 귓속 형 보청기는 개개인의 외이도에 맞추어 제작되는⁷⁾ 관계로 그 과정이 매우 중요하다. 현재 보청기를 필요로 하는 많은 수요자들이 귓속 형 보청기를 원하고 있기 때문에⁸⁾ 외형에 대한 새로운 방법 연구는 더욱 중요하다고 할 수 있다. 이와 같은 특성으로 본 연구에서는 3차원의 물체 내부를 가시화하기 위해 모형화기법인 문턱치기법(threshold method)을 활용하였다⁹⁾. 영상에서 각각의 인접한 픽셀들이 대부분 동일한 물체에 속하여 있다는 사실로부터 각 픽셀 값을 단순화함으로써 영상을 쉽게 인식할 수 있도록 해주는 작업으로¹⁰⁻¹¹⁾ 외이도 내에 있는 공기 영역을 모두 추출하였다. 이와 같이 CT 촬영으로 사전에 환자의 외이도 단면을 획득하고, 영상분할(image segmentation), 볼륨 재구성(volume reconstruction)등, 입체적으로 가시화

하는 방법을 사용하였기 때문에 기존 컷본 방식과 다른 장 단점이 있을 수 있다. 보청기 제조 자체만 놓고 본다면 본 연구는 불필요한 방사선 피폭을 초래할 수 있는 여지가 있지만 초기 청력 손실의 원인을 구별하는 검사법으로 CT가 활용 된다면 보다 안전한 보청기 제조의 결과로 이어질 수 있다. 컷본 제작 과정에서 실리콘 주입 시 감염, 고막손상의 우려를 방지할 수 있고 실리콘 압박으로 정확도가 낮아지고 완성까지의 경과 시간으로 형상이 변형되는 것을 막을 수 있다. 또한 고막까지 3차원 구조를 표현할 수 있어 전체 외 이도 정보를 활용할 수 있는 있는 장점도 있다. 그러나 DICOM 방식에서는 raw data를 이용하므로 방사선 피폭 이외에 3차원 프로그램을 구입하는 비용과 프로그램 기술 습득의 문제들이 있을 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 의료영상을 이용한 융합기술 연구로 보청기 이어 셸 제작에 대한 그 가능성을 모델링을 통하여 입증하고자 하였다. DICOM 영상을 이용해서 만든 STL 파일의 3차원 형상 표면은 기존의 컷본 방식과 같은 삼각형 구조로 표현되어 3D Printer에서 실질적인 보청기 이어 셸 제작이 가능했다. 앞으로 컷본 채취 공정에 대한 불편함, 감염에 대한 우려, 외형 정밀도, 방사선 위험 요인 등을 비교한 보청기 이어 셸 연구가 계속되어 융합학문 연구가 높아지길 기대한다.

REFERENCES

1. Sejin Oh, Introduction to Hearing Aids, Sigma Press, pp. 1-258, 2015
2. Jeonghun An, Yunhee Kim, Hyeseon Seo, et al. Domestic aids Use of hearing loss and failure analysis., State Institute of Health and Medical Research Report, pp. 1-273, 2011
3. Freiberg, Abdominal, aortic aneurysms, increasing infrarenal aortic diameter, and risk of total mortality and incident cardiovascular disease events: 10-year follow-up data from the Cardiovascular Health Study, Circulation, Vol.26, No.117(8), pp.1010-1017, 2008
4. Dong Won Kang, Eunbo Kang, Inseok Kang, et al. Computed Tomography, Daihak Book, pp.398-402, 2015
5. Youngkyu Choi, Trends in surface modeling techniques for 3D Visualization Medical Image. The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.45, No.8, pp.30-35, 1996
6. Yungchul Park, Yonghyeon Baek, The latest digital hearing aid technology trends Korea Information Processing Society Review, Vol.21, No5, pp.35-41, 2014
7. SoonSuck Jarng, Digital Hearing Aid Faceplate Manufacturing using FPCB, The Korean Institute of Electrical Engineers, Information and Control Symposium, pp.335-336, 2011
8. SoonSuck Jarng, KyoungSuck Kim, YouJung Kwon, PCB Layout for Digital Hearing Aids, The Korean Society of Mechanical Engineers, Spring and Autumn Korean Society of Mechanical Engineers Conference, pp.1012-1015, 2004
9. Seokyeon Choi, Changsoo Kim, Surface Rendering in Abdominal Aortic Aneurysm by Deformable Model, Journal of the Korea Contents Association, Vol.9, No.6, pp.266-274, 2009
10. G. Hai, W. C. Siu, and C. H. Hou, Improved Techniques for Automatic Image Segmentation, IEEE trans, Circuits and Systems for video Technology, IEEE Trans. Vol.11, pp.1273-1280, 2001
11. T. McInerney, Deformable models in medical image Analysis: A survey, Medical Image Analysis, Vol.1 No.2, pp.91-108, 1996

•Abstract

A Novel Modeling Method for Manufacturing Hearing Aid Using 3D Medical Images

Hyeong-Gyun Kim

Dept of Radiological Science, Far East University

This study aimed to suggest a novel method of modeling a hearing aid ear shell based on Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) in the hearing aid ear shell manufacturing method using a 3D printer. In the experiment, a 3D external auditory meatus was extracted by using the critical values in the DICOM volume images, and the modeling surface structures were compared in standard type STL (STereoLithography) files which could be recognized by a 3D printer. In this 3D modeling method, a conventional ear model was prepared, and the gaps between adjacent isograms produced by a 3D scanner were filled with 3D surface fragments to express the modeling structure. In this study, the same type of triangular surface structures were prepared by using the DICOM images. The result showed that the modeling surface structure based on the DICOM images provide the same environment that the conventional 3D printers may recognize, eventually enabling to print out the hearing aid ear shell shape.

Key Words : DICOM, Ear Model Manufacturing, Ear Shell, 3D Modeling, STL