

## 수영장 및 물놀이형 수경시설의 수질개선을 위한 연구

먹는물분석팀

김예슬 · 조혜윤 · 최현숙 · 박진아<sup>B</sup> · 이새람 · 윤종철 · 배정은 · 박진아<sup>A</sup> · 김현정 · 이목영

### A Study on Water Quality Improvement in Swimming Pool and Waterscape Facilities

*Drinking Water Analysis Team*

Yea-seul Kim, Hye-yoon Cho, Hyun-suk Choi,  
Jin-a Park<sup>(B)</sup>, Sae-ram Lee, Jong-cheol Yoon, Jung-eun Bae,  
Jin-a Park<sup>(A)</sup>, Hyun-jung Kim and Mok-young Lee

#### Abstract

Exposure to water-borne infections and hazardous materials, while using swimming pools and waterscape facilities for leisure activities, may cause various health problems. Recent research studies have shown that chlorine and uric acid from urine are reactive to produce volatile disinfection by-products, such as cyanogen chloride(CNCl), so it is necessary to analyze water conditions of the swimming pool and waterscape facilities in Seoul. The swimming pool water quality items and cyanide, Total Colony Counts, Total Coliforms, and Fecal Coliforms were analyzed in terms of the drinking water standards method. The study revealed that, out of 297 swimming pools and 141 waterscape facilities, three swimming pools exceed the standard for Total Coliforms, consumption of  $\text{KMnO}_4$ , and aluminum, one waterscape facility exceeded the standard for *Escherichia coli*, and the others met the quality standards. Of additional items Total Colony Counts, Total Coliforms, and cyanide were detected in swimming pools. cyanide was only detected in about 16 % of the swimming pools. Observation during the swimming pool operating hours revealed that cyanide was present in the pool for teenagers between 2:00 and 6:00PM. Testing waterscape facilities, detected Total Colony Counts, Total Coliforms, and Fecal Coliforms. Consumption of  $\text{KMnO}_4$ , aluminum, arsenic, and mercury complied with were satisfied the safety standard for swimming pools water. According to these results, In order to enjoy healthy leisure activities life in the future, careful water quality management will be required, and users' awareness of the necessity for hygiene also should be improved.

**Key words** : swimming pool, waterscape facilities, CNCl, DBPs, *Escherichia coli*

## 서론

현대인의 개인건강과 삶의 질 향상을 위한 여가 생활이 증가하면서 수영장 및 물놀이형 수경시설의 시설 및 이용자수가 늘어나고 있다. 2016년 기준 서울시 수영장은 약 300여곳, 물놀이형 수경시설은 약 450여 곳으로 매년 꾸준히 증가 추세에 있다(1)(그림 1). 그 중 수영은 다른 운동에 비해 생존과 안전에 밀접하게 관련되어 있다. 교육부에서는 2015년부터 생존수영을 초등학교 교육과정에 의무화시킴으로써 수상 안전사고에 대한 예방 및 대처능력을 향상시키고자 함에 따라 앞으로 수영인구는 더욱 늘어날 것이다(2).

물놀이형 수경시설이란 수돗물, 지하수 등을 인위적으로 저장 및 순환하여 이용하는 분수, 연못, 폭포, 실개천 등의 인공 시설물 중 일반인에게 개방되어 이용자의 신체와 직접 접촉하여 물놀이를 하도록 설치하는 시설이다. 물놀이형 수경시설은 수영장에 비하여 신체 접촉 시간이 적어 인체에 미치는 영향은 적으나 분수나 폭포의 경우 물방울이 비산되어 흡입 될 가능성도 있으며 이용하는 어린이의 약 절반 정도가 물놀이 중 용수를 입으로 받아 마시는 행위를 한다고 관찰 되었다(3). 실제 미국에서는 분수의 물방울이 비산되어 인체에 흡입으로 인해 Legionnaires disease(레지오넬라증)이 발병되거나(4~6) 기저귀를 차고 분수에서 노는 어린이 등 입욕을 통한 접촉으로 인하여 Cryptosporidiosis(크립토스포리디오시스증)이

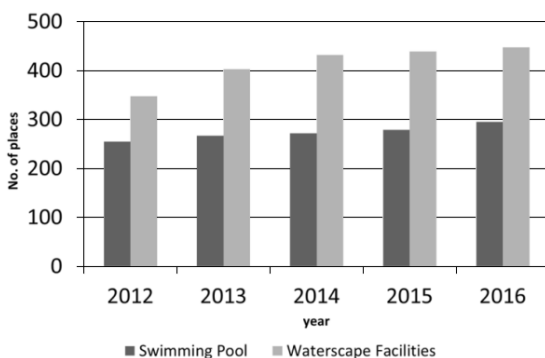


Fig. 1. Number of swimming pool and waterscape facilities by year(Seoul Statistical Yearbook, 2017).

발병하는 사례(7, 8)가 보고되고 있기 때문에 물놀이형 수경시설에 대한 안전성 확보를 위해서는 건강에 유해한 항목에 대해 추가 조사할 필요성이 있다고 판단된다.

수영도 마찬가지로 물을 매개체로 행하기 때문에 항상 수질과 관련된 질병과 상해를 염두에 두어야 한다(9). 해외에서는 Cryptosporidiosis(크립토스포리디오시스증)이 발병되어 수영장 이용객들이 설사나 구토 등의 증상을 나타내거나 Adenovirus에 감염되어 발열과 인후염, 두통, 복통 등의 증상을 나타내는 사례가 보고되었다. 이는 배관의 문제로 인한 오염이거나 주로 불충분한 소독으로 인하여 발생된 것으로 밝혀졌다(10~13). 수영장 물에 존재하는 병원성 미생물에 의한 감염으로부터 보호하기 위하여 일반적으로 염소소독방식을 사용한다. 이는 잔류성, 살균성, 그리고 경제성이 우수하여 오랫동안 가장 많이 사용되어 왔다. 그러나 이러한 소독과정에서 염소와 수중에 포함된 유기물이 반응하여 인체에 유해한 소독부산물(DBPs: Disinfection by-products)이 생성되며 대표적인 소독 부산물로는 THMs을 비롯하여, HAAs, HAN, CH 등이 있다. 소독부산물은 수영자의 입과 피부접촉, 호흡을 통해 노출될 수 있으며 이에 대한 연구는 꾸준히 행해지고 있다(14).

최근에는 Lian 등(15)의 연구에 따르면 소독제인 염소와 인체 노폐물에 존재하는 요산 등이 반응하여 휘발성 N-DBPs인 염화시아노(CNCl)을 생성한다고 보고된 바 있다. 염화시아노는 폐, 심장 및 중추신경계를 포함하여 흡입을 통해 여러 장기에 영향을 줄 수 있는 유해화합물로서 눈의 충혈, 호흡기 증상 유발 등 수영장 질환을 일으킬 수 있다. 따라서 많은 사람이 이용하는 수영장의 수질 관리 는 매우 중요하다고 볼 수 있다.

이에 본 연구는 서울지역 물놀이형 수경시설과 수영장에 대해 수인성 병원균 지표로써 대장균군 등의 미생물과 중금속 등에 대하여 분석하였고, 유해화합물인 염화시아노가 실제 존재하는지 확인하기 위하여 시안을 분석하였다. 이는 수영장 및 물놀이형 수경시설 이용객들에게 보다 위생적이고 안전한 여가 활동 제공과 시설의 수질 실태 조사 및 기초 자료를 제공하는데 목적이 있다.

## 연구 대상 및 방법

### 1. 연구대상 및 방법

수영장 및 물놀이형 수경시설의 수질 현황을 조사하기 위하여 2017년 2월부터 12월까지 서울 지역 실내·외 수영장 148곳에서 채취된 시료 297건과 2017년 4월부터 9월까지 서울지역 물놀이형 수경시설 29곳에서 채취된 시료 141건을 분석하였다. 시료는 무균채수병을 이용하여 채수하였으며, 미생물 분석을 위하여 잔류염소중화제가 들어 있는 무균채수병을 이용하여 별도의 시료를 채취하였다. 미생물 분석을 위한 수영장 시료는 수영장 모서리 4지점과 중앙 1지점, 총 5개의 시료를 채수하였다. 또한 2017년 8월 이용객이 많은 A와 B수영장을 현장 방문하여 유아풀, 청소년풀, 성인풀에 대하여 수영장 개장시간인 10시부터 폐장시간인 19시까지 시간대별로 물을 채취하여 시안 분석용 시료로 사용하였다.

### 2. 분석방법

수영장은 대장균군, 수소이온농도, 탁도, 과망간산칼륨소비량, 비소, 알루미늄, 수은, 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군, 시안을 분석하였다. 물놀이형 수경시설은 대장균, 수소이온농도, 탁도, 과망간산칼륨소비량, 비소, 알루미늄, 수은, 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군, 시안을 분석하였다.

분석방법은 먹는물공정시험기준(16)에 준하여 분석하였고, 각 분석 항목에 대한 시험방법 및 사용 장비는 표 1과 같다. 분석 항목 중 수영장의 대장균군은 '체육시설의 설치·이용에 관한 법률 시행규칙' 제 23조 관련 별표 6에 의거하여 총대장균군 시험법에 준하여 10밀리리터들이 시험대상 욕수 5개에 대하여 양·음성 판정을 하였다.

## 연구 결과 및 고찰

### 1. 물놀이형 수경시설 수질 특성

#### 1) 미생물 특성

물놀이형 수경시설에 대한 실험 결과 및 분석

항목에 대한 수질기준은 표 2와 같다. 110건의 분석 결과 중 물놀이형 수경시설 수질기준인 대장균이 기준을 초과한 물놀이형 수경시설은 1건으로 370 MPN/100 mL의 결과가 나왔다. 추가 미생물 항목에 대한 분석결과 일반세균은 0~10000 CFU/mL 범위로 나타났으며, 총대장균군이 약 25% 검출되었고 분원성대장균군이 약 8% 검출되었다. 분원성대장균군은 사람이나 다른 포유동물, 조류의 분변에 많은 수가 항상 존재하고 분변으로 오염된 물이나 토양에서 주로 발견된다(17). 물놀이형 수경시설은 외부 환경에 노출되어 있으므로 주변에 서식하는 조류 등의 분변이나 어린이들이 물놀이용으로 이용할 때 엉덩이를 물에 접촉시키는 등의 행동을 통해 오염되어 검출된 것으로 판단된다.

조(18)의 연구에 따르면 물놀이형 수경시설의 용수가 어떤 종류의 대장균에 오염되었는지에 따라 위해도가 달라지는데, 고병원성인 EHEC (*enterohemorrhagic E. coli* O157:H7)가 존재할 경우 어린이들이 발병할 가능성이 충분히 있다고 밝혔다. 또한 수영장과 비교하여 미생물 항목에서 높은 검출률을 보였는데, 이는 물놀이형 수경시설의 경우 수영장에 비하여 소독 중요성에 대한 인식이 낮기 때문이라고 판단된다. 따라서 안전한 물놀이를 위해서는 철저한 관리와 소독이 필요할 것이다.

#### 2) 이화학 특성

물놀이형 수경시설 수질기준인 pH, 탁도와 수영장 수질기준에 해당하는 과망간산칼륨소비량, 비소, 수은, 알루미늄 분석결과 141건 모두 적합한 것으로 확인되었다. 과망간산칼륨소비량은 평균 2.4 mg/L로 기준보다 매우 낮게 나왔지만 표준편차가 2.1 mg/L로 다른 항목들에 비하여 높게 나타나 물놀이형 수경시설에 따라 과망간산칼륨소비량에 편차가 심한 것으로 나타났다.

탁도의 경우, 물놀이형 수경시설 수질기준인 4 NTU는 모든 물놀이형 수경시설에서 적합했지만 수영장 수질기준인 1.5 NTU를 초과하는 곳은 약 5%로 나타났다. 물이 고여 있지 않은 바닥 분수 등의 경우엔 큰 문제가 없겠지만 계류, 연못 등의

**Table 1. Analysis method and Equipment**

Item	Method	Equipment
Cyanide	ES 05352.2 Continuous Flow Analysis	SYNCA, BLTEC
Aluminum	ES 05409.4a Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry	DE/SPECTRO MS, SPECTRO
Arsenic	ES 05405.3b Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry	DE/SPECTRO MS, SPECTRO
Mercury	ES 05407.1b Cold Vapor/ Atomic Absorption Spectrometry	RA-3420C, NIC
Consumption of KMnO <sub>4</sub>	ES 05302.1b Acid	-
pH	ES 05306.1b Electrometric Method	Arion 3star, Thermo
Turbidity	ES 05305.1b	WA-2200K, Nippon Denshoku
<i>Escherichia coli</i>	ES 05705.3b Enzyme Substrate Method	-
Total Colony Counts	ES 05702.1a Pour plate Method	-
Total Coliforms	ES 05703.1a Multiple Tube Fermentation Technique	-
Fecal Coliforms	ES 05704.1b Multiple Tube Fermentation Technique	-

**Table 2. Waterscape Facilities water analysis results**

	Standard	Range	Mean ± SD
<i>Escherichia coli</i> (MPN/100 mL)	≤ 200 <sup>1)</sup>	0~370	5.91 ± 34.04
Total Colony Counts(CFU/mL)	≤ 100 <sup>3)</sup>	0~10000	1078.4 ± 1813.1
Total Coliforms(/100 mL)	Negative <sup>3)</sup>	Positive or Negative	-
Fecal Coliforms(/100 mL)	Negative <sup>3)</sup>	Positive or Negative	-
KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	≤ 12 <sup>2)</sup>	0~11.9	2.4 ± 2.1
pH	5.8~8.6 <sup>1)</sup>	6.6~8.4	7.4 ± 0.3
Turbidity(NTU)	≤ 4 <sup>1)</sup>	0~3.44	0.29 ± 0.55
As(mg/L)	≤ 0.05 <sup>2)</sup>	ND~0.005	0.005
Hg(mg/L)	≤ 0.007 <sup>2)</sup>	ND	-
Al(mg/L)	≤ 0.5 <sup>2)</sup>	ND~0.17	0.04 ± 0.03
CN(mg/L)	≤ 0.01 <sup>3)</sup>	ND	-

1) Waterscape Facilities water quality standard

2) Swimming pool water quality standard

3) Drinking water quality standard

시설에서는 높은 탁도로 인하여 심미적으로 미관상 불쾌감을 유발 할 수 있다.

## 2. 수영장 수질 특성

### 1) 미생물 특성

우리나라는 수영장에서 미생물에 대하여 대장균군을 기준으로 정하고 규제하고 있다. 미국의 경우 총대장균군과 분원성대장균군을 수영장 수질기준으로서 지정하고 있으며, 호주의 경우에는 일반세균을 수영장 수질기준으로 규제하고 있다(19). 이에 따라 수영장의 미생물 항목 확대 조사를 위하여 대장균군 및 일반세균과 총대장균군, 분원성대장균군에 대하여 분석하였다. 수영장에 대한 분석 결과는 표 3과 같다. 135건의 미생물 분석 결과 중 대장균군이 수영장 수질기준에 부적합한 수영장은 1건으로 3개의 시험관에서 양성반응을 보였다.

일반세균은 0~3,600 CFU/mL의 범위로 나타났다으며 먹는물 수질기준인 100 CFU/mL를 초과

하는 곳이 약 28%였다. 일반세균은 일반적으로 무해하며 병원균은 아니지만 대장균군보다 오염지표로서 감도가 높으며, 일부 세균은 염소소독에 내성이 강하기 때문에 높게 검출되었다. 먹는물 수질기준에 따라 시료량을 100 ml 기준으로 총대장균군 실험 결과 전체 분석건수의 약 3%에서 검출되었으며, 분원성대장균군은 검출되지 않았다. 대장균은 비병원성으로서 그 자체가 질병을 일으키진 않지만 사람이나 동물의 배설물 등에 의한 오염도를 표시하는 지표로서 수영장의 경우에는 비교적 소독이 잘되고 있음을 확인할 수 있었다.

### 2) 이화학 특성

수영장 297건의 이화학적 특성을 조사한 결과 과망간산칼륨소비량 1건 및 알루미늄 1건이 수영장 수질기준을 초과 한 것으로 나타났다. 과망간산칼륨소비량은 산화되기 쉬운 무기물이나 유기물에 의한 소비량을 측정하는 것으로 분뇨나 땀 등의 오염정도가 심할 경우 과망간산칼륨소비량이

**Table 3.** Swimming pool water analysis results

	Standard	Range	Mean±SD
<i>Escherichia coli</i>	≤ 2 <sup>1)</sup>	0~3	-
Total Colony Counts(CFU/mL)	≤ 100 <sup>2)</sup>	0~3600	363 ± 764
Total Coliforms(/100 mL)	Negative <sup>2)</sup>	Positive or Negative	-
Fecal Coliforms(/100 mL)	Negative <sup>2)</sup>	Negative	-
KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	≤ 12 <sup>1)</sup>	0.2~34.8	3.9 ± 3.5
pH	5.8 ~ 8.6 <sup>1)</sup>	5.9~8.6	7.5 ± 0.4
Turbidity(NTU)	≤ 1.5 <sup>1)</sup>	0~1.05	0.11 ± 0.16
As(mg/L)	≤ 0.05 <sup>1)</sup>	ND~0.014	0.007 ± 0.003
Hg(mg/L)	≤ 0.007 <sup>1)</sup>	ND	-
Al(mg/L)	≤ 0.5 <sup>1)</sup>	ND~0.82	0.14 ± 0.13
CN(mg/L)	≤ 0.01 <sup>2)</sup>	ND~0.02	0.002 ± 0.005

1) swimming pool water quality standard

2) drinking water quality standard

높아지지만, 건강에 대한 유해성은 알려진 바 없다. 수영장 수질기준이 초과된 수영장의 경우 과망간산칼륨소비량이 34.8 mg/L로 나타났으며, 전체 수영장의 평균은 3.9 mg/L로 다른 유사 논문과 비슷한 양상을 나타내었다(20, 21). 알루미늄이 초과 검출된 수영장은 농도가 0.82 mg/L로 검출되었다. 알루미늄은 수영장을 구성하는 다양한 요소에서 발생할 수 있는 오염원으로 고농도 존재 시 노인성 치매를 유발 할 수 있다.

수온의 경우에는 모든 수영장에 대하여 검출되지 않았으며, 탁도와 비소, pH의 경우 모두 기준 이내로 나타났다.

### 3. 수영장 및 물놀이형 수경시설의 시안 특성

수영장과 물놀이형 수경시설에서 시안을 분석한 결과는 다음과 같다. 수영장에서 시안이 정량한계(0.01 mg/L) 이상으로 검출된 곳은 297건 중 49건으로 16%의 검출률을 보였다. 수영장 및 물놀이형 수경시설을 이용할 경우 이용객이 음용할 가능성이 높으며, 시안은 현재 관리감독 하는 항목이 아니기 때문에 본 논문에서는 시안의 먹는물 수질기준을 적용해 보았다. 수영장의 분석건수 중 약 6%가 먹는물 수질기준인 0.01 mg/L를 초과하였으며 기준이내 약 10%, 불검출 약 84%로 나타났다. 수영장의 시안은 0~0.02 mg/L의 범위로 분포되어 있으며, 먹는물 수질기준의 약 2배까지 검출 되었다. 성인이 25℃의 물속에서 1시간 수영할 경우 보통 0.9~1 L의 땀을 흘리며, 소변을 몰래 배출하거나 풀 내에서 수온이 체온보다 낮기

때문에 방광의 수축으로 인해 미세한 양이기는 하지만 자동적으로 배뇨를 하게 된다(22). 이렇게 배출된 인체 노폐물과 소독제인 염소가 만나 수영장에서 염화시안(CNCl)이 생성되는 것을 본 연구를 통하여 확인 할 수 있었다.

수영장의 형태에 따라 살펴보면 실외수영장의 약 5%, 실내수영장의 약 22%에서 시안이 검출되었다. 실외의 경우 시안이 생성되어도 바람에 의하여 쉽게 날아가는 반면 실내의 경우는 상대적으로 공기가 정체되어 있어 높게 나타난 것으로 판단된다.

또한 수영장 개장시점부터 폐장시까지 시간대별 시안 검출 결과 A수영장에서는 모든 풀에서 시안이 검출되지 않았다. B수영장에서는 유아풀과 성인풀에서는 검출되지 않았지만 이용객이 상대적으로 많았던 청소년풀에서 오후 2~6시 사이에 검출되었다(그림 2.). 이는 수영장에 이용객이 많을수록 인체 노폐물과 반응하여 생성되는 염화시안의 생성이 증가되는 것으로 판단되며, 성인비율이 높았던 A수영장에 비해 가족단위의 이용객이 많았던 B수영장의 경우 어린이 이용객이 많아 예상치 못한 배뇨가 더 많이 이루어졌기 때문에 염화시안 생성이 증가된 결과라고 생각된다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 건강한 여가활동을 위해서는 이용객들의 주의를 필요할 것이며 염소소독한 수영장의 경우에는 시안에 대하여 기준을 두어 관리 감독이 필요할 것이다.

물놀이형 수경시설에서는 시안이 검출되지 않았다. 염화시안은 소독제인 염소와 인체의 노폐물인

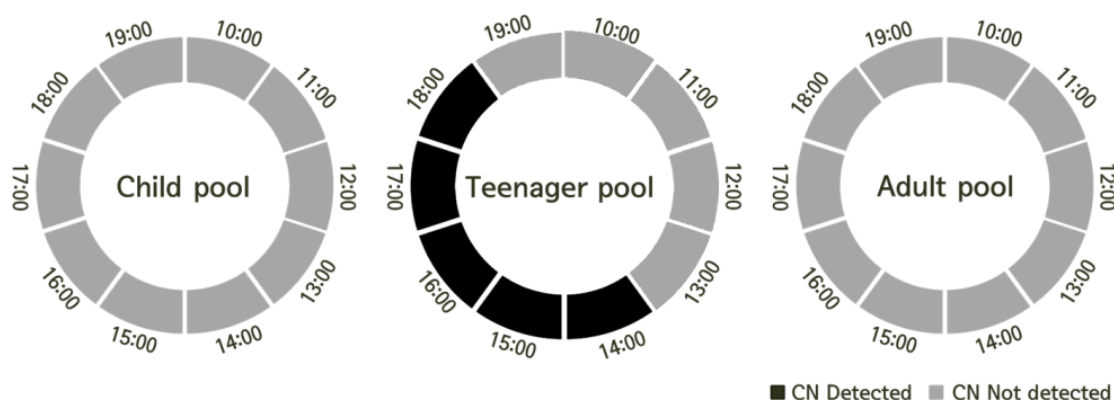


Fig. 2. Characteristics of cyanide detection by time(B swimming pool).

소변 속 요산과 주로 반응하여 생성되는데 물놀이형 수경시설은 수영장에 비하여 인체의 접촉이 제한적이며 상대적으로 적은 염소소독으로 인하여 충분한 반응조건이 형성되지 않아 생성되지 않은 것으로 판단된다.

## 결 론

본 연구는 수영장 및 물놀이형 수경시설의 수질에 대한 실태 조사를 목적으로 하였으며 연구 결과는 다음과 같다.

1. 서울지역 물놀이형 수경시설의 141건 중 1곳이 대장균 항목에 대하여 부적합한 것으로 나타났으며 pH, 탁도 항목에 대하여 물놀이형 수경시설 수질기준에 모두 적합하였고, 수영장 수질기준인 과망간산칼륨소비량, 비소, 수은, 알루미늄에 대해서 추가 조사한 결과 모두 적합한 것으로 나타났다. 그러나 탁도의 경우 물놀이형 수경시설 수질기준에는 적합하였으나 수영장 수질기준인 1.5 NTU 적용시 약 5%의 물놀이형 수경시설의 수질이 적절하지 않은 것으로 나타났다.
2. 서울지역 수영장 297건 중 3건이 수영장 수질기준에 부적합하였다. 부적합률은 1%로 항목은 대장균, 과망간산칼륨소비량, 알루미늄이었다. 그 외 pH, 탁도, 비소, 수은에 대하여 모두 적합하였다.
3. 일반세균은 수영장과 물놀이형 수경시설 모두에서 높게 나타났으며, 총대장균과 분원성대장균은 물놀이형 수경시설에서 높은 검출률을 보였다. 분원성대장균은 수영장에서 검출되지 않았다.
4. 물놀이형 수경시설에서는 시안이 검출되지 않았으며, 수영장의 경우 297건 중 약 16%에서 시안이 검출되었다. 염화시안은 인체의 노폐물 중 요산과 소독제인 염소가 반응하여 생성되므로, 수영장 이용객의 청결수칙을 강화하여 수영장을 관리하고 향후 수영장 수질기준에 반영하여 관리 감독할 필요가 있다.

## 참고문헌

1. Seoul Metropolitan Government : Seoul Statistical Yearbook, 2017.
2. Lee, JS and Chai, HK : Research on Proposal for Modification of children's swimming pool facilities and safety. The Korean Society Of Sports Science., 26(2):445~454, 2017.
3. Nett, RJ, Toblin, R, Sheehan, A, Huang, WT, Baughman, A and Carter, K : Nonhygienic behavior, knowledge, and attitudes among interactive splash park visitor. J environ Health. 73(4):8~14, 2010.
4. Hlady, WG, Mullen, RC, Mintz, CS, Shelton, BG, Hopkins, RS and Daikos, GL : Outbreak of Legionnaire's disease linked to a decorative fountain by molecular epidemiology. Am J Epidemiol., 138(8):555~562, 1993.
5. O'Loughlin, RE, Kightlinger, L, Werpy, MC, Brown, E, Stevens, V, Hepper, C, Keane, T, Benson, RF, Fields, BS and Moore, MR : Restaurant outbreak of Legionnaires' disease associated with a decorative fountain: an environmental and case-control study. BMC Infect Dis. 9(7):93, 2007.
6. Palmore, TN, Stock, F, White, M, Bordner, M, Michelin, A, Bennett, JE, Murray, PR and Henderson, DK : A cluster of cases of nosocomial legionnaires disease linked to a contaminated hospital decorative water fountain. Infect Control Hosp Epidemiol., 30(8):764~768, 2009.
7. Minshew, P., Ward, K., Mulla, Z., Hammond, R., Heber, S., and Hopkins, R. : Outbreak of gastroenteritis associated with an interactive water fountain at a beachside park—Florida. Morbidity and

- Mortality Weekly Report, 49(25):565~568, 2000.
8. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) : Outbreak of cryptosporidiosis associated with a water sprinkler fountain -Minnesota. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 16, 47(40):856~860, 1997.
  9. Lee, Jin, Ha, Kwang-Tae and Zoh, Kyung-Duk : The Characteristics of THMs Production by Different Disinfection Methods in Swimming Pools Water. Kor. J. Env. Hlth., 32(2):171~178, 2006.
  10. MacKenzie, WR, Kazmierczak, JJ and Davis, JP : An outbreak of cryptosporidiosis associated with a resort swimming pool. Epidemiology & Infection, 115(3): 545~553, 1995.
  11. Joce, RE, Bruce, J, Kiely, D, Noah, ND, Dempster, WB, Stalker, R, Gumsley, P, Chapman, PA, Norman, P, Watkins, J, Smith, HV, Price, TJ and Watts, D : An outbreak of cryptosporidiosis associated with a swimming pool. Epidemiology & Infection, 107(3):497~508, 1991.
  12. D'Angelo, LJ, Hierholzer, JC, Keenlyside, RA, Anderson, LJ and Martone, WJ : Pharyngoconjunctival fever caused by adenovirus type 4: report of a swimming pool-related outbreak with recovery of virus from pool water. The Journal of Infectious Diseases., 140(1):42~47, 1979.
  13. Turner, M, Istre, GR, Beauchamp, H, Baum, M and Arnold, S : Community outbreak of adenovirus type 7a infections associated with a swimming pool. Southern Medical Journal., 80(6): 712~715, 1987.
  14. Lee, Man-ho, Jun, Myung-jin, Kim, Hong-je, Eom, Seog-won and Choi, Han-young : Characteristics of byproducts from Three Different Disinfection Technologies Applied to Indoor Swimming Pool in Seoul. J. of the Korean Society for Environmental Analysis., 11(4):268~274, 2008.
  15. Lushi, Lian, Yue, E, Jing, Li and Ernest R. Blatchley : Volatile Disinfection Byproducts Resulting from Chlorination of Uric Acid: Implications for Swimming Pools. Environ. Sci. Technol., 48(6): 3210~3217, 2014.
  16. 국립환경과학원 : 먹는물공정시험기준, 2017
  17. 환경부, 국립환경과학원 : 먹는물 수질기준 해설서, 2017.
  18. Zo, Young-Gun : Risk Assessment of Escherichia coli Infection from Use of Interactive Waterscape Facilities. J Environ Health Sci., 38(1):73~81, 2012.
  19. 이원철, 이강현, 최진선 : 수영장 욕수 수질 기준 및 인공빙설 유해기준 설정 최종보고서, 국민체육진흥공단 체육과학연구원, 2012
  20. 이진, 박상훈, 고한성, 유동구, 전명진, 이민환, 김정현, 신정식 : 수영장 욕수의 수질에 관한 연구-서울지역을 중심으로-. 서울특별시 보건환경연구원보., 40:437~444, 2004.
  21. Daniela Dirtu, Manuela Pancu, Manuela Luminita Minea, Marin Chirazi, Ion Sandu and Alin Constantin Dirtu : Study of the Quality indicators for the Indoor swimming Pool Water Samples in Romanic. Rev.chim., 67(6):1167~1171, 2016.
  22. Park, Byoung-bae : A Comparative study on Treatments of Swimming Pool Water, Dankook University, 2003.