

## 고주파 열치료(Radiofrequency ablation)에 이용되는 내부 냉각 전극(Internally cooled needle electrodes)을 이용한 간 소작법의 유용성 실험

### ABSTRACT

#### An Experimental Study on Hepatic Ablation using an Internally Cooled Needle Electrodes in Radiofrequency Ablation

*Department of Diagnostic Imaging, Samsung medical center*  
Jung Hwan Han, Jung Hyun Ahn, Won Sik Park

The purpose of this study was to determine the factors influencing on the size of Radiofrequency ablation using an internally cooled needle electrodes in cattle liver. Ablation procedures involved the use of cool-tip RF system generator and internally cooled needle electrodes. - 16 gauge single with cluster (three closely spaced (1 cm) electrodes are used - (Tyco health care group, Radionics, U.S.A).

The ablation protocol in fresh cattle liver comprised of combination of ablation time and impedance.

Following ablation the maximum diameter of all coagulation lesions was measured on a longitudinal section of the specimen.

At single tip 3 cm electrode the shape of spherical coagulation lesion with cluster electrode. Each electrodes, coagulation size similar at the same factor. (Ablation time, impedance)

But increase coagulation size to additionally increase of ablation time. The sizes of coagulation lesions produced by the use of internally cooled needle electrodes were predictable varying according of electrode type, electrode length, and ablation time.

**Key Words** : Radiofrequency ablation, internally cooled needle electrodes, ablation time, impedance, electrode length

## I 서론

1970년대부터 체표면 뿐만 아니라 인체 내 깊은 곳에 위치한 종양을 치료하기 위한 연구가 시작되었으며, 이후 간암에 대한 치료는 괄목할 만한 발전을 거듭하여 1990년대 들어서면서 고주파 열을 이용한 간암 치료에 까지 이르게 되었다.

고주파 열 치료 술은 초음파 유도 하 간암 병소에 전극이 달린 바늘을 암 세포 내에 삽입 후 고주파를 발생시켜 종양조직을 선택적으로 응고시키는 시술로 미국식품 의약품국(FDA), 국내 식품 의약품 안전청(KFDA)의 공인을 받은 치료법이다.

이러한 고주파 열 치료를 이용한 영상-유도 종양 제거(image-guided tumor ablation) 방법 중, 내부 냉각 전극(internally cooled electrode)을 이용한 방법이 최근 들어 각광을 받고 있다. 이 시술은 병변의 크기에 따라 사용 전극이 다양하게 적용되는데, 이는 치료 효과를 예상할 수 있다는 장점 때문이다.

이에 이 시술과 연관이 있는 고주파 시술 관련 조건(임피던스, 시술 시간)을 적출된 소간을 이용하여 직접 변화시키는 실험으로 얻어진 응고 범위를 측정 후, 전극과 응고 범위의 관계를 분석하여 이 시술의 유용성에 대한 평가를 하고자 한다.

## II 연구 대상 및 방법

cool-tip RF system generator(Radionics사 제조; 최대 200 Watts(W))를 이용하였고(Fig. 1), 초음파 장비(SEQUOIA512)를 이용하여 Radio frequency ablation 과정의 변화를 확인하도록 하였다.

고주파 열 치료에 사용되는 내부 냉각 전극은 단독형과 군집형의 두 형태로 크게 나뉘지는데, 본 실험은 단독형(외침 16 gauge) 전극 3cm(절연되지 않은 응고 가능 범위) 크기와 3개의 전극을 가지고 있는 군집형(cluster, 외침 각 16 gauge) 전극 2.5cm(절연되지 않은 응고 가능 범위)를 사용하였다.

실시 시술과 같은 조건으로 맞추기 위하여 전극 내부 냉각 온도를 10°~20° 범위가 되도록 냉각수로 적정하게 유지한 상태에서 접지 pad도 각각의 상태에 맞게

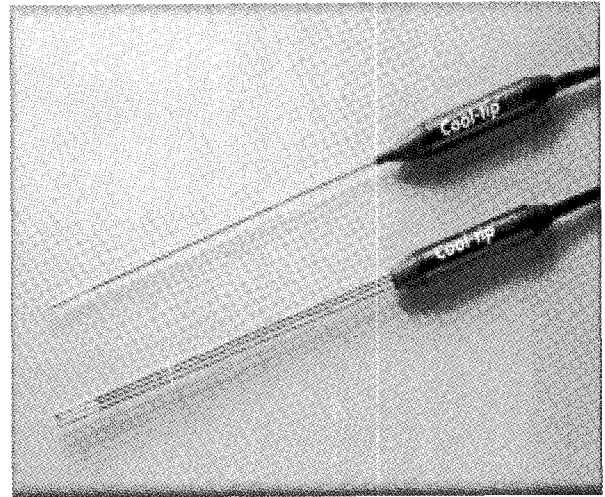


Fig. 1. 단독형(single)과 군집형(cluster) internally cooled electrode

부착한 상태에서 동일한 조건으로 실험을 시행하였다. 조직의 교류저항 변화, 소작 시간 변화 등을 주면서 열성 병변 영역의 최대 직경을 절단면에서 측정 후 각 전극별로 비교 분석하였다. 조직 교류저항 및 시간은 cool-tip RF system generator에 표시되는 값에 맞춰 조절하였다. 적출된 소간은 12시간 이내의 신선한 간을 이용하였다.

1. 단독형 전극은 시간을 12분으로 고정된 상태에서 조직 교류저항( $\Omega$ )을 60, 90, 100 등으로 조건 변화를 주고 각각 20회씩 소작을 시행한 후 최대 직경을 측정하였다.
2. 군집형은 12분으로 소작 시간 설정 후 조직 교류저항을 60, 70 등으로 변화시킨 후 최대 직경을 각각 20회씩 소작을 시행한 후 측정하였고, 소작 시간을 15분으로 변경하여 교류저항을 60으로 한 후 실험을 하여 12분의 결과와 비교하였다.

소작된 부위의 최대 직경 측정이 잘 되게 하도록 실험 전극을 소간의 최대 두께 부위에 삽입하였으며, Radio frequency ablation 시술 후 소작 부위의 중심부를 외과용 칼을 이용하여 종축으로 잘라서 최대 직경을 측정하도록 하였다.

소작된 열성 병변의 최대 직경은 기존 실험 논문들에서 적용하는 바와 같이 "흰색 영역(white zone)"과 "적색 테두리(red zone)"를 함께 포함하여 측정하였다(Fig. 2).

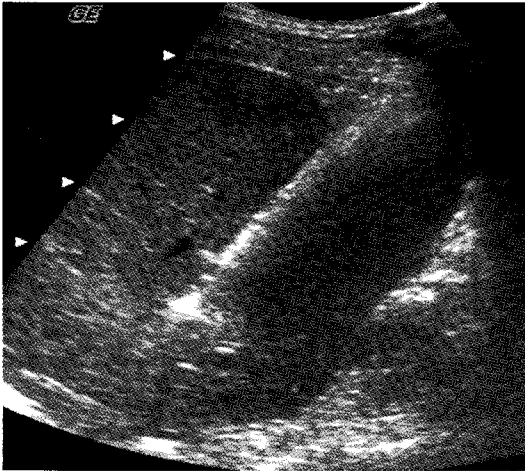


Fig. 2. single 3 cm internally cooled electrode coagulation size

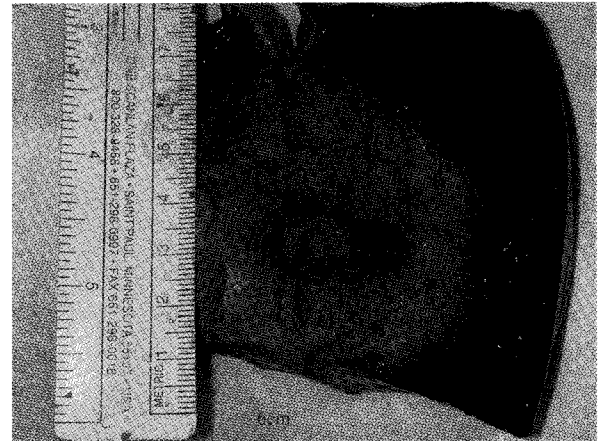
### III 결 과

cool-tip RF system generator(Radionics사 제조)는 최대 200 Watts(W)가 발생되며 전극에서 감지되는 조직 교류저항(impedance), RF currents, RF watt, (수동과 자동 조절 가능) 전극의 내부 온도가 표시되어 각각의 상태를 확인 할 수 있다. 표면부에서의 소작 실험 시, 소작되는 조직에서 열에 의한 수증기 발생 등으로 형성되는 미세공기방울을 관찰할 수 있었으며, 이는 실제 시술 시 초음파 영상(Fig. 3B)으로 확인되는 고 에코 영역(hyper echoic zone)임을 확인 할 수 있었다.

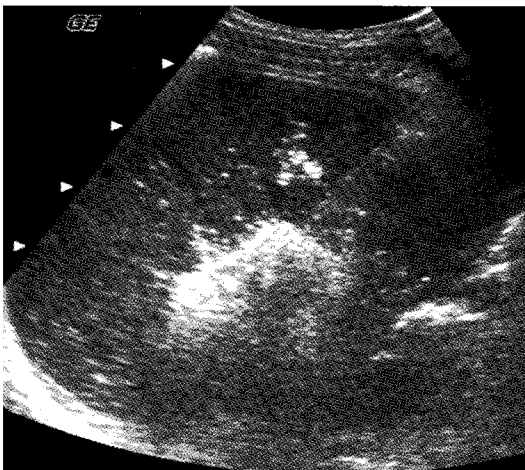
단독형 전극 3 cm으로 소작시간을 12분으로 고정하고 임피던스( $\Omega$ )를 60, 90, 100으로 변화하여 각 20회 크기를 측정한 소작 크기는 유의한 차이가 없었으며,



A. needle targeting



A. cluster



B. 고주파 열 치료 영상



B. 3 cm single

Fig. 3. 내부냉각 방식 고주파 전극을 이용한 초음파 영상

Fig. 4. 3 cm 단일형 전극을 이용한 열성 병변 계측

표 1. single 3 cm electrode  
(impedance 변화 : time 12 min fix)

Impedance( $\Omega$ )	Average size
60	3 cm
90	3 cm
100	3 cm

표 2. single 3 cm electrode (time 변화)

Ablation time	shape	Average size
12 min	round	3 cm
16 min	oval	4.4 cm * 4.7 cm

표 3. single 3 cm electrode  
(impedance 변화 : time 15 min fix)

impedance( $\Omega$ )	Average size
60	4 cm
90	4 cm
100	4 cm

표 4. cluster electrode (impedance 변화 : time 12 min fix)

impedance( $\Omega$ )	Average size
60	6 cm
90	6 cm
100	6 cm

표 5. cluster electrode (impedance 변화 : time 15 min fix)

impedance( $\Omega$ )	Average size
60	7 cm
90	7 cm
100	7 cm

최대 직경은 모두 3 cm으로(표 1) 나타났다. 소작한 부위의 형태도 마찬가지로 모두 동그랗게 묘출되었다(Fig. 4B).

또한 소작시간을 15분으로 조절 20회에 걸쳐 최대 직경을 측정한 결과 평균 최대 직경은 4 cm로(표 3) 나

타났고, 소작된 형태 또한 거의 균일한 원형으로 관찰되었다. 이어서 소작 시간을 16분으로 변경 후 임피던스( $\Omega$ )를 60으로 맞춘 후 10회 실험한 결과에서는 응고 부위가 oval형태로 변화되어 나타났으며 크기는 (평균) 가로 4.4cm, 세로 4.7cm로 나타났다(표 2).

군집형(cluster type)의 경우 소작 시간은 12분으로 고정하고 임피던스( $\Omega$ )를 변화하면서 각 조건마다 20회씩 실험한 크기는 60, 90, 100 모두 6 cm이었으며 소작된 모양도 단일형과 마찬가지로 동그란 형태로 나타났다(Fig. 4A)(표 4).

소작시간을 15분으로, 임피던스( $\Omega$ )를 60, 90, 100으로 한 실험에서 열성 병변의 최대 직경은 7 cm로 측정되었으며 모두 같은 크기로 나타났다(표 5).

## IV 결론 및 고찰

적출된 소간에 내부 냉각 방식 고주파 전극을 이용한 고주파 열 치료에 있어서 전극의 형태(single 3 cm, cluster)에 따른 소작 열성 병변의 크기와 조직 저항(임피던스), 소작 시간 등의 상관 관계를 확인할 수 있었다.

특히 조직 교류저항의 변화에서는 실지 간암 치료에서 나타나는 수치 범위에서 실험하였으며, 그 결과소작 부위의 크기에 영향을 미치지 않고, 소작 시간의 증가가 그 소작 크기 증가에 관여하는 것을 확인 할 수 있었다.

그리고 소작 시간의 증가에 있어서도 15분 이상이 되면 열성 병변의 형태가 round하지 않고 oval한 모양으로 되는 것을 확인하였다. 이를 통하여 내부 냉각 방식 고주파 전극을 이용한 Radio frequency ablation으로 소작되는 열성 병변의 크기는 전극의 형태(길이, 모양), 소작 시간 등에 따라 달라지는 것을 확인 할 수 있었다.

소작 시간의 계속적인 증가에 따른 열 치료술 실험 결과에 있어서, 그 치료의 범위는 예측할 수 있는 범위가(소작된) 표현되어져야 하는데, 한 방향(바늘의 주행 방향으로)으로 oval한 형태의 치료가 진행되므로 이와 연관성을 가지고 종양이 surgical margin에 충분히 포함될 수 있도록 치료 시간 및 전극의 적용을 고려하여야 함도 확인할 수 있었다.

실제 간암환자에 있어 내부 냉각 전극을 이용한 열 치료 시 종양의 위치와 종양 자체 상태(예를 들면 내부

과사), 적용되는 전극의 크기 및 전극 형태의 차이, 주변 혈관의 발달 및 진행 상태 등에 따라 조직 교류저항 값이 차이가 난다. 그리고 실제 종양의 열 치료 시 주위에 큰 혈관이 분포하고 있으면 혈관 내 혈류의 흐름으로 인한 열 씻김 현상(Heat sink)이 생겨 소작되는 크기에 영향을 받게 된다.

그렇기 때문에 고주파 열 치료술 적용에 있어서 최대한 혈관의 영향을 적게 받는 위치로 초음파 유도 하 고주파 전극을 종양 중심부에 위치시킨 후 시술을 시행한다.

본 실험에 적용된 소 간은 적출 된지 12시간 이내의 싱싱한 상태였지만, 생체와 같이 주위 혈관 분포 등 치료에 영향을 줄 수 있는 factor가 배재된 상태에서 임피던스 및 소작 시간에 따른 소작 범위의 연관 관계를 확인하는데 목적을 두었다.

실험에서와 같이 내부 냉각 전극을 이용하여 적출한 소 간에 적용한 열 치료술은 소작 시간 및 전극의 크기, 전극의 형태에 따라 예견 가능한 다양한 크기의 소작 부위를 만들어 낼 수 있어서 실제 간 암 병변 등의 시술 적용 시, 종양의 크기에 따른 적절한 길이의 전극

과 치료 시간의 적용으로 목적하는 결과를 얻을 수 있으리라 생각한다.

최근 발표된 논문에 의하면 절제 수술을 시행한 경우와 고주파 열 치료술을 시행한 경우의 생존율 등에 대한 비교 자료에서 비슷한 결과를 얻고 있음이 확인되고 있기에 이 치료법의 적용은 날로 증가하리라 사료된다.

## 참고문헌

1. 백형철 외 ; 내부냉각형 고주파전극을 이용한 간 소작법의 실험적 연구 : 소작시간, 출력전력의 크기에 따른 소작부위의 크기 및 병리조직학적 연관. Korean Radiological Society, 55th annual convention, Seoul, Scientific program, April 21 - 22, J Korean Rad Soc. 2000; (p):89
2. 조창민 외 ; 간세포암의 치료에 있어 고주파 열치료와 간절제술의 임상성적: 후향적 비교 조사 연구. 512 대한 간학회지 (추계), 2003