

치과용 유니트 수관 물 빼기(Flushing)가 세균 오염도 감소에 미치는 영향

윤혜영 · 이시영[†]

강릉원주대학교 치과대학 구강미생물학교실, 구강과학연구소

Effects of Flushing in Dental Unit Waterlines on the Bacterial Contamination Level

Hye Young Yoon and Si Young Lee[†]

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

A wide variety of methods have been used to control Dental Unit Waterline (DUWL) contamination. Among the methods, flushing is mainly used because it is simple and easy to use. Generally, flushing of DUWL for 20 or 30 sec before using high speed handpieces or scalers is recommended. However, the appropriateness of flushing time was not investigated thoroughly. The purpose of this study was to check the effective time of flushing for decreasing bacterial contamination. Seven dental unit chairs were randomly selected in student clinical simulation laboratory for this experiment. DUWLs were continuously flushed and water samples were collected at an interval of 30 seconds for 15 minutes. From five dental unit chairs, water samples were collected every 10 seconds for 1 minute. Bacterial levels in water samples were examined by the culture method on R2A plates. After 10 second flushing of DUWLs, the number of bacteria significantly reduced and decreased continuously up to 40 seconds. However, even after the water was flushed for 15 minutes, the bacterial contamination level was not reduced below recommended bacteria level, 200 CFU/ml. In addition to flushing, the periodic chemical disinfection is required to control the DUWL water to the recommended level.

Key Words: Biofilm, Decontamination, Flushing, Water microbiology, Water quality

서론

치과용 유니트(dental chair unit, DCU)에서 배출되는 물은 치과진료 중에 주로 사용되지만 여러 연구를 통해 DCU에서 배출되는 물이 높은 수준으로 세균에 오염되어 있는 것으로 밝혀졌다¹⁻⁷⁾. 오염된 DCU 물로 인해 감염된 사례가 국내에서 아직 보고된 것은 없지만, 과거 영국이나 미국에서 감염 사례가 보고되었고^{8,9)}, 오염된 DCU 물에서 *Pseudomonas* species, *Legionella* species, 비결핵성 *Mycobacterium* species와 같은 기회감염성 병원균이 검출되고 있어^{1,2,10-14)}

DCU 물을 통한 감염의 잠재적인 위험성이 항상 존재한다. DCU의 물은 환자 구강에 직접 접촉되고 치료 중 발생하는 에어로졸에 치과종사자들이 항상 노출되어있기 때문에, DCU 물은 음용수와 같은 수준으로 깨끗하게 유지되어야 한다. 이를 위해, 미국질병관리본부에서는 치과치료에 사용하는 물의 세균 수준을 음용수와 같은 기준인 500 colony forming unit (CFU)/ml 이하로 유지해야 하며 수술 시에는 멸균수가 공급되는 독립적 장치를 사용할 것을 강조하고 있다¹⁰⁾. 또한, 미국치과의사협회는 DCU 물 내 세균의 수준을 200 CFU/ml 이하로 유지하도록 권고하고 있다¹⁵⁾.

Received: September 1, 2015, Revised: October 4, 2015, Accepted: October 4, 2015

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

[†]Correspondence to: Si Young Lee

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

DCU의 물을 권장 수준으로 유지하기 위해 현재까지 다양한 방법들이 사용되어 왔다. 치과용 유니트 수계(dental unit water system, DUWS) 내에 필터를 설치하는 방법, 독립적인 저수통을 사용하는 방법, 사용 전 치과용 유니트 수관 물 빼기 방법, 화학 소독제로 주기적 소독을 하는 방법 등이 있으며 지금까지도 다양한 방법들이 개발 중에 있다. 이중 치과에서 환자진료를 위해 DCU를 사용하기 전 치과용 유니트 수관(dental unit waterline, DUWL)의 물을 미리 배출시키는 수관 물 빼기 방법이 가장 사용이 쉽고 간단하여, 환자 진료 전후에 20~30초 동안 물을 미리 배출시킬 것을 미국질병관리본부와 미국치과의사협회에서는 권장하고 있다^{10,15)}. 수관 물 빼기의 효과를 확인한 다양한 연구들이 있지만, 수관 물 빼기의 권장 시간인 20~30초에 대한 과학적 근거가 명확하지 않으며 이보다 더 짧은 시간 혹은 긴 시간의 수관 물 빼기 효과에 대한 연구는 부족한 실정이다¹⁶⁻²⁰⁾. 따라서, 본 연구의 목적은 수관 물 빼기 권장시간인 20~30

초의 적절성을 확인하고 권장시간보다 더 짧거나 긴 시간의 수관 물 빼기를 수행한 후 세균 오염 감소의 효과를 확인하는 것에 있다.

연구대상 및 방법

1. 시료 수집

강릉원주대학교 치과대학 학생 실습 시뮬레이션실 내 중앙급수체계를 통해 도시 용수를 사용하고 있는 치과용 유니트를 대상으로 수행하였다. 7개 치과용 유니트의 초음파치석제거기에서 15분 동안 수관 물 빼기를 진행하면서 30초 간격으로 배출되는 물을 수집하였다. 추가적으로 5개의 치과용 유니트에서는 1분 동안 물을 배출시키면서 10초 간격으로 물을 수집하였다. 15분 동안 진행한 실험에서는 각 치과용 유니트당 30초 간격으로 총 31개의 물 시료를 수집하였고, 1분 동안 진행한 실험에서는 10초 간격으로 총 7개의

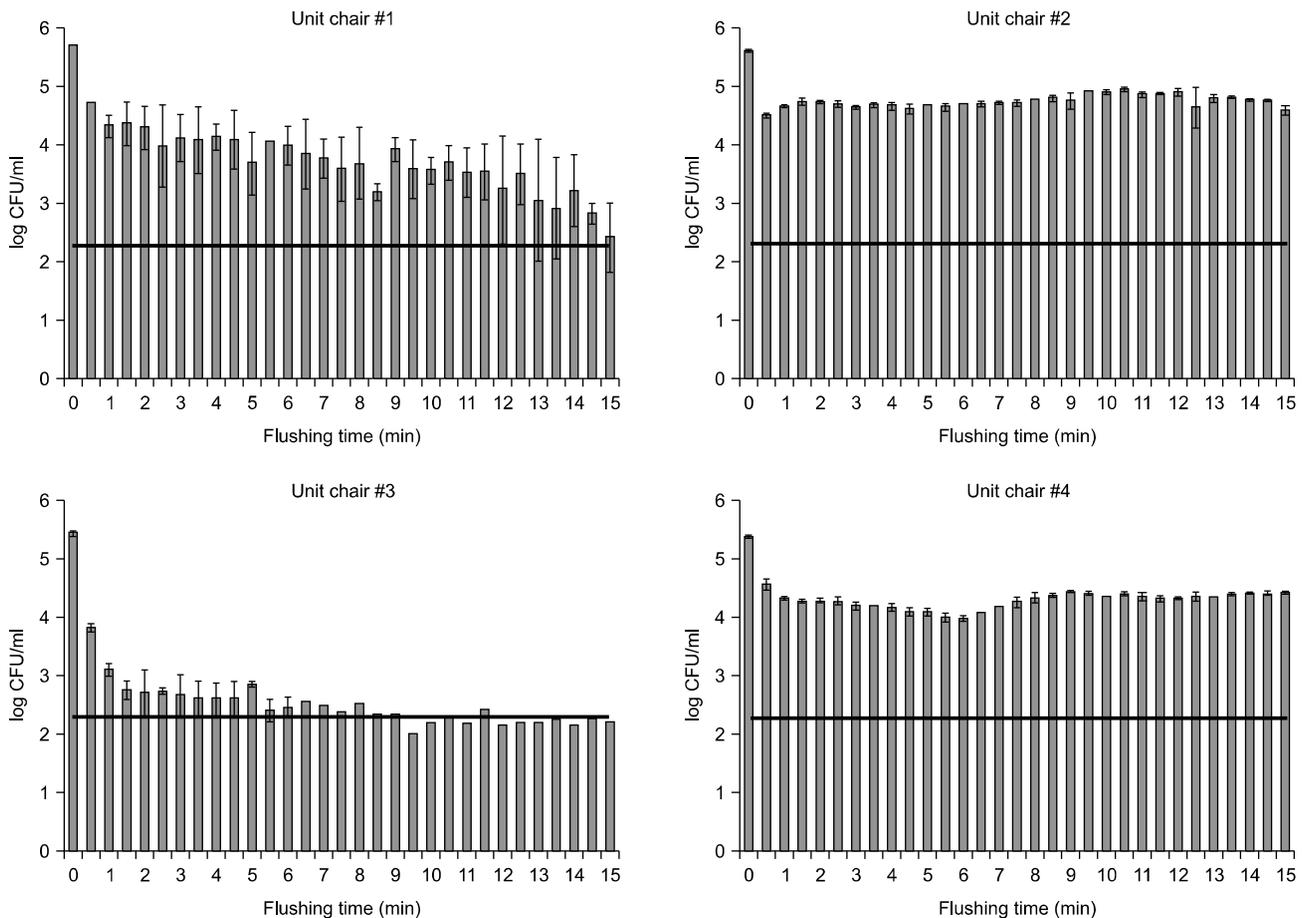


Fig. 1. The number of bacteria (log CFU/ml) after flushing of dental unit waterlines. Value of the bar represents the mean value of the water samples collected every 30 seconds in flushing for total 15 minutes. Line value represents a standard of the American Dental Association (200 CFU/ml). The error bars indicate standard deviations of the mean.

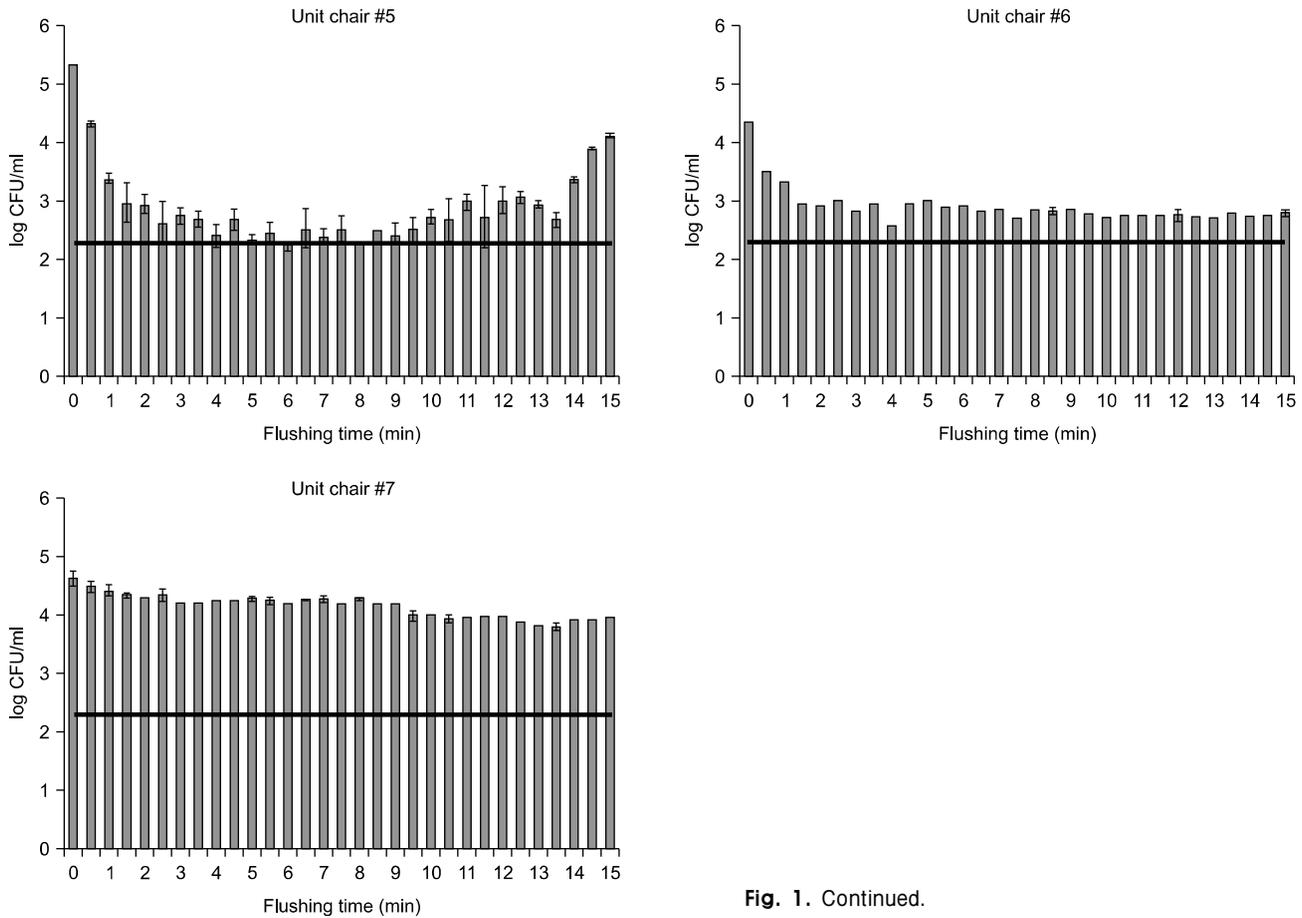


Fig. 1. Continued.

물 시료를 수집하였다. 수집한 물 시료에는 잔류 염소를 중화시키기 위해 10% sodium thiosulfate (Yakuri Pure Chemicals Co., Ltd, Kyoto, Japan)를 수집된 시료량의 0.1%를 넣어주었다²¹⁾. 그 후 시료는 즉시 실험실로 옮겨졌다.

2. 종속영양세균 수 확인

종속영양세균 수는 배지배양법으로 확인하였다. 수집한 물 시료를 phosphate-buffered saline (PBS, pH 7.4) 용액에 1:10, 1:100으로 희석하였고 희석물의 50 µl를 R2A agar 배지(Becton, Dickinson and Company, Sparks, NV, USA)에 각각 2장씩 spiral plater (IUL, S.A., Barcelona, Spain)를 사용하여 도말하였다. 도말한 R2A배지를 24°C에서 7일 동안 배양 후 세균 집락을 colony counter (IUL)로 계수하였다

결 과

Fig. 1과 Fig. 2는 수관 물 빼기를 시행한 시간에 따른 CFU/ml의 수치를 보여준다. 0초에서 10초 사이 배출되는

물은 0초 물 시료로 표시하였고, 10초에서 20초 사이 배출되는 물은 10초 물 시료로 표시하였다. 치과용 유니트에서 최대 15분 동안 물을 배출시킨 경우(Fig. 1), 7개 중 5개 치과용 유니트의 세균 수가 200 CFU/ml 이하로 감소되지 않았다. 수관 물 빼기 후 3분과 5분 치과용 유니트에서 200 CFU/ml 이하로 세균 수가 감소하였는데, 3분 치과용 유니트에서는 9분 30초 동안 수관 물 빼기를 했을 때 처음으로 200 CFU/ml 이하로 감소했으며 5분 치과용 유니트에서는 6분에 처음으로 200 CFU/ml 이하로 감소했다. 추가적으로 5개의 치과용 유니트에서 1분 동안 10초 간격으로 배출되는 물을 수집하여 세균 수를 확인하였을 때, 10초 동안 수관 물 빼기를 한 후 세균 수가 상당히 감소하였고 그 후 40초까지 세균 수가 점점 감소하였다(Fig. 2). 30초 간격으로 15분 동안 수관 물 빼기를 진행하였을 때, 1분부터 2분 30초까지는 85%~88%의 세균 감소율을 보여주었다. 3분 이상 수관 물 빼기를 진행했을 때 세균 수 감소율은 평균 최소 90%에서 최대 94%로 나타났다(Fig. 1). 10초 간격으로 1분 동안 수관 물 빼기를 한 실험에서는, 10초 동안 수관 물 빼기를 한

후 세균 수 감소율은 평균 63%였고 20초 동안 수관 물 빼기를 한 후 세균 수 감소율은 평균 84%였다(Fig. 2). 1, 3, 5번 치과용 유니트에서는 15분 동안 수관 물 빼기를 시행하였고 최대 99%의 감소율을 보여주었다(Fig. 1).

실험에 사용된 치과용 유니트에서 수관 물 빼기를 수행하기 전 평균 오염 수준은 244,725 CFU/ml로 최대 502,400 CFU/ml, 최소 43,720 CFU/ml로 나타났다.

고 찰

연구에 사용된 치과용 유니트의 초기 오염 수준은 평균이 244,725 CFU/ml로 미국의 치과에서 사용 중인 치과용 유니트의 세균 오염 수준인 350,130 CFU/ml²²⁾과 미국 치과대학병원 내 치과용 유니트의 세균 오염 수준인 140,000 CFU/ml²³⁾과 비슷한 수준이었다. 치과용 유니트에서 최대

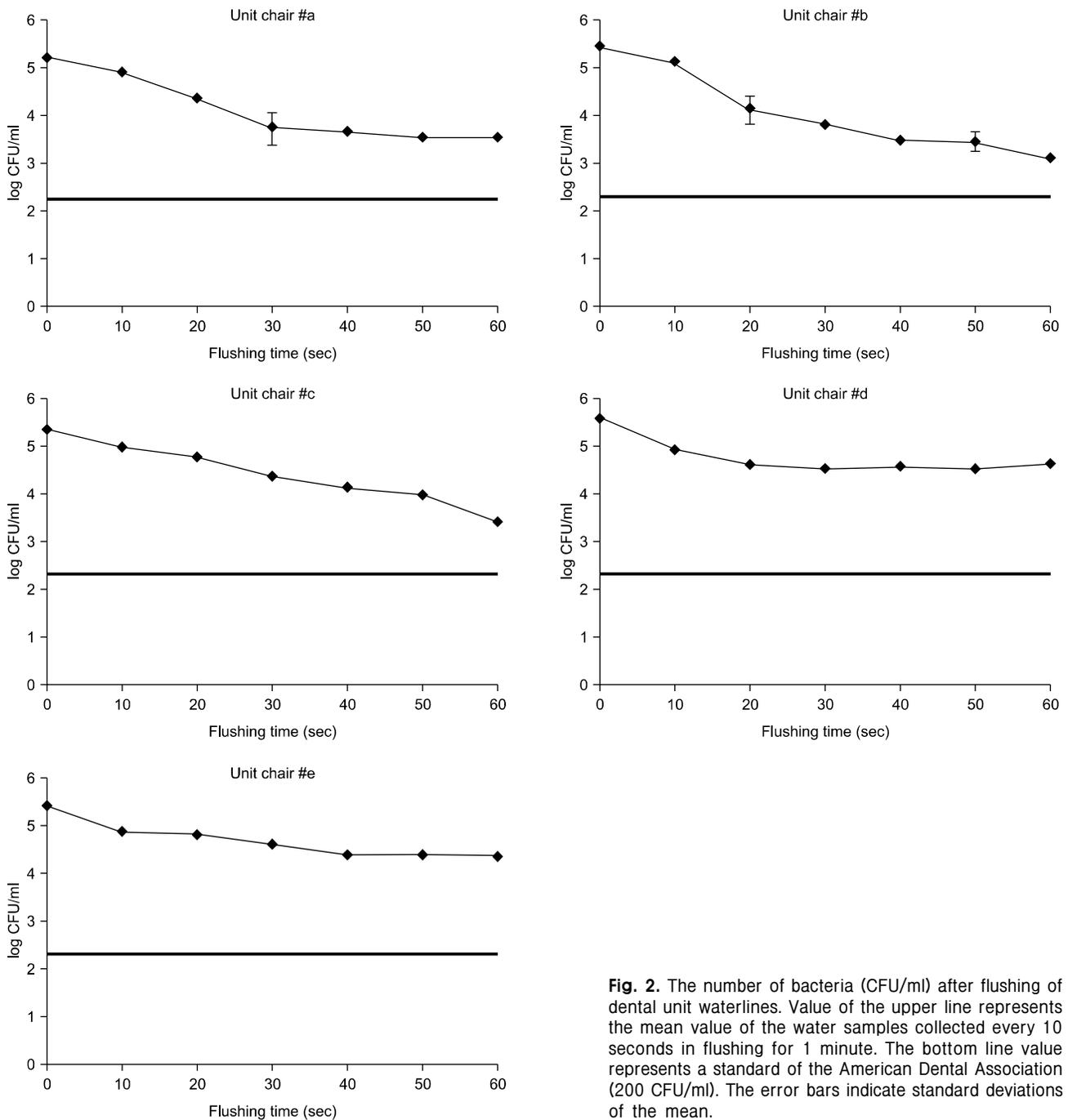


Fig. 2. The number of bacteria (CFU/ml) after flushing of dental unit waterlines. Value of the upper line represents the mean value of the water samples collected every 10 seconds in flushing for 1 minute. The bottom line value represents a standard of the American Dental Association (200 CFU/ml). The error bars indicate standard deviations of the mean.

15분 동안 수관 물 빼기를 시행하였을 때, 세균 오염 수준이 미국치과의사협회에서 권장하는 수준인 200 CFU/ml 이하로 감소되지 않았다. 15분 동안 수관 물 빼기를 시행한 후 세균의 오염수준이 0까지 감소된 결과를 보여준 Whitehouse 등¹⁹⁾의 연구와 약 4분 동안 수관 물 빼기를 시행한 후 200 CFU/ml 이하로 세균 수의 감소를 보여준 Scheid 등¹⁶⁾의 연구 결과와 상반된 결과이다. 우리 실험과 이들의 실험 결과 사이에 차이가 나는 이유로 각 연구마다 시료수집과정이나 DUWL에 사용되는 물의 특성 등 여러 차이점이 있었지만, 사용한 배지가 다른 것이 가장 큰 원인이라고 생각된다. 수관 물 빼기의 효과를 확인한 이전 연구들은 대부분 nutrient agar, plate count agar, blood agar 배지를 사용하였고, 본 연구에서는 R2A agar 배지를 사용하였다. R2A 배지는 저 영양배지로 낮은 배양 온도와 긴 배양기간을 필요로 한다^{24,25)}. 영양이 풍부한 배지와 비교하여, R2A 배지가 물 처리과정 중 스트레스 받고 염소에 내성을 가지는 세균의 회복을 향상시키기 때문에, R2A 배지 사용 시 가장 많은 세균을 얻을 수 있다고 보고되었다²⁶⁾. 또한 치과용 유니트 물 속 세균을 배양하기 위한 다양한 방법 중 R2A agar 배지에 물 시료를 도말하여 배양하는 방법이 추천되고 있다^{24,27,28)}.

실험에 사용된 치과용 유니트 중 200 CFU/ml 이하로 세균 수준이 감소한 경우가 2개의 치과용 유니트에서 나타났으며, 200 CFU/ml 이하로 감소시킨 가장 짧은 시간은 6분이었다. 7개의 치과용 유니트 중 1개의 치과용 유니트에서만 6분 수관 물 빼기가 권장수준 이하로 오염도를 떨어트리는데 효과적으로 나타났으나 6분 이후의 시간까지 세균 수를 200 CFU/ml 이하로 유지하지는 못했으며, 6분은 실제로 치과에서 물을 배출시키기에는 매우 긴 시간이기 때문에 이 시간을 가장 효율적인 시간으로 일반화시켜 권장하기 어려울 것이다. 40초 이상의 시간 동안 물을 배출시켰을 때 큰 폭의 감소 없이 비슷한 수준으로 세균 수가 유지되었다. 물을 배출시키는 시간을 증가시켜도 세균 수가 비슷하게 유지되는 것은 수관 내부 표면에 존재하는 바이오필름(biofilm) 때문인 것으로 보인다. 수관 내부 표면에 부착하고 있는 바이오필름이 지속적인 세균 공급원으로 작용하기 때문에 물의 흐름과 함께 계속적으로 바이오필름을 구성하고 있는 일부 세균들이 방출되어 세균의 수가 크게 감소되지 못한 것으로 생각된다. 또한 한 치과용 유니트에서는(Fig. 1, Unit chair #5) 8분까지는 세균 수가 감소하다가 그 이후에는 오히려 증가하는 양상을 보여주었다. 이는 수관 물 빼기를 긴 시간 동안 진행하는 것이 바이오필름을 구성하는 세균을 다량 떨어뜨려 오히려 물 속에 세균 수를 증가시켰을 것으로 추측된다. 수관 물 빼기는 수관 오염의 근원지인 바이오필름을

제거하지 못하기 때문에 치과용 유니트의 물을 관리하는 가장 보편적인 방법으로 사용되기는 한계가 있다고 판단된다. 하지만 짧게 10초 동안 수관 물 빼기를 시행했을 때 세균 수를 그 전보다 62.5% 감소시켰기 때문에 환자 진료 전, 간단하고 쉽게 세균 수를 감소시키는 방법이 될 수 있을 것으로 생각된다. DCU 물의 오염 수준을 권장 수준 이하로 유지시키기 위해서는 수관 물 빼기 외에 화학 소독제로 수관을 주기적으로 청소하는 것이 반드시 필요할 것이다.

본 실험에 사용된 치과용 유니트의 오염 수준은 최대 502,400 CFU/ml에서 최소 43,720 CFU/ml로 높았으며, 낮은 오염 수준의 치과용 유니트에서 수관 물 빼기를 시행했을 시 효과는 본 실험에서 확인하지 못했다. 또한, 본 실험에서 사용된 치과용 유니트 모두 학생 실습을 위해 20년 동안 동일하게 사용된 치과용 유니트로, 사용기간이 다른 치과용 유니트에서 수관 물 빼기의 효과를 확인하지 못했다. 따라서 다양한 사용기간을 가진 치과에서 사용 중인 치과용 유니트를 대상으로 수관 물 빼기의 효과를 확인하고 추가적으로 환자 진료 전과 후에 10초 동안 수관 물 빼기를 시행하는 것의 효과를 확인하기 위한 실험이 필요할 것이다. 그리고 휴일 이후나 진료 전 아침시간 또는 점심시간에 오랜 시간 동안 시행하는 수관 물 빼기의 효과와 진료 전 사이에 10초 동안 수관 물 빼기를 하는 것의 효과를 비교하는 실험이 추가적으로 진행될 필요가 있다.

수관 물 빼기가 미국치과의사협회의 권장수준으로 치과용 유니트 물의 오염 수준을 감소시키지 못하지만, 수관 물 빼기를 하는 것은 시행하기 전보다 수관 내 세균 수를 상당히 감소시키므로 진료 전, 후에 수관 물 빼기가 시행되어야 하며, 20~30초 동안 수관 물 빼기를 하는 것을 권장하고 있지만, 10~20초 동안 시행하는 것 또한 세균 수를 충분히 감소시키므로 효과적이라고 할 수 있다.

요 약

DCU의 물을 관리하는 다양한 방법들 중 치과용 유니트를 사용하기 전 수관 물 빼기 방법이 가장 사용이 쉽고 간단하기 때문에, 미국질병관리본부와 미국치과의사협회에서 환자 진료 전후에 20~30초 동안 물을 미리 배출시킬 것을 권장하고 있다. 하지만, 수관 물 빼기의 권장 시간인 20~30초와 관련한 과학적 근거가 명확하지 않고, 20~30초 이외의 시간 동안 수관 물 빼기 효과를 확인한 연구가 부족한 실정이다. 본 연구의 목적은 권장시간인 20~30초뿐만 아니라 이보다 더 짧거나 긴 시간 동안 치과용 유니트 수관 물 빼기를 수행한 후 각 시간별 오염 세균 수의 감소 정도를 조사하

여 20~30초 권장시간의 적절성을 확인하고 더 효과적인 수관 물 빼기 시간이 있는지를 조사하는 것이다. 물 시료 수집은 치과대학 학생 실습 시뮬레이션실 내 치과용 유니트를 대상으로 수행하였다. 7개 치과용 유니트의 초음파치석제 거기에서 15분 동안 수관 물 빼기를 진행하면서 30초 간격으로 배출되는 물을 수집하였다. 추가적으로 5개의 치과용 유니트에서는 1분 동안 물을 배출시키면서 10초 간격으로 물을 수집하였다. 물 시료 내 오염 세균 수는 R2A agar 배지에 수집된 물을 도말한 후 배양하여 확인하였다. 7개의 치과용 유니트에서 최대 15분 동안 물을 배출시켰을 때 치과용 유니트의 오염 수준이 200 CFU/ml 이하로 감소되지 않았다. 추가적으로 5개의 치과용 유니트에서 1분 동안 10초 간격으로 배출되는 물을 수집하여 세균 수를 확인하였을 때 10초 동안 수관 물 빼기를 한 후 세균 수 감소율은 평균 63%였고, 20초 동안 수관 물 빼기를 한 후 세균 수 감소율은 평균 84%였다. 본 실험의 결론은 다음과 같다: 첫째, 수관 물 빼기의 권장시간인 20~30초뿐만아니라 최대 15분 동안 수관 물 빼기를 시행하는 것은 권장수준(≤ 200 CFU/ml)으로 세균 오염도를 감소시킬 수 없었다. 둘째, 수관 물 빼기의 권장 시간인 20~30초보다 짧게 10초 동안 수관 물 빼기를 하는 것도 세균 수 감소에 효과가 있었다. 셋째, 치과용 유니트 내 물의 세균 오염수준을 권장 수준으로 유지시키기 위해서는 수관 물 빼기와 함께 주기적으로 화학 소독제로 치과용 유니트 수관을 소독하는 것이 필요하다.

References

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Barbeau J, Tanguay R, Faucher E, et al.: Multiparametric analysis of waterline contamination in dental units. *Appl Environ Microbiol* 62: 3954-3959, 1996.
- 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.
- 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.
- Martin MV: The significance of the bacterial contamination of dental unit water systems. *Br Dent J* 163: 152-154, 1987.
- Atlas RM, Williams JF, Huntington MK: Legionella contamination of dental-unit waters. *Appl Environ Microbiol* 61: 1208-1213, 1995.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Al-Hiyasat AS, Ma'ayeh SY, Hindiyeh MY, Khader YS: The presence of Pseudomonas aeruginosa in the dental unit waterline systems of teaching clinics. *Int J Dent Hyg* 5: 36-44, 2007.
- Shearer BG: Biofilm and the dental office. *J Am Dent Assoc* 127: 181-189, 1996.
- Scheid RC, Kim CK, Bright JS, Whitely MS, Rosen S: Reduction of microbes in handpieces by flushing before use. *J Am Dent Assoc* 105: 658-660, 1982.
- 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.
- Mayo JA, Oertling KM, Andrieu SC: Bacterial biofilm: A source of contamination in dental air-water syringes. *Clin Prev Dent* 12: 13-20, 1990.
- Whitehouse RL, Peters E, Lizotte J, Lilge C: Influence of

- biofilms on microbial contamination in dental unit water. *J Dent* 19: 290-295, 1991.
20. 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.
21. Rice EW, Baird RB, Eaton AD, Clesceri LS: Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 ed. American Public Health Association, Washington, D.C., 2012.
22. 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.
23. Shepherd PA, Shojaei MA, Eleazer PD, Van Stewart A, Staat RH: Clearance of biofilms from dental unit waterlines through the use of hydroperoxide ion-phase transfer catalyts. *Quintessence Int* 32: 755-761, 2001.
24. 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.
25. Reasoner DJ: Heterotrophic plate count methodology in the united states. *Int J Food Microbiol* 92: 307-315, 2004.
26. Reasoner DJ, Geldreich EE: A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water. *Appl Environ Microbiol* 49: 1-7, 1985.
27. Bartoloni JA, Porteous NB, Zarzabal LA: Measuring the validity of two in-office water test kits. *J Am Dent Assoc* 137: 363-371, 2006.
28. Karpay RI, Plamondon TJ, Mills SE: Comparison of methods to enumerate bacteria in dental unit water lines. *Curr Microbiol* 38: 132-134, 1999.