

<원저>

고주파 열치료 장비의 Cool-Tip 온도에 따른 소간의 소작 특성

- Ablation Characteristics of Bovine Liver According to Cool-Tip Temperature of RFA Equipment -

서울대학교병원 영상의학과·¹⁾한서대학교 방사선학과최영재·김정구¹⁾

— 국문초록 —

본 연구는 고주파 열치료 시 내부냉각방식 cool-tip의 냉각수 온도에 따른 소작 특성을 확인하기 위하여 소간을 이용하여 냉각수 온도변화에 따른 소간의 소작 특성의 변화를 통해 냉각수 온도변화와 소작 특성의 상관관계를 확인하고자 하였다.

실험에 사용된 소간은 2 cm cool-tip 사용 시 $4 \times 4 \times 4 \text{ cm}^3$, 3 cm인 cool-tip 사용 시에는 $6 \times 6 \times 6 \text{ cm}^3$ 로 소간을 절제하였으며, 소작된 소간은 MRI를 이용하여 영상검사를 실시하였으며, Freehand 기법으로 소작된 부위의 면적과 둘레를 측정하였다.

2 cm, 3 cm cool-tip을 사용하여 6분, 12분 소작 시 cool-tip 온도가 상승함에 따라 면적과 둘레는 감소함을 나타냈으며, cool-tip 온도와 면적 및 둘레의 상관관계는 통계학적으로 유의한 결과를 나타내었다($p=.000$). 소작 범위에 대한 실제 측정과 MRI를 이용한 측정을 비교한 결과 MRI를 이용한 면적과 둘레 측정이 더 정확한 것을 확인하였으며, 대응표본 T-검정을 이용한 통계적 결과 또한 유의하였다($p=.038$). 고주파 열치료 장비의 cool-tip 냉각수 온도가 증가함에 따라 소간의 소작 범위가 감소한 원인은 고주파 열치료 장비의 에너지가 정확히 전달되지 못하고 탄화가 발생하기 때문이다.

따라서 고주파 열치료에서 탄화의 발생을 줄이고, 고주파 에너지가 정확히 전달되어 치료 효과를 높이기 위해서는 냉각수의 온도를 낮은 온도로 일정하게 유지하여 사용하여야 고주파 열치료의 효과가 증대될 것이라 사료된다.

중심 단어: 고주파 열치료, 간세포암, Cool-Tip

I. 서 론

2013년 발표된 중앙 암 등록본부의 통계에 의하면 2011년 우리나라 암 발생은 연간 218,017건이었으며, 그 중 원발 간암 (primary liver cancer, 이하 간암)은 남녀를 합쳐 16,463건으로 전체암 발생의 7.6%로 5위를 차지하였다. 성별에 따른 발생건수는 남자가 12,189건으로 남성 암 중에서 4위를 차지하였고, 여자는 4,274건으로 여성 암 중에서 6위를 차지하였으며, 남녀 성비는 2.85:1로 남성에게서 더욱 많

이 발생하였다. 남녀를 합친 연령대별 발생 분포를 보면 50대가 28.6%로 가장 많았고, 60대가 26.0% 70대가 22.3%의 순으로 발생하였다. 최근 보고된 우리나라 10대 암의 5년 암 상대생존율에 따르면 간암의 암 생존율은 28.6%로 점차 개선되고 있으나 2007년~2011년 사이 발생한 우리나라 전체 암 환자의 5년 상대생존율 66.3%에 비하면 아직도 매우 불량한 예후를 보이고 있고, 전체 간암 중 간세포암 (hepatocellular carcinoma)은 약 76%를 차지하고 있다¹⁾.

간세포암의 진단방법으로는 침습적 방법인 간조직 검사와

교신저자: 김정구 (136-713) 충남 서산시 해미면 대곡리 360

한서대학교 방사선학과, Tel: 041-660-1055 / E-mail: jkkim@hanseo.ac.kr

접수일(2015년 03월 31일), 심사일(2015년 05월 11일), 확정일(2015년 06월 09일)

영상 및 종양표지자검사를 이용한 비침습적 방법을 통해 진단 하며, 영상의학적 진단에 대한 민감도를 종합하면 초음파는 61~67%, 전산화 단층촬영 (Computed Tomography; CT)은 68~91%, 자기공명영상 (Magnetic Resonance Imaging; MRI)은 81~100%로 보고되었다²⁾. 간경변증을 가지고 있는 환자에서 우연히 또는 감시검사 중 간결절이 발견되었을 때는 간세포암 가능성을 염두에 두고 역동적 조영증강 CT 또는 MRI 검사를 시행하여야 한다. 이 역동적 영상검사에서 간세포암의 특징적인 소견, 즉 간실질과 비교하여 동맥기 조영증강과 문맥-지연기 조영감소 소견이 있다면 이 결절은 간세포암으로 진단할 수 있고³⁾, 역동적 조영증강 CT 또는 MRI, 간동맥혈관조영술 세 가지 영상검사들 중 두 가지 이상에서 합당한 소견이 있을 때 간세포암종으로 진단할 수 있다⁴⁾.

간세포암으로 진단받은 환자들 중 대다수는 문맥압항진증, 간기능 저하, 다발성 종양, 문맥침습, 종양주변으로 충분한 절제구역 확보 불가능, 고령, 동반질환 등의 이유로 비수술적 치료법을 선택하게 된다⁵⁾. 비수술적 방법 중 현재 가장 널리 이용되고 있는 방법이 고주파 열치료 (Radiofrequency Ablation; RFA)이다. 고주파 열치료는 조직 내에 삽입된 하나 혹은 다수의 전극을 통해 매우 빠른 고주파 전류를 흘려보내 조직에 열을 가하여 응고 괴사를 일으키는 국소치료술이다. 이러한 고주파 열치료는 초음파 유도하에 시행하는 것이 일반적이지만, 일부 환자에서는 개복술 혹은 복강경 수술을 통하거나 CT 유도 하에 시행하기도 한다⁶⁾.

특히 임상에서 고주파 열치료 시 가장 많이 사용을 하고 있는 내부냉각방식 cool-tip은 single electrode kit, cluster electrode kit, multiple switching electrode kit이 있으며, 바늘의 굵기는 17G이고, 내부에 차가운 생리 식염수가 지나가게 되어 전극이 과열되는 것을 막고 일정하게 유지시키는 방식이다⁷⁾. 내부 온도를 10~20°C로 유지 시켜주며 내부에 두 개의 내강이 있어 하나는 냉각수가 유입되고 다른 하나는 냉각수가 배출되는 구조로 되어 있다. 이렇게 낮은 온도를 유지 시켜주는 이유는 고주파로 인해 조직 수소이온에서 마찰열을 발생하게 되는데 이 때 전극의 온도가 너무 높아지면 전극 부위가 탄화되면서 더 이상 소작 병변이 만들어 지지 못하는 것을 막고 높은 전류가 전극에서 좀 더 떨어진 조직까지 잘 전달되고, 열전도가 잘 될 수 있게 하기 위해서 내부냉각방식 cool-tip을 사용한다⁸⁾. 고주파 열치료 시 cool-tip의 열효율은 치료효과의 가장 중요한 지표중 하나이다. 전극의 과열이나 전극 끝에서 발생하는 미세기포의 기화 및 탄화현상에 의해 저항이 증가하고, 마찰에 의한 열전도의 감소가 소작 효율을 떨어뜨리는 요인이 된다. 고주파 에너지가 정확히 전달이 되지 않으면, 종양을 충분히 괴사시

킬 수 없고, 종양의 재발 가능성 또한 높아진다⁹⁻¹⁰⁾.

따라서 본 연구에서는 고주파 열치료 시 내부냉각방식 cool-tip의 냉각수 온도에 따른 소작 특성을 확인하기 위하여 적출된 소간 (bovine liver)을 이용하여 소작을 실시하여 냉각수 온도변화에 따른 소간의 소작 특성의 변화를 통해 냉각수 온도변화와 소작 특성의 상관관계를 확인하고자 하였다.

II. 실험 대상 및 방법

1. 실험 대상

고주파 열치료 장비의 cool-tip에 대한 온도 변화에 따른 소작 특성을 확인하기 위하여 도축장에서 도축된 신선한 소간을 사용하였다. 소간에 신선도를 유지하기 위하여 4°C 저온상태로 냉장 보관하면서, 실험 시 소간을 20°C 상온에 노출해서 고주파 소작에 필요한 적절한 크기로 절제한 후 실험에 사용하였다. 소간의 절제는 exposure 범위가 2 cm cool-tip 사용 시에는 4×4×4 cm³로 exposure 범위가 3 cm cool-tip 사용 시에는 6×6×6 cm³로 소작 시마다 절제하여 사용하였다.

2. 실험 방법

절제된 소간에 대한 소작 특성을 확인하기 위하여 전극의 크기가 2 cm, 3 cm인 내부냉각방식 cool-tip을 사용하였으며, 소작시간은 각각 6분과 12분으로 구분하였다. 소작방법은 금속으로 만들어진 용기를 이용하여 금속판에 접지패드를 두 개 붙이고 소작을 하였으며, 냉각수의 온도 변화는 10~20°C, 21~30°C, 31~40°C, 41~50°C로 변화시켜 소작을 진행하였다(Figure. 1). 또한 소간의 소작된 부위를 절제하여 실제 측정된 측정값과 MRI로 영상을 얻어 측정된 측정값과의 차이를 비교분석하였다.

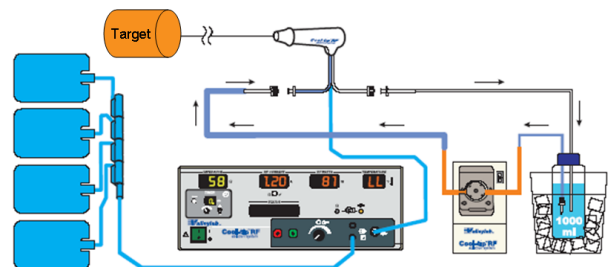


Figure 1 Schematic of diagram for cool-tip RF Ablation equipments

소작된 소간의 소작 범위를 확인하기 위하여 MRI (3.0T

Achieva Rel. 2.6, Philips, Hollland)를 이용하여 영상 검사를 실시하였다. 도축된 소간을 절제하여 사용하였기 때문에 일반적인 간 검사 시 사용하는 torso coil을 사용하지 않고 small part coil 중 foot & ankle coil을 사용하였다. 영상 구현 조건으로는 T2 TSE sequence를 적용하였으며, 각각의 파라메타는 slice thickness 3 mm, no gap, matrix size 300×296, voxel size 0.3 mm, TR 2,250 ms, TE 100 ms의 조건으로 스캔하였다. 구현된 영상에 대하여 Figure. 2와 같이 Extended MR Workspace를 이용하여 freehand 기법으로 각각의 소작된 부위의 면적과 둘레를 측정하였다.

온도변화에 따른 면적과 둘레에 대한 연관성을 확인하고자 SPSS(Ver.18)을 사용하여 두 변수 간의 관련성과 방향성을 검정하고자 단순상관분석을 실시하였다.

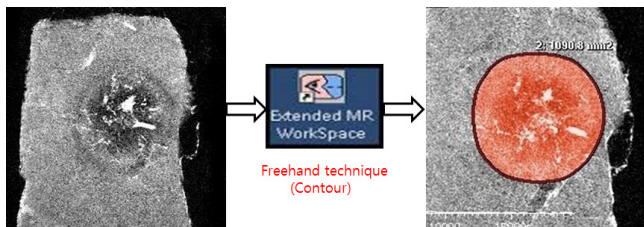


Figure 2 Images of ablation measurements using of Extended MR Workspace

또한 실제로 소작한 소간을 MRI 스캔이 끝난 후 육안으로 확인되는 소작된 부위의 횡축과 종축의 지름을 줄자를 이용하여 측정하였으며(Figure. 3), 실제 측정값과 Extended MR Workspace를 이용한 측정값의 차이를 확인하기 위해 대응표본 T검정을 실시하였다.

III. 연구 결과

1. Cool-Tip의 온도변화에 따른 소작 범위

- 1) 2 cm cool-tip으로 6분간 소작.

Exposure type이 2 cm인 cool-tip을 이용하여 6분간 소작한 범위에 대한 면적과 둘레를 상관관계로 분석하였다 (Table 1). 면적의 평균값은 356.16 mm²이며, 둘레의 평균값은 77.12 mm로 측정되었다. 또한 온도의 변화에 따라 소작범위의 면적과 둘레는 통계적으로 유의하였다($p=.000$).

Table 2는 온도변화에 따른 면적과 둘레의 상관계수를 나타내었다. 온도변화와 면적의 관계의 방향은 음수이며 상관계수 r 값은 $-.896$ 으로 온도가 상승함에 따라 면적이 감소하는 부(-)의 관계가 있다는 것을 확인하였다. 또한 온도변화와 둘레의 관계의 방향 또한 음수이며 상관계수 r 값은

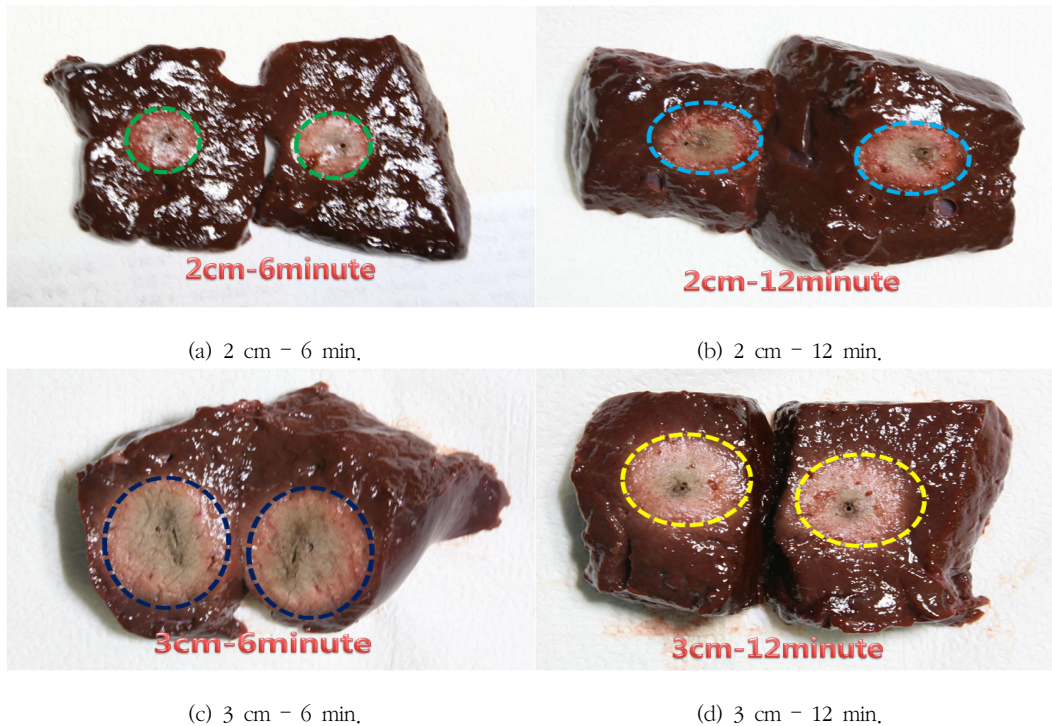


Figure 3 The pictures of ablated bovine liver using Cool-tip RF Ablation equipments

-.862로, 온도가 상승함에 따라 둘레 또한 감소하는 부(-)의 관계가 있다는 것을 확인하였다.

면적과 둘레의 상관계수 r 값은 .982로 면적의 변화와 둘레의 변화가 정(+)적인상관성이 매우 높은 것으로 확인되었으며, 이것은 냉각수의 온도가 증가에 따라 면적과 둘레가 감소함을 확인할 수 있었다.

2) 2 cm cool-tip으로 12분간 소작.

Exposure type이 2 cm인 cool-tip을 이용하여 12분간 소작한 범위에 대한 면적과 둘레를 상관관계로 분석하였다 (Table 3). 면적의 평균값은 423.12 mm²이며, 둘레의 평균값은 83.42 mm로 측정되었다. 또한 온도의 변화에 따라 소작 범위의 면적과 둘레는 통계적으로 유의하였다($p=.000$).

Table 4는 온도변화에 따른 면적과 둘레의 상관계수를 나타내었으며, 온도변화에 따른 면적의 상관계수는 -.978로 나타났으며, 온도변화에 따른 둘레의 상관계수는 -.985로 나타났다. 이는 온도가 상승함에 따라 면적과 둘레가 감소하는 의미하며, 상관성 또한 매우 높게 나타났다.

2. MR 영상을 이용한 소작범위 측정값과 실제 측정값과의 비교 분석

Figure 4는 소작한 소간을 줄자를 이용하여 측정한 영상으로 (a)는 실험 시 실제 소작한 소간의 횡축을 측정한 영상이며, (b)는 소작한 소간의 종축을 측정한 영상이다.

Table 5는 3 cm cool-tip으로 소간을 6분간 소작하였을 때 줄자를 이용하여 실제 측정값과 MRI를 이용한 측정값의 차이를 대응표본 T검정을 통하여 비교분석한 결과이다.

MRI 측정 시 평균값은 697.78 mm²로 나타났으며, 줄자를 이용한 실제 측정의 평균값은 654.80 mm²로 나타났다. MR 측정과 실제 측정이 차이를 보이는 것을 시사하며, 대응표본 T검정을 시행한 결과 p 값은 0.007로 나타났으며 MRI 측정과 실제 측정의 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

Table 6은 3 cm cool-tip으로 소간을 12분간 소작하였을 때 실제 측정값과 MRI 영상을 이용한 측정값의 차이를 비교 분석한 것이다. MRI 측정 시에 평균값은 858.45 mm²이었으며, 실제 측정 시 평균값은 818.25 mm²로 나타났다. 2 cm cool-tip과 마찬가지로 MR 측정과 실제 측정이 차이를 보이는 것으로 나타났으며 p 값은 0.013로 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

Table 1 Measurements of area and perimeter according to temperature change in 6 min, ablation using 2 cm cool-tip

	$M \pm SD$	P value
Area	356.16 \pm 38.26(mm ²)	.000
Perimeter	77.12 \pm 5.75(mm)	.000

Table 2 Correlation coefficient of area and perimeter according to temperature change in 6 min, ablation using 2 cm cool-tip

	Temperature Change	Area	Perimeter
Temperature Change	1		
Area	-.896**	1	
Perimeter	-.862**	.982**	1

Table 3 Measurements of area and perimeter according to temperature change in 12 min, ablation using 2 cm cool-tip

	$M \pm SD$	P value
Area	423.12 \pm 83.93(mm ²)	.000
Perimeter	83.42 \pm 7.86(mm)	.000

Table 4 Correlation coefficient of area and perimeter according to temperature change in 12 min, ablation using 2 cm cool-tip

	Temperature change	Area	Perimeter
Temperature change	1		
Area	-.978**	1	
Perimeter	-.985**	.966**	1

Table 5 Comparison between actual and MRI measurements in 6 min. ablation using 3 cm cool-tip

	$M \pm SD$ (mm)	t	P
MRI	697.78 \pm 129.66	6.743	.007
Actual	654.80 \pm 132.48		

Table 6 Comparison between actual and MRI measurements in 12 min. ablation using 3 cm cool-tip

	$M \pm SD$ (mm)	t	P
MRI	858.45 \pm 187.28	5.320	.013
Actual	818.25 \pm 193.93		

V. 고찰

본 연구에서 고주파 열치료의 영향을 줄 수 있는 다양한 인자들 중 내부냉각방식 cool-tip에 순환되는 냉각수의 온도 변화에 따라 소작범위의 변화를 관측하였으며, 실제 측정범위와 MRI 영상을 이용한 측정범위의 변화에 관하여 비교하였다.

Exposure type이 2 cm cool-tip을 사용하여 6분과 12분 소작 시 냉각수의 온도가 증가함에 따라 면적과 둘레의 변화는 점차적으로 감소하는 것을 확인하였으며, 온도에 따른 면적과 둘레의 변화는 통계적으로 유의함을 나타냈었다 ($p=.000$). 고주파 열치료 시술 중 냉각수의 온도가 증가하고, 20°C 이하를 유지하지 못하면 출력이나 전류밀도, 출력증강 방법, 소작시간, 고주파 에너지 등에 문제가 발생한다¹¹). 이러한 문제점 등으로 인하여 열효율의 저하가 발생하여 오랜 시간 열을 인가한다면 환자에 대한 통증 조절이 되지 않아 시술 시간이 늘어나고 효과적인 치료가 되지 않으며, 그에 따른 환자의 고통도 증가하게 될 것이다.

조직의 소작 범위에 영향을 미치는 다양한 인자들 중 출력 및 전류밀도 소작시간의 영향을 받아 그 범위가 클수록 소작 범위의 크기는 증가하지만 일정 부분 이상에서는 necrotic size는 증가를 하지 않는다는 선행연구들이 있으며, 내부냉각방식 cool-tip의 고주파 전류가 전극에서 정확하고 보다 잘 전달되기 위해서는 바늘 끝의 온도를 낮춰주어 전극의 과열이나 전극 부위의 조직이 탄화가 되는 것을 방지하여 일정한 크기의 조직괴사를 유발시킬 수 있어야 한다^{12,13}).

또한 출력 및 전류밀도, 출력증강방법을 일정하게 유지한 상태에서 내부냉각방식 cool-tip의 냉각수의 온도가 증가하였을 경우 ablation type이 바뀌기 때문에 치료효과의 극대화를 기대할 수 없으며, 안전연(Safety Margin)이 소작범위에서 벗어 날 수 있어, 충분히 괴사 시키지 못하여 불완전한 간세포의 변성, 탄화된 조직, 잔존하는 암세포로 인하여 암의 재발 우려도 증가할 것이다¹⁴).

소작 범위의 평가를 위한 측정방법에서 면적이거나 둘레의 측정 시 육안으로 소작된 병변을 측정한다. 그러나 소작범위 전체가 괴사조직은 아니기 때문에 실제 측정 보다 MRI로 재구성하여 측정하는 방법이 보다 정확할 것으로 사료된다. 이를 확인하기 위하여 소작에 의한 실제 측정과 MRI 측정의 차이를 대응표본 T검정을 실시해본 결과 exposure type이 3 cm cool-tip을 사용하여 6분간 소작 시 통계적으로 유의하였으며($p=.007$), 12분간 소작 시 또한 통계적으로 유의하였다($p=.013$). 일반적으로 실제 고주파 열치료 시술 전, 후에 CT를 이용하여 진단과 치료 후의 성적을 평가한다. 빠르게 영상을 확인하고 검사시간이 짧은 장점이 있는 반면 CT 검사는 환자가 무리한 피폭선량을 받을 수밖에 없는 실정이다. 물론 ICRP 103 권고에 따른 환자에 대한 의료용 피폭량의 한도는 권고하지 않지만^{15~17}), 방사선 피폭에 의한 생물학적 영향을 배제할 수 없으며, MRI는 CT보다 영상학적 진단에 대한 민감도가 높고 피폭에 대한 위험성이 없기 때문에 MRI로 영상을 재구성하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

또한 내부냉각방식 cool-tip의 냉각수 온도변화가 증가함에 따라 소작 범위의 감소가 발생함을 확인하였다. 이러한 원인은 출력 및 전류밀도의 변화와 조직저항의 증가로 인해 고주파 에너지를 정확히 전달하지 못하고 탄화가 발생하기 때문이다. 따라서 다양한 인자들의 효과를 증가시키고, 고주파 에너지를 정확히 전달하기 위하여 냉각수의 온도는 낮은 온도를 유지시켜 치료효과를 높일 수 있도록 해야 할 것이다.

본 연구의 제한점으로는 실제 종양의 조건과 같은 조건의 매질이 아니고 이로 인한 소작 부위의 위축정도와 주변 혈관과의 상관관계에 의한 문제점이 발생할 수 있기 때문이다. 실제 간종양이나 종양 근처의 혈관들로 인해 고주파 열치료 시 소작 부위가 감소하는 것이 가장 큰 문제점중의 하나인데, 혈류에 의한 열 씻김 효과(heat sink effect)를 야기하여 종양의 불완전한 괴사를 초래할 수 있고^{18,19}), 이로 인해 혈관 주위에 완전히 괴사되지 않고 남아있던 종양이

다시 자랄 수 있고, 고주파 에너지가 부적절하여 종양을 완전히 괴사 시키지 못할 수도 있다²⁰. 그러나 실제 종양에서는 열쫂김 효과로 인해 괴사 크기가 형태가 다르게 나타날 수 있지만 적출된 소간에서는 혈류의 흐름이나 혈류 속도에 영향을 받지 않기 때문에 오히려 기존의 혈류를 많이 포함하고 있는 종양보다는 조직의 괴사정도가 소작이 더욱 잘 이루어졌을 것으로 여겨진다²¹. 또한 Extended MR WorkSpace를 이용한 Freehand 기법을 사용하여 안전연(Safety Margin)이 포함된 소작범위 측정 시 약간의 오차 범위는 발생할 수 있겠지만 측정값에 대한 통계학적 접근에는 크게 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

VI. 결 론

고주파 열치료 시 내부냉각방식 cool-tip의 냉각수 온도에 따른 소작 특성을 소간을 이용하여 냉각수 온도변화와 소작 특성의 상관관계를 확인한 결과 cool-tip의 냉각수의 온도변화가 소작 범위와 매우 밀접한 관계가 있음을 확인하였다.

Exposure type이 2 cm, 3 cm cool-tip을 사용하여 6분과 12분 소작 시 냉각수의 온도가 증가함에 따라 면적과 둘레의 변화는 감소하였으며, 통계적으로 유의하였다. 소작에 의한 실제 측정과 MRI 측정의 차이를 확인하기 위해 대응표본 T검정을 실시해본 결과 exposure type이 2 cm cool-tip을 사용하여 6분, 12분 소작 시 통계적으로 유의하였다. 또한 내부냉각방식 cool-tip의 냉각수 온도가 증가함에 따라 소작 범위가 감소하였다. 이것은 출력 및 전류밀도의 변화와 조직저항의 증가로 인해 고주파 에너지를 정확히 전달하지 못하고 탄화가 발생하기 때문이다.

따라서 고주파 열치료 시 다양한 인자들의 효과를 증가시키고, 고주파 에너지를 정확히 전달하기 위하여 냉각수의 온도는 낮은 온도를 유지시켜 치료효과를 높일 수 있도록 해야 할 것이다. 또한 소작범위 측정 시 MRI를 이용하여 고주파 열치료술의 소작범위 측정을 평가 한다면 정확도가 높은 치료평가가 될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 중앙암 등록본부, "2011년 암등록 통계". 국가암등록사업 연례보고서. 보건복지부, 2013
2. Makuuchi M, Kokudo N, Arii S, Futagawa S, Kaneko S, *et al.*: Development of evidence-based clinical guidelines for the diagnosis and treatment of hepatocellular carcinoma in Japan. *Hepatol Res.*, 38(1), 37-51, 2008
3. Colli A, Fraquelli M, Casazza G, Massironi S, Colucci A, Conte D, Duca P: Accuracy of ultrasonography, spiral CT, magnetic resonance, and alpha-fetoprotein in diagnosing hepatocellular carcinoma: a systematic review. *Am. J. Gastroenterol.*, 101(10), 513-523, 2006
4. Piscaglia F, Bolondi L: Recent advances in the diagnosis of hepatocellular carcinoma. *Hepatol Res.*, 37(10), 178-192, 2007
5. 배재형, 홍성우, 허태길, 이혁상: 간절제술로 치료한 파열 간세포암의 특징과 예후. *한국간담체외과학회지*, 10(3), 37-41, 2006
6. Lin SM, Lin CJ, Lin CC, Hsu CW, Chen YC: Randomised controlled trial comparing percutaneous radiofrequency thermal ablation, percutaneous ethanol injection, and percutaneous acetic acid injection to treat hepatocellular carcinoma of 3 cm or less. *Gut*, 54(10), 1151-1156, 2005
7. Shiina S, Tateishi R, Arano T, *et al.*: Radiofrequency ablation for hepatocellular carcinoma: 10-year outcome and prognostic factors. *Am. J. Gastroenterol.*, 107(10), 569-577, 2012
8. Solbiati L, Goldberg SN, Lercy T, *et al.*: Hepatic metastasis: percutaneous radio-frequency with cooled-tip electrodes. *Radiology*, 205(2), 367-373, 1997
9. Lorentzen T: A cooled needle electrode for radiofrequency tissue ablation: thermodynamic aspects of improved performance compared with conventional needle design. *Acad. Radiol.*, 3, 556-563, 1996
10. Goldberg SN, Gazelle GS, Dawson SL, *et al.*: Tissue ablation with radio-frequency using multi-probe arrays. *Acad. Radiol.*, 2, 670-674, 1995
11. Solbiati L, Goldberg SN, Lercy T, *et al.*: Percutaneous treatment of small hepatic tumor by an expandable RF needle electrode. *Am. J. of Roentgenology*, 170, 1015-1022, 1998
12. Dachman AH, McGehee JA, Beam TE, Burris JA, Powell DA: Sonography-guided percutaneous laser ablation of liver tissue in a chronic pig model. *Radiology*, 176(1), 129-133, 1990
13. Goldberg SN, Solbiati L, Hahn PF, *et al.*: Large-volume

- ume tissue ablation with radio-frequency by using a clustered internally cooled electrode technique : laboratory and clinical experience in liver metastases, *Radiology*, 209(2), 371-379, 1998
14. Goldberg SN, Hahn PF, Halpern EF, *et al.*: Radio-frequency tissue ablation: effect of pharmacologic modulation of blood flow on coagulation diameter, *Radiology*, 209, 761-767, 1998
 15. Huda W, Ogden KM, Khorasani MR: Converting dose-length product to effective dose at CT, *Radiology*, 248(3), 995-1003, 2008
 16. National Research Council: Committee to Assess Health Risks from Exposure to low Levels of Ionizing Radiation, BEIR VII Phase 2, National Academy Press, 2006.
 17. ICRP publication 103. *Ann ICRP: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, 37, 1-332, 2007
 18. Lu DS, Raman SS, Vodopich DJ, *et al.*: Effect of vessel size on creation of hepatic radiofrequency lesions in pigs: assessment of the heat sink effect, *Am. J. of Radiology*, 178, 47-51, 2002
 19. Magahan JP, Brock JM, Tesluk H, Gu W-Z, Schnelder P, Brown-ing PD: Hepatic ablation with use of radio-frequency electro-cautery in the animal model, *J. Vasc. Interv. Radiol.*, 3(2), 291-297, 1992
 20. Hyo Keun Lim: Radiofrequency Thermal Ablation of Hepatocellular Carcinoma, *Korean J. Radiol*, 1(4), 175-184, 2000
 21. Lu DS, Raman SS, Limanond P, *et al.*: Influence of large peritumoral vessels on outcome of radio-frequency ablation of liver tumors, *J. Vasc. Interv. Radiol*, 14, 1267-1274, 2003.

•Abstract

Ablation Characteristics of Bovine Liver According to Cool-Tip Temperature of RFA Equipment

Young-Jae Choi·Jeong-Koo Kim¹⁾

Radiology, Seoul National University Hospital

¹⁾*Dept. of Radiological Science, Hanseo University*

This study confirmed the correlation between the change of the cooling water in internal cooling system and the size of the ablation site of bovine liver in RF heat treatment equipment.

The bovine liver was resection with $4 \times 4 \times 4$ cm³ in 2cm cool-tip and with $6 \times 6 \times 6$ cm³ in 3cm cool-tip for the experiments. Area and perimeter of the ablation site for bovine liver were measured by Freehand techniques of MRI.

It showed area and perimeter decreased during cool-tip temperature rises 6 and 12 minutes ablation using a 2cm and 3cm cool-tip. The correlation of cool-tip temperature and area and perimeter was statistically significant the result are shown($p=0.000$). The measurements of area and perimeter were more accurate with MRI in actual measurements and MRI for ablation range. The statistical results using Paired sample *T*-test was also significant($p=0.038$). The ablation range of bovine liver decreased according as cooling water temperature increases in RF heat treatment equipment for reason of carbonization occurred due to does not accurately pass the RF energy. Therefore, it is considered the effect of RF heat treatment would be increased if the temperature of the cooling water consistently maintain the low temperature in order to reduce the generation of carbide at RF heat treatment and RF energy is delivered accurately.

Key Words : Bovine liver, RF heat treatment equipment, Cool-tip temperature