



## 이산화염소 투입 시스템 도입을 통한 레지오넬라 유행 종식과 환경 관리

고수령<sup>1\*</sup> · 김수영<sup>2\*</sup> · 신명진<sup>2</sup> · 이은실<sup>2</sup> · 김윤정<sup>2</sup> · 김홍빈<sup>1,3</sup> · 송경호<sup>1,2,3</sup> · 박정수<sup>3,4</sup> · 박석배<sup>5</sup> · 박건영<sup>5</sup> · 김의석<sup>1,2,3</sup>

분당서울대학교병원 감염내과<sup>1</sup>, 분당서울대학교병원 감염관리센터<sup>2</sup>, 서울대학교 의과대학<sup>3</sup>, 분당서울대학교병원 진단검사의학과<sup>4</sup>, 분당서울대학교병원 시설팀<sup>5</sup>

## Outbreak of Nosocomial Legionellosis Managed by Adoption of Chlorine Dioxide Infusion System

Suryeong Go<sup>1\*</sup>, Su Young Kim<sup>2\*</sup>, Myoung Jin Shin<sup>2</sup>, Eun Sil Lee<sup>2</sup>, Yoon Jung Kim<sup>2</sup>, Hong Bin Kim<sup>1,3</sup>, Kyoung-Ho Song<sup>1,2,3</sup>, Jeong Su Park<sup>3,4</sup>, Sug Bae Park<sup>5</sup>, Gun Young Park<sup>5</sup>, Eu Suk Kim<sup>1,2,3</sup>

Division of Infectious Disease, Department of Internal Medicine, Seoul National University Bundang Hospital<sup>1</sup>, Infection Control Center, Seoul National University Bundang Hospital<sup>2</sup>, Seongnam, Seoul National University College of Medicine<sup>3</sup>, Seoul, Department of Laboratory Medicine, Seoul National University Bundang Hospital<sup>4</sup>, Construction & Engineering Team, Seoul National University Bundang Hospital<sup>5</sup>, Seongnam, Korea

**Background:** Close surveillance of *Legionella* in the plumbing systems of medical institutions is required because of the higher morbidity and mortality of nosocomial legionellosis. We experienced an outbreak of legionellosis in a university hospital, managed with a chlorine dioxide infusion system.

**Methods:** Multiple contaminations with *Legionella* were reported in the annual water surveillance in June 2019. A task force was established to prevent the outbreak of legionellosis, and the entire plumbing system of the hospital was investigated. Initial measurement was done according to the action manual of the Korean Disease Control and Prevention Agency, including cleaning of hot water tanks, superheating and flushing, point-of-use management (change of showerheads and taps on washstands), and application of filters in higher-risk areas. Further shock hyperchlorination for the cooling tower and cleaning of the water tank were performed since persistent contamination was reported in these areas. Nevertheless, there was an outbreak of three presumable cases of in-hospital legionellosis. A continuous infusion of chlorine dioxide (ClO<sub>2</sub>) was planned to decontaminate the hospital's plumbing. Equipment for ClO<sub>2</sub> infusion was installed by May 2020, with terminal monitors of residual chlorine and a feedback system. A repeated environmental culture study was also planned. Furthermore, a preemptive surveillance system including active monitoring for patients tested with *Legionella* urinary antigen was developed, and a newer response manual for legionellosis was distributed.

**Results:** Isolation of *Legionella* in hospital water was first noted in June 2019. Since then, *Legionella* has been identified in 6 out of 47 samples in five surveillances by the public health center. Furthermore, 6 out of 85 samples were reported to be positive for *Legionella* by in-hospital water cultures. Two patients were diagnosed with nosocomial legionellosis within 3 months of the initial response. After the installation of the ClO<sub>2</sub> continuous infusion system in May 2020, no isolation of *Legionella* was reported in the next two whole environmental surveillance. No further cases of bacterial inoculation or *Legionella* infections have been reported so far.

**Conclusion:** The outbreak of nosocomial legionellosis was successfully terminated with the continuous infusion of ClO<sub>2</sub> into the premise plumbing system of the hospital. Sporadic outbreaks



Received April 21, 2023

Revised May 7, 2023

Accepted May 8, 2023

Corresponding author: Eu Suk Kim

E-mail: eskim@snuh.org

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-7132-0157>

\*Suryeong Go and Su Young Kim

contributed equally to this work.

of hospital-acquired legionellosis have continued; therefore, individualized reinforcement of the response system to prevent nosocomial legionellosis is required.

**Key Words:** *Legionella*, Chlorine dioxide, Outbreak, Infection control

## Introduction

레지오넬라증은 병원성 레지오넬라균(*Legionella* spp.)에 의한 급성 호흡기 감염증으로 2010년대 들어 국내에서 10만명당 0.05명의 발병율을 보이는 3급 법정감염병이다. 임상적으로는 기저질환이 없는 사람에서 독감양증후군으로 발현하여 대부분 자연호전되는 폰티악열(Pontiac fever)과, 면역저하자나 호흡기질환자에게 발생하여 높은 치명률을 보이는 레지오넬라 폐렴(Legionnaire's disease)으로 분류된다.

레지오넬라균은 수증을 포함한 다양한 환경 조건에서 생존이 가능하고 아메바 등의 원생동물은 물론 인간의 대식세포 내에서도 증식할 수 있다[1]. 레지오넬라의 사람간 전파는 보고된 바 없으나, 수증환경에서 증식한 레지오넬라가 에어로졸 형태로 호흡기에 미세흡입될 시 인체로 침투하여 감염을 일으킨다. 그러므로 레지오넬라 폐렴의 고위험군이 주로 입원하는 의료기관에서는 주기적인 환경 감시 및 감염관리를 통한 레지오넬라증의 유행 방지가 매우 중요하다. 이에 질병관리청에서는 의료기관의 경우 최소 연 1회 수질검사를 시행하고, 레지오넬라증 감염 사례 발생 시 의료기관과 지자체가 함께 역학조사와 환경관리를 시행하도록 감염병 대응 체계를 마련해두었다[2]. 정기 수계 환경검사는 보건당국의 지침에 의거하여 주로 하절기에 냉각탑수나 분수대를 포함하여 시행하고, 동일시설을 연 1회 이상 검사하는 것을 원칙으로 한다. 레지오넬라증 사례 발생 시에는 역학조사 이후 오염 제거, 환경감시 등 기존의 관리 방법을 점검하여 개선하는 조치가 포함된다.

한 상급종합병원에서 정기 수질검사 상 레지오넬라 균이 최초 검출된 이후, 수개월에 걸쳐 병원 획득 레지오넬라증 유행이 발생하였다. 통상적인 환경관리 조치 후에도 반복 물배양검사서 균이 음전되지 않아 새로운 환경관리 시스템을 도입한 이후에 유행을 종식시킬 수 있었다. 이와 관련된 역학조사 및 환경관리 대응 경험을 공유하고자 한다.

## Materials and Methods

### 1. 현황

본 기관의 진료동은 2002년에 준공한 1동과 2013년에 새로 개원한 2동이며, 각각의 저층부는 외래, 검사실, 수술실, 중환자실이 위치하고 입원 병동은 5층 이상 고층부에 배치되어 있다. 수계계통 상 1동은 별도의 동력동 건물 내 저수조와 급탕 시설로부터 지하 1층을 거쳐 고층부로 급수되는 구조이고, 2동은 해당 건물 지하에 저수조와 급탕 시설이 위치하여 고층부로 급수되는 차이가 있다. 개원 이후 2018년까지 병원 획득 레지오넬라증으로 신고된 사례는 0건이었고, 정기 수질검사서 레지오넬라균이 검출된 이력은 없었다.

원내 레지오넬라 대응 매뉴얼은 보건당국의 레지오넬라증 관리 지침에 의거 병원 획득 레지오넬라증 사례 발생 시 역학조사와 환경관리 조치를 중심으로 작성되어 있었다. 레지오넬라증의 일차예방을 위한 관리 항목으로는 일반 구역의 경우 보건소에서 주관하는 연례 수계 환경검사(주로 7-8월 하절기에 실시) 전 냉각탑과 저수조 청소가 포함되어 있었다. 환경 검사 시 냉각탑수 검체는 반드시 포함하되, 저수조와 말단부 물배양 검사는 건물의 저층부와 고층부에서 무작위로 채수하였다. 매뉴얼 상 면역저자가 입원하는 구역(예: 조혈모세포 이식병동)은 말단부 관리(적정 수온과 잔류 염류 농도 유지, 샤워헤드와 수도꼭지 분해 소독)를 시행하도록 기준을 제시하였지만, 유행 발생이 없는 경우 현장 점검을 정기적으로 시행하지는 않았다.

### 2. 역학조사와 초기 대응(2019.6-9월)

2019년 6월 25일에 시행한 정기 레지오넬라 환경 검사 결과 냉각탑수와 말단부 온수에서 레지오넬라가 기준치를 초과하여 검출되었다(Table 1). 이에 병원 부원장이 주관하고 감염관리팀, 감염내과, 시설팀, 간호본부, 진단검사

**Table 1.** Environmental surveillance for legionella in hospital premise plumbing

Date of exam	Inspector	Subject	No. specimen (positive/total)	Type of positive specimen	Culture report (CFU/L)	Temp. (°C)	FRC (mg/L)	Location of positive specimen
19.06.25	PHC	Cooling tower Building 1	1/2	Cooling water	2,600			Washstand, shower in patient's room
19.07.15	Self	Building 1	4/12	Hot water	400-13,400			
		Building 2	0/10					
		Faculty office	2/12	Hot water	50-100	49.1	<1.0	Washstand, shower in patients' room*
19.07.31	Self	Building 1-2	1/1	Hot water	4,400	58.8	<1.0	Washstand in faculty office
19.08.06-28	PHC	Building 1	0/15					
		Building 2	0/5					
		Cooling tower	0/6					
19.09.10-18	Self	Building 2	0/2					
		Building 1	1/8	Hot water	50	56.7	<1.0	Washstand in nurses' station <sup>†</sup>
19.09.25	Self	Building 2	1/2	Hot water	150	55.6	<1.0	Bedside washstand in MICU <sup>†</sup>
		Building 1	0/28					
19.09.30	PHC	Cooling tower Building 1-2	0/6	Cooling water	8,000			
19.10.21	Self	Cooling tower	1/2	Cooling water	800			
		Water tank	0/1					

\*Samples collected from patient's room where 1<sup>st</sup> case stayed. <sup>†</sup>Samples associated with 3<sup>rd</sup> case.

Abbreviations: CFU, colony forming unit; Temp., temperature; FRC, free residual chlorine; PHC, public health center; MICU, medical intensive care unit.

의학과 및 홍보팀의 관련 인원으로 구성된 레지오넬라 유행대책 태스크포스(TF)를 조직하여 유행 상황에 대응하기로 하였다. 감염관리팀에서는 먼저 시설팀과 협조하여 원내 수계계통도를 포함한 전체 급수 체계를 점검하고, 질병관리청의 의료기관 환경관리 지침에 따라 온수탱크 소독, 고온관류법(72℃ 온수, 30분 이상)을 이용한 배관소독, 말단부 관리(수도꼭지와 샤워기 교체, 수온과 염소 농도측정)를 시행하였다. 말단부 배급수의 측정 온도가 기준(온수≥55℃, 냉수≤20℃)을 초과하는 경우 수온을 조절하였고, 잔류 염류 농도가 기준치 이하인 경우 염소 추가 투입을 시행하였다.

레지오넬라 환경 배양 양성 결과가 보고되었던 즈음, 원내 입원환자 중 1명이 레지오넬라 폐렴으로 진단되었다. 보건소 역학조사관이 방문하여 환자의 의무기록을 확인하고 주치의 면담, 자체 환경 관리 조치 사항을 점검한 후 물배양검사를 추적하기로 하였다. 반복 검사 시에는 채수 장소를 진료동의 고층부와 저층부로 분리하고 교수동이 포함되도록 하여 환경 검체의 대표성을 높이려고 하였다. 이후에도 냉각탑수와 병실 온수 검체에서 레지오넬라균이 지속 배양되고 원내감염 의심 사례가 추가로 발생하여, 기존의 환경관리 조치에 더하여 고위험부서에 말단부 필터를 설치하고 냉각탑과 저수조 청소 및 염소 소독을 시행하였다(Fig. 1).

이상의 환경관리 조치에도 불구하고, 세번째 레지오넬라 증 의심 사례가 추가로 발생하였으며 반복 물배양검사 상 냉각탑수, 온수에서 레지오넬라균이 음전되지 않아 새로운 대응방법 도입의 필요성을 인식하고 대응체계를 재검토하게 되었다.

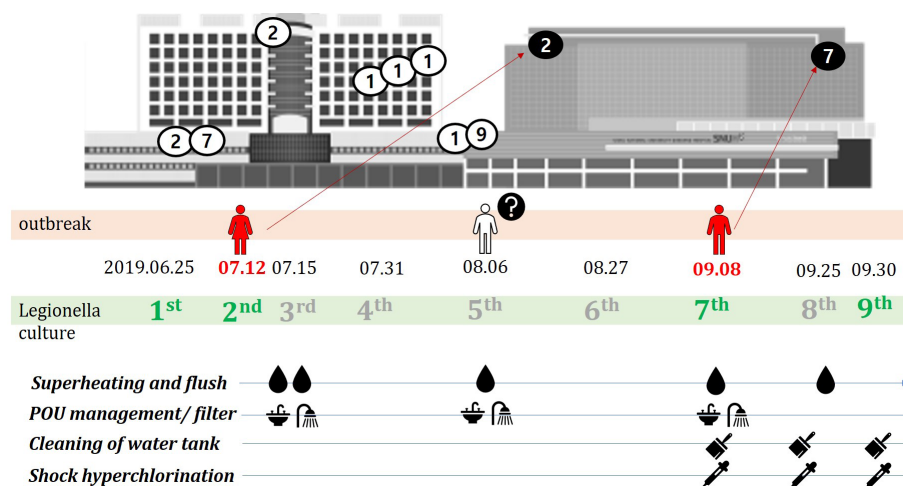
### 3. 이산화염소 투입 시스템의 도입(2019.10-)

문헌고찰을 통해 실제 병원 설계 시점부터 이산화염소 시스템을 설치하여 사용 중인 국외 의료기관들의 현황과 관리매뉴얼 등을 검토한 후, 2019년 10월 근본적인 급수 환경개선을 위한 이산화염소 투입 시스템의 도입을 계획하였다. 2020년 5월 이산화염소 점적 주입 시스템의 설치를 완료하였으며, 염소 농도에 대한 중앙모니터링과 피드백 시스템을 구축하였다(Fig. 2). 새로운 매뉴얼에는 매년 정기수질 검사 전(4월 경) 저수조, 온수탱크, 열교환기의 정기적인 소독 후 자체 물배양 검사를 시행하는 것을 포함하였다. 말단부 물배양 검체 채수 시에는 이산화염소 투입 시스템의 정도 관리를 위해 수온과 잔류 염류를 측정하여 적정 수온(온수≥51℃, 냉수≤20℃) 및 잔류 염류 농도(1-2 mg/L) 유지 여부를 함께 확인하기로 하였다. 또한 정기수질 검사 항목에 냉각탑 가동 전 냉각탑수 전수 배양 검사를 추가하여, 물배양 음성 확인 후에 냉각탑을 가동하기로 하였다. 레지오넬라 검사 시행 환자에 대해서는 전자의무기록 기반의 능동 감시를 적용하여 선제적인 관리체계를 구축하였다.

## Results

### 1. 초기대응 조치와 환경배양검사

2019년 6월 25일 보건소에서 시행한 정기수질검사에서 본관 병동 및 냉각탑수에서 레지오넬라균이 검출된 이후, 각종 환경관리 조치에도 불구하고 3개월에 걸쳐 냉각탑수, 저수조, 말단부 온/냉수, 수도꼭지/샤워기에서 시행한 6회의 원내 검사 총 85개의 검체 중 6개(7.1%), 5회의



**Fig. 1.** Timeline of nosocomial legionellosis outbreak with initial countermeasures. Circles are the spots where legionella grew from supplied water. Numbers in circle indicate the order of culture where legionella was identified. Black circles are both patients of legionellosis stayed and supplied water had been contaminated by legionella.

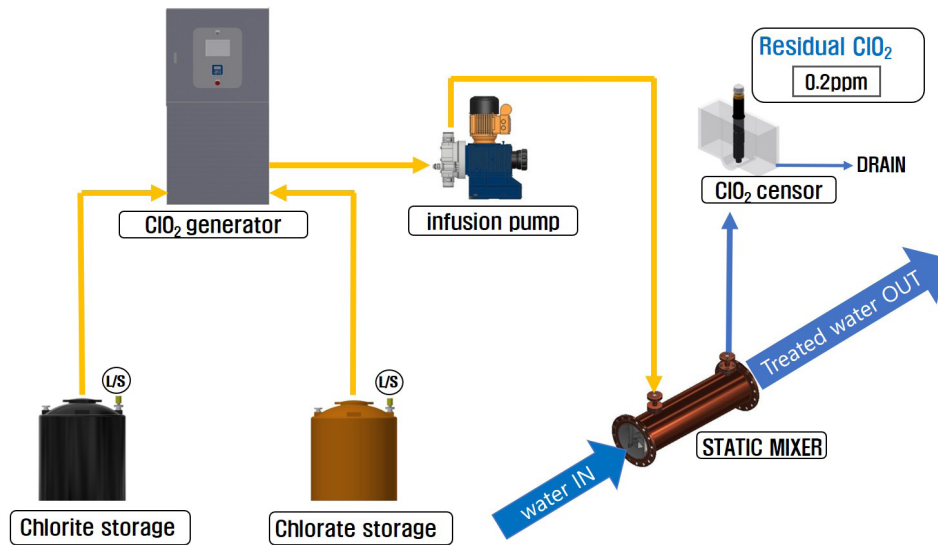


Fig. 2. Introduction of chlorine dioxide infusion and central monitoring system.

Table 2. Epidemiological investigations of nosocomial legionellosis

No. case	Sex/age	Underlying illness	Latest hospital admission	Location of admission	Date of diagnosis	Diagnostic examination	Clinical manifestation	Prognosis
1*	F/70	Peripheral T-cell lymphoma	19.07.07-09	Building 2	19.07.12	Urinary legionella antigen	Legionnaire's disease	resolved
2	M/61	Multiple myeloma	19.06.26	Building 2	19.08.06	Urinary legionella antigen	Legionnaire's disease	resolved
3*	M/58	SCLC	19.08.24-30	Building 2	19.09.08	Urinary legionella antigen	Legionnaire's disease	death

\*Cases defined as 'nosocomial legionellosis' according to Guidelines for the management of legionellosis 2019 by Korea Disease Control and Prevention Agency ([https://www.kdca.go.kr/filepath/boardDownload.es?bid=0019&list\\_no=364566&seq=1](https://www.kdca.go.kr/filepath/boardDownload.es?bid=0019&list_no=364566&seq=1)).

보건소 수질검사 검사 총 47개의 검체 중 6개(12.8%)에서 레지오넬라 균이 검출되었다(Table 1). 이후 냉각탑수와 저수조의 레지오넬라를 살균하기 위해 염소 도포를 시행하였음에도 불구하고 급수 시설 말단부에서 유효 염소농도가 유지되지 않았고, 반복 물배양 검사에서도 레지오넬라가 지속 검출되었다.

## 2. 원내 레지오넬라 폐렴 유행

2019년 7월 13일 입원 병동에서 첫 레지오넬라증 환자가 발생한 이래 추가 원내 사례 2건이 확인되어 총 3건의 병원 획득 레지오넬라증 확진 및 의심 환자가 확인되었다(Table 2). 그 중 2명의 환자가 진단 시점으로부터 레지오넬라 폐렴의 최장 잠복기인 10일 이내 입원 이력이 있고, 해당 병동의 환경 배양 검체에서 레지오넬라균이 동정되어 병원 획득 레지오넬라증 사례로 확정되었다.

## 3. 후기 대응 조치와 결과

2020년 5월 이산화염소 투입 시스템 도입 이후 2차에 걸친 전체 환경배양 검사에서는 레지오넬라균이 검출되지 않았다. 말단부 채수 검체에서 이산화염소 농도는 적정 농도로 유지되었으며, 반복 물배양 검사에서는 레지오넬라균이 동정되지 않았다(Table 3). 2019년 병원 획득 레지오넬라증 유행 사례조사가 완료된 이후, 현재까지 정기 수질 검사 상 레지오넬라균은 분리되지 않았고 관련 사례 환자 발생 없이 유지되고 있다.

## Discussion

한 상급종합병원에서 정기 수질검사 상 기관 급수 시스템 내 레지오넬라 집락이 확인된 이후 발생한 원내 레지오넬라증 유행 사례에 대해 이산화염소 점적 주입 시스템을 도입하여 급수관 내 레지오넬라 오염을 해결하고 추가 환



**Table 3.** Environmental surveillance for legionella after installation of chlorine dioxide infusion system

Date of exam	Inspector	Location	No. specimen (positive/total)	FRC (mg/L)
20.05.14	self	Building 1 (lower part)	0/2	0.19-0.25
		Building 1 (upper part)	0/10	0.15-0.2
		Building 2 (upper part)	0/24	0.12-0.25
		Water tank	0/2	0.72
		Cooling tower	0/8	>0.5
21.04.20	self	Cooling tower	0/4	2.2-high
		Water tank	0/2	0.4-0.7
		Building 2 (upper part)	0/24	0.15-0.35
22.04.07	self	Cooling tower	0/9	0.16-high
		Building 1 (upper part)	0/10	0.1-0.3
		Water tank	0/2	0.1-0.44

자 발생 없이 유행을 종식시킬 수 있었다.

최신 질병관리청 레지오넬라 관리지침에 따르면, 의료기관(고위험시설)의 물 관리 기준은 레지오넬라 ‘불검출’로, 냉각탑수와 병원내 냉온수시설의 경우 검체의 30% 이상에서 레지오넬라균이 검출되면 병원 수계시설 전체가 오염되었다고 판단하고 점검하는 것이 추천된다. 의료기관에서 발생하는 레지오넬라 유행은 냉온수 공급 시스템이 주요 병원소로 알려져 있는데, 이 경우 우리 기관에서 발생한 유행 사례처럼 소수의 환자가 장기간에 걸쳐 지속적으로 발생하는 양상을 보인다[3]. 이에 병원 획득 레지오넬라증의 심사례 발생 시 신속한 역학조사와 함께 적극적인 환경관리 조치가 요구된다.

레지오넬라에 오염된 배관급수시스템의 살균 방법은 크게 물리적 처치와 화학적 처치로 분류된다. 대표적인 물리적 처치는 고온관류법으로 수중병원체가 증식 가능한 온도 이상으로 수온을 올린 후 관류시키는 방법이다. 고온관류법은 추가적인 설비가 필요하지 않아 쉽게 적용 가능한 소독법이지만 재집락이 쉽게 발생하므로 추적 관리가 요구된다. 또다른 물리적 처치는 말단부에 필터를 적용하는 것으로 가장 확실한 살균 효과를 보이는 방법이나, 주기적으로 필터를 교체하지 않으면 막 내 적체된 유기물에 의해 필터의 효율이 감소하고 레지오넬라가 다시 증식할 수 있어 한 건물 전체의 급수 시스템에 적용하는 살균 방법으로는 비용 측면의 제약이 있다[4].

국내 한 대형병원에서는 무균병동에서 레지오넬라증 1례 발생 후 고온관류, 온수 온도 상향 조정 및 해당 병동 내 필터 교체를 통해 성공적으로 환경관리를 했던 사례를 보고하였다[5]. 비슷한 국외 사례로 혈액종양병동에서 8명의 레지오넬라증 유행을 경험했던 한 기관에서는, 환경 검사상 식수의 오염이 확인되어 식수 사용 제한(상품화된 생수 이용), 고온관류, 필터 교체를 시행하여 유행에 대응한 바

있다[6]. 반면 수년간 구리-은 이온화 소독법을 적용해왔던 국외 한 대학병원에서는 급탕기와 소독기기 교체 공사 후에 건물 전체에서 총 13건의 레지오넬라증 유행이 발생하여 일정 기간 샤워 제한, 온수 염소 도포, 고온관류법을 시행하였음에도 물배양에서 레지오넬라가 지속 검출되었고, 중국에는 환자 수용 공간 전체에 말단부 필터를 적용하였다고 한다[7]. 우리 기관에서 발생한 레지오넬라 유행도 다양한 장소에서 균이 검출되었고 노후화된 배수관 내 이미 레지오넬라가 바이오필름을 형성했을 것으로 추정되어, 물리적 소독법이나 일시적인 염소 도포, 국소 구역의 말단부 관리를 포함한 통상적인 환경관리 조치로는 근본적인 오염소를 해결하기 어려웠던 것으로 보인다. 특히 반복적인 물리화학적 소독 조치 후에도 냉각탑과 저수조의 오염이 해결되지 않았는데, 이는 대규모의 레지오넬라증 유행으로 이어질 수 있어 급수 체계의 근본적인 문제 해결을 위한 특단의 조치를 결정하게 된 배경이 되었다.

레지오넬라의 화학적 살균제 중 가장 흔히 사용되는 물질은 염소이다. 다양한 형태의 염소 화합물 중 이산화염소는 염소산나트륨액으로부터 전자물리적 방법을 이용하여 가스 형태로 생성되는 물질로, 미환경보호국에서 식수소독제로 승인되어 사용 중이다[8]. 이산화염소는 세포대사의 산화 과정을 억제함으로써 세균의 증식을 차단하는 효과로 레지오넬라증 유행 시 소독 및 유행방지를 위해 과거부터 활용되어 왔다[9]. 다른 형태의 염소계 소독제에 비해 이산화염소가 갖는 장점은 다양한 범위의 산도(pH)에서도 작용이 가능하고, 바이오필름 투과력이 높으며, 트리할로메탄(차아염소산나트륨의 부산물)이나 N-nitrosodimethylamine (NDMA, 모노클로르아민의 부산물)와 같은 발암 물질을 생성시키지 않는다는 점이다[10].

그러나 이산화염소 사용 시 생성되는 염소산과 아염소산염 부산물에 의해 용혈이나 신경증상(소아) 부작용의 발생

우려가 제기된 바, 특히 산화스트레스에 취약한 G6PD 결핍증 환자나 혈액투석 환자에서는 용혈성 빈혈에 대한 주의가 요구된다[11]. 이산화염소 소독 시스템을 새 병원 건물 준공시부터 사용했던 국외 한 의료기관에서는 혈액투석실에 부가적으로 탄소 필터를 설치하여 보급수의 염화 이온을 제거하는 방법을 사용하였는데, 이후 염소 소독제 연관 용혈성 빈혈 등의 부작용이 발생하지 않았음을 보고한 바 있다[12]. 이에 우리 기관에서도 이산화염소 투입 시스템 도입 시 식수와 투석용수에는 탄소필터를 함께 설치하여 운용 중에 있다.

음용수에 이산화염소 투여 시 잔류 염류가 환경부에서 정한 기준 최대치(1.0 mg/L)를 초과하는 경우 직접적으로 건강 문제를 유발할뿐더러 염소 특유의 맛과 냄새 변화를 수반하기 때문에 이산화염소 지속 주입 시에는 적정 주입 장치가 필요하다. 또한 고온에서는 농도가 감소하는 이산화염소의 화학적 특성 상, 말단부 온수관에서는 이산화염소가 레지오넬라 살균 효과가 있는 유효 농도(0.2~0.5 mg/L)로 유지되는지 주기적으로 모니터링 해야 한다. 특히 말단부 출수구의 주기적인 관류를 통해 배수관의 사강 혹은 정체 구간을 최소화하는 것이 이산화염소의 적정 농도를 유지하는데 중요하다[13]. 이처럼 이산화염소 점적 주입 시스템이 안전하고 효과적으로 기능하려면 기초 설비 외에도 추가 모니터링 장치와 정도관리 프로그램이 요구되므로 일정 자본과 적지 않은 노동력이 필요하다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 대형 건물의 수계시설은 레지오넬라 증식하기 쉬운 환경이어서 어떤 형태로든 장기적인 레지오넬라 예방 관리 프로그램이 필요할 것이며, 특히 병원 획득 레지오넬라증의 높은 치명율과 이로 인해 발생하는 의료비 등을 고려하면 이산화염소 점적 주입 시스템은 충분히 비용-효과적인 선택지가 될 수 있을 것으로 보인다[14].

레지오넬라 균 배양에는 특수 배지가 요구되므로 통상적인 객담 배양검사서 레지오넬라증이 진단되기는 매우 어렵고, 레지오넬라 폐렴의 임상양상 또한 비특이적이어서 일차 진료의사가 레지오넬라 감염 가능성을 의심하고 소변 항원검사나 호흡기 검체의 객담 중합효소 연쇄반응 검사를 추가로 처방하지 않으면 진단을 놓치기 쉽다. 우리 기관에서는 보험 수가 산정 문제로 2011년부터 2019년 4월까지 레지오넬라 소변항원검사 처방이 불가하였던 바 있어, 2019년 정기 수질검사 이전에 이미 병원 획득 레지오넬라증 환자가 발생하였으나 진단되지 않았을 가능성을 배제하기 어렵다. 또한 사례조사를 통해 최종적으로 병원 획득 레지오넬라증으로 분류된 환자는 총 2명이었으나, 당시 병원

급수로 전반에 레지오넬라 오염이 확인되었고 조치 후에도 물배양 검사 음전을 획득하기까지 수개월이 걸렸던 것을 고려하면 원내 산발적 병원 획득 폐렴 사례가 더 있었을 것으로 추정된다. 간헐적인 수질환경검사로 병원 급수로의 레지오넬라 오염을 조기발견 하는 것은 한계가 있으므로, 적절한 진단 검사를 통해 새로이 진단되는 레지오넬라증 환자를 놓치지 않는 것 또한 새로운 유행 예방에 중요할 것이다.

세계보건기구의 레지오넬라증 예방관리 지침에 따르면 의료기관의 건설 단계에서부터 세균에 의한 급수 시스템 오염을 최소화할 수 있도록 설계하는 것을 포함하여 기관 실정에 맞는 레지오넬라 관리 프로그램을 지속 운영할 것이 권고된다[3]. 이산화염소 지속 주입 시스템은 국외 의료기관 다수의 연구를 통해 레지오넬라 오염 제거 및 유행 예방 효과가 기 증명된 방법이나[4,9,11,15-18], 현재까지 국내 의료기관에서의 사용 경험은 많지 않은 것으로 확인된다. 통상적인 수질 환경 관리 조치를 시행하였음에도 불구하고 병원 획득 레지오넬라증 환자가 지속적으로 발생하거나 물배양 검사서 음전을 획득하지 못하는 경우, 혹은 건물의 급수 체계상 물리적으로 정체구간이나 오염소를 해결하기 어려울 것으로 판단하는 경우 이산화염소 지속 주입 시스템의 도입이 추가적인 증재방안이 될 수 있다.

## Acknowledgements

본 연구는 2021년 제26차 대한의료감염관리학회 학술대회에서 ‘이산화염소 투입 시스템 도입을 통한 레지오넬라 유행 종식 관련 감염관리 경험’으로 초록을 제출하여 우수 연제상을 받았던 주제입니다. 레지오넬라 유행 종식에 애써주신 감염관리팀, 시설팀, 미생물검사실 선생님들께 감사드립니다.

## Disclosure of Conflict of Interest

The authors have no potential conflict of interest to disclose.

## References

1. Sabria M, Yu VL. Hospital-acquired legionellosis: solutions for a preventable infection. *Lancet Infect Dis* 2002;2:368-73.
2. Korea Disease Control and Prevention Agency. Guidelines for the management of legionellosis, 2023. <https://www.>

- kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20507020000&bid=0019 (Updated on 6 April 2023).
3. Bartram J, Chartier Y, Lee JV, Pond K, Surman-Lee S. Legionella and the prevention of legionellosis. Geneva; World Health Organization, 2007:12-13.
4. Borella P, Bargellini A, Marchegiano P, Vecchi E, Marchesi I. Hospital-acquired Legionella infections: an update on the procedures for controlling environmental contamination. *Ann Ig* 2016;28:98-108.
5. Yang J, Cho SY, Shin L, Kim DM, Jeong JS, Chung DR. Epidemiological investigation and control measures of a case of nosocomial Legionella pneumonia in a pediatric hematopoietic stem cell transplantation unit. *Korean J healthc assoc Infect Control Prev* 2022;27:134-40.
6. Francois Watkins LK, Toews KE, Harris AM, Davidson S, Ayers-Millsap S, Lucas CE, et al. Lessons from an outbreak of Legionnaires' disease on a hematology-oncology unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2017;38:306-13.
7. Kessler MA, Osman F, Marx J Jr, Pop-Vicas A, Safdar N. Hospital-acquired Legionella pneumonia outbreak at an academic medical center: lessons learned. *Am J Infect Control* 2021;49:1014-20.
8. Parr A, Whitney EA, Berkelman RL. Legionellosis on the rise: a review of guidelines for prevention in the United States. *J Public Health Manag Pract* 2015;21:E17-26.
9. Marchesi I, Ferranti G, Bargellini A, Marchegiano P, Predieri G, Stout JE, et al. Monochloramine and chlorine dioxide for controlling Legionella pneumophila contamination: biocide levels and disinfection by-product formation in hospital water networks. *J Water Health* 2013;11: 738-47.
10. Carlson KM, Boczek LA, Chae S, Ryu H. Legionellosis and recent advances in technologies for Legionella control in premise plumbing systems: a review. *Water (Basel)* 2020;12:1-676.
11. Casini B, Buzzigoli A, Cristina ML, Spagnolo AM, Del Giudice P, Brusaferrero S, et al. Long-term effects of hospital water network disinfection on Legionella and other waterborne bacteria in an Italian university hospital. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2014;35:293-9.
12. Srinivasan A, Bova G, Ross T, Mackie K, Paquette N, Merz W, et al. A 17-month evaluation of a chlorine dioxide water treatment system to control Legionella species in a hospital water supply. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2003;24:575-9.
13. Chord F, Fascia P, Mallaval F, Cornillon J, Roesch L, Pozzetto B, et al. Chlorine dioxide for Legionella spp. disinfection: a danger for cross-linked polyethylene pipes? *J Hosp Infect* 2011;78:242-3.
14. Vincenti S, de Waure C, Raponi M, Teleman AA, Boninti F, Bruno S, et al. Environmental surveillance of Legionella spp. colonization in the water system of a large academic hospital: analysis of the four-year results on the effectiveness of the chlorine dioxide disinfection method. *Sci Total Environ* 2019;657:248-53.
15. Casini B, Valentini P, Baggiani A, Torracca F, Frateschi S, Nelli LC, et al. Molecular epidemiology of Legionella pneumophila serogroup 1 isolates following long-term chlorine dioxide treatment in a university hospital water system. *J Hosp Infect* 2008;69:141-7.
16. Cristino S, Legnani PP, Leoni E. Plan for the control of Legionella infections in long-term care facilities: role of environmental monitoring. *Int J Hyg Environ Health* 2012;215:279-85.
17. Marchesi I, Marchegiano P, Bargellini A, Cencetti S, Frezza G, Miselli M, et al. Effectiveness of different methods to control legionella in the water supply: ten-year experience in an Italian university hospital. *J Hosp Infect* 2011;77:47-51.
18. Napoli C, De Giglio O, Bertamino E, Montagna MT. Legionellosis in health care facilities: state of the art in control and prevention in Italy. *Ann Ig* 2019;31:474-81.