

<원저>

ATP meter를 이용한 초음파 탐촉자의 오염도 분류

하명진¹⁾·김정구²⁾¹⁾한림대학교 동탄성심병원 산부인과 초음파실·²⁾한서대학교 방사선학과

Ultrasound Probe Contamination Classification using ATP Meter

Ha Myeong-Jin¹⁾·Kim Jeong-Koo²⁾¹⁾Dept. of Ultrasonography room in Obstetrics & Gynecology, Hallym University Dongtan Sacred Heart Hospital²⁾Dept. of Radiological Science, Hanseo University

Abstract In this study, the contamination level was measured using an ATP meter using adenosine triphosphate bioluminescent material to find effective infection control to compensate for the disadvantages of the microbial culture method used for hygiene control of ultrasound probe. The convex probes were selected from six ultrasound probe in the hospital, and the samples were taken in real time before and after cleaning to check the contamination of the probe. In order to classify the pollution degree using the APT meter was classified by category. A total of 78 samples were collected from the ultrasound probe. When the pollution levels before and after cleaning were classified by category, 76.6% of the samples were classified into category 3·4 before cleaning, but they decreased to 23.3% after cleaning. 13.3% before cleaning was in category 1, but increased to 43.3% after cleaning. By classifying the pollution level, it was confirmed that the pollution level was significantly reduced by category. Until now, there was no suitable criterion for determining the contamination level by using ATP meter in medical machines where sample area is small and reused. In this study, criteria for each category were set to measure the contamination level of ATP meter suitable for small sample area such as ultrasound probe, so that contamination level could be determined in real time at the site. Therefore, it is considered that hygiene management for ultrasound probe can be more actively performed.

Key Words: Ultrasound Probe, Cleaning, ATP Bioluminescence, Contamination Level, Hygiene Management

중심 단어: 초음파 탐촉자, 클린징, 아데노신 3인산 생물 발광물질, 오염도, 위생관리

I. 서 론

병원 환경은 다른 산업체 환경에 못지않게 고위험적 환경임에도 불구하고 병원근무자의 직종과 관련된 직업병이나 당면한 안전사고에 대한 관심은 매우 적다[1,2]. 미국 질병관리센터에서 2002년 발표한 보고에 의하면 1984년 병원직원의 감염률이 2.2%에서 4.1%로 증가하였다고 한다. 우리나라의 경우 보고서마다 차이가 있으나 국내병원 감염률은 5.29~10.19%로 추정되고 있다[2]. 병원감염이 증가함에

의해 이환률과 사망률 증가로 이어져 경제적인 손실과 사회적인 문제로 나타날 수 있다.

특히 질병을 진단하기 위한 기본적인 검사가 이루어지는 병원의 영상의학과는 많은 사람들이 방문하기 때문에 면역력이 약해진 환자가 내원함에 의해 병원감염의 위험도가 높아 작업종사자의 감염은 다른 직원이나 환자에게 감염시킬 수 있는 2차 감염원이 될 수 있다. 초음파진단 장비는 일반적으로 방사선의 노출을 최소화해야 하는 소아나 임신부 등 면역력이 약하고 감염 위험도가 높은 환자들에게 쉽게 적용

This research was supported by 2017 Hanseo University R&D Program

Corresponding author: Jeong-Koo Kim, Department of Radiological Science, Hanseo University, 46, Hanseo1-ro, Haemi-myun, Seosan-si, Chungcheongnam-do, 31962, Republic of Korea / Tel: +82-41-660-1055 / E-mail: jkkim@hanseo.ac.kr

Received 28 January 2020; Revised 26 February 2020; Accepted 28 February 2020

Copyright ©2020 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

할 수 있고, 수술실 등과 같은 공간적인 제약이 되는 장소에서 쉽게 사용할 수 있는 유용성 때문에 초음파진단 장비의 병원감염에 대한 인식은 매우 중요하다고 여겨진다. 초음파진단 장비에서 환자와 직접 접촉하는 초음파 탐촉자에 대한 병원감염을 줄이기 위하여 초음파 탐촉자에 대한 위생관리는 중요하다. 특히 초음파 투과성을 높이기 위해 사용되는 젤이 검사 후에도 초음파 탐촉자에 남게 되어 병원감염의 기회를 제공하게 되므로 검사가 끝난 후 탐촉자를 세척하여 초음파 탐촉자의 오염을 줄여야 한다.

초음파 탐촉자의 관리 및 세척을 위한 미국 초음파의학회(American Institute of Ultrasound in Medicine: AIUM)의 공식 지침서에서는 의료기기를 살균이 필요한 ‘임계 장치’, 고준위 소독이 필요한 ‘반임계 장치’, 세척이 필요한 ‘비임계 장치’로 분류하고 있다. 이런 분류 중 초음파 탐촉자 세척에 대한 가이드라인에는 피부나 점막을 침투하여 검사하는 초음파 탐촉자는 살균이 필요로 하여 고준위 소독(high-level disinfection)이 요구되며, 그 아래 단계인 내시경과 같은 단순히 점막에 접촉하는 경우는 저준위 소독(low-level disinfection)을 필요로 한다[3]. 또한, 질병 통제 예방 센터(Centers for Disease Control and Prevention; CDC)에서 제시하는 가이드라인에 따르면 “세척”은 물체 표면에 있는 유기·무기물을 제거하는 것이며, 저준위나 고준위 소독을 하기 전 필수 전 단계라고 말하고 있다[4].

Aylirffe는 초음파 탐촉자의 병원감염의 가능성과 예방법에 대한 병원감염 가이드라인을 초음파검사 절차에 맞게 정리하였으나, 일반적으로 아직 초음파 탐촉자의 세척방법에 관한 국제적 가이드라인은 아직 없다[5]. 다만, 제조사의 권고사항에 의해 각 초음파 탐촉자에 맞게 탐촉자의 세척방법에 대한 내용을 권고하고 있다. 그 중 일반적인 탐촉자의 세척방법인 약한 sodium hypochlorite solution(차 염소산 나트륨)에 20분 정도 담그도록 하고 충분히 건조시킨 후 사용하라는 권장사항[6]은 시간적 제약에 따른 우리 의료 현실과는 맞지 않는 부분이 있다. 초음파 탐촉자에 대한 장비의 철저한 세척은 검사 직후의 초음파 탐촉자의 미생물을 줄여줄 수 있는 방법이지만[7,8], 현재 국내 의료시설에서는 초음파검사가 끝난 후 다음 검사를 위하여 초음파 탐촉자를 세척할 수 있는 시간 및 주변 환경이 열악하여 AIUM이나 CDC, 제조사 등의 권고사항과는 달리 충분한 세척과정을 거치지 못함으로 인하여 병원감염에 대한 문제점을 항상 지니고 있다.

초음파 탐촉자의 위생관리를 위한 오염도 측정 방법에는 육안적인 평가, 미생물 배양법, ATP bioluminescence를 이용한 세 가지 방법이 있다[9,10]. 육안적인 평가는 간편하

고 잔류물을 빠르게 확인할 수 있어 현장에서 즉시 세척할 수 있어 효과적이지만 결과의 신뢰도가 낮고 수치화할 수 없어 효율이 떨어지는 단점이 있다. 미생물 배양법은 신뢰도가 높고 수치화가 가능하지만 숙련된 전문 인력과 높은 비용이 발생하며 결과가 나오는데 시간이 오래 걸려 현장에서 빠르게 결과를 확인할 수 없다[11, 12]. 이러한 단점을 보완한 ATP meter는 살아있는 생물체의 에너지원인 아데노신 3인산(Adenosine triphosphate)이 luciferin, luciferase와 반응하여 빛을 내는 양을 간접적으로 측정하는 원리를 이용한 것으로, APT양을 측정하여 세척정도와 위생상태를 확인할 수 있어 간단하고 신속한 방법으로 신뢰도 높은 결과를 수치화하여 얻을 수 있다[1].

본 연구에서는 초음파 탐촉자의 오염도를 측정할 수 있는 ATP meter로 초음파검사 후 cleaning이 어느 정도의 오염도를 줄여주는지 확인하기 위해 Cleaning 전·후의 샘플을 채취하여 현장에서 실시간으로 오염도를 판단할 수 있도록 초음파 탐촉자의 오염도를 category별로 나누어 초음파 탐촉자 오염도 분류의 유효성을 연구하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

대학병원 2곳 및 의원급 병원 4곳의 초음파검사실의 초음파 진단장비의 블록형 탐촉자 6대를 대상으로 초음파검사가 끝난 후 초음파 젤을 닦기 전과 후의 샘플을 현장에서 실시간으로 채취하였다. 채취된 78개의 샘플은 아데노신 3인산 생물 발광물질을 이용한 ATP meter를 이용하여 초음파 탐촉자의 오염도를 조사하였다[Fig. 1].



Fig. 1. APT meter(3M Clean-Trace™ NG)

2. 실험방법

1) 샘플 채취 방법

일반적으로 식품과 병원환경 등에서 사용되는 APT 검사에 권장되는 샘플 영역의 크기는 100 cm² (10×10 cm) 등으로 다양하지만[13], 초음파 진단장비의 탐촉자에 대한 오염도 측정은 이와 달리 크기가 작기 때문에 측정범위를 작게 선택하여야 된다. 일반적으로 작은 범위에 대한 오염도 측정 범위는 식품 및 병원환경 표면에 10 cm²(2×5 cm)의 샘플링 영역에서 시료를 채취하는 것이 좋다고 알려져 있다[14]. 10 cm²에 대한 이론적 근거는 병원환경 표면 및 초음파 프로브 및 관련 장비와 같은 재사용 가능한 의료기기에 실용적이라 알려져 있지만[15], 실제 초음파 탐촉자에 적용하기에는 맞지 않아 이보다 작은 4.5 cm² (1.5×3 cm)로 샘플링 영역을 변화하여 적용하였다.

샘플을 채취하기 전에 손소독을 실시하고, 면봉을 이용하여 Fig. 2와 같이 동일한 힘, 동일한 swab 순서로 4.5 cm² 샘플링 영역을 문질러서 채취하였다[16].

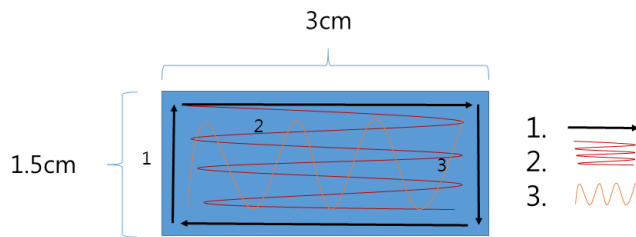


Fig. 2. Sample can be taken by swabbing in order like as above

2) 오염도 측정

Cleaning 전에 소독제로 손 소독을 시행한 후, 초음파 탐촉자의 표면에 세척도구로 중복되어 접촉되지 않게 cleaning을 하였다. 본 연구의 실험값을 도출하기 전 샘플 채취의 오류를 줄이고자 선행테스트를 시행하였고, 이 테스트에서 지정된 샘플영역에서 채취된 두 번의 샘플은 APT 수치(RLU)의 차이가 크지 않았다.

초음파 탐촉자의 오염도를 측정하기에 앞서 초음파 탐촉자를 고준위로 소독 후 샘플을 채취하여 오염도를 측정하였으며, 고준위 소독을 통해서 ATP meter의 수치가 10RLU 이하로 위생상태가 아주 깨끗한 초기 설정 임계값과 비슷한 수준이 되도록 하였다. 이후 초음파검사가 끝난 직후 4.5 cm²(1.5×3 cm)의 샘플영역에 대하여 Fig. 3과 같이 초음파 gel을 닦기 전과 초음파 gel을 닦은 후에 샘플을 채취하여 오염도를 측정하여 실시간으로 수치로 확인하였다.

ATP meter를 이용한 초음파 탐촉자의 오염도를 확인하

기 위해 샘플영역에 대하여 초음파 탐촉자의 오염도 정도를 category 4단계로 나누었고, RLU값이 높을수록 category가 높게 분류되어 이는 오염도가 높은 것을 의미한다[15].

1. Category 1 (<22 RLU)
2. Category 2 (<45 RLU)
3. Category 3 (<100 RLU)
4. Category 4 (≥ 100 RLU)

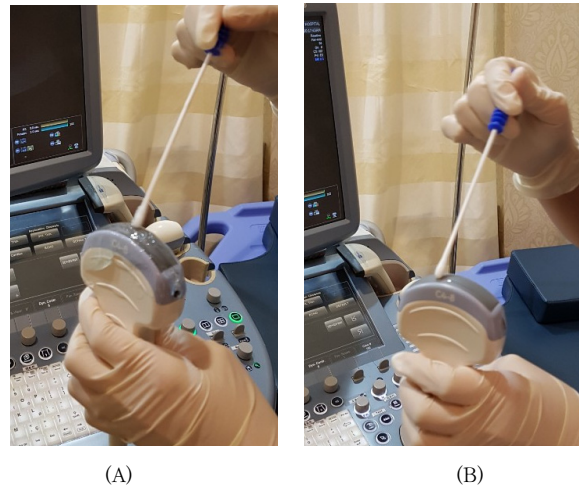


Fig. 3. Sampling after ultrasound exam (A) before cleaning the ultrasonic gel, (B) after cleaning the ultrasonic gel

3. 자료 분석 방법

자료 분석은 SPSS software (SPSS 23.0 for Windows, SPSS, USA)를 이용하여 범주형 변수는 빈도와 백분율로 표시하였다. Cleaning 전·후에 측정된 ATP meter의 RLU 값의 통계적 비교는 대응표본 비모수검정인 wilcoxon matched - pairs test를 사용하여 분석하였고, *p*-value가 0.05이하인 경우 유의한 차이가 있다고 판단하였다. Category별 cleaning 전·후 RLU 값을 산점도로 나타내었다. 막대그래프의 세로축과 산점도의 가로축, 세로축은 오염도 수치의 차이가 커서 로그로 표시하였다.

III. 결 과

1. ATP를 이용한 초음파 탐촉자의 오염도 측정

1) ATP 오염도 측정을 위한 탐촉자의 빈도특성

6개 병원에서 78개의 블록형 탐촉자에서 채취된 샘플의

Table 1. Number of surfaces tested by study site

| Sample location | N(%) |
|-----------------|------------|
| A | 19 (24.4%) |
| B | 6 (7.7%) |
| C | 12 (15.4%) |
| D | 12 (15.4%) |
| E | 7 (9.0%) |
| F | 22 (28.2%) |
| Total | 78 (100%) |

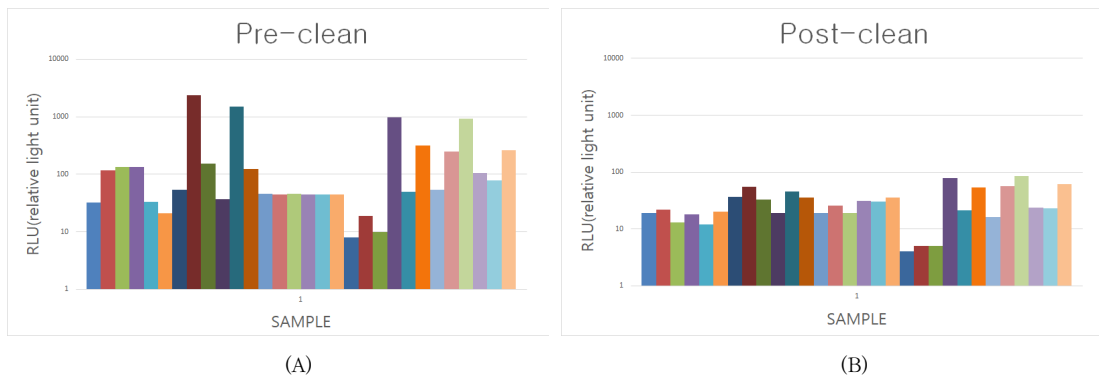


Fig. 4. Result of the pre-cleaning and post-cleaning RLU value
(A) RLU of the Pro-cleaning, (B) RLU of the Post-cleaning

Table 2. Cleanliness category by type of study site

| Cleaning state | category 1 | category 2 | category 3 | category 4 |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
| Pre-cleaning | 13.3% | 10.0% | 23.3% | 53.3% |
| Post-cleaning | 43.3% | 33.3% | 23.3% | 0% |

Table 3. Median of the Cleanliness classification

| cleanliness sampling location | category 1 | category 2 | category 3 | category 4 |
|---|------------|------------|------------|------------|
| average RLU prior to cleaning | 14.5 | 34 | 46.8 | 471 |
| first post-clean swab result | 8.5 | 16.7 | 28.3 | 40.2 |
| Contamination reduction rate(%) | 41.3% | 50.9% | 39.5% | 91.5% |
| Difference from first swab to first postcleaning - wilcoxon matched pairs test(P) | .068 | .109 | .018 | .000 |

*RLU (relative light unit)

** $p < .05$

수이다(Table 1). 가장 많은 곳은 F병원으로 22개(28.2%)이며, B병원은 6개(7.7%)의 샘플로 가장 적게 나타났다.

2) 초음파 탐촉자의 오염도

Fig. 4는 Cleaning 전·후의 RLU값의 차이를 막대그래프로 나타내었고 Cleaning 전·후의 RLU값의 감소한 것을 확인할 수 있었다. 세로축은 오염도 수치이다.

2. 초음파 탐촉자 오염도의 Category별 분류

Table 2는 각 초음파검사실에서 채취된 cleaning 전·후의 샘플의 오염도를 4개의 category로 분류하여 나타내었다. Cleaning 전에는 76.6%가 category 3·4에 해당되었으나 Cleaning 이후 23.3%로 줄어들었다. Cleaning 후 category 1이 13.3%에서 43.3%로 증가하였다.

Table 3은 초음파 탐촉자의 cleaning전에 채취된 샘플을

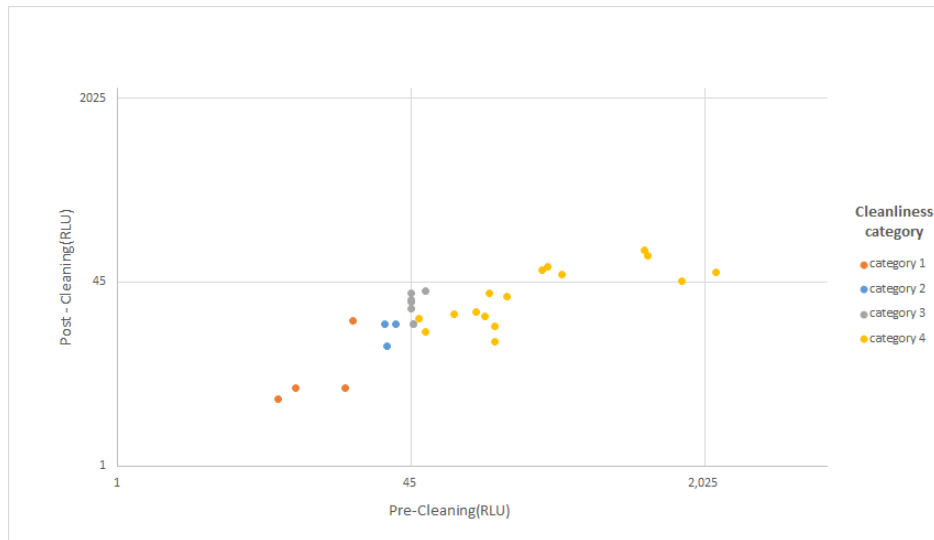


Fig. 5. Result of the pre-cleaning and post-cleaning for category

category별로 분류하여 평균 RLU값을 구하였다. 그 이후 각 category에 포함된 샘플의 cleaning 후의 평균 RLU값을 구하였다. Category 1은 41.3%($p=0.068$), Category 2는 50.9%($p=0.109$), Category 3는 39.5%($p=0.018$)로, Category 4는 91.5%($p=0.00$)로 오염도가 감소하였다. Cleaning 전·후의 오염도는 Category 3과 Category 4에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).

Fig. 5는 category별 cleaning 전·후의 값을 산점도로 나타내었다. 가로축은 cleaning 전, 세로축은 cleaning 후의 RLU수치로 나타내었다. Category 1에 해당하는 오염도 수치는 cleaning 전·후의 값이 45 RLU 기준으로 산점도 왼쪽 아래에 분포하고 있으며, Category 2에 해당하는 오염도 수치는 category 1과 동일하게 45 RLU 기준으로 산점도 왼쪽 아래에 분포하고 있다. Category 3는 cleaning 전·후의 값이 45 RLU 기준으로 산점도 오른쪽 아래에 분포하고 있고, Category 4는 cleaning 전·후의 값이 산점도의 오른쪽 위·아래로 분포하고 있다.

IV. 고 찰

의료용기기의 오염도를 확인하는 방법은 다양하다. 일반적으로 육안으로 의료용기기의 외관이 깨끗하다고 해서 꼭 위생상태가 좋다고 말할 수 없으며, 미생물 배양법으로 임상에 유의한 세균이 배양되지 않았다고 해서 교차 감염의 위험성이 없는 것도 아니다. ATP meter의 장점을 이용하여 위생관리의 정도를 파악할 수 있어 의료용기기의 QA 지표

로 사용하는 것이 가능하다. 샘플 채취에 이용된 초음파 탐촉자는 의료용기기 분류 중 오염도의 위험성이 크지 않은 장비에 속하며, cleaning을 통해서 재사용이 가능하며, 필요 시 저준위 소독이 필요한 장비이다. 초음파 탐촉자에 대한 cleaning은 소독, 살균의 전 단계로 반드시 진행하여야 하며, 오염물질을 제거하는 가장 기본방법이다.

AIUM에서는 초음파 장비의 cleaning을 위한 가이드라인은 있지만, 실제 임상에서 적용하기는 다양한 요인에 의해 cleaning을 위한 가이드라인을 지키기가 쉽지 않은 실상이다. 그러므로 항상 임상에서 사용하는 초음파 진단장비의 탐촉자는 오염에 노출될 확률이 매우 높다. 그러나 초음파 탐촉자의 오염도를 확인하기 위하여 육안 검사나 미생물 배양법 등을 사용해야 하나 다양한 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구는 초음파검사서 탐촉자의 오염도를 현장에서 실시간으로 확인할 수 있는 APT meter를 이용하여 오염도 측정에서 샘플영역이 작고, 재사용되어지는 의료기기에 대한 기준이 없어 오염의 정도를 결정할 수 있는 분류 기준을 4가지 category로 제시하였다. 제조사마다 초음파 탐촉자의 크기가 서로 다르지만 본 논문에서는 초음파 탐촉자의 오염도를 측정하는 샘플의 면적을 $4.5 \text{ cm}^2 (1.5 \times 3 \text{ cm})$ 로 설정하였다. 오염 정도를 결정하는 4가지 category에서 Category 1($< 22 \text{ RLU}$)은 아주 깨끗한 상태, Category 2($< 45 \text{ RLU}$)는 깨끗한 상태, Category 3($< 100 \text{ RLU}$)는 지지분한 상태, Category 4($\geq 100 \text{ RLU}$)는 아주 지지분한 상태로 각각의 오염도를 설정하였다.

본 연구에서는 의료기기의 작은 단면의 오염도를 측정하기 위해서 6개 병원의 초음파 진단장비의 볼록형 탐촉자를

대상으로 총 78개의 샘플을 채취하였으며, cleaning 전·후의 RLU값이 눈에 띄게 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 채취된 샘플을 category별로 분류하였고 cleaning 하기 전의 탐촉자 단면의 오염도는 76.6%가 category 3·4에 해당되었고, 탐촉자의 오염도가 높음을 알 수 있었다. Cleaning 후 오염도를 측정하였을 때 오염도는 감소하여 43.3%가 category 1에 해당되어 깨끗해짐을 알 수 있었다. Cleaning 이후 카테고리 3·4에 속했던 그룹의 76.6%가 23.3%로 낮아짐을 확인할 수 있었다. Cleaning 이후 오염도가 확연히 떨어지며 카테고리 4에 속했던 그룹의 평균 RUL 수치가 cleaning 후에는 카테고리 2로 떨어짐을 확인할 수 있었다. Cleaning 전·후의 오염도를 판단하기 위한 4개의 category가 적합한지를 산점도로 나타내어 확인할 수 있었다. 제대로 된 한번의 cleaning만으로도 위생관리가 효율적으로 이루어짐을 이번 연구를 통하여 확인되었다.

ATP meter를 이용하여 초음파 검사실에서 실시간으로 오염도를 확인할 수 있고, 채취된 RLU 값을 category별로 분류하여 초음파 탐촉자의 오염도를 현장에서 실시간으로 확인하고 판단할 수 있다. 초음파 검사자가 검사실에서 실시간으로 초음파 탐촉자의 오염도를 확인하고 판단할 수 있는 기준안을 마련함으로써 보다 적극적으로 초음파 탐촉자를 위생 관리할 수 있게 될 것이라 사료되어진다.

V. 결 론

본 연구는 ATP meter를 이용하여 초음파 탐촉자의 cleaning 전·후의 오염도를 확인하였다. 6개 병원의 초음파 진단장비의 볼록형 탐촉자를 대상으로 78개의 샘플을 채취하여 탐촉자의 오염도를 확인하여 오염도를 실시간으로 확인하고 판단할 수 있는 기준안을 마련하고자 하였다.

ATP meter로 초음파검사실에서 실시간으로 간단하게 cleaning만으로도 초음파 탐촉자의 오염도가 감소하여 유효성이 확인되었다. 채취된 샘플은 설정되어진 오염도 category별로 cleaning의 효과를 확인할 수 있었다.

ATP meter는 실시간으로 오염도를 확인하고 위생관리를 시행할 수 있는 장점이 있지만, 오염도를 확인하는 RLU 수치가 상대적인 값으로 나타나므로 본 연구에서는 APT meter를 이용하여 초음파 탐촉자의 오염도를 판단할 수 있는 category 기준을 제시하였다. 이후에 초음파 장비와 같은 작고 좁은 면적에 대한 위생관리를 위한 오염도 기준안을 확립하기 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Shin JS, Park CW, Jeon BK. Analysis on infection control of general hospital radiology. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2012;6(5):335-42.
- [2] Kim MJ, Moon IB, Sohn SJ. The Relationship between the Awareness, performance and empowerment about nosocomial infection control in radiological technologists. *The Journal of the Korea Contents Association*. 2013;13(13):328-36.
- [3] AIUM. Guidelines for Cleaning and Preparing External- and Internal-Use Ultrasound Transducers Between Patients & Safe Handling and Use of Ultrasound Coupling Gel. 2018:1-12.
- [4] Pearson ML. Guideline for prevention of intra-vascular device-related infections. *Infection control & Hospital Epidemiology*. 1996;17(7): 438-73.
- [5] Aylirffe G, Babb J, Taylor L. Cleaning, disinfection or sterilization? *Hospital acquired infection*. 3rd ed. London, Arnold; 2001.
- [6] Mirza WA, Lmam SH, Mohd Salim K, Kharal A. Cleaning methods for ultrasound probes. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*. 2008;18(5):286-9.
- [7] Fowler C, Mc Cracken D. US Probes: Risk of cross infection and ways to reduce it comparison of cleaning methods. *Radiology*. 1999;213:299-300.
- [8] Muradali D, Gold WL, Phillips A, Wilson S. Can ultrasound probes and coupling gel be a source of nosocomial infection in patients undergoing sonography? An in vivo and in vitro study. *AJR Am J Roentgenol*. 1995;164:1521-4.
- [9] Huang YS, Chen, YC. Comparing visual inspection, aerobic colony counts, and adenosine triphosphate bioluminescence assay for evaluating surface cleanliness at a medical center. *American Journal of Infection Control*. 2015;43:882-6.
- [10] Mulvey D, Redding P, Robertson C, Woodall C. Finding a benchmark for monitoring hospital cleanliness. *Journal of Hospital Infection*. 2011;77: 25-30.
- [11] Lee CB, Lee YS, Lee WH. Investigation into the actual state of sanitary management and recog-

- nitition degree and infection level of ultrasono-graphic probes. Journal of Radiological Science and Technology. 2004;27(3):51-8.
- [12] Nam SM. A study on infection control practices by dental hygienists. Journal of Korean Society of Dental Hygiene. 2011;11(1):137-48.
- [13] Griffith CJ, Cooper RA, Gilmore J, Davies C, Lewis M. An evaluation of hospital cleaning regimes and standards. J Hosp Infect. 2000;45:19-28.
- [14] Aycicek H, Oguz U, Karci K. Comparison of results of ATP bioluminescence and traditional hygiene swabbing methods for the determination of surface cleanliness at a hospital kitchen. Int J Hyg Environ Health. 2006;209:203-6.
- [15] Whiteley GS, Glasbely TO, Westervay SC. A new sampling algorithm demonstrates that ultrasound equipment cleanliness can be improved. American Journal of Infection Control. 2018 Aug;46(8):887-92.
- [16] Sciortino CV, Giles RA. Validation and comparison of three adenosine triphosphate luminometers for monitoring hospital surface sanitization. American Journal of Infection Control. 2012 Oct;40(8):e233-e9.

| 구분 | 성명 | 소속 | 직위 |
|------|-----|-----------|------|
| 제1저자 | 하명진 | 한림대동탄성심병원 | 방사선사 |
| 교신저자 | 김정구 | 한서대학교 | 교수 |