

Clinical Application of 3 Dimensional Reconstruction of CT from Fish Bone Foreign Body Model

Kuk Sung Woo¹, Young Sam Yoo¹, Han Bee Lee², Dong Won Kim³,
Ji-Min Chang³, Joong Hyun Park¹, and Kyoung Ho Park¹

¹Departments of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, ²Radiology, ³Thoracic and Cardiovascular Surgery, Sanggye Paik Hospital, College of Medicine, Inje University, Seoul, Korea

생선 뼈 이물모델의 전산화단층촬영에서 도출한 삼차원 재구성 방법의 임상적 응용

우국성¹ · 유영삼¹ · 이한비² · 김동원³ · 장지민³ · 박중현¹ · 박경호¹

인제대학교 의과대학 상계백병원 이비인후과학교실, ¹ 영상의학과학교실, ² 흉부외과학교실³

Received October 27, 2013
Revised December 9, 2013
Accepted December 10, 2013
Address for correspondence
Young Sam Yoo, MD
Department of Otolaryngology-
Head and Neck Surgery,
Sanggye Paik Hospital,
College of Medicine,
Inje University,
1342 Dongil-ro, Nowon-gu,
Seoul 139-707, Korea
Tel +82-2-950-1104
Fax +82-2-935-6220
E-mail entyoo@empal.com

Background and Objectives This study aimed to gather three-dimensional data to detect fish bones as an esophageal foreign body model and to assess the possibility that this method could be applied for cases of real fish bone foreign body (FBFB).

Materials and Method Fish bones from two species were collected and sizes were measured. Pork meat loaf was placed flat into a plastic box containing plaster cast and bones were laid over the meat layer. Another layer of meat was placed on the bones, then another layer of plaster cast, and the final layer of meat were placed. The meat-bone sandwich was regarded as a fish bone foreign body model of esophagus. The model was imaged using computed tomography (CT) scan and the CT data were reconstructed three-dimensionally making multi-planar reconstruction, maximal intensity projection, and volume rendering images. We tried to find tools to detect the shape and lying position of the FBFB model. The above tools were applied to 3 FBFB cases to verify effectiveness of the tools.

Results Multi-planar reconstruction, maximal intensity projection, and volume rendering images were reconstructed easily. After single or more processing, all of the bones could be detected. The shape and lying positions could be detected using tools made from FBFB models.

Conclusion Reconstructed images of CT data readily enabled the detection of fish bone in the esophageal model and real cases.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2014;57(4):244-50

Key Words Fish bone foreign body · 3D reconstruction of CT.

서 론

어패류 섭취가 많은 지역에서는 생선 뼈나 조개껍데기로 인한 식도 이물이 많이 발생한다.^{1,2)} 특히 한국은 생선을 먹을 때 회, 탕, 국, 튀김 등 여러 가지 방법으로 조리하여 먹고 생선의 경우는 뼈도 매운탕으로 조리하여 머리부터 꼬리까지 다 요리에 나오게 된다. 따라서 생선 뼈의 모든 부위가 식도 이물의 원인이 되고 있다. 생선 뼈는 길쭉한 모양의 뼈(일반적인 생선 뼈)에서부터 다양한 모양의 머리뼈까지 모두 식도 이물로 발견되

기도 한다. 저자의 경험으로는 길쭉한 뼈는 편도나 설근 부위에 박히는 경우가 많고 머리뼈에 많은 넓적한 뼈는 식도에 많이 걸린다. 식도 이물이 의심되는 경우 이학적 검사와 영상의학적인 검사를 하게 되고, 일반적으로 경부의 단순엑스선촬영과 경부 전산화단층촬영을 하여 진단을 내리게 된다.^{1,3-5)} 뼈의 밀도에 따라서는 단순엑스선촬영에서 발견이 안 되는 경우가 많고 경부 전산화단층촬영으로 발견되는 경우가 더 많다.^{3,5,6)} 경부 전산화단층촬영은 뼈를 직접 발견하는 경우와 이물이 걸렸을 경우 나타나는 간접적인 영상학적 증거인 유리기체(free air),

농양, 식도 벽의 부종으로 인한 두께 증가들을 보이면 이물이 박혔다고 판단하여 이물제거 시술을 위한 내시경으로 진행되는 경우도 많다.⁷⁾ 이에 저자들은 조리된 생선 머리에서 분리한 뼈를 사용한 생선 뼈 이물 모델을 만들고 전산화단층촬영 후 삼차원 재구성 방법으로 처리하여 생선 뼈 이물의 모양, 놓인 형태 등의 특징을 알아낼 수 있는 영상처리 방법을 찾아 보고 이를 바탕으로 실제 이물제거술을 받은 어패류 식도이물 예에서 촬영한 경우 혹은 흉부 전산화단층촬영 자료에도 적용할 수 있는지 연구하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구는 인제대학교 상계백병원 Institutional Review Board의 심의를 거쳐 시행되었다(SPIRB12-096). 생선 뼈 이물 모델로 도미와 우럭 매운탕에서 머리뼈를 분리하여 도미 위턱 뼈 1개, 도미와 우럭의 아래턱 뼈 2개, 우럭에서 분리한 아가미 주위의 얇고 넓은 뼈 3개를 골랐다. 또한 길이 25 cm, 폭 6.5 cm, 깊이 4.5 cm의 두께 2 mm인 플라스틱 박스, 단단하게 굳힌 석고 봉대(5×22×0.5 cm, 1×4×0.2 cm) 및 돼지고기 절편을 재료로 준비하였다. 플라스틱 박스 바닥에 0.5 cm 두께로 넓은 석고 봉대를 깔고 돼지고기 절편을 1 cm 두께로 깔고 생선 뼈를 얹고 돼지고기 절편을 1 cm 두께로 덮은 후 작은 석고 봉대를 드문드문 깔고 돼지고기 절편을 1 cm 두께로 덮은 후 생선 뼈가 움직이지 않도록 고정하였다(Figs. 1 and 2). 이 상태에서 생선 뼈가 들어있는 플라스틱 박스에 대하여 전산화단층촬영을 시행하였다. 촬영시 플라스틱 박스는 길이 방향에 수직으로 axial plane이 놓이도록 설정하였다. 전산화단층촬영 설

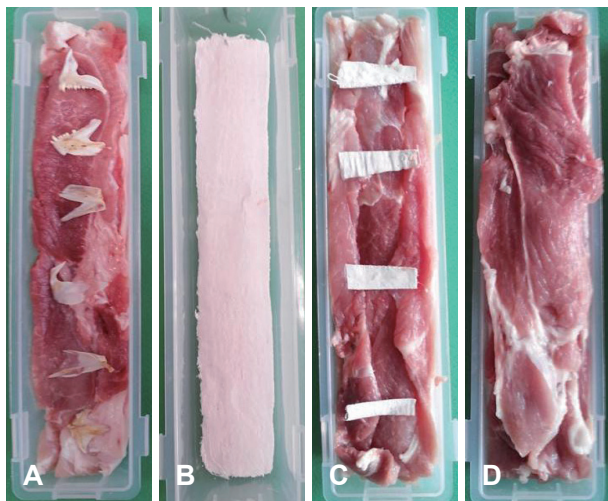


Fig. 1. Meat-fish bone sandwich foreign body model viewed from above. The fish bones are placed over the meat layer before covering with additional meat-plaster-meat layer (A). Plaster layed on the plastic box (B). Meat-plaster layers added (C). Meat layer added and complete fish bone foreign body model (D).

정은 TOSHIBA Aquilion ONE을 이용한 Neck CE-2Phase Protocol을 사용하였다. 구체적인 Scan Options은 HELICAL_CT, Slice Thickness: 2.0, KVP: 120, X-ray Tube Current: 39, Exposure: 19 Pixel Spacing: 0.478000W0.478000, Window Center: 40, Window Width: 350으로 설정하였다. 전산화단층촬영 자료는 Dicom 형식으로 저장하였다.

저장된 자료는 삼차원 재구성 소프트웨어인 Xelis(Infinitt, Seoul, Korea)를 이용하여 처리하였고 multiplanar reconstruction(MPR), maximum intensity projection(MIP), volume rendering(VR)의 프로토콜을 각각 사용하여 모든 생선 뼈에 대한 영상을 제작하였다. MPR에서는 axial view를 중심으로 재구성 설정의 변경 없이 생선 뼈가 가장 두껍게 나오는 영상을 저장하였고 그 때의 두께를 측정하였다. MIP에서는 coronal view를 중심으로 생선 뼈가 잘 나오도록 범위를 조절하였고 MPR에서 측정한 두께를 기준으로 재구성 범위의 두께를 설정하여 생선 뼈의 영상이 잘 나오도록 만들어 저장하였다. VR 영상에서는 3 dimensional(3D) bone setting에서 역치를 140~600 HU 사이로 잡아 삼차원 재구성을 하였고 생선 뼈의 모습이 가장 잘 나오도록 역치값과 프로그램 설정을 조절하여 나오는 영상을 저장하였다. 각각의 영상에서 플라스틱 박스와 석고 봉대는 주변 구조물로 간주하여 재구성 범위를 뼈를 중심으로 좁히거나 Xelis의 기능 중 일정 부위 삭제 방법으로 불필요한 영상을 지움으로써 생선 뼈만 잘 나오도록 하였다. 각각의 영상이 실제 생선 뼈 모양과 유사한지, 놓인 형태를 알 수 있는지를 알아보았다. 그리고 모양에서 뾰족한 부위를 찾아낼 수 있는지, 생선 뼈가 여러 개로 오인되지 않는지, 가장 긴 방향을 중심으로 양쪽 끝을 찾아낼 수 있는지, 놓인 형태에서 뾰족한 부위가 향하는 방향을 알 수 있는지를 보았다.

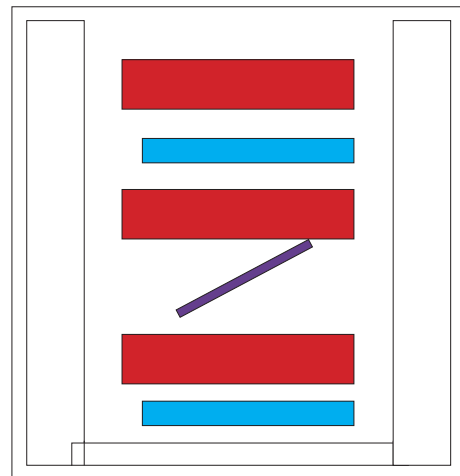


Fig. 2. Meat-fish bone sandwich foreign body model, cross sectional view. Red bar: meat layer, purple bar: fish bone, clear bar: plastic box, blue bar: plaster mimicking soft tissue, foreign bodies, body and surrounding bones respectively.

우선 이 예비 실험을 통해 MPR, MIP, VR 등의 영상처리 방법을 활용하여 넓적한 생선 뼈의 특성들을 잘 보여주는 설정을 찾아보았다. 즉, 일반 전산화단층촬영의 설정과 같은 MPR에서 이물을 찾아내, 여기서 가장 두꺼운 부위의 두께를 재고 이를 바탕으로 MIP에서는 재구성 두께 및 프로그램 설정을 조절하여 생선 뼈의 전체적인 모습을 보여 주는 방법을 확립하고 VR에서는 불필요한 잡상(noise)을 제거하고 편집하여 이물의 모습을 입체적으로 보여주는 방법을 찾아보았다.

여기서 구한 설정을 바탕으로 저자가 경험한 실제 어패류 이물 3예를 대상으로 MPR, MIP, VR 영상에 앞의 설정을 그대로

로 적용해 보았다. 또한, 기존 설정을 적용하기 어려우면 각각 다시 설정을 변경하여 가장 좋은 조건을 찾아보았다. 각 예의 전산화단층촬영은 경부 전산화단층촬영 2건, 흉부 전산화단층촬영 1건으로 slice thickness도 2~3 mm로 다양하였다. 흉합갑질 1예, 복어 뼈 1예, 넓적한 생선 뼈 1예였다. 앞의 2예는 후향적으로 전산화단층촬영을 하여 생선 뼈의 모양이나 놓인 형태를 중심으로 분석하였다. 마지막 증례는 생선 뼈 이물 제거를 하기 전 전산화단층촬영을 하여 삼차원 재구성을 마친 영상을 바탕으로 시술 계획을 세운 후 성공적으로 이물을 내시경으로 제거한 경우였다.

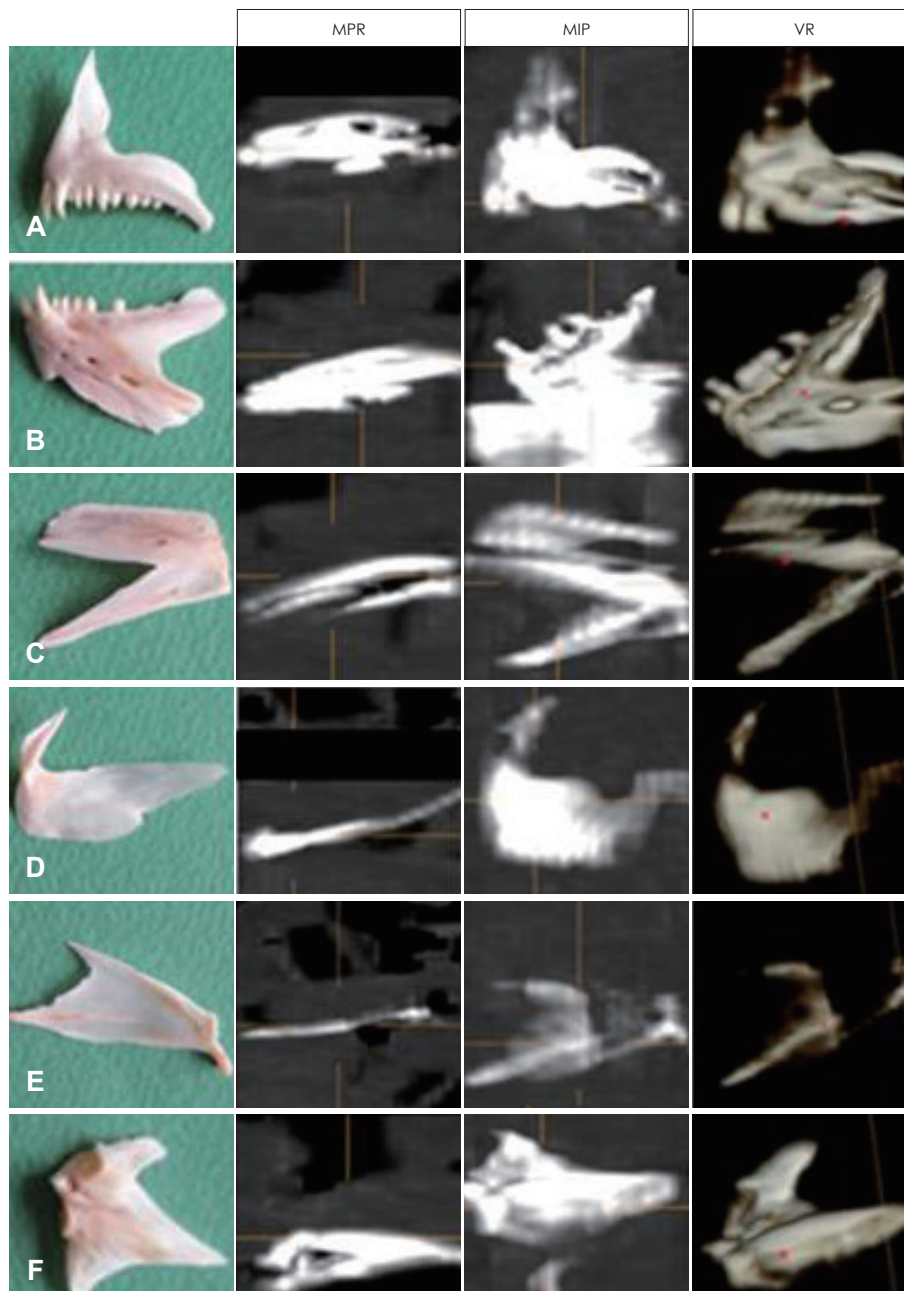


Fig. 3. The 3D reconstructed images of fish bones used as foreign body model. Fish bones, axial MPR images, coronal MIP images, volume rendered images from left to right respectively. Maxilla and mandible of sea bream (A and B). Mandible of stingfish (C). Gill cover of stingfish (D). Skull bones of stingfish (E and F). MPR: multiplanar reconstruction, MIP: maximum intensity projection, VR: volume rendering, 3D: 3 dimensional.

결 과

예비 실험에서 사용된 생선 뼈의 평균 길이는 30 ± 4.9 mm였다.

생선 뼈 이물 모델의 MPR axial view에서 생선 뼈를 모두 찾을 수 있었다. 도미의 상하 턱뼈는 두껍고 길어서 모양을 확인하기 쉬웠고 뾰족한 부위를 찾아내기 수월하였으며, 놓인 형태 역시 확인하기가 쉬웠다. 또한 전체 영상이 하나로 이어져서 여러 개로 오인하는 일은 없었다. MPR, MIP, VR 영상 모두 제작하기 용이하였고 주변의 불필요한 영상을 제거하고 나면 더욱 명확한 영상을 얻을 수 있었다(Fig. 3A and B). 우력의 턱뼈는 얇고 굽은 부위가 있어서 한 덩어리로 된 영상을 재구성할 수 없었지만 중간에 얇은 부위가 기본 설정으로 나온 영상에서는 부분적으로 잘린 상태로 나와도 프로그램 설정 및 3D bone setting 역시 설정을 변경해서 하나의 이어진 영상을 만

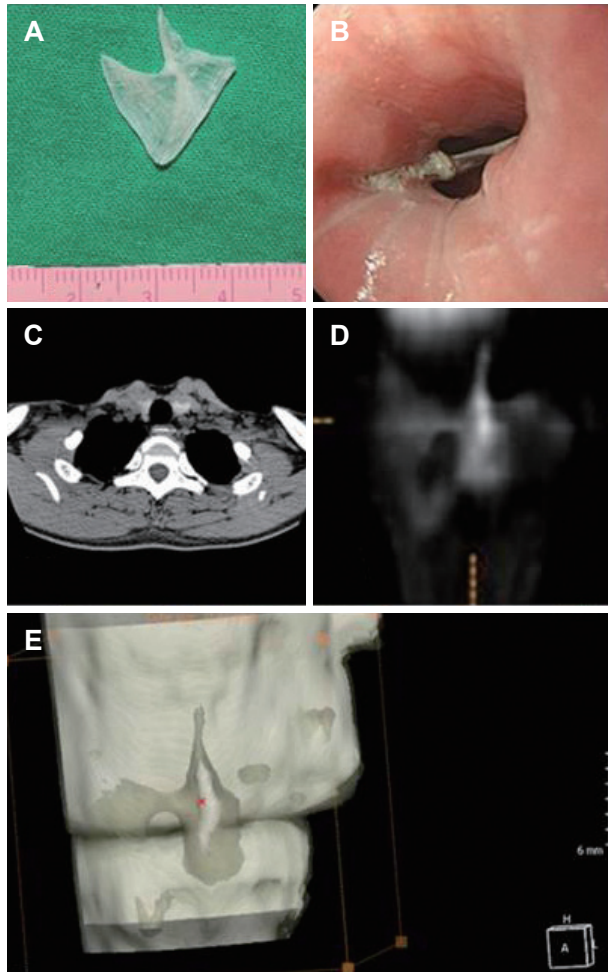


Fig. 4. Case 1. Fish bone impacted in esophagus removed under flexible fiberoptic. Fish bone removed (A), endoscopic view (B), axial MPR image (C), coronal MIP image (D), and VR cube image respectively (E). MPR: multiplanar reconstruction, MIP: maximum intensity projection, VR: volume rendering.

들어 관찰할 수 있었다. MPR 영상에서는 일반적인 전산화단층촬영으로 관찰하면 2개의 이물로 보였고 MIP 영상에서는 하나로 확인이 되었다. VR 영상에서는 화면을 x, y, z축으로 자유롭게 회전시키면서 관찰 할 수 있어 영상의 연속성을 볼 수 있어 이물이 여러 개로 오인되지는 않았다(Fig. 3C). 특히 VR에서 이물을 중심으로 정육면체 영역만을 설정(cube mode)하여 세밀하게 영상처리를 할 수 있어 더 정확한 영상을 만들어 볼 수 있었다(Fig. 3).

여기서 얻은 설정자료를 활용하여 각각의 증례에 적용한 결과는 다음과 같다.

증례 1은 식도의 생선 뼈 이물로, 모양은 삼각형에 뾰족한 부위를 포함하는 뼈였다. 경부 전산화단층촬영의 axial MPR view에서는 단면만 보였으나 MIP(coronal view, thickness: 5 mm)로 재구성시 전체적인 윤곽과 뾰족한 부위를 볼 수 있었다. VR로 재구성하여 얻은 영상은 회전시키면서 관찰이 가능하며 다양한 각도에서 관찰할 수 있었다(Fig. 4).

증례 2는 하부 식도에 걸린 생선 뼈로 흉부 전산화단층촬영을 이용한 axial MPR image에서는 이물의 유무만 확인이 가능하였다. MIP(coronal view, thickness: 15 mm)로 재구성시 더욱 뚜렷한 모양을 볼 수 있었다. VR cube 모드에서는 표창 모양의 뼈 모습이 뚜렷하게 보였고 제거한 생선 뼈와 모양이 흡사하였으며 이 경우 잡상(noise)과 인접한 척추의 영상을 제거 후 더 잘 보였다(Fig. 5).

증례 3은 식도의 홍합껍데기 이물로 MPR(sagittal view)에서 홍합껍데기의 굴곡진 모양이 보였다. MIP(coronal view, thickness: 15 mm)에서는 껍데기의 원판형 윤곽을 확인할 수 있었다. VR 영상에서는 입체적인 모습을 볼 수 있었고 부분 영상 편집 기능을 활용하면 이물만 나오는 영상을 재구성할 수 있

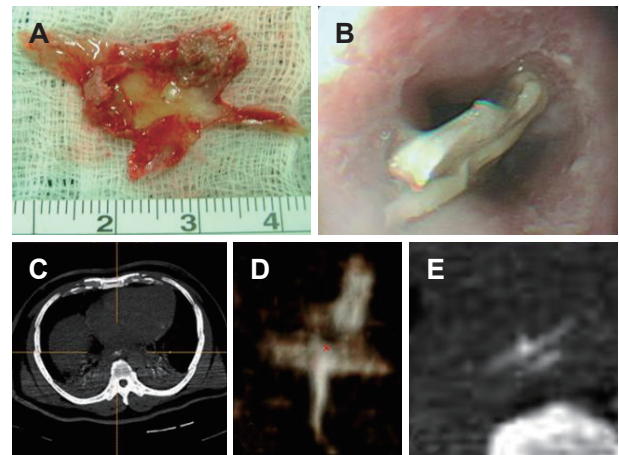


Fig. 5. Case 2. Fish bone impacted in esophagus removed by thoracotomy. Fish bone removed (A), endoscopic view (B), axial MPR image (C), axial MIP image (D), and VR cube image respectively (E). MPR: multiplanar reconstruction, MIP: maximum intensity projection, VR: volume rendering.

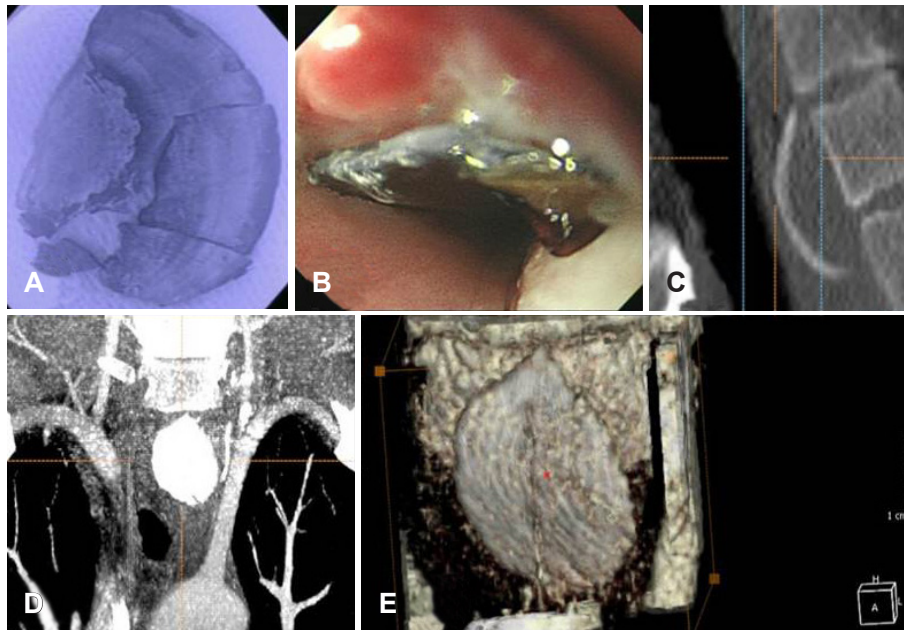


Fig. 6. Case 3. Shell of mussel impacted in esophagus removed under flexible fiberscopy. Shell removed (A), endoscopic view (B), sagittal MPR image (C), coronal MIP image (D), and VR image respectively (E). MPR: multiplanar reconstruction, MIP: maximum intensity projection, VR: volume rendering.

었다. 이물사진과 재구성한 사진은 모습에 차이가 있어 보였는데 이유는 이물제거시 여러 조각으로 깨서 제거하였기 때문이다(Fig. 6). 이물 3예 모두에서 이물의 모양, 놓인 형태, 크기 등을 알아낼 수 있었고 이런 특징들이 제거한 이물의 특징과 부합되는 소견이었다.

고 찰

생선 뼈 이물 모델에서는 MPR, MIP, VR 등의 방법들 중 넓은 생선 뼈의 특성을 잘 보여주는 설정 및 영상 처리 방법을 찾을 수 있었다.

즉, MPR에서는 재구성 두께를 변경하지 않은 일반 axial CT에서 이물의 유무를 찾고, MIP에서는 coronal view에서 재구성 두께를 생선 뼈의 가장 두꺼운 위치에 맞추어 설정하여 전체적인 영상을 얻어 검토하고 VR에서는 x, y, z축을 중심으로 영상을 회전시켜 관찰하는 것이다. 이 때 재구성 범위를 좁히거나 주위의 잡상(noise)이나 연골, 골 부위의 영상을 편집하여 제거하면 이물에 대한 영상 정보를 자세히 얻을 수 있다. 역치는 골 부위의 밀도에 따라 영상을 보아가면서 조절하면 된다. 특히 axial이나 coronal plane의 재구성 축을 임의로 설정할 수 있어 이물이 잘 보이는 방향으로 축을 설정하여 영상을 얻을 수 있다.

기존연구에서는 단순 엑스선 촬영이나 경부 전산화단층촬영, 3D CT 등으로 단순히 재구성하여 전체적으로 보여주는 연구들이 있었다. 최근 3차원 재구성 방법이 더 발달하여 이물의 특성을 구체적으로 파악하는 것이 가능해졌고 이를 바탕으로

surface rendering이나 VR, virtual endoscopy(VE) 등의 방법을 많이 활용할 수 있게 되었으며, 임상의학뿐 아니라 법의학에서도 널리 활용되고 있다.⁸⁻¹⁴⁾

기존의 연구들은 생선 뼈, 플라스틱 장난감 등을 이물모델로 만들어 3D doctor를 활용하여 분석하거나^{14,15)} 숨 위에 뼈를 얹어서 분석하거나 시신에 생선 뼈를 집어 넣어 일반 전산화단층촬영으로 이물을 찾을 수 있는지를 본 연구가 있다.⁵⁾ 그리고 특별한 영상 처리 없이 일반적인 삼차원 재구성을 하여 이물을 관찰한 보고가 있다.^{12,16)} 그러나 지금까지 의료용 삼차원 재구성 software를 활용하여 이물을 다각도로 분석한 보고는 없었다.

저자의 연구는 인체나 동물 모델을 사용하지 않고 실제에 근접한 상황을 만들고자 플라스틱 박스, 석고 봉대, 돼지고기를 활용하여 신체의 여러 조직을 표현하도록 하였고 실제 조리된 생선 뼈를 이물 모델로 삼아 전산화단층촬영 한 자료를 분석하였다. 여기서 얻은 자료를 바탕으로 기존의 어패류 이물 예를 분석하였고 유용한 결과를 얻을 수 있었다.

현 모델에서 플라스틱 박스와 석고 봉대는 이물 주변의 골성, 연골 성 구조물 역할을 하였고 고기절편은 이물 주변의 연부조직 역할을 하였다. 모델 제작 과정에서 발생하는 빈 공간은 이물 주변의 공기가 들어가는 공간 역할을 하였다. 3차원 재구성 후 이물 주변을 분석하고자 하는 관심 영역(region of interest)을 좁게 잡고 석고 봉대나 플라스틱으로 만들어지는 불필요한 영상을 지우거나 편집하여 이물에 집중하여 분석할 수 있었다. VR 모드에서는 cube 모드가 있어 이물 영역을 중심으로 더욱 좁혀서 자세히 관찰이 가능하며 필요시 이 기능을 할

용하였다. VR 모드에서는 재구성한 영상을 x, y, z축을 중심으로 자유로이 회전이 가능하다. 즉, 주변 구조물로 인해 잘 안 보일시 영상을 회전시켜 다른 각도에서 관찰하면 잡상(noise)이 안 보이고 이물질만 잘 보이는 각도가 얻어지는데 이 방법으로 더욱 효율적인 영상 관찰이 가능하였다.

각각의 영상 처리 방법에서는 재구성의 두께, 프로그램 설정, 영상 처리 위치, 프로토콜 등을 적절히 선택할 수 있었다. 대부분의 경우 Xelis의 기본 bone setting protocol을 사용하였고 재구성은 뼈의 가장 두꺼운 부위를 기준으로 시행되 프로그램 기본 설정은 손대지 않고 역치만 뼈가 잘 보이는 범위로 설정하였다.

한 연구에 따르면 생선 뼈 이물에서 길쭉한 가시 혹은 머리 뼈의 일부가 목에 많이 걸리고, 이 중 이물이 긴 경우 식도에 가로로 걸리며 그 평균 길이는 25 ± 8 mm라고 보고하였다.^{7,17)} 이 결과를 바탕으로 본 연구의 생선 뼈 이물 모델도 평균 길이 30 ± 4.9 mm 정도 되는 것을 선택하였다. 또한 긴 부위가 axial plane, 넓은 면이 coronal plane에 들어가도록 배치하였다(Fig. 1).

증례 1은 내시경으로 이물을 제거하기 전에 삼차원 재구성한 영상을 가지고 내시경 수술 의사와 상의 후 수술을 한 경우로 영상 재구성에 20분 정도 소요되어 수술 준비 시간 동안에 충분한 영상을 제공할 수 있었다.

증례 2, 3은 저자가 기존에 발표한 증례의 자료를 다시 분석하였지만 사용한 software가 다르고 자동으로 영상을 만들 수 있어서 더 신속하고 편리하게 사용 가능하였다.

삼차원 재구성 처리 시간은 통상 30분 정도 걸린다. 전산화단층촬영에서 이물이 빨리 발견되고 재구성을 그 부위를 중심으로 시행하면 15분 내에도 가능 할 것으로 사료된다. 전산화단층촬영은 조영제를 사용하지 않고 5분 이내에 가능하고 전산화단층촬영실에서 바로 삼차원 재구성한다면 시간은 더 절약될 것이다. 저자는 picture archiving communication system으로 전산화단층촬영 자료를 받아 Dicom 형식으로 변형 후 다른 컴퓨터에 설치된 software로 처리하여 시간이 걸렸다. 하지만 내시경실에서 직접 영상을 삼차원 재구성한다면 불필요한 시간을 줄이고 더 효율적일 수 있다.

이물이 발생하는 부위에 따른 삼차원 재구성 방법을 정리하면 다음과 같다. MPR은 기본 설정인 경우 일반 전산화단층촬영과 동일하고 재구성 방향이나 두께를 변경하여 다양한 영상을 얻을 수 있어 기본적인 전산화단층촬영보다는 더 다양한 정보를 얻을 수 있다.¹⁸⁾ MIP는 밀도가 큰 뼈나 혈관의 영상 정보를 더 강조하여 볼 수 있으므로 뼈의 유무 모양, 농인 형태를 분석하는 데 유용하고 재구성 두께를 조절하여 더 유용한 영상 제작이 가능하다.¹⁹⁻²¹⁾ VR은 Voxel 자료를 바탕으로 각각의

voxel에 명암과 색채를 부여하여 입체감을 나타내는 영상처리 방법이고 영상을 x, y, z축을 중심으로 자유로이 회전시킬 수 있어서 여러 방향에서 관찰함으로써 한 방향으로만 보는 단점을 보강할 수 있으므로 전체적인 모양, 농인 형태를 분석하는데 도움이 된다. 이는 주변의 잡상(noise)을 제거 못해도 이물을 관찰할 수 있는 장점이 된다.²²⁾

이물이 발생하는 해부학적인 부위에 따라 전산화단층촬영의 영상 처리 방법은 약간 다르다. 식도 이물은 경부 전산화단층촬영을 MPR, MIP(5 mm thickness), VR을 이용하고 기관지 이물은 경부 전산화단층촬영, 흉부 전산화단층촬영, lung 전산화단층촬영에서 MPR, MIP, MinP, VR, VE를 이용하고, 연부조직의 이물은 경부 전산화단층촬영, 흉부 전산화단층촬영으로 MPR, MIP, VR을 이용한다.

본 연구의 제한점은 증례가 적은 것이다. 이는 이물 제거 시술을 시행하는 임상이가 대부분 영상의학적인 검사 없이 바로 내시경으로 제거하여 전산화단층촬영 자료가 많지 않기 때문이다. 따라서 이물을 제거하는 임상이는 가능하면 전산화단층촬영 자료로 삼차원 재구성하여 영상을 입체적으로 관찰하여 이물의 위치, 주위와의 관계를 알고 시술한다면 이물을 제거하는 데 있어서 더 용이하고 안전하리라 생각한다. 또한 생선 뼈 이물모델에서 얻은 자료를 바탕으로 실제 3예를 처리해 보면 이 정도로도 유용한 결과를 얻을 수 있었다. 길쭉한 생선 뼈를 대상으로 하지 않은 이유는 발생 부위가 식도보다는 인두에 많아 이비인후과 외래에서 전산화단층촬영 없이 제거되는 경우가 많았기 때문이다.

저자의 연구 결과를 보면 전산화단층촬영에서 slice thickness 2 mm이면 충분히 생선 뼈 이물을 찾고 분석할 수 있을 것으로 판단된다. Slice thickness가 3 mm 이상인 경우는 가는 뼈는 놓칠 수 있고, 1 mm 이하인 경우는 더 선명한 영상을 얻을 수 있지만 자료가 많아져서 software를 구동시키는 데 시간이 많이 걸릴 수 있어 비효율적일 것이다.

향후 연구는 시신이나 동물 모델을 만들어 더 심도 있는 연구를 할 수 있으리라 생각하지만 본 방법이 비침습적이고 전산화단층촬영 자료를 활용하는 것이므로 식도 이물의 임상이가 많으면 기존의 예를 찾아서 삼차원 재구성을 해 보고 경험이 쌓여 익숙해지면 실제 환자에 활용해 보아도 될 것이다.

REFERENCES

- 1) Irfan M, Ahmad Helmy AK, Wan Shah Jihan WD. Radio-opacity of commonly consumed bony fish in kelantan, malaysia. *Med J Malaysia* 2012;67(5):491-3.
- 2) Wang CP, Jiang SL. Migrating fish bone presenting as acute onset of neck lump. *J Formos Med Assoc* 2009;108(2):170-2.
- 3) Pinto A, Muzj C, Gagliardi N, Pinto F, Setola FR, Scaglione M, et al. Role of imaging in the assessment of impacted foreign bodies in the

- hypopharynx and cervical esophagus. *Semin Ultrasound CT MR* 2012;33(5):463-70.
- 4) Siu WT, Yau KK, Law BK, Li MK. Fish bone embedded in cervical esophagus. *Auris Nasus Larynx* 2005;32(3):329-30.
- 5) Palme CE, Lowinger D, Petersen AJ. Fish bones at the cricopharynx: a comparison of plain-film radiology and computed tomography. *Laryngoscope* 1999;109(12):1955-8.
- 6) Eliashar R, Dano I, Dangoor E, Braverman I, Sichel JY. Computed tomography diagnosis of esophageal bone impaction: a prospective study. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999;108(7 Pt 1):708-10.
- 7) Kim HU, Song HJ. Clinical characteristics of an esophageal fish bone foreign body from *chromis notata*. *J Korean Med Sci* 2012;27(10):1208-14.
- 8) Lo WC, Hsin CH, Lee SY, Cheng PW. Radiology quiz case 1. Migrating esophageal fish bone complicating a right paraesophageal abscess. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2008;134(9):1008, 1010.
- 9) Das D, May G. Best evidence topic report. Is CT effective in cases of upper oesophageal fish bone ingestion? *Emerg Med J* 2007;24(1):48-9.
- 10) Akazawa Y, Watanabe S, Nobukiyo S, Iwatake H, Seki Y, Umehara T, et al. The management of possible fishbone ingestion. *Auris Nasus Larynx* 2004;31(4):413-6.
- 11) Kumar M, Joseph G, Kumar S, Clayton M. Fish bone as a foreign body. *J Laryngol Otol* 2003;117(7):568-9.
- 12) Ariz C, Horton KM, Fishman EK. 3D CT evaluation of retained foreign bodies. *Emerg Radiol* 2004;11(2):95-9.
- 13) Evans S, Jones C, Plassmann P. 3D imaging in forensic odontology. *J Vis Commun Med* 2010;33(2):63-8.
- 14) Heo G, Yoo YS, Kim SW. Virtual endoscopy of impacted foreign bodies in tracheal and esophageal model. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2011;54(5):339-43.
- 15) Yoo YS, Kim DW. Detection of simulative foreign body using three dimensional reconstruction technique, introduction and application. *Korean J Bronchoesophagol* 2011;17(1):40-5.
- 16) Watanabe K, Amano M, Nakanome A, Saito D, Hashimoto S. The prolonged presence of a fish bone in the neck. *Tohoku J Exp Med* 2012;227(1):49-52.
- 17) Park S, Choi DS, Shin HS, Cho JM, Jeon KN, Bae KS, et al. Fish bone foreign bodies in the pharynx and upper esophagus: evaluation with 64-slice MDCT. *Acta Radiol* 2014;55(1):8-13.
- 18) Yang J, Zheng G, Zhou Z, Guo W. Application of MPR in sacral nerve injury during sacral fracture. *J Trauma* 2011;70(6):1489-94.
- 19) Isogai S, Takehara Y, Isoda H, Kaneko M. [Maximum intensity projection (MIP) and multiplanar reformation (MPR) for post-processing cholangiopancreatographic data set--clinical application and pitfalls]. *Nihon Rinsho* 1998;56(11):2760-7.
- 20) Sahel M, Ourrad E, Zouaoui A, Marro B, Sourour N, Biondi A, et al. [3D-CT angiography with volume rendering technique in the intracerebral aneurysms]. *J Radiol* 2000;81(2):127-32.
- 21) Prokesch RW, Goerzer HG, Killer M, Dorffner R, Schima W, Schindler EG. Pseudoaneurysm of the internal carotid artery after shrapnel injury in World War II: demonstration by CT angiography with 3D MIP reconstruction. *Eur Radiol* 1999;9(7):1441-4.
- 22) Rodt T, Bartling SO, Zajacsek JE, Vafa MA, Kapapa T, Majdani O, et al. Evaluation of surface and volume rendering in 3D-CT of facial fractures. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35(4):227-31.