

# 치료용 초음파의 투과시간에 따른 혈관의 성질 변화와 재활치료효과 연구 The Change of Blood Vessel and Rehabilitation Effect Caused by Therapeutic Ultrasound

\*#김성민<sup>1</sup>, 이주환<sup>2</sup>, 최병철<sup>3</sup>, 정희승<sup>4</sup>, 배하석<sup>5</sup>, 장원석<sup>6</sup>

\*S. M. Kim(smkim@kku.ac.kr)<sup>1</sup>, J. H. Lee<sup>2</sup>, B. C. Choi<sup>3</sup>, H. S. Jung<sup>4</sup>, H. S. Bae<sup>5</sup>, W. S. Jang<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 건국대학교 의학공학부, <sup>2</sup> 건국대학교 의학공학부, <sup>3</sup> 춘해대학 의용공학과,

<sup>4</sup> 주성대학 의용전자기기연구소, <sup>5</sup> 이화여자대학교 의학전문대학원 재활의학교실, <sup>6</sup> 연세대학교 의학공학교실

Key words : Therapeutic Ultrasound, PTT(Pulse Transit Time), PPG(PhotoPlethysmoGraph), Thermal Effect

## 1. 서론

초음파가 의료산업에 적용되기 시작하면서 초음파의 활용은 진단 분야 뿐 만 아니라 치료 분야에서도 확산되어 가고 있다. 초음파는 1939년 Pholmann에 의해 처음으로 치료분야에 적용되었고<sup>1</sup>, 이에 대한 연구 또한 활성화되어 관절구축, 근 경련, 근 운동성 저하 및 골절 등의 근 골격계 질환에 대하여 상당한 치료효과가 있음이 밝혀졌다.<sup>2,3,4,5</sup> 초음파의 치료효과 PTT(Pulse Transit Time)의 측정을 통해 비침습적으로 간단하게 판단을 할 수 있으며, PTT는 혈관이 수축하면 감소하고, 이완하면 증가하는 반비례적 특징을 나타낸다. 또한 PTT의 증가는 혈관 내 기계적 성질의 변화에 의해 혈관이 확장되었음을 의미한다.

따라서 본 연구에서는 정상인과 마비환자의 인체 내에 0.6 W/cm<sup>2</sup>의 치료용 초음파를 각기 다른 시간에 걸쳐 투과한 후 그에 따른 혈관의 유순도(Compliance) 변화를 PTT의 측정을 통해 분석하고 실험결과를 비교하여 치료용 초음파의 투과시간에 의한 혈관의 성질 변화 및 재활치료효과를 분석하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 PTT 측정

PTT는 혈류가 대동맥 판막에서 말초혈관까지 전달되는 시간으로 정의되고 일반적으로 PTT의 측정은 심전도의 R 또는 Q 파로부터 그에 대응하는 PPG 파형의 최대치의 25% 또는 50% 지점 사이의 시간 간격의 도출을 통해 이루어진다.<sup>6</sup> 본 연구에서는 PTT를 Fig 1과 같이 심전도의 R 파로부터 PPG 파형의 최대치의 50%에 해당하는 지점 사이의 시간 간격으로 정의하고, Fig 2에 나타난 과정을 통해 PTT를 도출하였다.

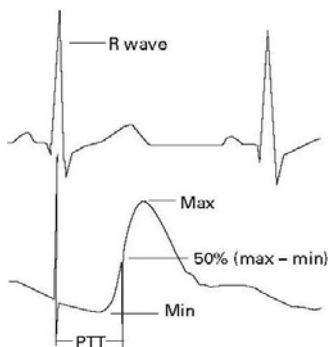


Fig. 1 Measurement of PTT<sup>6</sup>

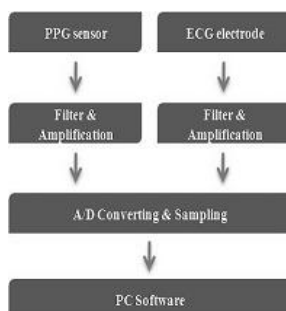


Fig. 2 Block diagram of PTT measurement system

### 2.2 초음파 전신 수조

실험을 진행하기에 앞서 Fig 3과 같은 초음파 전신수조를 이화여자대학교 의과대학부속 목동병원에 설치하였다. 초음파 전신수조의 부피는 180(L) x 80(W) x 54(H) (cm<sup>3</sup>) 이었으며, 인체 내에 초음파를 고르게 투과시키기 위해 직경 4.5cm, 두께 0.8cm의 초음파 진동자 12개를 수조의 옆면에 설치하였다.



Fig. 3 Appearance of Ultrasound system

### 2.3 실험방법

초음파의 투과 시간에 따른 혈관의 확장성을 PTT를 통해 분석하기 위해 Table 1과 같은 프로토콜을 수립하였고 정상인 20대 남성 17명과 마비환자 7명을 대상으로 실험을 진행하였다.

실험절차는 먼저 대조군이 되는 정상인의 PTT를 측정하기 위해 실험단계 1에 따라 수조 외부에서 충분한 휴식을 취한 후 PTT를 측정하였다. 측정을 마친 후 바로 32°C 수온의 초음파 전신 수조에 입수 하였고, 실험단계 2에 따라 32°C의 수온이 혈관의 확장에 미치는 영향을 파악하기 위해 다시 PTT를 측정하였다. 32°C 수온에서의 측정을 마친 후 수조 내에 초음파를 3분간 투과하고 실험단계 3과 같이 3분간 투과된 초음파에 의한 혈관의 확장성을 파악하기 위해 다시 PTT를 측정하였다. 초음파를 3분간 투과하는 실험단계 3의 과정을 마치고 초음파를 5분간 투과하는 실험단계 4의 과정을 진행하기 전 3분간 투과된 초음파에 의한 혈관 확장의 영향을 최소화하기 위해 약 5분간 휴식을 취하였다. 휴식을 취한 후 측정된 PTT가 초음파를 3분간 투과하기 전 즉, 실험단계 2에서 측정된 PTT와 비교하여 3분간 투과된 초음파의 영향이 최소화 되었다고 판단되면 실험단계 4에 따라 초음파를 5분간 투과하고 마지막으로 PTT를 측정하였다. 위와 같은 과정을 거친 총 실험 진행 시간은 약 20분 정도 소요되었다.

Table 1 Experimental stage

Experiment	Experimental stage			
	1	2	3	4
Measurement / Rest	-	3 mins	3 mins / 5 mins	5 mins
Water Temperature	-	32°C	32°C	32°C
Intensity	-	-	0.6 W/cm <sup>2</sup>	0.6 W/cm <sup>2</sup>

### 3. 결과

정상인의 실험단계 1에서의 PTT는  $207.12 \pm 26.89$  ms, 실험단계 2에서의 PTT는  $212.46 \pm 27.77$  ms로 나타났고, 실험단계 3과 실험단계 4에서의 PTT는 각각  $216.65 \pm 27.84$  ms와  $219.65 \pm 26.93$  ms로 나타났다. 또한 마비환자의 실험단계 1에서의 PTT는  $200.91 \pm 21.09$  ms, 실험단계 2에서의 PTT는  $213.09 \pm 19.34$  ms로 나타났고, 실험단계 3과 실험단계 4에서의 PTT는 각각  $218.98 \pm 21.47$  ms와  $219.21 \pm 30.17$  ms로 나타났다. 즉 각 실험절차에 따라 정상인과 마비환자의 모든 실험군의 PTT가 증가하는 것으로 나타났다. Fig 4은 각 실험단계에 따른 PTT를 도식화한 것이다.

각 실험단계별 PTT의 증가량은 먼저 정상인의 경우 실험단계 2에 대한 실험단계 3의 PTT 증가량은  $4.19 \pm 2.19$  ms, 실험단계 3에 대한 실험단계 4의 PTT 증가량은  $3.00 \pm 2.87$  ms로 나타났고, 마비환자의 경우 실험단계 2에 대한 실험단계 3의 PTT 증가량은  $5.89 \pm 5.35$  ms, 실험단계 3에 대한 실험단계 4의 증가량은  $0.55 \pm 0.62$  ms로 나타났다. 그리고 실험단계 2에 대한 모든 실험절차를 마친 후의 PTT 증가량은 정상인의 경우  $7.19 \pm 4.14$  ms, 마비환자의 경우  $6.12 \pm 5.30$  ms로 나타났다. Fig 5는 각 실험단계 별 PTT의 증가량을 도식화한 것이다.

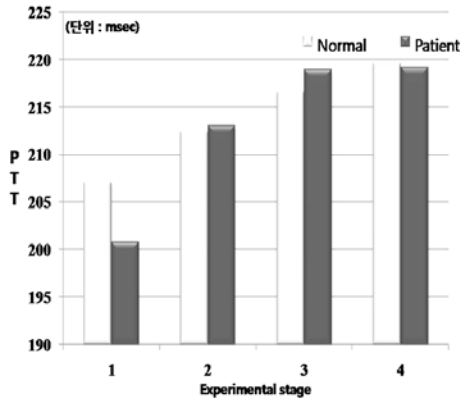


Fig. 4 PTT on each stage

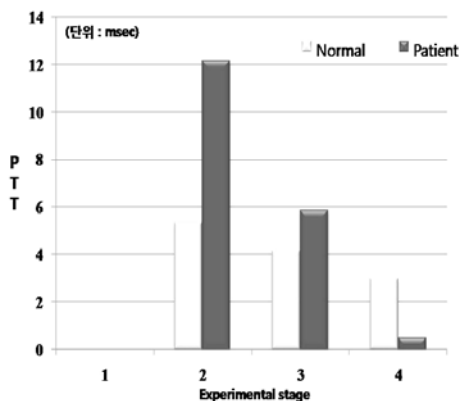


Fig. 5 Increment of PTT on each stage

### 4. 결론

본 연구에서는 치료용 초음파의 투과시간에 따른 인체 내 생리적 변화를 분석하기 위해  $32^{\circ}\text{C}$  수온 환경에 정상인 17명과 마비환자 7명을 대상으로  $0.6 \text{ W/cm}^2$ 의 강도를 나타내는 초음파를 각기 다른 시간에 걸쳐 투과하였고, 생리적 변화를 나타내는 지표로서 PTT를 측정하였다.

실험결과 인체 내 혈관 확장의 지표로 나타나는 PTT는 각 실험단계에 따라 지속적으로 증가를 하였고, 이는  $32^{\circ}\text{C}$ 의 수온 환경과  $0.6 \text{ W/cm}^2$ 의 강도를 나타내는 초음파의 투과시간에 따라

PTT가 증가하여 혈관의 유순도에 변화를 일으킨 것으로 판단된다. 따라서 이러한 초음파와 치료 방법은 타 재활 치료 요법에 비해 비교적 용이한 접근이 가능하며 정상인 뿐 만 아니라 마비등과 같은 근·골격계 또는 신경계 질환을 가지고 있는 환자들에게 혈관 확장에 따른 보조적인 치료효과를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

### 후기

본 논문은 지식경제부 지역산업기술개발사업(10017552)에 의하여 지원되었습니다.

### 참고문헌

1. Lehmann E. D., Hopkins K. D., Gosling R. G., "Aortic compliance measurements using doppler ultrasound : In vivo biochemical correlates" *Ultrasound in medicine & biology*, 19(9), 683-710, 1993
2. Ter Haar, G., "Therapeutic applications of ultrasound" *Progress in biophysics and molecular biology*, 93(1/3), 111-129, 2007
3. Maylia E., Nokes L.D., "The use of ultrasound in orthopaedics" *Technol health care*, 7, 1-28, 1999
4. Cook S. D., Ryaby J. P., McCabe J., Frey J. J., Heckman J. D., Kristiansen T. K., "Acceleration of tibia and distal radius fracture healing in patients who smoke" *Clinical orthopaedics and related research*, 337, 198-207, 1997
5. Speed C. A., "Therapeutic ultrasound in soft tissue lesions" *Rheumatology*, 40(12), 1331-1336, 2001
6. Smith R. P., Argod J., Pepin J. L., Levy P.A. "Pulse transit time : an appraisal of potential clinical applications", *Thorax*, 54(5), 452-457, 1999