

# 보도자료



보도일시	즉시 보도
	국제엠바고를 준수하여 주시기 바랍니다
문의	홍보담당자: 김시형(02-740-8607)
	연구단장/연구책임자 안진수 교수(02-740-8691)
	연구단/연구진 김민주 연구원(02-740-8768)

## 표면 접촉에 의한 전염병 전파 차단을 위한 지속성 제미니형 항균제 개발

- 생체모사를 통해 치의학 연구자가 표면 항균제를 개발하다 -

### ■ 요약

연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"><li>- COVID-19의 세계적인 확산으로 인해 <b>감염성 전염병의 예방과 전파 차단</b>의 필요성에 대해 어느 때보다 많은 관심이 요구되고 있다. 세계보건기구(WHO)에 의하면 감염성 전염병의 주요 전파 경로는 사람 사이의 직접 접촉과 오염된 표면의 접촉이다.</li><li>- 이러한 감염을 막기 위해 사용된 기존의 항균제는 알콜, 차아염소산염, 과산화수소, 그리고 4차 암모늄 계면활성제였다. 하지만 알콜은 너무 빨리 증발해버리는 단점이 있었고, 차아염소산염과 과산화수소는 표면을 자극하거나 부식시키는 단점이 있었다. 또 물리적으로 잘 닦여져서 표면이 재오염될 경우 항균력이 사라졌다.</li><li>- 위와 같은 단점을 최소화시키기 위한 연구가 많이 이뤄졌다. 현재 상용화된 방법은 금속이온 등의 살균성분을 지속적으로 침출시키거나 4차 암모늄 화합물을 사용하는 것이다. 하지만 금속이온 침출 방법은 이온이 방출되는 속도가 느려 유효 억제 농도에 다다르기 까지 최소 2시간에서 24시간까지 필요하다. 또 유효 억제 농도에서도 항균성이 이뤄지기 까지 5분 정도의 시간이 필요하다. 따라서 침출 방법으로는 많은 부분에서 빠르게 이루어지는 표면 접촉 전파의 차단이 어렵다고 볼 수 있다.</li><li>- 4차 암모늄 화합물은 이온이 침출되는 방법이 아닌 병원균 표면과의 직접적인 접촉을 통해 항균성을 보인다. 하지만 독성이 있는 용액에 희석해 써야 하는 단점 등의 이유로 매일 일상적으로 사용하기에는 무리가 있다.</li></ul>
연구성과/기대효과	<ul style="list-style-type: none"><li>- 연구팀은 미국 캘리포니아 대학 산타바바라캠퍼스(UC Santa Barbara)와 ACatechol 연구팀과 함께 <b>4차 암모늄 화합물의 단점을 개선한 새로운 항균제를 개발</b>하였으며, 이 항균제가 기존의 항균제에 비해 <b>우수한 항균력과 생체적합성을 가진다는 것을 발견</b>하였다.</li><li>- 새로운 제미니 이-4차 암모늄 유기실란 항균제는 여러 종류의 표면에서 적용 후 15일까지도 항균성을 유지했고 반복하여 세균 오염을 시킨 후에도 비슷한 수준의 항균성을 유지하는 것이 이번 연구를 통해 밝혀졌다. 또한 독성도 적어 앞으로 유용하게 활용될 것으로 기대된다.</li></ul>

## ■ 본문

### □ COVID-19의 창궐과 표면 접촉에 의한 감염병 전파

- COVID-19의 전세계적인 확산으로 인해 감염성 전염병의 예방과 전파 차단 필요성에 대해 그 어느 때보다 많은 관심이 요구되고 있다. 미국 질병통제예방센터 (CDC)와 세계보건기구 (WHO)에 의하면 감염성 전염병의 주요 전파 경로는 사람 사이의 직접 접촉과 오염된 표면의 접촉이다.
- 표면 접촉으로 인한 감염성 전염병의 전파를 차단하기 위해 사용하던 기존의 항균제는 알콜, 차아염소산염, 과산화수소, 그리고 4차 암모늄 계면활성제였다. 하지만 알콜은 너무 빨리 증발해버려 항균성이 오래 지속되지 못하는 단점이 있었고, 차아염소산염과 과산화수소는 표면을 자극하거나 부식시키는 단점이 있었다. 또한 물리적으로 잘 닦여져서 표면이 재오염될 경우 항균력이 사라지는 문제점이 있다.

### □ 기존 표면 항균제의 문제점 개선을 위한 노력

- 이에 위와 같은 단점을 최소화시키며 항균력을 유지할 수 있도록 자가 표면 항균제에 대한 연구가 이루어졌다. 현재 상용화된 방법은 엘리베이터 버튼 위에 붙이는 항균필름과 같이 금속이온 등의 살균성분을 지속적으로 침출시키거나 4차 암모늄 화합물을 사용하는 것이다. 하지만 금속이온 침출 방법은 이온이 방출되는 속도가 느려 유효 억제 농도에 다다르기까지 최소 2시간에서 24시간까지 필요하다. 또 유효 억제 농도에서도 항균성이 이루어지기까지 5분 정도의 시간이 필요하다. 따라서 침출 방법으로는 많은 부분에서 빠르게 이루어지는 표면 접촉 전파의 차단이 어렵다고 볼 수 있다.
- 4차 암모늄 화합물은 이온이 침출되는 방법이 아닌 병원균 표면과의 직접적인 접촉을 통해 항균성을 보인다. 이는 일반적인 양이온 항균제/세정제의 메커니즘과 유사하며 항균작용은 접촉 즉시 발생한다. 이미 1969년 Dow 등의 연구진에 의해 개발된 방법이지만 독성이 있는 용액에 희석해 써야 하는 단점 등의 이유로 매일 일상적으로 사용하기에는 무리가 있다.

### □ 치의학대학원에서 표면 항균제 개발을?

- 치의학대학원 안진수 교수 연구팀에서는 해양생물을 모사하여 표면의 성질을 바꾸고 접착력을 증대시키는 연구를 진행해왔다. 이를 통해 홍합을 비롯한 여러 해양생물들은 작용기를 쌍으로 나란히 배치하여 기능을 높이는 것은 물론 지속력을 비약적으로 향상시킨다는 것을 발견하였으며 COVID-19의 확산에 따라 이를 표면 항균제에 적용하는 아이디어를 내게 되었다.
- 이를 위해 연구팀은 미국 캘리포니아 대학 산타바바라캠퍼스(UC Santa Barbara)와 ACatechol 연구팀과 함께 4차 암모늄 화합물의 단점을 개선한 새로운 항균제를 개발, 합성하였으며 이 항균제가 기존의 항균제에 비해 우수한 항균력과 생체적합성을 가진다는 것을 발견하였다.

### □ 쌍둥이를 의미하는 제미니형 항균제의 개발과 전망

- 현재 상용되고 있는 항균제들은 적용 후 일정 시간이 지나면 항균성을 잃는 반면, 작용기가 나란히 배

치되도록 합성한 새로운 제미니 이-4차 암모늄 유기실란 항균제는 여러 종류의 표면에서 적용 후 15일 까지도 99.9999%의 항균성을 유지했고 24시간 간격으로 3번 연속 세균 오염을 시킨 후에도 비슷한 수준의 항균성을 유지하는 것이 이번 연구를 통해 밝혀졌다. 또 독성시험 결과, 생체용으로도 문제없이 사용이 가능할 것으로 보여 앞으로 의료현장은 물론 우리 주변 생활환경에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## □ 연구결과

### **Gemini-Mediated Self-Disinfecting Surfaces to Address the Contact Transmission of Infectious Diseases**

MinJu Kim, Roscoe T. H. Linstadt, Kollbe Ahn Ando, and Jinsoo Ahn\*

(Langmuir (IF: 3.882), accepted on February 2, 2022)

- 향상된 항균성과 항균 지속성을 유지하는 제미니형 이-4차 암모늄 유기실란 항균제를 합성해 기존 항균제의 단점과 한계점을 극복했다. 국제 항균 평가 가이드라인인 ASTM E2315와 항균 필름 성능 평가 가이드라인인 ISO 20743에 따라 각각 알킬기 탄소의 수가 다른 3 종류의 제미니형 이-4차 암모늄 유기실란을 대표적인 그람 양성 세균인 *Staphylococcus aureus*와 그람 음성 세균인 *Escherichia coli* 등에 적용했다. 항균제 현탁액에 세균을 직접 노출시켰을 때의 항균 효과, 다공성과 무공성의 표면에 항균제를 적용 후 일정 시간이 지난 후의 항균 효과, 여러 종류의 무공성의 표면에 항균제를 적용 후 24시간 간격으로 3번 연속 세균 오염을 시킨 후의 항균력의 유지 정도를 측정했다. 그 결과 새롭게 합성한 3 종류 중에 알킬기의 길이가 더 긴 2가지 종류의 제미니형 유기실란이 기존의 그람 양성과 그람 음성에 각각 우수한 항균력을 가지는 것을 확인했다.
- 이러한 연구결과를 바탕으로 현재 상용화가 가능한 수준의 표면 항균제 개발을 목표로 동물실험 등의 추가 연구를 진행 중에 있으며 관련 실험은 뉴욕대 생물학과를 졸업하고 서울대 치의학전문대학원을 졸업한 치과의사이자 올해 박사과정을 졸업하는 김민주 연구원이 전담하고 있다.
- 본 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2018R1A2B6002971 및 2021R1A6A1A03039462)
- 본 연구결과는 화학 분야 세계 최고권위저널 중 하나인, 미국 화학회(American Chemical Society; ACS)에서 발행하는 랑뮈르 (Langmuir. IF: 3.882)에 2월 게재되었으며 표지논문으로 선정되었다.

February 15, 2022 Volume 38, Number 6

pubs.acs.org/Langmuir

# LANGMUIR

The ACS journal of fundamental interface science



 ACS Publications  
Most Trusted. Most Cited. Most Read.

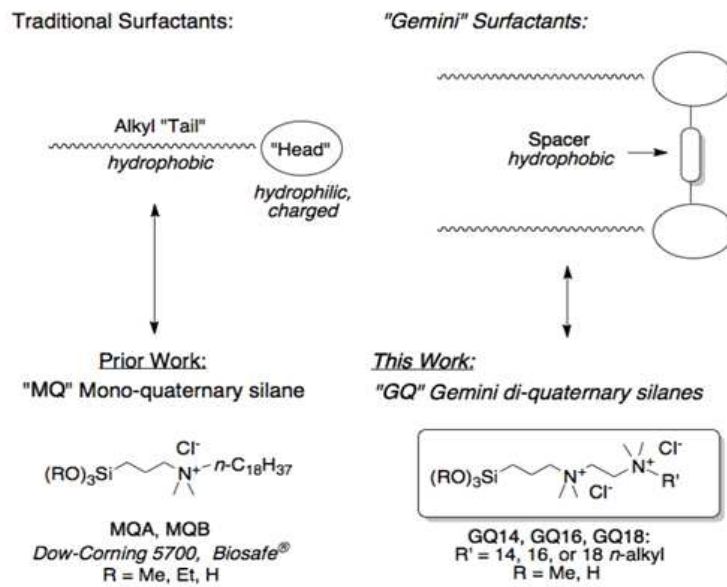
[www.acs.org](http://www.acs.org)

<랑뮌르 표지에 선정된 표면항균 기능을 묘사한 그림>

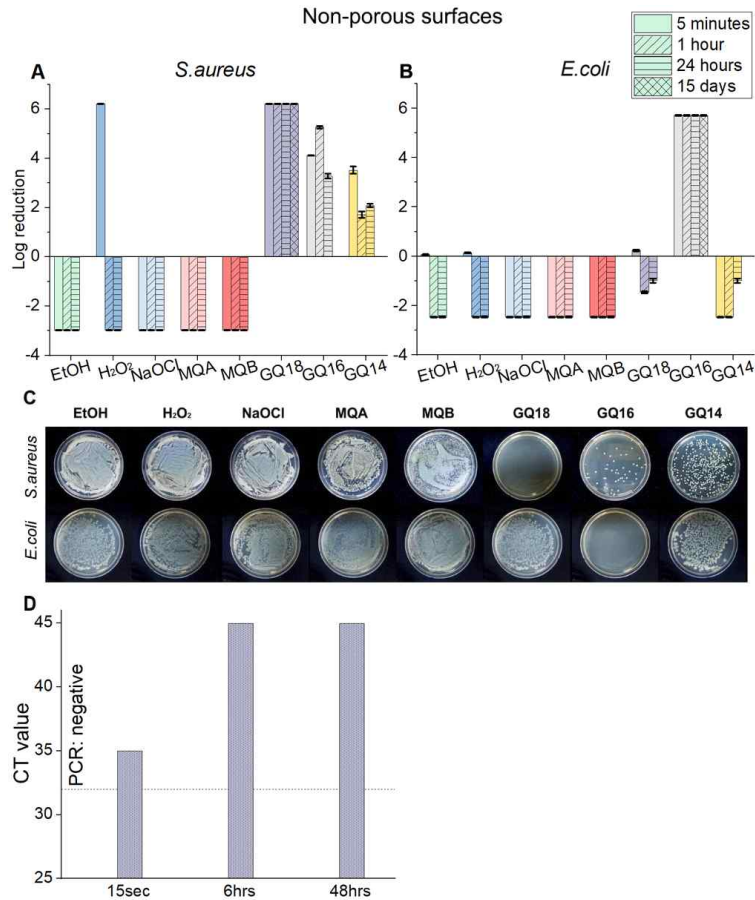
□ 용어설명

1. 제미니형 이-4차 암모늄 유기실란 (Gemini di-quaternary silane)

○ 기존의 실란을 이용한 자가표면 항균제는 한 개의 전하를 띤 친수성 "머리"와 소수성의 알킬 "꼬리"로 이루어진 형태였다. 제미니형은 2개 이상의 친수성 머리와 소수성 꼬리를 가졌다. 이로 인해 접촉 표면적이 넓어지고 더 강한 항균 작용을 기대할 수 있다. 안진수 교수 (서울대학교 치의학대학원)와 신소재 연구자들은 이 제미니형 이-4차 암모늄 유기실란의 알킬 꼬리의 길이를 다양하게 합성해 연구를 진행했다.



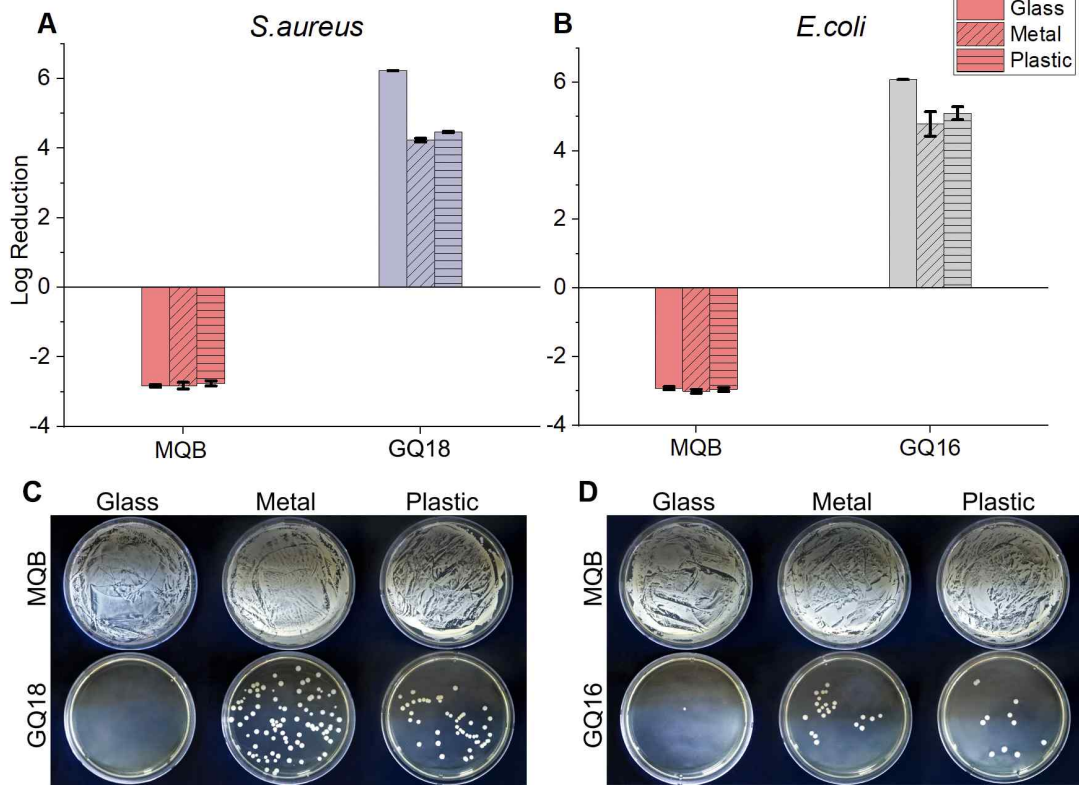
□ 그림설명



- (A) 탄소 18개의 알킬 꼬리로 이루어진 제미니형 항균제가 표면 처리 후 **15일 동안** 그람 양성인 *S. aureus*에 대한 항균성을 유지함을 보여준다.
- (B) 탄소 16개의 알킬 꼬리로 이루어진 제미니형 항균제가 표면 처리 후 15일 동안 그람 음성인 *E. coli*에 대한 항균성을 유지함을 보여준다.
- (C) 기존의 항균제들과 새로운 제미니형 항균제로 표면 처리 24시간 후의 *S. aureus*와 *E. coli*의 집락 형성 양상
- (D) 제미니형 항균제로 표면 처리 후 48시간 동안 SARS-CoV-2의 RT-PCR 결과

이 결과를 통해 무공성의 매끈한 표면에서 제미니형 이-4차 암모늄 유기실란이 상당 기간 동안 항균력을 유지하는 것을 알 수 있다.





(A) 탄소 18개의 알킬 꼬리로 이루어진 제미니형 항균제가 표면 처리 후 *S. aureus*로 72시간 동안 3번 연속 오염시켜도 항균성을 유지함을 보여준다.

(B) 탄소 16개의 알킬 꼬리로 이루어진 제미니형 항균제가 표면 처리 후 *E. coli*로 72시간 동안 3번 연속 오염시켜도 항균성을 유지함을 보여준다.

(C) 기존의 단일형과 제미니형 항균제로 표면처리 후 72시간 동안 3번 연속 오염시간 후의 *S. aureus* 집락 형성 양상

(D) 기존의 단일형과 제미니형 항균제로 표면처리 후 72시간 동안 3번 연속 오염시간 후의 *E. coli* 집락 형성 양상

이 결과를 통해 *S. aureus*와 *E. coli*로 **72시간 동안** 3번 연속 오염시킨 다양한 무공성의 매끈한 표면에서 제미니형 이-4차 암모늄 유기실란이 항균력을 유지하는 것을 알 수 있다.

#### □ 연구책임자

○ 성 명 : 안진수

○ 소 속 : 치학연구소 생체모사 연구책임자

서울대학교 치의학대학원 치과생체재료과학교실 교수

○ 연락처 : 02-740-8691, [ahnjin@snu.ac.kr](mailto:ahnjin@snu.ac.kr)

□ 연구담당자

- 성 명 : 김민주
- 소 속 : 서울대학교 치의학대학원 치과생체재료과학교실 박사과정 (8월 졸업 예정)
- 연락처 : 02-740-8768, kkotemandu@snu.ac.kr