

東京医療保健大学大学院

医療保健学研究科 医療保健学専攻 博士課程

手洗いシンクの表面汚染菌量に対する乾燥の影響

2015年度入学

2018年3月15日 博士

医療保健学研究科 医療保健学専攻 感染制御学

学籍番号 HD015001 氏名 内田 美保

研究指導教員 木村 哲

副研究指導教員 岩澤 篤郎

菅原 えりさ

東京医療保健大学大学院 医療保健学研究科 医療保健学専攻
博士論文 要旨

手洗いシンクの表面汚染菌量に対する乾燥の影響

東京医療保健大学大学院
医療保健学研究科 医療保健学専攻
博士課程
領 域 名 感染制御学
学籍番号 HD015001
氏 名 内田 美保

背景 (Introduction)

医療関連感染症が院内の湿潤環境、特に手洗いシンクを原因として水平伝播したという報告が国内外で多数報告されている。シンクの清掃行程において、洗浄・消毒に乾燥を加えることが推奨されているが、具体的な方法について標準化されたものはなく、乾燥させることの有用性について実際の臨床現場で検証した報告は見当たらない。

目的 (Objective)

手洗いシンクを日常的に洗浄・消毒した後に乾燥させることは、シンクの表面汚染菌量を減少させることにつながるか検討する。

方法 (Methods)

内科病棟のスタッフステーションの手洗いシンクで、洗浄・消毒直後から1時間使用禁止することで自然乾燥させた場合と、乾燥行程を入れずに使用継続した場合の菌量を測定した。次に、手洗いシンク素材のステンレス、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、陶器の表面上で、生菌が自然乾燥により減菌するか実験した。生菌は、湿潤環境から検出されることの多い *Serratia marcescens*、*Enterococcus faecalis*、*Pseudomonas aeruginosa*、*Acinetobacter baumannii*、*Staphylococcus aureus*、*Escherichia coli* を用いた。モデルシンクを細菌で汚染させ、自然乾燥後の菌量の減少を実験した。配管内の菌とシンク内側の湿潤の関係を調べるために、配管に見立てた高さ 10 mm のペニシリンダーを菌液シャーレに立て 2 mm まで汚染させ、ペニシリンダーの乾湿で菌が管内を移動する状況について実験した。

結果 (Results)

手洗いシンクの排水口と排水口周囲からは、清掃後も多数の菌が確認された。シンクの素材上では、30 分間の自然乾燥で *E. coli* のみ菌数が検出下限値まで減菌した。モデルシンクでも同様の結果が確認された。6 種類の菌液シャーレに立てた乾燥したペニシリンダーからは、1 時間後に天井面に載せたペーパーディスクから菌は検出されなかったが、滅菌蒸留水、生理食塩水、リン酸緩衝液に浸漬したペニシリンダーでは、すべての菌液において 1 時間後に菌の上昇がみられた。

結論 (Conclusions)

配管内を乾燥状態に保つことは菌の拡散防止に重要であることが明らかになったが、手洗いシンクの日常的な清掃行程において、洗浄・消毒後に1時間の乾燥時間を設けても、配管内まで乾燥させることは困難であり、排水口やシンク全体の細菌数を減少させることに繋がってはいなかった。今後は、配管内部の菌による排水口やシンク表面の汚染を防止する方策に焦点をあて具体的に検討を進める必要がある。

キーワード (Key Word)

手洗いシンク、 乾燥、 排水口

目次

序論	• • • • • 1
方法	• • • • • 2
結果	• • • • • 4
考察	• • • • • 6
結論	• • • • • 9
謝辞	• • • • • 10
引用文献	• • • • • 11
図表	• • • • • 13
英文要旨 (Abstract)	• • • • • 19

序文

医療関連感染症の原因菌が院内の環境表面や、洗面台やシンク、風呂場、トイレなどの湿潤環境に広く分布し、水平伝播の原因となる場合がある。一般的に、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌（MRSA）などは乾燥に強く、緑膿菌や腸内細菌科細菌などは湿潤環境を好むとされる¹⁾。細菌は乾燥状態でも生き残ることが知られており、*Acinetobacter* spp.は5ヵ月間、*Escherichia coli*は16ヵ月間、*Pseudomonas aeruginosa*は16ヵ月間、*Serratia marcescens*は2ヵ月間、*Clostridioides difficile*は5ヵ月間、*Staphylococcus aureus* (MRSAを含む)は7ヵ月間生存することが報告されている²⁾。

病院内の環境表面や湿潤環境には多剤耐性菌を含む細菌が広く分布し、医療従事者の手指を介して水平伝播する³⁾ことが問題となる。ランクフォードらによると、壁紙やカーペットや床などの素材上で、*vancomycin-resistant enterococci* (VRE)は7日後に28.6%の生存が確認され、上述したような病院の環境表面で一般的に遭遇する細菌は、長期間生存可能であることを裏付ける報告をしている⁴⁾。また、*Stenotrophomonas maltophilia*などは湿潤環境において日常的に検出され⁵⁾、湿潤環境には多くの細菌が長期生存しているといえる。さらに、「悪魔の耐性菌」として注目を集めている *carbapenem-resistant enterobacteriaceae* (CRE)も湿潤環境から検出されたとの報告がある⁶⁾。

湿潤環境の中でも手洗いシンクが感染源であるとされたアウトブレイクが国内外を問わず数多く報告されている⁷⁻¹²⁾。いずれも病室や集中治療室の手洗いシンクの吐水口や排水口、配管が菌で汚染されていることに拠るものである。臨床現場では多剤耐性菌によるアウトブレイクが発生した際にしばしば、院内環境の湿潤環境である手洗いシンクなどの水回りからの検出菌と、患者由来菌が合致する場合があります。水回りの環境改善に徹底的に取り組むことが求められる。職員を対象とした手指衛生の教育強化にはじまり、清掃方法や消毒方法の見直しが行われ、なお終息しない場合には、蛇口や配管を交換するなどの対策が講じられることもある¹³⁾。

手洗いシンクの清掃に使用される消毒薬は、アルコール製剤や次亜塩素酸製剤が汎用されている。最近、消毒薬ではないが、ペルオキソー硫酸水素カリウム配合剤含有ワイプ（ルビスタ® 杏林製薬株式会社）を用いて一日2回の清拭を実施することにより、環境表面の全菌数および生菌数が経日的に減少したとの報告がある¹⁴⁻¹⁷⁾。一方、鈴木らは施設内の水廻り環境において菌が定着し、*biofilm*が形成されると消毒薬への抵抗性を有するため、通常の清掃や消毒では除菌しにくい可能性があるとして熱水消毒の有効性について報告している¹⁸⁾。消毒薬の代わりに熱水消毒の有効性が提唱されたが、多くの施設では、火傷のリスクを予防するため、蛇口から出る湯の温度は40℃から60℃前後に設定している。熱水消毒を適用するためには、安全で業務上の負担のない実用化に向けての検討が必要である。

汚染した手を洗う際、蛇口（吐水口）から流れ出た流水は、シンクの底部から排水口を通して配管に排出されるが、水の勢いが強いほど、あるいはシンクの深さが浅いほど、汚染水を含んだ水滴は周囲に飛び散り周囲を汚染する。そこで、手洗いシンクから菌を含んだ水滴の飛散を防ぐために、シンクの構造やデザインが研究されている。堀らは、手洗いシンクのデザインで配慮する点について、エアロゾルが発生しにくく、水滴の貯留を来さない形状であることが重要であると指摘する¹⁹⁾。実際に、複数の企業からこれらの点に考

慮したシンクが開発・販売されており、新たに建設される病院・施設等では多くのところで採用されている。しかし、現在使用中のシンクと交換するためには、壁や排水管工事を含む大がかりな工事が必要であり、現状では、多くの医療施設において、一般的に普及するまでには至っていない。

このように、手洗いシンクを介しての水平伝播を防ぐために、手洗いシンクの構造の開発や、消毒薬による化学的方法、熱水を使用する物理的方法による消毒方法の検討が試みられている中で、洗浄・消毒に加えて乾燥させることが日本環境感染学会多剤耐性菌感染制御委員会より推奨されている¹⁾。しかし、具体的な洗浄・消毒方法や、乾燥時間および方法などについては、各施設に任されており、シンクの洗浄・消毒に乾燥行程を追加することの有効性について、実際の臨床現場で検討した報告はなかった。

そこで本研究では、臨床の病棟での検証を実施し、問題点を明らかにした上で、手洗いシンクに使用される素材上で、生菌数が自然乾燥により減菌するかについて明らかにし、モデルシンクを細菌汚染させて、自然乾燥後の菌数の減少を検証した。さらに、配管内の菌とシンクの排水口の湿潤の関係を調べるために、配管に見立てたペニシリンダーの乾湿により、菌の移動に違いが生じるかどうかについて実験を行った。以上より、病棟の手洗いシンクの日常的な清掃行程において、洗浄・消毒後に乾燥行程を加えることは表面汚染菌量を減少させ、シンクを介した接触感染のリスクを低減することによる感染対策上の効果があるか否かについて検討した。

方法

1. 臨床現場の手洗いシンクを用いた実験

対象とした手洗いシンクは、内科混合病棟のスタッフステーションの中にあるステンレス製のシンクで実施した。スタッフの手洗い専用として使用頻度は高く、清掃回数は毎日12時と0時の2回である。形状は長さ68 cm、幅40 cm、深さ20 cmの長方形、ドレーンホール（オーバーフロー穴）、蛇口の根元、縁はいずれも無い。日常的に行われている清掃方法は、台所用洗剤を用いて使い捨てスポンジでシンクの内面を洗った後、十分に洗い流してペーパータオルで水分を拭き取り、アルコール含有クロス（ショードックスーパー® 白十字株式会社）で清拭後、1時間乾燥させている。

今回は、洗浄・消毒の直後から乾燥のため、1時間使用禁止する乾燥行程を入れた場合（乾燥有り）と、乾燥行程を入れずに洗浄・消毒の直後から使用継続した場合（乾燥無し）の、経過時間毎の菌量を測定した。「乾燥有り」の調査日は2016年8月16日、8月17日、8月18日の連続した3日間、「乾燥無し」の調査日は2016年9月16日、9月20日、9月21日の3日間とした。洗浄・消毒は部署配属の同じ看護補助者により毎日、12時から12時半の間に行われ、所要時間はほぼ10分間程度であった。菌の採取時間は、1回目は清掃直前の12時、2回目は洗浄・消毒後の12時30分、3回目は乾燥有りの場合は1時間使用禁止後とし、乾燥無しの場合は清掃後から1時間使用継続後の13時30分、4回目はその後4時間使用継続した17時30分の4時点とした。菌の採取法は、滅菌綿棒（BD BBL カルチャースワブTMEZ/EZ II 日本ベクトンディッキンソン株式会社）を用いて、吐水口（蛇口）、シンク底部、排水口、排水口周囲の4ヵ所から菌を回収した。平面であるシンク底部は5×5 cmを往復5回擦り、排水口は2 cm程度先に進めて1往復して擦り、吐水口と排水

口周囲は一周擦った。回収した綿棒は生理食塩水 10 mL を入れたスピッツに浸して振盪し、エーゼで 0.01 mL (10 μ L) を採り、血液寒天培地上に塗り広げた。24 時間から 48 時間培養後、コロニー数をカウントし、さらに質量分析装置 (MALDI-TOF MS ;マトリックス支援レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分析計 ブルガー・ダルトニクス社) により菌種を同定した。

2. シンク素材別の乾燥による菌量の推移

手洗いシンクの素材として使用されるステンレス (オーステナイト系ステンレス SUS304)、樹脂系 a (不飽和ポリエステル樹脂)、樹脂系 b (エポキシ樹脂)、陶器の 4 種類の素材 (5×5 cm) 各 4 枚ずつを実験に用いた。水廻りの環境から検出されることの多い *Serratia marcescens* NBRC 102204、*Enterococcus faecalis* ATCC 29212、*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853、*Acinetobacter baumannii* ATCC 17978、*Staphylococcus aureus* ATCC 25923、*Escherichia coli* ATCC 25922 の 6 菌種を各 10 μ L ずつ塗布し、室温 24~26°C、湿度 49~55% で静置した。菌液は McFarland 1 (10⁸ CFU/mL) 程度に調整した。菌液を塗布し、5 分後、30 分後、1 時間後、2 時間後に滅菌綿棒 (HydraFlock® Puritan 社) で菌を回収した。回収綿棒は、1 mL のリン酸緩衝液 (ダルベッコ PBS(-)、日水製薬) に入れ、2 分間振盪後、10 倍希釈系列を作成した。各 10 μ L を SCD 培地 (ソイビーン・カゼイン・ダイジェスト寒天培地、和光純薬) に塗布し、36°C のインキュベーター内で 24 時間培養後、コロニー数をカウントした。

3. モデルシンクを用いた実験

モデルシンクとして東京医療保健大学大学院内のシンクを使用した。
P. aeruginosa ATCC27853 7.4×10⁸ CFU/mL、*S. aureus* ATCC25923 1.2×10⁹ CFU/mL、*E. coli* ATCC25922 8.3×10⁸ CFU/mL、*A. baumannii* ATCC17978 1.6×10⁹ CFU/mL の 4 種の菌液を brain heart infusion broth (BHL BD) で、各 10 mL 作成した。使用シンクは、洗剤 (市販クレンザー) を使用して洗浄後、80% エタノールにて全体を消毒した。その際、排水口の手の届く範囲も同様に実施した。消毒後の乾燥を確認後、シンク内面をビニールテープで 4 等分し、右側を「湿潤表面」左側を「乾燥表面」とした。また、排水口に近い「シンク底部」とシンクの縁に近い「シンク上部」とに分けた。(図 1) シンク内面全体に行き渡るように、2 L の水道水を万遍なく注いだ。その直後、上記の供試菌を各シンク 1 台に一菌種ずつ、各 10 mL をスプレー容器で万遍なく播種した。15 分後、「湿潤表面」側の菌を回収した。菌回収方法は、クリアーシートで作った 5×5 cm 大の枠を回収エリアに設置し、その内側を同一者が綿棒で縦横万遍なく擦り取った。「シンク底部」「シンク上部」それぞれ n=2 とした。菌塗布後に自然乾燥を行うことで「乾燥表面」とし、目視で自然乾燥を確認するまでの時間は 2 時間 35 分で、実験時の室内温度は 24°C、湿度は 30% であった。自然乾燥を確認後、同様に菌を回収した。「シンク底部」 n=3、「シンク上部」 n=2 とした。回収後の菌処理は、1 mL のリン酸緩衝液 (ダルベッコ PBS (-)、日水製薬) を入れたコニカルチューブ (Falcon 352096, 15 mL) 内に回収した綿棒を入れ、2 分間 vortex で撹拌した。その後、ダルベッコ PBS(-) で 10 倍希釈系列を作成し、その一部 10 μ L を SCD 寒天培地に塗布し、生育したコロニー数により CFU/mL を計算した。

4. ペニシリンダーを用いた実験

排水口に続く配管の一部に見立てたペニシリンダー（ステンレス製、内径 6 mm、外径 8 mm、長さ 10 mm type 304 Fisher Scientific）を、菌で汚染していると考えられる配管内部と仮定した菌液シャーレに立てた。菌の種類、およびペニシリンダーの乾湿の条件の違いにより、菌液シャーレ中の菌がペニシリンダーを移動する状況を確認した。

4.1、菌液シャーレの準備

シャーレ（組織培養シャーレ FALCON 353003 100×20 mm）1 枚に BHI を 5 mL 入れ、以下の 6 種類の菌液を各 200 μ L ずつ混注した。

P. aeruginosa ATCC 27853 4.6×10^8 /mL、*S. aureus* ATCC 25923 4.5×10^8 /mL、
E. faecalis ATCC 29212 3.0×10^8 /mL、*A. baumannii* ATCC 17978 1.0×10^8 /mL、
S. marcescens NBRC 102204 6.3×10^8 /mL、*E. coli* ATCC 25922 1.8×10^8 /mL

4.2、ペニシリンダーの状態

乾燥したペニシリンダー10 本と、滅菌蒸留水、生理食塩水（大塚生食注(20mL 管)[®] 大塚製薬株式会社）、ダルベッコ PBS(-)、BHI にそれぞれ 5 分間浸漬したペニシリンダー各 10 本ずつの 5 通りの状態を設定した。

上記のペニシリンダーを菌液シャーレに立てた。菌液に漬からない部分は約 8 mm であった。（図 2）

4.3、ガス滅菌したペーパーディスク（PAPER DISC FOR TIBIOTIC ASSY 厚手 直径 8 mm 抗生物質検定用 ADVANTEC）をすべてのペニシリンダーの天井部分に載せた。（図 2）

4.4、1 時間経過後にペーパーディスクを、液状チオグリコール酸培地（「ダイゴ」日局 和光純薬）に入れ、72 時間後に菌の増殖の有無を確認した。

結果

1. 臨床で日常的に使用している手洗いシンクにおける乾燥行程の有無と生菌数

乾燥有りの 3 日間と、乾燥無しの 3 日間の清掃前、清掃直後、清掃後から 1 時間後、清掃後から 5 時間後の 4 時点で回収した菌数を、表 1 に示した。清掃は、12 時から 12 時 30 分の間に 10 分間程度で行われたため、多少の時間の誤差が生じた。菌量も日によるばらつきがみられたが、清掃することにより、乾燥行程の有無にかかわらず、吐水口、シンク底部、排水口、排水口周囲のいずれの箇所においても菌数の減少が確認された。また、平坦なシンク底部や吐水口（蛇口）からは、乾燥行程の有無にかかわらず、清掃直後から 5 時間後まではほとんど菌が検出されなかった。一方、排水口と排水口周囲からは、清掃後もシンク底部や吐水口に比べて、菌数の著しい減少は見られず、多数の菌による高度の汚染が確認された。

清掃直後から 1 時間後の菌数の変化を表 2-1 に示した。乾燥行程の有無で 3 日間の平均菌数を比較すると、排水口では乾燥行程無しの場合は乾燥行程有りに比べて菌数がやや増

加していた。シンク底部と排水口周囲では乾燥行程の有無にかかわらず減菌し、吐水口は変化が見られなかった。表 2-2 に、清掃直後から 5 時間後の菌数の変化を示した。乾燥行程有りの場合は、吐水口、シンク底部で清掃直後よりもわずかに減菌し、排水口、排水口周囲では菌数の減少が見られた。乾燥行程無しの場合は、吐水口とシンク底部では清掃直後と変化なく、排水口、排水口周囲では菌数の減少が見られた。9 月 16 日の検体と 9 月 21 日の検体について、質量分析装置を用いて、菌種を同定した結果、蛇口からは *Acinetobacter junii* と *Pseudomonas veroni*、シンク底部からは *A. junii*、排水口からは *A. junii* と *Staphylococcus epidermidis* が、排水口周囲から *P. aeruginosa* と *Acinetobacter ursingi* が検出された。

2. 素材上で生菌数が自然乾燥により減数する程度

図 3 に 6 種類の菌種別毎に 4 種類の素材別にそれぞれ 5 分、30 分、60 分、90 分、120 分の経過時間毎の菌数を示した。*S. aureus* と *E. faecalis* および *A. baumannii* は経過時間に伴い、2 時間後に 1~2 log₁₀ の減菌、*P. aeruginosa* と *S. marcescens* は 3 log₁₀ 程度の減菌が確認されたものの菌は生存していることが確認された。一方、*E. coli* は 30 分間の静置で菌数が減菌し、1 時間後に検出限界以下となった。シンクの素材別による相違は認められなかった。

3. 細菌汚染させたモデルシンクの自然乾燥後の減菌数の検証

図 4 に結果を示した。「湿潤」は菌をスプレー容器で万遍なくシンク内面に播種した直後、乾燥行程を入れずに片側の箇所を菌を回収し、「乾燥」は自然乾燥後に反対側の同じ箇所を菌を回収した菌数の結果である。*S. aureus*、*A. baumannii* は、「湿潤」と「乾燥」の菌数に相違は見られなかった。*P. aeruginosa* は、排水口とシンク底部でそれぞれ 1 log₁₀ の減菌が確認された。*E. coli* は、「湿潤」に比べ自然乾燥後の「乾燥」で、排水口で 4 log₁₀、シンク上部、底部でそれぞれ 2 log₁₀ の減菌が確認された。

4. 配管内の菌とシンクの排水口の湿潤の関係

表 3 は、ペニシリンダー各 10 本を 6 菌種の菌液シャーレに立て、1 時間経過後、天井面のペーパーディスクにおける菌の増殖数を示したものである。乾燥したペニシリンダーでは、天井面に載せたペーパーディスクから菌は検出されず、菌液シャーレ中の菌が、ペニシリンダーを上昇することはなかった。一方、滅菌蒸留水、生理食塩水、ダルベッコ PBS(-) に浸漬した湿ったペニシリンダーを菌液に立てたところ、いずれの菌液においても、1 時間後には菌の上昇がみられるものがあることが確認された。*S. aureus* の菌液シャーレに立てた場合は、それぞれのペニシリンダーの 10 本中 5 本、10 本、9 本で菌の上昇がみられた。同様に、滅菌蒸留水、生理食塩水、ダルベッコ PBS(-) に浸漬した湿ったペニシリンダーを *E. faecalis* の菌液シャーレに立てた場合は、それぞれ 10 本中 5 本、8 本、9 本で、

P. aeruginosa の菌液シャーレに立てた場合は、それぞれ 10 本中 2 本、7 本、10 本で、*A. baumannii* の菌液シャーレに立てた場合は、それぞれ 10 本中 4 本、10 本、9 本で、

S. marcescens の菌液シャーレに立てた場合は、それぞれ 10 本中 5 本、7 本、10 本で、*E. coli* の菌液シャーレに立てた場合は、それぞれ 10 本中 2 本、8 本、8 本で、菌の上昇が

確認された。BHI に浸漬した湿ったペニシリンダーでは、*S. aureus* と *E. coli* では 10 本中 1 本、*E. faecalis* *P. aeruginosa* では 10 本中 2 本で菌の上昇が確認されたが、*A. baumannii* と *S. marcescens* では天井面に載せたペーパーディスクから菌は確認されなかった。

考察

日常的に使用しているシンクの洗浄・消毒に乾燥工程を追加することの有効性を検証するために、まず、臨床の病棟で実験を行った。内科混合病棟のスタッフステーションにおいて、日常的に使用されている手洗いシンクの排水口から検出された菌種と、蛇口やシンク底部から検出された菌種が、同種のグラム陰性桿菌であった。培養後の検体は、乾燥行程の有無で菌種に違いはないと判断され、9 月 16 日と 9 月 21 日の 2 日分の検体についてのみ菌種を同定したが、そのほとんどが湿潤環境を好み、水平伝播の原因とされることが多いグラム陰性桿菌である *Acinetobacter* spp. と *P. aeruginosa* であった。対象としたシンクは、手洗い専用として使用され、医療器材の洗浄や、汚物の洗浄には使用されることはない。シンクの使用目的により、検出される菌種は異なり、また、検出される菌種からシンクの使用状況を推測することも可能であると考えられた。

流水で手洗いをするにより、手に付着していた汚染菌が水で洗い流されてシンク内面に拡散する一方で、排水口付近の菌が逆にシンク内面や蛇口付近に飛び散ることが確認されている^{12,13)}。シンクの自動水栓を介して汚染された水道水が、薬剤耐性 *A. baumannii* のアウトブレイクの原因だった¹²⁾、ナースステーションのシンクの吐水口から、患者と同じ感受性をもつ *A. baumannii* が検出された¹³⁾等が報告されている。吐水口は構造上、シンク内面に向かって下向きであるため清掃しづらい部分である。本実験でも、一見して汚染が著明な日があり、日常の清掃では見落としがちであり、注意を要する部分である。

手洗いシンクの汚染状況は、入院患者の疾患特性やスタッフの人数、および繁忙度など様々な要因に左右されると考えられる。洗浄・消毒により、シンク全体の菌は減少し、その後、使用経過時間に伴い徐々に増菌すると推測されたのだが、実際には、8 月 17 日の排水口と排水口周囲、9 月 16 日のシンク底部と排水口のデータのように、清掃前よりも清掃後で菌数が多い場合や、5 時間使用後の排水口の菌数がいずれの調査日でも 1 時間使用後の菌数よりも少ないなど、排水口および排水口周囲については菌数のばらつきが目立った。これは、スワブで擦る際に、前回擦り取ってしまった箇所を再度擦った可能性も考えられた。

今回対象としたのは、内科混合病棟の一スタッフステーション内で使用されている一台の手洗いシンクのみであり、結果は限定的なものであるが、吐水口とシンク底部は、洗浄・消毒することにより、乾燥の有無に関わらず、5 時間後までは菌数が数コロニー以下であったのに対し、配管とシンクの接続部分にあたる排水口とその周囲の菌数は、洗浄・消毒により減少しばらつきがみられたが、共通して汚染が高度であった。

また、水の飛散にも注意が必要である。多剤耐性緑膿菌のアウトブレイクに際し、シンクドレーンを消毒するなど様々な対策を行うも終息しなかったが、周辺部への飛散を防止するために、仕切りを設置し、シンクの位置を変える改修工事をしてだけでアウトブレイクが終息したと報告²⁰⁾されている。前述したように、水撥ねの少ない形状のシンクが開発され、新築の病院施設等で徐々に導入されている。洗面ボールの角度や水平面のない形状、

深さ、水栓の位置、排水方法に工夫がされ、一般のシンクに比べて、水撥量は百分の一になる¹⁹⁾ とのことである。狭いスペースでも設置することのできるシンクの大きさ等、さらに検討を加え、水撥ねの少ないシンクの開発が望まれる。

配管や排水口の細菌が院内感染の原因だったとする事例が、国内外を問わず数多く報告されている。配管と排水口の接続部分であるシンクトラップに *P. aeruginosa* の定着がみられ、長期間の調査から院内感染の原因として有意な相関がみられた、とする中国の報告²¹⁾や、多剤耐性 *A. baumannii* の単発的な発生の原因が外科 ICU のシンクトラップであったとする米国の報告²²⁾などがある。患者の病室の手洗いシンクから遺伝子タイプの一一致した腸内細菌科カルバペネマーゼ産生菌 carbapenemase-producing enterobacteriaceae (CPE)が検出されたことから、シンクが原因であったとする 2012 年から 2014 年にかけてのフランスの調査のように、最近では、湿潤環境を好む CPE が、手洗いシンクから検出されたと報告²³⁾ されている。また、CRE のアウトブレイクの原因が、患者の病室と投薬室の流しの排水管で同定され、手洗いシンクは CRE のリザーバーになるとのオーストリアからの報告²⁴⁾ などがある。

アウトブレイクの原因菌が一度、シンクから検出されると、アウトブレイク源として、その排水口の処置だけでなく、配管全体の交換までも含めた対策が検討され、実施されることがある。Bert らは、多剤耐性緑膿菌のアウトブレイクの対策として、ユニット内のすべてのシンクの交換を行ったことにより終息したと報告している¹⁰⁾。配管はトラップ状になっていることが多く、他のシンクの配管ともつながっているため、再び biofilm を形成する可能性がある。配管内部までを日常的に清掃することは困難であり、配管の内側は菌が biofilm を形成しやすい環境で、言わば菌の宝庫ともいえる。したがって、配管すべてを新しく交換することは、一時的な対応策としての効果が期待されるが、手洗いシンクは再使用することで再び汚染され菌が増殖してしまう。

‘なるべくシンクを乾燥させる’ことが日本環境感染学会より推奨されているが、シンクを乾燥させることの効果についての実証は見当たらない。そこで、素材別菌種別の乾燥による減菌数について実験した。

ステンレス上で、methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* (MSSA)が 30 日間生存していたという報告²⁵⁾ がある一方で、ステンレスとポリ塩化ビニル (PVC) プレートへ大腸菌を付着させ、37℃で 4 時間経過した時の大腸菌の付着状態を、走査型電子顕微鏡で観察すると、ステンレスでは、マイクロコロニーが認められる程度であるが、PVC 表面では、biofilm 状に増殖し、窪みに多く付着している。このことから、大腸菌にとっては起伏の多い PVCの方が棲み易く、さらに、固体表面に細菌が付着している状態のほうが、細菌が浮遊している状態よりも、消毒による生菌数の減少が少ないとの報告²⁶⁾ がある。

本研究では、手洗いシンクの素材として使われるステンレス、陶器、樹脂（不飽和ポリエステル樹脂およびエポキシ樹脂）の各 5 cm 四方の表面上に、*S. marcescens*、*E. faecalis*、*P. aeruginosa*、*A. baumannii*、*S. aureus*、*E. coli* の 6 種類の生菌を塗布し、経過時間に伴う菌数の変化を調べた。その結果、素材別による生菌数の増減に明らかな相違は認められなかった。今回使用した素材は、ステンレスを除き、実験用の未使用のもので、表面は傷がなく凹凸がない滑らかな平面であった。付着や運動を担う鞭毛や纖毛を持つ細菌は、疎水性が強く、細胞表面や疎水性プラスチック表面への初期付着では重要な役割を果たすため、

粗い表面ほど細菌が残存する²⁶⁾。以上より、シンクの表面は素材本来の滑らかさが維持されるように管理することが重要である。具体的には、表面を傷つけるような金属たわしや、クレンザーの使用を避け、表面に傷が目立つような手洗いシンクは交換することを検討する。

素材上に塗布された菌種では、*E. coli* は 30 分間以上静置することで、著しく減菌し、自然乾燥後 1 時間で検出限界以下となったが、それ以外の菌は、減菌するものの 2 時間経過後も菌は生存し続けた。*E. coli* は自然乾燥に比較的弱い菌であることが確認された。さらにモデルシンクに *P. aeruginosa*、*S. aureus*、*E. coli*、*A. baumannii* の 4 種類の菌を噴霧し、自然乾燥後の減菌数を検証した結果、*E. coli* が乾燥により死滅しやすいという同様の結果が得られた。以上より、シンク素材に菌が付着していると、目視上は表面が乾燥していても、*E. coli* 以外の菌は長時間表面上に生存していることが推測される。したがって、シンクの内側表面の徹底した洗浄・消毒が重要である。

次に、シンクの乾燥の有無と配管内側に潜んでいる菌が、シンクの排水口付近まで上昇する関係について実験した。シンクにつながる配管内の菌とシンクの排水口付近の湿潤の関係について、U字管内の汚染水に見立てた菌液シャーレ、U字管から排水口までの配管に見立てたペニシリンダー、排水口上部に見立てたペーパーディスクを用いて菌の移動状況について実験した。

その結果、乾燥したペニシリンダーを菌は上昇することはなかったが、蒸留水、生食、ダルベッコ PBS(-)、BHI 培地に浸漬して湿らせたペニシリンダーを菌は上昇移動することが確認された。このことから菌は、乾燥していると上昇移動しないが、湿っていると短時間で活発に上昇移動することが明らかになった。なお、湿らせた液体の違いにより菌の遡上の程度に差が見られた。生食、ダルベッコ PBS(-)で湿らせた場合は良く上昇したが、蒸留水で湿らせた場合はその半数程度で、さらに BHI ではその頻度が低かった。菌液 BHI には塩類による浸透圧に加え、コロイド浸透圧もあるため、蒸留水や生食、ダルベッコ PBS(-)に拡散・上昇し易かった可能性がある。一方、BHI で湿らせた場合は菌液と等浸透圧であるため、あまり上昇しなかったとも考えられるが、等浸透圧でありながら上昇する場合があることは、浸透圧以外の要素が働いていると考えられ、そのメカニズムの解明は今後の課題である。実際のシンクでは、配管でつながっている隣接したシンクの使用により、管内の圧変動が生じ、汚染水が振動することにより、菌が上昇または拡散されることは想像に難くない。

実際には、1 時間の自然乾燥によりシンクの内面は乾燥しても排水口および配管内部までは乾燥しない。以上より、シンクの洗浄・消毒行程に乾燥行程を加えることで、表面汚染菌量を減少させることは証明できなかった。

菌で汚染したシンクで手洗いをしたら、逆に手に菌が飛散して付着することもあり得る。手洗いシンクは清潔なほうが良いし、清潔なシンクでは手洗いをしたくなる気持ちになる。乾燥行程を組み入れたシンクは非常に清潔に見えて心地よい。また一定時間、乾燥のために使用禁止の時間を設けることは、スタッフにとっては不便ではあるが、手洗いに留意しなければならないという教育効果をもたらすように考えられる。手洗いシンクの清潔管理がどのようにスタッフの心理に影響するかという点についても今後の課題としたい。

結論

本研究より、手洗いシンクの清潔管理においては、見た目には乾燥していても菌は生存するため、日常的にまんべんなく洗浄・消毒することが最も重要であることが確認された。特に、手洗いシンクは使用頻度が高いほど汚染度も高く、配管とシンクの接続部分である排水口は、局面であるため清掃しづらく乾燥が不十分になりやすいため高度に汚染している。排水口とその周囲やドレーンホールなどは念入りに清掃することが重要である。

メカニズムは不明であり今後の課題であるが、菌が湿潤環境を好んで拡散し、ある程度遡上することが分かった。

以上より、配管内を乾燥状態に保つことは菌の拡散防止に重要であることが明らかになったが、手洗いシンクの日常的な清掃行程において、洗浄・消毒後に1時間の乾燥時間を設けても、配管内まで乾燥させることは困難であり、排水口やシンク全体の細菌数を減少させることに繋がってはいなかった。今後は、配管内部の菌による排水口やシンク表面の汚染を防止する方策に焦点をあて具体的に検討を進める必要がある。また、医療従事者は手洗いシンクが感染源となり得ることを認識し、処置前に手指消毒を徹底することの重要性について認識する必要がある。

謝辞

本研究を遂行し、学位論文を執筆する上で、多くの皆様にご指導、ご助力を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

研究活動全般にわたり、格別なる御指導と御高配を賜りました 東京医療保健大学学長 木村哲 教授に甚大なる謝意を表します。先生が、一つ一つの事柄を大切に、常に真摯に向かい合われる姿勢に、研究者であり教育者としての在り方を学ばせて頂きました。

同医療保健学研究科 岩澤篤郎 教授には、実験室において、細菌の扱い方の基礎から培養まで忍耐強くご指導いただき、心より感謝申し上げます。臨床現場で感染対策を実践する上では、見えない細菌と闘ってきましたが、電子顕微鏡を覗き、活発に動き回る細菌を見たときに、細菌の逞しさを知り、実践の裏付けを実感したように思いました。

同医療保健学研究科 菅原えりさ 教授および梶浦工 教授、松村有里子 講師 には多くの貴重なご教示、ご助言をいただき、深く感謝申し上げます。

また本研究の前半は、筆者が東京大学医学部附属病院に在職中の研究であり、病棟における手洗いシンの検証に際しては、多忙な病棟業務の調整をいただき、ご協力いただきました東京大学医学部附属病院看護部の 間平珠美 看護師長、ならびに、細菌の培養および質量分析装置による菌の同定等、ご指導をいただきました同感染制御部細菌検査室 佐藤智明副技師長に心より感謝申し上げます。研究を支えていただいた同感染制御部の皆様、同看護部の皆様にも心より感謝申し上げます。臨床現場に有用な研究を継続したい所存です。

東京医療保健大学大学院の感染制御学領域の先輩の皆様には有益なご助言を頂き、また、後輩の皆様とは互いに励まし合いながら、進むことができました。同大学院事務室の皆様には、いつも暖かくご対応いただき、大変お世話になりました。

最期に、臨床から研究への門戸を開いて下さった東京医療保健大学名誉学長の小林寛伊教授に深謝の意を表します。

引用文献

- 1) 日本環境感染学会 多剤耐性菌感染制御委員会編. 多剤耐性グラム陰性菌感染制御のためのポジションペーパー 第1版. 環境感染誌 2011;26:s1-21
- 2) Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infect Dis* 2006; 6: 130.
- 3) Lemmen SW, Hafner H, Zolldann D, Stanzel S, Lutticken R. Distribution of multi-resistant Gram-negative versus Gram-positive bacteria in the hospital inanimate environment. *J Hosp Infect* 2004 ; 56,: 191-197
- 4) Lankford MG, Collins S, Youngberg L , Rooney DM ,Warren JR ,Noskin GA. Assessment of materials commonly utilized in health care: Implications for bacterial survival and transmission. *Am J Infect Control* 2006; 34:258-63.
- 5) Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chiarello L, et al. Management of multidrug-resistant organisms in health care settings, 2006. *Am J Infect Control* 2007; 35:s165-93.
- 6) Weber DJ, Rutala WA, Kanamori H, Gergen MF, Sickbert-Bennet EE. Carbapenem-resistant *enterobacteriaceae*: Frequency of hospital room contamination and survival on various inoculated surfaces. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2015; 36 : 590-3.
- 7) Roux D, Aubier B, Cochard H, et al. Contaminated sinks in intensive care units: an underestimated source of extended-spectrum beta-lactamase-producing Enterobacteriaceae in the patient environment. *J Hosp Infect* 2013; 85: 106-111.
- 8) Amoureux L, Riedweg K, Chapuis A, et al. Nosocomial infections with IMP-19-producing *pseudomonas aeruginosa* linked to contaminated sinks, France. *Emerg Infect Dis* 2017; 23: 304-07.
- 9) Doring G, Horz M, Ortelt J, Grupp H, Wolz C. Molecular epidemiology of *Pseudomonas aeruginosa* in an intensive care unit. *Epidemiol. Infect* 1993; 110: 427-436.
- 10) Bert F, Maubect E, Bruneau B, Berry P, Lambert-Zechovsky N. Multi-resistant *Pseudomonas aeruginosa* outbreak associated with contaminated tap water in a neurosurgery intensive care unit. *J Hosp Infect* 1998; 39: 53-62.
- 11) Fred AP, Flournoy DJ. Prevalence of gentamicin-and amikacin-resistant bacteria in sink drains. *J Clin Microbiol* 1980; 1: 79-83.
- 12) Umezawa K, Asai S, Ohshima T, Iwashita H, et al. Outbreak of drug-resistant *Acinetobacter baumannii* ST219 caused by oral care using tap water from contaminated hand hygiene sinks as a reservoir. *Am J Infect Control* 2015; 43(11): 1249-1251.
- 13) 黒須一見, 佐藤しのぶ, 鴻巣晶子, 中山百合子. *Acinetobacter baumannii* による環境汚染とその介入. *Journal of Healthcare-associated Infection* 2009; 2: 77-80.
- 14) 伊藤重彦, 中川祐子, 南裕子 他. 一般病棟における除菌剤を用いた環境表面清拭回数と付着菌数の減少効果に関する検討. 環境感染誌 2016;31: 165-172.
- 15) Doidge M , Allworth AM ,Woods M , et al. Control of an outbreak of carbapenem-resistant *acinetobacter baumannii* in Australia after introduction of

- environmental cleaning with a commercial oxidizing disinfect. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2010; 31: 418-420.
- 1 6) 河川義隆, 尾家重治, 吉川裕之. MDRP および MDRA に対する複合型塩素系除菌・洗浄剤の有効性. *環境感染誌* 2016; 31: 366-369.
 - 1 7) 今井清隆, 一幡結, 吉盛奈津美他. クロストリジウム・ディフィシル感染症へのペルオキソー硫酸水素カリウム配合除菌・洗浄剤の感染防止効果に関する評価. *医療薬学* 2017 ; 43: 279-284.
 - 1 8) 鈴木由希, 藤村茂, 目黒美保, 渡辺彰. 水廻り環境より分離される *pseudomonas aeruginosa* の熱水による除菌効果. *環境感染誌* 2008; 5: 332-337.
 - 1 9) 堀賢, 杉山靖尚. 順天堂病院 B 棟高層棟における感染制御施設仕様. *医療福祉建築* 2015;189: 2-7.
 - 2 0) Hota S, Hirji Z, tocton K, et al. Outbreak of multidrug-resistant *pseudomonas aeruginosa* colonization and infection secondary to imperfect intensive care unit room design. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2009; 30: 25-33.
 - 2 1) Zhou ZY, Hu B, Gao X, Bao R, Chen M, Li H. Sources of sporadic *Pseudomonas aeruginosa* colonizations/infections in surgical ICUs; Association with contaminated sink trap. *J Infect Chemother* 2016 ; 22 : 450-455.
 - 2 2) La Forgia C, Franke J, Hacek DM, Thomason RBJr, Robicsek A, Peterson LR. Management of a multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* outbreak in an intensive care unit using novel environmental disinfections:A38-month report. *Am J Infect Control* 2010; 38: 259-63.
 - 2 3) Clarivet B, Grau D, Jumas-Bilak E et al. Persisting transmission of carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae* due to an environmental reservoir in a university hospital, France, 2012 to 2014. *Euro Surveill* 2016; 21(17): 30213.
 - 2 4) Leitner E, Zarfel G, Luxner J, et al. Contaminated handwashing sinks as the source of a clonal outbreak of KPC-2-producing *Klebsiella oxytoca* on a hematology ward. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 2015; 59: 714-16.
 - 2 5) 東野督子, 神谷和人. 医療施設で使用する資材や機材に付着した Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* の各種温度条件における生存性. *環境感染誌*. 2011; 26: 67-73.
 - 2 6) 磯部賢治. (解説)微生物の生存戦略—固体表面への付着—. *表面科学*. 2001; 22: 652-662.

表 1 病棟手洗いシンの乾燥行程の有無と生菌数

部位	回収時刻	乾燥有り			乾燥無し		
		8 月 16 日	8 月 17 日	8 月 18 日	9 月 16 日	9 月 20 日	9 月 21 日
吐水口 (蛇口)	① 12:00	0	270	0	0	0	0
	② 12:30	0	2	0	0	0	0
	③ 13:30	0	2	0	0	0	0
	④ 17:30	0	0	0	0	0	0
シンク 底部	① 12:00	>450	106	157	2	0	0
	② 12:30	2	1	0	10	0	1
	③ 13:30	0	1	0	0	0	0
	④ 17:30	0	1	0	—	0	1
排水口	① 12:00	>450	61	112	0	>450	74
	② 12:30	140	91	1	17	>450	10
	③ 13:30	140	34	180	95	>450	258
	④ 17:30	108	15	17	2	>450	0
排水口 周囲	① 12:00	>450	0	330	>450	>450	2
	② 12:30	0	215	33	55	150	1
	③ 13:30	94	1	0	3	30	2
	④ 17:30	2	3	0	60	59	0

(CFU/10 μ L)

① ; 清掃前 ② ; 清掃直後 ③ ; 清掃 1 時間後 ④ ; 清掃 5 時間後

※ 上限値 (多数) を>450 とする

表 2 病棟手洗いシンクの清掃直後から 1 時間後および 5 時間後の菌数の変化

表 2-1 清掃直後から 1 時間後の菌数の変化

② ②	乾燥有り			乾燥無し			3 日間の平均	
	8 月 16 日	8 月 17 日	8 月 18 日	9 月 16 日	9 月 20 日	9 月 21 日	乾燥 有り	乾燥 無し
吐水口	0	0	0	0	0	0	0	0
シンク底部	-2	0	0	-10	0	-1	-0.7	-3.7
排水口>	0	-57	179	78	0	248	40.7	108.7
排水口周囲	94	-214	-33	-52	-120	1	-51.0	-57.0

CFU/10 μ L

③ ; 清掃直後から 1 時間経過後の菌数 ② ; 清掃直後の菌数

表 2-2 清掃直後から 5 時間後の菌数の変化

④ -②	乾燥有り			乾燥無し			3 日間の平均	
	8 月 16 日	8 月 17 日	8 月 18 日	9 月 16 日	9 月 20 日	9 月 21 日	乾燥 有り	乾燥 無し
吐水口	0	-2	0	0	0	0	-0.7	0
シンク底部	-2	0	0	—	0	0	-0.7	0
排水口	-32	-76	16	-15	-10	-10	-30.7	-8.3
排水口周囲	2	-212	-33	5	-1	-1	-81.0	-29.0

CFU/10 μ L

④ ; 清掃直後から 5 時間経過後の菌数 ② ; 清掃直後の菌数
乾燥有り ; 使用を再開後 4 時間後 乾燥無し ; 使用継続 5 時間後

表 3 移行した菌が検出されたペーパーディスク数

ペニシリンダー の状態 菌種	Dry	wet (SDW)	wet (生食)	wet (PBS(-))	wet (BHI)
<i>S. aureus</i>	0/10	5/10	10/10	9/10	1/10
<i>E. faecalis</i>	0/10	5/10	8/10	9/10	2/10
<i>P. aeruginosa</i>	0/10	2/10	7/10	10/10	2/10
<i>A. baumannii</i>	0/10	4/10	10/10	9/10	0/10
<i>S. marcescens</i>	0/10	5/10	7/10	10/10	0/10
<i>E. coli</i>	0/10	2/10	8/10	8/10	1/10

(菌増殖数／試験数)

SDW：滅菌蒸留水、生食：生理食塩水、PBS(-)：リン酸緩衝液、BHI：brain heart infusion

※ ペニシリンダー各 10 本を 6 菌種の菌液シャーレに立て、1 時間経過後、移行した菌が
検出された天井面のペーパーディスク数

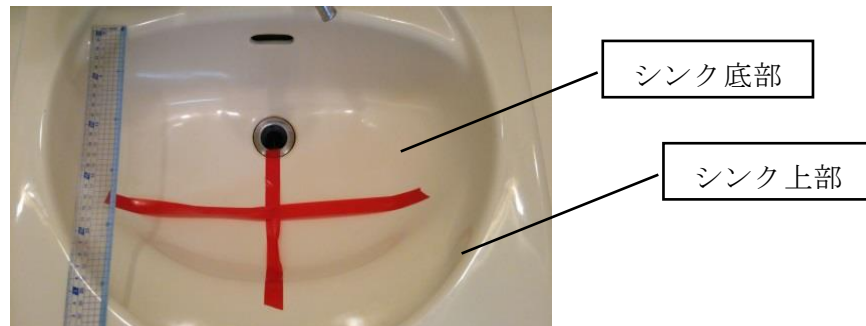


図 1 モデルシンク

シンク底部； 排水口に近い箇所、 シンク上部；シンクの縁に近い箇所

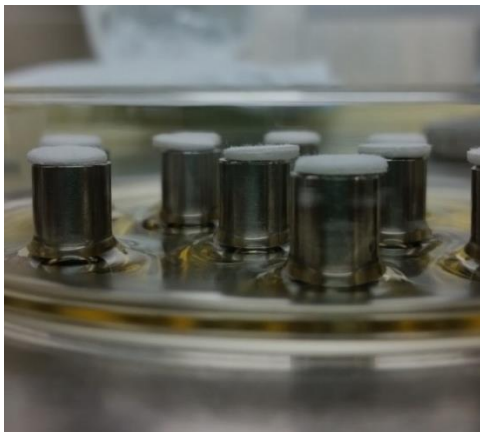


図 2 菌液に立てたペニシリンダー(左)と天井面に載せたペーパーディスク(右)

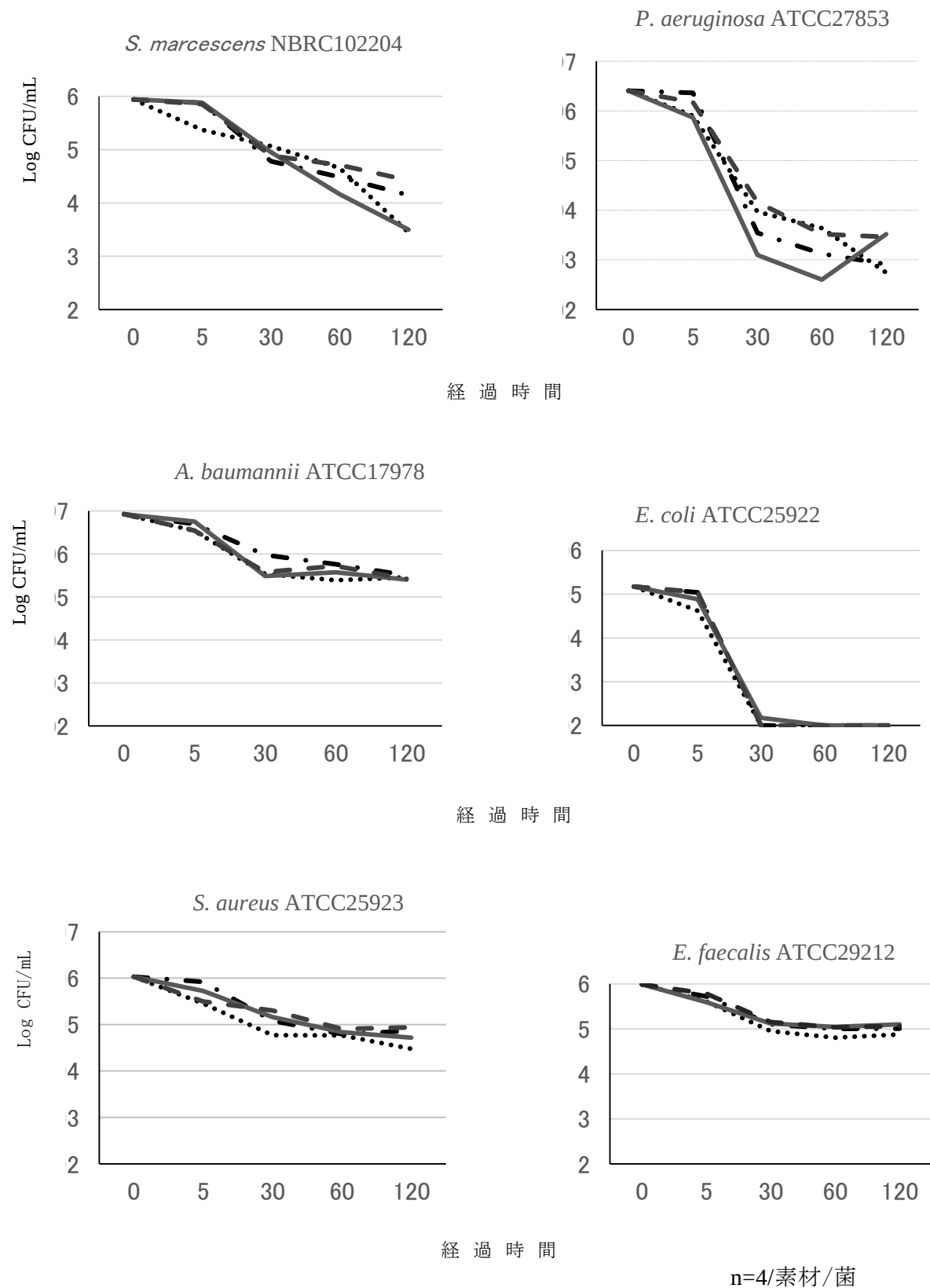


図3 素材別、菌種別の生菌数の推移

エポキシ樹脂；.....

不飽和ポリエステル樹脂；-.-

陶器；——

ステンレス；---

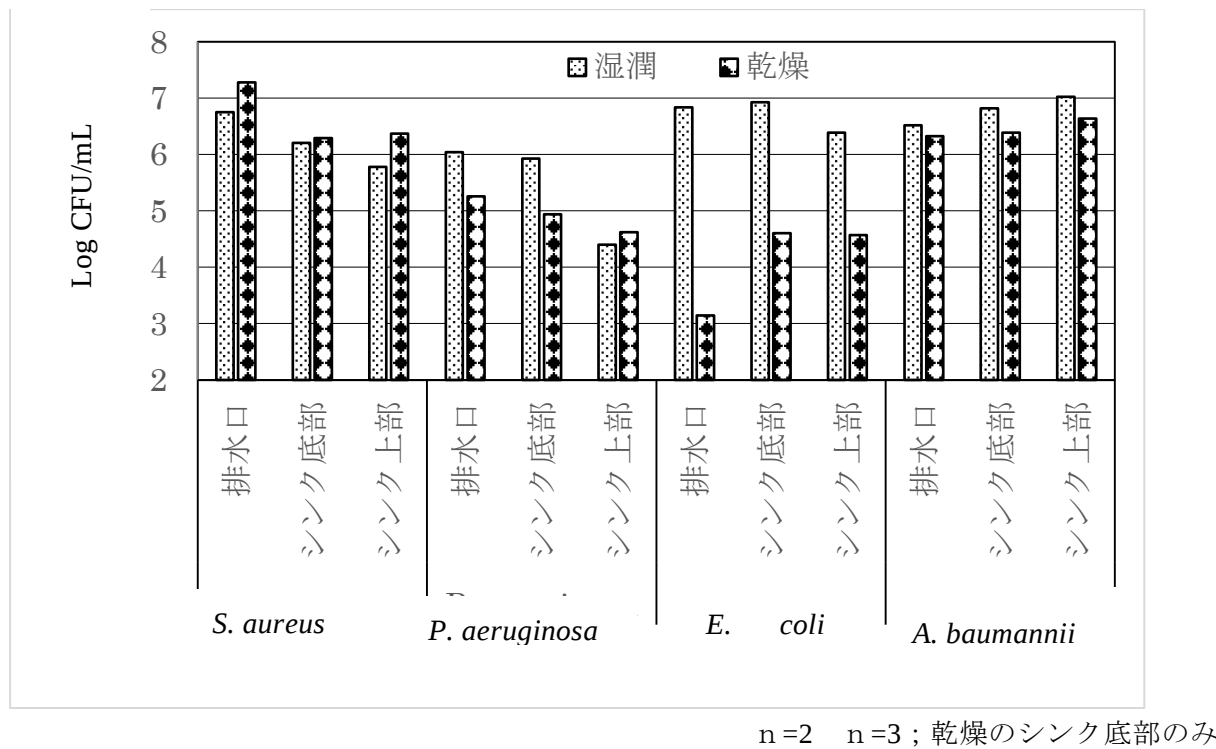


図4 モデルシンクの細菌汚染後の乾燥の有無による細菌数

Effects of drying on the amount of contaminated bacteria of the hand-washing sink

Miho Uchida

Division of Infection Prevention and Control, Tokyo Healthcare University
Postgraduate School, Faculty of Healthcare, Department of Healthcare

BACKGROUND.

Although it is recommended to add nature drying after washing and disinfection in the cleaning process of the sinks, there is no standardized method, and there is no report that clarified usefulness of drying on the actual clinical site.

OBJECTIVE

In order to clarify whether or not drying the hand-washing sinks after washing and disinfection would reduce the amount of bacteria contaminating on the surface of the sinks.

METHODS

The amount of bacteria was measured with or without drying for 1 hour immediately after washing and disinfection of the hand-washing sink of the staff station followed by continuing use. Experiments were conducted to evaluate the effects of natural drying on the numbers of viable bacteria using various sink materials such as stainless steel, unsaturated polyester resin, epoxy resin and pottery. *Serratia marcescens*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, which are often detected from surrounding wet environment, were used. The wet or dry small pipe, PENICYLINDER™ with 10 mm in height and 8 mm in diameter regarded as a piping, was contaminated up to 2 mm by standing on a petri dish containing bacterial solutions.

RESULTS

Drying for an hour after washing and disinfecting the sinks showed no constant effects in the numbers of bacteria in the sinks.

There was no difference in the reduction of the numbers of viable bacteria among the materials after drying. Only in *E. coli*, the numbers of viable bacteria reduced to almost 0 by drying for 30 minutes. No bacteria were detected from the paper disc placed on the top of dried PENICYLINDER™ after 1 hour stood on the 6 kinds of bacterial solutions in petri dishes. But in the case of PENICYLINDER™ previous dipped in each of sterile distilled water, saline, phosphate buffer or BHI bacteria were recovered from the paper disc after 1 hour in all six bacterial solutions.

CONCLUSION

Drying for an hour after washing and disinfecting the sinks had no effect in the reduction of the numbers of bacteria in the sink. Rather, cleaning of outlet of the sink seemed important.