

Evaluation of Possibility of using an Ultrasound Probe Sterilizer using the Steam Fumigation Method

Jeong-Min Ha, Yeong-Cheol Heo, Dong-Kyoon Han*

Department of Radiology, Graduate School, Eulji University

Received: February 28, 2022. Revised: April 15, 2022. Accepted: June 30, 2022.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the feasibility of the disinfection of clinical ultrasound probes using the vapor fumigation method, which can quickly achieve high-level disinfection. Upon the inspection of the microbial contamination level of clinically used ultrasound probes, nine different types of bacteria were detected. The disinfection efficacy of 7.5% and 35% hydrogen peroxide (H₂O₂) was comparatively tested for the detected microbes. The 35% H₂O₂ demonstrated superior efficacy per disinfection duration. No significant change was observed in the rubber component of the ultrasound probes as a result of the 35% H₂O₂ disinfection treatment. The probes were contaminated with the microbes detected in the microbial contamination level inspection and subsequently disinfected using the novel medical disinfectant that utilizes the vapor fumigation method. As a result, the disinfection using the novel device achieved 100% eradication of the microbes from the probes. This study demonstrates that the novel vapor fumigation method-based disinfectant provides a faster and more powerful means of disinfection than the conventional disinfection methods. Therefore, the novel disinfectant has the potential to be used as a convenient ultrasound probe disinfectant in clinical settings.

Keywords: Ultrasound, Probe sterilizer, Probe disinfection, Ultrasound probe, Infection

I. INTRODUCTION

현대 의료 환경은 메르스(Middle East Respiratory Syndrome), 코로나 19(COVID-19) 등 전염성 질환들의 발병으로 인해 병원 감염의 중요성이 대두되고 있다. 그러나 각종 침습적 의료 처치 사용의 확대 등으로 인한 병원성 감염의 발생률은 증가하고 있다^[1]. 초음파 검사는 프로브를 인체에 접촉시켜 영상화하는 방식으로 비침습적이며 실시간 검사가 가능하다는 장점이 있어 일차적인 진단검사로서 이용도가 증가하고 있다^[2]. 초음파 검사시 피검자의 손과 프로브의 접촉, 수검자의 인체와 프로브의 접촉으로 인한 감염이 야기될 수 있다. 또한 검사 후 완전히 제거되지 않은 젤은 미생물이 번식하기에 좋은 조건을 가지고 있으며^[2], 불특정 다수의

인체와 접촉하므로 다양한 병원균에 노출될 수 있다. 때문에 검사 후 피검자의 적절한 손 소독 및 프로브 소독이 부족할 경우 병원균의 온상이 될 수 있어 매 환자 사용마다 주기적인 소독이 필요하다^[3-5]. 질병관리본부에서 정하는 소독 및 멸균 방법에 따르면 인체 내 점막과 접하는 직장/질 탐침의 경우에는 높은 수준의 소독을 권고하고 있다. 높은 수준의 소독 방법은 글루타르알데히드(glutaraldehyde) 2% 용액에 20분 침지 또는 과산화수소수(H₂O₂) 7.5% 용액 30분간 침지 등의 방법이 있다^[6]. 기존의 방법은 긴 소독시간으로 임상에서 사용하는 데에 무리가 있으며, 시간을 줄이기 위해 고농도의 소독제를 사용할 경우 강한 산화력을 보여 치명적인 부식제로 작용할 수 있어 위험하다^[7]. 따라서 소독 시간을 줄일 수 있고 안전한 프로브 전용 소독기가

* Corresponding Author: Dong-Kyoon Han E-mail: handk@eulji.ac.kr
Address: Department of Radiologic Technology, Eulji University, Seongnam, Korea

필요할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 소독기에 사용될 수 있는 적절한 소독제 선택과 소독제를 사용할 경우 나타날 수 있는 프로브 러버의 손상 여부를 확인하고, 고농도의 소독제로 안전하게 사용할 수 있는 증기 훈증 방식을 이용한 소독기의 사용 가능성을 알아보고자 하는데 목적이 있다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구디자인

본 연구의 연구절차로 Fig. 1과 같이 A-B-C-D 단계를 거쳐 최종 소독기 사용 가능 여부를 확인하고자 한다.

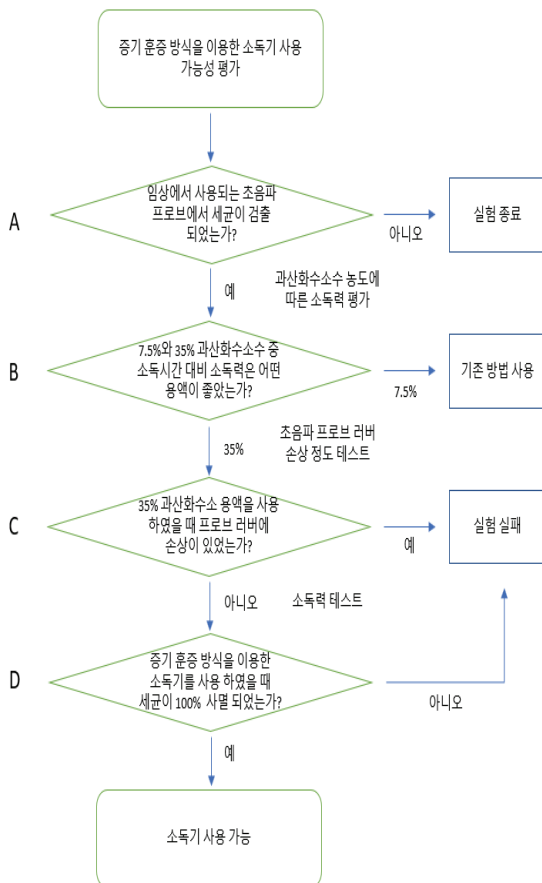


Fig. 1. Research procedure.

2. 방법

2.1. 초음파 프로브의 미생물 오염도 조사

1,000병상 이상의 서울 및 수도권 대학병원 3곳

과 수도권 검진센터 1곳에서 사용하는 초음파 프로브 35개를 대상으로 초음파 검사 종료 후 프로브에 남은 젤을 티슈로 제거 후 Fig. 1과 같이 프로브 표면의 러버 부분을 의료용 균 채취용 멸균 면봉 (Transport Medium AM608-1S)을 사용하여 스미어한 후 표본을 수집하여 미생물 전문 분석기관에 의뢰하였고 14일 뒤 E-mail을 통하여 분석 결과를 받았다.

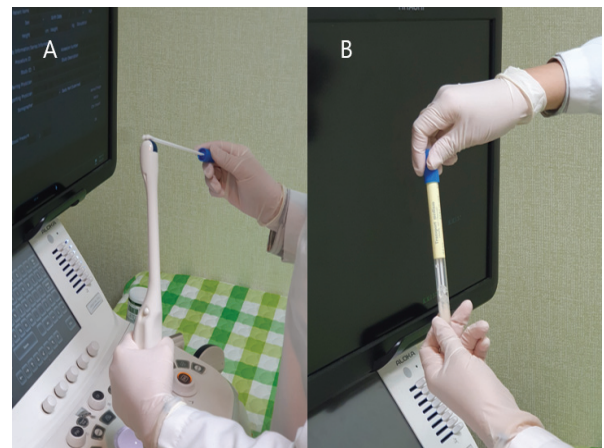


Fig. 2. Microbial collection methods.

(A) Smear the probe rubber to collect the sample, (B) Store the collected specimen in a container dedicated to bacterial collection.

2.2. 의료용 초음파 프로브 소독기에 사용되는 소독제의 유용성 평가

세균 사멸을 위한 적정 소독시간과 소독능력을 알아보기 위하여 높은 수준의 소독에 사용되는 과산화수소(H_2O_2) 7.5%와 35% 용액을 비교 시험하였다. 실험 방법으로 소독된 2개의 초음파 프로브에 배양된 미생물을 고르게 도포 한 후 7.5% H_2O_2 와 35% H_2O_2 를 각각 분사하였다. 각각의 H_2O_2 분사 전과 분사 후 경과시간(3분, 5분, 10분)에 따른 세균수를 Lumitester™ PD-30 & LuciPac Pen을 사용하여 측정하였다. 측정된 세균의 평균은 SPSS를 이용하여 Mann-whitney U test로 평가하였다. 이때 p값이 0.05보다 작을 때 유의하다 평가하였다.

2.3. 35% 과산화수소수(H_2O_2) 용액에 의한 프로브 러버의 손상 정도 평가

의료영상 인증 프로그램(Diagnostic Imaging

Accreditation Scheme, DIAS) 인증 대상 의료장비의 유효수명 중 초음파 장비의 유효수명은 10년으로 표기되어 있다¹⁸⁾. 이에 초음파 장비를 10년 동안 사용할 때 프로브 러버의 손상 정도를 알아보기 위하여 다음과 같이 침지시간을 설정하였다.

국내에 시판되고 있는 초음파 프로브 소독기의 작동시간 5분 중 35% 과산화수소수(H₂O₂) 분사 시간은 1초로 가정하였을 때, 1일 근로시간을 7시간, 365일 동안 소독기를 이용한다는 가정하에 1일(84초), 1년(8시간 31분), 5년(42시간 35분), 10년 (85시간 10분)으로 계산하였다.

프로브 러버의 손상 정도를 알아보기 위하여 한국 고분자 연구소(국제 공인 시험 연구소)에 가황 고무 물리 시험 방법에 준하여 경도측정(Durometer

Hardness test)시험과 전자 현미경 분석(Scanning Electron Microscope, SEM)을 의뢰하였고 17일 뒤 E-mail을 통하여 분석 받았고, 실험 조건은 Table 1과 같다.

2.4. 증기훈증 방식의 초음파 프로브 소독기를 이용한 세균 사멸 정도 측정

미생물 오염도 조사에서 검출된 미생물을 소독된 프로브 러버에 도포한 후 증기 훈증 방식의 의료용 프로브 소독기에 투입하여 5분간 소독을 진행하였다. 소독된 프로브를 장치에서 꺼내고 러버 표면을 Transport Medium(Am 608-1S)을 사용하여 스미어 한 후 표본을 수집하여 미생물 전문 분석기관에 의뢰하였고 14일 뒤 E-mail을 통하여 분석 결과를 받았다.

Table 1. Ultrasonic probe rubber damage test method and measurement conditions.

Solution	Time	Condition	Equipment	method	Ration categories
Hydrogen peroxide(35%)	85h 10m	23±2°C, 50±5% R.H.	Durometer Hardness A Type (Teclock Company/ Shore A)	ASTM D2240 (Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness)	Durometer (Hardness)
			VEGA3 SBH (SEM, Tescan Company)	Resolution:3.0nm ×200, ×500, ×1500	SEM Microscopic Test

III. RESULT

1. 초음파 프로브의 미생물 오염도 조사 결과

의료용 프로브 미생물 오염도 조사에서 총 9종의 균이 검출되었고, 가장 많이 검출된 균은 Moramella osloensis, Micrococcus luteus(Gram+), Burkholderia cepacia 순이었다. 특히 Endocavity probe에서는 5종류의 균이 검출되었고 가장 많은 수의 프로브에서 균들이 검출된 것을 Table 2에서 확인할 수 있다.

2. 의료용 초음파 프로브 소독에 사용되는 소독제의 유용성 평가 결과

과산화수소수(H₂O₂) 7.5%와 35%용액을 비교 시험한 결과는 다음과 같은 수치를 나타내었다. 미생

물이 도포된 프로브에 7.5% H₂O₂ 분사 전 미생물 수의 평균은 830,562 ± 141,392개, 35% H₂O₂ 분사 전 미생물 수의 평균은 783,318 ± 88,512개로 차이가 없었다. (p=0.65)

Table 3에서 7.5%와 35% 과산화수소수(H₂O₂)를 분사시키고 3분, 5분, 10분 후 미생물 수를 측정하였을 때 미생물 수의 평균에 차이가 있었다. (p<0.05)

3. 35% 과산화수소수(H₂O₂) 용액에 의한 러버의 손상 정도 평가 결과

장치에서 사용하는 소독제로 인한 프로브 러버의 손상 정도를 평가하기 위하여 Durometer Hardness A Type (Teclock/ShoreA)을 이용한 경도측정 시험 및 VEGA3 SBH(SEM, Tescan)를 이용한 미세 현미경 분석 결과는 Table 4와 같다.

한국 고분자 연구소에서 Durometer 경도측정 시험을 의뢰한 결과 침지 전 경도 42 ± 1.1 , 침지 후 경도 43.6 ± 1.5 로 큰 차이가 없었다.

또한 VEGA3 SBH(SEM, Tescan사)를 이용한 미세 현미경을 통한 육안 분석 결과 Fig. 3에서 두 영상의 시료 표면 돌출된 부분이 엣지(edge) 효과로 인해 밝게 나타나고, 빔의 입사방향과 수직된 시료 표면의 대조도에 큰 변화가 없었다.

4. 증기훈증 방식의 초음파 프로브 소독기를 이용한 세균의 사멸 정도 측정 결과

미생물 오염도 조사에서 검출된 9종의 배양된 미생물과 접촉한 프로브를 증기 훈증 방식 소독기를 이용하여 소독한 결과 9종의 미생물 모두 사멸되었다.

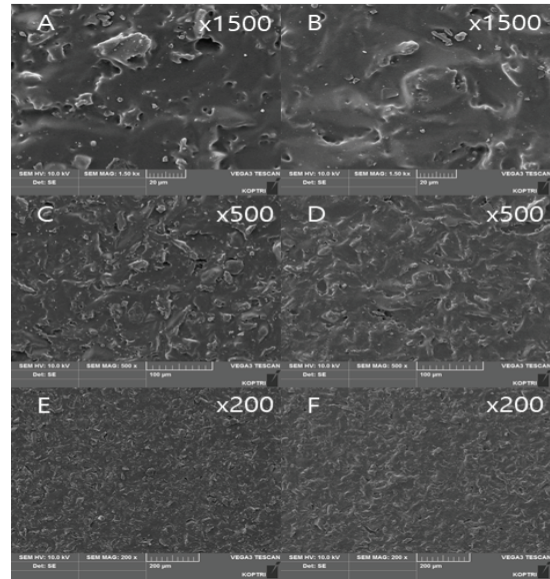


Fig. 3. Surface analysis results before (A,C,E) and after (B,D,F) immersion in hydrogen peroxide through a microscopic microscope.

Table 2. Types of microorganisms detected by probe type (unit: Count)

프로브 종류	Convex	Linear	Endocavity	Sector	Compact Linear
미생물의 종류	Roseomonas mucosa	Acinetobacter baumannii	Pseudomonas aeruginosa	Moramella osloensis	Moramella osloensis
	Burkholderia cepacia	Burkholderia cepacia	Acinetobacter lwoffii		
	Moramella osloensis	Micrococcus luteus(Gram+)(2)	Moramella osloensis(6)		
	Micrococcus luteus(Gram+)	Moramella osloensis	Arthrobacter creatinolyticus (Gram+)		
검출된 프로브 수	4	5	10	1	1

Table 3. Change in the number of microorganisms with time after spraying different concentrations of hydrogen peroxide solution (unit: Count)

H ₂ O ₂ (%)	분사 전	3분	5분	10분
7.5	830,562 ± 141,392	174,277 ± 52,474	36,698 ± 12,089	24,327 ± 12,178
35	783,318 ± 88,512	230 ± 44	140 ± 36	27 ± 11
p	0.65	0.00	0.00	0.00

Table 4. Hardness test result of ultrasonic probe rubber (unit: Shore A)

시료명	시험 항목	시험 방법	시험 조건	평가 항목	시험 결과
Koptri-19-03 -14835-1	Chemical resistance	In accordance with KS M 6518	85h 10min Immersion in 23±2°C, 35% H2O2	Durometer A-type (Before immersion)	42
				Durometer A-type (After immersion)	44

IV. DISCUSSION

본 연구는 초음파 프로브 소독의 필요성을 알아보고 기존의 소독법보다 편리하게 사용할 수 있는 소독기의 유용성을 알아보려고 하였다. 일반적인 손상 없는 피부에서의 초음파는 검사 종료 후 초음파 프로브를 종이타월로 닦아내는 정도의 세척으로도 가능하지만 일부 면역 억제 질병이나 피부감염 환자의 검사 후에는 알코올을 묻힌 종이타월을 사용할 것을 권고하고 있다^[9]. 그러나 알코올을 사용한 소독법은 열화도 조사 연구에서 프로브 유형에 상관없이 초음파 빔의 뚜렷한 결함은 발견되지 않았지만 선형 프로브의 경우 일정 기간 알코올로 소독을 하면 영상의 밝기가 현저하게 감소 되었다는 연구가 있었다^[10]. 체강내로 들어가는 질식 초음파의 경우에는 글루타알데히드(glutaraldehyde)에 20분 침지 또는 7.5% 과산화수소수(H_2O_2)에 30분 침지 등 높은 수준의 소독을 권고하고 있다^[6]. 본 연구에서도 체강내로 들어가는 질식 초음파 프로브에서 가장 많은 종류의 미생물이 발견되었다. NHS Health Scotland 부서에서 실시한 후향적 연구에 따르면 질식 초음파를 받은 환자는 양성 박테리아 배양 가능성이 41% 더 높다는 보고가 있었다^[11]. 또 다른 연구에서 체내용 프로브에 프로브커버를 씌운 후 검사한 이후 낮은 수준의 소독을 했음에도 불구하고 상당수의 초음파 프로브가 자궁경부암의 원인이 되는 고위험 인간 유두종 바이러스(High-Risk Human Papillomavirus, HR-HPV)에 오염되어 있다고 보고되어 높은 수준의 소독제를 엄격하게 사용해야 한다는 결과가 나왔다^[12]. 그러나 단시간에 많은 수검자들이 내원하는 병원에서 기존의 소독방식은 오랜 시간이 걸려 이루어지지 못하는 것이 현실이다.

이에 본 연구 35% 과산화수소수(H_2O_2)를 이용하여 소독시간 대비 소독력이 증가할 수 있음을 확인하였고 높은 농도의 과산화수소 용액으로 인한 프로브 러버의 손상유무를 시험하여 프로브의 안정성을 확인하였다. 농도 30% 이상의 시판용 과산화수소 용액은 강한 산화력을 보여 음독하는 경우 치명적인 부식제로 작용할 수 있다^[7]. 이에 증기훈증

방식을 이용한 소독기를 이용하면 100 μ 이하 미세 분사 노즐로 소독제를 잘게 쪼개어 소독시간을 5분으로 줄일 수 있고, 이후 소독기 내부 용액을 1 ppm 까지 희수할 수 있어 사용자의 안전 또한 보장될 것으로 사료 된다. 결론적으로 증기 훈증방식을 이용한 소독기를 이용하여 소독을 진행할 경우 인력이 따로 필요하지 않고, 작업 시간이 빠르며, 안전하게 높은 수준의 소독을 시행할 수 있어 초음파 프로브로 인한 감염 방지에 효과적일 것이라고 사료 된다.

V. CONCLUSION

오염된 의료용 프로브는 면역력이 약한 수검자들에게 2차 감염을 일으키는 매개체 역할을 할 수 있다. 이에 프로브 소독에 대한 인식이 개선되어야 하고 그에 따른 권고안이 필요하다. 현재는 프로브 소독기의 사용이 5분 정도로 추후 시간을 단축시킬 수 있는 소독제 및 소독방법에 대한 연구가 필요하다. 이에 본 연구가 기초자료를 제공할 것이라 사료 된다.

Reference

- [1] B. Foxman, "Epidemiology of urinary tract infections: incidence, morbidity, and economic costs", *The American Journal of Medicine*, Vol. 113, No. 1, pp. 5-13, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9343\(02\)01054-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9343(02)01054-9)
- [2] C. B. Lee, Y. S. Lee, W. H. Lee, C. C. Cho, H. Y. Yoon, Y. M. Lee, Y. K. Kim, K. S. Lee, "Investigation into the Actual State of Sanitary Management and Recognition Degree and Infection Level of Ultrasonographic Probes," *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 27, No. 3, pp. 51-58, 2004.
- [3] J. Yoon, H. J. Kim, "A study on effective disinfection methods of medical ultrasound probe resident floras", *Journal of the Korea Academia-Industrial*, Vol. 19, No. 1, pp. 346-54, 2018. <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.1.346>
- [4] H. K. Lee, S. S. Kim, Y. C. Heo, D. K. Han, "A Study on Microbial Contamination and Disinfection of Ultrasonic Probe in Metropolitan Area", *Journal of*

- radiological science and technology, Vol. 41, No. 5, pp. 427-435, 2018.
<http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2018.41.5.427>
- [5] W. A. Rutala, D. J. Weber, Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, "*Guideline for Disinfection & Sterilization in health care facilities*," CDC Report, 2008.
- [6] Korea center for disease control & prevention, "*Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities*, 2014.
- [7] H. Y. Cho, C. Y. Koh, "A Case of Delayed Tracheo-esophageal Fistula Complicating Acute Intoxication of Hydrogen Peroxide", *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, Vol. 28, No. 2, pp. 218-222, 2017.
<http://jksem.org/journal/view.php?number=2129>
- [8] Australian Government, The Department of Health, "Equipment, Medicare and diagnostic imaging", 2021.
<http://www.health.gov.au/capitalsensitivity>
- [9] H. Koibuchi, K. Kotani, N. Taniguchi, "Ultrasound probes as a possible vector of bacterial transmission", *Medical Ultrasonography*, Vol. 15, No. 1, pp. 41-44, 2013.
<http://dx.doi.org/10.11152/mu.2013.2066.151.hk1upp2>
- [10] H. Koibuchi, Y. Fujii, K. Kotani, K. Konno, H. Matsunaga, M. Miyamoto, N. Taniguchi, "Degradation of ultrasound probes caused by disinfection with alcohol", *Journal of Medical Ultrasonics*, Vol. 38, No. 2, pp. 97-100, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10396-010-0296-1>
- [11] D. Scott, E. Fletcher, H. Kane, W. Malcolm, K. Kavanagh, A. L. Banks, A. Rankin, "Risk of infection following semi-invasive ultrasound procedures in Scotland, 2010 to 2016: A retrospective cohort study using linked national datasets", *Ultrasound*, Vol. 26, No. 3, pp. 168-177, 2018. <http://dx.doi.org/10.1177/1742271X18774594>
- [12] J. S. Casalegno, K. L. B. Carval, D. Eibach, M. L. Valdeyron, G. Lamblin, H. Jacquemoud, Y. Mekki, "High risk HPV contamination of endocavity vaginal ultrasound probes: an underestimated route of nosocomial infection?", *PloS one*, Vol. 7, No. 10, pp. e48137, 2012.
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0048137>

증기훈증방식을 이용한 초음파 프로브 소독기의 사용 가능성 평가

하정민, 허영철, 한동균*

을지대학교 방사선학과

요 약

초음파 검사는 프로브를 직접 수검자의 몸에 접촉하여 검사하는 방법으로 이에 따른 적절한 소독법이 필요하다. 특히 인체 내 점막과 접촉하는 직장/질 초음파 프로브의 경우 글루타알데히드(glutaraldehyde) 2% 용액에 20분 침지 또는 과산화수소수(H_2O_2) 7.5% 용액에 30분간 침지 등 높은 수준의 소독을 진행해야 한다. 이에 본 연구에서 단시간에 높은 수준의 소독을 진행할 수 있는 증기훈증 방식을 이용한 소독기의 사용 가능성을 평가하였다. 임상에서 사용되는 프로브를 균 채취용 면봉으로 스미어하여 세균을 검출하였고 기존의 7.5% 과산화수소수(H_2O_2)보다 높은 농도인 35% 과산화수소수(H_2O_2)를 사용하여 시간 대비 소독력을 비교하였다. 고농도의 과산화수소수(H_2O_2)에 의한 프로브 러버의 손상 여부를 판단하기 위하여 35% 과산화수소수(H_2O_2)에 85시간 10분 침지 후 프로브 러버의 경도와 표면 변화를 분석 의뢰하였고 소독력 평가를 위하여 증기훈증 방식을 이용한 소독기에 5분간 소독하여 세균 사멸 효과를 평가하였다. 프로브 러버에서 검출된 세균을 이용하여 시간에 따른 소독력을 비교 평가하였을 때 과산화수소수(H_2O_2) 7.5% 용액에 비해 과산화수소수(H_2O_2) 35% 용액이 더 세균 사멸 효과가 좋았다($p < 0.05$). 35% 과산화수소수(H_2O_2)에 침지한 프로브 러버의 경도와 표면 변화를 관찰한 결과 큰 변화가 없었다. 증기훈증방식을 이용한 소독기에 검출된 세균을 도포하고 5분간 소독한 결과 100% 사멸 효과가 나타났다. 이에 증기훈증 방식을 이용한 소독기는 기존의 방식보다 빠르고 강력한 소독 효과를 낼 수 있음을 확인하였다.

중심단어: 초음파, 프로브 소독기, 프로브 소독, 초음파 프로브, 감염관리

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	하정민	을지대학교 방사선학과	대학원생
(공동저자)	허영철	을지대학교 방사선학과	교수
(교신저자)	한동균	을지대학교 방사선학과	교수