대한방사선의학회지 2002;46:25 - 31

토끼의 정상 신장의 초음파 유도하 고주파열치료:
전산화단층촬영과 병리조직학적 연관[1]

김상원 · 이정민 · 김종수 · 이상훈

목적: 토끼의 정상 신실질에서 내부 냉각 단일형 침을 이용한 경피적 고주파열치료의 효용성 및 안정성을 평가하고, 시술 후 추적 검사시 이중시기 나선식 CT에서 열치료의 형태 및 범위를 잘 반영할 수 있는지를 알아 보고자 하였다.

대상과 방법: 뉴질랜드 산 흰 토끼 26마리를 대상으로 초음파유도하에 경피적으로 17 G, 1 cm의 노출 금속단을 가진 내부 냉각형 단일 침과 고주파 발생기를 사용하여 우측 신장의 하극부에 2분간의 열치료를 시행하였다. 시술 후 조직의 파괴정도와 합병증의 발생 유무의 추적관찰을 위해서 시술직후와 시술후 24시간, 2일, 3일, 1주일, 2주일, 3주일, 4주일, 5주일, 6주일과 7주일후에 이중시기 나선식 CT를 시행하고 시기별로 급성기(시술직후 10마리), 아급성기{1일(3마리), 2일(3마리), 3일째(1마리): 8마리}, 만성기{1주일(4마리), 2주일(2마리), 4주일(1마리), 7주일(1마리): 8마리}로 분류하고 고주파열치료한 부위의 크기와 모양에 대하여 CT소견과 적출한 토끼의 신실질 병리소견을 비교 분석하였다.

결과: 시술직후 시행한 조영증강 이중시기 나선식 CT에서 고주파열치료가 시행된 부위는 모든 군에서 조영증강 되지 않는 저음영을 보였다. 만성기에는 이중시기 나선식 CT에서 열치료 부위가 급성기나 아급성기에 비해 크기가 감소, 국소화되었으며, 조영전 CT에서 열치료병변 주위로 석회화가 보였고, 조영후 고주파열치료된 병변 주위로 주변부 조영증강을 보였다. 병리학적으로 급성기에는 염증 세포의 침윤과 응고성 괴사를 보였으며, 만성기에 주변 정상 조직과 명확한 경계를 이루고 있었고 이와 함께 관상피 조직의 완전한 소멸과 사구체가 파괴된 소견이 동반되었다. 이중시기 나선식 CT와 적출 후 육안적으로 측정한 열치료병변의 최대 직경은 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 ($r=0.884$, $p > 0.05$).

결론: 내부 냉각 단일형 침을 사용한 고주파열치료는 안전하고 효과적인 국소 조직파괴방법이며, 조영증강 나선식 CT에서 조영 결손으로 보이는 병변의 크기는 열치료병변의 크기와 잘 연관되었다. 따라서, 고주파열치료는 작은 크기의 신장암의 치료에 있어서 덜 침습적이고 안전하며 효과적인 방법으로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 열치료한 병변의 추적 관찰 시에 이중시기 나선식 CT가 유용한 방법으로 생각된다.

신원 - 보존 시술의 발달과 함께 신종괴의 치료를 보다 덜 침습적으로 시행할 수 있는 방법들인 냉동요법 (1, 2), 미세 전자파 열치료 요법 (3), 고강도 집중 초음파 (4), 고주파열치료 등을 통한 신조직의 절제술도 최근 시행되고 있다. 이들 방법들 중 냉동요법과 고주파 열치료는 가장 많이 시행되고 있다. 하지만, 냉동요법은 흔히 수술과 함께 시행되며, 복강경이나 경피적 접근도 사용할 수 있으나 24 Fr정도의 큰 피막의 사용이 필요하다. 또한 미세 전자파나, 고강도 집중 초음파, 또는 레이저와 같은 방법은 큰 열치료병변을 만들지 못하는 단점이 있다. 이에 반하여 고주파 에너지는 많은 양의 조직의 괴사가 유발될 수 있으며, 비용이 적고, 시술이 쉽고, 안전하여 치료 효과가 안정적이어서 고령의 수술이 불가능한 환자들에게 시술이 가능하다는 장점들이 있어 최근 여러 장기의 악성종양의 치료에 사용이 증가하고 있다 (17). 악성종양의 고주파 열치료는 주로 간세포암과 전이성 간암의 치료에 사용되어 왔으며, 이 치료법은 적절히 선정된 경우의 작은 신병변의 치료에 역할을 담당할 수 있으리라 생각한다.

신장의 고주파열치료에 관한 초기 연구에서 주로 동물과 사람에서 수술로 고주파열치료를 시행한 후 수술적 절제로 조직을 얻어 열치료의 성과를 평가하여 이 시술이 매우 효과적인

[1]전북대학교병원 진단방사선과
이 논문은 2001년 5월 29일 접수하여 2001년 10월 8일에 채택되었음.

것으로 보고하였다 (6, 7). 하지만, 이들 연구에서 열치료병변의 추적검사방법으로 가장 흔히 사용되는 CT에서 열치료병변의 영상소견 및 CT가 실제 열치료병변의 크기 및 모양을 잘 반영할 수 있는 지에 관한 기술은 없으며, 대부분의 시술이 수술이나 복강경을 통하여 이루어져 실제 경피적으로 고주파열치료를 시행하는 것이 유용한 지에 관하여 평가할 필요가 있다. 이에 저자들은 이 연구에서 경피적으로 시행한 고주파열치료의 효과와 합병증 발생유무, 고주파열치료 시행 후 시간의 경과에 따른 병리학적 소견과 CT상 소견의 변화, 그리고 CT상 보이는 병변과 실제 병리학적 병변의 크기간의 비교 분석을 시행하여 고주파열치료의 효과 판정에 있어 이중시기 나선식 CT의 효용성 및 내부 냉각 단일형 침을 통한 고주파열치료의 국소적 신종괴의 임상적 치료에 있어 기초자료를 제공하고자 하였다.

대상과 방법

실험동물

체중 2.5 - 3 kg의 건강한 New Zealand white rabbit을 이용하였다. 모든 토끼에 대해 우측 신장의 하극부에 고주파열치료를 시행하였다. 실험동물은 시술 후 시기에 따른 병리학적 변화와 CT영상소견의 변화를 평가하기 위하여 총 26마리를 시기별로 제1군 {급성기: 시술직후 이중시기 나선식 CT 시행후 희생시킴} 10마리, 제2군 {아급성기: 시술후 1일(n=3), 2일(n=3), 3일째(n=1)에 각각 이중시기 나선식 CT 시행후에 희생시킴} 8마리와 제3군 {만성기; 시술후 1주일 단위로 이중시기 나선식 CT 시행 후 1주(n=4), 2주(n=2), 4주(n=1), 7주(n=1)에 각각 희생시킴} 8마리로 분류하였고 예정된 시간에 CT를 촬영한 후 희생시켰다.

고주파열치료

실험에 사용된 고주파 발생기는 최대 출력이 200 W이며 최대 2000 mA까지의 전류를 발생시킬 수 있는 500 KHz의 단극형 고주파 발생기(CC - 1: Radionics, Burlington, MA)를 사용하였다. 고주파 발생기에는 현재 발생하는 전력, 조직 저항값, 전류, 전극침의 온도 등이 표시된다. 전극침은 직경이 17 G인 1 cm의 노출 금속단을 가진 내부냉각 단일형 침(Cool - tip single RF electrode)을 사용하였다. 전극침은 내부에 두개의 내강이 있어 그 한곳으로는 냉각수가 유입되고 다른 곳으로는 더워진 유출수가 순환이 가능하도록 설계되었다. 전극침의 내부냉각을 위하여 순환펌프(Watson Marlow Wilmington, Mass)를 이용하여 0 ℃의 생리식염수를 10 - 25 mL/min의 속도로 유지되도록 하였다.

생체 실험(In Vivo Experiments)

토끼는 Ketamine(50 mg/kg), Xylazine(5 mg/kg)을 근육 주사하여 마취를 유도하였고 추후 마취의 유지를 위해 Ketamine 10 mg을 추가로 주사하였다. 감염의 예방을 목적으로 시술 전에 광범위 항생제인 cephazolin (CEPHAMEZIN Inj.®: 동아제약, 서울, 한국) 25 mg/kg을 토끼의 이정맥으로 주사하였다. 토끼는 고주파열치료를 시행할 우측 상복부 부위와 접지패드(grounding pad)를 붙일 반대측의 털을 제거한 후 좌측와위로 준비를 하였다.

고주파열치료를 위한 전극침은 초음파유도하에 피부를 통하여 신장 하극부에 깊이 1 cm로 거치 시킨 후, 펄스형 불연속 열치료방식(pulsed technique)으로 50 W의 전력을 2분간 흘려 열치료를 시행하였다.

이중시기 나선식 CT

고주파열치료후 모든 토끼에서 이중시기 나선식 CT를 시기별로 시행하였다. 급성기에 속하는 토끼들(10마리)은 시술직후 이중시기 CT 시행후 바로 희생시켰다. 아급성기에 속하는 토끼들은 시술후 1일(3마리), 2일(3마리), 3일째(2마리)에 각각 이중시기 나선식 CT를 시행한 후에 희생시켰다. 만성기에 속하는 토끼들은 시술 후 1주(4마리), 2주(2마리), 4주(1마리), 7주(1마리)에 희생을 시켰는데, 희생 전에 1주일 단위로 이중시기 나선식 CT를 각각 시행하였다. 고주파열치료시에 시행했던 방식대로 마취를 시킨후 토끼를 앙와위로 테이블 위에 고정하였다.

이중시기 나선식 CT는 Somatom plus 4 (Siemens, Erlangen, Germany)로 시행하였다. 촬영 조건은 3 mm 두께, 1.6 pitch로 해서 시술한 신장을 횡단면으로 촬영하였다. 조영제는 총 8 - 9 mL의 울트라비스트(Ultravist(r), Schering, Berlin, Germany)를 사용하였는데 미리 확보한 이정맥을 통해서 직접 손으로 약 초당 2 cc의 속도로 주입하였다. 먼저 조영제 주입 전 영상을 얻어낸 뒤에, 조영제 주입 시작 후 약 30초 후와 60초 후 조영 강조 영상을 얻었다.

병리표본의 제작 및 관찰

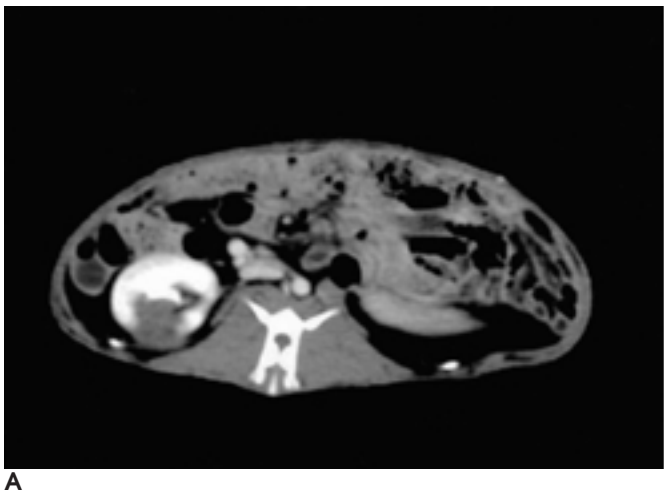
각각의 토끼를 2% lidocaine HCl (Lidocaine®: 광명제약, 경기도, 한국) 5 mL를 심장 내에 직접 주입 하여 희생시킨 후 개복하여 신장을 약 3 mm 두께의 CT의 단면과 유사하게 절개한 후 육안적으로 고주파열치료에 의한 신조직의 변화를 관찰하였으며, 육안 사진 촬영을 하였다. 각 병리 조직상 열치료병변의 크기는 육안 검사시 색조의 변화를 보인 부위를 자를 이용하여 병변의 최대직경을 측정하였다. 이후 최소 3일 이상 10% 포르말린 용액내에 고정한 후, 표준 슬라이드 유리를 사용하여 조직표본을 제작한 후 hematoxyline - eosin 염색을 하여 광학 현미경으로 병리과 의사와 함께 관찰하였다. 열치료병변의 크기는 조영증강 60초 후에 얻은 CT사진에서 보이는 조영결손 부위의 최대직경을 측정하였다. 이어 CT상 보이는 병변의 최대직경과 병리학적으로 측정한 최대직경을 Pearson's 상관계수를 이용하여 분석하였으며, 통계학적 의의는 Student's t검사를 이용하여 구하였다. 열치료병변의 측정은 CT와 육안소견 모두 두 사람이 서로 상응하는 검사의 결과치를 모르고 2번 이상 측정하였으며, 이의 평균값을 구하였다.

결 과

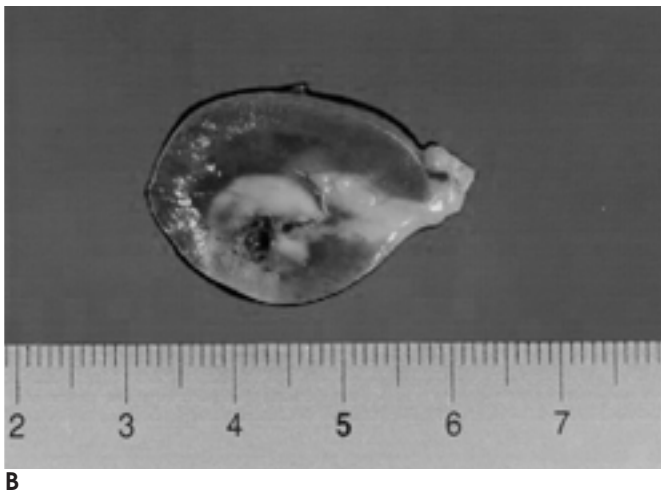
내부 냉각형 단일침을 이용한 고주파열치료는 전체 토끼에서 성공적으로 시행되었다. 초음파검사는 전극침의 삽입시 전극침단을 효과적으로 보여주었으며, 전예에서 목표지점에 전극침을 삽입하였다. 전극침을 통하여 냉각 식염수를 순환시키면서 펄스형 불연속 소작방식을 통한 소작술로 고주파 발생기를 통해서 50 W의 전력을 2분간 시행하였다. 고주파열치료 시작 전 저항값은 110 - 180 ohm(평균 130 ohm)범위였으며, 시술 시작 약 10초 정도 후부터 저항 수치는 약 10 - 15 ohm감소하였고 약 40 - 60초 정도부터 펄스형 불연속 소작이 시작되었다. 전예에서 급격한 조직저항수치의 증가로 인한 자동적인 꺼짐은 발생하지 않았으며 따라서 추가적인 시술은 필요치 않았다. 시술 중 고주파 전극침의 신장 거치 시에 신장에서 의미할 만한 양의 출혈은 없었으며, 시술후에 지연 출혈이나 요낭종 형성 등의 후유증은 없었다.

시술직후 얻은 이중시기 나선식 CT에서 모든 토끼의 소작병변 부위는 조영증강이 되지 않는 저음영 부위로 보였다 (Fig. 1A). 만성기에서의 열치료병변은 급성기와 아급성기에 비해서 그 크기가 작아지고 국소화 되었으며, 조영전 영상에서 소작병변 주위로 석회화가 보였다 (Fig. 3A).

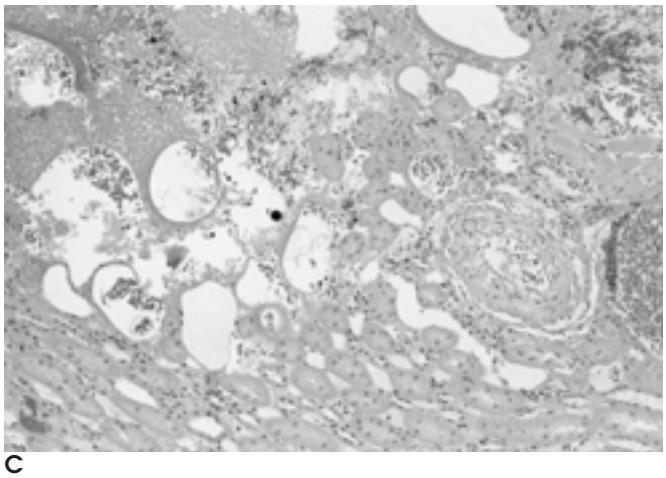
급성기, 아급성기의 병리학적인 변화는 만성기에서의 변화와 크게 차이를 보였다. 조직 단면에서 열치료병변은 급성기와 아급성기에서 육안적 검사상 세 부위로 구분되어 보였다. 열치료병변 중앙 부위는 중심부에는 전극침의 삽입부위로 생각되는 조직파괴로 인한 공동이 형성되었고, 주 병변은 노란색에서 백색의 색깔 변성을 보였으며, 병변의 주변부에는 출혈에 의한 띠가 형성되어 있었으며, 이로 인해서 주변의 정상 신조직과의 경계를 이루고 있었다 (Fig. 1B, 2B). 이러한 열치료병변은 광학 현미경 검사상 응고성 괴사에 합당하지는 않으나 세포핵의 크로마틴의 흐려짐, 세포질의 호산성, 세포경계의 견고성의 손실, 및 간질성 출혈 등의 열에의한 세포 변성 소견을 보였다. 또한 주변부의 자주색의 띠 부위는 세포의 출혈과 부종을 동반한 염증세포의 침윤을 보였다. 또한, 아급성기에는 시술 3일 후 부터는 세포내의 핵의 변성이 확연하여지고, 주변 경계부위에는 염증세포 침윤이 심하였다. 만성기에서는 육안적 검사상 이중시기 나선식 CT에서 관찰되었던 것과 같이 병변은 국소화되어 있었으며, 병변 주변에서 급성기와 아급성기에서 보였던 출혈성 띠는 보이지 않고 대신 섬유화에 의한 막이 형성되



A



B



C

Fig. 1. Acute model: correlation of CT and pathologic findings immediately after RF thermal ablation.

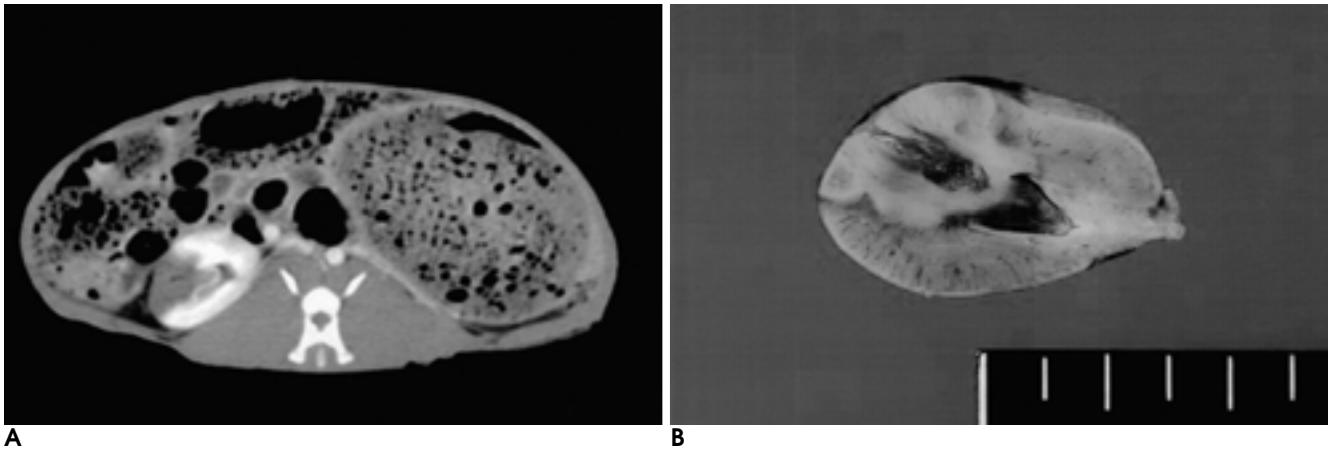
A. Contrast-enhanced CT scan immediately after ablation shows a round area of low attenuation without any evidence of enhancement

B. Gross renal section at the same level as CT scans reveals the ablated lesion that is consisted of a central cavity of tissue loss, a wider zone of pale discolored region, and a peripheral hemorrhagic rim.

C. Histopathologic view (H&E stain, original magnification × 100) shows a interface of the RFA lesion (upper left) and adjacent, uninvolved parenchyma (lower right). Note that the RFA lesion is consisted of a blurring of the nuclear chromatin, an increased eosinophilia of the cytoplasm, loss of cell border integrity, and a presence of interstitial hemorrhage.

어 있었다 (Fig. 3B). 광학 현미경학적 검사상, 괴사부위는 점차적으로 작아지고 전형적인 응고 괴사의 소견을 보였으며, 결국 열치료병변 부위가 섬유소에 의해서 대치되고 있었다. 또한, 죽은 세포에서의 칼슘 침착에 의한 석회화를 발견하였으며, 이러한 석회화 소견은 조영전 이중시기 나선식 CT에서도 관찰할 수 있었다 (Fig. 3).

이중시기 나선식 CT와 적출된 신장의 단면에서 열치료병변의 모양은 거의 동일하였으며, CT에서 조영결손 부위로 보인 소작 병변의 최대 직경은 11 - 25 mm 범위였으며, 평균 17.74 ±3.52 mm이었다. 이는 조직에서 자로 측정한 11 - 25 mm,



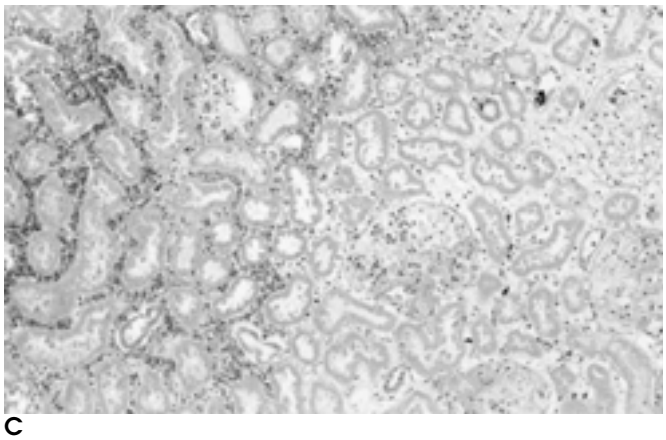


Fig. 2. Subacute model: CT images and histologic examination of thermal ablated lesion in rabbit kidney on day 3.
A. Contrast-enhanced axial CT scan shows a wedge shaped perfusion defect with small low attenuated air bubbles.
B. Macroscopic pathologic specimen 3 days after the RF procedure reveals a same configuration of the ablated lesion like CT appearance.
C. Histopathologic view (H & E stain, original magnification × 100) confirms that the ablated lesion has undergone extensive coagulation necrosis. Most of the nuclei had lysed, with few remaining appearing pyknotic.

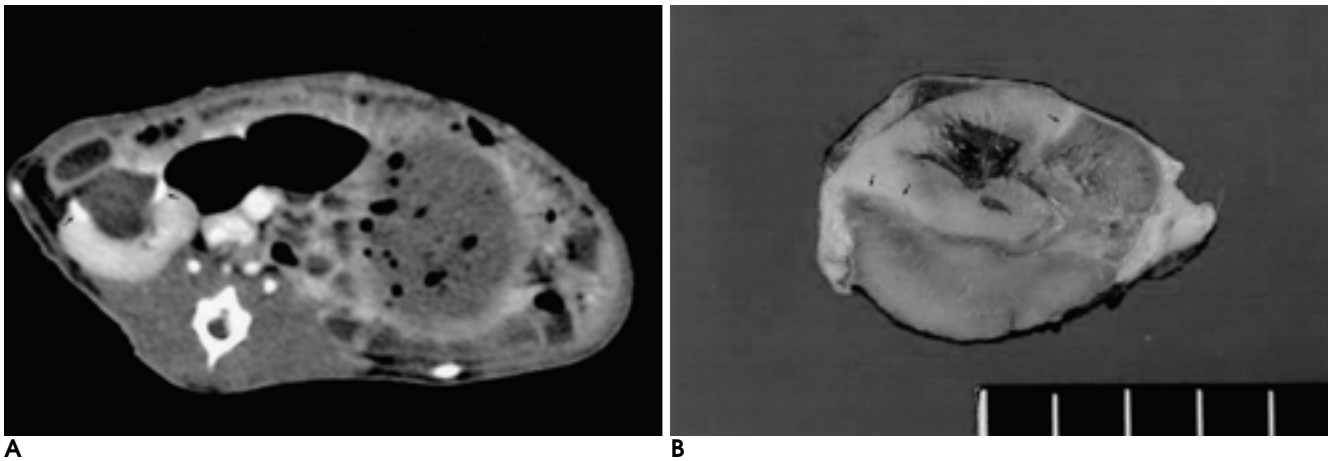


Fig. 3. Chronic model: correlation of CT and pathologic findings 2weeks after RF ablation.
A. Contrast-enhanced axial CT scan through the lesion shows a sharply demarcated, low attenuated zone with peripheral calcifications (arrows) and diminished peripheral rim enhancement compared to acute and subacute model.
B. Macroscopic photograph of the specimen shows a well-demarcated necrotic zone with peripheral calcifications (arrow). Note diminished peripheral hemorrhagic congestion.

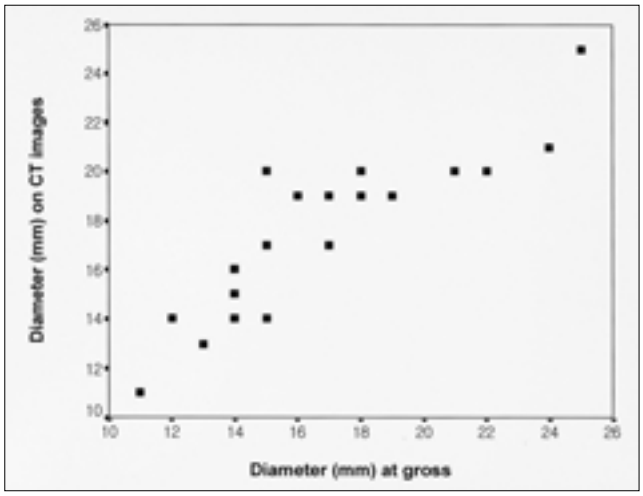


Fig. 4. Radiologic and pathologic correlation curve of maximal diameter of RFA lesions.

16.09±4.02 mm와 서로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이들 간의 Pearson 상관계수는 0.884로 매우 높은 일치도를 보였다 (Fig. 4).

고 찰

고주파를 이용한 조직의 파괴는 조직내 발생된 열에 의한다. 조직에 삽입된 전극침에서 고주파 에너지가 목표조직에 전달되면, 세포단위에서 마찰열이 발생된다. 섭씨 60도 이상의 온도를 세포에 전달하여 즉각적이고 비가역적인 응고괴사를 일으키며, 45 ℃에서 50 ℃이상으로 종양세포가 가열되면 세포막이 파괴되는 세포파괴의 효과를 가진다 (8 - 10). 이러한 고주파 에너지를 이용한 악성종양의 열치료는 간의 일차성 암과 전이성 암에 널리 사용되고 있으며, 최근 신원 - 보존 시술의 발달과 함께 신종괴의 치료를 보다 덜 침습적으로 시행할 수 있는 고주파 에너지를 이용한 신종양의 열치료도 시행되고 있다 (7, 11). 어떤 면에 있어 신장은 해부학적으로 인접장기로부터 떨어져 있으며, 흔히 단일 종괴로 발생되기 때문에 고주파열치료를 시행하기 좋은 장기이다. 이러한 두 가지 좋은 여건은 전립선과 같이 고주파 열치료가 불가능한 장기로 생각되는 다른 장기의 종양과는 대조적이다. 전립선은 해부학적으로 직장 및 방관 괄약근과 맞닿아 있으며, 다발성의 종양이 잘 발생된다. 따라서, 작은 크기의 신종양을 고주파 에너지를 이용하여 치료하는 것은 신원 - 보존시술에 적합하다고 할 수 있다.

신장의 고주파열치료에 관한 기존의 논문들은 주로 동물과 사람에서 수술로 고주파열치료를 시행한 후 수술적 절제로 조직은 얻어 열치료의 성과를 평가하여, 이 시술이 매우 효과적인 것으로 보고하였다 (6, 7). 하지만, 이들 연구에서 고주파열치료를 시행 후 열치료병변의 추적검사방법으로 가장 널리 사용되고 있는 CT에서의 소견 및 CT가 열치료된 부위를 잘 반영할 수 있는지에 관한 기술은 없으며, 대부분의 경우 경피적 접근법이 아닌 수술이나 복강경을 이용하여 열치료를 시행하여 실제 수술의 적절한 대상이 되지 못하는 환자에서 경피적으로 이 시술을 시행하였을 때 효과 및 합병증에 관한 자료를 제공하지 못하였다. 이에 저자들은 이 연구에서 경피적으로 초음파유도하에서 고주파열치료를 시행하여 신실질에 열치료 부위를 효과적으로 만들 수 있는 지와 합병증 발생유무 및 열치료 시행 후 시간의 경과에 따른 CT 소견 그리고 CT에서 보이는 병변과 실제 병리학적 병변의 크기간의 비교 등을 시행하였다.

이 연구에서 26예의 토끼에 경피적 고주파열치료를 시행한 모든 예에서 우측 신장에 성공적으로 열치료부위를 만들 수 있었으며, 고주파열치료 시술 후 2예의 토끼에서는 소량의 신주위 혈종이 있었으나 임상적으로 의미있을 정도의 출혈은 아니었으며, 아급성기 및 만성기의 대상 실험군에서 지연 출혈이나 신우신배의 손상에 따른 요의 유출 및 요낭종의 형성 등의 후유증은 없었다.

이 연구에서 고주파열치료를 위해 내부 냉각형 전극침을 이용하였는데, 이는 전극침의 내부에 내강이 있어 열치료를 시행하는 동안 내강내로 냉각수가 순환하도록 고안된 것이다 (5). 이 방식은 열치료를 시행하는 동안에 전극침 끝 부위에 저온상태를 유지시켜 전극침 주변으로 숯 덩어리 생성을 억제하여 전극침 주위에서의 조직의 저항값 상승을 막아 충분한 양의 전류량을 조직에 흐르게 할 수 있도록 한다. 이로 인해서 넓은 범위의 응고성 괴사를 유도한다 (5). 실제 이 연구에서 모든 시술에서 시술시 50 W, 500 mA이상의 고주파에너지를 조직에 흘려 보낼 수 있었으며, 약 1분 정도에 조직의 저항값의 급작스러운 상승으로 전류의 주기적 방출기법이 이용되었다. 이로 인하여 2분이라는 짧은 열치료시간에 성공적으로 열치료병변을 만들 수 있었다.

급성기의 열치료부위는 시행 후 3시간이내에 시행한 병리학적인 검사상 육안적으로는 열치료 부위는 회색에서 백색의 주변 조직과 명백히 구분되는 부위로 보였으며, 정상 조직으로의 이행부에는 출혈로 생각되는 자주색의 띠가 보였다. 그러나, 이러한 열치료병변은 현미경학적 검사상 전형적인 응고성 괴사의 소견은 보이지 않았고 세포변성의 미약한 소견을 보였으며 또한 주변부의 자주색의 띠 부위는 세포의 출혈과 부종을 동반한 염증세포의 침윤을 관찰할 수 있었으며, 이러한 소견은 기존의 보고와 동일한 결과를 보였다 (12, 13). 또한, 아급성기에는 시술 3일 후 부터는 세포내의 핵의 변성이 확연하여지고, 주변 경계부위에는 염증세포 침윤이 심하였다. 만성기에서는 괴사부위가 점차적으로 작아지고 전형적인 응고성 괴사의 소견을 보였으며, 결국 고주파열치료된 부위가 섬유소에 의해서 대치되고 있었다. 또한,죽은 세포에서 칼슘 침착에 의한 석회화를 발견하였다.

저자들이 아는 한 고주파열치료 시행 후 신조직의 열치료된 부위의 영상소견에 대하여 알려진 바는 매우 적다. 간병변의 고주파열치료에서처럼, 초음파검사에서의 고주파열치료 부위는 매우 다양한 양상을 보이며, 초음파검사에서 이 부위의 에코는 시간에 따라 변하였다. 3 mm간격의 절편으로 촬영한 조영전 CT의 열치료한 부위는 정상 신실질에 비하여 저감쇄 병

소로 보였으나 정상과의 경계가 분명하지 않았고 대조도가 좋치 않아 명확한 열치료한 범위를 측정하기 곤란하였다. 그러나, 조영제 주입 후 얻은 이중 나선식 CT에서 이들 열치료된 부위들은 조영증강이 되지 않는 저감쇄 병소로 보였으며, 이 부위의 크기와 모양은 육안적으로 관찰한 열치료된 부위의 크기와 모양과 흡사하였다. 또한 CT에서 측정한 열치료부위의 최대직경과 실제 적출한 신조직을 CT와 비슷한 횡단면에서 육안적으로 측정한 열치료병변의 최대 직경간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며, 서로 높은 상관관계를 보였다. 이는 조영후 CT가 신장에서의 고주파 소작술에 대한 조직의 반응을 잘 반영함을 의미하였고 이는 실제 신종양의 고주파열치료 시행 후 치료성과의 평가에 유용한 도구로 사용될 수 있음을 의미한다.

결론적으로 토끼의 정상 신실질에 경피적으로 시행한 고주파열치료는 효과적으로 괴사성 병변을 형성하였으며, 심각한 합병증의 발생은 없었다. 이에 작은 크기의 신종괴의 치료에 있어 덜 침습적인 방법인 고주파열치료는 그 활용성이 점차 넓어질 것으로 추정되며, CT는 고주파열치료한 부위의 실제 모양과 크기를 잘 반영할 수 있어 향후 고주파열치료 시행 후 추적 검사시 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Delworth MG, Pisters LL, Fornage BD, et al. Cryotherapy for renal cell carcinoma and angiomyolipoma. *J Urol* 1996;155:252-255
2. Uchida M, Imaide Y, Sugiomoto K, et al. Percutaneous cryosurgery for renal tumors. *Br J Urol* 1995;75:132-137
3. Kagebayashi Y, Hirao Y, Samma S, et al. In situ non-ischemic enucleation of multilocular cystic renal cell carcinoma using a microwave coagulator. *Int J Urol* 1995;2:339-343
4. Susani M, Madersbacher S, Kratzik C, et al. Morphology of tissue destruction induced by focused ultrasound. *Eur Urol* 1993;23:34
5. Gazelle GS, Goldberg SN, Solbiati L, Livraghi T. Tumor ablation with radio-frequency energy. *Radiology* 2000;217:633-646
6. Pater VR, Leveillee RJ, Hoey MF, Herron AJ, Julie Zaias, Hulbert JC. Radiofrequency ablation of rabbit kidney using liquid electrode: acute and chronic observations. *J Endourol* 2000;14:155-159
7. Zlotta AR, Thierry Wildschutz, Gil Raviv, Peny MO, Daniel van Gansbeke, Noel JC, Schulman CC. Radiofrequency interstitial tumor ablation is a possible new modality for treatment of renal cancer: Ex vivo and in vivo experience. *J Endourol* 1997; 11:251-258
8. Metthewson K, Coleridge-Smith P, O 'SulliavnJ, Northfield T, Brown S. Biological effects of intrahepatic neodymium: Yttrium aluminum-garnet laser photocoagulation in rats. *Gastroenterology* 1987;93:550-557
9. Roberts D, Coughlin C, Wong T, Fratkin J, Douple E, Strohbehn J. Interstitial hyperthermia and iridium brachytherapy in treatment of malignant glioma: A phase I clinical trial. *J Neurosurg* 1986;64: 581-587
10. Rossi S, Fornari F, Paties C, Buscarini L. Thermal lesions induced by 480-KHz localized current field in guinea pig and in pig livers. *Tumori* 1990;76:54-57
11. Superstein A, Rogers SJ, Hansen PD, et al. Laparoscopic thermal ablation of hepatic neuroendocrine tumor metastases. *Surgery* 1997;122:1147-1155
12. Polascik TJ, Hamper U, Lee BR, et al. Ablation of renal tumors in a rabbit model with interstitial saline-augmented radiofrequency energy: Preliminary report of a new technology. *Urology* 1998;53: 465-472
13. Thomas HS HSU, Fidler ME, and Gill IS. Radiofrequency ablation of the kidney: Acute and chronic histology in porcine model. *Urology* 2000;56:872-875

대한방사선의학회지 2002;46:25 - 31

J Korean Radiol Soc 2002;46:25 - 31

Ultrasound-Guided Radiofrequency Thermal Ablation of Normal Kidney in a Rabbit Model: Correlation with CT and Histopathology[1]

Sang-Won Kim, M.D., Jeong Min Lee, M.D., Chong Soo Kim, M.D., Sang Hun Lee, M.D.

[1]*Department of Radiology, Chonbuk National University Hospital*

Purpose: To assess the feasibility and safety of using a cooled-tip electrode to perform percutaneous radiofrequency ablation of kidney tissue in rabbits, and to evaluate the ability of CT to reveal the appearance and extent of tissue necrosis during follow-up after ablation.

Materials and Methods: Using ultrasound guidance, a 17-G, cooled-tip electrode was inserted into the right lower portion of the kidney in 26 New Zealand White rabbits. Radiofrequency was applied for 2 mins, and biphasic helical CT scanning was used to assess tissue destruction and the presence or absence of complications immediately after the procedure and at 24 hrs, 2 and 3 days, and 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7 weeks. The study had three phases: acute [immediately killed : N = 10]; subacute [killed at 24 hrs (n = 3), 2 days (n = 3), 3 days (n = 1) : N = 7]; chronic [killed at 1 week (n = 4), 2 weeks (n = 2), 4 weeks (n = 1), 7 weeks (n = 1) : N = 8]. After the animals were killed, their kidneys were histopathologically examined and the radiologic and pathologic findings of lesion size and configuration were correlated.

Results: In each instance, ultrasound-guided radiofrequency ablations of the lower pole of the kidney were technically successful. Contrast-enhanced biphasic helical CT revealed regions of hypoattenuation devoid of parenchymal enhancement, and these correlated closely with true pathologic lesion size ($r = 0.884$; $p > 0.05$). In subacute and chronic models, CT scanning revealed gradual spontaneous resorption of the ablated lesion and the presence of perilesional calcification. Histopathologically, in the acute phase the ablated lesions showed coagulative necrosis and infiltration of inflammatory cells, and in the chronic phase there was clear cut necrosis of glomeruli, tubules and renal interstitium, with diminishing inflammatory response and peripheral fibrotic tissue formation.

Conclusion: Ultrasound-guided renal radiofrequency ablation is technically feasible and safe. In addition, the avascular lesion measured at contrast-enhanced helical CT closely correlated with the size of ablated tissue. Contrast-enhanced CT may therefore be used for serially monitoring the effect of radiofrequency ablation. In the future, RF ablation may offer an alternative treatment option for renal cancer.

Index words : Kidney, interventional procedure
Radiofrequency (RF) ablation

Address reprint requests to : Jeong-Min Lee, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Chonbuk National University Hospital, 634-18 Keumam-Dong, Chonju-shi, Chonbuk 561-712, South Korea.
Tel. 82-63-250-1176 Fax. 82-63-272-0481