Korean Society for
Clinical Laboratory ScienceKorean Journal of
CLINICAL LABORATORY SCIENCE

ORIGINAL ARTICLE

Investigation of Bacterial Contamination of Liquid Soaps Used in Public Restroom

Seung Bok Hong

Department of Clinical Laboratory Science, Chungbuk Health & Science University, Cheongju, Korea

공공 화장실에서 사용하는 액체 손세정제의 세균 오염도 조사

홍승복

충북보건과학대학교 임상병리과

ARTICLE INFO

Received August 18, 2020
Revised 1st August 21, 2020
Revised 2nd August 21, 2020
Accepted August 21, 2020

Key words

Bacterial contamination
Handwashing
Liquid soaps
Public restroom
Refillable dispenser

ABSTRACT

Handwashing with soap is an important practice to reduce the transmission of potentially pathogenic microorganisms, but liquid soaps with refillable dispensers are prone to extrinsic bacterial contamination. This study investigated the bacterial contamination of liquid soaps in 58 public restrooms in six buildings. The bacteria were identified by a biochemical test and MALDI-TOF mass spectrophotometry. The antimicrobial susceptibility was determined using the Vitek II system. Of the 58 restrooms examined, 27(46.55%) were using a refill dispenser, of which 25(92.59%) were contaminated with bacteria. The bacteria recovered from the soaps ranged from 1.6×10^3 to 2.7×10^5 CFU/mL. *Serratia liquefaciens* (12), *Achromobacter xylosoxidans* (9), *S. marcescens* (4), *Staphylococcus pastueri* (1), and *Achromobacter spanius* (1) were isolated. Except for one *A. xylosoxidans*, bacteria of the same species isolated in the same building showed a unique resistance pattern. In conclusion, handwashing with contaminated soap may play a role in the transmission of bacteria in public health settings. Therefore, it is necessary to limit the use of refillable liquid soaps in the restrooms of hospitals used by patients with reduced immunity.

Copyright © 2020 The Korean Society for Clinical Laboratory Science. All rights reserved.

서론

손위생은 병원체의 전파위험을 감소시킴으로써 감염을 차단하기 위한 중요하고 효과적인 감염예방 방법이다. 손위생의 수행 방법에는 손씻기와 손소독이 있는데, 손에 혈액이나 체액 등 오염물이 묻은 경우나 *Clostridioides difficile*과 같은 아포(spore)를 형성하는 세균에 오염되었을 가능성이 있을 때는 비누와 물로 손을 씻으며, 눈에 보이는 오염물이 없다면 알코올과 같은 소독제를 사용한다[1].

손세정제와 손소독제가 흔히 혼동되어서 사용되는데 손 소독제는 세균이나 바이러스를 살균 또는 소독하는 성분(예, 알코올)이 들어 있는 것으로 물 없이 사용한다. 손세정제는 비누라 불리는 계면활성제로 한 분자 내에 친수성 부분과 친유성(소수성) 부분을 모두 포함하는 구조로 되어 있어 피부에 묻은 친유성 오염 물질을 효과적으로 제거할 수 있다. 즉 손세정제는 균을 소독할 수는 없지만 균과 오염물질을 쉽게 제거하는데 사용한다.

손세정제는 고체와 액체 형이 있으며 많은 공공기관에서는 편리성과 위생적인 이유로 액체 형을 많이 사용한다. 그러나 액체 형 손세정제도 세균에 오염될 수 있으며 오염된 손세정제의 사용은 다양한 건강 관리 분야에서(health care setting)에서 보건학적 문제를 야기시킬 수 있다[2-6]. 특히 세정제를 다시 채워 사용(refill, 이하 재사용)하면 외부의 균에 의해 오염될 수 있으며 이들 균에 의한 감염이 가능한데[7, 8], Chattman 등[8]은

Corresponding author: Seung Bok Hong

Department of Clinical Laboratory Science, Chungbuk Health & Science University,
10 Deokam-gil, Naesu-eup, Cheongwon-gu, Cheongju 28150, Korea

E-mail: sbhong8646@hanmail.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5340-8585>

미국의 화장실에서 재사용하는 액체 형 손세정제의 25%에서 세균에 의해 오염되었다고 보고하였다. 한편 미국질병통제예방센터(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)의 손위생 수행에 대한 가이드라인에 의하면 용기의 뚜껑을 개봉하게 되면 오염가능성이 있어 세정제를 다시 채워 사용하는 것을 금지하도록 권고하고 있다[1]. 국내에서는 대중음식점이나 학교 등에서 일회용 물티슈나 손에서 세균 오염도에 대한 조사는 있지만[9, 10], 의료기관을 포함한 공공장소에서 손세정제의 세균 오염도에 대한 체계적인 조사를 시행한 보고는 드물다. 이에 저자는 의료기관을 포함하여 다양한 공공 장소에서 사용되고 있는 액체 형 손 세정제에서 세균의 오염 정도를 조사하고, 주요 오염균의 특성을 알아보기 위해 균의 동정과 항균제 감수성 검사를 시행하였다.

재료 및 방법

1. 대상

2020년 5월부터 7월 사이에 청주 지역에 있는 4개 기관의 6개 건물의 58개 화장실에서 사용되는 손세정제를 대상으로 하였다. 조사한 4개의 기관 중 겔(gel)형을 사용하는 2개 기관에서는 세정제를 다시 채워 사용하고 있었으며, 거품(foam)형을 사용하고 있는 2개 기관에서는 밀봉된 상태로 사용하고 있었다. 조사대상에 포함된 각 기관의 화장실 수와 세정제의 주요 계면활성제의 성분은 Table 1과 같다.

2. 손세정제의 배양 및 오염 균 수

50 mL 튜브에 세정제 10 mL를 수집하여, 세정제 원액과 계단 희석한 용액 50 µL를 각각 BAP (blood agar plate)에 배양하여 균의 오염여부와 균 수를 측정하였다.

Table 1. Type and main composition of liquid soaps investigated in this study

Group	No*	Type	Main surfactants composition of liquid soaps
A	23	Gel	SLS, CPB, CA, SC
B	4	Gel	SLS, CPB, CA, SC
C	21	Foam	SLS, CPB, CG, GO, CA, HPGC
D	10	Foam	SLS, CPB, CG, GO, CA, HPGC

Abbreviations: SLS, sodium lauryl sulfate; CPB, cocamidopropyl betain; CA, citric acid; SC, sodium chloride; CG, coco-glucoside; GO, glycerol oleate; HPGC, hydrogenated palm glycerides citrate.

*Number of restrooms.

3. 균의 동정 및 항균제 감수성 검사

분리된 균은 BAP에 순수 배양한 후 자란 균집락을 동정에 이용하였다. 균의 동정은 전통적인 생화학적 검사와 MALDI-TOF (matrix assisted laser desorption ionization-time of flight) 질량분석기(Microflex LT Biotyper®, Bruker Daltonik, Bremen, Germany)를 이용하였다. 질량분석기는 제조사의 지침대로 수행하였으며 방법을 간략히 요약하면 다음과 같다. BAP에 자란 순수 집락을 멸균된 이쑤시개로 표적 플레이트에 스팟(spot)한 후 그 위에 매트릭스(CHCA, a-cyano-4-hydroxycinnamic acid) 1 µL를 점적하고 공기 중에서 건조시킨다. 이어서 질량분석기에서 미생물의 질량스펙트럼을 측정하고 미생물에서 생성된 스펙트럼과 기기회사의 데이터베이스와 비교하여 동정하게 된다. 항균제 감수성 검사는 Vitek II 시스템(bioMérieux Inc., Hazelwood, MO, USA)를 이용하였으며 정도관리를 위해 *Escherichia coli* ATCC 25922와 *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27953을 하여 CLSI (Clinical & Laboratory Standards Institute) 가이드라인에 의해 시행하였다[11]. 장내세균에서는 ampicillin, amoxicillin/clavulanic acid, piperacillin/tazobactam, cefazolin, ceftazidime, cefepime, aztreonam, ertapenem, imipenem, amikacin, gentamicin, ciprofloxacin, tigecycline, trimethoprim/sulfamethoxazole에 대해 감수성 시험을 하였으며, 포도당 비발효 세균에서는 ampicillin/sulbactam, piperacillin, piperacillin/tazobactam, ticarcillin/clavulanic acid, cefotaxime, ceftazidime, cefepime, aztreonam, imipenem, meropenem, amikacin, gentamicin, ciprofloxacin, minocycline, tigecycline, colistin, trimethoprim/sulfamethoxazole에 대해 시험하였다.

3. 오염된 세정제의 사용 후 손배양

오염된 손세정제는 10^5 CFU/mL 농도의 *Serratia marcescens* 100 µL를 10 mL 세정제에 넣어 최종농도 10^3 CFU/mL의 농도로 만들어서 시험에 사용하였다. 이어서 오염되지 않은 세정제와 오염된 세정제로 각각 손 세정을 시행한 후 손배양 배지에 배양을 하였다.

결 과

1. 액체 손세정제가 오염된 공중 화장실 및 오염된 세균 수

4개 기관 58개의 화장실 중 2개 기관의 25개 화장실의 세정제에서 균이 분리되었다. 균이 분리된 화장실은 세정제를 재사용하고 있었으며 밀봉된 세정제를 사용하는 화장실에서는 균이 분리되지 않았다. A기관의 23개 화장실 중 21개(91.30%), B기관의 4개 화장실 모두(100%)에서 세균이 분리되었다. A기관에서는 $1.6 \times 10^3 \sim 2.7 \times 10^5$ CFU/mL, B 기관에서는 $3.6 \times 10^4 \sim 6.4 \times 10^4$ CFU/mL의 균이 분리되었다(Table 2).

2. 액체 형 손세정제에 오염된 균의 분포

2개 기관에서 분리된 균은 *Staphylococcus pastueri* 한 균주를 제외하고 모두가 그람음성막대균이었다. *Serratia liquefaciens*가 12개의 화장실에서 분리되었고, *Achromobacter xylosoxidans*가 9개의 화장실에서, *Serratia marcescens*가 4개의 화장실에서, *Achromobacter spanius*와 *S. pastueri*가 각각 1개의 화장실에서 분리되었다. 균이 분리된 2개의 기관을 건물에 따라 subgroup으로 나누었을 때 A기관에서는 *S. liquefaciens*와 *A. xylosoxidans*가 각각의 건물에서 주로 분리되었으며, B 기관에서는 *S. marcescens*와 *S. liquefaciens*가 각각 2개의 화장실에서 분리되었다(Table 3).

3. 액체 형 손세정제에서 분리된 균의 항균제 감수성

분리된 27개의 균 중 한 건물에서 2회 이상 분리된 22개의 균

(*S. liquefaciens* 11주, *A. xylosoxidans* 9주, *S. marcescens* 2주)에 대한 항균제 감수성 검사를 시행하였다. 한 균주를 제외하고 건물별로 동일한 감수성 양상을 나타내어 Table 4에 정리하였다. *S. liquefaciens*는 piperacillin/tazobactam 항균제를 제외한 검사한 모든 페니실린계 항생제와 1세대와 2세대 세팔로스포린에 내성이었으며, 나머지 검사한 항균제에는 감수성이었다. 동일한 건물(A3)에서 분리된 9개의 *A. xylosoxidans* 균 중 8개의 균은 ampicillin/sulbactam 항균제에 내성을 보이며 시행한 나머지 항균제에 감수성을 양상을 보였으나 1개의 균은 모든 페니실린계, 모든 세팔로스포린계, 아미노글라이코사이드계, 그리고 trimethoprim/sulfamethoxazole에 내성이었다(Table 4).

4. 오염된 세정제 사용 후 손 배양

오염된 것과 오염되지 않은 손세정제로 손위생을 시행한 후 손배양 배지에 배양하였다. Figure 1과 같이 오염된 세정제로 손위생을 시행한 후 손 배양 배지에서 배양하였을 때 오염되지 않은 것으로 시행하였을 때보다 10배 이상($16 \rightarrow 185$ CFU/hand) 많은 세균이 자란 것을 확인할 수 있었다.

고 찰

손세정은 흡과 같은 오염 물질이나 감염을 일으킬 수 있는 미생물의 수를 줄이는 것이 목적이나 오염된 손세정제의 사용은 병원성 미생물을 전파시킬 수 있다. 따라서 저자는 국내의 공중

Table 2. Number of contaminated restrooms and range of contaminated bacteria from liquid soaps

Group	No. of contamination (%)	Bacterial count (CFU/mL)	Use by refilling
A	21/23 (91.30%)	$1.6 \times 10^3 \sim 2.7 \times 10^5$	Yes
B	4/4 (100%)	$3.6 \times 10^4 \sim 6.4 \times 10^4$	Yes
C	0/21 (0%)	0	No
D	0/10 (0%)	0	No

Abbreviation: CFU, colony forming unit.

Table 3. Number and species of bacteria isolated from contaminated liquid soaps

Group	Sub group*	No. of contaminated soaps/examined soaps	Species (No. of isolates)
A	A1	6/7	<i>Serratia liquefaciens</i> (5), <i>Serratia marcescens</i> (1)
	A2	6/7	<i>Serratia liquefaciens</i> (4), <i>Serratia marcescens</i> (1), <i>Achromobacter xylosoxidans</i> (1)
	A3	9/9	<i>Achromobacter xylosoxidans</i> (8), <i>Serratia liquefaciens</i> (1)
B	B	4/4	<i>Serratia marcescens</i> (2), <i>Serratia liquefaciens</i> (2), <i>Staphylococcus pastueri</i> (1), <i>Achromobacter spanius</i> (1)

*Subgroup was grouped by restrooms in the same building.

Table 4. Antimicrobial susceptibility of gram negative bacilli from contaminated liquid soap in each building

Antimicrobial agents	Antimicrobial susceptibility					
	A1*	A2	A3		B	
	SLI(5) [†]	SLI(4)	AXY(8)	AXY(1)	SMA(2)	SLI(2)
Ampicillin	R	R	NA	NA	R	R
Amoxicillin/Clavulanic acid	R	R	NA	NA	R	R
Ampicillin/Sulbactam	NA	NA	I	R	NA	NA
Piperacillin	NA	NA	S	R	NA	NA
Piperacillin/Tazobactam	S	S	S	R	S	S
Ticarcillin/Clavulanic acid	NA	NA	S	R	NA	NA
Cefazolin	R	R	NA	NA	R	R
Cefoxitin	R	R	NA	NA	R	R
Cefotaxime	S	S	R	R	S	S
Ceftazidime	S	S	S	R	S	S
Cefepime	S	S	S	R	S	S
Aztreonam	S	S	R	R	S	S
Ertapenem	S	S	NA	NA	S	S
Imipenem	S	S	S	S	S	S
Meropenem	NA	NA	S	S	NA	NA
Amikacin	S	S	S	R	S	S
Gentamicin	S	S	S	R	S	S
Ciprofloxacin	S	S	S	S	S	S
Minocycline	NA	NA	S	S	NA	NA
Tigecycline	S	S	S	S	S	S
Colistin	NA	NA	S	S	NA	NA
Trimethoprim/Sulfamethoxazole	S	S	S	R	S	S

Abbreviations: SLI, *Serratia liquefaciens*; AXY, *Achromobacter xylosoxidans*; SMA, *Serratia marcescens*; R, resistant; S, susceptible; I, intermediate; NA, not application.

*A1, A2, A3, and B is same with subgroup in Table 2.

[†]Number in parentheses is the number of bacteria with the same antimicrobial susceptibility pattern.

Figure 1. Finding of contaminated bacteria transferred from the hands to an agar surface after hand washing with non-contaminated liquid soap (A) or contaminated soap (B) containing 3 log₁₀ CFU/mL of *Serratia liquefaciens*.

화장실에서 사용하는 액체 형 손세정제의 오염 정도를 파악하고자 하였다. 연구결과 세정제를 다시 채워 사용하는 화장실의 92.6%에서 다양한 병원성 세균에 오염되어 있었다. 이 결과는 오염된 세정제의 사용이 그들의 본래 목적을 무력화하고 오히려 병원성 세균의 전파로 감염의 증가를 야기할 수 있음을 시사한다. 재사용하는 액체 세정제의 세균 오염률은 보고자마다 다양한데, Cattman 등[8]은 20~25%라 보고하였으며 10개의 초등학교를 대상으로 조사한 Zapka 등[7]은 100%에서 세균이 오염되었다고 보고하였다. 한편 2002년 CDC 손위생 가이드라인에 의하면 용기를 재사용하는 세정제는 외부로부터 균의 오염에 취약하기 때문에 사용하지 말라고 권고하고 있다[1].

오염된 세정제의 사용과 공공보건 위험도와 관계에서 오염된 균의 농도가 중요한 인자인데, 오염된 세균의 농도가 높을수록 이차 접촉 부위로 전파가능성이 높다. 본 연구에서는 $3.2 \sim 5.43 \log_{10}$ CFU/mL 농도의 균이 오염되었는데 $3.72 \sim 7.51 \log_{10}$ CFU/mL와 $2.77 \sim 7.81 \log_{10}$ CFU/mL 등 다양한 보고가 있다[8]. 이는 세정제의 사용기간 및 사용자수의 차이로 생각될 수 있으므로 추후 세정제의 사용기간 및 사용자 수를 고려하여 균의 농도를 측정할 필요가 있다. 한편 2007년 화장품 및 화장실 등에서 사용하는 세정제에 대한 산업가이드라인[12]에서는 $3 \log_{10}$ CFU/mL 이하의 세균 오염을 권고하고 있는데, 본 연구에서 분리된 균 수는 이 기준보다 높았다(Table 2).

세정제에 오염된 균은 대부분 그람음성막대균으로 그람음성 장내세균이 가장 많았으며 일부에서 *Pseudomonas aeruginosa*와 같은 포도당비발효세균의 오염도 보고되고 있다[8, 13]. 오염이 보고된 세균의 대부분은 병원성 감염을 일으킬 수 있으며 면역이 억제된 환자에서 이들 균에 의한 원내 감염이 보고되었다[2-4, 14]. 이 연구에서 오염된 세정제로부터 분리된 세균은 *Staphylococcus pasueri*를 제외하고 그람음성막대균이었다. *S. liquefaciens* (12), *A. xylosoxidans* (9), *S. marcescens* (4) 순으로 분리되었는데 *S. marcescens*와 *A. xylosoxidans*는 흔한 원내감염균이다. *S. marcescens*에 의한 세정제의 오염에 대한 보고가 많았으며 이 균에 의한 감염이 확산된 예가 많이 보고되었다[3, 5, 6, 14, 15]. 본 연구에서 가장 많이 분리된 *S. liquefaciens*는 자연계의 흙이나 물에 흔히 존재하며, *S. marcescens*와 달리 사람의 검체에서 분리되는 되었으나 인체에 감염된 예는 보고되지 않았으며 병원성에 대해서도 알려져 있지 않다[16]. *A. xylosoxidans*는 소독제나 세정제를 포함한 원내 시설물에서 분리되어 흔히 원내 감염을 일으키는 균이다[17, 18]. 동일 건물 내 9개 화장실 중 8개 화장실의 세정제에서 이 균이 분리된 것은 동일한 건물의 여러 화장실을 한 명의 관리자가

세정제를 보충하는 과정 중에 외부로부터 오염되었을 가능성을 추측해 볼 수 있다(Table 3).

오염된 세균의 항균제 감수성 양상과 내성 획득 현황을 보기 위해 2개 이상의 장소에서 분리된 균을 대상으로 항균제 감수성 검사를 시행하였다. 검사결과 한 건물에서 분리된 동일명의 균주들은 동일한 감수성 양상을 보였는데, 건물마다 동일한 관리인이 세정제를 관리할 가능성 높기 때문에 같은 균에 의해 오염되었을 가능성이 높다(Table 4). 분리된 균의 획득 내성현황을 보면 *S. liquefaciens*와 *S. marcescens*는 균주 자체의 자연내성을 보이는 ampicillin, amoxicillin/clavulanic acid, ceftazolin, cefoxitin에만 내성을 보이며 나머지 항생제는 감수성이었다[19]. 8개의 *A. xylosoxidans*도 자연내성을 보이는 항균제 이외는 감수성을 보였으나 1균주는 piperacillin, piperacillin/tazobactam, ticarcillin/clavulanic acid, ceftazidime 그리고 trimethoprim/sulfamethoxazole 항균제에 대해 획득내성을 나타냈다[20]. 이 결과는 손세정제에 의한 내성의 전파 또는 outbreak 가능성이 있다고 추측할 수 있다.

오염되지 않은 세정제보다 오염된 것으로 손위생을 수행하였을 때 많은 균이 전달될 수 있는데, Zapka 등[7]에 의하면 10개 초등학교에서 오염된 손 세정제로 손위생을 시행한 후 평균 740 CFU/hand가 전달됨을 보고하였다. 본 연구에서도 그림 1와 같이 오염된 세정제로 손위생을 시행한 후 의미 있게 많은 세균이 전달 되었다. 따라서 오염된 세정제의 사용이 오히려 감염의 전파를 확산시킬 수 있음을 추측할 수 있다.

결론적으로, 다시 채워 사용하는 손세정제는 그람음성세균의 오염가능성이 매우 크며 공공 장소에서 오염된 세정제의 재사용은 병원체 전파의 원인이 될 수 있다. 따라서 면역이 감소한 환자들이 이용하는 공공 장소의 화장실에서 사용하는 액체 손세정제는 재사용하지 않는 것이 매우 중요하다.

이 연구의 제한점은 보충하여 재사용하는 세정제의 사용기간을 고려하지 않았기 때문에 검사 바로 전에 세정제를 보충하였거나 용기를 바꾸었을 경우 균 수가 감소하였거나 분리되지 않았을 가능성이 있다. 두 번째로 분리된 모든 균이 아닌 우세하게 자란 균주만을 동정하였기 때문에 중요한 병원성 균이 분리되지 않았을 가능성도 있다. 앞으로 세정제의 사용기간을 고려하고 증식된 모든 균에 대한 동정을 시행할 필요가 있다. 마지막으로 오염된 세정제로 손위생을 시행한 후 2차적으로 전달되는 세균을 정량적으로 측정하지 않았고 대상도 적었다. 앞으로 더 많은 수를 대상으로 전달되는 세균을 정량화하여 측정하는 연구가 필요하다.

요약

세정제로 손을 씻는 것은 감염의 가능성이 있는 미생물을 줄이는 중요한 방법이지만 재사용하는 액체 형 세정제는 외부의 오염에 취약하다. 이 연구의 목적은 공공화장실에서 사용하고 있는 액체 세정제의 오염도를 측정하는 것이다. 저자는 6개 건물에 있는 58개의 공공 화장실에서 액체 형 손 세정제를 조사하였다. 균의 동정은 전통적인 생화학적 검사와 질량분석기를 이용하였으며 항균제 감수성 검사는 Vitek II 시스템을 이용하였다. 58개의 화장실 중 27개(46.55%)의 화장실에서 세정제를 다시 채워 재사용하고 있었으며, 이들 중 25개(92.59%) 화장실의 세정제가 세균에 오염되어 있었다. 오염된 균은 1.6×10^3 to 2.7×10^5 CFU/mL의 범위였으며, *Serratia liquefaciens* (12 균주), *Achromobacter xylosoxidans* (9 균주), *Serratia marcescens* (4 균주), *Staphylococcus pastueri* (1 균주), *Achromobacter spanius* (1 균주) 순으로 분리되었다. *A. xylosoxidans* 1 균주를 제외하고 같은 건물에서 분리된 같은 균 종은 동일한 감수성 양상이었다. 결론적으로 오염된 손 세정제로 손을 씻는 것은 공공보건 시설에서 세균의 전파가능성이 높일 수 있으므로 면적이 감소한 환자들이 이용하는 병원의 화장실은 손 세정제를 재사용하는 것을 제한할 필요가 있다.

Acknowledgements: None

Conflict of interest: None

Author's information (Position): Hong SB, Professor.

REFERENCES

- Boyce, JM and Pittet D. Guideline for hand hygiene in health-care settings. Recommendations of the healthcare infection control practices advisory committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA hand hygiene task force. Society for healthcare epidemiology of America/Association for professionals in infection control/Infectious diseases society of America. MMWR Recomm and Rep. 2002;51:1-45. <https://doi.org/10.1086/503164>
- Barry MA, Craven DE, Goularte TA, Lichtenberg DA. *Serratia marcescens* contamination of antiseptic soap containing triclosan implications for nosocomial infection. Infect Control Hosp Epidemiol. 1984;5:427-430. <https://doi.org/10.1017/s0195941700060690>
- Buffer-Bataillon S, Rabier V, Bétrémieux P, Beuchée A, Bauer A, Pladys P, et al. Outbreak of *Serratia marcescens* in a neonatal intensive care unit: contaminated unmedicated liquid soap and risk factors. J Hosp Infect. 2009;72:17-22. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2009.01.010>
- McNaughton, M, Mazinke N, Thomas E. Newborn conjunctivitis associated with triclosan 0.5% antiseptic intrinsically contaminated with *Serratia marcescens*. Can J Infect Control. 1995; 10:7-8.
- Sartor C, Jacomo V, Duvivier C, Tissot-Dupont H, Sambuc R, Drancourt. Nosocomial *Serratia marcescens* infections associated with extrinsic contamination of a liquid nonmedicated soap. Infect Control Hosp Epidemiol. 2000;21:196-199. <https://doi.org/10.1086/501743>
- Saninhour S. *Serratia marcescens* outbreak associated with extrinsic contamination of 1% chloroxylenol soap. Infect Control Hosp Epidemiol. 1998;19:476-479. <https://doi.org/10.1086/647845>
- Zapka CA, Campbell EJ, Maxwell SL, Gerba CP, Dolan MJ, Arbogast JW, et al. Bacterial hand contamination and transfer after use of contaminated bulk-soap-refillable dispensers. Appl Environ Microbiol. 2011;77:2898-2904. <https://doi.org/10.1128/AEM.02632-10>
- Chattman M, Gerba S, Maxwell CP. Occurrence of heterotrophic and coliform bacteria in liquid soaps from bulk refillable dispensers in public facilities. J Environ Health. 2011;73:26-29.
- Chong MS. Bacterial contamination in disposable wet wipes from general restaurants. Korean J Clin Lab Sci. 2016;48:237-241.
- Kim JB, Hur ES, Kang SH, Kim DH, Do YS, Park PH, et al. Prevalence of microbiological hazard on nursery school children's hands and effect of hand washing education. J Food Hyg Saf. 2012;27:30-36.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance standard for antimicrobial susceptibility testing; twenty-fifth informational supplement. M100-S25 35(3). Wayne, PA: Clinical Laboratory Standards Institute; 2015.
- Krowka JF, Bailey JE. CTFA microbiology guideline. Washington DC: The Cosmetic, Toiletries, and Fragrance Association; 2007. p146.
- Amemiya K, Taguchi F. Survey of bacterial contamination of hand washing liquids. J Antibacterial Antifungal Agents. 1992; 20:459-463.
- Rabier V, Bataillon S, Jolivet-Gougeon A, Chaplain JM, Beuchée A, Bétrémieux P. Hand washing soap as a source of neonatal *Serratia marcescens* outbreak. Acta Paediatr. 2008;97:1381-1385. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2008.00953.x>
- Archibald LK, Corl A, Shah B, Schulte M, Arduino MJ, Aguero S, et al. *Serratia marcescens* outbreak associated with extrinsic contamination of 1% chloroxylenol soap. Infect Control Hosp Epidemiol. 1997;18:704-709. <https://doi.org/10.1086/647516>
- Forsythe SJ, Abbott SL, et al. *Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter, Cronobacter, Serratia, Plesiomonas, and other Enterobacteriaceae*. In: Jorgensen JH, Pfaller MA, et al, editors. Manual of clinical microbiology. 11th ed, Washington DC: ASM press; 2015. p714-737.
- Molina-Cabrillana J, Santana Reyes C, Gonzalez-Garcia A, Bordes-Benitez A, Horcajada I. Outbreak of *Achromobacter xylosoxidans* pseudobacteremia in a neonatal care unit related to contaminated chlorhexidine solution. Eur J Clin Microbiol Infect Dis. 2007;26:435-437. <https://doi.org/10.1007/s10096-007-0311-7>
- Marion-Sanchez K, Pailla K, Olive C, Coutour XL, Derancourt C. *Achromobacter* spp. healthcare associated infections in the French West Indies: a longitudinal study from 2006 to 2016. BMC Infect Dis. 2019;19:795-804. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-4431-3>

19. Stock I, Grueger T, Wiedemann B. Natural antibiotic susceptibility of strain of *Serratia marcescens* and the *S. liquefaciens* complex: *S. liquefaciens* sensu stricto, *S. proteamaculans* and *S. grimesii*. Int J Antimicrob Agents. 2003;22:35-47. [https://doi.org/10.1016/s0924-8579\(02\)00163-2](https://doi.org/10.1016/s0924-8579(02)00163-2)
20. von König CHW, Riffelmann M, et al. Bordetella and related genera. In: Jorgensen JH, Pfaller MA, et al, editors. Manual of clinical microbiology. 11th ed, Washinton DC: ASM press: 2015. p714-737.