

3.0 Tesla MRI 시스템을 이용한 생체 조직의 임피던스 영상 복원에 대한 연구

오석훈¹, 이병일¹, 이수열¹, 우응제¹, 조만형¹, 서진근², 권오인³¹경희대학교 동서의료공학과, ²연세대학교 수학과, ³건국대학교 수학과

목적 : 생체 조직의 전기적 conductivity 분포는 의공학의 많은 분야에 적용될 수 있다. 신경의 action potential의 신호 전과과정을 관찰하거나, 열적 치료에 있어서 전기 자극에 대한 전류 분포를 알 수 있다. 뇌기능 연구에 있어서 뇌의 conductivity 분포에 대한 정보는 뇌 활성 영역을 정확하게 찾는 데 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 fMRI와 EEG를 융합하는 연구 또는 EEG와 MEG를 융합하는 연구에 적용될 수 있다. 이러한 conductivity 분포는 기존의 EIT 기술에 의하여 측정될 수 있으나 EIT 기술은 전극수의 제한에 따른 측정 data의 부족, 해상도 저하, inverse-problem에 대한 한계점등이 있다. 한편, 최근에는 본 연구진을 통하여 MREIT 즉, MRI 시스템과 harmonic B_z 알고리즘을 이용하여 물체의 회전 없이 높은 해상도의 conductivity 분포를 알 수 있는 방법이 개발되고 있다. 본 연구에서는 이러한 기술을 이용하여 생체 조직의 conductivity 분포를 측정하는 방법과 결과를 제시하고자 한다.

대상 및 방법 : 전류를 주입하기 위하여 생체 조직 팬텀에 4개의 전극을 부착하고 그 중 전극 2개를 선택하여 2쌍의 전류주입 방향을 설정한다. 이때 주입되는 DC전류에 대하여 전극 간에는 전압이 생긴다. 한편 물체 내부에는 주입된 전류에 의한 전류밀도 분포가 형성되며 이것에 의한 z 방향의 magnetic flux density B_z 를 MRI 시스템을 이용하여 측정하고 이 B_z data를 이용하여 2차원의 conductivity 분포 영상을 복원한다. 실험에 사용된 생체 조직의 종류는 돼지근육, 닭가슴살, 소 간, 소 혀이며 임피던스 분석기(4192A, HP, USA)로 측정한 conductivity는 각각 0.64 S/m, 0.60 S/m, 0.41 S/m, 0.68 S/m였다. B_z 영상을 얻기 위하여 gradient-echo 펄스열을 이용하였으며 전류는 펄스열과 동기를 맞추어 10ms/48mA를 주입하였다. MR 영상parameter는 TR=1000ms, TE=14ms, FOV=200x200mm², slice thickness=3mm, average=8, matrix size=128x128, flip angle=75°, number of slice=8이었으며 3.0T MRI 시스템(Magnum 3.0T, Medinus Inc., Korea)을 사용하였다. 팬텀 내부의 지름과 길이는 모두 140mm였다.

결과 : MRI를 이용한 생체조직의 전기전도도 복원을 위하여 harmonic B_z algorithm이 사용되었으며 복원된 생체조직의 전기전도도는 돼지 근육, 닭가슴살, 소 간, 소 혀에서 각각 0.59 S/m, 0.52 S/m, 0.44 S/m, 0.64 S/m의 높은 정확도로 복원 되었다. Conductivity 영상의 해상도는 1.56x1.56mm²이었으며 영상의 크기는 90x90 pixel이었다.

결론 : 본 연구에서는 3.0T MRI 시스템을 이용하여 생체 조직의 conductivity 분포를 복원하였다. 생체에 대한 전기 안전도의 입장에서 적은 전류주입량은 B_z 영상의 SNR저하를 초래하여 복원되는 conductivity 영상의 정확도가 낮아지는 한계가 있지만 B_z 영상의 denoising기법과 복원 알고리즘을 개발하고 있고 imaging 영역에서는 phase영상의 SNR을 높이는 실험방법을 개발하고 있다. 따라서 이러한 개발이 좀 더 진전된다면 앞으로 있을 살아있는 생체 조직 실험에 대한 전망이 밝다고 할 수 있다.