

석사학위논문

종합병원 병실 및 대학교 행정실에서  
사용하는 가습기내 물통, 진동자부분 및  
사용 습관에 따른 미생물 농도 비교에  
관한 연구

2013년

한성대학교 대학원

기계시스템공학과

산업위생공학전공

이 상 민

석사학위논문  
지도교수 박두용

종합병원 병실 및 대학교 행정실에서  
사용하는 가습기내 물통, 진동자부분 및  
사용 습관에 따른 미생물 농도 비교에  
관한 연구

A comparative study of microorganism concentration in  
humidifier's water tanks and vibrators, depend on user's  
operating habit at the scene of hospital ward and  
administrative offices in universities

2013년 6월 일

한성대학교 대학원

기계시스템공학과

산업위생공학전공

이 상 민

석사학위논문  
지도교수 박두용

종합병원 병실 및 대학교 행정실에서  
사용하는 가습기내 물통, 진동자부분 및  
사용 습관에 따른 미생물 농도 비교에  
관한 연구

A comparative study of microorganism concentration in  
humidifier's water tanks and vibrators, depend on user's  
operating habit at the scene of hospital ward and  
administrative offices in universities

위 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

2013년 6월 일

한성대학교 대학원

기계시스템공학과

산업위생공학전공

이 상 민

이 상 민의 공학 석사학위 논문을 인준함

2013년 6월 일

심사위원장 주 창 업 인

심사위원 윤 주 일 인

심사위원 박 두 용 인

# 국 문 초 록

종합병원 병실 및 대학교 행정실에서 사용하는 가습기내 물통,  
진동자부분 및 사용 습관에 따른 미생물 농도 비교에 관한 연구

한성대학교 대학원  
기계시스템공학과  
산업위생공학전공  
이 상 민

본 연구에서는 종합병원 병실 및 대학교 행정실에서 사용하고 있는 가습기내 물통, 진동자부분에서 수중 미생물 농도를 비교 분석하였다. 박테리아, 그람음성박테리아, 곰팡이를 Bulk시료로 채취하여 선택배지를 이용하여 시간 경과 후 집락수를 개수 하였다.

47개의 가습기에서 시료를 채취하여 93개의 시료를 분석한 결과 67개(72%)의 시료에서 박테리아가 검출이 되었으며 평균 농도는 1.844 log CFU/ml 이며, 가습기 물통에서 1.522 log CFU/ml, 진동자 부분에서 1.405 log CFU/ml로 검출이 되었다. 그람음성박테리아는 42개(45%)가 검출이 되었으며, 평균 농도는 0.813 log CFU/ml 이며, 가습기 물통에서 0.540 log CFU/ml, 진동자 부분에서 0.434 log CFU/ml로 검출이 되었다. 곰팡이는 38개(41%)의 시료에서 검출이 되었으며 평균 농도는 0.475 log CFU/ml 이며, 가습기 물통에서 0.498 log CFU/ml, 진동자 부분에서 0.342 log CFU/ml로 검출이 되었다.

가습기에 사용한 물(원수) 중 수도물 16개를 채취하여 분석한 결과 박테리아 6개(38%), 곰팡이 3개(19%), 그람음성박테리아는 검출이 되지 않았으며, 정수기 물 6개를 채취하여 분석한 결과 박테리아 2개(33%), 그람음성박테리아 2개(33%), 곰팡이 1개(17%)에서 검출이 되었다.

가습기 종류 및 사용습관에 따른 수중 미생물 농도에 영향을 주는 요인은 가습기 종류에 따라서는 박테리아( $p=0.283$ ), 그람음성박테리아( $p=0.264$ ), 곰팡이( $p=0.283$ )으로 나타났으며, 가습기에 사용한 물(원수)에 따라서는 박테리아( $p=0.366$ ), 그람음성박테리아( $p=0.456$ ), 곰팡이( $p=0.514$ )으로 나타났으며, 최근 물 공급시간에 따라서는 박테리아( $p=0.002$ ), 그람음성박테리아( $p=0.178$ ), 곰팡이( $p=0.02$ )으로 나타났다. 내부 세척방법에 의해서는 박테리아( $p=0.022$ ), 그람음성박테리아( $p=0.238$ ), 곰팡이( $p=0.02$ )으로 나타났으며, 가습기 작동시간에 따라서는 박테리아( $p=0.042$ ), 그람음성박테리아( $p=0.792$ ), 곰팡이( $p=0.499$ )로 나타났으며, 물 교환주기에 따라서는 박테리아( $p=0.0014$ ), 그람음성박테리아( $p=0.633$ ), 곰팡이( $p=0.816$ )로 나타났다.

병실에서 사용하는 가습기 내 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석한 결과 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.726$ ) 농도 간에 상관관계로 나타났으며, 병실에서 사용하는 초음파가습기에서는 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.721$ ) 농도 간에 상관관계가 나타났으며, 병실 가습기에서 수돗물을 사용할 때는 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.684$ ) 농도 간에 상관관계가 가장 컸다. 가습기 내부 세척 방법에 따라서는 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.467$ ) 농도 간에 상관관계로 나타났으며, 최근 물 공급시간에 따라서는 박테리아와 그람음성박테리아( $r=0.667$ ) 농도 간에 상관관계를 보였으며, 물 교환주기에 따라서는 박테리아와 그람음성박테리아( $r=0.430$ ) 농도 간에 상관관계로 나타났다.

**【주요어】** 가습기, 진동자 부분, 물통, 미생물, 박테리아, 그람음성박테리아, 곰팡이, 종합병원 병실, 대학교 행정실, 농도 비교

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구 배경 .....	1
제 2 절 연구 목적 .....	2
제 2 장 연구대상 및 방법 .....	4
제 1 절 연구 대상 .....	4
제 2 절 연구 방법 .....	4
1. 시료 채취 대상 및 시료수 (Sampling) .....	4
2. 시료채취방법 .....	5
3. 시료 분석 .....	5
4. 자료 분석 .....	7
제 3 장 연구결과 .....	8
제 1 절 가습기 내 수중 미생물 평가 .....	8
1. 장소별 가습기 내 채취위치에 따른 박테리아 농도 .....	8
2. 장소별 가습기 내 채취위치에 따른 그람음성박테리아 농도 .....	11
3. 장소별 가습기 내 채취위치에 따른 곰팡이 농도 .....	13
제 2 절 가습기에 사용하는 물(원수)의 미생물 농도 .....	15
제 3 절 가습기 종류 및 사용습관에 따른 미생물 농도 비교 .....	18
1. 가습기 종류별 미생물 농도 비교 .....	18

2. 가습기 내 사용하는 물(원수)에 따른 미생물 농도 비교 .....	21
3. 최근 물 공급시간에 따른 미생물 농도 비교 .....	23
4. 내부 세척 방법에 따른 미생물 농도 비교 .....	25
5. 가습기 작동 시간에 따른 미생물 농도 비교 .....	27
6. 가습기 물 교환주기에 따른 미생물 농도 비교 .....	30
제 4 절 수중 미생물 농도간의 상관관계 .....	31
1. 장소별 가습기 내 수중 미생물 농도간의 상관관계 .....	31
2. 병실 초음파가습기에서의 수중 미생물 농도간의 상관관계 .....	35
3. 가습기 원수(수돗물)에서의 수중 미생물 농도간의 상관관계 .....	38
4. 가습기 내부세척방법에 따른 수중 미생물 농도간의 상관관계 .....	40
5. 가습기 최근 물 공급시간에 따른 수중 미생물 농도간의 상관관계 .....	42
6. 가습기 물 교환주기에 따른 수중 미생물 농도간의 상관관계 .....	44
제 4 장 결 론 .....	47
【참고문헌】 .....	50
ABSTRACT .....	54

## 【 표 목 차 】

[표 1] 배지별 조성 .....	6
[표 2] 장소별 가습기 내 채취위치에 따른 박테리아 농도 .....	8
[표 3] 장소별 가습기 내 채취위치에 따른 그람음성박테리아 농도 .....	11
[표 4] 장소별 가습기 내 채취위치에 따른 곰팡이 농도 .....	13
[표 5] 가습기에 사용한 물(원수)에 따른 미생물 농도 .....	17
[표 6] 가습기 종류에 따른 수중 미생물 농도 비교 .....	20
[표 7] 사용한 물(원수)에 따른 수중 미생물 농도 비교 .....	22
[표 8] 최근 물 공급시간에 따른 수중 미생물 농도 비교 .....	24
[표 9] 내부 세척방법에 따른 수중 미생물 농도 비교 .....	26
[표 10] 가습기 작동시간에 따른 수중 미생물 농도 비교 .....	28
[표 11] 물 교환주기에 따른 수중 미생물 농도 비교 .....	29
[표 12] 병실 가습기에서의 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스 .....	34
[표 13] 행정실 가습기에서의 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스 .....	34
[표 14] 병실 초음파가습기에서의 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스 .....	37
[표 15] 병실 가습기 원수 중 수돗물에서의 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스 .....	39
[표 16] 가습기 내부 세척방법에 따른 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스 .....	41
[표 17] 최근 물 공급시간에 따른 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스 .....	43
[표 18] 가습기 물 교환주기에 따른 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스 .....	46

## 【 그림 목 차 】

〈그림 1〉 종합병원 병실 가습기 채취위치별 박테리아 농도. ....	10
〈그림 2〉 대학교 행정실 가습기 채취위치별 박테리아 농도. ....	10
〈그림 3〉 종합병원 병실 가습기 채취위치별 그람음성박테리아 농도. ....	12
〈그림 4〉 대학교 행정실 가습기 채취위치별 그람음성박테리아 농도. ....	12
〈그림 5〉 종합병원 병실 가습기 채취위치별 곰팡이 농도. ....	14
〈그림 6〉 대학교 행정실 가습기 채취위치별 곰팡이 농도. ....	14
〈그림 7〉 가습기 사용하는 물(원수) 중 수돗물의 미생물 농도. ....	16
〈그림 8〉 가습기 사용하는 물(원수) 중 정수기 물의 미생물 농도. ....	16
〈그림 9〉 병실 가습기 내 박테리아와 그람음성박테리아 농도의 상관관계. ·	32
〈그림 10〉 병실 가습기 내 박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계. ....	32
〈그림 11〉 병실 가습기 내 그람음성박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계. ....	33
〈그림 12〉 병실 초음파가습기 내 박테리아와 그람음성박테리아 농도의 상관관계. ....	36
〈그림 13〉 병실 초음파가습기 내 박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계. ....	36
〈그림 14〉 병실 초음파가습기 내 그람음성박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계. ....	37
〈그림 15〉 병실 가습기 원수에 따른 박테리아와 그람음성박테리아 농도의 상관관계. ....	38
〈그림 16〉 병실 가습기 원수에 따른 그람음성박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계. ....	39
〈그림 17〉 가습기 세척방법에 따른 박테리아와 그람음성박테리아 농도의 상관관계. ....	40
〈그림 18〉 가습기 세척방법에 따른 그람음성박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계. ....	41
〈그림 19〉 가습기 최근 물 공급시간에 따른 박테리아와 그람음성박테리아 농도의 상관관계. ....	42

〈그림 20〉 가습기 최근 물 공급시간에 따른 그람음성박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계. ....	43
〈그림 21〉 가습기 물 교환주기에 따른 박테리아와 그람음성박테리아 농도의 상관관계. ....	45
〈그림 22〉 가습기 물 교환주기에 따른 박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계.	45
〈그림 23〉 가습기 물 교환주기에 따른 그람음성박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계. ....	46

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구 배경

현대인들은 최대 90%이상의 시간을 실내에서 보내므로 실내 환경은 인간의 환경오염물에 대한 노출평가에 있어서 매우 중요한 부분을 차지한다(박주형, 2009). 가습기는 실내습도를 인위적으로 조절할 수 있는 장치이다. 청결한 가습기는 특히 알레르기 질환에 유익한 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 알레르기 질환을 갖고 있는 환자 817명의 가정에 가습기를 설치하였더니 65%에서 아주 좋은 결과를, 30%에서 비교적 좋은 결과를 보였으며 호흡기 질환(기관지염, 후두염, 폐렴 등)의 예방과 치료를 위한 보조수단으로 활용될 수 있다(조수현과 김현, 1990; 김익현 등, 2012). 그러나 가습기를 잘못 사용하면 가습기 내에서 세균에 오염이 될 수도 있다. 가습기의 세균오염에 의한 직접적인 감염에 대한 보고는 없으나, 가습기에서 번식한 세균에 의한 감염 가능성은 높다고 보고되고 있다(조수현과 김현, 1990). 가습기는 미생물 증식에 온도와 습도조건이 적당하여 미생물이 급속히 증식할 수 있다. 따라서 가습기내에서는 종종 알레르기를 일으키는 세균, 원생동물, 곰팡이들이 번식할 수 있으며, 가습기에서 분무되는 물 입자에 포함되어 공기 중으로 비산될 수 있다. 특히 가습기에서 분무되는 물 입자는 호흡기 폐포까지 침착시킬 수 있는 크기( $0.5\mu\text{m} - 3\mu\text{m}$ )인 것으로 알려져 있다(Suda T 등, 1995 : 박동욱, 2013). 정상적인 사람은 상기도로 세균이 들어오더라도 간섭현상(interference)으로 정착하기 어렵고 정착된 다음에 세균이 기도에 흡입되더라도 분비물, 상피세포의 섬모운동, 면역반응, 식균 등으로 폐는 무균상태가 되지만 노약자나 어린이는 저항력이 약하여 균이 폐에 도달하여 정착하고 발병하게 될 수 있다고 보고되고 있다(최현과 김성권, 2007). 1970년에 Banaszak 등은 사무실 공기조화(Heating Ventilating and Air Conditioning, HVAC)시설 중 가습기 오염이 원인인 것으로 추정된 외인 알레지성 폐포염(extrinsic allergic alveolitis)사례를 보고하였다. 이는 일종의 과민성 폐렴(hypersensitivity

pneumonitis)으로 가슴기 오염 때문에 생긴 폐질환의 첫 사례였다(Banaszak EF 등, 1970; 박동욱, 2013). 비슷한 시기에 가정에서 가슴기를 사용한 사람들에게서 과민성 폐렴 발생 사례들이 보고되기 시작하였다(Miller MM 등, 1976; Anderson K 등, 1989; 박동욱, 2013). 1971년에 Fink 등은 이 질환의 원인으로 가열식가슴기에서 분리된 *Micropolyspora*의 *Actinomycete*을 의심하였다(Fink JN 등, 1971). 이후 1990년대 중반까지 가정과 사무실 HVAC의 가슴기 오염을 직접적인 원인으로 추정된 폐질환 사례가 계속 보고되었다(박동욱, 2013). 가슴기 오염에 의한 폐질환 사례의 대부분은 박테리아를 직접적인 원인으로 추정하였으며, 그 외에 곰팡이를 원인이라고 의심하는 사례도 있었다(박동욱, 2013). 또한 그람음성박테리아의 외벽인 엔도톡신을 의심한 사례도 있었다(박동욱, 2013). 가슴기 폐질환의 원인으로 의심되는 미생물과 엔도톡신을 가슴기 벌크(bulk)나 공기 중에서 지역시료를 이용하여 정량적으로 평가한 연구도 있다(Rylander 등, 1978; Rylander and Haglund, 1984; Kateman 등, 1990; Pal 등, 1997; Baur 등, 1988; Ohnishi 등, 2002; 박동욱, 2013).

현재 시중에는 다양한 종류의 가슴기가 사용되고 있으나 가슴기 사용 장소 및 사용 습관에 따라 가슴기 내 bulk 시료를 이용하여 수중 미생물의 농도 평가가 이루어진 바가 없다.

## 제 2 절 연구 목적

본 연구는 가슴기 내에 세균이나 곰팡이 같은 미생물이 증식하고 있는지, 미생물이 증식한다면 일차적으로 영향을 미치는 요인으로 추정되는 원수, 가슴기의 청소상태 등이 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 실시되었다. 이러한 연구목적의 달성을 위해 종합병원 병실 및 대학교 행정실에서 사용하고 있는 가슴기를 대상으로 다음과 같은 구체적인 목적을 설정하였다.

- 1) 가슴기의 물통, 진동자부분에 남아있는 물을 채취하여 일반 박테리아, 그람음성박테리아(GNB), 곰팡이를 증식한 후, 가슴기 내의 수중에 대한 농도를 측정한다.

2) 가습기에 사용한 물(원수)을 채취하여 일반 박테리아, 그람음성박테리아 (GNB), 곰팡이를 증식한 후, 가습기 내의 수중에 대한 농도를 측정한다.

3) 가습기 청소방법, 가습기 작동시간등 사용자의 사용 습관을 조사하여 가습기 내의 수중 미생물 농도와 비교하여 미생물 증식에 영향을 미치는 요인을 파악한다.

## 제 2 장 연구대상 및 방법

### 제 1 절 연구 대상

본 연구는 서울시에 위치한 400병상 규모의 종합병원 1곳의 병실에서 사용하는 가습기 19대와 서울시에 위치한 대학교 2곳의 행정실에서 사용하는 가습기 28대를 대상으로 하였다.

구체적인 시료채취의 위치는 가습기내 물통 및 진동자부분과 가습기에 사용하는 물(원수)이었다. 측정대상은 박테리아, 그람음성박테리아(GNB) 및 곰팡이였다.

### 제 2 절 연구 방법

시료채취 기간은 2013년 1월 17일, 2월 21일, 2월 25-26일 총 4일이었으며, 연구방법은 다음과 같다.

#### 1. 시료 채취 대상 및 시료수 (Sampling)

조사대상 가습기는 종합병원 병실에서 사용하고 있던 19대와 두 개의 대학교 행정 사무실에서 사용하고 있던 28대였다. 종합병원에서 사용하고 있던 가습기에 대해서는 물통 및 진동자부분에서 38개의 시료를 채취 하였고, 가습기에 사용한 물(원수)은 수도물과 정수기 등 7곳이었다. 두 개의 대학교 행정 사무실에서 사용하던 28대의 가습기 내 물통 및 진동자 부분에서 55개의 시료를 채취하였으며, 가습기에 사용한 물(원수)은 수도물과 정수기 등에서 모두 15개의 시료를 채취하였다. 총 시료 수는 115개였다.

## 2. 시료채취방법

가습기 내 물통, 진동자부분 및 가습기에 사용한 물(원수)을 오토피펫에이드(FARCON®,Express7590)에 멸균된 1회용 피펫(COSTAR®,10ml)을 사용하여 30 ml를 채취하였다. 채취한 시료는 멸균튜브(FARCON®,50mL)에 주입한 후 시료가 오염되지 않도록 곧바로 실험실용 필름을 이용하여 튜브 마개를 봉한 후 즉시 미생물 분석실로 운반하였다.

## 3. 시료 분석

냉장 보관된 Bulk시료의 박테리아를 배양하기 위한 선택배지는 TSA(Trypticase Soy Agar), 그람음성박테리아용 배지인 Mac(MacConkey Agar), 곰팡이용 배지인 SDAC(Sabourand Dextrose Agar + Chloram)를 한조로 하여 배양을 하였으며 선택배지의 조성은 [표 1]과 같다.

[표 1] 배지별 조성

---

박테리아용 배지 : TSA(Trypticase Soy Agar)

---

Enzymatic Digest of Casein 15.0g

Enzymatic Soybean Meal 5.0g

Sodium Chloride 5.0g

Agar 15.0g

(Final pH :  $7.3 \pm 0.2$  at  $25^{\circ}\text{C}$ )

---

그람음성박테리아용 배지 : Mac(MacConkey Agar)

---

Peptic Digest of Animal Tissue 1.5g

Sodium Chloride 5.0g

Pancreatic Digest of Gelatin 17.0g

Lactose 10.0g

Pancreatic Digest of Casein 1.5g

Bile Salt 1.5g

Neutral Red 0.03g

Crystal Violet 0.001g

Agar 13.5g

(Final pH :  $7.1 \pm 0.2$  at  $25^{\circ}\text{C}$ )

---

곰팡이용 배지 : SDAC(Sabourand Dextrose Agar + Chloram)

---

Enzymatic Digest of Casein 5.0g

Enzymatic Digest of Animal Tissue 5.0g

Dextrose 40.0g

Agar 15.0g

Chloramphenicol 0.05g

(Final pH :  $5.6 \pm 0.2$  at  $25^{\circ}\text{C}$ )

---

배지는 도말하기 전 Clean bench에서 3-4시간 건조시킨 후 마이크로피펫을 이용하여 1ml씩 배지에 옮긴다. 배지에 도말할 때 시료가 배지에 완전히 흡수될 수 있도록 배지를 돌려가며 여러 번 도말 후 즉시 배양기(incubator)에 옮긴다. 박테리아용 배지는 35℃ 2일간 배양하고, 곰팡이용 배지는 같은 온도에서 4일 동안 배양하여 집락(colony)을 계수하였다. 집락수가 너무 많으면 균등하게 4분할하여 1면에 자란 곰팡이와 박테리아 집락(Colony)을 계수하고 분할한 면을 곱하여 총 집락수로 하였다. 집락수의 단위는 시료 1ml당 Colony Forming Unit(CFU)이다.

#### 4. 자료 분석

측정 자료는 Microsoft Excel를 이용하여 데이터를 정리하였으며 SPSS v21(IBM, USA)를 이용하여 가습기 종류 및 가습기 사용자의 사용습관에 따른 미생물 농도를 일원배치 분산분석을 이용하여 분석하였으며 수중 미생물간의 상관관계는 상관분석을 이용하여 통계적 유의성을 검증하였다.

## 제 3 장 연구결과

### 제 1 절 가습기 내 수중 미생물 평가

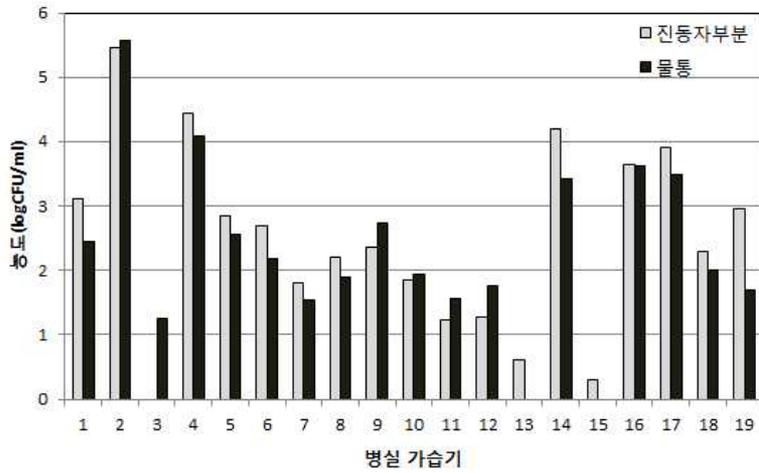
#### 1. 장소별 가습기 내 채취위치에 따른 박테리아 농도

[표 2] 장소별 가습기 내 채취위치에 따른 박테리아 농도

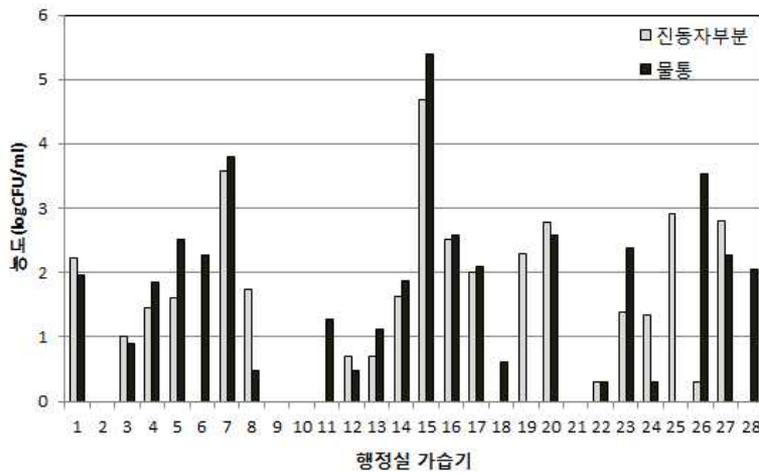
장소	채취위치	시료수 (n)	평균 (log CFU/ml)	표준편차 (log CFU/ml)
병실	진동자부분	19	2.483	1.419
	물통	19	2.301	1.304
행정실	진동자부분	27	1.405	1.251
	물통	28	1.522	1.348
계		93	1.844	1.405

가습기 내 수중 박테리아 93개를 분석한 결과 67개(72%)의 시료에서 나타났다. 평균 농도는 1.844 log CFU/ml(ND ~ 5.461 log CFU/ml)이었다. 종합병원 병실 진동자 부분에서는 19개의 시료 중 18개(95%)의 시료에서 박테리아가 나왔으며 평균 2.483 log CFU/ml(ND ~ 5.461 log CFU/ml)이었다. 종합병원 병실 물통에서 19개의 시료 중 17개(98%)의 시료에서 나타났으며 평균 2.301 log CFU/ml(ND ~ 5.567 log CFU/ml)이었다. 대학교 행정실 진동자 부분에서는 27개의 시료 중 20개(74%)의 시료에서 나타났으며 평균 1.405 log CFU/ml(ND ~ 4.691 log CFU/ml)이었다. 대학교 행정실 물통에서 28개의 시료 중 22개(79%)의 시료에서 나타났으며 평균 1.522 log CFU/ml(ND ~ 5.380 log CFU/ml)이었다(표 2, 그림 1, 2).

가습기 내의 미생물에 대한 기준은 아직 설정되어 있지 않다. 한편 우리나라 먹는 물 수질기준 및 지하수 수질기준에 따르면 박테리아는 2 log CFU/ml이다. 가습기 내 미생물 기준을 먹는 물 기준과 직접 비교하기는 어렵지만 가습기 내 미생물은 물 입자와 함께 공기 중으로 비산되어 호흡기에 직접 노출될 수 있으므로 먹는 물 못지않게 위생상태가 중요하다고 볼 수 있다. 또한 가습기 내 수중 미생물 농도를 직접 비교할 만한 다른 기준이 없다. 따라서 여기에서는 먹는 물을 기준으로 가습기내 박테리아 농도수준을 비교하여 보았다. 박테리아 농도는 대학병원 병실 진동자 부분 및 물통에서 평균농도가 먹는 물 기준을 초과하고 있었으며 전체 시료 93개 중 41개(44%)의 시료에서 기준을 초과하였다.



〈그림 1〉 종합병원 병실 가습기 채취위치별 박테리아 농도.



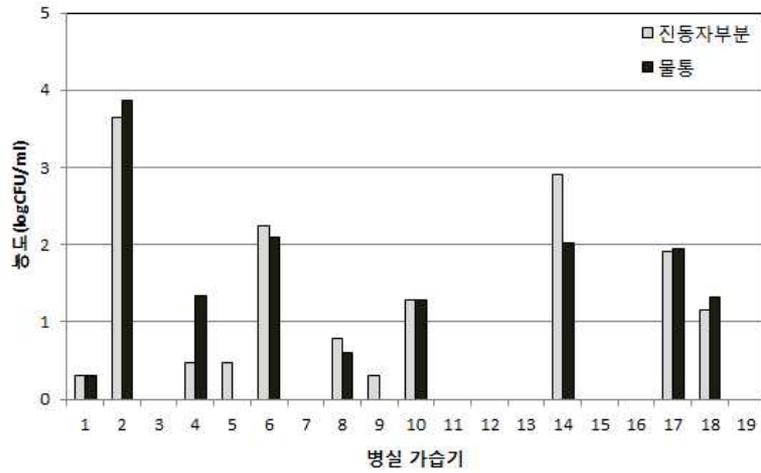
〈그림 2〉 대학교 행정실 가습기 채취위치별 박테리아 농도.

## 2. 장소별 가슴기 내 채취위치에 따른 그람음성박테리아 농도

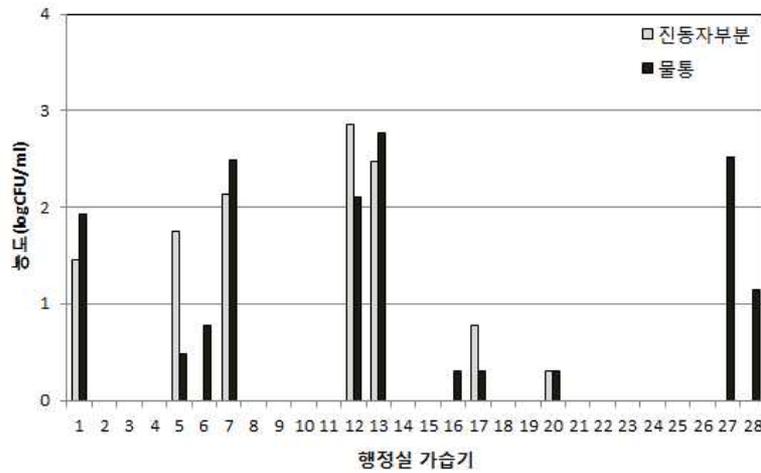
[표 3] 장소별 가슴기 내 채취위치에 따른 그람음성박테리아 농도

장소	채취위치	시료수 (n)	평균 (log CFU/ml)	표준편차 (log CFU/ml)
병실	진동자부분	19	0.813	1.075
	물통	19	0.777	1.059
행정실	진동자부분	27	0.434	0.851
	물통	28	0.540	0.899
계		93	0.613	0.971

가슴기 내 수중 그람음성박테리아 93개를 분석한 결과 42개(45%)의 시료에서 나타났으며 평균 농도는 0.613 log CFU/ml(ND ~ 3.857 log CFU/ml)이었다. 종합병원 병실 진동자 부분에서 19개의 시료 중 12개(63%)의 시료에서 나타났으며 평균 0.813 log CFU/ml(ND ~ 3.642 log CFU/ml)이었다. 종합병원 병실 물통에서 19개의 시료 중 11개(58%)의 시료에서 나타났으며 평균 0.777 log CFU/ml(ND ~ 3.857 log CFU/ml)이었다. 대학교 행정실 진동자 부분에서는 27개의 시료 중 8개(30%)의 시료에서 나타났으며 평균 0.434 log CFU/ml(ND ~ 2.850 log CFU/ml)이었다. 대학교 행정실 물통에서 28개의 시료 중 11개(39%)의 시료에서 나타났으며 평균 0.540 log CFU/ml(ND ~ 2.766 log CFU/ml)이었다(표 3, 그림 3, 4 참조). 그람음성박테리아는 미생물 오염여부를 나타내는 지표이다. 그람음성박테리아가 나타나면 그 환경은 미생물 오염이 된 것으로 판단된다.



〈그림 3〉 종합병원 병실 가습기 채취위치별 그람음성박테리아 농도.



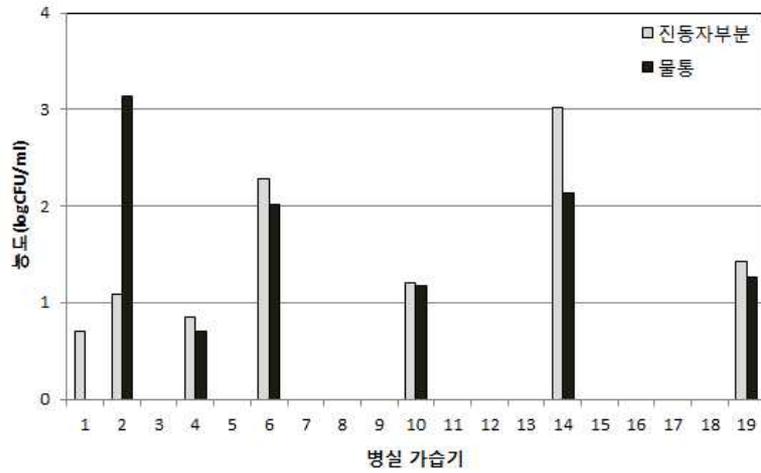
〈그림 4〉 대학교 행정실 가습기 채취위치별 그람음성박테리아 농도.

### 3. 장소별 가습기 내 채취위치에 따른 곰팡이 농도

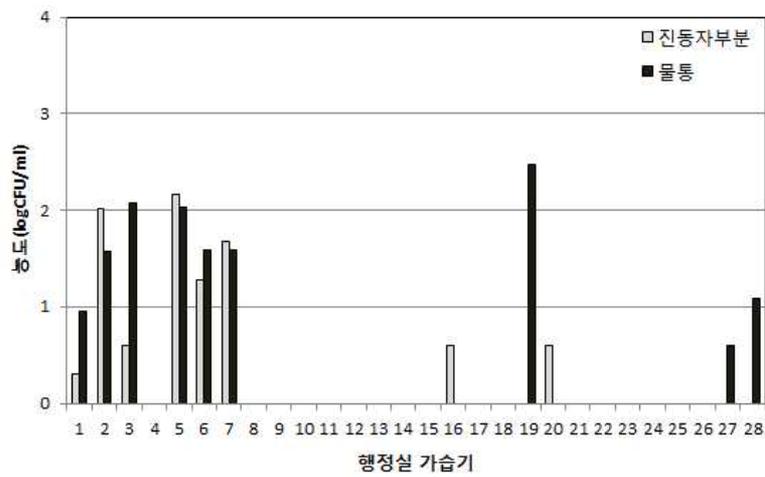
[표 4] 장소별 가습기 내 채취위치에 따른 곰팡이 농도

장소	채취위치	시료수 (n)	평균 (log CFU/ml)	표준편차 (log CFU/ml)
병실	진동자부분	19	0.555	0.866
	물통	19	0.548	0.923
행정실	진동자부분	27	0.342	0.644
	물통	28	0.498	0.790
계		93	0.475	0.802

가습기 내 수중 곰팡이 93개를 분석한 결과 38개(41%)의 시료에서 나타났으며 평균 농도는 0.475 log CFU/ml(ND ~ 3.143 log CFU/ml)이었다. 종합병원 병실 진동자 부분에서 19개의 시료 중 11개(58%)의 시료에서 나타났으며 평균 0.555 log CFU/ml(ND ~ 3.013 log CFU/ml)이었다. 종합병원 병실 물통에서 19개의 시료 중 8개(42%)의 시료에서 나타났으며 평균 0.548 log CFU/ml(ND ~ 3.143 log CFU/ml)이었다. 대학교 행정실 진동자 부분에서는 27개의 시료 중 10개(37%)의 시료에서 나타났으며 평균 0.342 log CFU/ml(ND ~ 2.164 log CFU/ml)이었다. 대학교 행정실 물통에서 28개의 시료 중 9개(32%)의 시료에서 나타났으며 평균 0.498 log CFU/ml(ND ~ 2.477 log CFU/ml)이었다(표 4, 그림 5, 6 참조).



〈그림 5〉 종합병원 병실 가습기 채취위치별 곰팡이 농도.



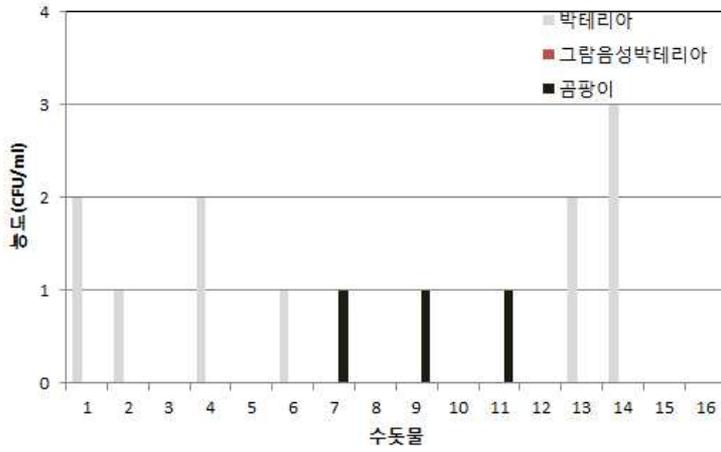
〈그림 6〉 대학교 행정실 가습기 채취위치별 곰팡이 농도.

## 제 2 절 가습기에 사용하는 물(원수)의 미생물 농도

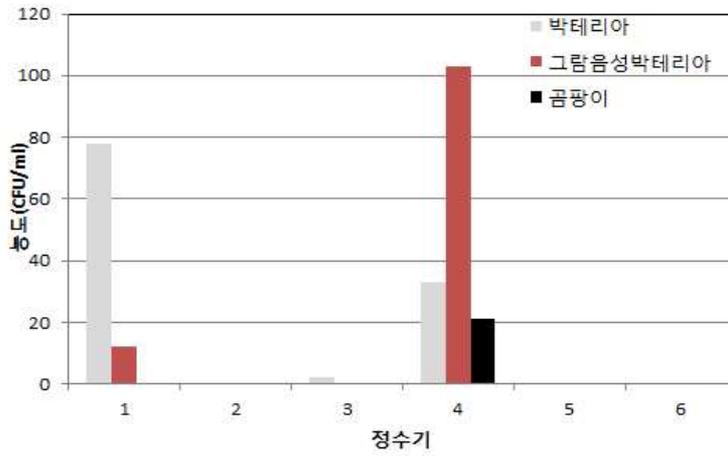
가습기에 사용하는 물(원수) 중 수돗물 16개를 채취하여 분석한 결과 박테리아는 6개(38%)의 시료에서 나타났으며 농도범위는 불검출에서 최대 3 CFU/ml이었다. 원수에서의 박테리아 농도는 우리나라 먹는 물 수질기준 및 지하수 수질기준과 비교하면 낮은 수준으로 나타났다. 특히 그람음성박테리아는 16개의 시료 모두 나타나지 않았다. 곰팡이는 3개(19%)의 시료에서 나타났으며 최대 농도가 1 CFU/ml로 낮게 나타났다(표 5, 그림 7 참조).

가습기에 사용하는 물(원수) 중 정수기 물 6개를 채취하여 분석한 결과, 박테리아는 2개(33%)의 시료에서 나타났으며 최대 농도가 78 CFU/ml이었다. 한편 정수기의 물에서는 2개(33%)의 시료에서 그람음성박테리아도 나타났으며 최대 농도는 103 CFU/ml이었다. 곰팡이는 1개(17%)의 시료에서 나타났으며 최대 농도는 21 CFU/ml이었다(표 5, 그림 8 참조).

이와 같은 결과로 볼 때, 가습기에 사용하는 물로 수돗물을 사용할 때는 큰 문제가 없는 것으로 판단된다. 그러나 정수기의 물을 사용할 때에는 오히려 미생물의 오염정도가 더욱 심한 경우가 있으므로 주의가 필요한 것으로 나타났다. 특히 정수기의 물에서는 인체에 유해한 그람음성박테리아가 오염되어 있거나 수돗물에서는 발견되지 않았던 곰팡이가 검출되어 더욱 주의가 필요한 것으로 나타났다. 본 연구결과에 의하면 가습기의 원수로는 수돗물을 사용하는 것이 더욱 안전하다고 할 수 있겠다.



〈그림 7〉 가습기 사용하는 물(원수) 중 수돗물의 미생물 농도.



〈그림 8〉 가습기 사용하는 물(원수) 중 정수기 물의 미생물 농도.

[표 5] 가슴기에 사용한 물(원수)에 따른 미생물 농도

원수	시료수 (n)	박테리아		그람음성박테리아		곰팡이	
		평균 (CFU/ml)	표준편차 (CFU/ml)	평균 (CFU/ml)	표준편차 (CFU/ml)	평균 (CFU/ml)	표준편차 (CFU/ml)
수돗물	16	0.688	0.982	0	0	0.186	0.390
정수기물	6	18.333	29.008	19.167	37.75	3.5	7.826

### 제 3 절 가습기 종류 및 사용습관에 따른 미생물 농도 비교

가습기 종류 및 사용자의 사용습관에 따라 미생물 오염 정도가 달라질 것으로 판단된다. 따라서 수중 미생물 농도와 가습기 종류, 사용한 물(원수), 최근 물 공급시간, 가습기 내부 세척 방법, 가습기 작동시간, 가습기 물 교환주기의 관계를 분석하였다.

#### 1. 가습기 종류별 미생물 농도 비교

종합병원 병실 및 대학교 행정실에서 사용하는 가습기를 복합식가습기, 초음파가습기, 가열식가습기로 구분하여 미생물 농도를 비교하였다(표 6).

박테리아 평균 농도는 복합식가습기에서 2.186 log CFU/ml로 3 종류의 가습기 중 가장 높게 나타났으며, 다음은 초음파가습기로 평균농도가 1.834 log CFU/ml였다. 가열식가습기는 평균 농도가 1.513 log CFU/ml로 가장 낮은 것으로 나타났다. 그러나 가습기의 유형별로 박테리아 농도는 통계적으로 유의 하지 않았다( $p = 0.674$ ). 아마도 그 이유는 가습기의 종류보다는 가습기의 관리상태나 원수 등의 다른 요인들이 미치는 영향이 복합적으로 작용했기 때문일 것으로 추정된다. 만약 같은 조건, 즉 같은 관리방법 및 같은 원수를 사용한 경우라면 가습기의 종류별로 미생물 농도가 좀 더 확실하게 차이를 보였을 것이다. 이점은 향후 후속 연구를 통하여 밝혀져야 할 것으로 판단된다.

그람음성박테리아 평균 농도도 초음파가습기에서 평균농도가 0.668 log CFU/ml로 3 종류의 가습기 중 가장 높게 나타났으며, 다음으로 가열식가습기의 평균농도가 0.612 log CFU/ml로 나타났다. 복합식가습기의 평균 농도는 0.075 log CFU/ml로 나타났다. 그람음성박테리아 농도도 가습기 종류별로 통계적인 유의성은 나타나지 않았다( $p = 0.264$ ).

곰팡이의 경우에도 초음파가습기에서 평균농도가 0.529 log CFU/ml로 3종류의 가습기 중 가장 높게 나타났다. 다음으로 가열식가습기는 평균농도가 0.280 log CFU/ml로 나타났다. 복합식가습기의 평균 농도는 0.087 log CFU/ml로 3 종류의 가습기 중 가장 낮게 나타났다.

곰팡이 농도 또한 박테리아 농도 및 그람음성박테리아의 농도와 마찬가지로 가습기별로 통계적인 유의성은 나타나지 않았다( $p = 0.283$ ).

[표 6] 가습기 종류에 따른 수중 미생물 농도 비교

수중 미생물	가습기 종류	시료수 (n)	평균 (log CFU/ml)	표준편차 (log CFU/ml)	p-값 ( $\alpha=0.05$ )
박테리아	복합식가습기	8	2.186	1.942	0.674
	초음파가습식	79	1.834	1.361	
	가열식가습기	6	1.513	0.957	
그람음성박테리아	복합식가습기	8	0.075	0.130	0.264
	초음파가습식	79	0.668	1.004	
	가열식가습기	6	0.612	0.952	
곰팡이	복합식가습기	8	0.087	0.231	0.283
	초음파가습식	79	0.529	0.847	
	가열식가습기	6	0.280	0.420	

## 2. 가습기 내 사용하는 물(원수)에 따른 미생물 농도 비교

가습기에 사용하는 물(원수)을 수돗물과 정수기 물로 나누어 미생물 농도를 비교한 결과는 표 7과 같다.

박테리아 평균 농도는 정수기 물에서 2.07 log CFU/ml로 수돗물 평균 농도인 1.765 log CFU/ml보다 높게 나타났다. 정수기 물에서 미생물 농도가 높게 나타나 박테리아 평균 농도가 수돗물보다 높게 나타났지만(표 5) 통계적으로는 유의하지 않았다( $p = 0.366$ ).

그람음성박테리아 또한 평균 농도는 정수기 물에서 0.742 log CFU/ml로 수돗물 평균 농도 0.569 log CFU/ml보다 높게 나타났다. 그람음성박테리아 농도는 통계적으로 유의하지 않았다( $p = 0.456$ ).

곰팡이 평균 농도는 박테리아 농도 및 그람음성박테리아 농도와 반대로 수돗물에서 0.507 log CFU/ml로 정수기 물 평균 농도 0.381 log CFU/ml보다 높게 나타났다. 곰팡이 농도는 통계적으로 유의하지 않았다( $p = 0.514$ ).

[표 7] 사용한 물(원수)에 따른 수중 미생물 농도 비교

수중 미생물	사용한 물(원수)	시료수 (n)	평균 (log CFU/ml)	표준편차 (log CFU/ml)	p-값 ( $\alpha=0.05$ )
박테리아	수돗물	69	1.765	1.284	0.366
	정수기 물	24	2.07	1.701	
그람음성박테리아	수돗물	69	0.569	0.872	0.456
	정수기 물	24	0.742	1.195	
곰팡이	수돗물	69	0.507	0.797	0.514
	정수기 물	24	0.381	0.801	

### 3. 최근 물 공급시간에 따른 미생물 농도 비교

가습기에 물을 공급한 시간에 따라 당일, 1일전, 1일초과로 구분하여 미생물 농도를 비교한 결과는 표 8과 같다.

가습기에 물을 주입한 지 1일을 초과한 경우, 박테리아 평균 농도는 2.939 log CFU/ml로 당일 및 1일 전에 비해 가장 높게 나타났으며, 다음으로 1일 전에 물을 공급한 경우로, 평균농도가 1.645 log CFU/ml로 나타났다. 당일 물 공급을 한 평균 농도는 1.573 log CFU/ml로 나타났다. 박테리아 농도는 물을 언제 공급했는가에 따라, 즉 물을 주입한 후 경과한 시간에 따라 통계적으로 유의하였다( $p = 0.002$ ).

곰팡이 평균 농도도 가습기에 물을 주입한 지 1일을 초과한 경우에 평균농도가 0.780 log CFU/ml로 당일 및 1일 전에 물을 공급한 때의 평균농도인 0.580 log CFU/ml보다 높게 나타났다. 당일 물 공급을 한 경우에는 평균 농도가 0.160 log CFU/ml로 나타났다. 곰팡이 농도 또한 박테리아 농도와 같이 가습기에 물을 공급한 이후 경과한 시간에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p = 0.02$ ).

그람음성박테리아 평균 농도는 박테리아 및 곰팡이처럼 가습기에 물을 공급한 지 1일이 초과한 경우에 평균농도가 1.020 log CFU/ml로 가장 높게 나타났다. 그러나 박테리아 및 곰팡이와는 다르게 당일 물을 공급하였을 때의 평균 농도가 0.571 log CFU/ml로 물을 공급한지 1일이 지난 때의 평균 농도인 0.500 log CFU/ml보다 약간 높게 나타났다. 따라서 그람음성박테리아 농도는 가습기에 물을 주입한 이후 경과한 시간에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p = 0.178$ ).

[표 8] 최근 물 공급시간에 따른 수중 미생물 농도 비교

수중 미생물	최근 물 공급시간	시료수 (n)	평균 (log CFU/ml)	표준편차 (log CFU/ml)	p-값 ( $\alpha=0.05$ )
박테리아	당일	31	1.573	1.302	0.002
	1일전	46	1.645	1.298	
	>1일전	16	2.939	1.373	
그람음성박테리아	당일	31	0.571	0.946	0.178
	1일전	46	0.500	0.855	
	>1일전	16	1.020	1.199	
곰팡이	당일	31	0.160	0.390	0.02
	1일전	46	0.580	0.899	
	>1일전	16	0.780	0.896	

#### 4. 내부 세척 방법에 따른 미생물 농도 비교

가습기 내부를 세척하는 방법으로는 대부분 물만 사용하여 행구거나, 물로 충분히 세척하거나, 세척제를 사용하여 세척하고 있었다. 따라서 물만 사용하는 보통세척, 물만 사용하는 충분세척, 그리고 세척제 사용 세척으로 나누어 미생물 농도를 비교해 본 결과는 표 9와 같다.

박테리아 평균 농도는 세척제를 사용하여 세척을 하였을 때 3.291 log CFU/ml로 물만 사용(보통) 할 때나 물로 충분히 세척 하였을 때에 비해 높게 나타났다. 다음으로 물로 충분히 세척을 하였을 때는 평균농도가 2.385 log CFU/ml로 나타났다. 물만 사용하여 세척을 하였을 때의 평균 농도는 1.666 log CFU/ml로 나타났다. 박테리아 농도는 내부세척 방법에 따라 통계적으로 유의하였다( $p = 0.022$ ).

곰팡이 평균 농도도 세척제를 사용하여 세척을 하였을 때 1.459 log CFU/ml로 물만 사용 할 때나 물로 충분히 세척을 하였을 때보다 높게 나타났다. 다음으로 물만 사용하여 세척을 할 때 0.475 log CFU/ml 의 평균 농도로 나타났다. 물로 충분히 세척을 하였을 때 평균 농도는 0.192 log CFU/ml로 나타났다. 곰팡이 농도 또한 박테리아 농도와 같이 내부 세척방법에 따라 통계적으로 유의하였다( $p = 0.02$ ).

그러나 그람음성박테리아 평균 농도는 박테리아 농도 와 곰팡이 농도에서처럼 세척제를 사용하여 세척을 하였을 때 1.384 log CFU/ml 으로 높게 나타났으며, 물만 사용하여 세척을 하였을 때 평균 농도 0.603 log CFU/ml로 나타났다. 물로 충분히 세척을 하였을 때 평균 농도는 0.451 log CFU/ml로 나타났다. 그람음성박테리아 농도는 통계적으로 유의 하지 않았다( $p = 0.238$ ).

[표 9] 내부 세척방법에 따른 수증 미생물 농도 비교

수증 미생물	내부 세척방법	시료수 (n)	평균 (log CFU/ml)	표준편차 (log CFU/ml)	p-값 ( $\alpha=0.05$ )
박테리아	물만 사용	75	1.666	1.397	0.022
	물로 충분히 세척	14	2.385	1.218	
	세척제 사용	4	3.291	0.63	
그람음성박테리아	물만 사용	75	0.603	0.982	0.238
	물로 충분히 세척	14	0.451	0.737	
	세척제 사용	4	1.384	1.127	
곰팡이	물만 사용	75	0.475	0.785	0.02
	물로 충분히 세척	14	0.192	0.471	
	세척제 사용	4	1.459	1.179	

## 5. 가습기 작동 시간에 따른 미생물 농도 비교

가습기 작동 시간에 따라 <5시간, 5시간 - 10시간, >10시간으로 파악하여 농도를 비교하였다(표 10. 참조).

박테리아 평균 농도는 <5시간 가습기를 사용 하였을 때 2.445 log CFU/ml로 5시간 - 10시간 및 >10시간 가습기를 사용 할 때에 비해 높게 나타났으며, 다음으로 >10시간 가습기를 사용 하였을 때 2.05 log CFU/ml 의 평균 농도로 나타났다. 5시간 - 10시간 가습기를 사용 하였을 때 평균 농도는 1.048 log CFU/ml로 나타났다. 박테리아 농도는 가습기 작동시간에 따라 통계적으로 유의 하였다( $p = 0.042$ ).

그람음성박테리아 평균 농도는 5시간 - 10시간 가습기를 사용 하였을 때 0.689 log CFU/ml로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 >10시간 가습기를 사용 하였을 때 0.587 log CFU/ml 의 평균 농도로 나타났다. <5시간 가습기를 사용 하였을 때 평균 농도는 0.468 log CFU/ml로 나타났다. 그람음성박테리아 농도는 통계적으로 유의 하지가 않았다( $p = 0.792$ ).

곰팡이 평균 농도는 5시간 - 10시간 가습기를 사용 하였을 때 0.599 log CFU/ml로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 <5시간 가습기를 사용 하였을 때 0.392 log CFU/ml로 나타났다. >10시간 가습기를 사용 하였을 때 평균 농도는 0.364 log CFU/ml로 가장 낮은 평균 농도로 나타났다. 곰팡이 농도 또한 그람음성박테리아의 농도와 마찬가지로 통계적으로 유의 하지가 않았다( $p = 0.499$ ).

[표 10] 가습기 작동시간에 따른 수중 미생물 농도 비교

수중 미생물	가습기 작동시간	시료수 (n)	평균 (log CFU/ml)	표준편차 (log CFU/ml)	p-값 ( $\alpha=0.05$ )
박테리아	<5시간	10	2.445	1.347	0.042
	5시간 - 10시간	36	1.048	1.054	
	>10시간	47	2.05	1.55	
그람음성박테리아	<5시간	10	0.468	0.566	0.792
	5시간 - 10시간	36	0.689	0.973	
	>10시간	47	0.587	1.032	
곰팡이	<5시간	10	0.392	0.499	0.499
	5시간 - 10시간	36	0.599	0.787	
	>10시간	47	0.364	0.853	

[표 11] 물 교환주기에 따른 수중 미생물 농도 비교

수중 미생물	물 교환주기	시료수 (n)	평균 (log CFU/ml)	표준편차 (log CFU/ml)	p-값 ( $\alpha=0.05$ )
박테리아	1일	67	1.521	1.214	0.0014
	2일	20	2.674	1.608	
	>2일	6	2.678	1.162	
그람음성박테리아	1일	67	0.553	0.905	0.633
	2일	20	0.781	1.222	
	>2일	6	0.730	0.593	
곰팡이	1일	67	0.447	0.834	0.816
	2일	20	0.512	0.861	
	>2일	6	0.654	0.495	

## 6. 가습기 물 교환주기에 따른 미생물 농도 비교

가습기 물 교환주기에 따라 1일 주기, 2일 주기, >2일 주기로 파악하여 농도를 비교하였다(표 11. 참조).

박테리아 평균 농도는 >2일 주기로 가습기 물을 교환 하였을 때 2.678 log CFU/ml로 1일 주기 및 2일 주기로 가습기 물을 교환 하였을 때에 비해 높게 나타났으며, 다음으로 2일 주기로 가습기 물을 교환 하였을 때 2.674 log CFU/ml 의 평균 농도로 나타났다. 1일 주기로 가습기 물을 교환 하였을 때 평균 농도는 1.521 log CFU/ml로 나타났다. 박테리아 농도는 가습기 물 교환주기에 따라 통계적으로 유의 하였다( $p = 0.0014$ ).

그람음성박테리아 평균 농도는 2일 주기로 가습기 물을 교환 하였을 때 0.781 log CFU/ml로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 >2일 주기로 물을 교체 하였을 때 0.730 log CFU/ml 의 평균 농도로 나타났다. 1일 주기로 물을 교체 하였을 때 평균 농도는 0.553 log CFU/ml로 나타났다. 그람음성박테리아 농도는 통계적으로 유의 하지가 않았다( $p = 0.633$ ).

곰팡이 평균 농도는 >2일 주기로 가습기 물을 교체 하였을 때 0.654 log CFU/ml로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 2일 주기로 물을 교체 하였을 때 평균 농도는 0.512 log CFU/ml로 나타났다. 1일 주기로 물을 교체 하였을 때 평균 농도 0.447 log CFU/ml로 가장 낮은 평균 농도로 나타났다. 곰팡이 농도 또한 그람음성박테리아의 농도와 마찬가지로 통계적으로 유의 하지가 않았다( $p = 0.816$ ).

## 제 4 절 수중 미생물 농도간의 상관관계

수중 미생물 농도를 대수로 변환하여 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석하였다.

### 1. 장소별 가습기 내 수중 미생물 농도간의 상관관계

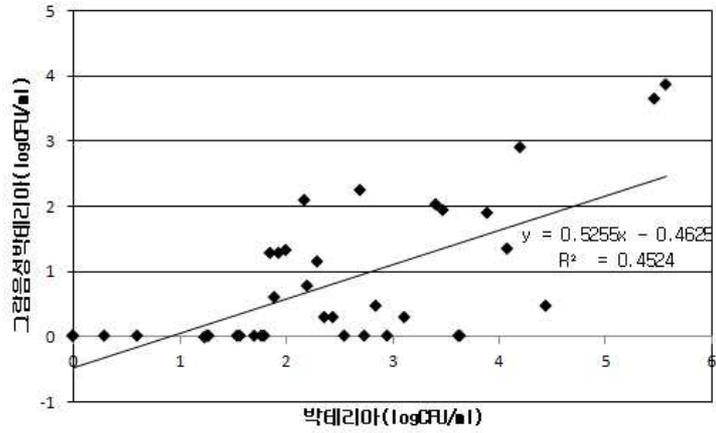
병실에서 사용하는 가습기 내 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석한 결과는 [표 12]와 같이 나타났다. 박테리아와 그람음성박테리아( $r=0.673$ ), 박테리아와 곰팡이( $r=0.502$ ), 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.726$ ) 농도가 상관관계를 가지는 것으로 보였다. 그람음성박테리아와 곰팡이의 상관관계가 가장 크게 나타났다.

각각의 관계식은 다음과 같다.

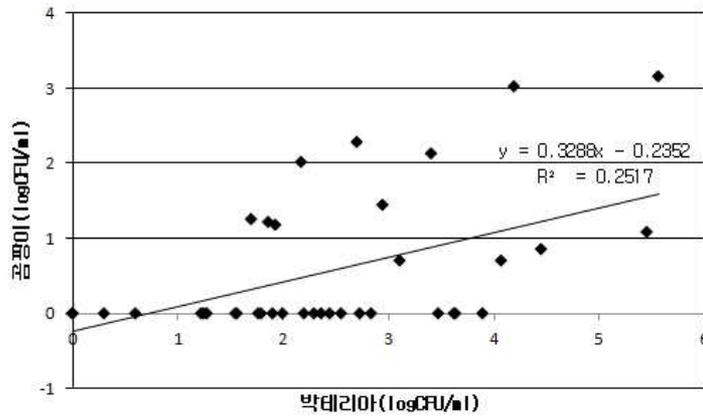
$\text{Log}(\text{병실 가습기에서의 그람음성박테리아 농도 CFU/ml}) = 0.53 \times \log(\text{병실 가습기에서의 박테리아 농도 CFU/ml}) - 0.46$  ( $n=38, p<0.0001, R^2=0.4524$ )

$\text{Log}(\text{병실 가습기에서의 곰팡이 농도 CFU/ml}) = 0.33 \times \log(\text{병실 가습기에서의 박테리아 농도 CFU/ml}) - 0.24$  ( $n=38, p=0.001, R^2=0.252$ )

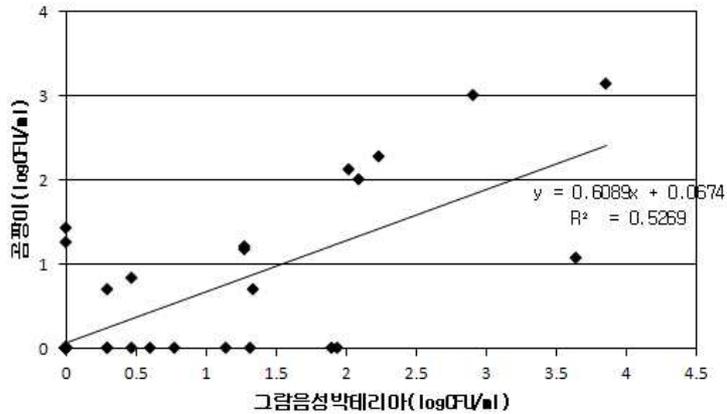
$\text{Log}(\text{병실 가습기에서의 곰팡이 농도 CFU/ml}) = 0.61 \times \log(\text{병실 가습기에서의 그람음성박테리아 농도 CFU/ml}) + 0.07$  ( $n=38, p<0.0001, R^2=0.527$ )



〈그림 9〉 병실 가습기 내 박테리아와 그람음성박테리아 농도의 상관관계.



〈그림 10〉 병실 가습기 내 박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계.



〈그림 11〉 병실 가습기 내 그람음성박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계.

박테리아 농도가 증가하면 그람음성박테리아 농도도 유의하게 증가(그림 9 참조)하며, 박테리아 농도가 증가하면 곰팡이 농도도 유의하게 증가(그림 10 참조), 그람음성박테리아 농도가 증가하면 곰팡이 농도도 유의하게 증가(그림 11 참조)하는 것으로 나타났다. 박테리아 농도가 그람음성박테리아 농도 변화를 약 45%, 박테리아 농도가 그람음성박테리아 농도 변화를 약 25%, 그람음성박테리아 농도가 곰팡이 농도 변화를 약 52% 정도로 나타낼 수 있다.

행정실에서 사용하는 가습기에서 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석한 결과는 [표 13]와 같이 나타났다. 박테리아와 그람음성박테리아, 박테리아와 곰팡이, 그람음성박테리아와 곰팡이 농도는 상관관계가 매우 약하게 나타났다 (n=55).

[표 12] 병실 가습기에서의 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스

	박테리아	그람음성박테리아	곰팡이
박테리아	1		
그람음성박테리아	0.673*	1	
곰팡이	0.502*	0.726*	1

\* : 1% 유의수준에서 유의함

[표 13] 행정실 가습기에서의 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스

	박테리아	그람음성박테리아	곰팡이
박테리아	1		
그람음성박테리아	0.176	1	
곰팡이	0.038	0.211	1

\* : 1% 유의수준에서 유의함

## 2. 병실 초음파가습기에서의 수중 미생물 농도간의 상관관계

병실에서 사용하는 가습기 내에서 박테리아와 그람음성박테리아, 박테리아와 곰팡이, 그람음성박테리아와 곰팡이 농도가 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 병실에서 사용하는 초음파가습기에서의 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석 하였다.

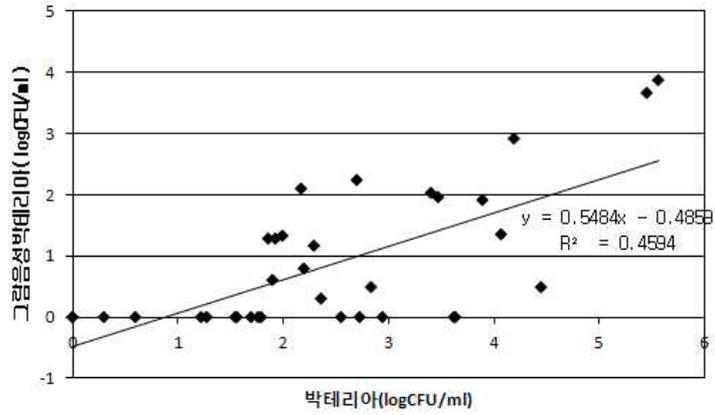
병실에서 사용하는 초음파가습기 내 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석한 결과는 [표 14]와 같이 나타났다. 박테리아와 그람음성박테리아( $r=0.678$ ), 박테리아와 곰팡이( $r=0.491$ ), 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.721$ ) 농도가 상관관계를 가지는 것으로 보였으며, 그람음성박테리아와 곰팡이의 상관관계가 가장 크게 나타났다.

각각의 관계식은 다음과 같다.

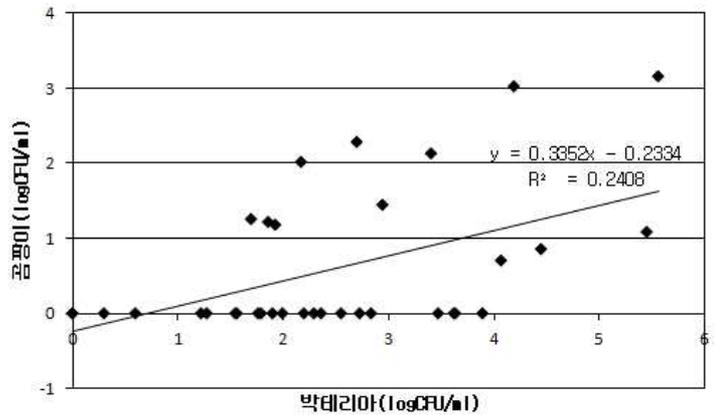
$$\text{Log(병실 초음파가습기에서의 그람음성박테리아 농도 CFU/ml)} = 0.55 \times \log(\text{병실 초음파가습기에서의 박테리아 농도 CFU/ml}) - 0.49 \quad (n=34, p<0.0001, R^2=0.459)$$

$$\text{Log(병실 초음파가습기에서의 곰팡이 농도 CFU/ml)} = 0.34 \times \log(\text{병실 초음파가습기에서의 박테리아 농도 CFU/ml}) - 0.23 \quad (n=34, p=0.003, R^2=0.241)$$

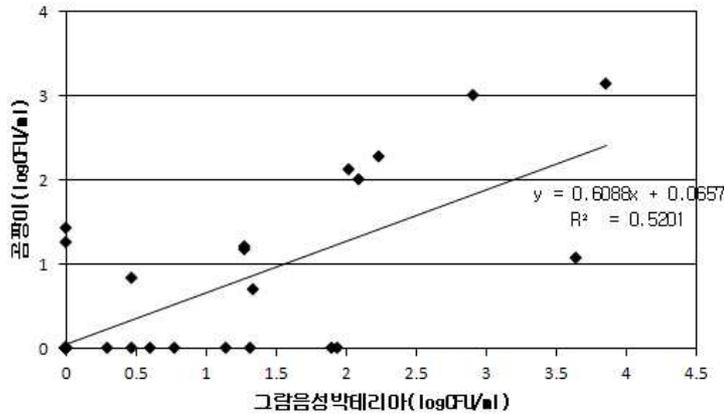
$$\text{Log(병실 초음파가습기에서의 곰팡이 농도 CFU/ml)} = 0.61 \times \log(\text{병실 초음파가습기에서의 그람음성박테리아 농도 CFU/ml}) + 0.07 \quad (n=34, p<0.0001, R^2=0.520)$$



<그림 12> 병실 초음파가습기 내 박테리아와 그람음성박테리아 농도의 상관관계.



<그림 13> 병실 초음파가습기 내 박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계.



〈그림 14〉 병실 초음파가습기 내 그람음성박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계.

박테리아 농도가 증가하면 그람음성박테리아 농도도 유의하게 증가(그림 12 참조)하며, 박테리아 농도가 증가하면 곰팡이 농도도 유의하게 증가(그림 13 참조), 그람음성박테리아 농도가 증가하면 곰팡이 농도도 유의하게 증가(그림 14 참조)하는 것으로 나타났다. 박테리아 농도가 그람음성박테리아 농도 변화를 약 46%, 박테리아 농도가 그람음성박테리아 농도 변화를 약 24%, 그람음성박테리아 농도가 곰팡이 농도 변화를 약 52% 정도로 나타낼 수 있다.

[표 14] 병실 초음파가습기에서의 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스

	박테리아	그람음성박테리아	곰팡이
박테리아	1		
그람음성박테리아	0.678 <sup>*</sup>	1	
곰팡이	0.491 <sup>*</sup>	0.721 <sup>*</sup>	1

\* : 1% 유의수준에서 유의함

### 3. 가습기 원수(수돗물)에서의 수중 미생물 농도간의 상관관계

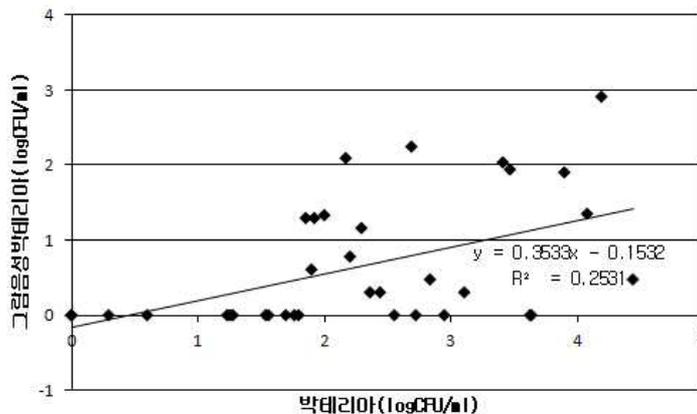
병실 가습기에 사용하는 물(원수) 중 수돗물에서의 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석하였다.

병실 가습기에 사용하는 물(원수) 중 수돗물에서 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석한 결과는 [표 15]와 같이 나타났다. 박테리아와 그람음성박테리아( $r=0.503$ ), 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.684$ ) 농도가 상관관계를 가지는 것으로 나타났다.

각각의 관계식은 다음과 같다.

$$\text{Log(원수 중 수돗물에서의 그람음성박테리아 농도 CFU/ml)} = 0.35 \times \log(\text{원수 중 수돗물에서의 박테리아 농도 CFU/ml}) - 0.15 \quad (n=36, p=0.002, R^2=0.253)$$

$$\text{Log(원수 중 수돗물에서의 곰팡이 농도 CFU/ml)} = 0.66 \times \log(\text{원수 중 수돗물에서의 그람음성박테리아 농도 CFU/ml}) + 0.05 \quad (n=36, p<0.0001, R^2=0.467)$$



〈그림 15〉 병실 가습기 원수에 따른 박테리아와 그람음성박테리아 농도의 상관관계.



#### 4. 가습기 내부세척방법에 따른 수중 미생물 농도간의 상관관계

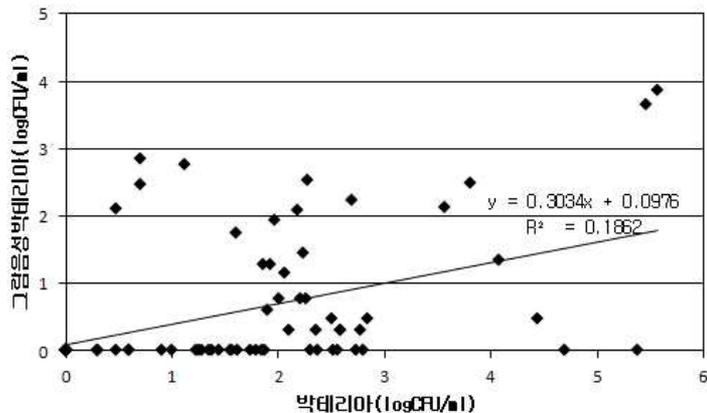
가습기 내부세척방법 중 물만 사용하여 세척한 경우 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석 하였다

가습기 내부세척방법 중 물만 사용하여 세척을 한 경우 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석한 결과는 [표 16]와 같이 나타났다. 박테리아와 그람음성 박테리아( $r=0.432$ ), 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.467$ ) 농도가 상관관계를 가지는 것으로 나타났다.

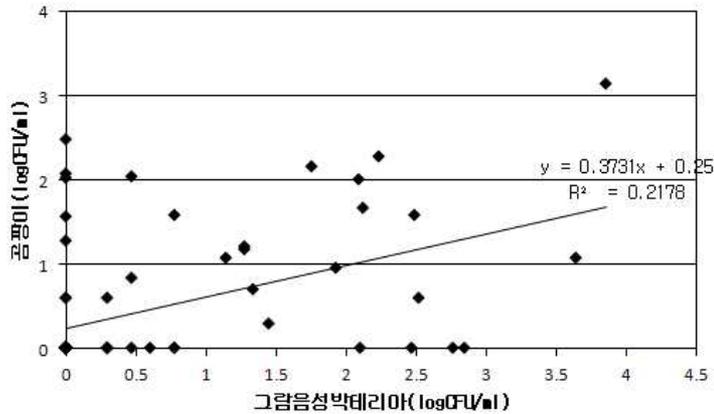
각각의 관계식은 다음과 같다.

$\text{Log(세척방법에 따른 그람음성박테리아 농도 CFU/ml)} = 0.30 \times \text{log(세척 방법에 따른 박테리아 농도 CFU/ml)} + 0.09$  ( $n=75, p<0.0001, R^2=0.186$ )

$\text{Log(세척방법에 따른 곰팡이 농도 CFU/ml)} = 0.37 \times \text{log(세척 방법에 따른 그람음성박테리아 농도 CFU/ml)} + 0.25$  ( $n=75, p<0.0001, R^2=0.218$ )



〈그림 17〉 가습기 세척방법에 따른 박테리아와 그람음성박테리아 농도의 상관관계.



〈그림 18〉 가습기 세척방법에 따른 그람음성박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계.

박테리아 농도가 증가하면 그람음성박테리아 농도도 유의하게 증가(그림 16 참조)하며, 그람음성박테리아 농도가 증가하면 곰팡이 농도도 유의하게 증가(그림 17 참조)하는 것으로 나타났다. 박테리아 농도가 그람음성박테리아 농도 변화를 약 19%, 그람음성박테리아 농도가 곰팡이 농도 변화를 약 22% 정도로 나타낼 수 있다.

[표 16] 가습기 내부 세척방법에 따른 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스

	박테리아	그람음성박테리아	곰팡이
박테리아	1		
그람음성박테리아	0.432*	1	
곰팡이	0.263	0.467*	1

\* : 1% 유의수준에서 유의함

## 5. 가습기 최근 물 공급시간에 따른 수중 미생물 농도간의 상관관계

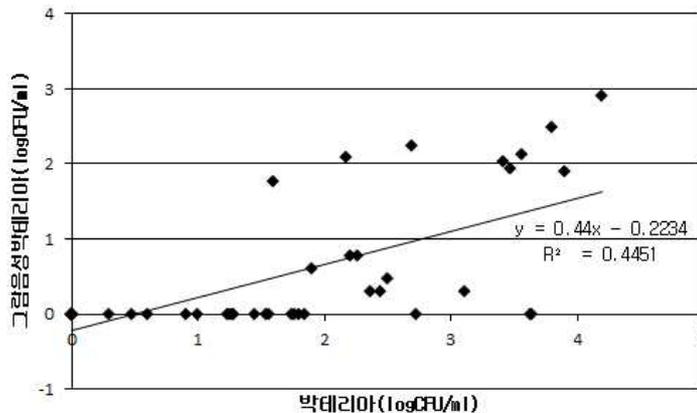
가습기에 사용한물을 하루 전에 공급하여 사용한 경우 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석 하였다

가습기 최근 물 공급시간 중 하루 전에 공급하여 사용한 경우 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석한 결과는 [표 17]와 같이 나타났다. 박테리아와 그람음성박테리아( $r=0.667$ ), 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.641$ ) 농도가 상관관계를 가지는 것으로 나타났다.

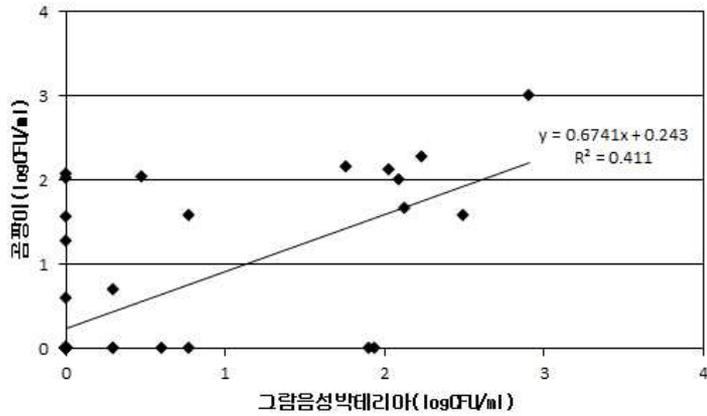
각각의 관계식은 다음과 같다.

$\text{Log(물 공급시간에 따른 그람음성박테리아 농도 CFU/ml)} = 0.44 \times \text{log(물 공급시간에 따른 박테리아 농도 CFU/ml)} - 0.22$  ( $n=46$ ,  $p<0.0001$ ,  $R^2=0.445$ )

$\text{Log(물 공급시간에 따른 곰팡이 농도 CFU/ml)} = 0.67 \times \text{log(물 공급시간에 따른 그람음성박테리아 농도 CFU/ml)} + 0.23$  ( $n=46$ ,  $p<0.0001$ ,  $R^2=0.411$ )



〈그림 19〉 가습기 최근 물 공급시간에 따른 박테리아와 그람음성박테리아 농도의 상관관계.



〈그림 20〉 가습기 최근 물 공급시간에 따른 그람음성박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계.

박테리아 농도가 증가하면 그람음성박테리아 농도도 유의하게 증가(그림 18 참조)하며, 그람음성박테리아 농도가 증가하면 곰팡이 농도도 유의하게 증가(그림 17 참조)하는 것으로 나타났다. 박테리아 농도가 그람음성박테리아 농도 변화를 약 45%, 그람음성박테리아 농도가 곰팡이 농도 변화를 약 41% 정도로 나타낼 수 있다.

[표 17] 최근 물 공급시간에 따른 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스

	박테리아	그람음성박테리아	곰팡이
박테리아	1		
그람음성박테리아	0.667*	1	
곰팡이	0.284	0.641*	1

\* : 1% 유의수준에서 유의함

## 6. 가습기 물 교환주기에 따른 수중 미생물 농도간의 상관관계

가습기에 사용한 물을 하루 마다 교환 하여 사용한 경우 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석 하였다.

가습기에 사용한 물을 하루 마다 교환 하여 사용할 때 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석한 결과는 [표 18]와 같이 나타났다. 박테리아와 그람음성 박테리아( $r=0.430$ ), 박테리아와 곰팡이( $r=0.328$ ), 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.400$ ) 농도가 상관관계를 가지는 것으로 보였으며, 박테리아와 그람음성 박테리아 농도의 상관관계가 가장 크게 나타났다.

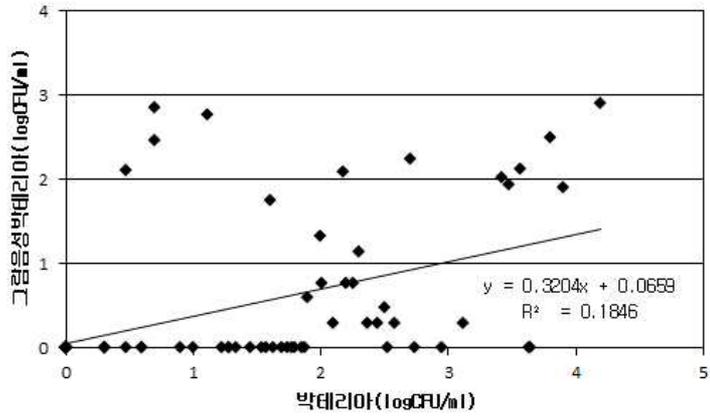
각각의 관계식은 다음과 같다.

$\text{Log(물 교환주기에 따른 그람음성박테리아 농도 CFU/ml)} = 0.32 \times \text{log(물 교환주기에 따른 박테리아 농도 CFU/ml)} + 0.07$  ( $n=67$ ,  $p<0.0001$ ,  $R^2=0.185$ )

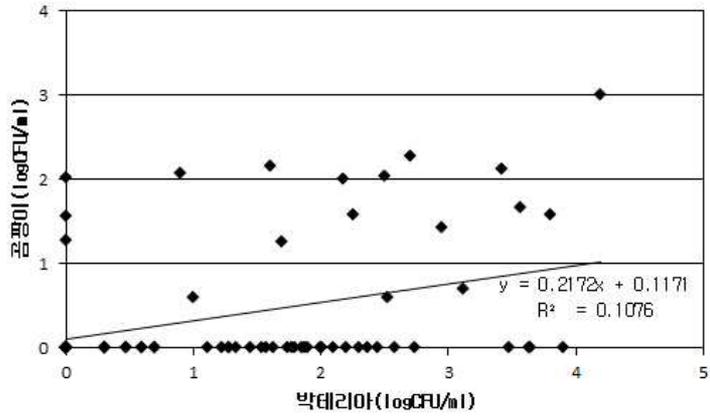
$\text{Log(물 교환주기에 따른 곰팡이 농도 CFU/ml)} = 0.23 \times \text{log(물 교환주기에 따른 박테리아 농도 CFU/ml)} + 0.12$  ( $n=67$ ,  $p=0.007$ ,  $R^2=0.108$ )

$\text{Log(물 교환주기에 따른 곰팡이 농도 CFU/ml)} = 0.36 \times \text{log(물 교환주기에 따른 그람음성박테리아 농도 CFU/ml)} + 0.25$  ( $n=67$ ,  $p=0.001$ ,  $R^2=0.160$ )

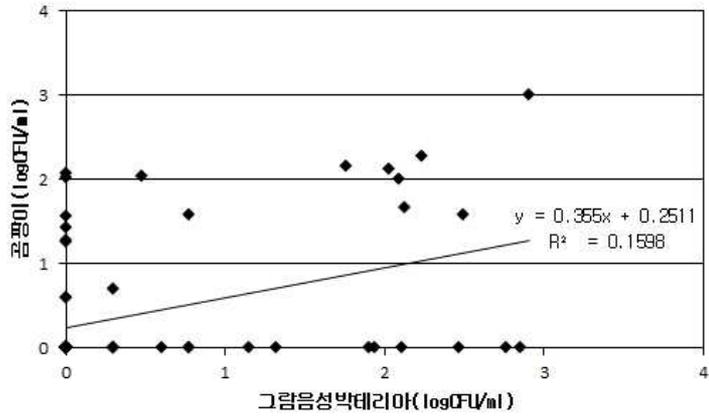
박테리아 농도가 증가하면 그람음성박테리아 농도도 유의하게 증가(그림 20 참조)하며, 박테리아 농도가 증가하면 곰팡이 농도도 유의하게 증가(그림 21 참조), 그람음성박테리아 농도가 증가하면 곰팡이 농도도 유의하게 증가(그림 14 참조)하는 것으로 나타났다. 박테리아 농도가 그람음성박테리아 농도 변화를 약 18%, 박테리아 농도가 그람음성박테리아 농도 변화를 약 11%, 그람음성박테리아 농도가 곰팡이 농도 변화를 약 16% 정도로 나타낼 수 있다.



<그림 21> 가슴기 물 교환주기에 따른 박테리아와 그람음성박테리아 농도의 상관관계.



<그림 22> 가슴기 물 교환주기에 따른 박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계.



〈그림 23〉 가습기 물 교환주기에 따른 그람음성박테리아와 곰팡이 농도의 상관관계.

[표 18] 가습기 물 교환주기에 따른 수중 미생물 농도간의 상관 매트릭스

	박테리아	그람음성박테리아	곰팡이
박테리아	1		
그람음성박테리아	0.430*	1	
곰팡이	0.328*	0.400*	1

\* : 1% 유의수준에서 유의함

## 제 4 장 결 론

종합병원 병실 및 대학교 행정실에서 사용하는 가습기내 물통, 진동자부분 및 가습기에 사용한 물(원수), 최근 물 공급시간, 내부 세척 방법, 가습기 작동 시간, 물 교환주기 등 사용 습관과 가습기 종류에 따른 미생물 농도를 조사하였으며, 이를 통해 향후 가습기 사용에 있어 기초 자료로 제공하고자 하는 목적으로 2013년 1월부터 2013년 5월까지 수행 하였다.

조사대상 가습기는 종합병원 병실에서 사용하고 있던 19대와 두 개의 대학교에서 행정 사무실에서 사용하고 있던 28대였다. 종합병원에서 사용하고 있던 가습기에 대해서는 물통 및 진동자부분에서 38개의 시료를 채취 하였고, 가습기에 사용한 물(원수)은 수돗물과 정수기 등 7곳이었다. 두 개의 대학교 행정 사무실에서 사용하던 28대의 가습기 내 물통 및 진동자부분에서 55개의 시료를 채취하였으며, 가습기에 사용한 물(원수)은 수돗물과 정수기 등에서 모두 15개의 시료를 채취하였다. 총 시료 수는 115개였다.

본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 가습기 내 93개의 물 시료를 채취하여 분석한 결과, 67개(72%)의 시료에서 박테리아가 나타났으며, 평균 농도는 1.844 log CFU/ml로 나타났다. 종합병원 병실에서 사용하는 가습기 진동자부분에서 평균 농도 2.483 log CFU/ml로 가장 높게 나타났으며 종합병원 병실 물통에서는 2.301 log CFU/ml, 대학교 행정실에서 사용하는 가습기 물통에서는 1.522 log CFU/ml, 진동자 부분에서는 1.405 log CFU/ml로 박테리아가 나타났다.

둘째, 가습기 내 93개의 물 시료를 채취하여 분석한 결과, 42개(45%)의 시료에서 그람음성박테리아가 나타났으며, 평균 농도는 0.613 log CFU/ml로 나타났다. 그람음성박테리아 농도는 종합병원 병실에서 사용하는 가습기 진동자부분에서 평균 농도 0.813 log CFU/ml로 가장 많이 나타났으며 종합병원

병실 물통에서 0.777 log CFU/ml, 대학교 행정실에서 사용하는 가습기 물통에서 0.540 log CFU/ml, 진동자 부분에서 0.434 log CFU/ml로 나타났다.

셋째, 가습기 내 93개의 물 시료를 채취하여 분석한 결과, 38개(41%)의 시료에서 곰팡이가 나타났으며, 평균 농도는 0.475 log CFU/ml로 나타났다. 종합병원 병실에서 사용하는 가습기 진동자부분에서 평균 농도는 0.555 log CFU/ml로 가장 높은 것으로 나타났으며 종합병원 병실 물통에서는 0.548 log CFU/ml, 대학교 행정실에서 사용하는 가습기 물통에서는 0.498 log CFU/ml, 진동자 부분에서 0.342 log CFU/ml로 나타났다.

넷째, 가습기에 사용한 물(원수) 중 수돗물 16개를 채취하여 분석한 결과, 박테리아는 6개(38%)의 시료, 곰팡이는 3개(19%)의 시료에서 나타났으며, 그람음성박테리아는 나타나지 않았다. 정수기 물 6개를 채취하여 분석한 결과 박테리아는 2개(33%)의 시료, 그람음성박테리아는 2개(33%)의 시료, 곰팡이는 1개(17%)의 시료에서 나타났다. 검출 수로 살펴보면 수돗물에서 검출이 더 많이 되었으나 미생물 농도는 정수기 물에서 더 높게 나타났으며, 특히 정수기 물에서는 인체에 유해한 그람음성박테리아가 나타났다.

다섯째, 가습기 종류 및 사용 습관에 따른 수중 박테리아 농도에 영향을 미치는 요인으로 가습기 종류( $p = 0.674$ ), 가습기에 사용한 물(원수)( $p = 0.366$ ), 최근 물 공급시간( $p = 0.002$ ), 내부 세척 방법( $p = 0.022$ ), 가습기 작동시간( $p = 0.042$ ), 물 교환주기( $p = 0.0014$ )로 분석되었다.

수중 그람음성박테리아 농도에 영향을 미치는 요인으로 가습기 종류( $p = 0.264$ ), 가습기에 사용한 물(원수)( $p = 0.456$ ), 최근 물 공급시간( $p = 0.178$ ), 내부 세척 방법( $p = 0.238$ ), 가습기 작동시간( $p = 0.792$ ), 물 교환주기( $p = 0.633$ ) 등인 것으로 나타났다.

수중 곰팡이 농도에 영향을 미치는 요인으로 가습기 종류( $p = 0.283$ ), 가습기에 사용한 물(원수)( $p = 0.514$ ), 최근 물 공급시간( $p = 0.02$ ), 내부 세척 방법( $p = 0.02$ ), 가습기 작동시간( $p = 0.499$ ), 물 교환주기( $p = 0.816$ ) 등 인

것으로 나타났다.

여섯째, 병실에서 사용하는 가습기 내 수중 미생물 농도간의 상관관계를 분석한 결과 박테리아와 그람음성박테리아( $r=0.673$ ,  $n=38$ ), 박테리아와 곰팡이( $r=0.502$ ,  $n=38$ ), 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.726$ ,  $n=38$ ) 농도 간에 상관을 나타냈다. 병실에서 사용하는 초음파가습기에서는 박테리아와 그람음성박테리아( $r=0.678$ ,  $n=34$ ), 박테리아와 곰팡이( $r=0.491$ ,  $n=34$ ), 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.721$ ,  $n=34$ ) 농도 간에 상관을 나타냈다.

병실 가습기내 수돗물을 사용하였을 때 수중 미생물 농도 간에 상관관계를 분석한 결과, 박테리아와 그람음성박테리아( $r=0.503$ ,  $n=36$ ), 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.684$ ,  $n=36$ ) 농도 간에 상관관계를 나타냈다. 가습기 내부세척방법에 따라서는 박테리아와 그람음성박테리아( $r=0.432$ ,  $n=75$ ), 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.467$ ,  $n=75$ ) 농도 간에 상관관계를 나타냈으며, 가습기 최근 물 공급시간에 따른 수중 미생물 농도 간에 상관관계는 박테리아와 그람음성박테리아( $r=0.667$ ,  $n=46$ ), 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.641$ ,  $n=46$ ) 농도 간에 상관관계를 나타냈다. 가습기 물 교환주기에 따른 수중 미생물 농도 간에 상관관계를 분석한 결과 박테리아와 그람음성박테리아( $r=0.430$ ,  $n=67$ ), 박테리아와 곰팡이( $r=0.328$ ,  $n=67$ ), 그람음성박테리아와 곰팡이( $r=0.400$ ,  $n=37$ ) 농도 간에 상관을 나타냈다.

본 연구결과 가습기 진동자 부분에서 미생물 농도가 높은 것으로 검출이 되었으며 가습기 세척 시 물통뿐만 아니라 진동자 부분도 세척을 하는 것이 중요하며 물 공급은 당일 공급하는 것이 미생물 농도를 줄이는 방법이다. 이번 연구는 가습기 내 Bulk 시료를 이용하여 정량 분석만 실시하였으며 향후 가습기 사용 시 공기 중 미생물의 농도와 함께 연구하는 것이 중요하다고 판단된다.

## 【참고문헌】

### 1. 국내문헌

- 김익현 외, 「가정용 가습기의 사용자 습관에 따른 실내공기 중 바이오에어로졸의 발생특성」, 『한국환경보건학회지』, 2012; 38(6): 503-509.
- 김현호, 「가습기 발생입자 크기별 미생물 농도분포에 관한 연구」, 한양대학교 공학대학원 석사 학위 논문, 2012.
- 박동욱, 「가습기 폐질환(Humidifier Lung)의 환경적 원인 인자 고찰」, 『한국환경보건학회지』, 2013; 39(2): 105-116.
- 박정균, 「초음파 가습기의 사용이 아파트의 겨울철 실내 상대습도 변화에 미치는 영향」, 『환경관리학회지』, 2007; 13(1): 25-34.
- 박주형, 「실내환경에서 생물학적 인자에 대한 노출평가」, 『한국환경보건학회지』, 2009; 35(4): 239-248.
- 장하나 외. 『가습기 살균제 피해자 구제 대책 특별위원회 구성결의안』, 2013.
- 정혜영, 「소득수준, 공급수 및 사용시간에 따른 중환자실 내 가습기 오염도」, 부산대학교 대학원 간호학석사 학위 논문, 2009.
- 조수현 외, 「Office Building에서 실내습도가 근무자의 건강에 미치는 영향」, 대한산업의학회지, 1990; 2(2): 123-133.
- 최혁 외, 「실내 환경에서 가습방식별 공기 중 세균 오염특성」, 『한국실내환경학회지』, 2007; 4(3): 177-183.
- 한국소비자보호원, 『가습기 내 유해미생물 안전실태 조사』, 한국소비자보호원, 2005.

## 2. 국외문헌

- Anderson K., Watt A., Sinclair, D., Lewis, C., McSharry, C., & Boyd G. Climate, Intermittent Humidification, and Humidifier Fever. *British Journal of Industrial Medicine*. 1989; 46: 671-674.
- Banaszak, E. F., Thiede, W. H., & Fink, J. N., Hypersensitivity Pneumonitis due to Contamination of an Air Conditioner. *New England Journal of Medicine*. 1970; 283: 271-276.
- Baur, X., Behr, J., Dewair, M., Ehret, W., Frufmann, G., & Vogelmeier, C., *et al.* Humidifier Lung and Humidifier Fever. *Lung*. 1988; 166: 113-124.
- Department of Health and Human Services(DHHS) and Center for Disease Control and Prevention. CDC. 2003.
- Park, Dong-Uk, Yeom, Jeong-Kwan, Lee, Won-Jae, & Lee, Kyeong-Min. Assessment of the Levels of Airborne Bacteria, Gram-Negative Bacteria, and Fungi in Hospital Lobbies. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2013; 10: 541-555.
- Fink J. N., Banaszak, E. F., Thiede, W. H., & Barboriak, J. J., Interstitial Pneumonitis due to Hypersensitivity to an Organism Contaminating a Heating System. *Annals of Internal Medicine*. 1971; 74: 80-83.
- Flaherty, D. K., Deck, F., Hood, M., Liebert, C., Singleton, F., & Winzenburger, P., *et al.* A Cytophage Species Endotoxin as a Putative Agent of Occupation Related Lung Disease. *Infection and Immunity*. 1984; 43: 213-216.
- Korean Society for Nosocomial Infection Control. KOSNIC. 2006.
- Kateman, E., Heederik, D., Pal, TM, Smeets, M., Smid, T., & Spitteler, M.,

- Relationship of Airborne Microorganisms with the Lung Function and Leucocyte Levels of Workers with a History of Humidifier Fever. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 1990; 428–433.
- Miller, M. M., Patterson, R., Fink, J. N., & Roberts, M., Chronic Hypersensitivity Pneumonitis due to a Contaminated Central Humidifier. *Clinical & Experimental Allergy*. 1976; 6: 451–462.
- Ohinishi, H., Yokoyama, A., Hamada, H., Mana, S., Ito, R., & Watanabe, A., *et al.* Humidifier Lung: Possible Contribution of Endotoxin-Induced Lung Injury. *Internal Medicine*. 2002; 41: 1179–1182.
- Pal, TM., de Monchy JGR, Groothoff JW, Post D. The Clinical Spectrum of Humidifier Disease in Synthetic Fiber Plants. *American Journal of Industrial Medicine*. 1997; 31: 682–692.
- Pickering, C., Moore W, Lacey J, Holford Strevens, Pepys J. Investigation of a Respiratory Disease Associated with an Air-Conditioning System. *Clinical & Experimental Allergy*. 1976; 6: 109–118.
- Rylander, R., & Haglind, P., Airborne Endotoxins and Humidifier Disease. *Clinical & Experimental Allergy*. 1984; 14: 109–112.
- Rylander, R., Haglind, P., Lundholm, M., Mattsby, I., & Stenqvist, K., Humidifier Fever and Endotoxin Exposure. *Clinical & Experimental Allergy*. 1978; 8: 511–516.
- Suda, T., Sato, A., Ida, M., Gemma, H., Hayakawa, H., & Chida, K., Hypersensitivity Pneumonitis Associated with Home Ultrasonic Humidifiers. *Chest*. 1995; 107: 711–717.
- Van Assendelft, A., Forsen, K., Keskinen, H., & Alanko, K., Humidifier

Associated Extrinsic Allergic Alveolitis. *Scand J Work Environ Health*. 1979; 5: 35-41

## ABSTRACT

A comparative study of microorganism concentration in humidifier's water tanks and vibrators, depend on user's operating habit at the scene of hospital ward and administrative offices in universities

Lee, Sang Min  
Major in Industrial Hygiene Engineering  
Dept. of Mechanical Systems Engineering  
The Graduate School  
Hansung University

Humidifier is widely used in hospitals, offices and house. It helps reducing some adverse health effects such as allergic symptoms by maintaining the relative humidity. However, if it is not cleaned properly or water is contaminated, it may cause microbiologic contaminations, which may result in adverse health effects. This was conducted to evaluate microorganism contamination in the water remained in the humidifier and in the water taken from tap water or water purifier to make a supply to humidifier.

Nineteen and 28 humidifiers that were being used in the bedrooms of a hospital and offices in two universities in Seoul respectively were investigated

from 17 January 26 February 2013.

Thirty eight water samples were taken from water container and vibrator parts of the humidifiers used in hospitals and 7 water samples that were used for make-up water supply for the humidifiers were taken from tap water and water purifiers. Also, 55 water samples were taken from water container and vibrator parts of the humidifiers used in the university offices and 15 water samples that were used for make-up water supply for the humidifiers were taken from tap water and water purifiers.

The results of this study were as follows.

1. Bacteria were detected in 67 water samples(72%) among 93 water samples taken in the humidifiers. Average concentration of bacteria was 1.844 log CFU/ml. In the hospital bedrooms, average bacteria concentration(2.483 log CFU/ml) in the sample taken from the vibrational compartments in the humidifiers, was shown the highest one. Average bacteria concentration of water container in the humidifiers were 2.301 log CFU/ml in the hospitals and 1.522 log CFU/ml in the university offices. It has been found that the average was 1.405 log CFU/ml in the vibrational compartment in the university office humidifiers.
2. Gram (-) bacteria were found in the 42 water samples (45%) among 93 samples. Average concentration was 0.613 log CFU/ml.
3. Fungi were found in the 38 water samples (41%) among 93 samples. Average concentration was 0.475 log CFU/ml.
4. Bacteria were found in the 6 samples (38%), fungi were in 3 samples (19%) but no Gram (-) bacteria were found in the tap water as a source water to fill up the humidifier water containers. In the water purification system or water purifiers, bacteria were found in the 2 samples (33%),

fungi were in 2 samples (33%) and Gram (-) bacteria were found in 1 sample(17%) among 6 samples.

5. Simple correlation tests showed that bacteria concentrations have relationship with humidifier type( $p = 0.674$ ), source water( $p = 0.366$ ), water replacing period( $p = 0.002$ ), cleaning method( $p = 0.022$ ), humidifier operation duration( $p = 0.042$ ), water replacement frequency( $p = 0.0014$ )
6. Simple correlation tests showed that Gram (-) bacteria concentrations have relationship with humidifier type( $p = 0.264$ ), source water( $p = 0.456$ ), water replacing period( $p = 0.178$ ), cleaning method( $p = 0.238$ ), humidifier operation duration( $p = 0.792$ ), water replacement frequency( $p = 0.633$ )로 분석되었다.
7. Simple correlation tests showed that fungi concentrations have relationship with humidifier type( $p = 0.283$ ), source water( $p = 0.514$ ), water replacing period( $p = 0.02$ ), cleaning method( $p = 0.02$ ), humidifier operation duration( $p = 0.499$ ), water replacement frequency( $p = 0.816$ )

**【Key Words】** : humidifier, microorganism, bacteria, gram-negative bacteria, fungi