

Effect of quaternary ammonium compounds on microbial contamination levels in dental clinics

Sae Yun Baik¹, YounJung Park², Seung Ho Choi³, Hee Jae Kim³, Seong Taek Kim^{2*}

¹Department of Laboratory Medicine, Seoul Clinical Laboratories, Yongin, Republic of Korea

²Department of Orofacial Pain and Oral Medicine, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Republic of Korea

³Lami Dental Clinic, Seoul, Republic of Korea

The aim of this study was to investigate the change of microbial contamination levels in the different areas and at the different time points after application of a quaternary ammonium compound (QAC) that has mechanical antimicrobial effect. The microbial contamination levels were measured in three different areas; unit chair handle, spit sink area and hand piece holder at different time points using adenosine triphosphate (ATP) monitoring system and ATP surface test kit. Hand piece holder showed the highest level of microbial contamination. In most of the clinics, QAC significantly reduced the levels of microbial contamination, and maintained antimicrobial activity for 4 to 6 months. QAC may be used effectively in dental clinics due to the duration of antimicrobial effect and the minimal exposure of chemicals and further studies are needed with large sample size. (**J Dent Rehabil Appl Sci 2020;36(1):55-60**)

Key words: quaternary ammonium compounds (QAC); microbial contamination; ATP (adenosine triphosphate) monitoring system; dental clinic

서론

감염관리는 최근 신종 감염병의 출현과 환자안전에 대한 사회적 관심이 증가됨에 따라 중요성이 강조되고 있으며, 이것의 궁극적 목표는 의료 관련 감염발생을 최소화 하는 것이다. 또한 병원 내 감염은 심각한 유병률, 사망률 및 많은 의료비용을 야기하며 병원균의 교차 감염과 확산은 지역사회와 타 대중 기관으로까지 전파될 수 있어 각별한 주의가 요구된다. 대한의료관련감염관리학회 지침서인 의료기관의 감염관리 5판에 따르면, 치과는 혈액과 구강 또는 호흡기분비물을 통해 다양한 미생물의 노출 가능성이 높아 환자와 치과 종사자 간의 교차감염성이 높으므로, 치과 종사자는 환자 진료의 전 과정 동안 일련의 감염 예방활동을 통해 직무 중 감염노출과 환자

간 감염전파를 최대한 예방하는 것이 중요하다고 기술하였다.¹

치과 진료실의 경우 더욱 중요하다. 매회 멸균 소독된 진료기구를 사용하더라도 다제내성균(multidrug-resistant organisms, MDROs)과 같은 유해 세균이나 독감, 전염성 바이러스에 감염된 환자의 비말, 에어로졸 및 혈액접촉이 발생하여, 의료인 및 진료공간 내 다른 환자와 교차 감염의 위험성이 상당히 높다. 치료 전 문진으로 이러한 병증을 가진 환자를 어느 정도 미리 알고 대처할 수도 있지만, 환자 자신도 모르는 감염병에 노출된 경우에는 이마저도 어렵다. 2019년 말에 중국 우한에서 발병하여 전 세계를 공포에 몰아넣은 신종 코로나 바이러스(COVID 19)의 경우 강한 전염력을 가진 무증상 감염자의 존재가 보고되었으며, 이는 문진으로도 가려내기

*Correspondence to: Seong Taek Kim
Professor, Department of Orofacial Pain and Oral Medicine, Yonsei University College of Dentistry, Yonsei-ro 50-1, Seodaemun-gu, Seoul, 03722, Republic of Korea
Tel: +82-2-2228-3110, Fax: +82-2-393-8076, E-mail: k8756050@yuhs.ac
Received: March 8, 2020/Last Revision: March 11, 2020/Accepted: March 12, 2020

Copyright© 2020 The Korean Academy of Stomatognathic Function and Occlusion.
© It is identical to Creative Commons Non-Commercial License.

힘들어 의료인 및 다른 환자들에게 극도로 위험한 요소가 되었다.²

감염병 관리를 위하여 그동안 다양한 항균제가 개발되고 사용되었는데, 이 중 4차 암모늄 화합물(quaternary ammonium compounds, QAC)은 양전하를 띤 양친매성 고분자로서 음전하를 가진 세균 표면에 결합하여 세포막을 파괴함으로써 항균효과를 나타낸다.³ 그러나 대부분의 화합물들은 생체적합성(biocompatible) 및 생분해성(biodegradable)이 떨어지는 단점이 있어,⁴ 최근 이를 보완하여 미국 환경처와 대한민국 환경부에 허가 받은 SD (Spike Defender™) solution이 개발되어 병의원 및 다중이용 시설에 사용되고 있다.

본 증례는 병원 내 감염관리를 위하여 이 SD solution을 국내외 치과병원의 주요 오염구역에 도포한 후에 ATP (adenosine triphosphate) 모니터링 시스템을 이용하여 미생물 오염도 변화를 측정하고자 하였다.

증례보고

2018년 4월부터 2019년 11월까지 4차 암모늄 화합물 항균제 SD (Spike Defender™, SDLabKorea, Seoul, Korea) solution을 도포한 태국 방콕 C대학 치과병원(유니트 120개 규모), 대한민국 서울 M치과병원(유니트 30

개 규모), J 및 L치과의원(유니트 각각 36개, 6개 규모) 등 총 4곳의 국내외 치과병의원 진료실에서 감염되기 쉬운 유닛체어 핸들(unit chair handle), 타구대 표면(spit sink area), 핸드피스 거치대(hand piece holder)에 멸균된 면봉을 이용하여 검체를 채취하고 항균제 도포 전과 후 수차례 오염도를 측정하였다.

오염도 조사를 위하여 ATP 모니터링 시스템(SystemSURE Plus™, Hygiena, Watford, UK)과 ATP 표면검사 테스트(UltraSnap™, Hygiena) 키트를 사용하였다. ATP 모니터링 시스템은 모든 살아있는 세포에서 대사작용에 이용되는 에너지의 근원인 ATP의 양이 많아졌을 때 발광하는 빛의 양을 측정함으로써 오염도를 측정하는 원리이다. 이는 사용이 간편하고 기구의 표면오염 검사 및 종사자의 오염 검사가 가능하여 소독기준의 적합 여부를 실시간으로 판단할 수 있다.⁵ RLU (Relative Light Unit)으로 불리는 측정 단위는 빛의 상대적 발광수치를 의미하고 ATP를 이용하는 검사결과에 많이 쓰이는데, 일반적으로 적용되는 오염도 기준은 0 - 100 RLU 정상, 101 - 200 RLU 한계수치, 200 RLU 이상은 위생관리가 필요한 상태를 의미한다. ATP 모니터링 시스템의 사용 방법은 먼저 검체 채취(swab) 후 키트를 꺾어 눌러서 ATP 형광 반응을 유도하고 측정기에 키트를 넣으면 15 초 후 결과 측정치를 보여준다(Fig. 1).⁶

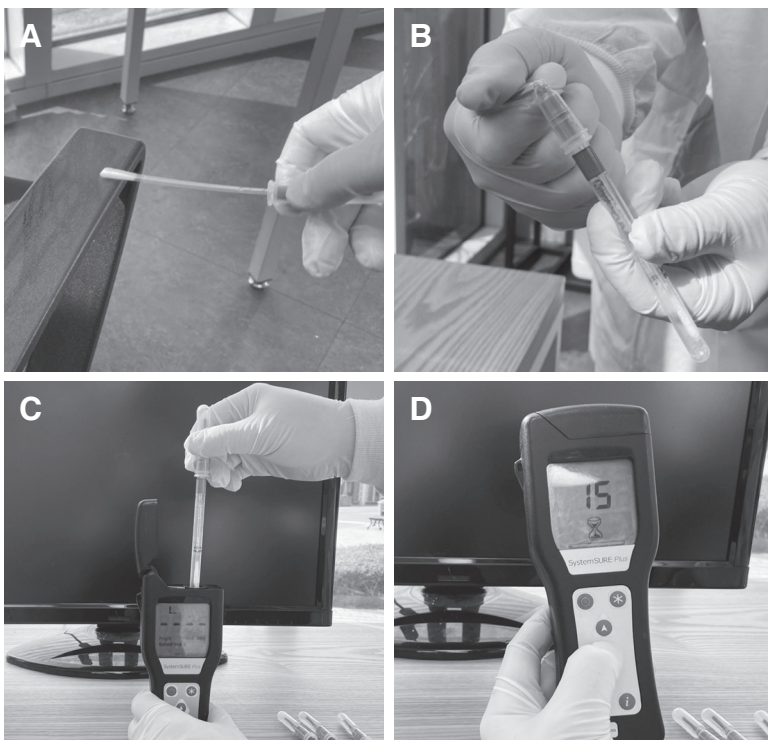


Fig. 1. The procedure of measuring ATP monitoring system. Surface swabbing (A), snap the kit that illuminates ATP within a sample (B), and insert the kit into ATP monitoring system (C). It detects the luminescence and quantifies the amount of ATP in the sample in 15 seconds (D).

4차 암모늄 화합물 SD solution 도포 전 구역별 미생물 오염도

SD solution 도포 전 치과 진료실 내 구역별 미생물 오염도는 유닛체어 손잡이의 평균 오염도가 702.5 RLU, 타구대의 평균 오염도는 1082 RLU, 핸드피스 거치대의 평균 오염도는 1455.8 RLU로 치과의사가 주로 사용하는 핸드피스 거치대가 가장 오염도가 높았다. 특징적으로 태국의 C치과대학병원의 오염도가 국내 3개의 치과병의원 보다 현저히 낮았다(Table 1).

4차 암모늄 화합물 SD solution 도포 후 시기별 미생물 오염도의 변화

진료실 내 대표적인 미생물 오염구역 세 군데인 유닛체어 손잡이(Fig. 2A), 타구대(Fig. 2B), 핸드피스 거치대(Fig. 2C)에 SD solution 도포 전과 후 시기별 오염도의 변화를 분석하였다. 도포 전 오염도가 높았던 진료실이 오염도가 낮았던 진료실 보다 도포 후 오염도의 감소율이 뚜렷했으며, 특히 도포 후 1개월 오염도 보다 도포 후 4개월 및 6개월의 오염도가 더 낮은 양상을 보였다.

고찰

최근 전 세계적인 유행병으로 번지는 신종 코로나 바이러스의 경우, 기존의 바이러스와 달리 무생물 표면에 서 8 - 9일까지 생존한다는 보고가 있는 만큼 병원 공간 내 감염이 큰 위험요소가 되고 있다.⁷ 치과 진료실은 직접적인 진료기구와 장비를 소독하는 것 이외에도 책상이나 의자, 유닛체어, 시술 베드 등을 매 환자, 매 진료마다 지속적으로 소독해야 감염관리가 가능하지만,⁸ 대부분의 병의원은 인력과 비용적인 부담으로 철저한 감염 관리

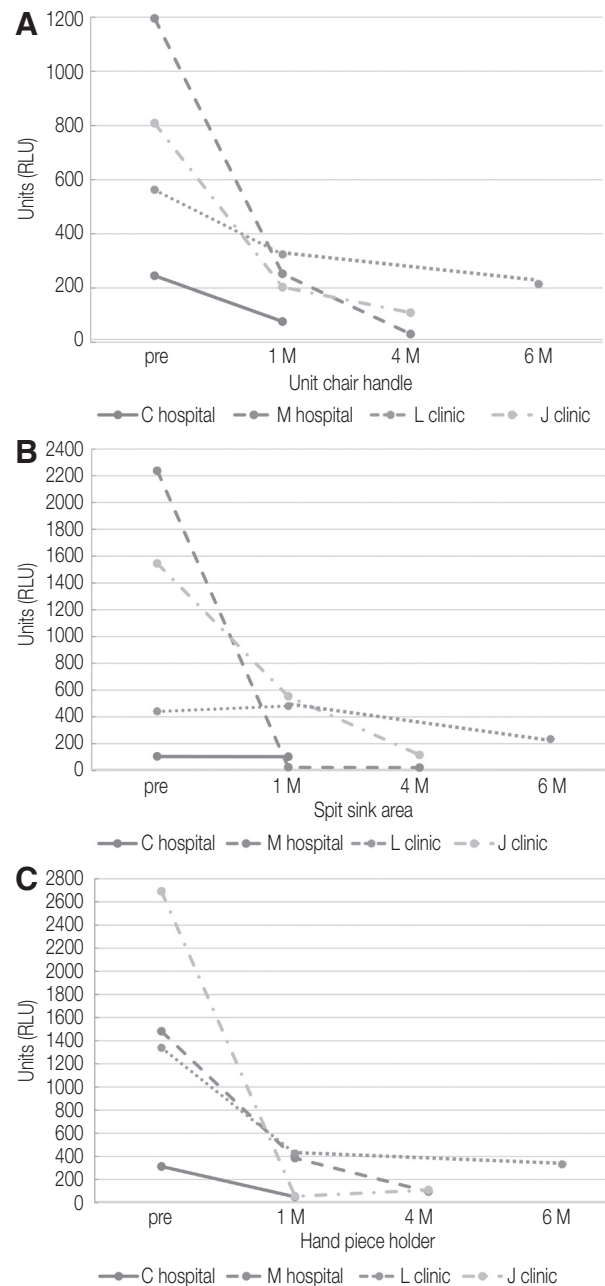


Fig. 2. The change of contamination levels in different areas at different time points (Units: RLU). (A) Unit chair handle, (B) Spit sink area, (C) Hand piece holder. RLU: Relative light unit, Pre: Pre treatment, M: Month(s) of post treatment.

Table 1. The change of microbial contamination levels in different areas after application of quaternary ammonium compound (Units: RLU)

	C hospital		M hospital			L clinic			J clinic		
	pre	1M	pre	1M	4M	pre	1M	6M	pre	1M	4M
Unit chair handle	245	76	1195	252	30	562	324	214	808	203	109
Spit sink area	105	103	2237	24	22	441	481	234	1545	554	116
Hand piece holder	313	50	1481	385	96	1339	424	331	2690	55	34

RLU: Relative light unit, Pre: Pre treatment, M: Month(s) of post treatment.

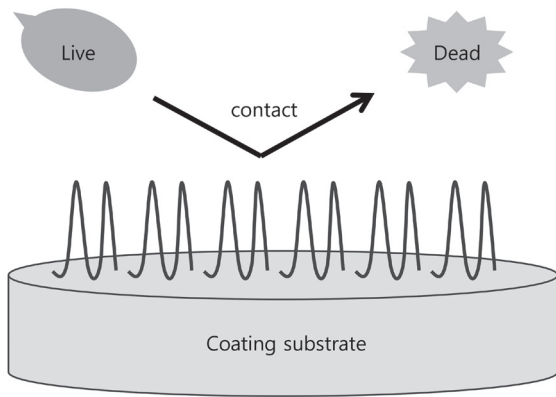


Fig. 3. Antimicrobial mechanism of quaternary ammonium compound (QAC). The spike structures destroy the cell membrane of microorganisms mechanically and induce the cell death.

를 하기 힘든 것이 현실이다. 또한 화학적 살균소독제는 도포 후에 즉각적으로 화학성분이 휘발되기 때문에 의료인이나 환자의 건강에도 영향을 줄 수 있기에 주위로 용출되지 않는 새로운 방식의 항균제가 개발되어 왔다. 이중 4차 암모늄 화합물은 물질 표면에 결합되어 미생물을 사멸시키는 원리를 이용한 접촉활성 항균물질(contact active antimicrobial materials)으로써 강력한 항균력을 가지며 내성 균주에도 효과적으로 작용한다고 보고되고 있다. 그 작용기전은 표면 접촉 항균제가 물체의 표면에 공유결합한 후 일정 기간 부착을 유지하면서 양전하를 가지는 4급 질소와 음전하를 가지는 미생물막 사이에서 강하게 끌어당김으로써 미생물막의 인지질을 손상시키면서 표면 위로 접촉되는 미생물을 사멸시키는 원리로, 이는 대량의 항균제 사용 시 발생하는 환경오염과 내성균의 발생을 방지할 수 있다는 장점이 있다(Fig. 3).³

이에 본 증례는 최근에 환경부 허가를 받은 4차 암모늄 화합물 SD solution을 국내외 총 4곳의 치과병원 주 오염 구역에 도포한 후에 ATP 모니터링 시스템을 이용하여 미생물 오염도를 도포 전, 도포 후 1개월, 도포 후 4개월 또는 6개월 반복하여 비교 측정하였다.

도포 전 미생물 오염도 측정 시, 윤 등의 이전연구에서는 타구대의 오염도가 가장 높았는데,⁹ 본 증례에서는 치과 의사가 주로 사용하는 핸드피스 거치대가 가장 오염도가 높았다. 이러한 결과의 차이점은 각 치과병원의 진료인 마다 소독 빈도, 정밀도 등 위생 관리 실태가 다양

한 결과로 사료된다. 또한 유닛케어 수로 평가한 의료기관의 규모에 따른 도포 전 미생물 오염도는 태국의 C치과대학병원이 국내 3개의 치과병의원 보다 현저히 낮았는데 이는 규모와 상관없이 병의원의 소독규정이나 이에 대한 관리가 더 중요한 요소로 추측되며, 오염도 측정 대상 병의원이 비록 소수였지만 국외 진료실에 비해 국내 진료실에 각별한 감염관리가 필요할 것으로 사료된다. 또한 특징적인 것은 도포 후 1개월 오염도 보다 도포 후 4개월 및 6개월 후 오염도가 더 낮은 양상을 보였는데 이는 1회의 4차 암모늄 화합물 도포만으로도 대략 4-6개월 정도 비교적 장기간 항균효과가 지속됨을 추측할 수 있었다.

본 증례에서 오염도 조사를 위하여 사용한 ATP 모니터링 시스템과 ATP 표면검사 테스트 키트는 표면 미생물 균집 수를 신속하게 측정하여 실시간으로 조치를 취할 수 장점이 있으나, 측정 시 박테리아, 바이러스 뿐만 아니라 타 미생물 및 음식 잔류 등의 유기물도 측정값에 포함될 수 있어 표면 미생물의 존재가 과대평가될 수 있다. 그렇지만 Jagrosse 등은 이 테스트 방법이 병원의 위생상태를 모니터링 하기에 효과적인 도구로 보고 하였다.¹⁰ ATP 모니터 미생물 오염도에서 위생관리가 요구되는 한계치를 본 증례에서는 200 RLU로 엄격하게 적용하였으나 이전 연구에서 250 RLU로도 보고된 바 있다.¹¹

Yun 등의 연구는 본 증례에서 사용한 미생물 전반의 오염도 측정과는 달리 오로지 표면에 존재하는 세균 수와 순수 분리된 세균을 동정하여 원내감염을 일으킬 수 있는 특정 세균을 확인하였는데 유닛케어, 라이트 손잡이, 타구대 표면에서 검출된 세균의 종류를 확인한 결과 그람양성 균주는 47.3%, 그람음성 균주는 52.7%로 그람음성 균주가 조금 높게 분포하고 있음을 밝혀냈다.⁹ 따라서 향후 후속 연구에서는 사용이 간단하고 편리한 ATP 모니터링 시스템 뿐만 아니라 치과 진료실 여러 표면에 존재하는 세균 수와 다양한 세균을 동정하는 연구가 필요할 것으로 사료된다. 특히 치아 우식증과 임플란트의 감염에 관련된 그람양성 균주 *Streptococcus mutans*와 *Staphylococcus aureus*를 진료실에서 오염 구역별 측정하거나,¹² 환자가 매일 사용하는 칫솔, 치실 등 구강 위생 관련 도구나 치과 진료 장비의 상태에 따라 세균의 수를 측정하는 세균 배양 실험¹³ 등을 통해 4차 암모늄 화합물의 항균효과를 좀 더 객관적으로 평가를 함으로써 감염경로 차단과 감염관리 개선을 도모할 수 있을 것으로 사료된다.

결론

물리적으로 항균효과를 나타내는 4차 암모늄 화합물을 사용하여 치과 진료실의 주요 오염 구역에 도포한 후 시기별 오염도 변화를 측정된 결과, 도포 전 상대적으로 오염도가 높은 진료실이 오염도가 낮은 진료실 보다 도포 후 현저한 오염도의 감소를 보였다. 또한 도포 후 시기별 오염도의 변화를 분석한 결과 대부분의 진료실에서 현저한 오염도의 감소를 보였으며, 대략 4 - 6개월 정도 효과가 지속되는 양상을 보였다. 따라서 항균효과의 지속성과 최소량의 화학성분 노출이라는 장점으로 향후 대단위 후속연구를 통해 4차 암모늄 화합물이 치과 진료실에서 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

ORCID

Sae Yun Baik <https://orcid.org/0000-0001-6115-8766>

YounJung Park <https://orcid.org/0000-0002-9152-7849>

Seong Taek Kim <https://orcid.org/0000-0001-9506-5103>

References

1. Infection Control and Prevention in Healthcare Facilities. Korean Society for Healthcare-associated infection Control and Prevention. 5th ed. Seoul; Hanmibook; 2017. p. 497-513.
2. Hoehl S, Berger A, Kortenbusch M, Cinatl J, Bjokova D, Rabenau H, Behrens P, Böddinghaus B, Götsch U, Naujoks F, Neumann P, Schork J, Tiarks-Jungk P, Walczok A, Eickmann M, Vehreschild M, Kann G, Wolf T, Gottschalk R, Ciesek S. Evidence of SARS-CoV-2 Infection in Returning Travelers from Wuhan, China. *N Engl J Med* 2020 Feb 18. doi: 10.1056/NEJMc2001899.
3. Elena P, Miri K. Formation of contact active antimicrobial surfaces by covalent grafting of quaternary ammonium compounds. *Colloids Surf B Biointerfaces* 2018;169:195-205.
4. Cho JH. Updates on Antimicrobial coating agent. *ISBC newsletter* 2017;5:1.
5. Lee JS, Jeong KH, Kim GH, Im IC, Kewon DC, Goo EH, Dong KR, Chung WK. Radiology Department Infection Control According to Radiography Frequency and Disinfection Period. *J Korean Soc Radiol* 2011;5:73-80.
6. Hygiene. SystemSURE Plus ATP Monitoring System Instruction Manual. 2016.
7. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *J Hosp Infect* 2020;104:246-51.
8. Saeb A, Mody L, Gibson K. How are nursing homes cleaned? Results of a survey of 6 nursing homes in Southeast Michigan. *Am J Infect Control* 2017;45:e119-22.
9. Yun KO, Kim HY. A Study Regarding Bacterial Contamination of Surfaces in Dental Offices. *Korean J Clin Lab Sci* 2015;47:279-85.
10. Jagrosse D, Bommarito M, Stahl JB. Monitoring the Cleaning of Surgical Instruments with an ATP Detection System. *Am J Infection Control* 2012;40:e90-1.
11. Lewis T, Griffith C, Gallo M, Weinbren M. A modified ATP benchmark for evaluating the cleaning of some hospital environmental surfaces. *J Hosp Infect* 2008;69:156-63.
12. Wang H, Ren D. Controlling *Streptococcus mutans* and *Staphylococcus aureus* biofilms with direct current and chlorhexidine. *AMB Express* 2017;7:204.
13. Lee SG, Kang BR, Kim HS, Park HH, Park HR, Yoon SK, Nam SH. Changes in the number of bacteria in a toothbrush according to the toothbrush management method. *Biomed Res* 2017;28:7306-7310.

치과 진료실의 미생물 오염도에 대한 4차 암모늄 화합물의 효과

백세연¹ 전문의, 박연정² 임상연구조교수, 최승호³ 개원의, 김희재³ 개원의, 김성택^{2*} 교수

¹서울의과대학연구소 진단검사의학과

²연세대학교 치과대학 구강내과학교실

³라미치과의원

물리적 항균효과를 나타내는 4차 암모늄 화합물을 치과 진료실 미생물 주요 오염 구역에 도포 후 시기별 오염도의 변화를 측정하고자 하였다. 4개의 국내외 치과병원에서 미생물 감염이 쉬운 유닛체어 핸들, 타구대 표면, 핸드피스 거치대 등에 ATP (adenosine triphosphate) 모니터링 시스템과 ATP 표면검사 테스트 키트를 사용하여 항균제 도포 전과 후 시기별 오염도를 비교 측정하였다. 4차 암모늄 화합물 도포 전 구역별 미생물 오염도는 치과의사가 주로 사용하는 핸드피스 거치대가 가장 높았다. 도포 후 시기별 오염도의 변화를 분석한 결과 대부분의 진료실에서 현저한 오염도의 감소를 보였으며, 대략 4-6개월 정도 효과가 지속되는 양상을 보였다. 항균효과의 지속성과 최소량의 화학성분 노출이라는 장점으로 향후 대단위 후속연구를 통해 4차 암모늄 화합물이 치과 진료실에서 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

(구강회복응용과학지 2020;36(1):55-60)

주요어: 4차 암모늄 화합물; 미생물 오염; ATP (adenosine triphosphate) 모니터링 시스템; 치과 진료실

*교신저자: 김성택

(03722) 서울특별시 서대문구 연세로 50-1 연세대학교 치과대학병원 구강내과

Tel: 02-2228-3110 | Fax: 02-393-8076 | E-mail: k8756050@yuhs.ac

접수일: 2020년 3월 8일 | 수정일: 2020년 3월 11일 | 채택일: 2020년 3월 12일