

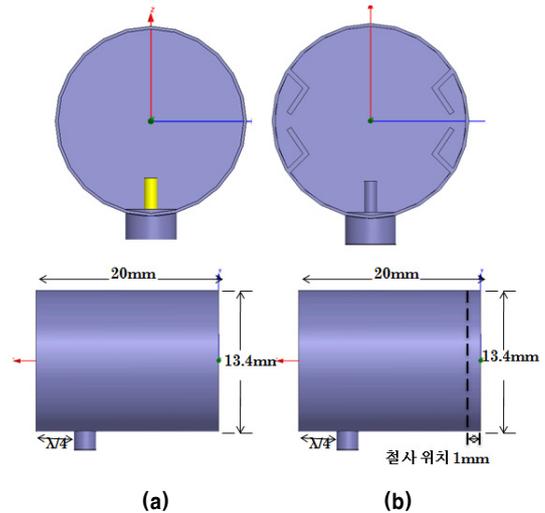
전계분포 균일성 향상을 위한 철사 도파관 안테나 설계 및 제작

밤바후 바트나이람달\*, 홍종탁\*, 청창울\*  
 서울시립대학교\*, 전자전기컴퓨터공학과\*

Design and Realization of Metal Waveguide Antenna for Improving Electric field Uniformity

Batnairamdal Byambaakhuu\*, Jong-Tak Hong\*, Changyul Cheon\*  
 University of seoul\*

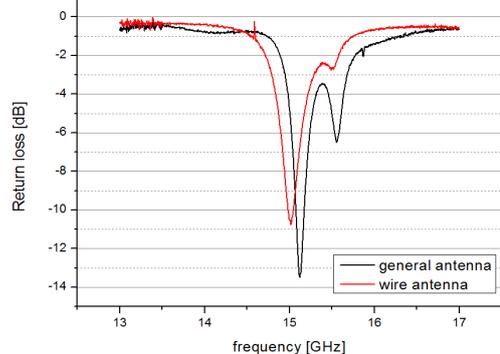
**Abstract** - 본 논문에서 하지 정맥 치료를 위한 마이크로파 시스템에서 사용될 가열 안테나의 전계 분포를 균일하게 형성시키기 위해 철사 도파관 안테나를 설계 및 제작하였다. 일반적인 도파관 안테나에 경우 안테나 중심 부분에 전계가 가장 세게 분포되어 온도가 다른 곳에 비해 차이가 많이 나므로 인체 피부가 화상을 입을 위험이 있다. 제안된 철사 도파관 안테나는 끝단에 가느다란 철을 이용하여 전기장을 철사 부분에 집중시켜 안테나 중앙 부분에 집중된 전기장을 분산되도록 설계하였다. 따라서 전기장을 스스로 하는 온도도 균일하게 분포하게 된다. 제안된 철사 도파관 안테나 내부의 전계 분포는 Ansoft사의 HFSS, 온도 분포는 CST사의 MWS(Microwave Studio)를 이용하여 시뮬레이션을 하였고, 일반적인 안테나 경우보다 더 균일한 전계와 온도 분포 특성을 보임을 확인하였다. 제작된 철사 안테나는 사용 주파수 15GHz에서 -10dB 이하의 반사 손실을 보였다. 또한 안테나 타당성을 검증하기 위해 개구면 앞에 패지 쪼뼀테기를 두고 일정시간 가열하여 일반 안테나와 제안된 철사 도파관 안테나 온도 분포를 비교하였다. 열화상 카메라를 이용한 실험결과 일반 안테나에 경우 중앙과 가장 자리부분 사이에 약 29°C, 제안된 철사 도파관 안테나에 경우에는 약 12.5°C의 차이를 보였다. 이를 통해 제안된 철사 도파관 안테나가 전계 분포 균일성 향상에 기여함을 확인하였다.



<그림 1> (a)일반 원형 도파관 안테나 (b)철사 창착한 도파관 안테나

$$f_{c_{nm}} = \frac{k_c}{2\pi\sqrt{\mu\epsilon}} = \frac{\rho'_{nm}}{2\pi a\sqrt{\mu\epsilon}} \quad (1)$$

여기서  $f_{c_{nm}}$ 은 TE<sub>nm</sub> 모드에서 차단주파수,  $\mu, \epsilon$ 은 도파관 내부를 채우고 있는 물질의 유전율과 투자율이고 a는 도파관의 반지름이다.  $k_c$ 은 TE<sub>nm</sub> 모드에서 wave number 이다. 본 안테나에서 TE<sub>11</sub> 모드를 사용하였다. 제안된 안테나의 균일도를 비교하기 위해 같은 조건으로 일반 원형 도파관 안테나를 설계하였으며 <그림 1.a>에 보였다. 안테나를 정합을 시킨 15GHz에서 -10dB 이하에 반사 손실을 보였다<그림 2>.



<그림 2> 제작된 안테나 반사 손실

1. 서 론

최근 들어 운동 부족, 비만, 유전, 임신, 나이, 직업, 흡연 등으로 인하여 하지 정맥류 환자들이 늘어나고 있다. 따라서 그에 대한 관심도가 높아지고 치료법도 여러 가지가 연구되고 있다. 기존에 하지 정맥류 치료술에는 보존 요법, 혈관 강화요법, 정맥 내 레이저 수술법들이 있는데 치료시간이 길고, 기술이 까다롭고, 비용이 많이 든다는 등 당점들이 있다, 그래서 이러한 단점을 보완할 수 있는 고주파를 이용한 정맥류 치료법에 대한 관심이 증대되고 있다.

본 논문에서는 인체 피부와 유전율 차이를 따른 전자파 흡수율을 이용한 치료에 사용될 전계분포가 균일한 도파관 안테나를 설계 및 제작하였다. 제안된 도파관 안테나는 개구면 끝단에 2mm X 1.5mm 길이에 4개의 철사를 장착한 구조를 가지며, 전체적으로 균일한 전계와 온도 분포 특성을 갖도록 설계하였다. 패지 쪼뼀테기에 적용한 온도 분포 실험을 통하여 제안된 철사 도파관 안테나의 타당성을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 안테나 설계

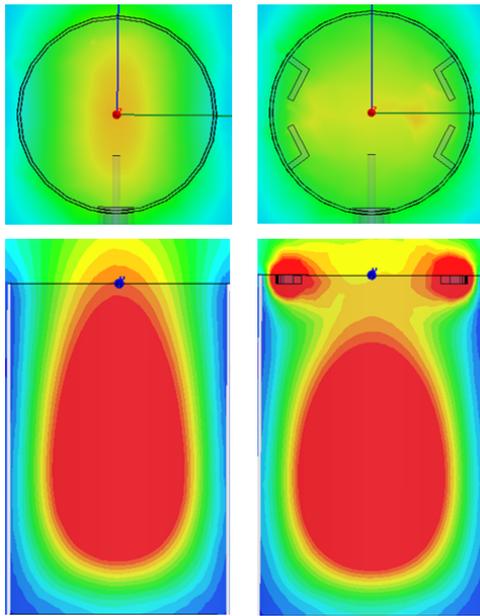
안테나를 이용한 하지 정맥 치료는 균일한 전계와 온도분포를 요구한다. 일반적인 도파관은 모노 폴 안테나가 위치하는 가운데 부분과 가장자리 부분에 전계 사이가 심하게 있어 불규칙한 가열을 발생시킨다<그림 3.a>. 그래서 인체를 균일하게 가열시키기 위해서 개구면 끝단 가느다란 4개의 철사를 설치하여 설계하였다. 철사가 피부에 직접 닿으면 피부 쿨링에 의해서 제안된 안테나의 성능을 볼 수 없으므로 철사를 개구면 끝단에서 약 1mm 떨어진 지점에 위치시켰다.

원형 도파관 안테나의 내부는 공기로 채워져 있다고 가정하였다. 질은 구리다. 안테나 급전 모드는 모노 폴 안테나를 사용하였으며 도파관 밑단으로부터  $\lambda/4$ 의 거리에 위치시켰다. 모노 폴 안테나 길이는 2.5mm다. 내부 크기는 다음 식으로부터 구하였다.

2.2 전계 및 온도 분포 시뮬레이션

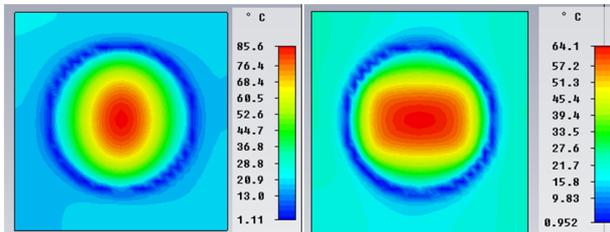
일반 원형 도파관 안테나와 철사를 설치한 안테나의 전계 분포를 <그림3>, 온도 분포를 <그림 4>에 보였다. <그림 3.a>는 일반 안테나의 xy 평면과 xz 평면에서 시뮬레이션 결과이며 모노 폴 안테나가 있는 X 축 방향으로 전계 세기가 집중되는 것을 확인할 수 있었다. 반면에 철사를 창착한 안테나의 경우에는 전

체 면적에 걸쳐 전계 세기가 균일하게 분포되는 것을 확인 할 수 있다<그림 3.b>.



<그림 3> (a)일반 원형 도파관 안테나와 (b)철사를 창작한 안테나의 전계 분포

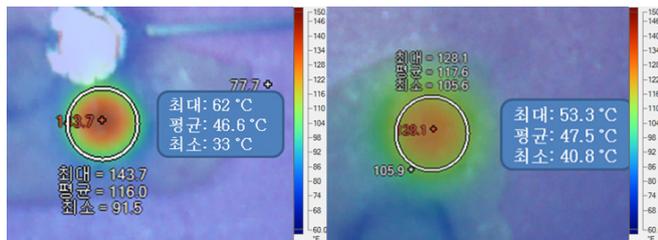
안테나 온도 분포는 CST 사에 MWS(Microwave Studio)를 이용하여 시뮬레이션을 하였으며 모의 인체 피부 모델링을 하여 피부에서 온도 분포를 측정하였다. 시뮬레이션 결과 철사를 이용하여 제안된 안테나 경우 일반 안테나 보다 더 온도 분포가 균일함을 확인하였다<그림4>.



<그림 4> (a)일반 원형 도파관 안테나와 (b)철사를 창작한 안테나의 시뮬레이션을 이용한 온도 분포

### 2.3 측정 경과

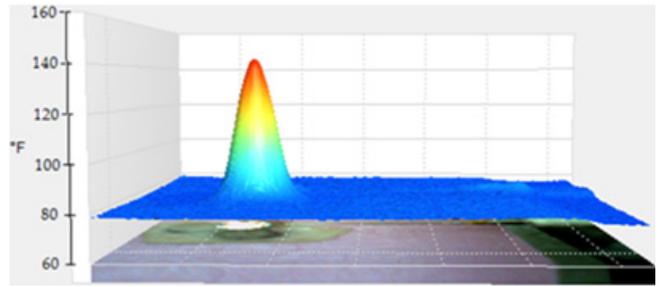
제안된 안테나의 온도 분포를 측정하기 위해 돼지 껍데기를 이용한 온도 분포 실험을 구성하였다. 실험은 15GHz에서 3분 동안 안테나에 1W 파워를 인가하여 대상체의 온도 분포를 측정하였다. 제안된 안테나의 온도 분포를 비교하기 위해 일반 안테나와 동일한 조건으로 실험을 진행하였다. 돼지 피부의 온도 분포를



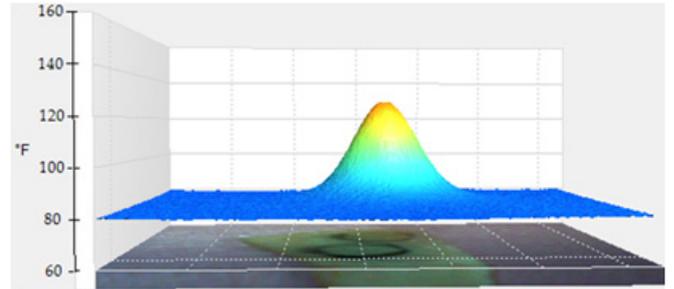
<그림 5> (a)일반 원형 도파관 안테나와 (b)철사를 창작한 안테나의 열화상 카메라로 찍은 온도 분포

보다 정확하게 측정하기 위해 온도 측정을 위한 열화상 카메라를 이용하였으며 실험 시 실내 온도는 약 25.2°C이다. 실험결과

는 일반 안테나의 중앙부분과 가장자리 온도차가 29°C, 제안된 안테나의 온도차가 12.5°C로 철사를 설치하였을 때 더 균일한 온도분포를 갖는 것을 확인하였다<그림 5><그림 6>.



(a)



(b)

<그림 6> (a)일반 원형 도파관 안테나와 (b)철사를 창작한 안테나의 열화상 카메라로 찍은 온도 분포 (3D 화면에서)

### 3. 결 론

본 논문에서 하지 정맥 치료를 위한 마이크로파 시스템에서 사용될 가열 안테나의 전계 분포를 균일하게 형성시키기 위해 철사 도파관 안테나를 설계 및 제작하였고, 그 타당성을 검증하였다. 제안된 안테나는 균일한 반사를 위해 개구면 끝단에서 1mm 떨어진 거리에 4개의 철사를 설치하였다. 제안된 안테나의 전계 분포와 온도분포는 시뮬레이션을 하여 일반 원형 도파관보다 더 균일한 전계 및 온도 분포 특성을 보임을 확인하였다. 제작된 안테나 사용 주파수는 15GHz이며 -10dB이하의 반사손실을 보였다. 설계 타당성을 검증하기 위해 돼지 피부를 이용한 실험을 진행하여 일반 안테나와 비교하였다. 실험결과 일반 안테나에 경우 중앙과 가장 자리부분 사이에 약 29°C, 제안된 철사 도파관 안테나에 경우에는 약 12.5°C의 차이를 보였다. 이를 통해 제안된 철사 도파관 안테나가 전계 및 온도 분포 균일성 향상에 기여함을 확인하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Wanghyun Kim, "A New Method for Remedy of Varicose Vein Using Horn Antenna", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, 2010
- [2] 김왕현, "전자파를 이용한 모세혈관 확장증 치료에 관한 연구", 2009년도 대한전기학회 하계학술대회, 2009
- [3] Tao Zhou, William T. Joines, "Metal Waveguides with Uniform Electric Field Distributions", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, 2008