

초음파 적용시 사용매질의 종류에 따른 조직 온도상승율에 관한 조사연구

동남보건전문대학 물리치료과

민 경 옥

A Study on the Tissue Temperature Rising Trend from Application Various Ultrasonic Medium

Kyung Ok Min

Department of Physical Therapy, Dong Nam Health Junior College
Suweon, Korea

차 례

- I. 서 론
- II. 실험대상 및 방법
 - 1. 사용대상 및 기간
 - 2. 사용매질, 사용방법, 측정기구, 측정부위
- III. 실험결과 및 고찰
- IV. 결 론
 - 참고문헌

I. 서 론

초음파는 물리치료사가 임상에서 심부열치료의 수단으로 매우 빈번하게 사용하고 있는 고주파에너지의 하나이다. 여러 가지 형태의 고주파에너지 중 초음파는 음파의 형태이기 때문에 단파치료에서와 같은 전류에 의한 화상이나 전류의 집중에 따른 위험성이 비교적 적다는 장점을 가지고 있다.¹⁾

단파나 극초단파가 횡파이면서 전자기파인데 반하여 초음파는 진행하는 방향과 진동하는 방향이 동일한 종파의 일종이다.⁶⁾ 일반적으로 초음파란 인간이 들을 수 있는 가청주파수 2만 사이클 이상의 음파를 말하

는데 물리치료에서는 주로 0.75 MHz, 0.87 MHz, 1MHz, 1.5MHz, 3MHz 등이 사용되며 진단용으로는 1MHz에서 약 10MHz의 주파수가 그리고 의 과용으로는 1MHz에서 5MHz 범위의 주파수가 많이 이용되고 있다.⁵⁾

초음파의 전도속도는 조직의 성질에 따라 달라지는데 뼈의 경우 약 3,360m/sec(혹은 4,080m/sec), 근육에서는 1,590m/sec(혈액은 1,560m/sec)등인 것으로 알려져 있다.⁸⁾

초음파치료기는 Pierre Curie가 압전효과(Piezoelectric effect)를 발견하고 1917년 Langevin이 고주파전류를 석영에 흘릴 때 초음파를 발생시킬 수 있다는 것을 알아낸 후에 본격적으로 개발되어 진단이나 치료 등에서 응용되게 되었다.⁷⁾ 압전효과에는 크게 두 가지 형태의 것이 있는데 하나는 석영이나 루시엘염 등과 같은 특수한 결정을 일정한 방향에서 압축이나 신장을 가할 때 전류가 생성되는 것이고, 다른 하나는 반대로 이들 결정에 전류를 흘려 주었을 때 결정이 압축이나 신장을 반복하여 초음파를 발생시키는 현상이다. 후자의 것을 압전효과 중에서 역압 전기효과라고 하는데 초음파는 역압전기효과에 의해 발생된다.²⁾

초음파를 이용하여 환자를 치료할 때 치료효과에 영

향을 미치는 요인들이 몇 가지 있는데 우리 물리치료사들에게 관심의 대상이 되는 것이 사용주파수의 범위, 치료조직의 성질이나 깊이, 치료시간, 치료에 사용되는 매질 등이다.³⁾

본 조사연구에서는 이들 요소 중 현재 임상에서 많이 사용되고 있는 매질을 중심으로 하여 매질에 따른 조직의 온도상승을 비교 평가하였는데 매질의 종류에 따라 조직 온도의 상승율이 약간씩 차이가 있었기에 보고하는 바이다.

II. 실험대상 및 방법

1. 실험대상 및 기간

연구의 특성상 인체실험이 여의치 않아 돼지, 토끼, 돈육 등을 실험대상으로 하였으며 동물별 숫자는 돼지 5마리, 토끼 4마리, 적당량의 돈육(60cm×10cm×10cm)이었다. 연구의 정확성을 기하기 위하여 1987년 2월 1일부터 1987년 5월 31일까지 각 실험동물에 초음파를 투여하면서 반복실험을 계속하였다.

2. 사용매질, 실험방법, 측정기구, 측정부위

1) 사용매질

실험에 사용한 매질의 종류는 다음과 같다.

매질 1 : 순수한 멘소래담 로손 100% (영진약품사판)

매질 2 : 순수한 올리브 오일 (일본산)

매질 3 : 순수한 미네랄 오일 (일본산)

매질 4 : 순수한 초음파용 젤리 (일본산)

매질 5 : 유동파라핀 (국산, 동화)

매질 6 : 멘소래담 로손 50%+올리브 오일 50% 혼합액

매질 7 : 멘소래담 로손 50%+미네랄 오일 50% 혼합액

매질 8 : 멘소래담 로손 50%+유동파라핀 50% 혼합액

매질 9 : 멘소래담 로손 50%+기포를 제거한 증류수 50% 혼합액

매질 10 : 멘소래담 로손 30%+기포를 제거한 증류수 70% 혼합액

2) 실험방법

실험동물의 대퇴부 털을 면도기를 사용하여 제거한 후 미리 준비한 매질을 실험동물의 피부에 바르고 처음에는 초음파의 강도를 1.0 W/cm² 로 하여 적용하였

다. 같은 방법으로 위에서 언급한 매질들을 번갈아가면서 실험동물의 피부에 바른 후 전자식온도계를 사용하여 피부표면 온도변화와 피부표면으로부터 1.5 cm, 3 cm, 4.5 cm, 6 cm 깊이에서의 조직온도 상승율을 2분, 5분, 10분, 15분의 간격으로 번갈아가면서 측정하였다. 실험동물의 안정을 위하여 매질 1에 대한 실험을 돼지에게 실시하였을 경우에는 돼지를 안정상태로 되돌리기 위하여 일정한 시간동안 실험을 멈추고 안정상태로 돌아온 다음에 다른 매질을 적용하여 실험을 실시하였다. 이렇게해서 먼저 초음파강도 1.0 W/cm² 로 매질한 종류를 사용한 실험이 각 동물에 대하여 끝나면 다시 같은 방법으로 매질을 바꾸어 가면서 실험을 반복하였다. 각 동물별, 매질별 실험이 초음파강도 1.0 W/cm² 하에서 끝나면 다시 초음파강도를 1.5 W/cm² 로 바꾸어 같은 내용의 실험을 반복하였다. 동물 한마리에 적용된 총 실험횟수는 약 20회였다.

3) 실험기구(측정기구)

피부온도와 심부온도를 측정할 기기는 독일제 thermometer 9,300으로 영하 40℃부터 영상 1,200℃까지 측정할 수 있는 디지털식 온도계였으며 온도 100℃ 상±0.1℃의 오차율을 갖는 초정밀급이었다. 온도 검침봉의 형태는 실험목적에 따라 두 가지를 사용하였는데 표면온도를 측정할 때는 표면 검침봉을 그리고 심부온도를 측정할 때는 침 검침봉을 사용하였다. 실험에 사용된 초음파치료기는 현재 임상에서 많이 사용하고 있는 일본산 1.5 MHz ITO 초음파치료기였다.

4) 측정부위

실험의 목적상 심부까지 측정이 가능하도록 각 실험동물의 대퇴부(둔부)를 측정대상으로 하였으며 피부와의 밀착을 위하여 피부는 면도기를 사용하여 털을 완전히 제거한 후에 실험에 임하였다. 돼지 1의 피하지방층 두께는 1.5 cm, 돼지 2의 피하지방층 두께는 1.8 cm, 돼지 3은 1.6 cm, 돼지 4는 1.7 cm, 돼지 5는 1.8 cm였다. 또 토끼는 피하지방층의 두께가 매우 얇았으며 돈육의 경우는 살아있는 돼지의 피하지방층과 두께가 거의 동일하였다.

II. 실험결과 및 고찰

초음파의 유효 투과심도는 1 MHz파의 경우 인체표면으로부터 약 2~6 cm 사이에 있게 되는데 각 조직에서의 초음파 열전환효율은 조직의 깊이나 수분의 함량, 지방층의 두께, 초음파의 강도 등에 영향을 받게

된다.¹⁰⁾ 일반적으로 0.1 W/cm^2 의 초음파에너지를 약 5 cm 깊이의 조직에 투여하였을 때 조직은 대개 0.2 W/분 의 속도로 가열되게되며 1 MHz의 주파수를 갖는 초음파의 경우 피하지방 1 cm의 깊이에서 에너지 보유량이 높고 2 cm의 깊이에서는 사용량의 약 절반 정도가 소실되고 다시 3 cm 정도가 되면 2/3 가까이 손실되는 것으로 보고되어 있다. 이 때 만일 주파수가 더욱 높아지게 되면 에너지의 손실량은 더 커지는 것으로 알려져 있으며 관절이나 관절 주위에서의 온도상승은 단파 및 극초단파 등에서 보다 높다고 보고되어져 있다. 한편 인체실험의 경우 동물실험과 그 값을 직접 비교할 수는 없지만 매질의 종류나 매질의 온도 등에 따라 조직의 온도상승 패턴이 매우 달라지는 것으로 Lehmann 등은 보고하였는데 물을 매질로 사용하였을 때는 물의 높은 초음파투과율과 열전달용량 (high heat-carrying capacity) 때문에 뼈 바로 앞의 조직에서 매우 높은 온도상승이 일어난다고 보고하였다. 그는 5 사람의 대퇴부에 세 가지 형태의 매질을 사용하여 조직 온도상승을 비교하였는데 첫 번째는 18°C 의 미네랄 오일을 사용한 실험이었고 (그림 1) 두 번째는 24°C 의 미네랄 오일을 사용한 실험이었으며 (그림 2) 세 번째는 가스를 제거한 24°C 의 물을 매질로 사용한 실험이었다.

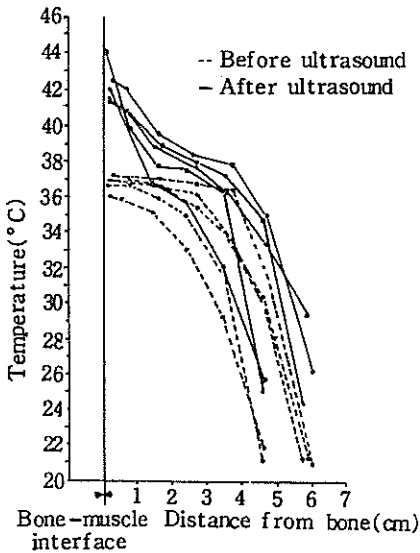


그림 1. 18°C 의 미네랄 오일을 매질로 사용하였을 경우 인체 대퇴부에서의 조직 온도분포도

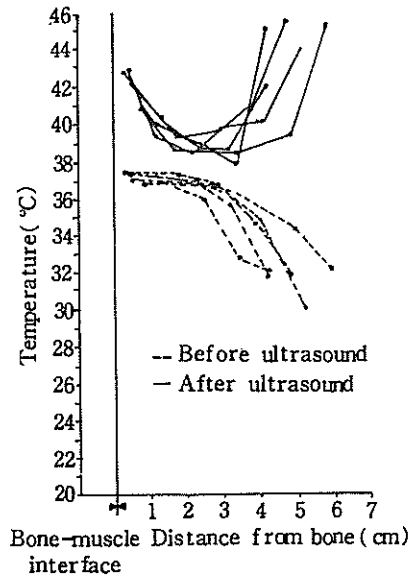


그림 2. 24°C 의 미네랄 오일을 매질로 사용하였을 경우 인체 대퇴부에서의 조직 온도분포도

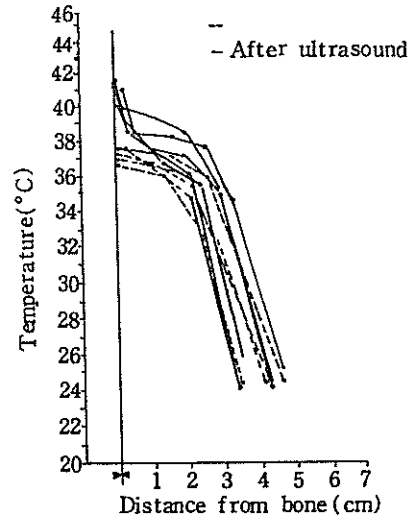


그림 3. 24°C 의 가스가 제거된 물을 매질로 사용하였을 경우 인체 대퇴부에서의 조직 온도분포

한편 본 실험에서 초음파적용 후 매질별 시간경과에 따른 평균 온도상승폭은 돼지의 경우 표 1과 같았으며 토끼는 표 2와 같았고 닭의 경우는 표 3과 같았다. 표 1에서 나타난 것을 보면 돼지의 경우 조직 깊이 1.5 cm에서 1.0 W/cm^2 의 초음파강도로 적용하였을 때 매질 4, 매질 7, 매질 10에서 2분후 조직 온도상승폭이

표 1. 위치에 초음파 적용후 시간 경과에 따른 온도 상승폭

단위 : °C

실험동물 번호	배경 강도 (W/cm ²)	표적깊이 1.5 cm															표적깊이 3.0 cm															표적깊이 4.5 cm														
		2 분 후			5 분 후			10 분 후			15 분 후			2 분 후			5 분 후			10 분 후			15 분 후			2 분 후			5 분 후			10 분 후			15 분 후											
		mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.											
배경 1	1.0	0.780±0.109	1.700±0.234	3.380±0.174	5.380±1.324	0.640±0.149	1.300±1.014	2.960±0.147	4.220±0.782	0.420±0.141	0.960±1.412	2.020±0.141	3.020±0.141	0.420±0.141	0.960±1.412	2.020±0.141	3.020±0.141	0.420±0.141	0.960±1.412	2.020±0.141	3.020±0.141	0.420±0.141	0.960±1.412	2.020±0.141	3.020±0.141	0.420±0.141	0.960±1.412	2.020±0.141	3.020±0.141	0.420±0.141	0.960±1.412	2.020±0.141	3.020±0.141													
	1.5	0.820±0.083	1.860±0.134	3.480±0.164	5.560±1.027	0.760±0.912	1.420±0.912	3.120±0.642	4.420±0.762	0.500±0.142	1.000±0.912	2.140±0.712	3.180±0.712	0.500±0.142	1.000±0.912	2.140±0.712	3.180±0.712	0.500±0.142	1.000±0.912	2.140±0.712	3.180±0.712	0.500±0.142	1.000±0.912	2.140±0.712	3.180±0.712	0.500±0.142	1.000±0.912	2.140±0.712	3.180±0.712	0.500±0.142	1.000±0.912	2.140±0.712	3.180±0.712													
	1.0	0.820±0.184	1.600±0.199	3.440±0.289	5.460±0.085	0.660±0.176	1.340±0.197	3.040±0.384	4.460±0.074	0.420±0.162	1.040±0.194	1.860±0.194	3.140±0.084	0.420±0.162	1.040±0.194	1.860±0.194	3.140±0.084	0.420±0.162	1.040±0.194	1.860±0.194	3.140±0.084	0.420±0.162	1.040±0.194	1.860±0.194	3.140±0.084	0.420±0.162	1.040±0.194	1.860±0.194	3.140±0.084	0.420±0.162	1.040±0.194	1.860±0.194	3.140±0.084													
배경 2	1.5	0.920±0.192	1.920±1.021	3.680±0.313	5.560±0.084	0.780±0.184	1.460±1.012	3.160±0.412	4.620±0.124	0.520±0.174	1.100±0.184	2.140±0.184	3.340±0.124	0.520±0.174	1.100±0.184	2.140±0.184	3.340±0.124	0.520±0.174	1.100±0.184	2.140±0.184	3.340±0.124	0.520±0.174	1.100±0.184	2.140±0.184	3.340±0.124	0.520±0.174	1.100±0.184	2.140±0.184	3.340±0.124	0.520±0.174	1.100±0.184	2.140±0.184	3.340±0.124													
	1.0	0.820±0.174	1.820±0.127	3.540±0.178	5.480±1.204	0.640±0.104	1.380±0.174	2.900±0.712	4.480±0.742	0.440±0.171	0.980±0.712	2.040±0.612	3.260±0.912	0.440±0.171	0.980±0.712	2.040±0.612	3.260±0.912	0.440±0.171	0.980±0.712	2.040±0.612	3.260±0.912	0.440±0.171	0.980±0.712	2.040±0.612	3.260±0.912	0.440±0.171	0.980±0.712	2.040±0.612	3.260±0.912	0.440±0.171	0.980±0.712	2.040±0.612	3.260±0.912													
	1.5	0.940±0.107	1.920±0.414	3.700±0.914	5.600±0.172	0.780±0.187	1.460±1.014	3.100±0.912	4.820±0.102	0.540±0.410	1.100±0.162	2.220±0.712	3.380±0.124	0.540±0.410	1.100±0.162	2.220±0.712	3.380±0.124	0.540±0.410	1.100±0.162	2.220±0.712	3.380±0.124	0.540±0.410	1.100±0.162	2.220±0.712	3.380±0.124	0.540±0.410	1.100±0.162	2.220±0.712	3.380±0.124	0.540±0.410	1.100±0.162	2.220±0.712	3.380±0.124													
배경 4	1.0	0.840±0.160	1.960±0.917	3.660±0.814	5.560±0.912	0.600±0.452	1.440±1.012	3.000±0.912	4.560±1.074	0.520±0.712	0.980±0.142	1.980±0.712	3.360±0.114	0.520±0.712	0.980±0.142	1.980±0.712	3.360±0.114	0.520±0.712	0.980±0.142	1.980±0.712	3.360±0.114	0.520±0.712	0.980±0.142	1.980±0.712	3.360±0.114	0.520±0.712	0.980±0.142	1.980±0.712	3.360±0.114	0.520±0.712	0.980±0.142	1.980±0.712	3.360±0.114													
	1.5	0.940±0.108	2.100±0.124	3.800±0.174	5.860±0.134	0.740±0.472	1.600±1.014	3.120±0.147	4.660±1.412	0.560±0.184	1.080±0.972	2.000±0.482	3.420±1.020	0.560±0.184	1.080±0.972	2.000±0.482	3.420±1.020	0.560±0.184	1.080±0.972	2.000±0.482	3.420±1.020	0.560±0.184	1.080±0.972	2.000±0.482	3.420±1.020	0.560±0.184	1.080±0.972	2.000±0.482	3.420±1.020	0.560±0.184	1.080±0.972	2.000±0.482	3.420±1.020													
	1.0	0.760±0.184	1.840±0.964	3.440±0.381	5.460±0.061	0.600±0.176	1.380±0.974	2.940±0.371	4.560±0.064	0.440±0.107	0.880±0.921	1.960±0.672	3.300±0.102	0.440±0.107	0.880±0.921	1.960±0.672	3.300±0.102	0.440±0.107	0.880±0.921	1.960±0.672	3.300±0.102	0.440±0.107	0.880±0.921	1.960±0.672	3.300±0.102	0.440±0.107	0.880±0.921	1.960±0.672	3.300±0.102	0.440±0.107	0.880±0.921	1.960±0.672	3.300±0.102													
배경 5	1.5	0.920±0.196	1.960±1.014	3.660±1.214	5.660±0.102	0.720±0.102	1.520±0.987	3.140±0.942	4.760±0.982	0.540±0.172	1.100±1.321	2.120±0.942	3.400±0.321	0.540±0.172	1.100±1.321	2.120±0.942	3.400±0.321	0.540±0.172	1.100±1.321	2.120±0.942	3.400±0.321	0.540±0.172	1.100±1.321	2.120±0.942	3.400±0.321	0.540±0.172	1.100±1.321	2.120±0.942	3.400±0.321	0.540±0.172	1.100±1.321	2.120±0.942	3.400±0.321													
	1.0	0.740±0.174	1.900±1.016	3.580±0.946	5.520±0.094	0.680±0.184	1.340±1.014	2.940±0.987	4.380±0.084	0.500±0.172	0.880±0.921	1.960±0.672	3.300±0.102	0.500±0.172	0.880±0.921	1.960±0.672	3.300±0.102	0.500±0.172	0.880±0.921	1.960±0.672	3.300±0.102	0.500±0.172	0.880±0.921	1.960±0.672	3.300±0.102	0.500±0.172	0.880±0.921	1.960±0.672	3.300±0.102	0.500±0.172	0.880±0.921	1.960±0.672	3.300±0.102													
	1.5	0.900±0.168	2.000±1.014	3.780±1.271	5.740±0.924	0.760±0.177	1.460±1.410	3.220±1.012	4.660±0.147	0.540±0.172	1.000±1.321	2.120±0.942	3.400±0.321	0.540±0.172	1.000±1.321	2.120±0.942	3.400±0.321	0.540±0.172	1.000±1.321	2.120±0.942	3.400±0.321	0.540±0.172	1.000±1.321	2.120±0.942	3.400±0.321	0.540±0.172	1.000±1.321	2.120±0.942	3.400±0.321	0.540±0.172	1.000±1.321	2.120±0.942	3.400±0.321													
배경 7	1.0	0.840±0.109	1.960±0.107	3.540±0.124	5.520±0.141	0.640±0.178	1.260±1.012	3.000±0.247	4.520±0.612	0.440±0.174	0.940±0.912	2.100±1.021	3.300±0.914	0.440±0.174	0.940±0.912	2.100±1.021	3.300±0.914	0.440±0.174	0.940±0.912	2.100±1.021	3.300±0.914	0.440±0.174	0.940±0.912	2.100±1.021	3.300±0.914	0.440±0.174	0.940±0.912	2.100±1.021	3.300±0.914	0.440±0.174	0.940±0.912	2.100±1.021	3.300±0.914													
	1.5	0.900±0.089	2.060±0.087	3.760±0.134	5.780±0.172	0.760±0.191	1.540±0.712	3.140±0.391	4.760±1.412	0.580±0.192	1.060±0.412	2.220±0.217	3.420±0.178	0.580±0.192	1.060±0.412	2.220±0.217	3.420±0.178	0.580±0.192	1.060±0.412	2.220±0.217	3.420±0.178	0.580±0.192	1.060±0.412	2.220±0.217	3.420±0.178	0.580±0.192	1.060±0.412	2.220±0.217	3.420±0.178	0.580±0.192	1.060±0.412	2.220±0.217	3.420±0.178													
	1.0	0.860±0.179	1.960±0.984	3.560±0.984	5.520±0.061	0.600±0.184	1.400±0.967	2.980±0.974	4.480±0.187	0.480±0.192	1.000±1.021	2.060±0.932	3.340±0.214	0.480±0.192	1.000±1.021	2.060±0.932	3.340±0.214	0.480±0.192	1.000±1.021	2.060±0.932	3.340±0.214	0.480±0.192	1.000±1.021	2.060±0.932	3.340±0.214	0.480±0.192	1.000±1.021	2.060±0.932	3.340±0.214	0.480±0.192	1.000±1.021	2.060±0.932	3.340±0.214													
배경 8	1.5	0.920±1.001	2.080±1.141	3.720±1.021	5.780±0.914	0.720±0.186	1.460±0.987	3.160±0.984	4.640±0.182	0.540±0.172	1.060±0.942	2.240±0.482	3.480±0.241	0.540±0.172	1.060±0.942	2.240±0.482	3.480±0.241	0.540±0.172	1.060±0.942	2.240±0.482	3.480±0.241	0.540±0.172	1.060±0.942	2.240±0.482	3.480±0.241	0.540±0.172	1.060±0.942	2.240±0.482	3.480±0.241	0.540±0.172	1.060±0.942	2.240±0.482	3.480±0.241													
	1.0	0.820±0.079	2.040±0.714	3.720±0.712	5.840±0.452	0.760±0.741	1.480±0.862	3.120±0.412	4.860±1.012	0.600±0.174	1.060±0.714	2.200±0.912	3.420±0.274	0.600±0.174	1.060±0.714	2.200±0.912	3.420±0.274	0.600±0.174	1.060±0.714	2.200±0.912	3.420±0.274	0.600±0.174	1.060±0.714	2.200±0.912	3.420±0.274	0.600±0.174	1.060±0.714	2.200±0.912	3.420±0.274	0.600±0.174	1.060±0.714	2.200±0.912	3.420±0.274													
	1.5	1.000±0.564	2.160±0.614	3.880±0.412	5.960±0.124	0.860±0.452	1.620±0.722	3.340±0.712	4.980±0.914	0.720±0.162	1.180±0.612	2.340±0.914	3.580±0.914	0.720±0.162	1.180±0.612	2.340±0.914	3.580±0.914	0.720±0.162	1.180±0.612	2.340±0.914	3.580±0.914	0.720±0.162	1.180±0.612	2.340±0.914	3.580±0.914	0.720±0.162	1.180±0.612	2.340±0.914	3.580±0.914	0.720±0.162	1.180±0.612	2.340±0.914	3.580±0.914													
배경 9	1.0	0.840±0.175	2.160±0.172	3.840±0.141	5.940±0.714	0.820±0.712	1.480±0.742	3.340±0.714	4.980±0.192	0.660±0.912	1.160±0.714	2.320±0.414	3.600±0.197	0.660±0.912	1.160±0.714	2.320±0.414	3.600±0.197	0.660±0.912	1.160±0.714	2.320±0.414	3.600±0.197	0.660±0.912	1.160±0.714	2.320±0.414	3.600±0.197	0.660±0.912	1.160±0.714	2.320±0.414	3.600±0.197	0.660±0.912	1.160±0.714	2.320±0.414	3.600±0.197													
	1.5	1.000±0.104	2.300±0.162	4.040±0.172	6.080±0.816	0.940±0.149	1.600±0.841	3.580±0.914	5.100±0.144	0.760±0.162	1.340±0.617	2.520±0.714	3.800±0.497	0.760±0.162	1.340±0.617	2.520±0.714	3.800±0.497	0.760±0.162	1.340±0.617	2.520±0.714	3.800±0.497	0.760±0.162	1.340±0.617	2.520±0.714	3.800±0.497	0.760±0.162	1.340±0.617	2.520±0.714	3.800±0.497	0.760±0.162	1.340±0.617	2.520±0.714	3.800±0.497													
	1.0	0.810±0.197	1.896±0.321	3.570±0.214	5.568±0.414	0.664±0.012	1.380±0.149	3.022±0.398	4.550±0.432	0.494±0.174	1.008±0.476	2.054±0.197	3.300±0.162	0.494±0.174	1.008±0.476	2.054±0.197	3.300±0.162	0.494±0.174	1.008±0.476	2.054±0.197	3.30																									

표 2. 토끼에 초음파 적용후 시간 경과에 따른 온도 상승률

단위 : °C

실험동물 토끼	초음파 강도 (W/cm ²)	표적깊이 1.5 cm					표적깊이 3.0 cm											
		2 분 후	5 분 후	10 분 후	15 분 후	2 분 후	5 분 후	10 분 후	15 분 후	2 분 후	5 분 후	10 분 후	15 분 후					
		mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.					
매질 1	1.0	0.800±0.021	1.850±0.0744	3.825±0.452	5.450±0.917	0.675±0.411	1.525±0.912	3.000±0.145	4.400±0.127	매질 2	0.850±0.0712	2.075±0.711	4.175±0.712	5.850±0.819	0.875±0.912	1.775±0.782	3.600±0.214	5.025±0.912
	1.5	1.075±0.124	1.900±0.714	3.825±0.912	5.400±0.791	0.700±1.414	1.975±1.012	3.200±0.984	4.525±0.914		매질 3	0.850±0.124	2.075±0.167	4.250±1.012	5.975±0.899	0.975±0.982	1.825±0.984	3.750±0.714
매질 4	1.0	1.150±0.241	1.925±0.884	3.850±0.412	5.475±0.914	0.775±0.012	1.600±0.491	3.225±0.914	4.675±1.014	매질 5		0.950±0.714	2.075±0.872	4.200±0.917	5.975±1.024	0.775±0.012	1.600±0.491	3.225±0.914
	1.5	1.125±0.515	2.100±0.121	4.175±0.847	5.975±1.024	1.000±0.001	1.725±0.497	3.550±0.114	5.275±0.912		매질 6	1.125±0.721	2.275±0.197	4.500±0.741	6.175±0.714	1.000±0.712	1.925±0.451	4.000±0.297
매질 7	1.0	0.900±0.147	1.950±0.641	3.850±0.981	5.475±1.014	0.750±0.847	1.625±0.782	3.325±0.197	4.675±0.817	매질 8		0.900±0.147	2.100±0.794	4.275±0.981	6.075±0.984	0.975±0.841	1.850±0.862	3.725±1.412
	1.5	1.175±0.192	1.925±0.178	3.875±0.741	5.475±0.991	0.750±0.417	1.625±0.774	3.225±0.914	4.625±0.717		매질 9	1.175±0.192	2.100±0.794	4.275±0.981	6.075±0.984	0.975±0.841	1.850±0.862	3.725±1.412
매질 10	1.0	0.925±0.712	2.100±0.791	4.325±1.012	6.025±0.984	0.950±0.417	1.750±0.912	3.525±0.147	4.625±0.717	경관		0.925±0.712	2.100±0.791	4.325±1.012	6.025±0.984	0.950±0.417	1.750±0.912	3.525±0.147
	1.5	1.175±0.451	2.100±0.124	3.875±0.811	5.500±0.717	0.700±0.421	1.600±0.721	3.100±0.492	4.450±0.214		경관	1.175±0.451	2.025±0.841	4.025±0.841	5.900±0.814	0.975±0.817	1.750±0.914	3.600±0.717
경관	1.0	1.100±0.924	2.075±0.129	4.150±0.849	6.150±0.214	0.595±0.021	1.775±0.621	3.425±0.772	4.950±0.914	경관		1.100±0.924	2.075±0.129	4.150±0.849	6.150±0.214	0.595±0.021	1.775±0.621	3.425±0.772
	1.5	0.850±0.712	1.875±0.451	3.800±0.942	5.475±0.917	0.725±0.794	1.600±0.814	3.300±0.914	4.650±0.217		경관	0.850±0.712	1.875±0.451	3.800±0.942	5.475±0.917	0.725±0.794	1.600±0.814	3.300±0.914
경관	1.0	1.125±0.451	2.025±0.841	4.025±0.841	5.900±0.814	0.975±0.817	1.750±0.914	3.600±0.717	5.125±0.149	경관		1.125±0.451	2.025±0.841	4.025±0.841	5.900±0.814	0.975±0.817	1.750±0.914	3.600±0.717
	1.5	1.075±0.124	2.075±1.021	4.150±0.447	5.800±0.914	0.800±0.321	1.775±0.714	3.650±0.912	4.950±0.124		경관	1.075±0.124	2.075±1.021	4.150±0.447	5.800±0.914	0.800±0.321	1.775±0.714	3.650±0.912
경관	1.0	1.200±0.121	2.225±0.492	4.450±0.247	6.175±0.175	1.000±0.211	1.975±0.914	4.050±0.124	5.525±0.214	경관		1.200±0.121	2.225±0.492	4.450±0.247	6.175±0.175	1.000±0.211	1.975±0.914	4.050±0.124
	1.5	1.150±0.191	2.125±0.912	4.325±0.371	6.000±0.169	0.950±0.451	1.825±0.014	3.875±0.912	5.250±0.714		경관	1.150±0.191	2.125±0.912	4.325±0.371	6.000±0.169	0.950±0.451	1.825±0.014	3.875±0.912
경관	1.0	1.200±0.714	2.275±0.712	4.625±0.471	6.300±0.914	1.025±0.721	2.000±0.214	4.200±0.452	5.625±0.910	경관		1.200±0.714	2.275±0.712	4.625±0.471	6.300±0.914	1.025±0.721	2.000±0.214	4.200±0.452
	1.5	0.925±0.241	1.963±0.774	3.955±0.751	5.585±0.877	0.756±0.516	1.650±0.767	3.357±0.198	4.176±0.496		경관	0.925±0.241	1.963±0.774	3.955±0.751	5.585±0.877	0.756±0.516	1.650±0.767	3.357±0.198
경관	1.0	1.145±0.474	2.130±0.721	4.296±0.914	6.060±0.714	0.970±0.719	1.835±0.864	3.743±0.814	5.243±0.719	경관		1.145±0.474	2.130±0.721	4.296±0.914	6.060±0.714	0.970±0.719	1.835±0.864	3.743±0.814
	1.5										경관							

표 3. 든우에 초음파 적용후 시간 경과에 따른 온도 상승폭

단위 : °C

실험동물	매진	초음파 강도 (W/cm ²)	초적질이 1.5 cm						초적질이 3.0 cm						초적질이 4.5 cm															
			2 분 후		5 분 후		10 분 후		2 분 후		5 분 후		10 분 후		2 분 후		5 분 후		10 분 후		2 분 후		5 분 후		10 분 후					
			mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.	mean ± S.D.			
돈	매진 1	1.0	0.820±0.124	1.860±0.452	3.600±1.201	5.840±0.711	0.800±0.412	1.680±0.425	3.100±0.477	4.680±0.724	1.260±1.001	2.380±0.914	3.480±0.714	0.820±0.124	1.860±0.452	3.600±1.201	5.840±0.711	0.800±0.412	1.680±0.425	3.100±0.477	4.680±0.724	1.260±1.001	2.380±0.914	3.480±0.714	0.820±0.124	1.860±0.452	3.600±1.201	5.840±0.711		
			1.000±0.172	2.040±0.712	3.980±0.187	6.020±0.847	0.980±0.721	1.840±0.515	3.300±0.914	4.880±0.714	1.440±0.912	2.660±0.714	3.640±0.721	0.940±0.164	1.980±0.174	3.680±0.214	5.920±0.014	0.800±0.412	1.680±0.425	3.100±0.477	4.680±0.724	1.260±1.001	2.380±0.914	3.480±0.714	0.820±0.124	1.860±0.452	3.600±1.201	5.840±0.711		
			1.180±0.142	2.140±0.124	4.200±0.174	6.020±0.016	0.800±1.021	1.660±0.141	3.200±0.000	4.920±0.184	1.080±0.924	1.820±0.624	3.420±0.178	5.080±0.187	1.180±0.142	2.140±0.124	4.200±0.174	6.020±0.016	0.800±1.021	1.660±0.141	3.200±0.000	4.920±0.184	1.080±0.924	1.820±0.624	3.420±0.178	5.080±0.187	1.180±0.142	2.140±0.124	4.200±0.174	6.020±0.016
	매진 2	1.0	1.040±0.162	1.840±0.612	3.580±0.167	5.940±0.741	0.840±0.412	1.560±0.123	3.200±0.917	4.940±0.451	1.340±0.192	2.560±0.194	3.720±0.474	1.040±0.162	1.840±0.612	3.580±0.167	5.940±0.741	0.840±0.412	1.560±0.123	3.200±0.917	4.940±0.451	1.340±0.192	2.560±0.194	3.720±0.474	1.040±0.162	1.840±0.612	3.580±0.167	5.940±0.741		
			1.180±0.912	2.020±0.902	4.060±0.247	6.060±0.941	1.060±0.174	1.760±0.717	3.440±0.547	5.280±0.551	1.060±0.174	1.760±0.717	3.440±0.547	5.280±0.551	1.180±0.912	2.020±0.902	4.060±0.247	6.060±0.941	1.060±0.174	1.760±0.717	3.440±0.547	5.280±0.551	1.060±0.174	1.760±0.717	3.440±0.547	5.280±0.551	1.060±0.174	1.760±0.717	3.440±0.547	5.280±0.551
			0.960±0.902	2.000±0.902	3.720±0.167	6.040±0.912	0.740±0.914	1.760±0.912	3.160±0.591	5.020±0.651	0.740±0.914	1.760±0.912	3.160±0.591	5.020±0.651	0.960±0.902	2.000±0.902	3.720±0.167	6.040±0.912	0.740±0.914	1.760±0.912	3.160±0.591	5.020±0.651	0.740±0.914	1.760±0.912	3.160±0.591	5.020±0.651	0.740±0.914	1.760±0.912	3.160±0.591	5.020±0.651
	매진 3	1.5	1.160±0.712	2.180±0.917	4.240±1.712	6.320±0.174	1.040±0.716	1.880±0.125	3.440±0.179	5.120±0.721	1.440±0.441	2.980±0.762	4.020±0.917	1.160±0.712	2.180±0.917	4.240±1.712	6.320±0.174	1.040±0.716	1.880±0.125	3.440±0.179	5.120±0.721	1.440±0.441	2.980±0.762	4.020±0.917	1.160±0.712	2.180±0.917	4.240±1.712	6.320±0.174		
			0.880±0.174	1.840±0.122	3.620±0.157	5.920±0.174	0.720±0.782	1.560±0.471	3.100±0.492	5.020±0.812	0.720±0.782	1.560±0.471	3.100±0.492	5.020±0.812	0.880±0.174	1.840±0.122	3.620±0.157	5.920±0.174	0.720±0.782	1.560±0.471	3.100±0.492	5.020±0.812	0.720±0.782	1.560±0.471	3.100±0.492	5.020±0.812	0.720±0.782	1.560±0.471	3.100±0.492	5.020±0.812
			1.140±0.721	1.980±0.104	4.220±1.024	6.120±0.164	1.000±0.012	1.860±0.004	3.400±0.184	5.220±0.714	1.000±0.012	1.860±0.004	3.400±0.184	5.220±0.714	1.140±0.721	1.980±0.104	4.220±1.024	6.120±0.164	1.000±0.012	1.860±0.004	3.400±0.184	5.220±0.714	1.000±0.012	1.860±0.004	3.400±0.184	5.220±0.714	1.000±0.012	1.860±0.004	3.400±0.184	5.220±0.714
	매진 4	1.5	0.820±0.162	1.880±0.102	3.640±1.124	5.980±0.074	0.760±0.074	1.680±0.172	3.100±0.724	4.840±0.174	1.360±0.174	2.560±0.247	3.780±0.614	0.820±0.162	1.880±0.102	3.640±1.124	5.980±0.074	0.760±0.074	1.680±0.172	3.100±0.724	4.840±0.174	1.360±0.174	2.560±0.247	3.780±0.614	0.820±0.162	1.880±0.102	3.640±1.124	5.980±0.074		
1.100±0.000			1.980±0.472	4.080±0.724	6.200±0.981	1.080±0.014	1.840±0.214	3.340±0.862	5.120±0.862	1.080±0.014	1.840±0.214	3.340±0.862	5.120±0.862	1.100±0.000	1.980±0.472	4.080±0.724	6.200±0.981	1.080±0.014	1.840±0.214	3.340±0.862	5.120±0.862	1.080±0.014	1.840±0.214	3.340±0.862	5.120±0.862	1.080±0.014	1.840±0.214	3.340±0.862	5.120±0.862	
0.900±0.710			1.900±0.414	3.720±0.419	5.980±1.710	0.860±0.714	1.640±0.149	3.120±0.912	4.980±0.421	0.860±0.714	1.640±0.149	3.120±0.912	4.980±0.421	0.900±0.710	1.900±0.414	3.720±0.419	5.980±1.710	0.860±0.714	1.640±0.149	3.120±0.912	4.980±0.421	0.860±0.714	1.640±0.149	3.120±0.912	4.980±0.421	0.860±0.714	1.640±0.149	3.120±0.912	4.980±0.421	
매진 5	1.5	1.060±0.146	2.080±0.515	4.160±0.517	6.260±0.914	0.960±0.771	1.820±1.417	3.360±0.914	5.220±0.211	1.440±0.717	2.920±0.294	3.880±0.714	1.060±0.146	2.080±0.515	4.160±0.517	6.260±0.914	0.960±0.771	1.820±1.417	3.360±0.914	5.220±0.211	1.440±0.717	2.920±0.294	3.880±0.714	1.060±0.146	2.080±0.515	4.160±0.517	6.260±0.914			
		1.000±0.142	2.020±0.782	3.620±0.864	5.980±0.942	0.640±0.160	1.800±0.197	3.060±0.782	4.940±0.167	0.640±0.160	1.800±0.197	3.060±0.782	4.940±0.167	1.000±0.142	2.020±0.782	3.620±0.864	5.980±0.942	0.640±0.160	1.800±0.197	3.060±0.782	4.940±0.167	0.640±0.160	1.800±0.197	3.060±0.782	4.940±0.167	0.640±0.160	1.800±0.197	3.060±0.782	4.940±0.167	
		1.140±0.164	2.120±0.012	4.120±0.962	6.240±0.782	0.980±0.124	1.900±0.184	3.380±0.463	5.100±0.107	0.980±0.124	1.900±0.184	3.380±0.463	5.100±0.107	1.140±0.164	2.120±0.012	4.120±0.962	6.240±0.782	0.980±0.124	1.900±0.184	3.380±0.463	5.100±0.107	0.980±0.124	1.900±0.184	3.380±0.463	5.100±0.107	0.980±0.124	1.900±0.184	3.380±0.463	5.100±0.107	
매진 6	1.0	0.900±0.147	2.000±0.414	3.920±0.124	6.300±0.912	1.040±0.761	1.800±0.914	3.180±0.714	5.320±0.321	1.420±0.234	2.580±0.912	3.880±0.214	0.900±0.147	2.000±0.414	3.920±0.124	6.300±0.912	1.040±0.761	1.800±0.914	3.180±0.714	5.320±0.321	1.420±0.234	2.580±0.912	3.880±0.214	0.900±0.147	2.000±0.414	3.920±0.124	6.300±0.912			
		1.140±0.137	2.160±0.191	4.140±0.897	6.420±0.176	1.180±0.774	1.560±1.021	3.440±0.912	5.440±0.271	1.180±0.774	1.560±1.021	3.440±0.912	5.440±0.271	1.140±0.137	2.160±0.191	4.140±0.897	6.420±0.176	1.180±0.774	1.560±1.021	3.440±0.912	5.440±0.271	1.180±0.774	1.560±1.021	3.440±0.912	5.440±0.271	1.180±0.774	1.560±1.021	3.440±0.912	5.440±0.271	
		1.100±0.198	2.060±0.417	3.940±0.911	6.400±0.912	1.000±0.914	1.840±0.917	3.280±0.174	5.440±0.391	1.000±0.914	1.840±0.917	3.280±0.174	5.440±0.391	1.100±0.198	2.060±0.417	3.940±0.911	6.400±0.912	1.000±0.914	1.840±0.917	3.280±0.174	5.440±0.391	1.000±0.914	1.840±0.917	3.280±0.174	5.440±0.391	1.000±0.914	1.840±0.917	3.280±0.174	5.440±0.391	
매진 7	1.5	1.220±0.471	2.220±0.912	4.380±0.462	6.540±0.918	1.200±0.886	1.980±0.914	3.520±0.910	5.560±0.451	1.020±0.162	2.574±0.712	3.764±0.591	1.220±0.471	2.220±0.912	4.380±0.462	6.540±0.918	1.200±0.886	1.980±0.914	3.520±0.910	5.560±0.451	1.020±0.162	2.574±0.712	3.764±0.591	1.220±0.471	2.220±0.912	4.380±0.462	6.540±0.918			
		0.956±0.412	2.152±0.483	3.704±0.512	6.030±0.274	0.820±0.147	1.696±0.291	3.150±0.518	5.010±0.424	0.820±0.147	1.696±0.291	3.150±0.518	5.010±0.424	0.956±0.412	2.152±0.483	3.704±0.512	6.030±0.274	0.820±0.147	1.696±0.291	3.150±0.518	5.010±0.424	0.820±0.147	1.696±0.291	3.150±0.518	5.010±0.424	0.820±0.147	1.696±0.291	3.150±0.518	5.010±0.424	
		1.018±0.512	2.092±0.517	4.158±0.764	6.220±0.798	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614	1.018±0.512	2.092±0.517	4.158±0.764	6.220±0.798	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614	
평균		1.5	1.018±0.512	2.092±0.517	4.158±0.764	6.220±0.798	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614	1.018±0.512	2.092±0.517	4.158±0.764	6.220±0.798	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614	1.018±0.512	2.092±0.517	4.158±0.764	6.220±0.798	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614
			1.018±0.512	2.092±0.517	4.158±0.764	6.220±0.798	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614	1.018±0.512	2.092±0.517	4.158±0.764	6.220±0.798	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614	1.018±0.512	2.092±0.517	4.158±0.764	6.220±0.798	1.056±0.437	1.866±0.487	3.402±0.712	5.202±0.614

0.84 °C로 가장 높았으며 매질 1을 사용하였을 경우가 0.78 °C로 가장 낮았다. 또 1.5W/cm²로 초음파강도를 높였을 때는 매질 10을 사용하였을 때 1.0 °C로 가장 높았고 매질 7을 사용하였을 때 가장 낮았다. 조직 깊이가 3cm일 경우에 1.0W/cm² 초음파강도로 매질 10을 사용하여 적용하였을 때 2분 후 온도상승폭이 0.82 °C로 가장 높았고 매질 4를 사용하였을 때 0.6 °C로 가장 낮았다. 초음파강도를 1.5W/cm²로 높였을 경우에는 매질 10을 사용하였을 때 0.94 °C로 가장 높았고 매질 4를 사용하였을 때 0.74 °C로 가장 낮았다. 한편 입상에서 일반적으로 많이 사용하고 있는 5분 후 각 조직 깊이에서의 온도상승율을 보면 조직 깊이가 1.5cm의 경우 매질 10을 사용하여 초음파강도 1.5W/cm²로 적용하였을 때 2.3 °C로 가장 높았고 매질 1을 사용하여 초음파강도 1.0W/cm²로 적용하였을 때 1.86 °C로 가장 낮았다. 같은 조건에서 토끼의 경우 매질 10을 사용하여 초음파강도 1.5W/cm²로 적용하였을 때 2.275 °C로 가장 높았고 매질 1을 사용하여 초음파강도 1.0W/cm²로 적용하였을 때 1.85 °C로 가장 낮았다. 또 돈육의 경우 조직 1.5cm 깊이에서 5분후 조직 온도상승율을 보면 매질 10을 사용하여 초음파강도 1.5W/cm²로 적용하였을 때 온도상승폭이 2.22 °C로 가장 높았고 매질 3을 사용하여 초음파강도 1.0W/cm²로 적용하였을 때 1.84 °C로 가장 낮았다. 이들 실험의 결과는 일반적으로 알려진 분당 온도상승율과는 약간의 차이가 있었는데 그것이 실험기기의 차이에서 오는 것인지 아니면 실험대상의 선정과정에서 오는 차이인지는 확인할 수 없었다.

IV. 결 론

1987년 2월 1일부터 1987년 5월 31일까지 돼지 5마리, 토끼 4마리, 돈육(10cm×10cm×10cm) 5덩이를 대상으로 초음파를 적용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 초음파적용 후 온도상승폭이 가장 큰 경우는(조직 깊이가 1.5cm의 경우) 시판 멘소레담 로손에 기포를 제거한 증류수 70%를 혼합한 용액을 매질로 하여 돈육에 1.5W/cm²의 강도로 초음파를 적용하였을 때로 15분후 온도상승폭이 6.54 °C였다.
2. 초음파적용 후 온도상승폭이 가장 낮은 경우는(조직 깊이가 1.5cm의 경우) 순수한 멘소레담 로손을 매질로 하여 돼지의 근육에 1.0W/cm²의 강도로

초음파를 적용하였을 때로 15분후 온도상승폭이 5.38 °C였다.

3. 실험대상(돼지, 토끼, 돈육) 전체를 평균하여 온도상승폭을 비교하였을 때 가장 온도상승폭이 큰 경우는 멘소레담 로손에 기포를 제거한 증류수를 70% 혼합한 용액을 매질로 하여 초음파를 1.5W/cm²의 강도로 적용하였을 때이며 온도상승폭이 가장 낮은 경우는 순수한 멘소레담 로손을 매질로 하여 1.0W/cm²의 강도로 초음파를 적용하였을 때였다.
4. 순수한 멘소레담 로손에 기포를 제거한 증류수를 50% 혼합하였을 때와 70%를 혼합하였을 때 온도상승폭의 차이는 별로 없었다.
5. 멘소레담 로손에 기포를 제거한 증류수를 70% 혼합한 용액을 매질로 사용하였을 경우 온도상승폭이 큰 이유가 멘소레담 로손의 약리작용에 의한 온도상승가중효과 때문인지 아니면 또 다른 원인에 의한 것인지는 확인할 수 없었다.
6. 실험동물별 온도상승폭을 비교하였을 때 죽은 돼지의 근육에서 온도상승이 가장 많았고 그 다음이 토끼 그리고 돼지의 순서였다. 이처럼 실험동물간에 온도차이가 있는 것은 실험동물에 따라 혈액순환 상태가 다르고 초음파의 흡수에 큰 영향을 미치는 피하지방층의 두께가 서로 다르기 때문인 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 이재학 : 전기치료학, 대학서림, pp.249 ~ 284, 1983.
2. Dahlager MA: Physical Therapy Manual for Physicians, State of Iowa, 1968.
3. Downer AII: Physical Therapy Procedures, Charles C Thomas 1977, pp. 71-88.
4. Kottke FJ: Krusen's Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation, W.3. Saunders Company, 1982, pp. 307-322.
5. Scott BO: The Principles and Practice of Electrotherapy and Actinotherapy, William Heinemann Medical Books Ltd, 1959, pp. 206-211.
6. Scott PM: Electrotherapy and Actinotherapy, Bailliere Tindall, 1977. pp. 316-327.

7. Shestack R: Handbook of Physical Therapy, Springer Publishing Company, 1974.
8. Shriber WJ: A Manual of Electrotherapy, Lea & Febiger 1975, pp. 203-247.
9. Wadsworth H: Electrophysical Agents in Physiotherapy, Science Press, 1983.
10. Wale JO: Tidy's Massage and Remedial Exercise, John Wright & Sons Ltd., 1976.