

초음파에 의한 조직내 온도추정에
관한 연구

최 용 호, 이 상 민, 박 승 환, 홍 승 용
인하대학교 전자공학과

A Study on the Estimation of Temperature in tissue by Ultrasound

H.H. Choi, S.M. Lee, S.W. Park, S.H. Hong
Department of Electronics INHA UNIV.

ABSTRACT

The continued interest in diagnostic applications of ultrasound has led to a need for more detailed knowledge of the ultrasonic properties of biological tissues. In this paper, temperature dependence of ultrasound velocity and attenuation is considered through a fundamental experiment. Acryl and Pig Liver are used as specimen. Data is collected over the temperature range of 20-50 C. As a result, we know that ultrasound velocity and attenuation coefficient are uniformly changed in proportion as specimen's temperature.

1. 서 론

생체의 온도에 관한 계속은, 16세기경에 공기의 팽창을 이용한 온도계로 구강내의 온도를 계속한 Santorio의 연구를 시작으로하여 금세기초경에 발표된 요즈음의 수은 체온계에 이르기까지 비약적으로 발전해 왔다. 수은 체온계가 완성됨에 따라서 온도를 검출하기에는 쇠퇴했고, 상당히 정확성이 높아졌기 때문에 임상에서도 널리 이용되어져 왔다.

그러나 수은 체온계로서는 연속적으로 체온을 모니터링하기에 불편할 뿐만 아니라 수은의 오염이 문제시되고 있으며, 또한 국소부위의 정확한 온도 계속에는 어려움이 따르기 때문에 새로운 계속법이나 계속기기 등의 개발이 요구되어지고 있다.

이러한 요구에 부응하여 관심의 초점이 되고 있는 것이 비관열적인 온도 관측 방법이다. 이러한 계속방법은 제한되어 있는 국소부위의 온도를

계속할 수 있을뿐만 아니라 무엇보다도 비관열적으로 온도를 모니터링할 수 있다는 장점때문에 많은 관심을 끌고 있다. 이러한 온도계속 방법은 적외선, X 선CT, MRI, 마이크로파, 초음파 등을 이용하고 있으나, 수술중이나 Hyperthermia의 가온시에 비관열적으로 지정된 국소부위의 정확한 온도를 관측할 수 있는 방법은 아직 없다.

따라서 본 연구는 초음파를 이용하여 비관열적인 방법으로 국소부위의 온도를 측정할 수 있는 가능성을 제시하며, 그 기초로서 생체조직의 초음파에 대한 조직 특성화(Tissue Characterization)의 측면에서 온도 의존성을 검토한다.

2. 생체조직의 초음파 온도특성

초음파에 대한 생체조직의 각종 음향 파라메타 - 감쇠, 음속, 산란계수, 반사계수 등 - 중에서 온도의존에 관한 데이터가 축적되어 있는것은 주로 감쇠와 음속이지만 이들 데이터들도 그리 많은것은 아니다. 그러므로 본 연구에서는 음속과 감쇠의 정도로서 조직의 온도의존성을 검토한다. 또한 이들의 측정법에는 투과법과 반사법으로 나누어 지지만 IN VIVO 계속에 적합한 반사법을 이용한다.

1) 감 쇠

조직의 감쇠계수는 주파수 f 의 함수로서 $a \cdot f^n$ 이 되는것이 실험적으로 입증된 바 있다. 여기서 n 의 값은 주파수 의존 지수로서 거의 1 이고, a 의 값은 연부조직인 경우 약 0.5 dB/Cm/MHz 전후이다. 감쇠의 매카니즘은 복잡하지만 대부분은 조직의 점성 및 화학반응계의 완화현상, 흡수, 산란 등에 기초를 두었다고 생각되며 주변이나 조직의 온도에 많은 영향을 받는다. 따라서 동일한 조건하에서의 온도 변화에 따른 감쇠정도를 검토하므로써 조직의 온도의존성을 구할 수 있다. 조직의 감쇠계수를 결정하는 방법은 여러가지가 있

으나 Spectral Difference 법을 사용하였으며, 온도의 변화에 따른 함수로 나타내었다.

$$\Delta\beta(T) = \beta(T) - \beta(T_0) \\ = [\ln P_0(f, T_0) - \ln P_0(f, T)] / 2fd$$

여기서 T_0 는 기준온도, T 는 측정시의 온도를 나타낸다.

2) 음 속

연부조직의 음속은 거의 물속에서의 비슷한 약 1500 M/S 전후이지만 조직내의 탄백질 및 물, 지방 등의 함유율, 온도변화 등에 크게 영향을 받는다.

$$\Delta V(T) = V(T) - V(T_0) \\ = 2[d/t(T) - d/t(T_0)]$$

따라서 온도의 변화에 따른 속도의 변화분을 구하여 온도의존성을 검토한다.

3. 실험

(1) 실험장치의 구성

그림 1에 전체의 시스템 구성도를 나타내었다.

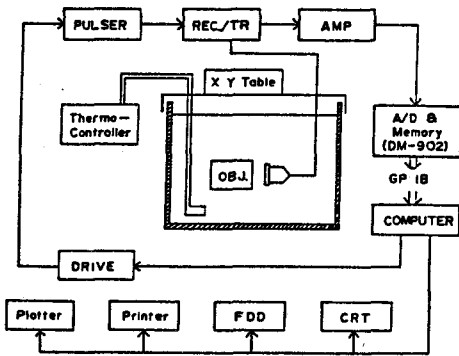


그림 1. 전체의 시스템 구성도

(2) 데이터의 수집

PULSER로부터 0.2 [uS], 80[V]의 펄스를 초음파 변환기에 가하여 초음파를 시료에 수직으로 입사시킨다. 시료로부터 반사된 신호를 수신하여 증폭시킨후 100MHz로 sampling하여 A/D 변환시켜서 GP-IB를 통해 PC로 전송시킨다. 초음파 변환기는 중심주파수 5[MHz], 직경 6[mm]인 KB-AEROTECH사 제품 PCT 50BM을 사용하였다. 시료는 균일조직의 아르릴판과 돼지의 간을 사용하였으며, 온도분해능이 0.5 C인 Thermo-controller로 시료의 온도를 조절하였다. 데이터의 크기는 8bits, 2048points이며, 수중에서 발생되는 기포와 대류현상을 최대한 억제시키기 위하여 먼저 물을 가열하고 서서

히 식히면서 최대한 등온상태를 유지시켜 장시간에 걸쳐 데이터를 수집하였다.

4. 데이터 처리 및 결과

그림 2에 데이터 처리를 위한 흐름도를 나타내었다.

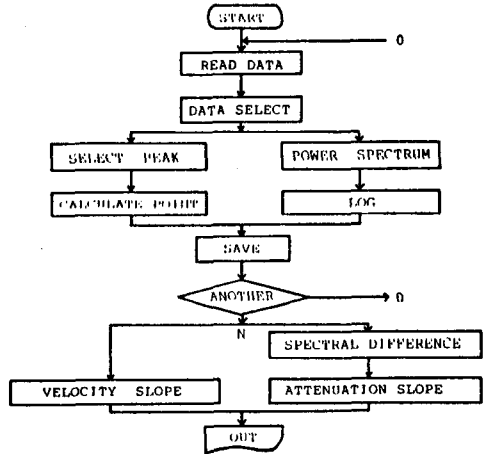


그림 2. 데이터 처리 흐름도

(1) 음 속

반사신호 $P_i(t)$ 와 $P_o(t)$ 에 대해서 각각 Peak Value에 일정한 Gate를 주어 신호를 선택한 후 두 Point 사이의 Point 수를 계산하여 음속을 구한다. 또한 각 온도별로 음속을 구하여 온도의

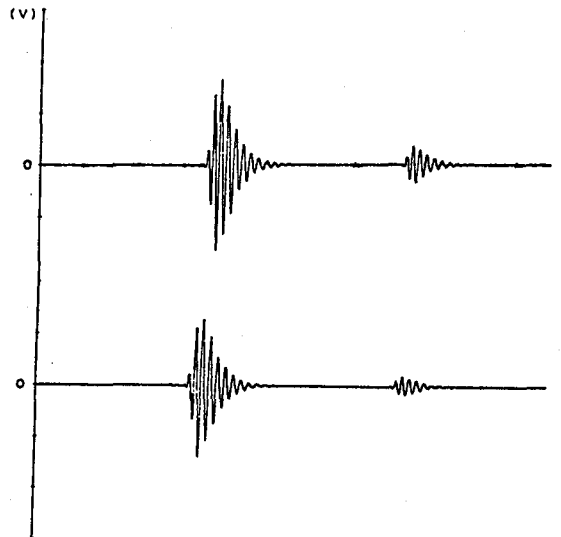


그림 3. 아르릴로부터의 반사신호
(a) 20°C (b) 44°C

변화에 따른 속도의 변화를 구한다. 그림 3에 아크릴로부터의 반사신호를 나타내었으며, 그림 4에 초음파 전파속도의 온도의존성을 나타내었다.

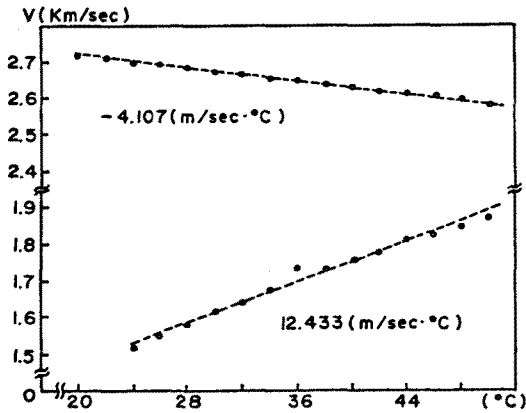


그림 4. 초음파 전파속도의 온도의존성

(2) 감쇠계수

감쇠계수의 추정시 사용한 방법으로는 스펙트럼 차분법을 이용하여 감쇠계수의 기울기를 구하였다. 그림 5에는 20 °C 를 기준으로한 각 온도별 감쇠 계수 기울기의 차를 나타내었다. (a) 는 아크릴, (b) 는 간에서의 처리결과이다.

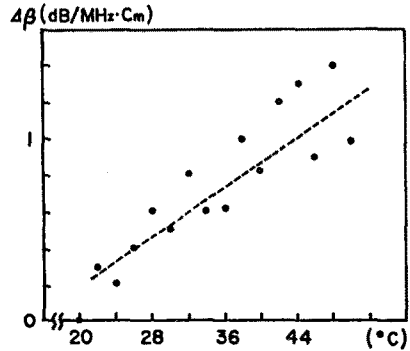
5. 결 론

본연구에서는 생체조직에 대한 초음파의 전파속도와 감쇠계수의 온도의존성에 대하여 검토하였다. 그 결과 온도의 변화에 따른 전파속도와 감쇠계수의 변화가 선형적 관계를 가짐을 알 수 있었으며, 온도변화에 대한 음속변화의 분해능이 감쇠계수의 경우보다 높은 것을 확인하였다.

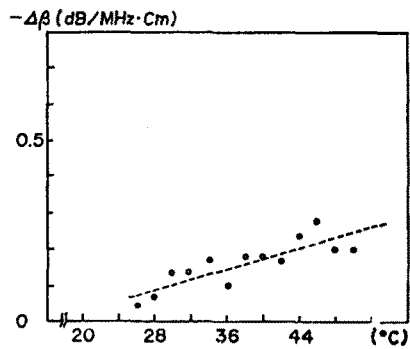
그러나 이를 파라메타를 측정함으로써 생체조직에 대한 무침습적 심부온도 계측의 가능성은 확인되었으나, 직접적으로 임상에 이용되기에는 계속의 정확성, 실시간 처리, 더 많은 데이터에 의한 기준설정 등 아직도 많은 과제를 안고 있다.

6. 참 고 문 헌

(1) A.C.Kak and Kris A. Dines, " Signal Processing of Broadband Pulsed Ultrasound : Measurement of Attenuation of Soft Biological Tissues , " IEEE Trans. Biomed. Eng., vol25, pp 321 - 334. 1978



(a) Acryle



(b) Liver

그림 5. 초음파 감쇠의 온도 의존성 (a) Acryle (b) Liver

(2) M.A.Bronez, K.K.Shung, H.Heidary, and D.Hurwitz, " Measurement of Ultrasound Velocity in Tissue Utilizing a Microcomputer - Based System , " IEEE Trans. Biomed. Eng., vol32, pp 723 - 726, 1985
 (3) L.S. Wilson, D.E. Robinson and B.D. doust, " Frequency domain Processing for Ultrasonic Attenuation Measurement in Liver , " Ultrasonic Imaging 6, pp278 - 292. 1984
 (4) 福喜多, " 超音波 生体内温度計測 , " BME, vol2, No. 3, 1988