

자유기고문

전자파 인체 치료 기술 동향	전순익 · 김혁제 · 이종문 · 손성호 · 이윤주 한국전자통신연구원
-----------------	---

I. 서 론

근육통 치료나 재활 치료 등에서 전기 자극을 이용한 치료 기술은 많은 기간을 통하여 연구되어 왔고 다양하게 의료기기화 하여 실용화되고 있다. 전자파의 경우에도 유해하다는 일반의 인식과는 달리 인체 진단 및 치료 분야에서 순기능 측면으로 오랜 기간 동안 연구되어 오고 있다. 이러한 노력의 결과로 최근 진단 및 치료 분야에서 다양한 기술 연구 결과가 발표되고 있다. 국내에서도 진단 기술 분야에서 전자파를 이용한 유방암 진단 기술 연구가 최근에 시작되었다^[1]. 그러나 인체 진단 기술과는 달리 전자파를 이용한 치료 기술은 인체에 보다 적극적인 영향을 주게 되므로 매우 신중하게 연구되고 있는 실정이다. 대표적인 전자파 이용 치료 기술에는 전자파 온열 치료(hyperthermia)가 있다.

전자파에 의한 열 효과는 잘 알려져 있으며, 온열, 가열, 건조, 육성 및 숙성 등에 이용되고 있다. 특히 온열 효과의 경우는 인체 치료에 이용할 수 있으며, 혈액 순환과 신진대사를 촉진시켜 근육을 유연하게 풀어주고 근육통 해소와 피로 회복 및 조직내 노폐물 분비 촉진에 효과가 있는 것으로 알려져 있다^[2]. 그러나 최근에는 이러한 온열 치료 외에도 높은 온도의 열을 인체 종양 부위에 집중시키고 유지시켜 종양을 파괴하는 고온 온열 치료 기술이 연구되고 있다. 악성 종양 조직 치료에 전자파를 이용하여 국

부적인 열을 집중하기 위해서는 인체 조직에서의 열전이 매커니즘과 정확한 온도 측정이 매우 중요하다. 그러나 생체 조직에 있어 열 에너지 전달은 조직의 열적 특성(열 용량, 열 전도성), 조직의 결합 구조, 외부 전파 흡수에 의한 열적 생산물, 신진대사 과정에 의한 열적 생산물, 혈액에 의한 열 순환, 인체의 체온 조절 메커니즘 등 여러 가지 현상적인 메커니즘을 포함하는 복잡한 과정이어서 이를 규명하는 과학적 기초 연구가 매우 중요하다. 열전도 메커니즘과 열 전달 방정식에 대한 온도 예측 모델 연구와 고온 열 치료용 안테나 연구는 최근 학계에서 연구 수행되고 있다^{[3],[4]}.

최근에는 전자파 이용 치료 분야에서 열 치료 외에도 일정 패턴의 전자파 펄스를 이용한 환부 치료 기술 연구도 이루어지고 있으며, 전자파가 어떻게 상처를 치료하게 되는지에 관한 인체 메커니즘을 의학적으로 규명하는 논문들도 발표되고 있다^{[5],[6]}. 본 기고에서는 이들 중에서 열 치료를 중심으로 서술하고자 한다. 기술 동향에서는 관련 참고문헌 내용 일부를 발췌 편집하였다.

II. 전자파 인체 치료 기술 동향

열 치료에는 극초단파나 라디오파 그리고 초음파를 이용할 수 있다. 극초단파나 라디오파 그리고 초음파는 각각 고유의 주파수와 파장을 가지고 있는

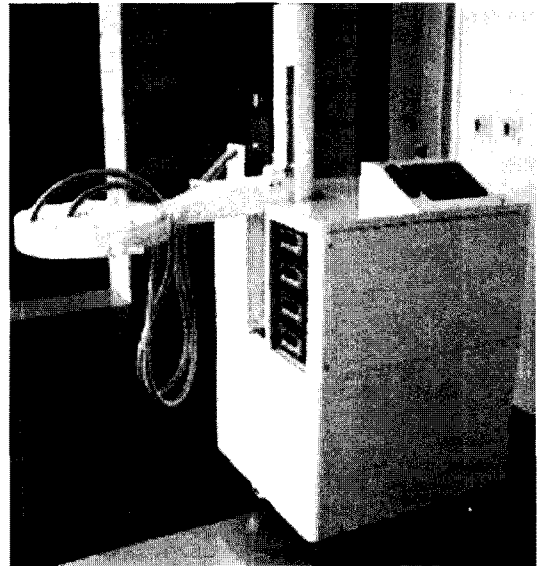
침투성 에너지 파동이다. 극초단파나 라디오파를 조사하면 매질을 구성하는 분자 운동에 강한 운동 에너지가 부여되어 분자 운동이 더욱 가속되고 활발해진다. 운동이 활발해진 분자들끼리 서로 충돌하여 생긴 마찰열은 질병을 치료하는데 활용할 수 있다^[7].

여기서의 극초단파는 주파수 300 MHz(파장 1 m)에서 3 GHz(파장 10 cm) 사이의 전자기파를 의미한다. 초음파는 가청 영역 이상의 20 kHz 이상 주파수 영역이며, 낮은 주파수의 초음파 (50~500 kHz)와 높은 주파수 초음파(2~10 MHz)로 구분되기도 한다^[8].

2.1 전자파 온열 치료

온열 치료는 오래전부터 근육통 해소와 피로 회복 등의 분야에서 적용되어 왔다. 그러나 열 발생 전달의 기반 기술 연구의 부족, 효과적인 의료 응용 분야 발굴 연구의 부족 등등 여러 가지 이유로 지금까지 실효적인 치료 기술로 인식되지 못하여 왔다. 그러나 최근에는 새로운 기반 및 응용 기술들이 연구되고 그 결과 의료계에서 새롭게 인식되어지고 있다. 예로서 국내 의학계의 연구들에 따르면 위암 환자의 방사선 치료 전후에 실시하는 국소 온열 치료가 암 치료에 매우 효과적인 결과를 제공하고 있는 것으로 보고되고 있다^[9]. 그리고 전자파를 이용한 비세균성 및 세균성 전립선염 치료에 이용되기도 한다^[2].

이러한 온열 치료는 극초단파나 라디오파, 초음파를 이용하여 인체 치료 영역의 온도를 높이고 혈류를 증가시키며, 고열로 세균의 증식을 억제시키거나 항생제의 침투를 쉽게 해주고, 살균 효과를 제공하기도 하며, 경직된 근육을 이완시켜 증상을 개선시키는 효과를 이용하는 치료 기술이다. 전립선 염에서의 전자파 열 치료 경우는 43도 온도의 열을 일정 시간 반복하여 제공하여 치료하는 기술이며, 66%의 환자가 증상 호전을 보이는 우수한 치료 기술로 알려져 있다. 온열 치료는 일반적으로 약물을 직접 주사한 후 전자파 온열 치료와 병행하는 경우에 더 홀



[그림 1] 자계 유도 열 암치료 장치(가나자와 대학)

륭한 치료 효과를 기대할 수 있다. 이처럼 다양한 온열 치료 의료 응용 기술이 의료계를 중심으로 대체 의학의 한 분야로서 활발히 연구되고 있다^{[7],[10]}.

온열 치료에서 인체에 일정 온도를 가열하면 방사선, 화학제에 의한 효과가 증가, 세포주기 중 S기에 큰 열효과가 있으며, 가온 반복 시에는 가온에 대한 내성이 생기므로 3~4주 간격으로 1주에 1~2회 온열 치료를 실시하는 것이 일반적인 치료 기술이다. 일반적인 온열 발생 원리는 인체 주위에 코일을 설치하고 고주파를 흘려 조직에 생긴 와전류(eddy current)로 가온하는 방식(라디오파)과 생체에 조사된 전자파가 조직에 에너지를 제공하고 흡수되어 감소하는 에너지의 일부가 열로 변환되어 인체 조직을 가온하는 방식(마이크로파 방식)으로 구분된다. 가온에 사용되는 주파수 범위는 100 MHz 이하(저주파), 100~1,000 MHz(중간주파), 1 GHz 이상(고주파)로 나뉜다. 한편, 초음파에 의한 가온은 체표에 초음파 진동자를 놓고 체내에 초음파를 보내 가온하는 방식이다^[11].

2-2 전자파 고온 열치료

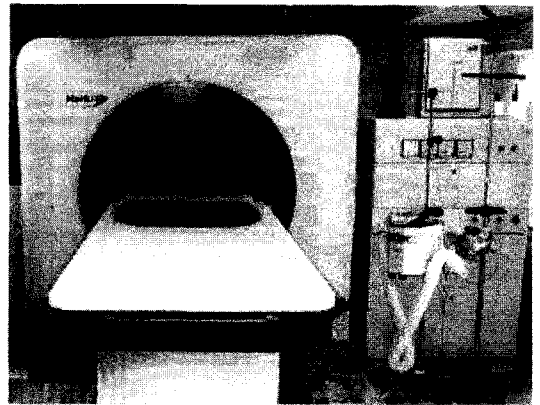
고온 온열 치료는 조직 내에 집중 조사하여 65도 이상의 고온 열을 발생시켜 종양을 파괴하는 보다 적극적인 치료 기술이다. 따라서 고온 열 치료 기술은 염증 치료보다는 종양 치료에 사용되고 있다. 정상세포는 섭씨 45도 부근 온도까지 생존하지만 종양 세포는 열에 더 민감하여 42도가 넘으면 죽은 세포가 된다. 고온 온열 치료는 45도 이상의 온도를 유지하면 종양세포만 죽이고 정상세포는 살릴 수 있다는 원리를 이용하는 것이다. 그리고 대부분 종양은 한정된 지역에 집중되어 있으므로 국소 고온 열 집중이 적용된다^[7].

고온 열치료에서, 전자파인 극초단파는 조직에 따라 조직 내부로의 침투 깊이가 제한되는 특징이 있으며, 라디오파는 파장이 보다 길고 회로를 형성해야 하기 때문에 침투 깊이에 제한이 없다. 전자파의 투과는 조직에 따라 차이가 있으며, 수분 함유량과 관계가 있다. 수분이 많은 근육층에서는 지방층보다 적게 투과된다^[7]. 고온 온열 치료에서 종양은 혈류가 부족하여 산소 결핍이나 영양 상태가 좋지 못하여 젖산이 축적되고 산도(pH)가 낮다. 이러한 종양세포는 열에 매우 민감한 반응을 보이게 된다.

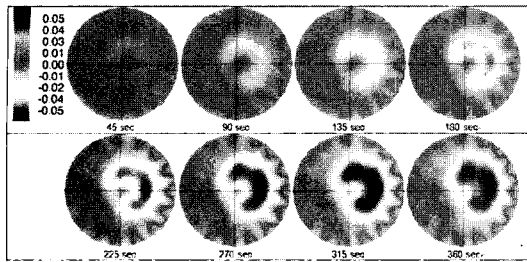
고온 열 치료 기술에는 초음파를 이용한 하이프 나이프(Haifu knife) 또는 HIFU(High Intensity Focused Ultrasound) 기술이 현재 실용화 추진되고 있다. 수술 없이 강도 높은 초음파를 이용해 암 조직만을 65도 이상으로 가열 태워버리는 열 치료 방법을 말한다. 환자 신체 내 깊은 곳에 있는 종양을 절개하지 않고 체외에서 초강력 초음파를 정확하게 표적 종양에 집중시켜 주변 장기 및 조직의 손상 없이 순간적으로 응고 괴사시키는 방법이다. HIFU의 장점은 종양조직만을 선택적으로 괴사시키기 때문에 상처나 출혈 없이 치료할 수 있고, 고전적인 소극적 온열 치료와는 달리 주로 골종양, 근육 및 지방종양, 유방암, 간암, 췌장암, 신장암 등 악성 고형 종양의 치료에 적

극적으로 적용할 수 있으며, 유방암의 경우 유방의 외형을 그대로 유지한 채 치료할 수 있어 환자들의 만족도가 매우 높다는 장점이 있다. 그리고 환자에게 방사선 오염 및 피폭이 전혀 없어서 환자의 건강한 장기 및 조직에 손상을 주지 않는 무해한 치료이며, 방사선 치료와 화학요법의 경우 불가능할 수 있는 반복 치료가 가능하다는 장점이 있다. 현재 이 분야 연구는 필립스, 지멘스, GE 등이 개발에 착수하고 있는 것으로 알려져 있고, 중국에서는 이미 국책 사업으로 실용 기술을 연구하여 현재는 3세대 기술을 연구하고 있는 실정이다^{[12],[13]}.

그러나 이러한 종양 파괴 고온 열치료는 초음파 치료의 경우 공기를 함유하거나 공동현상이 있는 장기의 종양(폐, 소장, 대장, 척추종양, 두경부종양 등)에는 적용되지 않는 것으로 알려져 있다^[14]. 그리고 열 집중 온도 제어와 국소 집중 제어 실패의 경우에 정상조직 파괴라는 후유증을 가져오므로 이를 만족하는 기술 연구가 필요한 실정이다. 전자파 고온 열 치료 핵심 기술에는 국소 지역에 전자파를 집중시키고 열을 발생시키는 기술과 인체 정상 조직이 파괴되지 않도록 치료 지역 외부로의 불필요한 열 확산과 현상을 방지하는 기술과 65도 이상의 종양 파괴



[그림 2] 초음파 고온 종양 파괴 열치료 초음파 장비 (가톨릭 의대)



[그림 3] 고온 중앙 파괴에서의 인체 내부 열 감시 센싱 시뮬레이션 영상(ETRI)

온도를 유지시키는 인체 내부 온도 감시 제어 기술 등이 있으며, 국내에서는 국책연구기관 ETRI가 전자파의 인체 유익한 순기능을 발굴 확산시키고자, 전자파 고온 열치료를 위한 기반 기술 연구를 추진 준비하고 있다.

III. 결 론

국내에서는 전자파 영향에 대한 많은 연구가 수행되고 있으나, 전자파 유해성 연구에 집중되고 있는 실정이다. 반면에 해외에서는 미국, 일본, 유럽, 중국 등의 학계 및 국책연구기관을 중심으로 전자파의 순기능적 바이오메디칼 응용 기술 분야에 대한 연구가 매우 활발하게 전개되고 있으며, 이는 국외 학술 발표 등에서 충분히 감지되고 있다^{[5],[6],[15]}. 본 기고의 전자파 이용 치료 기술은 해외 선진 국가들이 이전부터 관심을 가지고 연구해온 분야이고, 최근 기술의 발달로 구체적인 성과와 비전이 제시되고 있는 분야이다. 특히 중앙 파괴 고온 열 치료 분야는 실제 임상단계까지 연구되고 있다. 국내에서도 최근에는 전자파 이용 유방암 진단 기술 연구가 시작되었지만, IT 기술과 산업이 포화되고 있는 현 시점이 새로운 융합 기술 분야 및 고부가가치 산업 블루오션 창출을 위하여 전자파 기술 주도의 의료 융합 기술 연구가 필요한 시점이라고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 전순익, 김혁제, 이종문, 손성호, 이윤주, "전자파 인체 진단 기술 동향", 한국전자과학회 전자파 기술, 19(3), pp. 47-55, 2008년 5월.
- [2] 세칭화학(주), "나노 세라믹 콜로이드의 효과", <http://www.sechung.com/nano/%EC%84%B8%EB%9D%BD%EB%AF%B9%EC%BD%9C%EB%A1%9C%EC%9D%B4%EB%93%9C.ppt>
- [3] 전자파환경연구센터, "생체물리적 영향을 고려한 SAR 해석", 충남대학교 전자파환경연구센터 소식지, 6(1), pp. 10-15, 2008년 4월.
- [4] F. J. Gonzalez, "Thermal simulation of breast tumors", *AGOSTO 2007*, vol. 53, no. 4, pp. 323-326, 2007.
- [5] Luther C. Klothe, "Stimulating human wound healing with electric fields", *BEMS 2007*, pp. 79-81, 2007.
- [6] Min Zhao, "The molecular genetics of a cell's sense for electric fields during wound healing", *BEMS 2007*, pp. 81-83, 2007.
- [7] 한국청소년상담원, "극초단파가 전립선염 치료에 사용되는 근거", <http://k.daum.net/qna/view.html?qid=3V9s9>
- [8] <http://ko.wikipedia.org/wiki>, 위키백과사전
- [9] 계승철, 최일봉, 장지영, 김인아, "진행성 위암 환자에서 방사선 치료 전후에 실시한 국소온열치료", *J. Korean Soc. Ther. Radiol. Oncol.*, 16(1), 1998.
- [10] Isamu Nagano, "Development of cancer treatment system by induction heating with magnetic fluid (resovist)", *BEMS 2007*, pp. 21-23, 2007.
- [11] 손중기, "방사선치료학", 부산대학교 병원. http://rad.cup.ac.kr/bbs/download.jsp?file_name=%B9%E6%BB%E7%BC%B1%B0%FA%BA%B4%BF%EB%C4%A1%B7%E1.ppt

[12] 병원신문, <http://www.khanews.co.kr/inews/data/pdf/2006/20060925/Y09-1894.pdf>, 2006년 9월.

[13] 의협신문, http://www.kmatimes.com/news/drug/medical/1195690_1557.html, 2007년 7월.

[14] http://www.cmc.or.kr/cmcservice/cmcservice02_view.jsp?hiContentID=58082&CP

[15] <http://bems2008.abstractcentral.com/>, BEMS 2008. 6. 8-18.

≡ 필자소개 ≡

전 순 익



1984년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
 1996년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
 2003년 8월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)
 1990년 9월~현재: 한국전자통신연구원

안테나연구팀장

[주 관심분야] 안테나, 전자파 이용 진단 및 치료

손 성 호



1997년 2월: 부산대학교 제어기계공학과 (공학사)
 1999년 2월: 포항공과대학교 기계공학과 (공학석사)
 2006년 3월~현재: 포항공과대학교 기계공학과 박사과정
 2001년 3월~현재: 한국전자통신연구원

선임연구원

[주 관심분야] 위상배열 시스템, 스마트 스킨 안테나, 최적화 알고리즘

김 혁 제

1995년: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
 1995년~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원
 [주 관심분야] RF 시스템, 디지털 시스템, 영상복원알고리즘

이 윤 주



2005년 8월: 명지대학교 전자과 (공학사)
 2007년 8월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)
 2007년 10월~현재: 한국전자통신연구원 연구원
 [주 관심분야] 영상복원알고리즘, 안테나

이 종 문



1996년 2월: 충북대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
 1999년 8월: 충북대학교 전파공학과 (공학석사)
 2005년 2월: 충북대학교 전파공학과 (공학박사)
 2000년 4월~현재: 한국전자통신연구원

선임연구원

[주 관심분야] 안테나, RF 회로설계, RF시스템, 영상복원알고리즘