

소간에서 생리 식염수로 보강된 고주파 전기소작술¹

신흥섭 · 오주형 · 윤 업 · 김현철 · 고영태 · 최우석 · 임주원 · 김의중

목 적 : 소간에서 생리 식염수로 보강된 고주파 전기소작술(saline-enhanced radio-frequency electrocoagulation)을 시행하여, 임상 응용의 가능성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법 : 죽은지 하루 이내에 적출된 신선한 소간을 각각 I, II, III군으로 구분하여, I군은 식염수로 보강된 고주파 전기소작술을, II군은 고주파 전기소작술로 유도된 뜨거운 식염수 주입술을, III군은 고주파 전기소작술만을 시행하였다. 고주파 전기소작술은 100 와트와 200와트로 고정된 상태에서 소작시간을 각각 10, 20, 30초로 구분하여 시행하였다. 병리 소견은 전기소작에 의한 열성손상이 차지하는 범위와 간실질의 병리소견을 함께 관찰하였다.

결 과 : I군이 최대 41.0mm, II군이 12.3mm, III군이 9.3mm 직경의 열성손상(thermal injury)을 보였다. I, II군에서 고주파 전력을 증가시킬수록, I군에서는 시술 시간을 증가시킬수록 손상 조직의 직경은 의미있게 증가하였다($p < 0.05$). I군은 II, III군에 비하여 같은 조건에서 손상 조직의 최대 직경이 의미있게 큰 결과를 얻었다($p < 0.05$). 유도철선과 인접한 손상 조직의 탄소화(carbonization)의 정도는 III군이 가장 심하였고, I군에서는 미미한 정도로, II군에서는 전혀 관찰할 수 없었다. 열성손상 조직은 I, III군에서 비교적 경계가 명확한 동심원의 분포를 보였고, 간질조직을 따라 분포하는 양상은 관찰할 수 없었다.

결 론 : 식염수로 보강된 고주파 전기소작술은 동물실험에서 충분한 열성손상이 유발되므로 새로운 경피적 치료 방법이 될 수 있을 것으로 생각되며, 새로운 임상적인 시도와 경험 축적이 필요하리라 생각된다.

간암을 포함하는 간종양의 치료에 있어 현재 중재적 방사선과 영역에서 시행되고 있는 시술중 경피적 에탄올 주입술(percutaneous ethanol injection)은 비교적 표재성의, 작은 크기의 간종양의 효과적 치료방법으로 널리 이용되고 있다(1). 최근에는 경피적 고온 식염수 주입술(percutaneous hot saline injection), 레이저치료등이 경피적 에탄올 주입술을 대체할만한 치료법으로 소개되고 있으며(2), 현재 국내에서는 일부 병원에서 시도되고는 있으나 아직 보고된 바는 없다.

저자들은 적출된 소간을 대상으로 실제 임상에서 지혈기구로 널리 사용되는 고주파 전기소작기를 이용하여 식염수로 보강된 고주파 전기소작술(saline-enhanced radiofrequency electrocoagulation)을 시행하였고, 병리소견을 통해 이의 효력을 측정하여 임상적 응용의 가능성을 알아보기 위하여 본 실험을 시행하였다.

대상 및 방법

죽은지 하루 이내에 적출된 신선한 소간을 각각 I, II, III군으로 구분하여, I군은 유도철선을 노출시킨 상태에서 식염수로 보강된 고주파 전기소작술을, II군은 유도철선을 노출시키지 않은 상태에서 고주파 전기소작술로 유도된 뜨거운 식염수 주입술을, III군은 고주파 전기소작술만을 시행하였다. 각군별로 서로 다른 천자부위 6군데를 각각 3회씩, 총 18군데를 메틸렌 블루(Yakuri pure chemical Co., Japan)를 이용하여 표시하였다.

I군에서는 각각의 표시부위를 18 게이지 젤코침(Johnson & Johnson, Italy)을 이용하여 약 2cm 깊이로 천자하고 젤코침의 탐침(stylet)을 제거한후, 0.035 인치 직경의 유도철선(A Cook Group Company, U.S.A.)을 약 1cm가량만이 초(sheath)의 바깥으로 노출되게 삽입한 후, 젤코침의 초에 이중강(dual lumen)을 갖는 연결관을 연결하여 한쪽관으로는 유도철선을 통해 전기소작술을 시행하면서, 동시에 한쪽관으로는

¹ 경희대학교 의과대학 진단방사선과학교실
이 논문은 1997년 3월 4일 접수하여 1997년 5월 30일에 채택되었음

식염수를 주입함으로써 식염수로 보강된 고주파 전기소작술을 시행하였다. 식염수의 보강 방법은 수액세트를 생리적 식염수에 연결한 후 약 200mmHg이상의 양압을 가한 상태에서, 약 20 gutta/min의 속도로 점주되도록 조절하였으며, 전기소작 시 식염수는 초박에서 천자된 조직과 닿는 순간 고주파에 의해 순간적으로 뜨거워졌으며 그 온도는 전자침 온도계에 의해 섭씨 약 72로 측정되었다. 고주파 전기소작기는 Meditom-200 (Dai Hwa Corporation, Seoul, Korea)를 사용하였으며 시술 시의 전기는 100와트와 200와트로 고정된 상태에서 소작시간을 각각 10, 20, 30초로 구분하여 표시된 6군데에 각각의 조건에 따른 시술을 3회씩 반복하여 시행하였다.

Ⅱ군에서는 Ⅰ군과 같은 방법으로 천자한후 유도철선의 끝이 초의 바깥으로 노출되지 않도록 하여, 전기소작시에 유도철선의 주변을 따라 흐르는 식염수가 초박에서 천자된 조직과 닿는 순간 고주파에 의해 순간적으로 뜨거워지도록 함으로써, 고주파 전기소작술에 유도된 뜨거운 식염수 주입술을 시행하였다.

Ⅲ군에서는 Ⅰ군과 같은 방법으로 천자한후 유도철선의 끝을 초의 바깥으로 약 1cm가량 노출되도록 하여 식염수 보강없이 고주파 전기소작술만이 시행되도록 하였다.

시술이 끝난후 육안적 형태 변화를 관찰하고, 육안적으로 조직의 열성손상(thermal injury)을 시사하는 부위의 최대 직경을 측정하였다. 사진촬영이 끝난 후 10% 중성 포르말린에 고정시킨 후 탈수과정을 거쳐서 파라핀에 포매하였다. 고주파 전

기소작기에 의해 열성손상이 일어난 간조직이 충분히 포함되도록 마이크로톰으로 잘라 표준 슬라이드 유리를 사용하여 조직 표본을 제작한 후 Hematoxylin-eosin 염색을 하여 광학 현미경으로 관찰하였다.

현미경적 소견은 전기소작에 의해 열성손상을 받은 간의 범위를 조사하였고, 간실질의 변화를 함께 관찰하였다.

모든 결과는 Student t-test를 이용하여 통계학적인 방법으로 처리하였다.

결 과

Ⅰ군의 경우는 100, 200 watt의 출력으로 각기 10, 20, 30 초 간 소작술을 시행한 결과 조직의 열성손상은 육안 소견상 흰색을 띄고 있었으며, 조직 손상 범위의 최대 직경은 100watt에서는 각각 평균 5.7, 11.3, 17.3mm, 200 watt에서는 15.7, 27.0, 41.0mm 이었다(Fig. 1, Table 1). 또한 고주파 출력과 소작술의 시술 시간을 증가 시킴에 따라서 조직 손상의 범위가 의미있게 커졌다($p < 0.05$). 열성손상 조직은 유도철선의 삽입부위에서 경계가 분명한 원형으로 관찰되었고, 중력이 작용하는 아랫부위의 손상 조직이 두꺼운 분포를 보였다. 손상 조직중 가장 안쪽의 탄소화된 조직은 경피적 고주파 전기소작술만을 시행한

Table 1. Maximum Diameter of Thermal Injury in Group I.

	100watt(mm)	200watt (mm)	p-value
10 sec	5.7 ± 0.33	15.7 ± 0.67	< 0.05
20 sec	11.3 ± 0.88	27.0 ± 1.7	< 0.05
30 sec	17.3 ± 0.88	41.0 ± 0.58	< 0.05
p-value	< 0.05	< 0.05	

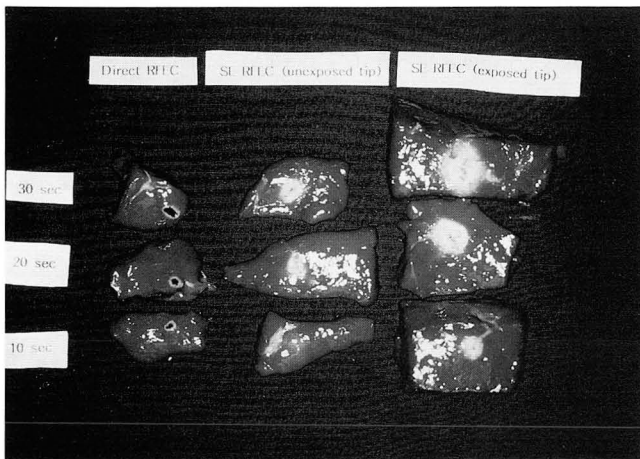


Fig. 1. Gross specimen of bovine liver after saline-enhanced radiofrequency electrocoagulation(group I), hot saline injection induced by radiofrequency electrocoagulation(group II), and radiofrequency electrocoagulation(group III).

Whitish discoloration of liver tissues representing thermal injury is more well defined in group I & II than group III.

SE RFEC(exposed tip): Saline-enhanced radiofrequency electrocoagulation(group I)

SE RFEC(unexposed tip): Hot saline injection induced by radiofrequency electrocoagulation(group II)

Direct RFEC: Radiofrequency electrocoagulation(group III)

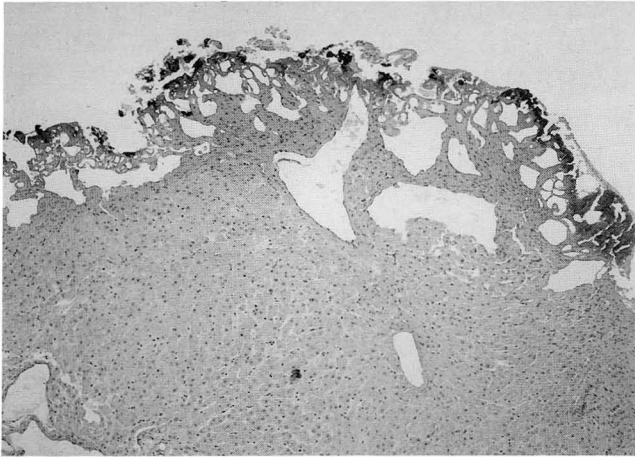


Fig. 2. Photomicrograph of bovine liver after saline-enhanced radiofrequency electrocoagulation (group I). Areas of thermal injury(arrows) is relatively well-defined from normal liver parenchyma. Sinusoid dilation, distortion of arrangement of hepatocyte are note in the injured area. (H&E 40).

Table 2. Maximum Diameter of Thermal Injury in Group II.

	100watt (mm)	200watt (mm)	p-value
10 sec	2.7 ± 0.33	7.7 ± 0.33	< 0.05
20 sec	5.3 ± 0.67	11.0 ± 0.33	< 0.05
30 sec	10.3 ± 0.33	12.3 ± 0.33	< 0.05
p-value	< 0.05	NS	

NS : Not significant

**Fig. 3.** Photomicrograph of bovine liver after radio-frequency electrocoagulation (group III).

Areas of thermal injury show parallel arrangement with needle tract and are overlying with severely carbonized tissue (H&E 100).

Ⅲ군에 비해 그 정도가 미미하였다. 조직조건에서 조직내 삽입된 초의 끝 주위로, 열성손상을 시사하는 동모양혈관(sinusoid)의 심한확장, 간세포의 부종, 핵의 소실, 간세포 배열의 심한 왜곡 소견이 관찰되었다(Fig. 2).

Ⅱ군의 경우는 100, 200 watt의 출력으로 각기 10, 20, 30 초간 소작술을 시행한 결과 조직의 열성손상은 육안 소견상 흰색을 띄고 있었으며, 조직 손상 범위의 최대 직경은 100 watt에서는 각각 평균 2.7, 5.3, 10.3mm, 200 watt에서는 7.7, 11.0, 12.3mm 이었다(Fig. 1, Table 2). 열성손상 조직은 출력을 증가시킬 때 의미있게 장경이 증가하는 결과를 얻을 수 있었고($p < 0.05$), 시술시간의 증가에 따라 100 watt에서는 의미있는 장경의 증가를 관찰할 수 있었지만($p < 0.05$), 200 watt에서는 의미있는 장경의 증가를 관찰할 수 없었다. 열성손상 조직은 유도철선의 삽입부위에서 경계가 불분명한 불규칙한 모양으로 관찰되었고, 역시 아랫부위가 두꺼운 분포를 보였다. 열성손상 조직중 가장 안쪽의 탄소화된 조직은 전혀 관찰되지 않았다.

Ⅲ군의 경우는 100, 200 watt의 출력으로 각기 10, 20, 30 초간 소작술을 시행한 결과 조직의 열성손상은 육안 소견상 흰색을 띄고 내부에 탄소화가 있었으며, 조직 손상 범위의 최대 직경은 100 watt에서는 각각 평균 5.3, 6.7, 9.0mm, 200 watt에서는 5.3, 6.3, 9.3mm 이었다(Fig. 1, Table 3). 열성손상 조직은

Table 3. Maximum Diameter of Thermal Injury in Group III

	100watt (mm)	200watt (mm)	p-value
10 sec	5.3 ± 0.33	5.3 ± 0.33	NS
20 sec	6.7 ± 0.33	6.3 ± 0.33	NS
30 sec	9.0 ± 0.00	9.3 ± 0.33	NS
p-value	NS	NS	

NS : Not significant

유도철선의 삽입부위에서 동심원 모양으로, 비교적 일정한 두께를 갖는 분포를 보였다. 열성손상 조직중 가장 안쪽의 유도철선에 인접한 부위와 유도철선의 표면에는 강한 열에 의해 탄소화된 조직으로 덮여있었다(Fig. 3).

같은 조건의 고주파 출력과 시술시간에서, I군의 조직 손상 범위를 Ⅱ, Ⅲ군과 각각 비교해 볼때, 100 watt로 10초간의 소작술을 제외하고는 조직 손상 범위가 의미있게 큰 결과를 보였다($p < 0.05$).

고 찰

간은 원발성 간세포암과 전이암의 주된 표적장기로써, 이들을 포함하는 간종양은 현재 국내에서 성인의 흔한 사망원인의 하나이다. 최근 영상 진단방법의 발전으로 간종양의 발견율은 비약적인 향상을 보여왔으나, 이때 광범위한 종양의 침범이나 동반된 중증의 간경화증이 있는 경우에는 수술적 제거의 적응증이 되지 않는다. 수술적제거가 불가능한 간종양의 비수술적 치료로는 경도관 동맥 색전술(transcatheter arterial embolization)과 경피적 에탄올 주입술이 현재 임상에서 가장 보편적으로 이용되는 방법이며, 이외에는 경피적 고온 식염수 주입술, 방사선 치료, 레이저 치료, Cryotherapy등이 있지만 그 치료효과에 대해 전문가들의 의견이 다양해서 현재 임상에서 보편적으로 이용되지는 못하고 있다(3, 4).

이들중 경피적 에탄올 주입술은 비교적 표재성, 약 3cm이하의 작은 크기의 간종양의 효과적 치료방법으로서 현재 수술이 불가능한 환자들에서 효과적인 치료법으로 널리 이용되고 있다. 그러나, 사용되는 에탄올의 양이 용액 자체의 전신적, 국소적 독성때문에 매우 제한적이고, 그 분포의 불균등성에 의해 3cm 이상의 직경을 가진 종양을 완전히 괴사시키기 불충분하기 때문에 실제 임상에서 1회 시행으로는 만족한 치료가 힘들고, 조직의 간질을 따라 에탄올이 퍼지기 때문에 주입된 에탄올이 종양내부에 균등하게 분포되지 않으므로 반복해서 시행하여야 하는 등의 단점이 있는 것이 사실이다(2). 이와같은 반복시행은 의인성 동문맥 단락(iatrogenic arteriportal shunt)의 발생이나 담도 손상등의 합병증의 유발이 드물지 않다(2).

경피적 고온 식염수 주입술은 종양 내부에 고온에 의한 열성손상을 유발시키는 점에서 에탄올에 의한 화학적 괴사와는 다르지만, 고온 식염수도 조직의 간질을 따라 퍼질 수 있으므로 손상 조직의 범위와 분포에는 에탄올 주입술과 비교하여 큰 차이가 없을 수 있다. 그러나, 뜨거운 식염수가 체내에서 식게되

면 그 자체가 체액과 비슷한 성분이기 때문에 주입량의 제한이 적고(8-30cc), 따라서 반복시행의 필요성이 줄어들다는 점이 큰 장점이라고 할 수 있다(2).

1990년 McGahan등(5)은 고주파 전기소작술(Radiofrequency electrocautery)를 이용한 소간의 고주파 전기 소작술의 초음파와 병리소견을 처음 소개하였다. 이들은 고주파 전기 소작술이 시술자체가 간단하고, 반복시술이 가능하며, 치료부위가 매우 국소적이어서 정상 간조직의 손상없이 간종양을 효과적으로 치료할 수 있을 것으로 제안하였다. 경피적 고주파 전기소작술은 삽입된 유도철선의 주위에만 균등하게 손상 조직이 분포한다는 점과 천자된 조직의 지혈효과를 함께 얻을 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 경피적 고주파 전기소작술은 유도철선과 인접한 열성손상 조직 사이에 탄소화된 조직 피막 형성과 유도철선주위에서 물분자가 고온에 의해 쉽게 기화되기 때문에 고주파 전기의 전도를 방해함으로써 열성손상 조직의 실제 면적이 1cm내외로 제한된다는 점이 큰 단점이라고 할 수 있다(6). 실제 본 연구에서도 200watt로 30초간 경피적 고주파 전기소작술을 시행했을 때에도 1cm이내의 열성손상 조직만을 관찰할 수 있었고, 시술시간이나 전압등의 조건을 변화시켰을 때에도 열성손상 조직의 크기의 미미한 변화만을 관찰할 수 있어 이러한 단점을 잘 반영해주고 있다.

식염수로 보강된 고주파 전기소작술은 이러한 점에서 경피적 전기소작술의 단점을 보완할 수 있는 새로운 방법으로 생각된다. 식염수로 보강된 고주파 전기소작술은 초내에서 고주파가 흐르는 유도철선의 주변을 따라 흐르는 식염수가 조직에서 순간적으로 뜨거운 온도를 가지게 되고, 노출된 유도철선의 전기소작술과 함께 뜨거운 식염수 주입술의 효과를 병행할 수 있다는 장점이 있다. 또한 전기소작술이 일어나는 유도철선 주위의 뜨거운 식염수가 고주파 전기의 유도체로 작용하면서 조직의 탄소화를 줄여줄 수 있다는 장점이 있다. 실제로 결과에서 보면 열성손상 조직의 최대직경이 4cm까지 증가하는 결과를 얻을 수 있었고, 열성손상 조직의 경계도 비교적 분명하고 조직의 충분한 열성손상을 관찰할 수 있어서, 경피적 에탄올 주입술의 큰 단점인 분포의 불균등성도 보완할 수 있으리라 생각되며, 경계가 좋고 비교적 표재성의 작은 간종양(약 3cm이하) 치료에 효과적이라고 사료된다.

고주파 전기소작술로 유도된 뜨거운 식염수 주입술(Ⅱ군)은 초내에 위치시킨 유도철선을 따라서 흐르는 고주파에 의해, 역시 초내를 통과시킨 식염수가 초밖에서 조직과 닿는 순간 뜨거운 열성손상을 유발한다. 따라서 경피적 고온 식염수 주입술과 효과는 비슷하지만, 열 발생의 기전은 다르다고 생각된다. 또한 식염수로 보강된 고주파 전기소작술(Ⅰ군)에 비해, 열성손상 조직의 범위가 작고, 불 분명한 열성손상 조직의 경계를

보이지만, 유도철선의 끝을 노출시키지 않음으로서 유도철선이나 인접한 조직의 탄소화를 최대한 방지할 수 있다는 장점이 있다.

간조직에 충분한 괴사를 유발하는 온도의 범위에는 논란의 여지가 있지만, 섭씨 약 70-80도 정도의 온도에서 주위 정상조직과의 경계가 분명한 열성손상의 조직을 얻었다는 보고가 있다(7). 또한, 식염수로 보강된 고주파 전기소작술은 레이저 치료에 비해 훨씬 가격이 싸고, Cryosurgery등과 비교해서 시술이 간편하다는 점등이 장점이라고 할 수 있다.

본실험의 문제점은 죽은 소간을 대상으로 하여서 생체내에서의 시간에 따른 조직변화를 추적할 수 없었으며, 조직학적으로도 명확한 괴사 소견을 얻지 못했고, 손상부위의 크기를 체적이 아닌 면적이 아닌 최대직경으로만 평가하였으며, 정상 간에서만 실험을 하여서 실제 간종양에서의 변화를 관찰할 수가 없었다. 따라서 이러한 문제점들은 추후 연구 보완되어야 할 사항이다.

결론적으로, 식염수로 보강된 고주파 전기소작술은 동물실험에서 충분한 열성손상 얻을 수 있어서 새로운 경피적 치료 방법이 될 수 있을 것으로 생각되며, 새로운 임상적인 시도와 경험 축적이 필요하리라 생각된다.

참 고 문 헌

1. Shiina S, Tagawa K, Unuma T, et al. Percutaneous ethanol injection therapy of hepatocellular carcinoma: analysis of 77 patients. *AJR* 1990; 155: 1221-1226
2. Honda N, Guo Q, Uchida H, Ohishi H, Hiasa Y. Percutaneous hot saline injection therapy for hepatic tumor: an alternative to percutaneous ethanol injection therapy. *Radiology* 1994; 190: 53-57.
3. Amin Z, Donald JJ, Masters A, et al. Hepatic metastases: interstitial laser photocoagulation with real-time US monitoring and dynamic CT evaluation of treatment. *Radiology* 1993; 187: 339-347.
4. Vogl TJ, Mueller PK, Hammerstingl R, et al. Malignant liver tumors treated with MR imaging-guided laser-induced thermotherapy: technique and prospective results. *Radiology* 1995; 196: 257-265.
5. McGahan JP, Browning PD, Brock JM, Tesluk H. Hepatic ablation using radiofrequency electrocautery. *Invest Radiol* 1990; 25: 267-270.
6. Murakami R, Yoshimatsu S, Yamashita Y, Matsukawa T, Takahashi M, Sagara K. Treatment of hepatocellular carcinoma: value of percutaneous microwave coagulation. *AJR* 1995; 164: 1159-1164.
7. Zervas NT, Kuwayama A. Pathologic characteristics of experimental thermal lesions: comparison of induction heating and electrocoagulation. *J Neurosurg* 1972; 37: 418-422.

Saline-enhanced Radiofrequency Electrocoagulation in Bovine Liver¹

Hong-Seop Shin, M.D., Joo Hyeong Oh, M.D., Yup Yoon, M.D., Hyun Cheol Kim, M.D.,
Young Tae Ko, M.D., Woo Suk Choi, M.D., Joo Won Lim, M.D., Eui Jong Kim, M.D

¹*Department of Diagnostic Radiology, Kyung Hee University Hospital*

Purpose: To determine the effectiveness of saline-enhanced radiofrequency electrocoagulation in bovine liver tissue

Materials and Methods: Saline-enhanced radiofrequency electrocoagulation (group I), hot saline injection induced by radiofrequency electrocoagulation (group II), and radiofrequency electrocoagulation (group III) were performed in ex vivo bovine liver. Radiofrequency power was 100 and 200 watts, and current was applied for 10, 20, and 30 seconds. Tissue was histopathologically examined for thermal injury.

Results: The largest diameter of thermal injury was about 41.0 mm in group I, 12.3 mm in group II and 9.3 mm in group III. The mean diameter of the injury increased with higher wattage in group I and II and with longer procedure time in group I ($p < 0.05$). At corresponding wattage and times, group I showed a larger diameter of thermal injury and more increase in than group II or III ($p < 0.05$). The degree of carbonization was more severe in group III than in groups I and II. Grossly, thermal injury showed a well-defined, relatively spherical configuration without extension along parenchymal interstitium.

Conclusion: In an animal model, saline-enhanced radiofrequency electrocoagulation may effectively induce thermal injury, and may thus be another effective tool for use in the treatment of hepatic tumors. Further clinical experience is needed.

Index Words: Animals

Liver, interventional procedure
Radiofrequency ablation

Address reprint requests to: Hong-Seop Shin, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Kyung Hee University Hospital,
1, Hoeki-dong, Dongdaemun-ku Seoul, 130-702, Korea. Tel. 82-2-958-8622 Fax. 82-2-968-0787

1998년도 대한방사선의학회 해외연수 장학생 모집공고

대한방사선의학회에서는 본 학회의 국제화 전략의 일환으로 다음과 같이 1998년도 해외연수 장학생을 모집하오니 해당 희망자는 응모하여 주시기 바랍니다.

1. 해당 연수국가 및 인원

일본 : 0명(동강무역 후원)

스칸디나비아 3국 : 0명(나이코메드 후원)

독일 : 0명(세링 후원)

2. 연수기간

1개월 - 1년(추후 확정)

3. 응모자격

대한방사선의학회 정회원

4. 장학금

왕복 항공료 및 현지 생활비 전액

5. 제출서류

1) 이력서

2) 연구실적(5년간)

3) 연수계획서(희망국가 및 병원, 희망전공분야, 연수기간 등 포함)

4) 추천서(소속 과장, 과장의 경우 소속 병원장)

5) TOEIC 혹은 TOEFL 점수 증빙서(일본은 JPT도 가능)

※ 단 5)번 항목은 1999년도부터 적용

6. 제출마감

'97년 7월 31일(목) <7월 31일 소인까지 유효>

7. 제출처

대한방사선의학회 국제협력위원회

8. 기타 문의사항

대한방사선의학회 국제협력위원회 (위원장: 오용호, 간사: 윤종현)

전화 : (02)224-4362, FAX : (02)476-4719, E-mail : Chyoon@amc.ulsan.ac.kr