

수영장 옥수의 수질에 관한 연구 -서울지역을 중심으로-

음용용수팀, *연구기획팀

이 진 · 박상훈* · 고한성 · 유동구 · 전명진 · 이민환 · 김정현* · 신정식

A Study on the Water Quality of Swimming Pools in Seoul

*Drinking & Groundwater Team, *Research & Planning Team*

**Jin Lee, Sang-hun Park*, Han-sung Koh, Dong-koo Ryu,
Myung-jin Jun, Min-hwan Lee, Jung-hun kim* and Jung-sik Shin**

Abstract

This study was carried out to investigate the disinfection methods, raw water, water purification facilities, swimming pools location, management and water quality at 201 swimming pools in Seoul. Chlorine and multi-filter were used the most as a disinfectant and a water purification facility at indoor and outdoor swimming pools water. Tap water was the most in use as raw water of swimming pools. According to swimming pools water standard, the number of excess standard was 24 cases (21 of indoor, 3 of outdoor). The number of swimming pool water in excess standard of free residual chlorine were 21 cases, 2 cases of KMnO_4 consumption and 1 case of *E. coli*, respectively. In the case of indoor swimming pools water by disinfection methods, the concentration level of free residual chlorine was the highest in chlorine system, saline system was the highest in the concentration of KMnO_4 consumption. There was no difference both pH and turbidity by disinfection methods. From the forms of management in swimming pools, public management was more than private management in turbidity($p=0.0252$). but there was no difference in free residual chlorine, pH and KMnO_4 consumption by the forms of management.

Key words : pH, free residual chlorine, KMnO_4 consumption, turbidity, *E. coli*, disinfection methods

서 론

국민경제의 발전 및 생활수준의 향상과 더불어 현대사회는 교통수단의 발달, 작업의 분업화 및 단순화 등으로 인한 육체적 운동의 감소와 단순작업의 반복에 따른 정신적 스트레스가 축적되고 고도의 정밀성이나 복잡한 기계조작으로 인하여 정신적 피로가 현저하게 증가된다. 이러한 운동부족과 스트레스로부터 건강을 유지하고, 주5일 근무제의 도입으로 개인의 여가시간의 활용을 위하여 생활체육 참여율이 높아지고 있다. 1986년에 생활체육에 규칙적으로 참여하는 비율이 국민전체의 29.1%였으며 1988년에 37%, 2000년에는 65.9%로 두 배에 가까운 증가율을 보이고 있다(1). 생활체육 종목 중 우리나라 국민이 가장 즐기는 운동은 배드민턴 165만 명, 수영 153만 명, 볼링 140만 명 순으로 나타났다. 또한 미래 체육활동 인구수를 예측한 결과로는 수영인구가 2010년 1천만 명까지 증가, 생활체육 종목 1위를 차지했다(2).

수영은 건강의 보호와 증진, 그리고 심신의 단련을 목적으로 행하여지는 운동으로써, 다른 운동과는 달리 물을 매개체로 행하기 때문에 특별한 건강관리와 그에 대한 올바른 지도를 필요로 하며, 이와 함께 항상 수질과 관련된 질병과 상해를 염두에 두고 면밀한 준비를 해야 할 것으로 생각된다. 수영이 생활체육으로써 각광을 받으면서 이용자들의 계층도 유아에서부터 노인에 이르기까지 폭 넓은 층으로 다양해 졌다. 그러나 많은 입영자의 땀, 콧물, 때 등 신체 및 수영복의 부착물질의 오염과 분변으로부터 대장균, 장염균, 장티푸스균, 이질균 및 장내 세균과 각종 기생충란의 오염이 있을 수 있으므로 세균의 오염을 비롯한 수인성 질병의 발생을 최소화하기 위하여 지속적인 수질 관리가 필요하나(3,4).

수인성 질병은 유행 지역과 음용수 사용 지역이 일치하며, 환자 발생이 일시에 폭발적이며, 동일 병원체가 음용수에서 검출되고, 연령, 성별, 직업, 생활수준 등과 별로 관련 없이 일어난다. 또한 계절과 관계없이 발생하나 여름철에 빈발하며 물을 소독함으로써 예방할 수가 있다(5).

물의 염소 소독을 실시한 것은 1850년경부터 었

다. 염소는 뛰어난 살균력과 잔류성, 그리고 경제성 때문에 현재에도 가장 탁월한 소독제로 사용되고 있다. 이러한 염소는 가스 상태나 차아염소산염(hypochlorite) 형태로 사용하지만 일반적으로 가스 형태를 많이 이용한다. 염소소독 능력은 강한 산화력으로 미생물의 대사 과정에 중요한 미생물 세포의 효소를 산화시키는 것이다(6).

염소이외의 소독제의 도입에 치중하게 되면서 국내에서 주목받는 소독제로는 오존을 들 수 있다. 오존을 이용한 수 처리는 1906년 프랑스 Nice 정수장에서 처음 설치한 이래 유럽지역을 중심으로 운영되었으며, 현재 세계적으로 천여 개 이상의 정수장에서 운영되고 있으나 대부분 유럽지역에 설치되어 있다. 하지만 설치 및 운영비용이 클 뿐만 아니라 잔류성이 없어서 잔류성이 충분한 보조소독제와 함께 사용되어야 한다.

오존처리 특징은 강력한 산화력에 의해 대부분의 유해물질을 산화하며 또한 분해하는 것이 가능하며, 병원균과 박테리아에 대한 살균작용이 매우 강하며 또한 처리 후에 불쾌한 맛이나 색깔을 남기지 않는다. 오존은 자기분해 하여 산소가 되므로 2차 공해의 우려가 없다. 또한 원료는 공기(또는 산소)와 전기뿐이므로 언제라도 간단히 발생시킬 수 있다(7).

근래에는 수영장 물의 소독방법으로 염분을 이용한 해수를 인공적으로 조성한 후 전기분해를 통해 복합 살균 물질을 발생시켜 사용하는 saline system을 수영장 물 소독에 사용하고 있다. 염소는 바닷물이나 호수 등에서 자연적으로 존재하는 것이다. 염분을 이용한 인공해수(saline system)는 인체의 체액염분농도(0.9%)와 유사한 염분농도(0.4~0.6%)를 인공적으로 조성한 후 전기분해를 통해 복합 살균 물질을 발생시키는 시스템이다. Saline system의 기본원리는 on-site hypochlorite 발생으로 물 + 일반소금 + 전기분해의 3가지 요소에 의하여 복합 살균 물질인 NaOCl, O₂, O₃, OH⁻ 생성에 의하여 수영장 물을 소독한다(8).

본 연구는 서울시에 위치한 실내·외수영장의 수질을 조사하여 수질환경에 문제점을 파악하여 수영장 종사자 및 이용자들에게 보다 쾌적하고 위

생적인 환경을 조성하고 나아가 사회체육시설의 환경조건의 개선을 위한 참고 자료를 제공하는데 연구목적을 두었다.

조사방법

1. 시료채취지점 및 설문지 조사

서울시에 위치한 201개의 수영장 물을 2004년 7월 16일부터 8월 24일까지 채수하여 수영장 수질기준 5개 항목을 분석하였고, 설문지를 통하여 수영장의 위치, 수영장 욕수의 소독방법, 수영장 수질정화방법, 수영장 원수의 종류, 수영장의 운영 방법에 대하여 조사하였다.

2. 시료채취 방법

시료채취 위치는 수영장 욕조 수면 하 40 cm 깊이에서 무균 채수병에 2ℓ씩 채취하여 냉장 보관하여 분석하였다. 대장균군 분석용 시료는 욕조의 5지점을 선정하여 멸균된 튜브에 채취하고 냉장 보관하여 실험실에 도착한 즉시 실험하였다.

3. 분석방법

분석항목인 유리잔류염소는 시료 10 ml와 DPD Free Chlorine 시약을 첨가한 후 20초간 흔들여 용해시킨 후 Pocket Colorimeter Model : 46700-00(HACH, JAPAN)로 측정하였고 pH는 먹는 물 공정시험법(9)에 준하여 ORION Model 920 A(Orion Research Inc., USA)로 측정하였다. 과망간산칼륨소비량은 시료 100 ml를 미리 수개의 비등석을 넣은 삼각플라스크에 넣고 묽은황산(1+2) 5 ml와 과망간산칼륨용액(0.01 N) 10 ml를 넣어 5분간 끓인 후 수산나트륨용액(0.01 N) 10 ml를 넣어 탈색을 확인한 다음 곧 과망간산칼륨용액(0.01 N)으로 옅은 홍색이 없어지지 않고 남을 때까지 적정한다. saline system으로 처리한 수영장 물은 Ag_2SO_4 를 첨가하여 Cl^- 의 영향을 제거하였다.

탁도는 먹는 물 공정시험법에 의하여 Water Analyzer 2000(Nippon Denshoku Kogyo Co.,

LTD, JAPAN)으로 측정하였고, 대장균군은 시료를 유당이 포함된 배지에 배양할 때 대장균이 증식하면서 가스를 생성하는데 이때의 양성 시험관수를 확실적인 수치인 최적확수로 표시하는 방법으로 추정시험, 확정시험 및 완전시험의 3단계로 분석하였다.

측정된 자료는 SAS(statistical analysis system) V8 통계 패키지를 이용하여 소독방법에 따른 수질의 차이 검정과 수영장의 운영방법에 따른 수질의 차이 검정을 GLM, t-test를 통하여 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 각 자치구별 수영장 욕수의 소독방법에 따른 분포현황

서울시에 위치한 201개 수영장 욕수는 표 1과 같이 염소, 차아염소산나트륨을 보조소독제를 사용하는 오존 그리고 saline system 3가지 방법으로 소독을 하고 있다. 실내·외수영장의 소독방법 중 염소소독 44.8%로 가장 많았으며, 오존소독 42.8% 그리고 saline system 12.4% 순이었다. 하지만 실내수영장의 경우 오존소독이 가장 많았고 그 다음이 염소소독, saline system 순 이었으며, 실외수영장은 모두 염소소독만을 실시하고 있었다.

각 자치구별 수영장수를 살펴보면 강남 31개, 서초 15개, 그리고 송파 14개 순이었고 또한 강남지역이 강북지역보다 수영장이 많음을 알 수 있었다.

2. 수영장 욕수의 원수의 종류

수영장 욕수의 원수를 조사한 결과 응답률이 76%로 서울시에 소재한 수영장의 원수로는 그림 1에 나타난 것과 같이 상수도가 67%로 가장 많았으며, 상수도와 지하수를 같이 사용하는 경우는 7%, 그리고 지하수가 2%로 나타났다.

수영장 욕수의 원수에 따른 수질의 차이를 살펴보면 잔류염소와 탁도는 차이가 없었다. 하지만 지하수를 원수로 사용하는 수영장 욕수의 pH가

7.98±0.13, KMnO₄ 소비량은 7.6±3.0 ppm으로 가장 높았다.

Table 1. The number of swimming pools by area and disinfection methods

	Chlorine		Ozone	Saline system	Total
	Indoor	Out door	Indoor	Indoor	
Gangnam	7	0	19	5	31
Gangdong	3	0	1	1	5
Gangbuk	1	3	3	0	7
Ganseong	5	0	0	0	5
Gwanak	2	0	2	2	6
Gwangjin	2	3	3	0	8
Guro	0	0	4	0	4
Geumcheon	2	0	1	0	3
Nowon	1	2	5	1	9
Dobong	1	0	1	1	3
Dongdaemun	4	0	2	0	6
Dongjak	4	0	3	0	7
Mapo	1	0	2	0	3
Seodaemun	4	0	2	2	8
Seocho	4	1	7	3	15
Seongdong	5	0	1	1	7
Seongbuk	3	0	0	2	5
Songpa	2	0	11	1	14
Yangcheon	7	0	3	1	11
Yeongdeungpo	1	1	4	0	6
Yongsan	5	2	2	0	9
Eunpyeong	1	0	4	2	7
Jongno	4	1	1	3	9
Jung	4	3	4	0	11
Jungnang	0	1	1	0	2
Total	73	17	86	25	201

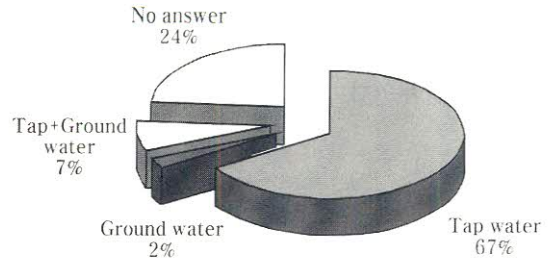


Fig. 1. Raw water distribution of swimming pools.

3. 수영장 욕수의 수질정화방법

수영장 욕수의 수질정화방법을 조사한 결과 응답률이 67%로 서울시에 소재한 수영장의 수질정화방법으로는 그림 2에 나타난 것과 같이 탱크에 자갈, 모래, 안트라사이트, 활성탄을 충전시켜 물이 이들 층을 하향식으로 통과하면서 물 속의 부유물, 탁도성분등의 입자를 여과시키는 장치인 다층여과가 48%로 가장 많았다. 다음으로는 탱크 내에 여과면을 구조토로 코팅시켜 여과하는 구조토여과 9%, 직립병렬식 엘리먼트내에 여과포에 구조토를 코팅한 후 여과하는 A1여과 6%, 그리고 모래여과가 4%였다. 또한 카넷트 여과기를 사용하는 수영장이 1곳이 있었다.

수질정화방법에 따른 수질의 특성을 살펴보면 pH와 탁도는 차이가 없었다. 하지만 잔류염소 1.38 ppm과 KMnO₄ 소비량 9.2 ppm으로 카넷트 여과를 사용하고 있는 수영장에서 가장 높게 나타났다.

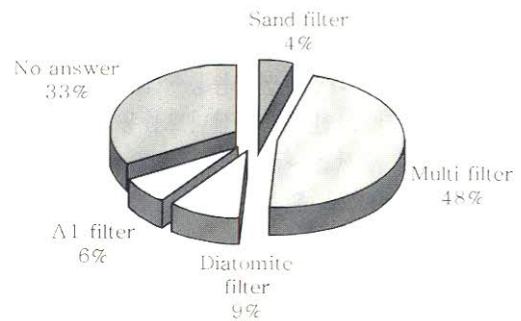


Fig. 2. Water purification facility distribution of swimming pools.

4. 수영장 옥수의 부적합 항목

수영장 옥수의 수질조사 결과 201개소 중 11.9%인 24개소(실내수영장 21개소, 실외수영장 3개소)가 수영장 옥수의 수질기준에 부적합한 것으로 나타났다.

수영장 옥수의 부적합 내역은 표 2와 같이 유리잔류염소 21개소, 과망간산칼륨소비량 2개소, 유리잔류염소 및 대장균군 1개소로서 유리잔류염소가 87.5%로 대부분을 차지하였으며, 부적합한 수영장 중 유리잔류염소가 기준치보다 낮은 곳이 10개소 높은 곳이 11개소로 나타났다.

5. 수영장 옥수의 소독방법에 따른 수질의 특성

수영장 물의 소독방법에 따른 수질의 특성은 표 3과 같다.

실내수영장의 소독방법에 따른 수질을 살펴보면, 유리잔류염소(그림 3)는 염소소독이 0.72 ± 0.39 mg/L로 차아염소산나트륨을 보조 소독제로 사용하는 오존소독(0.49 ± 0.21)과 saline system (0.49 ± 0.20) 보다 높았다($p < 0.0001$). pH(그림 4)는 염소소독(7.6 ± 0.4), 오존소독(7.5 ± 0.4), 그리고 saline system(7.7 ± 0.2)로 차이가 나타나지 않았다($p = 0.0944$). 과망간산칼륨소비량(그림 5)은 saline system 7.7 ± 3.2 mg/L로, 염소소독(3.9 ± 2.4)과 오존소독(3.4 ± 2.6)보다 높았다($p < 0.0001$).

Table 2. Number of excess of the swimming pool water standard

	Free residual Chlorine	KMnO ₄ consumption	<i>E.coli</i>
Gangnam	2	0	0
Gangdong	3	0	0
Gangbuk	0	0	0
Ganseong	0	0	0
Gwanak	1	0	0
Gwangjin	2	0	0
Guro	0	0	0
Geumcheon	1	0	0
Nowon	3	1	0
Dobong	0	0	0
Dongdaemun	0	0	0
Dongjak	0	0	0
Mapo	0	0	0
Seodaemun	0	0	0
Seocho	1	1	0
Seongdong	1	0	0
Seongbuk	1	0	0
Songpa	0	0	0
Yangcheon	3	0	0
Yeongdeungpo	2	0	1
Yongsan	1	0	0
Eunpyeong	2	0	0
Jongno	0	0	0
Jung	0	0	0
Jungnang	1	0	0
Total	24	2	1

Table 3. Contaminant values (mean±S.D) by disinfection methods

	Chlorine		Ozone	Saline system
	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor
Free residual Chlorine	0.72 ± 0.39 (0.06~2.02)	0.66 ± 0.27 (0.07~1.19)	0.49 ± 0.21 (0.10~1.48)	0.49 ± 0.20 (0.08~0.89)
pH	7.6 ± 0.4 (6.2~8.5)	7.6 ± 0.3 (6.6~8.0)	7.5 ± 0.4 (6.3~8.3)	7.7 ± 0.2 (7.3~8.2)
KMnO ₄ consumption	3.9 ± 2.4 (0.5~10.2)	4.1 ± 2.5 (1.4~11.0)	3.4 ± 2.6 (0.3~16.0)	7.7 ± 3.2 (1.7~14.5)
Turbidity	0.20 ± 0.3 (0.01~2.20)	0.38 ± 0.41 (0.01~1.24)	0.17 ± 0.2 (0.02~1.05)	0.14 ± 0.11 (0.02~0.45)
<i>E.coli</i>	0.07 ± 0.6 (0~5)	0	0	0

과망간산칼륨소비량을 실험할 때 saline system으로 처리한 수영장 물은 Ag_2SO_4 를 첨가하여 Cl^- 의 영향을 제거하였다. 하지만 saline system의 공정상 소금을 이용하기 때문에 소금에 함유된 유기물질에 의하여 과망간산칼륨소비량이 다른 소독 방법보다 높은 것으로 여겨진다. 탁도는 염소소독 (0.20 ± 0.3), 오존소독 (0.17 ± 0.2), 그리고 saline system (0.14 ± 0.11)로 차이가 나타나지 않았다 ($p=0.5487$). 대장균군은 염소소독을 하는 실내수영장 한 곳에서 검출되었으며, 이는 수영장의 염소주입장치의 고장으로 소독을 실시하지 않았기 때문으로 나타났다(그림 6).

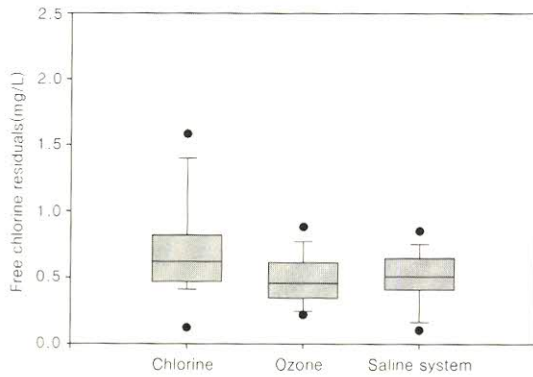


Fig. 3. Box plot of free chlorine residuals by disinfection methods at indoor swimming pools.

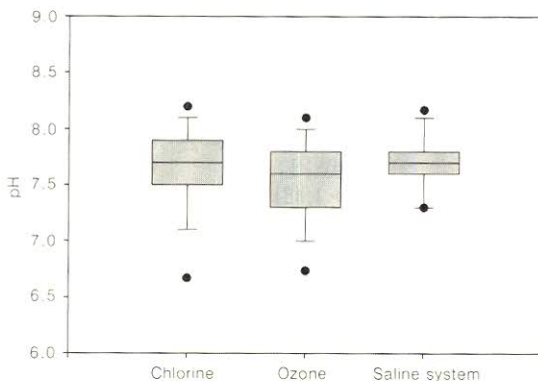


Fig. 4. Box plot of pH by disinfection methods at indoor swimming pools.

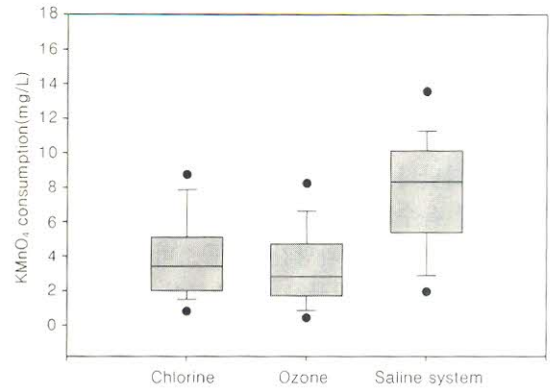


Fig. 5. Box plot of $KMnO_4$ consumption by disinfection methods at indoor swimming pools.

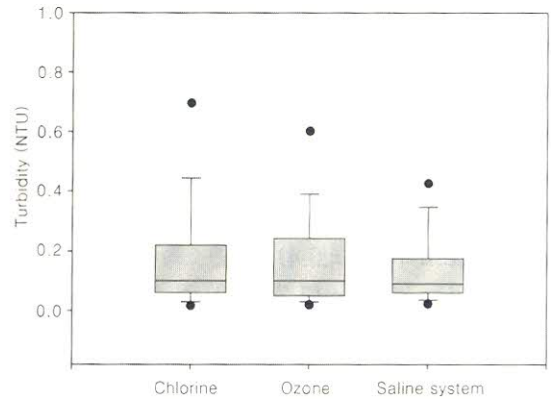


Fig. 6. Box plot of Turbidity by disinfection methods at indoor swimming pools.

6. 공공 및 사설 수영장별 수질의 특성조사

서울시에 위치한 수영장 중 운영방법에 따라 공공기관에서 관리하는 수영장은 55개, 사설 수영장은 146개였다. 수영장 운영방법에 따른 욕수의 수질의 차이는 표 4와 같다. 유리잔류염소, pH, 과망간산칼륨소비량은 운영방법에 따른 수질의 차이가 없었다. 그러나 탁도는 공공기관에서 관리하는 수영장과 사설 수영장 모두 기준이하였지만, 공공기관에서 관리하는 수영장이 사설 수영장보다 높았다($p=0.0252$). 또한, 대장균군은 사설 수영장 146개 중 1곳에서 검출되었고, 공공기관에서 관리하는 수영장에서는 검출되지 않았다.

Table 4. Contaminant values(mean±S.D) by management

	Standard	Public goods (n=55)	Private goods (n=146)	p
Free residual Chlorine	0.4~1.0	0.57±0.28 (0.11~1.48)	0.60±0.32 (0.06~2.02)	0.3573
pH	5.8~8.6	7.5±0.3 (6.3~8.1)	7.6±0.4 (6.2~8.5)	0.1531
KMnO ₄ consumption	12	4.3±2.7 (0.4~10.7)	4.2±2.9 (0.3~16.0)	0.3426
Turbidity	2.8	0.21±0.31 (0.01~2.20)	0.19±0.24 (0.01~1.24)	0.0252*

* p<0.05

결론

서울시에 위치한 201개의 수영장 욕수를 채수하여 수영장 수질기준 5개 항목을 분석하였고 설문지를 통하여 수영장의 위치, 수영장 욕수의 소독방법, 수영장 수질정화방법, 수영장 원수의 종류, 수영장의 운영방법에 대하여 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실내·외수영장의 소독방법 중 염소소독 44.8%로 가장 많았으며, 오존소독 42.8% 그리고 saline system 12.4% 순이었다. 하지만 실내수영장의 경우 오존소독이 가장 많았고 그 다음이 염소소독, saline system 순이었다. 그리고 실외수영장은 모두 염소소독만을 실시하고 있었다.
2. 수영장의 욕수의 원수로는 상수도가 67%로 가장 많았으며, 상수도와 지하수를 같이 사용하는 경우는 7%, 그리고 지하수가 2%로 나타났다.
3. 수영장의 욕수의 수질정화방법으로는 다층여과가 48%로 가장 많았다. 그 다음으로는 규조토여과 9%, A1여과 6%, 그리고 모래여과가 4%였다.
4. 수영장 욕수의 수질조사 결과 201개소 중 11.9%인 24개소(실내수영장 21개소, 실외수영장 3개소)가 수영장 욕수의 수질기준에 부적

합한 것으로 나타났다. 수영장 욕수의 부적합 내역을 살펴보면 유리잔류염소 21개소, 과망간산칼륨소비량 2개소, 유리잔류염소 및 대장균 군 1개소였다.

5. 실내수영장의 소독방법에 따른 수질은 유리잔류염소는 염소소독이 0.72±0.39mg/L로 가장 높았고 과망간산칼륨소비량은 saline system 7.7±3.2mg/L로 가장 높았다. pH와 탁도는 소독방법에 따른 차이가 나타나지 않았다.
6. 욕수의 유리잔류염소, pH, 과망간산칼륨소비량은 수영장 운영방법에 따른 수질의 차이가 없었다. 하지만 탁도는 공공기관에서 관리하는 수영장이 사실 수영장보다 높았다(p=0.0252).

참고문헌

1. 오일영 : 생활체육 참여율 제고를 위한 정책방안, 국민생활체육 진흥 학술 세미나, 2002.
2. 나상준 : 지역별체육시설 분포비교분석과 확충현황, 한양대학교 박사학위논문, 2001.
3. 윤필규 : 수영장 이용자들의 건강관리를 위한 수질처리실태에 관한 연구, 용인대학교 대학원 석사학위 논문, 1996.
4. 정문식, 구성희 : 환경위생학, 신평출판사, 1998.

5. 서부갑, 서광석, 박종웅 : 친환경위생학, 대학서림, 1997.
6. 최윤희 : 상수중 염소 소독부산물의 생성인자와 발생특성에 관한 연구, 연세대학교 박사학위논문, 1999.
7. 송명석 : 기존정수처리장에서 트리할로메탄 생성 및 제거 특성에 관한 연구, 아주대학교 석사학위논문, 1996.
8. www.seokumaqua.com
9. 환경부 : 먹는물 수질 공정시험법, 1999.
10. 2003년도 수질관리자 세미나, 한국수영장경영자협회, 2003.
11. 수영장경영자 교육교재, 한국수영장경영자협회.
12. 환경부 : 먹는물 관리법, 1999.