

Pedicle screws에 의해 CT에 생성되는 metal artifact를 최소화하는 알고리즘 개발

이 제범, 엄 진섭*, 김 남국**, 이 동혁***, 김 종효****, 김 영호
 서울대학교 산업공학과, *서울대학교 의과대학 정형외과, **㈜ 비트컴퓨터,
 서울대학교 의공학과, *서울대학교 의과대학 방사선학교실

A new algorithm for minimization of metal artifact made on CT by pedicle screws

J.B. Lee, J.S. Yeom*, N.K. Kim**, D.H.Lee***, J.H.Kim****, Y. Kim

Dept. of Industrial Engineering, College of Engineering, Seoul National Univ.

*Dept. of Orthopedics, College of Medicine, Seoul National Univ., **BIT Computer, Co., Ltd.

***Dept. of Biomedical Engineering, Seoul National Univ.

****Dept. of Radiology, College of Medicine, Seoul National Univ.

Abstract

A new algorithm is developed that can reduce the metal artifact on CT caused by pedicle screws. Metal artifact has been recognized as a major problem in precise reading of CT images. In particular, spine surgeons have been bothered with the artifact appearing on CT taken after pedicle screw insertion. To reduce the artifact, our new algorithm first finds the center line from CT images, and then overlays an exact size screw image on the CT. The exact screw is obtained from an actual design specifications of screw, and the CT images are processed to maximize bone margins while minimizing screw images through adjusting the window width and level. 실험 결과 단순한 Window W/L 조절로는 해결되지 않는군요. This algorithm provides spine surgeons with more accurate CT images and thus better interpretation of CT to ascertain the success or failure of pedicle screw insertion.

1. 서 론

척추경 Screw 삽입술 후 CT촬영을 시행하는 경우, Screw의 metal artifact로 인해 정확한 CT 판독이 매우 힘들다. Bone window를 이용한다고 해도, CT상의 screw의 크기는 실제와 다르고, metal artifact 또한 완전히 제거되지 않기 때문에 판독에 많은 혼란을 일으켜왔다. 이에 본 연구에서는 CT 이미지로부터 screw의 3차원 공간에서의 찾은 중심축과, 입력된 screw의 외경 및 이미지의 Width Level 조정[2]을 통해서 더 정확한 크기의 screw를 가진 영상을 얻는 algorithm을 개발하였다. 또한 metal artifact가 최소화되고 bone의 margin이 뚜렷한 영상을 이용하여 screw 삽입술에 대한 이상 여부를 정확히 판독하는데 도움이 되도록 하였다.

그림 1은 metal artifact가 있는 CT 이미지이다.



그림 1 metal artifact가 있는 CT 이미지

2. 방 법

Screw가 삽입된 환자의 spiral CT를 3.0mm slice thickness와 1.0mm incremental reconstruction로 촬영한다. 이 data set을 DICOM 3.0 format으로 변환하여 PC로 이동한다.

먼저, 이동된 data에서 window width & level을 조절하여 screw & rod system의 image를 extract한 후, 이들을 3D reconstruction한다. 이때에 threshold 값에 따라서 screw의 size가 달라지는데, 이를 극복하기 위하여 3차원 공간에서 각 screw의 중심축을 찾아낸 후, 실제 screw의 외경과 비교하여, 가장 근접한 size의 screw를 그려주는 threshold값을 결정한다. 정확한 size의 외경을 가진 screw가 그려지면 이들을 다시 1mm 간격의 2D image로 그려준다.

둘째, 각 CT cut에서 window width & level 및 Image processing 기법을 사용하여, metal artifact분의 image를 상당히 약화시키면서도 bone margin에는 영향이 없는 이미지를 재구성한다. 이 상태에서 bone image만을 강화함으로써 Bone image는 원본과 거의 같으나, screw와 artifact는 실제보다 작아진 image를 얻는다.

셋째, 위에서 얻은 두 가지 image를 overlay한다. 결과적으로 얻어지는 image는 screw image는 실제 크기와 같고, artifact는 원본보다 적으며, bone margin은 원본과 거의 같은 image가 된다.[1]

2.1. 중심축 획득 algorithm

본 연구에서는 metal artifact로 인해 경계가 분명하지 않은 Screw의 영상에서 정확한 중심선을 찾기 위해서는 Gradient를 이용하였다. CT영상에서 artifact의 Gray-level과 Screw의 Gray-level의 정확한 경계를 찾는 일정한 임계값이 존재 하지 않기 때문에 대략적인 Gray-Level의 임계치는 CT 영상에서 Screw가 위치하는 영역과 대략적인 방향을 찾기 위해 사용하였다. 중심축을 찾는 알고리즘은 다음과 같다.

- 1) CT 영상의 점들 중 일정한 임계값(T) 이상의 Gray-level을 가지는 점들(Pt)을 구한다.
- 2) Screw의 대략적인 방향을 구한다.
 - A. Pt의 Center of Inertia(Ct)를 구한다
 - B. Ct를 중심으로 좌표축을 θ 만큼 회전시킬 때 Pt를 둘러싸는 최소의 직사각형(Bounding Box)의 넓이를 구한다. 회전각 θ ($0 < \theta < 180$)에 대해 Bounding Box가 최소가 되는 좌표축을 찾는다.
- 3) 이 좌표축을 이용하여 중심축을 지나는 한 점을 찾아낸다.
- 3.1) 이 좌표축에 대해 y축에 평행한 Scan-Line을 생각할 수 있다. 이때 Scan-Line의 총 수(N)는 Bounding Box의 Height이다. 각 Scan-Line에 대해 Bounding Box의 수직 중심선($x = Ct.x$)을 기

준으로 양측에서 Gradient가 가장 큰 점 2개씩 (Pl, Pr)을 구한다.

- 3.2) 모든 Scan-Line에 대해 Pl의 x 좌표값이 최소인 점과 Pr의 좌표값이 최대인 점을 구하고 이 2점의 중점은 Screw의 중심 선을 지난다. (Pt중 Gradient가 가장 높은 점 중 가장 좌측과 우측의 점이 경계점이라는 것을 가정하였다.)
- 4) Pt중 Screw의 Head를 제거한 tip에 해당하는 부분을 구한다.
 - 4.1) $Y = y_i$ 일 때의 Scan-Line에 속하는 Pt점에 대해 x좌표의 최대값과 최소값의 차이를 그 Scan-Line의 Width라 한다.
 - 4.2) Width가 최대인 Scan-Line의 Y값이 $N/2$ 보다 큰 것을 비교하여 어느쪽이 Screw의 Head이고 어느쪽이 tip인가를 알아낸다.
 - 4.3) Screw전체 길이에 대한 tip의 비율을 이용해 Head 부분을 제거한다.
- 5) Head가 제거된 tip 부분의 점들(Ptip)에 대해 2) ~ 3)의 과정을 반복하여 중심축을 지나는 다른 한 점을 구한다.
- 6) 2)와 5)에서 구한 2점을 연결하여 중심축을 구한다.
- 7) 위의 과정에서 사용된 CT의 reconstruct 방향에 수직으로 다시 reconstruct한 이미지에 대해서 1) ~ 6)의 과정을 반복하여 중심축을 구한다.
- 8) 위에서 구한 서로 수직인 2차원 평면상의 2개의 직선(중심축)으로부터 3차원 공간상의 중심축을 구한다.

이 알고리즘으로부터 구한 3차원 상의 중심축을 사용하여 어느 평면상의 영상에서도 Screw의 외경을 이용하여 그 영상에 나타난 정확한 Screw의 크기를 구할 수 있다. 그림2는 중심축을 찾은 영상이다.

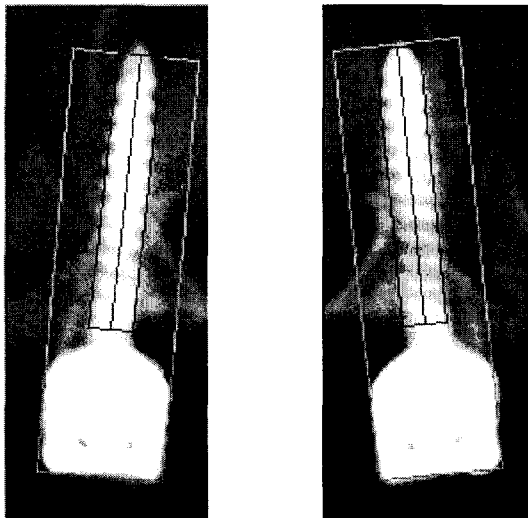
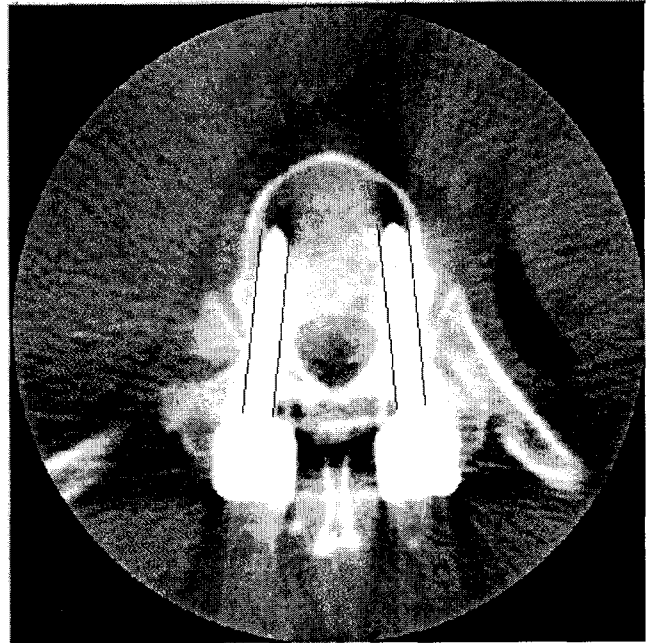


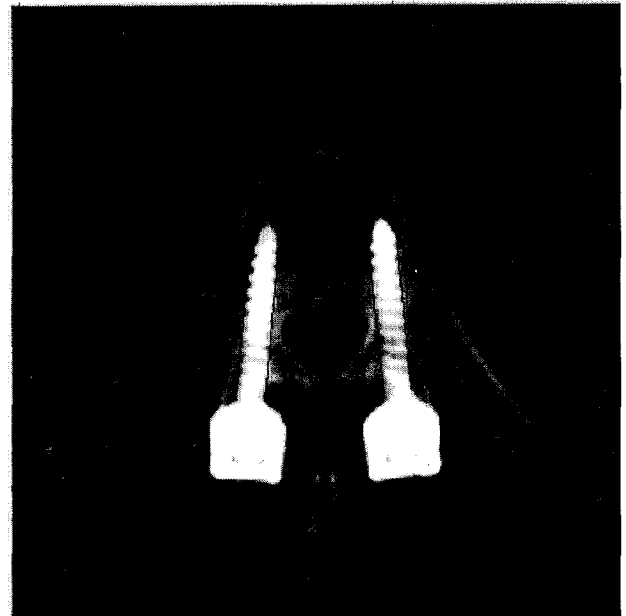
그림 2. 찾은 Screw의 중심선.

2.2. Bone 영상의 획득 방법

그림 2는 bone의 margin이 뚜렷하게 나타나는 영상에서와 기존의 영상에서의 Screw의 Margin을 동시에 표시해준다.



a) Original Image에 Screw의 Boundary



b) W/W level을 조정 한 Image에서의 screw의 Boundary

그림 3 Screw의 Boundary와 CT 이미지

그림 3에서 알 수 있듯이 Screw의 Boundary를 오리지널 이미지에서 더 정확하게 찾을 수 있고 Bone과 Screw를 별다른 처리 없이 Window width level을 조정함으로써 Screw의 Metal Artifact 효과를 감소시킨 영상을 얻을 수 있다.

3. 결 과

본 algorithm을 이용하여 pedicle screw에 의해 발생하는 metal artifact를 최소한으로 감소시키고 정확한 size의 screw를 그려줌으로써 Pedicle screw 삽입시술 후 촬영한 CT를 더 정확히 판독할 수 있다.

References

1. K. Bowyer, N. Ahuja, "Advances in Image Understanding", IEEE Computer society press, 1996
2. R. Crane, "A simplified approach to image processing", Prentice Hall PTR, 1997