

실리콘 전극을 이용한 요실금치료기의 개발

이 종국, 강 현수, 권 성호, 이수열
건국대학교 의과대학 의공학과

Development of urinary incontinence therapy system using silicone electrodes

Jong Kuk Lee, Hyun Soo Khang, Sung Ho Kwon, Soo Yeol Lee

Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Konkuk University

ABSTRACT

Urinary incontinence therapy system has been developed using electric stimulation and bio-feedback techniques. In the electric stimulation, bipolar current pulses with the frequency of 10-50Hz were applied to vagina muscle. To alleviate possible skin burning caused by locally focussed current, silicone electrodes rather than conventional steel electrodes have been developed.

1. 서 론

출산 후의 여성이나 중년 이후의 여성들은 질 근육의 약화나 신경 계통의 기능 저하로 인해 요실금에 시달리는 경우가 많다. 종래에는 요실금 치료를 위해 약물 요법이나 수술 치료를 받았으나, 최근에는 질 근육 주위에 저주파 전기 펄스를 가하여 질 근육을 강제적으로 수축 시키는 방법을 쓰거나, 질 근육 수축 시 근육에 발생하는 근전도 신호를 감지하여 이를 환자가 보게 함으로써 질 근육 수축 운동을 적극적으로 하게 하는 바이오피드백 기법을 쓰는 방법이 개발되어 임상적으로 그 이용이 확산되고 있다.^{1,2} 질 근육에 전기 펄스를 인가할 때 일반적으로 스테인레스강으로 만든 전극을 쓰고 있는데, 스테인레스강의 전기전도도는 질 근육의 전기전도도에 비해 너무 커서 스테인레스강 전극 주위에 전류가 국부적으로 집중되는 문제가 있다. 전류가 국부적으로 집중되면 그 부위에 과도한 열이 발생하여 잘못하면 환자가 화상을 입을 수 있기 때문이다.

2. 방 법

본 연구에서는 요실금 전극으로 전기전도도가 매우 높은 스테인레스강 대신 탄소가 첨가된 실리콘을 사용하였다. 스테인레스강의 전기전도도는 약 10^7 mho/m로 매우 큰데 반

해 실리콘의 전기전도도는 근육의 전기전도도와 비슷한 수준인 1-5 mho/m로 조정할 수 있기 때문이다. 그림 1에 개발한 전극의 단면도를 나타내었다.

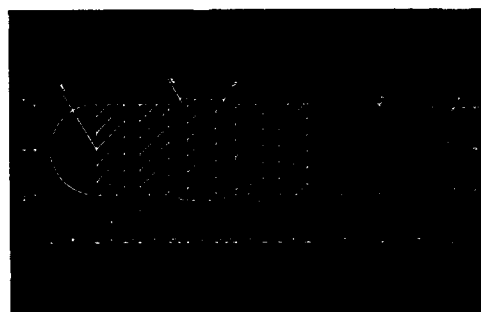
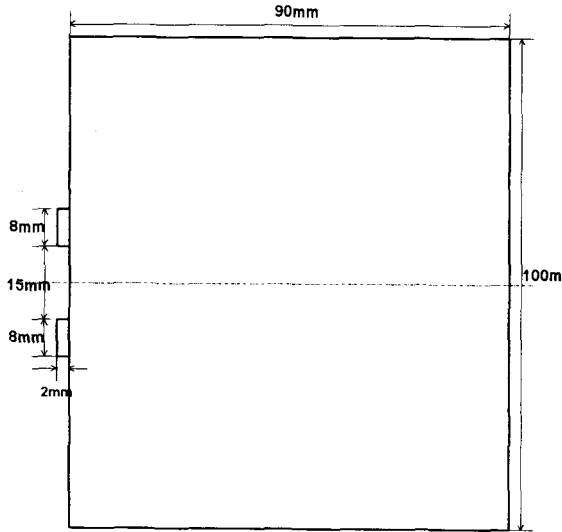


그림 1 실리콘 전극의 단면도
Fig. 1 Cut view of the silicone electrode

주파수가 다른 전기 펄스를 동시에 인가할 수 있도록 전극 수를 2개로 하였으며 근전도 신호를 측정할 때 기준점을 잡기 위한 기준 전극을 중앙에 삽입하였다. 요실금치료기는 8bit 주프로세서부와 8 bit 부프로세서부로 구성되어 있다. 주프로세서는 컴퓨터로부터 전기 자극 및 바이오피드백 프로토콜을 다운로드 받아 이를 해독하여 파형 정보를 만들거나 근전도 신호를 처리하여 도시하는 역할을 담당하며, 부프로세서는 주프로세서가 주는 파형 정보를 이용하여 자극용 전기 펄스파형을 만드는 역할을 담당한다.

실리콘 전극을 쓰는 경우 스테인레스강 전극에 비해 전류가 국부적으로 집중되는 정도가 적음을 확인하기 위해 전극으로부터 질 근육으로 유입되는 전류 분포를 유한요소법을 이용해 구하였다. 그림 2에 유한요소법 모델을 보였다. 유한요소법 모델은 전극의 형상을 따라 원통대칭형을 택했고 분석의 편의상 한 개의 전극 쌍에 대해 전류 분포를 구했다. 유한요소법 S/W로는 Infolytica사의 Magnet

5.0을 사용하였다. 전극이 삽입되어 있는 질근육의 전기전도도는 0.8 mho/m로 가정하였으며 전극의 전기전도도는 실리콘과 스테인레스강에 대해 각기 0.8 mho/m, 10^7 mho/m를



가정하였다.

그림 2 유한요소법 모델
Fig. 2 The FEM model

3. 결과

그림 3에 유한요소법으로 구한 전류 분포를 보였다. 그림 3에서 전극은 스테인레스강인데 전극의 양쪽 끝 부분에 전류가 몰려 있는 것을 알 수 있다.

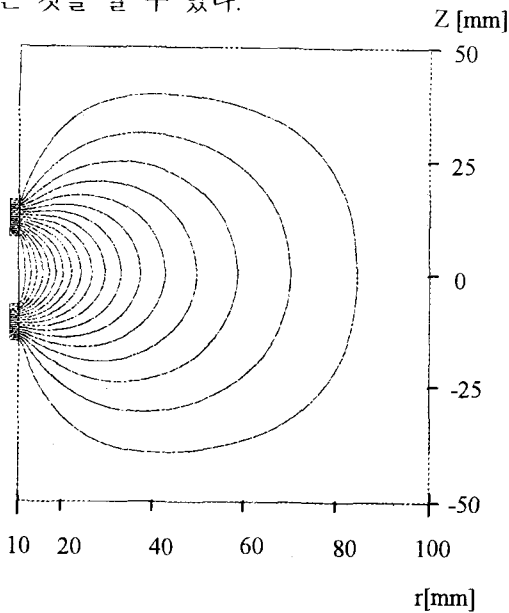


그림 3 질근육 내 전류 분포
Fig. 3 Current distribution inside the vaginal muscle

이와 같이 전류가 국부적으로 몰리게 되면 그 부위에서 과도한 발열이 생겨 환자로 하여금 화상을 입히게 할 수도 있다. 그림 4에 전극이 스테인레스강인 경우와 실리콘인 경우 전극 바로 옆 부위에서의 전류 분포를 상호 비교하였다. 그림 4에서 수평 길이는 전극의 폭과 같은데 스테인레스강인 경우 실리콘보다 전류가 집중되는 현상이 약 2배 큰 것을 알 수 있다. 이것은 국부적으로 발열되는 정도가 스테인레스강이 약 4배 크다는 것을 의미한다.

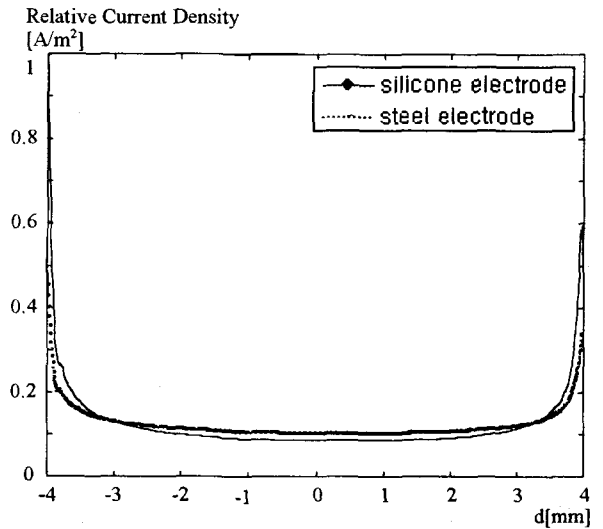


그림 4 전극 부위의 전류 분포
Fig. 4 Current distribution around the electrodes

4. 토 의

본 논문에서는 요실금 치료에 있어 실리콘 전극이 스테인레스강 전극보다 화상을 입을 위험성에 있어 훨씬 안전하다는 것을 유한요소법을 이용하여 증명하였다. 전극의 형상을 판형이 아닌 곡면형으로 할 경우 전류 집중 현상을 더욱 완화할 수 있는데 이에 대한 연구를 앞으로 더 수행할 계획이다.

참고문헌

- [1] M. Fall, and S. Lindstrom, "Electrical stimulation: A physical approach to the treatment of urinary incontinence", Urologic Clinics of North America, Vol.18, No.2, pp393, 1991
- [2] C.T. Teague, and D. C. Merrill, "Electric pelvic floor stimulation", Investigative Urology, Vol.15, No.1, 1976