

Assessment of Uterine Internal Temperature according to the Time of Convex Probe Injection using a Self-made Uterine Model Phantom

Hyun-Kyung Lee,¹ Yeong-Cheol Heo^{2,*}

¹Department of Radiological science, Hallym Polytechnic University

²Department of Radiological science, College of Health sciences, Eulji University

Received: October 04, 2019. Revised: November 10, 2019. Accepted: November 30, 2019

ABSTRACT

Ultrasound is known to be harmless to the human body and is widely used in obstetrics and gynecology to confirm the diagnosis and development status of fetus. Although long-term use of ultrasound may cause changes in body temperature, studies on the uterine temperature changes due to ultrasound have been lacking. The purpose of this study was to investigate the change of temperature according to ultrasonic scanning time using a self-produced uterine model phantom. Ultrasound equipment and a 4MHz convex probe were used to construct the uterine model phantom similar to the human uterus using acrylic and pig uterus, which are tissue equivalents. Three probe type thermometers were installed to measure the inside of the acrylic water tank, the uterus, and the atmospheric temperature. The temperature of the uterine phantom was ascertained by measuring the temperature of the subject for 6 hours, 361 times. In this study, the possibility of human body temperature elevation due to ultrasound could be confirmed and this study will be used as the basic data of ultrasonic heat absorption study.

Keywords: Ultrasound, Scan Time, Uterine Model Phantom, Heat Absorption index, convex probe

I. INTRODUCTION

초음파란, 인간의 가청 주파수인 16 Hz~20 kHz의 범위를 초과한 음파를 말하며 일반적으로 의료용 초음파는 1~20 MHz의 주파수가 이용되고 있다. 진단 영역에서의 초음파는 방사선을 사용하지 않는다는 점에서 안전성을 가진 검사로 널리 이용되고 있으며 특히 산부인과에서는 정상임신 여부 확인과 태아 발달사항까지 초음파를 사용하고 있다.^[1,2] 산부인과에서 시행되는 검사 중 초음파는 64%의 비율을 차지하고 있으며 최근 건강보험 보장성 강화대책에 대한 정부 발표 중 하나로 초음파의 의료보험화로 인해 향후 초음파 진료의 수요가 증가 될 것으로 예측된다.^[3,4]

천 등^[5]은 임신부의 평균 초음파 진단 횟수를 전

수 조사한 결과 정상 임신부의 경우 10.1회, 고위험 임신부의 경우 12.5회로 나타났고 이는 평균 3~4회인 외국 임신부들 보다 3배 이상 많은 수치라고 보고하였다.

따라서 국내 임신부들은 초음파 영향에 더 많이 노출 된다는 것을 알 수 있다.

임신 중 태아에게 유해한 영향을 미치는 원인으로 흡연, 음주, 카페인 등이 있으며 특히 임신부의 체온이 상승할 경우 신경관 결손 및 신경발달장애가 생길 확률이 높아지고 임신부의 물리적인 운동으로 인한 열 발생 또한 태아에게 유해한 영향을 미칠 수도 있다.^[6-8] 지금까지 보고된 많은 연구들에서 초음파가 태아에게 유해한 영향을 주고 있다는 보고는 없었지만 초음파로 인하여 임신부의 자궁 내부온도가 상승한다면 태아에 대한 유해성을 완

* Corresponding Author: Yeong-Cheol Heo E-mail: eehrn@hanmail.net

Tel: +82-31-740-7134

전히 무시할 수는 없다. 하지만 자궁모형 혹은 임신부에게 직접적인 초음파로 인한 발열 여부를 확인한 연구는 부족한 실정이다. 이는 임신부의 자궁모형을 구현 할 수 있는 팬텀이 부족하기 때문이며 따라서 자궁 모형을 구현할 수 있는 팬텀의 연구 또한 필요하다.

PJ Ross 등¹⁹⁾은 돼지자궁이 인체의 자궁과 조직구조가 유사하다고 보고하였다. 이에 본 연구에서는 돼지자궁을 이용하여 자궁 모형의 팬텀을 자체 제작 하였으며 이를 통해 초음파 주사 시간에 따른 자궁내부온도 변화 여부를 알아보고자 하였다.

II. MATERIALS AND METHODS

1. 팬텀 제작 방법

평균여성의 골반 크기를 기준으로 제작한 $20 \times 20 \times 20 \text{ cm}^3$ 부피의 아크릴 수조에 가임기 여성의 자궁을 가정한 돼지자궁을 수조 내부에 위치하였다. 생후 6개월에 도축된 후 상온에 3시간 보관된 돼지의 자궁을 구입하였으며 최초 자궁의 크기는 $80 \times 30 \text{ cm}^2$ 이었다. 이를 여성의 자궁 크기와 유사하게 맞추기 위해 $6 \times 8 \text{ cm}^2$ 로 절단 하였으며 자궁의 내부를 물로 채워 내부 공기를 제거하였다. 이후 자궁의 중심부에 탐침형 온도계를 삽입하였고 잘려진 면에 케이블타이를 이용하여 외부와의 온도 교류를 차단한 후 팬텀의 중심부에 고정하였다. 팬텀의 내부는 조직 등가물질인 물로 8 L를 채웠으며 수조 내부온도 측정용 온도계는 탐침형으로 수조 모서리 바닥에서 7 cm 상단부위에 고정하였다. 팬텀은 Fig. 1과 같이 지열로부터 영향을 방지하기 위해 지면으로부터 100 cm 높이의 테이블과 5 cm 두께의 나무 재질 합판을 이용하여 고정하였다.

2. 실험 장비 및 재료

초음파 장비는 PHILIPS사의 clear vue550을 사용하였고, 탐촉자로 convex probe (C5-2)(주파수: 4 MHz)를 사용하였다. probe 전면에 초음파용 젤을 바른 후 고무재질의 probe condom을 씌워 물에 직접적으로 탐촉자가 닿는 것을 방지하였다. 실험 시

장비의 설정모드는 normal abdomen general, depth는 16 cm, TGC는 중간 값으로 설정하였다. probe는 수면에서 1.5 cm 깊이로 자궁의 중심을 향해 거치대를 이용하여 고정하였다. 온도 측정에 사용된 온도계는 Conformity to European(CE)에서 인증한 장비로 CS-201(Acuba, China) 3개를 자궁내부온도, 수조내부온도, 대기온도 측정에 이용하였다.

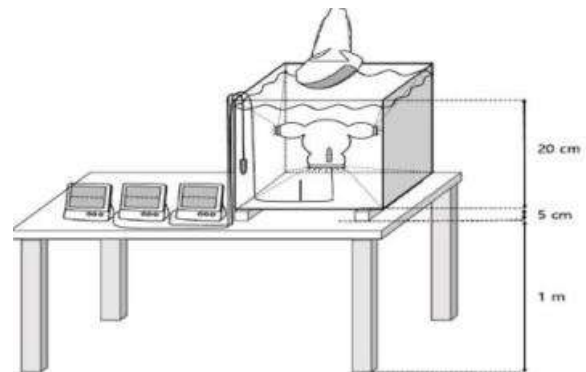


Fig. 1. 1m tall desk and 5cm tall wooden plywood under the $20 \times 20 \times 20 \text{ cm}^3$ uterus model phantom with three probe thermometers.

3. 실험방법

정확한 온도측정을 하기 위해 독립된 공간에서 콘크리트 재질에 65.6 m^2 크기의 밀폐된 장소에서 온도의 영향을 줄 수 있는 에어컨, 환풍기, 조명기구 등의 사용을 배제하였다. 최초 실험 전 대기온도에 의한 영향을 방지하기 위해 24시간 팬텀을 상온에 노출 시켰으며 실험 전 1분 간격으로 10분 동안 최초 온도를 측정하였고 각 온도계의 온도 변화가 없음을 확인하였다. 온도변화의 관찰은 Fig. 2와 같이 팬텀으로부터 3 m 떨어진 위치에서 1분 간격으로 6시간 동안 총 361회를 측정 하였다.

측정된 데이터는 자궁내부온도, 수조내부온도, 대기온도의 평균온도를 비교하기 위해 ANOVA test를 하였고 시간과 온도의 상관성을 확인하기 위해 Pearson's correlation 분석을 하였다. 이때 사용된 통계프로그램은 SPSS(V.18.0, IBM, USA)으로 p값이 0.05보다 작을 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

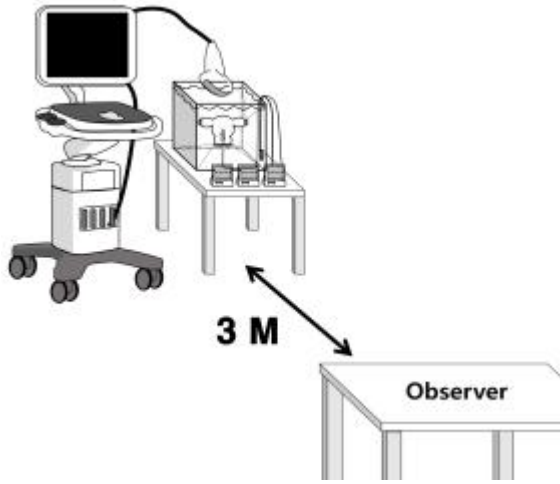


Fig. 2. Observers were stationed 3m from the experiment to minimize influence of the observer's body temperature on the probes.

III. RESULT

본 연구에서 검사한 돼지자궁 초음파 영상은 Fig. 3과 같다.



Fig. 3. This is the image of uterus model phantom examined in this study, The marking shown in the image is the uterus of phantom.

최초 팬텀 영상 검사 후 측정된 시작온도는 대기온도가 28.9 °C로 가장 높았고, 아크릴수조의 온도는 26.9°C, 자궁내부온도는 26.8 °C로 가장 낮았다 ($p < 0.05$). 실험 6시간 이후 온도상승은 아크릴 내부와 자궁내부온도가 각각 시작보다 0.7 °C 상승하였고, 대기온도는 시작온도보다 0.4 °C로 하향되었다 ($p < 0.05$). 사후분석 결과 온도의 차이는 각각 통계적으로 유의한 차이가 낮음을 확인하였다($p < 0.05$).

시간에 따른 자궁내부온도 변화에 대한 상관 분석은 Table. 1과 같이 자궁내부온도는 0.956으로 강한 양의 상관성을 확인 하였고 아크릴 내부 온도 또한 0.929로 강한 양의 상관성을 확인할 수 있었다. 대기온도는 시간에 따라 -0.69로 음의 상관성을 확인 하였다. 각 변수의 온도변화 추이는 Fig. 4와 같다.

Table 1. The average temperature of each thermometer

temp source	starting	average	Δ temp	p^*	p^\dagger
acrylic tank	26.9	27.38 ± 0.219	0.7		0.929**
uterus	26.8	27.25 ± 0.193	0.7	0.000	0.956**
ambient	28.9	28.56 ± 0.137	0.4		-0.69**

p^* : ANOVA test, post hoc test verified by dunnett T3,
 p^\dagger : Pearson's correlations test,
 Δ temp : difference of temperature

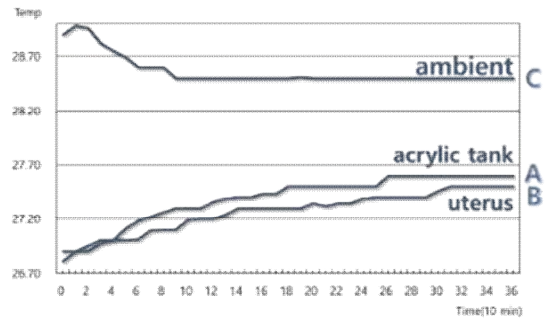


Fig. 4. The internal temperature of the acrylic tank(A) and the internal temperature of the uterus(B) increased relative to time, The atmospheric temperature(C) decreased slightly then reached equilibrium.

IV. DISCUSSION

진단 초음파는 X-ray 검사와는 달리 전리작용이 없는 검사법으로 안전성을 인정받아왔다.^[10] 특히 방사선에 민감한 태아에게 방사선으로 인한 영향이 없어 산부인과의 넓은 영역에서 사용되어왔다.^[8,11]

지금까지 보고된 많은 연구들에서 초음파가 태아에게 유해한 영향을 주고 있다는 보고는 없었지만 초음파로 인해 임신부의 자궁온도가 상승된다면 태아에 대한 유해성을 완전히 무시할 수는 없다고 할 수 있다. 그러나 초음파로 인한 임신부의 온도변화에 대한 연구가 부족한 실정이며 이에 본 연구에서는 돼지 자궁 팬텀을 자체 제작하여 초음파

주사시간에 따른 온도 변화 여부를 확인하고자 하였다.

본 연구에서는 4 Mhz convex probe를 자궁모형팬텀에 6시간 동안 장시간 주사한 결과 처음 보다 자궁내부와 아크릴 수조 내부의 온도가 약 0.7 °C 상승한 것을 확인하였다.

조 등^[12]은 10분간의 초음파를 직장에 주사하여 국부적으로 1.6 °C 온도상승 유도를 보고하였고 Halle 등^[13]은 요골신경에 1 W/cm²의 강도로 1 Mhz 연속초음파를 사용한 결과 조직의 1.2 °C 온도상승을 보고하였다.

또한 Eun 등^[14]은 4차원 초음파 검사로 26주 양수(650 ml)의 온도 변화를 알아보는 실험에서 30분 동안 노출 시 0.5 °C의 온도 상승을 보고하였고 임 등^[15]은 허벅지에 초음파 주사 시 처음 온도보다 50분후의 온도가 1 °C 이상 상승된 것을 보고하였다.

최 등^[16]은 식물 또한 초음파 주사 시간과 횟수가 많아질수록 식물의 온도가 상승하여 성장에 영향을 미치는 것을 보고하였고 정 등^[17]에 의하면 생체 모의매질을 이용하여 내부모의매질 온도상승효과를 확인한 연구에서 매질내부의 온도상승이 발생하였다고 보고하였다. 김 등^[18]은 두부팬텀을 이용한 초음파 출력과 온도변화의 연구에서 초음파 출력에 따라 온도가 상승하였다고 보고하였다. 본 연구에서 확인한 초음파로 인한 자궁내부와 아크릴 수조내부의 온도상승 결과는 여러 연구들과 일치하였음을 알 수 있다.

Martines 등^[6]의 연구에 의하면 임신부에게 발생하는 고열은 태아에게 영향을 줄 확률이 있으며 척추 갈림증, 무뇌증, 작은안구증, 심장결손, 횡격막 탈장, 그리고 자연유산 등이 발견됐다고 보고하였다. 또한 임신부에게 물리적인 운동으로 인한 열 발생이 태아에게 영향을 미칠 가능성에 대한 문제 제기는 꾸준히 이루어 졌다.^[7] 따라서 자궁내부의 온도가 0.7°C 상승한 본 연구의 결과와 앞서 열거한 연구를 비교해 보았을 때 초음파로 인한 자궁 온도 상승이 임신 초기 태아에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다 할 수 있다.

본 연구는 인체 대상 실험이 제한되어 자궁모형

팬텀으로 실험하였다는 점과 convex probe 외 다양한 probe를 활용하여 실험을 진행하지 못한 점에 대한 한계를 가지고 있으며 임상에서 이루어지는 평균 초음파 검사 시간을 초과하여 실제 임상에서 이루어지는 임신 중 초음파의 환경과는 다르다고 할 수 있다.

하지만 본 연구는 기존에 존재하지 않던 자궁 모형 팬텀을 자체 제작하여 실험을 진행하였다는 것과 초음파가 실제 자궁 내부에 미치는 온도변화에 대한 연구 결과를 제공하였다는데 의의를 가진다고 할 수 있다.

V. CONCLUSION

결론적으로 본 연구에서는 4 MHz convex probe를 이용한 초음파의 장시간 사용 시 자궁모형 팬텀의 내부온도가 0.7 °C 상승한 것을 확인하였다. 이를 인체에 적용하면 초음파의 열 흡수 효과로 인하여 임신부의 자궁 내강과 자궁 내부 온도 상승의 가능성이 있음을 의미한다. 지금까지 초음파가 비교적 안전하여 산부인과 영역에서 널리 사용되어 왔지만 온도가 상승했을 경우에 초음파가 태아에 미칠 영향을 무시할 수 없다. 따라서 초음파로 인한 실제 자궁내부 온도상승의 잠재적 위험성을 제거하는 연구가 필요할 것이며 이에 본 연구가 기초 자료를 제공할 것이라 사료된다.

Reference

- [1] S. J. Shin, B. J. Jeong, "Principle and Comprehension of Ultrasound Imaging," Journal of the Korean Orthopedic Association, Vol. 48, pp. 325-333, 2013.
- [2] C. J. Lee, Y. J. Koo, M. J. Kang, "A Study on Development of Guideline to establish Safety and Performance Evaluation for Portable Ultrasound Diagnostic Device," FDC Legal research, Vol. 11, pp. 73-83, 2016.
- [3] S. H. Kim, S. L. Im, H. R. Kang, W. H. Choi, Y. R. Kim, A. R. Kim, "Basic research for strengthening pregnancy and childbirth support," Office of National Health Insurance Service, 2015.
- [4] H. S. Ko, "Significance of multidisciplinary

- counseling on prospective parents with fetus of congenital disease," Korean Journal of Obstetrics and Gynecology, Vol. 53, pp. 700-706, 2010.
- [5] S. H. Cheon, B. H. Choi, J. S. Noh, D. W. Han, M. Y. Park, "Poster Presentation: Maternal Fetal Medicine: Ultrasound Surveillance as a Prenatal Test in Korea," The Korean Association of Obstetricians and Gynecologists, Vol. 94, pp. 118-118, 2008.
- [6] M. L. Martinez, M. J. Gracia, L. F. Caidas, "High maternal fever during gestation," American Journal of Medicine, Vol. 98, pp. 201-203, 2010.
- [7] J. Y. Bae, S. Y. Hong, "Guideline for exercise in pregnancy," Journal of Korean Medical Association, Vol. 59, pp. 514-520, 2016.
- [8] J. S. Park, "Is Diagnostic Ultrasound Harmful to the Fetus," Journal of the Korean Medical Association, Vol. 51, pp. 823-830, 2008.
- [9] P. J. Ross, J. Wu, P. L. Aida, "Interspecies Chimerism with Mammalian Pluripotent Stem Cells," Cell, Vol. 168, pp. 473-486, 2017.
- [10] Stephen Bly, Michiel C Van den Hof, "Obstetric Ultrasound Biological Effects and Safety," Journal of Obstetric and Gynaecology Canada, Vol. 27, pp. 572-575, 2005.
- [11] M. H. Jeong "Study on the Examination of Deformity in Embryo Using Precision Ultrasonic Diagnosis Equipment," The Graduate school of life science Catholic University of Pusan, 2010.
- [12] Y. J. Jo, "A clinical pilot study of influence of temperature increase at rectum by ultrasonic energy to patients with constipation," The Graduate School Yonsei University, 2015.
- [13] J. S. Halle, C. R. Scoville, D. G. Greathous, "Ultrasound's effect on the conduction latency of the superficial radial nerve in man," physical therapy, Vol. 61, pp. 345-350, 1981.
- [14] S. J. Eun "Temperature changes in water according to 4-D imensional ultrasonography and Comparison of MI and TI in each mode," Department of Radiological Science, The Graduate School Catholic University of Daegu, 2016.
- [15] J. W. Kim, H. S. Lim, "A Study On Temperature Changes In Thigh According To Diagnostic Ultrasonography Scan Time," Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 6, pp. 201-206, 2012.
- [16] C. K. Choi, H. S. Lim, " Effect of the Bean Sprouts Growth by Scanning Frequency of Diagnostic Ultrasound Probe Type and Mode," Journal of Biomedical Engineering Research, Vol. 36, pp. 150-154, 2015.
- [17] J. H. Jung, J. S. Kim, K. L. Ha, M. J. Kim, "Tissue Mimicking Phantom for Visualization of Temperature Elevation Caused by Ultrasound," The Journal of the Acoustical Society of Korea, Vol. 33, pp. 291-299, 2014.
- [18] Y. T. Kim, J. J. Moon, Y. H. Yun, Y. C. Pu, "Thermal Sensitivity of the Bean Curd by Ultrasonic Irradiation," The Journal of the Acoustical Society of Korea, Vol. 23, pp. 503-513, 2004.

자체 제작한 자궁모형팬텀을 이용한 Convex probe 주사시간에 따른 자궁내부온도 평가

이현경,¹ 허영철^{2,*}

¹한림성심대학교 방사선학과

²을지대학교 보건과학대학 방사선학과

요 약

초음파는 인체에 무해하다고 알려져 산부인과에서 태아의 진단 및 발육상태 확인을 위해 널리 이용되고 있다. 진단 초음파의 장시간 사용은 체온 변화를 야기할 수 있지만 초음파로 인한 임신부의 자궁온도 변화에 대한 연구가 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 자체 제작한 자궁모형팬텀을 이용하여 초음파 주사 시간에 따른 온도 변화를 알아보고자 하였다. 조직등가 물질인 아크릴과 돼지 자궁을 이용하여 인체 자궁과 유사한 자궁모형팬텀을 자체 제작하였으며 초음파 장비와 4MHz convex probe를 사용하였다. 아크릴 수조 내부, 자궁내부, 대기온도 측정을 위해 3개의 탐침형 온도계를 설치하였고 측정대상의 온도를 분단위로 6시간, 총 361회 측정 한 결과 자궁모형팬텀의 온도가 상승되었음을 확인하였다. 본 연구를 통해 초음파로 인한 인체 체온 상승의 가능성을 확인 할 수 있었고 본 연구가 초음파 열 흡수효과 연구의 기초자료로 활용 될 것이라 사료된다.

중심단어: 초음파, 주사시간, 자궁모형팬텀, 열흡수지수, 볼록형 프로브

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	이현경	한림성심대학교 방사선학과	교수
(교신저자)	허영철	을지대학교 보건과학대학 방사선학과	교수