

## 치과용 유니트 수계의 미생물 오염 및 효과적인 관리 방법

윤혜영 · 이시영<sup>†</sup>

강릉원주대학교 치과대학 구강미생물학교실 및 구강과학연구소

### The Microbial Contamination and Effective Control Method of Dental Unit Water System

Hye Young Yoon and Si Young Lee<sup>†</sup>

Department of Oral Microbiology, College of Dentistry, Research Institute of Oral Science, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

Dental chair unit (DCU) is the most essential equipment for the dental treatment in dentistry. DCU output water is used for various applications during dental treatment. DCU output water must be clean at the same level as drinking water since patients and dental staff are regularly exposed to water and aerosols generated from the DCU. Many studies demonstrated that DCU output water is frequently contaminated with microorganisms including opportunistic pathogen such as *Legionella* and *Pseudomonas* species. Thus, DCU output water may be a potential source of infection. In order to reduce microbial contamination levels in DCU output water, periodic management and continuous disinfection are necessary. Currently, there are a variety of disinfection methods for managing DCU output water and its efficacy is also diverse. We reviewed the level of microbial contamination, clinical implications of contaminated DCU output water and the various DCU disinfection methods.

**Key Words:** Biofilms, Dental infection control, Disinfection, Water microbiology, Water quality

### 서론

치과용 유니트(dental chair unit, DCU)는 치과에서 치과 치료를 위해 필요한 가장 중요한 장비이다. DCU에는 초음파치석제거기(ultrasonic scaler), 고속 핸드피스(high-speed handpiece), 공기-물사출기(air-water syringe) 등 여러 부속 치과용 기구가 연결되어 있다. 대부분의 치과치료에는 이 부속 치과용 기구에서 배출되는 물을 사용한다. 예를 들어, 치아와 부속 치과용 기구 사이 마찰로 발생하는 열을 식히고 시야를 확보하기 위해서, 혹은 소독 후 세척을 위해서 이 물을 사용한다. 환자들은 치과치료 중 부속 치과용 기구에서 배출되는 물에 직접적으로 접촉이 되고, 치과 의사, 치과 위생사, 치과 조무사 등 치과 종사자들은 기구에서 발생하는 에

어로졸에 항상 노출되어 있기 때문에, DCU에서 배출되는 물은 음용수보다 더 높은 수준으로 깨끗해야 한다. 하지만 여러 연구자들의 실험을 통해 DCU에서 배출되는 물이 높은 수준으로 미생물에 오염이 되어 있다는 것이 밝혀졌고<sup>1-7)</sup>, 그 중 면역력이 저하된 사람에게 병원성을 보이는 세균들도 검출되었기 때문에, 치과치료 중 사용되는 물로 인해 환자가 세균에 감염될 수 있는 가능성이 제시되어 왔다<sup>8-11)</sup>. 따라서, 미국치과 의사협회에서 치과용수 내 세균 수를 밀리리터 당 200 colony forming units (CFU) 이하로 유지할 것을 권고하고 있다<sup>12)</sup>. 오염된 치과용수 사용으로 치과에 방문한 환자들이 세균에 감염되었다는 사례가 국내에는 없지만, 현재 DCU 물과 관련된 논란은 계속되고 있다. DCU 물에 관한 논란과 환자들의 불안감을 줄이고 좀 더 양질의 치과 치료

Received: May 20, 2015, Revised: July 2, 2015, Accepted: July 6, 2015

ISSN 1598-4478 (Print) / ISSN 2233-7679 (Online)

<sup>†</sup>Correspondence to: Si Young Lee

Department of Oral Microbiology, College of Dentistry, Research Institute of Oral Science, Gangneung-Wonju National University, 7 Jukheon-gil, Gangneung 25457, Korea

Tel: +82-33-640-2455, Fax: +82-33-642-6410, E-mail: siyoung@gwnu.ac.kr

Copyright © 2015 by the Korean Society of Dental Hygiene Science

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

를 제공하기 위해서는 DCU 물의 세균 오염수준을 권고하는 기준치( $\leq 200$  CFU/ml)로 유지하는 것이 중요하다. DCU 물의 세균 오염수준을 낮추기 위해서는 DCU 물의 주기적인 관리와 지속적인 소독처리가 필요하다. 현재 DCU 물을 관리하기 위해서 필터와 독립적인 저수통이 설치된 재설계한 DCU를 사용하거나 환자진료 전과 후 수관에서 물을 배출시키거나 화학 소독제로 주기적으로 수관을 청소하는 등 다양한 방법들이 사용되고 있으며, 각각의 방법들마다 그 효능 또한 다양하다. 본 논문의 목적은 DCU 물의 세균 오염 수준과 오염된 DCU 물의 임상적 위험성에 대하여 그동안 출판된 논문들의 실험 결과를 근거로 하여 설명하고, 세균 오염을 방지하기 위한 여러 가지 관리 방법들을 검토하는 것이다.

## 본 론

### 1. 치과용 유니트 수계(dental unit water system)의 세균 오염

#### 1) 세균 오염 수준

DCU로 공급되는 물은 일반적으로 독립적인 저수통이나 중앙 급수 시스템으로 제공된다. 치과 병원같이 많은 DCU를 갖춘 일부 대형 치과들은 탱크에 저장한 도시용수를 중앙 급수 시스템이 조절하여 물을 공급하지만, 작은 치과의원의 DCU에는 독립적인 저수통이 연결되어 있어 깨끗하게 처리한 물을 저수통에 담아 둔 후 사용한다<sup>13)</sup>. 대부분 DCU에 공급되는 물은 세균의 함량이 적은 깨끗한 물을 사용한다. 하지만 DCU에서 배출되어 환자의 구강에 접촉되는 물은 높은 수준으로 세균에 오염되어 있는 것으로 보고되고 있다<sup>1,2)</sup>. 터키의 개인치과에서 사용되는 DCU에서 배출되는 물의 오염도를 측정 한 Uzel 등<sup>3)</sup>의 연구에서는 DCU 물이 최대  $3.0 \times 10^5$  CFU/ml까지 나타났으며, 영국 개인치과에서 사용되는 DCU의 물 오염도를 조사한 Walker 등<sup>4)</sup>의 연구에서는 최대  $6.4 \times 10^4$  CFU/ml로 나타났다. 또 Barbeau 등<sup>5)</sup>이 캐나다 치과대학 병원의 DCU를 대상으로 세균 오염도를 조사한 결과, 최대  $2.6 \times 10^5$  CFU/ml의 세균 오염도를 보여주었고, 같은 논문에서 새로운 DCU 설치 후 5일 안에  $2.0 \times 10^5$  CFU/ml까지 세균에 오염되는 것을 확인하였다. 국내 치과대학 병원의 DCU를 대상으로 오염도를 조사한 Lee 등<sup>6)</sup>의 연구에서는 최대  $3.7 \times 10^4$  CFU/ml의 세균 오염도를 보여주었다. 또한 국내 치과대학 임상 시뮬레이션 실습실에서 학생들의 임상 실습을 위해 사용되는 DCU의 세균 오염도를 조사한 Yoon과 Lee의 연구<sup>7)</sup>에서는 최대  $3.9 \times 10^4$

CFU/ml의 오염도를 나타내면서, 치과 종사자뿐만 아니라 치과대학 학생들도 오염된 DCU의 물에 노출되어 있음을 보여주었다.

#### 2) 오염 세균의 종류

DCU의 물에는 대부분 종속영양성세균(heterotrophic bacteria)을 포함하며 그 중 Yabune 등<sup>14)</sup>이 연구를 통해 *Sphingomonas paucimobilis*, *Acinetobacter haemolyticus*, *Methylobacterium mesophilicum*을 지배적인 세균종으로 보고하였다. Barbeau 등<sup>5)</sup>은 DCU 물에 존재하는 세균 종을 확인한 결과, *S. paucimobilis*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *M. mesophilicum*이 각각 41%, 23%, 19%로 검출되어 이 종들이 DCU의 물 내 주요 세균임을 보여주었다. 유럽 일곱 국가의 DCU 물의 오염도를 비교한 Walker 등<sup>1)</sup>의 연구에서, *Legionella* species (spp.)와 *Pseudomonas* spp.는 각각 최대 11%, 13%로 검출됐고, *Mycobacterium* spp.는 두 세균 종보다는 높은 50% 이상으로 검출되었다. 다른 논문에서는 *P. aeruginosa*와 *L. pneumophila*가 각각 86.7%로 검출되어 DCU 물 내 기회감염성 병원균의 높은 오염수준을 보여주었다<sup>8,9)</sup>. 검출되는 또 다른 세균 종으로 *Actinomyces* spp., *Fusobacterium* spp., *Lactobacillus* spp., *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp.가 포함되며, 이 종들은 치과 치료 중 환자의 구강에서 유래한 것으로 보인다<sup>4)</sup>. 이는 환자 진료 후 DCU의 물에 남아있는 구강 세균이 다음 환자 진료 시 환자 구강 내로 옮겨질 수 있는 증거가 되면서 환자와 환자 사이에 교차감염이 일어날 수 있음을 시사한다<sup>4,12)</sup>. 또한 세균보다 낮은 밀도로 존재하고, 보급률도 낮지만, 진균과 원생 동물도 DCU에서 배출되는 물에 존재한다<sup>15,16)</sup>. 그 외 DCU 물에서 검출되는 세균 종들은 Table 1과 같다<sup>17,18)</sup>. 최근 연구에 따르면 유리 염소로 처리한 음용수에서 발견되는 오염 세균의 양상은 처리되지 않은 물의 세균 오염 양상과 차이가 난다고 보고되었다<sup>19)</sup>. 이러한 사실은 치과용 유니트 수관(dental unit waterline, DUWL)의 물 공급원이 유리 염소가 포함된 수돗물인지 아닌지에 따라라도 오염 세균의 양상에 영향을 있을 것으로 판단된다. 최근에는 차세대 염기서열 결정 방법이 개발됨에 따라, 음용수 및 수돗물 샘플의 오염 세균 종을 더 광범위하고 정확하게 동정할 수 있게 되었다<sup>20,21)</sup>. DUWL의 오염 세균 종도 이 방법을 이용하면 현재까지 보고되어 있는 오염 세균 종보다 더 다양한 양상을 보여줄 것으로 생각된다.

**Table 1.** List of Microorganisms Detected in Water of Dental Unit Water System<sup>17,18)</sup>

Bacteria	Protozoa	Fungi
<i>Achromobacter xyloxidans</i>	<i>Acanthamoeba</i> spp. <i>Cryptosporidium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp. <i>Aspergillus</i> spp. <i>Candida</i> spp. <i>Citromyces</i> spp. <i>Cladosporium</i> spp. <i>Geotrichum candidum</i> <i>Phoma</i> spp. <i>Penicillium</i> spp. <i>Sclerotium sclerotiorum</i> <i>Scopulariopsis</i> spp.
<i>Acinetobacter</i> spp.		
<i>Actinomyces</i> spp.		
<i>Alcaligenes denitrificans</i>		
<i>Bacillus</i> spp.		
<i>Bacterioides</i> spp.		
<i>Brevundimonas vesicularis</i>		
<i>Burkholderia cepacia</i>		
<i>Caulobacter</i> spp.		
<i>Flavobacterium</i> spp.		
<i>Fusobacterium</i> spp.		
<i>Klebsiella pneumonia</i>		
<i>Lactobacillus</i> spp.		
<i>Legionella</i> spp.		
<i>Methylobacterium mesophilicum</i>		
<i>Micrococcus</i> spp.		
<i>Moraxella</i> spp.		
<i>Mycobacterium</i> spp.		
<i>Nocardia</i> spp.		
<i>Ochrobactrum anthropic</i>		
<i>Pasteurella</i> spp.		
<i>Proteus vulgaris</i>		
<i>Pseudomonas</i> spp.		
<i>Serratia marcescens</i>		
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>		
<i>Streptococcus</i> spp.		

spp.: species.

## 2. 수관 바이오필름

### 1) 수관 바이오필름의 특징

DUWL과 같은 수생 환경에서 흔하게 볼 수 있는 바이오필름은 수관의 내부 표면에 부착하여 성장하는 세균, 곰팡이, 바이러스 등 여러 종류로 이루어진 복잡한 미생물 덩어리이다<sup>12,15,22,23)</sup>. 자유롭게 떠다니는 미생물이 수관의 내부 표면에 부착하며, 이 부착한 미생물은 세포 외 다당류(exopolysaccharide)를 생산하게 된다<sup>24-26)</sup>. 이 세포 외 다당류는 미생물을 수관 표면에 고정시키면서 다른 떠다니는 미생물과 군집을 이루도록 도와준다<sup>26-28)</sup>. 미생물군집이 세포 외 다당류로 인해 이웃하는 미생물 군집과 뭉치면서 바이오필름을 형성하게 된다<sup>12,29)</sup>. 바이오필름을 구성하는 미생물의 세포분열과 새로운 미생물의 추가적 보충을 통해서 바이오필름은 점점 두꺼워진다<sup>22,27,29)</sup>.

Cobb 등<sup>30)</sup>의 논문에서 수관을 전자현미경으로 확인한 결과, 수관 내면을 바이오필름이 덮고 있으며, 바이오필름이 미생물과 세포 외 기질로 구성되어 있는 것을 보여주었다. 현미경의 고배율에서 구균, 짧고 중간길이의 막대균, 나선형모양의 세균과 같은 다양한 미생물의 형태가 관찰되었다. 또한 타원형의 포자와 같은 구조도 자주 관찰되었으며, 이것은 진균 포자를 나타내는 것으로 추측되었다. 또한 전자현미경을 통해 수관에서 4주동안 성장한 바이오필름의 두께가 30 μm까지 도달하는 것을 확인하였다<sup>31)</sup>.

수관 바이오필름은 DCU에 공급되는 물에 소량으로 존재하는 미생물을 기원으로 하며<sup>29)</sup>, 낮은 유속, 진료시간 외 빈번한 물의 정체, 플라스틱으로 구성된 좁은 내경의 수관은 미생물의 부착과 군집화를 증가시켜 바이오필름을 형성하는 좋은 환경을 제공한다<sup>12,32,33)</sup>. 또한 DUWL은 막 흐름(luminal flow)이라는 특징의 물의 흐름을 가진다<sup>12,22,34)</sup>. 막 흐름이란 수관 내부에 물이 흐를 때, 수관 중심에서 유속이 가장 빠르고 벽으로 갈수록 유속이 느려지는 현상을 말한다. 막 흐름의 현상으로 벽의 물은 표면에 미생물이 부착하고 군집을 이루는 것을 허용하면서 사실상 정체되어있다<sup>22,34)</sup>. 비록 바이오필름이 수관 내부 벽에 고정되어 남아있더라도, 일부 미생물들은 물의 유속으로 인해 바이오필름으로부터 떨어져 나온다. 이렇게 떨어져 나온 미생물들이 환자의 구강 안이나 치과 기구에서 발생하는 에어로졸과 미세 물방울을 통해 환자와 치과종사자의 폐로 들어갈 수 있다<sup>12)</sup>. 따라서 DUWL 바이오필름은 DCU에서 배출되는 물을 지속적으로 오염시키는 미생물의 서식처이자 교차 감염의 잠재적 원천 역할을 할 수 있다<sup>10,25,35,36)</sup>.

### 2) 수관 튜빙의 재질과 바이오필름

보통 수관 튜빙은 polyurethane 혹은 polyvinylchloride로 이루어져 있다. 이 물질들은 세균이 영양소로 사용할 수 있는 경화제와 첨가제를 포함하고 있기 때문에 바이오필름 형성을 위해 세균이 선호하는 물질이다<sup>28)</sup>. 또한 세균 성장을 억제하기 위해 물에 첨가되는 염소는 polyurethane 튜빙에 의해 흡수되어, 물 속 염소의 농도가 감소하게 된다<sup>14)</sup>. 불소로 내면을 코팅한 튜빙의 세균 부착 억제 효과를 시험한 Yabune 등<sup>37)</sup>의 연구에서, 일반 polyurethane 튜빙보다 불소로 코팅한 튜빙의 내면에 세균의 초기 부착이 억제되는 것을 보여주었다. 또한 이 불소 코팅 튜빙은 DCU 물 속 염소를 덜 흡수시켜 세균 성장을 방지하기 위해 더 유리할 수 있다고 설명하였다.

### 3. 기회병원성 세균의 임상적 영향(clinical implications)

#### 1) 기회병원성 세균

DCU에서 배출되는 물에서 검출되는 기회감염성 병원균으로 *S. paucimobilis*, *M. mesophilicum*, *Pseudomonas* spp., *Legionella* spp., 비결핵성 *Mycobacterium* spp.가 있다. *S. paucimobilis*는 면역력이 저하된 사람에게 뇌수막염, 폐혈증, 균혈증, 복막염 일으키는 기회감염성 병원균으로 알려져 있고<sup>38)</sup>, *M. mesophilicum*는 림프종이 있는 어린이에게 균혈증을 유발하는 것으로 보고되고 있다<sup>39)</sup>. *Pseudomonas* spp., 특히 *P. aeruginosa*는 요로감염, 창상 감염, 폐렴 등을 비롯한 병원 내 감염의 주요 세균 중 하나이다<sup>40)</sup>. 이 세균은 항생제를 포함하여 살생물제에 대하여 내성이 매우 크고, 클로르헥시딘(chlorhexidine)과 아이오도포(iodophor)와 같은 희석된 소독제에서 성장할 수 있으며, 치과용 유니트 수계(dental unit water system, DUWS)로 공급되는 증류수처럼 낮은 영양환경에서 번식할 수 있다<sup>13)</sup>. *Legionella* spp.는 다양한 수계에 존재하며, 에어로졸이 주요 감염 경로 중 하나이다. *Legionella* spp.는 폐렴 형태의 재향군인병(Legionnaires' disease)과 비폐렴 형태의 폰티악열병(Pontiac fever)이라는 두 가지 질병의 원인균으로 알려져 있고 재향군인병은 *Legionella* spp. 중 특히 *L. pneumophila*에 의해서 유발된다<sup>41,42)</sup>. 비결핵성 *Mycobacterium* spp.란 *Mycobacterium tuberculosis*와 *Mycobacterium leprae*를 제외한 mycobacterial spp.를 말한다<sup>11,43)</sup>. 대부분의 비결핵성 *Mycobacterium* spp.는 폐질환과 피부질환, 임파선염, 다발성 감염(disseminated infection)을 일으키는 잠재적 병원균이다<sup>44)</sup>. 감염된 숙주에 의해 전염될 수 있는 *M. tuberculosis*와는 달리 비결핵성 *Mycobacterium* spp.는 흙, 자연수, DUWL과 같은 물 분배 시스템에 존재하며, 사람에서 사람으로 쉽게 전염되지 않는 기회병원균으로 간주된다<sup>11,36)</sup>.

#### 2) 기회병원성 세균 감염사례

Martin<sup>45)</sup>의 연구에서, 면역력이 저하된 두 명의 암환자

구강에서 *P. aeruginosa*에 의해 발생한 농양이 *P. aeruginosa*에 오염된 DUWS에서 배출된 물의 노출과 관련이 있음을 보고했다. 같은 연구에서, *P. aeruginosa*에 오염된 DUWS의 물을 3~5주 동안 노출시킨 건강한 환자 78명의 치아우식증 부위에서 *P. aeruginosa*의 분리를 보고했다<sup>25,45)</sup>. 이 연구 결과는 오염된 DUWS의 물로 인해 질병이 전염될 수 있는 가능성의 설득력 있는 증거를 제공한다. Atlas 등<sup>46)</sup>은 *Legionella* spp.로 오염된 DCU의 물에 노출된 결과, 재향군인병의 경우로 사망한 것으로 생각되는 교정전문의를 보고했다. 사망 원인이 DCU 물 내 존재한 *Legionella* spp.로 단정할 수는 없지만, 사망한 치과 의사의 DCU 물에서 높은 수준의 *Legionella* spp.가 발견된 만큼, DCU에서 발생한 에어로졸이 *Legionella* spp. 감염의 원인이 될 가능성이 높다. Oppenheim 등<sup>47)</sup>과 Fotos 등<sup>10)</sup>의 연구에서는 치과종사군이 비치과종사군보다 *Legionella* 항체가 높고, 임상에서의 노출시간이 증가할수록 *Legionella* 감염 위험이 증가한다는 것을 보여주었다. 오염된 DUWS의 물이 환자와 치과종사자의 건강과 관련한 연구는 부족하지만, 이러한 연구 결과들은 DUWS의 물이 잠재적 감염의 원인이 될 수 있음을 제시해 주고 있다(Table 2)<sup>45,46)</sup>.

### 4. DUWS의 관리 방법

#### 1) 권장수준

미국질병관리본부에서는 일반적인 치과치료에 사용되는 물의 세균 수를 마실 수 있는 물의 수준인 500 CFU/ml 이하로 유지시키고, 수술 시에는 멸균수가 공급되는 독립적 장치를 사용할 것을 권장하고 있다<sup>48)</sup>. 미국치과의사협회에서는 치과치료에 사용하는 물의 세균 수를 200 CFU/ml 이하로 유지시키는 것을 권장하고 있다<sup>12)</sup>. 그 외 치과치료에 사용하는 물을 대상으로 세균 오염도의 기준을 정한 국가가 아직까지는 없으며, 그 외 국가에서는 음용수나 수도물 내 세균 수에 대한 기준만 제시되어있다. European Union에서는 수도물(tap water)의 세균 수를 100 CFU/ml 미만으로 유

**Table 2.** Cases of Infection by Opportunistic Pathogens in Dental Unit Waterline

Case	Region	Infected person	Pathogen	Evidence	Reference
1	UK	Patients	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>P. aeruginosa</i> found in the oral abscesses of two immunocompromised patients were the same strain of <i>P. aeruginosa</i> as that isolated from DCU water samples.	Martin <sup>45)</sup>
2	USA	Dentist	<i>Legionella</i> spp.	<i>Legionella</i> spp. was found in the DCU from dentists dental office was detected in his lung tissue.	Atlas et al. <sup>46)</sup>

DCU: dental chair unit, spp.: species.

지할 것을 추천한다<sup>49)</sup>. 우리나라는 DCU 물을 대상으로 세균 수의 기준을 따로 정하지는 않았지만, 환경부에서 음용수의 일반 세균 수가 100 CFU/ml을 넘지 않을 것을 제시하고 있다.

**2) 비화학적 방법: 물을 미리 배출시키는 방법의 효과**

비화학적 방법으로는 DUWS 내에 필터를 설치하는 방법, 독립적인 저수통을 사용하는 방법, 사용 전에 물을 미리 배출시키는 방법 등이 있다. 이 중 DCU 사용 전에 물을 미리 배출시키는 방법이 환자의 치과 치료 전, 중, 후에 수시로 할 수 있어 진료실에서 주로 사용된다. 물을 미리 배출시키는 방법의 효과를 확인하는 연구가 많이 진행되어왔고, 그 결과 또한 다양하다. Santiago 등<sup>50)</sup>의 연구에서 2분 동안 물을 미리 배출시킨 후 세균 오염도가 일부는 기준치 이하로 감소했지만 감소의 폭이 적거나 오염도가 더 높아진 경우도 존재했다. Cobb 등<sup>30)</sup>의 연구에서는 2분, 3분, 4분 동안 연속적으로 물을 미리 배출시켰을 때, 그 전보다 세균 오염도가 감소하였으며, 물을 미리 배출시키는 시간이 늘어날수록 세균 오염도가 더 감소하는 것을 보여주었다. Mayo 등<sup>51)</sup>은 초기  $1.0 \times 10^7$  CFU/ml로 오염된 DUWS에서 6분 동안 물을 미리 배출시킨 결과  $1.3 \times 10^4$  CFU/ml까지 감소됨을 관찰할 수 있었다. 10분과 20분까지 물을 배출시켜 그 효과를 확인한 연구도 존재하며, 20분 동안 물을 배출시켰을 때, 세균의 오염도를 0까지 감소시키는 것을 보여주었다<sup>29,33)</sup>. 대부분의 연구에서 물을 미리 배출시키는 것이 배출하기 전보다 세균의 오염 수준을 낮췄지만 이 중 일부만이 미국치과의사협회

의 기준( $\leq 200$  CFU/ml)에 적합한 수준으로 도달하였다. 연구 결과에 따르면 환자 치료 전 20분 동안 물을 배출시키는 것이 가장 세균 오염도를 많이 줄일 수 있는 것으로 여겨지지만 이는 치과에서 현실적으로 수행되기 어렵다. 또한 물을 미리 배출시켜서 세균 오염도를 감소시키더라도 바이오필름을 원천적으로 제거하지 못해 보통 30분 후면 재오염이 되므로 비효율적일 수 있다<sup>33,50)</sup>.

**3) 화학적 방법**

화학적 방법은 항균효과를 보이는 화학물질이 포함된 소독제를 사용하여 DUWL을 소독하는 방법이다. 화학적 방법으로 DUWL을 소독했을 때, 수관 내 세균 오염 수준을 감소시키는 것은 물론 성숙한 바이오필름을 분열시키거나 성장을 억제시키는 것이 보고되었다. DUWS 모델에서 여러 소독방법들의 효과를 비교한 Walker 등<sup>52)</sup>의 논문에서, 2분 동안 물을 미리 배출시킨 후 세균 수의 감소율은 9.1%로 매우 낮았으며, 바이오필름에는 거의 효과를 보이지 않았다. 반면에, 화학소독제품으로 소독한 결과 세균 수를 최소 65%에서 최대 100%까지 감소시켰으며, 바이오필름의 밀도에서 또한 높은 감소율을 보여주었다. 화학소독제를 구성하는 대표적인 화학물질에는 이산화 염소(chlorine dioxide), 차아염소산 나트륨(sodium hypochlorite), 과산화수소(hydrogen peroxide) 등이 있으며(Table 3)<sup>13,53-61)</sup>, 구강양치액(oral antiseptic) 또한 DUWL 소독을 위해 사용되고 있다<sup>62)</sup>. 소독제품들의 소독효과를 비교한 논문들에서 과산화수소나 차아염소산나트륨이 포함된 소독제품이 세균 수의 감소

**Table 3.** The Type and Characteristic of Representative Chemical Disinfectants

Chemical disinfectants	Characteristic
Sodium hypochlorite <sup>53,55)</sup>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. It has been used a bleaching agent and root canal irrigant.</li> <li>2. Treatment of 5,000 or 1,500 ppm sodium hypochlorite achieved the ADA's goal and removed the biofilm in DUWL.</li> <li>3. Use of 1:10 sodium hypochlorite (5,000 ppm) reduced the number of bacteria to less than 10 CFU/ml.</li> <li>4. It has adverse effects; corrosion of metal components, producing a carcinogens.</li> </ol>
Hydrogen peroxide <sup>13,57,58,61)</sup>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. It has been used a bleaching agent and root canal irrigant.</li> <li>2. Treatment of disinfectant products based hydrogen peroxide achieved the ADA's goal and controlled the biofilm in DUWL.</li> <li>3. Disinfectant products containing hydrogen peroxide (0.014%) has consistent and sustained an antimicrobial effect.</li> <li>4. It has adverse effects; corrosion of metal components, blocking of the DUWL.</li> </ol>
Chlorine dioxide <sup>59,60)</sup>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Treatment of 50 ppm chlorine dioxidelimited reduction effects the number of bacteria.</li> <li>2. When 0.1% chlorine dioxide was used, CFU/ml were reduced 12- to 20-fold and reduced significantly the biofilm coverage.</li> </ol>
Chlorhexidine gluconate <sup>54,56)</sup>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. It is a commonly used antimicrobial in dentistry.</li> <li>2. After using the 4 weeks of 0.2% chlorhexidine gluconate, the number of bacteria achieved the ADA's goal and reduced the biofilm coverage.</li> </ol>

ADA: American Dental Association, DUWL: dental unit waterline, CFU: colony forming units.

나 바이오필름 감소에 효과적이었고, 6주나 8주 동안 소독 효과를 확인했을 때, 200 CFU/ml 이하로 세균 수준을 유지 하면서 지속적인 소독효과를 보였다<sup>54,56,61</sup>. 그러나 효과적인 소독처리의 결과와 함께 부작용도 같이 보고되었다. 과산화수소의 경우, 사용 후 침전물을 형성시켜 수관의 막힘 현상을 보였으며, 금속재질의 치과용 기구에 부식을 일으키고<sup>63</sup>, 차아염소산나트륨은 금속치과장비의 부식뿐만 아니라, 바이오필름과 같은 유기물질과 반응을 해 발암물질로 분류되는 트리할로메탄을 생성하는 것으로 확인되었다<sup>53,57</sup>. 소독제품으로 소독 시, 소독제로 하루에 한번 주기적으로 소독한 후 소독제를 낮은 농도로 희석시켜 DCU에 공급되는 물 대신 계속 사용하는 방법이 세균의 오염 수준을 감소시키는 데 효과적임을 제시했다<sup>53</sup>. 하지만 소독제에 포함된 화학물질이 치아와 수복물질의 결합에 악영향을 줄 수 있다

고 보고된 바 있으며<sup>64-66</sup>, 그러므로 소독효과가 떨어날 뿐만 아니라 DCU와 구강에 주는 부작용이 적으면서 비용도 낮은 DUWL 소독제품의 추가적 개발이 필요하다(Table 4)<sup>28,31,61</sup>.

**4) 수질 모니터링 방법**

비화학적 방법 또는 화학적 방법으로 소독 후 DUWS의 물 속 세균 수준이 권장하는 수준인지 확인하기 위해 정기적으로 오염 수준을 모니터링하는 것이 좋다. 모니터링하는 방법은 크게 치과 진료실에서 검사할 수 있는 방법과 실험실에 의뢰하여 검사할 수 있는 방법으로 나뉜다. “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”에서 물 속 종속영양세균의 수준을 모니터링 하는 방법으로 4 가지 방법을 소개하고 있다(Table 5)<sup>67-69</sup>. 이 중 가장 최근에 추가된 SimPlate (IDEXX Laboratories, Westbrook,

**Table 4.** Disinfection Methods for Dental Unit Water System<sup>28,31,61</sup>

Disinfection method	Advantage	Disadvantage
Nonchemical method	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducing the number of bacteria in dental chair unit water</li> <li>2. Relatively simple disinfection process</li> <li>3. No residual chemicals</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Failed to remove the biofilm</li> <li>2. Non-sustained disinfection effect</li> </ol>
Chemical method	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Effective at reducing the number of bacteria and removing biofilm</li> <li>2. Sustained disinfection effect</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Complicated disinfection process</li> <li>2. Not completely removing the biofilm</li> <li>3. Has adverse effects caused by residual chemicals</li> </ol>

**Table 5.** Monitoring Methods of Heterotrophic Bacterial Levels in Dental Chair Unit Water<sup>67-69</sup>

Monitoring method	Content	Advantage	Disadvantage
Pour plate method	Liquefied medium mixed with water samples is poured in a petri dish. After medium solidified, invert plates and place in incubator.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Easy to use</li> <li>2. Low cost</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Due to heat shock, detected bacterial number is low.</li> <li>2. Difficult to check morphological characteristics of colonies due to small colony size.</li> <li>3. The volume of the water sample to pour is limited.</li> </ol>
Spread plate method	Pour water sample onto surface of a solidified medium. Using a sterile bent glass rod, distribute sample over medium surface and then invert plates and place in incubator.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Easy to use</li> <li>2. Low cost</li> <li>3. Because of no heat shock, detected bacterial number increases.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Additional equipment is required.</li> <li>2. The volume of the water sample to pour is limited.</li> </ol>
Membrane filter method	Filter water sample through a sterile membrane filter, under partial vacuum. Place filter on solidified medium.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. The volume of the water sample is not limited.</li> <li>2. No heat shock</li> <li>3. Low concentrations of bacteria in water sample can be detected</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. High cost</li> <li>2. Additional equipment is required.</li> <li>3. Possible damage to bacteria by excessive pressures.</li> </ol>
SimPlate method	10 ml of water sample was placed in SimPlate, and plates were incubated for 48 hours at 35°C.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Easy to use</li> <li>2. No heat shock</li> <li>3. Measurement is possible in the dental office</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bacterial number detected in the plate is lower.</li> </ol>

ME, USA) 방법이 치과 진료실에서 간단하게 검사할 수 있는 방법이지만 이 방법들을 비교한 여러 논문에서 DUWS 물 샘플의 세균을 배양하기에 가장 적합한 방법으로 R2A agar 배지를 사용한 spread plate 방법을 추천한다<sup>2,67,69-71</sup> .

## 결론

미국질병관리본부나 미국치과의사협회에서는 치과용수 내 적합한 세균 오염 수준을 제시하고 있지만, 현재 국내에는 치과용수의 오염을 방지하기 위해 치과수관관리와 관련된 지침이나 세균 오염 기준이 없고, 이를 어겼을 때 받을 수 있는 불이익이나 이 수준을 유지하기 위한 구체적인 수관소독법에 대한 규격화된 관리 지침은 없는 상태이다. 또한 국내에는 치과용수의 오염 실태를 조사한 연구도 부족해 국내 치과용수의 상황에 맞는 지침을 정하기 어려운 상황이다. 비록 치과용수 내에서 검출되는 세균의 병원성이 약하고, 국내에서는 치과용수 내 세균으로 인한 감염이 보고되지 않았지만, 치과용수가 감염의 잠재적 원인이기 때문에 언제든지 치과용수로 인한 감염이 일어날 수도 있으며, 치과치료를 받는 환자들을 안심시킬 수 있는 좋은 치과서비스를 제공하기 위해서는 정책적인 개선과 치과 내 수관 관리 지침이 빠른 시일 내에 시행되어야 할 것으로 생각된다. 치과 관련 학과에서는 치과감염관리에 대해 비중 있게 지도해야 되며, 치과업무에 종사하고 있는 직원들을 대상으로 감염감리에 대한 교육도 철저하게 이루어져야 할 것이다. 하지만 관리를 위한 방법이 다양하고 효과에 대한 정확한 증거가 없어 교육에도 어려움이 따른다. 치과종사자들에게 효율적인 관리방법을 제시하기 위해서는 다양한 관리방법에 대해 많은 연구가 진행되어서 체계적인 관리방법이 개발되어야 할 것이며, 효율적인 감염관리방법을 보편화시킬 필요가 있다고 생각된다. 양질의 치과치료를 제공하기 위해서는 치과종사자의 철저한 수관 관리뿐만 아니라 정책적인 차원의 치과용수의 오염 기준의 설정이 필요할 것이다.

## 요약

치과치료를 위해 다양한 용도로 DCU에서 배출되는 물이 사용된다. 이 DCU 물의 질에 관한 계속되는 논란으로 인한 환자들의 불안감을 줄이고 양질의 치과 치료를 제공하기 위해서는 DCU 물이 음용수만큼 깨끗하게 유지되어야 한다. 따라서 본 논문은 DCU 물의 세균 오염 수준과 오염된 DCU 물의 임상적 위험성에 대하여 설명하고, 세균 오염을 방지하기 위한 여러 가지 관리 방법들을 검토하였다. 여러 국가

에서 DCU 물을 대상으로 오염도를 확인하는 연구가 많이 진행되어 DCU 물이 높은 수준으로 오염되어있다는 것이 입증되었다. 오염된 DCU 물로 인해 감염된 일부 사례도 보고되었고 이는 DCU 물이 감염의 잠재적인 원인일 수 있음을 보여주었다. DCU 물로 인한 잠재적 감염의 위험성을 줄이기 위해서는 효율적인 소독방법을 사용하고 자체적인 모니터링 또한 시행되어야 한다. 하지만 제안되고 있는 여러 가지 수관관리 소독방법으로 인해 치과종사자들의 혼란이 야기되고 있으며, 효율적인 소독방법을 보편화하기 위해서는 관련 연구가 더 진행되어야 할 것으로 생각된다. 치과치료를 받는 환자들을 안심시킬 수 있는 좋은 치과서비스를 제공하기 위해서는 정책적인 개선과 국내 치과 상황에 맞는 수관 관리 지침이 빠른 시일 내에 시행되어야 할 것으로 생각된다.

## References

1. Walker JT, Bradshaw DJ, Finney M, et al.: Microbiological evaluation of dental unit water systems in general dental practice in europe. *Eur J Oral Sci* 112: 412-418, 2004.
2. Karpay RI, Plamondon TJ, Mills SE: Comparison of methods to enumerate bacteria in dental unit water lines. *Curr Microbiol* 38: 132-134, 1999.
3. Uzel A, Cogulu D, Oncag O: Microbiological evaluation and antibiotic susceptibility of dental unit water systems in general dental practice. *Int J Dent Hyg* 6: 43-47, 2008.
4. Walker JT, Bradshaw DJ, Bennett AM, Fulford MR, Martin MV, Marsh PD: Microbial biofilm formation and contamination of dental-unit water systems in general dental practice. *Appl Environ Microbiol* 66: 3363-3367, 2000.
5. Barbeau J, Tanguay R, Faucher E, et al.: Multiparametric analysis of waterline contamination in dental units. *Appl Environ Microbiol* 62: 3954-3959, 1996.
6. Lee BM, Kim CW, Kim YS: A study on the microbial contamination of dental unit and ultrasonic scaler. *J Korean Acad Prosthodont* 36: 64-80, 1998.
7. Yoon HY, Lee SY: Bacterial contamination of dental unit water systems in a student clinical simulation laboratory of college of dentistry. *J Dent Hyg Sci* 2: 232-237, 2015.
8. Ma'ayeh SY, Al-Hiyasat AS, Hindiyeh MY, Khader YS: Legionella pneumophila contamination of a dental unit water line system in a dental teaching centre. *Int J Dent Hyg* 6: 48-55, 2008.

9. Al-Hiyasat AS, Ma'ayeh SY, Hindiyeh MY, Khader YS: The presence of *Pseudomonas aeruginosa* in the dental unit water-line systems of teaching clinics. *Int J Dent Hyg* 5: 36-44, 2007.
10. Fotos PG, Westfall HN, Snyder IS, Miller RW, Mutchler BM: Prevalence of legionella-specific IgG and IgM antibody in a dental clinic population. *J Dent Res* 64: 1382-1385, 1985.
11. Porteous NB, Redding SW, Jorgensen JH: Isolation of non-tuberculosis mycobacteria in treated dental unit waterlines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 98: 40-44, 2004.
12. American Dental Association Council on Scientific Affairs: Dental unit waterlines: approaching the year 2000. ADA Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc* 130: 1653-1664, 1999.
13. Kumar S, Atray D, Paiwal D, Balasubramanyam G, Duraiswamy P, Kulkarni S: Dental unit waterlines: Source of contamination and cross-infection. *J Hosp Infect* 74: 99-111, 2010.
14. Yabune T, Imazato S, Ebisu S: Assessment of inhibitory effects of fluoride-coated tubes on biofilm formation by using the in vitro dental unit waterline biofilm model. *Appl Environ Microbiol* 74: 5958-5964, 2008.
15. Williams JF, Johnston AM, Johnson B, Huntington MK, Mackenzie CD: Microbial contamination of dental unit waterlines: Prevalence, intensity and microbiological characteristics. *J Am Dent Assoc* 124: 59-65, 1993.
16. Szymanska J: Evaluation of mycological contamination of dental unit waterlines. *Ann Agric Environ Med* 12: 153-155, 2005.
17. Meiller TF, Depaola LG, Kelley JI, Baqui AA, Turng BF, Falkler WA: Dental unit waterlines: biofilms, disinfection and recurrence. *J Am Dent Assoc* 130: 65-72, 1999.
18. Szymanska J, Sitkowska J, Dutkiewicz J: Microbial contamination of dental unit waterlines. *Ann Agric Environ Med* 15: 173-179, 2008.
19. Gomez-Alvarez V, Revetta RP, Santo Domingo JW: Metagenomic analyses of drinking water receiving different disinfection treatments. *Appl Environ Microbiol* 78: 6095-6102, 2012.
20. Chao Y, Mao Y, Wang Z, Zhang T: Diversity and functions of bacterial community in drinking water biofilms revealed by high-throughput sequencing. *Sci Rep* 5: 10044, 2015.
21. Schmeisser C, Stockigt C, Raasch C, et al.: Metagenome survey of biofilms in drinking-water networks. *Appl Environ Microbiol* 69: 7298-7309, 2003.
22. Szymanska J: Biofilm and dental unit waterlines. *Ann Agric Environ Med* 10: 151-157, 2003.
23. Tall BD, Williams HN, George KS, Gray RT, Walch M: Bacterial succession within a biofilm in water supply lines of dental air-water syringes. *Can J Microbiol* 41: 647-654, 1995.
24. Davey ME, O'toole GA: Microbial biofilms: From ecology to molecular genetics. *Microbiol Mol Biol Rev* 64: 847-867, 2000.
25. Coleman DC, O'Donnell MJ, Shore AC, Russell RJ: Biofilm problems in dental unit water systems and its practical control. *J Appl Microbiol* 106: 1424-1437, 2009.
26. Rabin N, Zheng Y, Opoku-Temeng C, Du Y, Bonsu E, Sintim HO: Biofilm formation mechanisms and targets for developing antibiofilm agents. *Future Med Chem* 7: 493-512, 2015.
27. Peters E, McGaw WT: Dental unit water contamination. *J Can Dent Assoc* 62: 492-495, 1996.
28. Walker JT, Marsh PD: Microbial biofilm formation in DUWS and their control using disinfectants. *J Dent* 35: 721-730, 2007.
29. Williams HN, Baer ML, Kelley JI: Contribution of biofilm bacteria to the contamination of the dental unit water supply. *J Am Dent Assoc* 126: 1255-1260, 1995.
30. Cobb CM, Martel CR, McKnight SA 3rd, Pasley-Mowry C, Ferguson BL, Williams K: How does time-dependent dental unit waterline flushing affect planktonic bacteria levels? *J Dent Educ* 66: 549-555, 2002.
31. O'Donnell MJ, Boyle MA, Russell RJ, Coleman DC: Management of dental unit waterline biofilms in the 21st century. *Future Microbiol* 6: 1209-1226, 2011.
32. Pankhurst CL, Johnson NW, Woods RG: Microbial contamination of dental unit waterlines: the scientific argument. *Int Dent J* 48: 359-368, 1998.
33. Whitehouse RL, Peters E, Lizotte J, Lilge C: Influence of biofilms on microbial contamination in dental unit water. *J Dent* 19: 290-295, 1991.
34. Williams JF, Molinari JA, Andrews N: Microbial contamination of dental unit waterlines: origins and characteristics. *Compend Contin Educ Dent* 17: 538-540, 542, 1996.
35. Lewis DL, Arens M, Appleton SS, et al.: Cross-contamination potential with dental equipment see comments. *Lancet* 340:



- 1252-1254, 1992.
36. Dutil S, Veillette M, Meriaux A, Lazure L, Barbeau J, Duchaine C: Aerosolization of mycobacteria and legionellae during dental treatment: low exposure despite dental unit contamination. *Environ Microbiol* 9: 2836-2843, 2007.
  37. Yabune T, Imazato S, Ebisu S: Inhibitory effect of PVDF tubes on biofilm formation in dental unit waterlines. *Dent Mater* 21: 780-786, 2005.
  38. Ryan MP, Adley CC: *Sphingomonas paucimobilis*: a persistent gram-negative nosocomial infectious organism. *J Hosp Infect* 75: 153-157, 2010.
  39. Fernandez M, Dreyer Z, Hockenberry-Eaton M, Baker CJ: *Methylobacterium mesophilica* as a cause of persistent bacteremia in a child with lymphoma. *Pediatr Infect Dis J* 16: 1007-1008, 1997.
  40. Choi HJ, Kim MH, Cho MS, et al.: Improved PCR for identification of *Pseudomonas aeruginosa*. *Appl Microbiol Biotechnol* 97: 3643-3651, 2013.
  41. Rafiee M, Jahangiri-Rad M, Hajjaran H, Mesdaghinia A, Hajaghazadeh M: Detection and identification of legionella species in hospital water supplies through polymerase chain reaction (16S rRNA). *J Environ Health Sci Eng* 12: 83-336X-12-83. eCollection 2014, 2014.
  42. Ghotaslou R, Yeganeh Sefidan F, Akhi MT, Soroush MH, Hejazi MS: Detection of legionella contamination in tabriz hospitals by PCR assay. *Adv Pharm Bull* 3: 131-134, 2013.
  43. Briancesco R, Semproni M, Della Libera S, Sdanganelli M, Bonadonna L: Non-tuberculous mycobacteria and microbial populations in drinking water distribution systems. *Ann Ist Super Sanita* 46: 254-258, 2010.
  44. Schulze-Robbecke R, Feldmann C, Fischeder R, Janning B, Exner M, Wahl G: Dental units: an environmental study of sources of potentially pathogenic mycobacteria. *Tuber Lung Dis* 76: 318-323, 1995.
  45. Martin MV: The significance of the bacterial contamination of dental unit water systems. *Br Dent J* 163: 152-154, 1987.
  46. Atlas RM, Williams JF, Huntington MK: Legionella contamination of dental-unit waters. *Appl Environ Microbiol* 61: 1208-1213, 1995.
  47. Oppenheim BA, Sefton AM, Gill ON, et al.: Widespread *Legionella pneumophila* contamination of dental stations in a dental school without apparent human infection. *Epidemiol Infect* 99: 159-166, 1987.
  48. Kohn WG, Harte JA, Malvitz DM, et al.: Guidelines for infection control in dental health care settings-2003. *J Am Dent Assoc* 135: 33-47, 2004.
  49. Council directive 98/83/EC of 3 november 1998 on the quality of water intended for human consumption. *Off J Eur Community L330*: 32-54, 1998.
  50. Santiago JI, Huntington MK, Johnston AM, Quinn RS, Williams JF: Microbial contamination of dental unit waterlines: short- and long-term effects of flushing. *Gen Dent* 42: 528-535, 1994.
  51. Mayo JA, Oertling KM, Andrieu SC: Bacterial biofilm: a source of contamination in dental air-water syringes. *Clin Prev Dent* 12: 13-20, 1990.
  52. Walker JT, Bradshaw DJ, Fulford MR, Marsh PD: Microbiological evaluation of a range of disinfectant products to control mixed-species biofilm contamination in a laboratory model of a dental unit water system. *Appl Environ Microbiol* 69: 3327-3332, 2003.
  53. Karpay RI, Plamondon TJ, Mills SE, Dove SB: Combining periodic and continuous sodium hypochlorite treatment to control biofilms in dental unit water systems. *J Am Dent Assoc* 130: 957-965, 1999.
  54. Kettering JD, Munoz-Viveros CA, Stephens JA, Naylor WP, Zhang W: Reducing bacterial counts in dental unit waterlines: Distilled water vs. antimicrobial agents. *J Calif Dent Assoc* 30: 735-741, 2002.
  55. Kim PJ, Cederberg RA, Puttaiah R: A pilot study of 2 methods for control of dental unit biofilms. *Quintessence Int* 31: 41-48, 2000.
  56. Liaqat I, Sabri AN: Effect of biocides on biofilm bacteria from dental unit water lines. *Curr Microbiol* 56: 619-624, 2008.
  57. Lin SM, Svoboda KK, Giletto A, Seibert J, Puttaiah R: Effects of hydrogen peroxide on dental unit biofilms and treatment water contamination. *Eur J Dent* 5: 47-59, 2011.
  58. Linger JB, Molinari JA, Forbes WC, Farthing CF, Winget WJ: Evaluation of a hydrogen peroxide disinfectant for dental unit waterlines. *J Am Dent Assoc* 132: 1287-1291, 2001.
  59. Smith AJ, Bagg J, Hood J: Use of chlorine dioxide to disinfect dental unit waterlines. *J Hosp Infect* 49: 285-288, 2001.
  60. Wirthlin MR, Marshall GW Jr: Evaluation of ultrasonic scaling unit waterline contamination after use of chlorine

- dioxide mouthrinse lavage. *J Periodontol* 72: 401-410, 2001.
61. Schel AJ, Marsh PD, Bradshaw DJ, et al.: Comparison of the efficacies of disinfectants to control microbial contamination in dental unit water systems in general dental practices across the european union. *Appl Environ Microbiol* 72: 1380-1387, 2006.
  62. Meiller TF, Kelley JI, Baqui AA, DePaola LG: Disinfection of dental unit waterlines with an oral antiseptic. *J Clin Dent* 11: 11-15, 2000.
  63. Shahriari S, Mohammadi Z, Mokhtari MM, Yousefi R: Effect of hydrogen peroxide on the antibacterial substantivity of chlorhexidine. *Int J Dent* 2010: 946384, 2010.
  64. Roberts HW, Karpay RI, Mills SE: Dental unit waterline antimicrobial agents' effect on dentin bond strength. *J Am Dent Assoc* 131: 179-183, 2000.
  65. Taylor-Hardy TL, Leonard RH Jr, Mauriello SM, Swift EJ Jr: Effect of dental unit waterline biocides on enamel bond strengths. *Gen Dent* 49: 421-425, 2001.
  66. Murthy BS, Manjula K, George JV, Shruthi N: Evaluation of effect of three different dental unit waterline antimicrobials on the shear bond strength to dentin-an ex vivo study. *J Conserv Dent* 15: 289-292, 2012.
  67. Reasoner DJ: Heterotrophic plate count methodology in the united states. *Int J Food Microbiol* 92: 307-315, 2004.
  68. Rice EW, Baird RB, Eaton AD, Clesceri LS: Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd. American Public Health Association, Washington, D.C., 2012.
  69. Porteous N, Sun Y, Dang S, Schoolfield J: A comparison of 2 laboratory methods to test dental unit waterline water quality. *Diagn Microbiol Infect Dis* 77: 206-208, 2013.
  70. Bartoloni JA, Porteous NB, Zarzabal LA: Measuring the validity of two in-office water test kits. *J Am Dent Assoc* 137: 363-371, 2006.
  71. Jackson RW, Osborne K, Barnes G, et al.: Multiregional evaluation of the SimPlate heterotrophic plate count method compared to the standard plate count agar pour plate method in water. *Appl Environ Microbiol* 66: 453-454, 2000.