

The Journal of Healthcare-Associated Infection

医療関連感染

2019 Volume 12 Number 1 <http://www.thcu.ac.jp/research/journal/> (ISSN 2187-9028)

■ 総説

- よりよい感染制御を目指して：なぜ栄養が重要なのか？
深柄和彦
- 感染制御担当者が考慮すべき大規模自然災害時の備え
ー医療施設の感染制御BCPは大丈夫か？避難所の感染制御は大丈夫か？ー
菅原えりさ

■ 原著

- 手洗いシンクの表面汚染菌量に対する乾燥の影響
内田美保
- ウォッシャーディスインフェクターの洗浄評価に使用される
洗浄インジケータの特性に関する検討
加藤妙子, 他
- *in vitro*での塩化ベンザルコニウムの殺菌効果に対するクロスの影響
片淵盛将, 他

■ 実践報告

- 必要とされるICNになりたくて
～働きながら学ぶ環境での変革と成果～
上岡美沙子

THCUPGS



THE OFFICIAL JOURNAL OF
TOKYO HEALTHCARE UNIVERSITY POSTGRADUATE SCHOOL
AND THE CENTER FOR EDUCATION
AND RESEARCH OF INFECTION PREVENTION
AND CONTROL TOKYO HEALTHCARE UNIVERSITY

医療関連感染

The Journal of
Healthcare-Associated Infection

東京医療保健大学大学院
東京医療保健大学 感染制御学教育研究センター

The Official Journal of
Tokyo Healthcare University Postgraduate School
and The Center for Education
and Research of Infection Prevention
and Control Tokyo Healthcare University

Contents

Review articles

Significance of nutrition therapy for preventing and treating
infectious complications

Kazuhiko Fukatsu (1) 1

Preparedness of infection control personnel against large-scale
natural disasters

— Is BCP of infection control in medical facilities all right?

Is infection control of the shelter all right ? —

Erisa Sugawara (7) 7

Original articles

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

Miho Uchida (15) 15

Studies on the properties of washing indicators used
for washing evaluation of washer-disinfector

Taeko Kato, Rika Yoshida, Yuriko Matsumura, Takumi Kajiura,

Erisa Sugawara, Atsuo Iwasawa, Takashi Okubo,

Satoshi Kimura (25) 25

Influence of cloth for bactericidal activities of benzalkonium
chloride

Shigemasa Katafuchi, Iijima Hirokazu, Watanabe Kazunao,

Yuriko Matsumura, Atsuo Iwasawa, Satoshi Kimura (33) 33

Practice report

The road to be a reliable infection control nurse

～ Efforts and results of Infection Prevention and

Control lecture course to learn while working full-time ～

Misako Ueoka (44) 44

目 次

総 説

よりよい感染制御を目指して：なぜ栄養が重要なのか？

深柄和彦 (1) 1

感染制御担当者が考慮すべき大規模自然災害時の備え

－医療施設の感染制御 BCP は大丈夫か？

避難所の感染制御は大丈夫か？－

菅原えりさ (7) 7

原 著

手洗いシンクの表面汚染菌量に対する乾燥の影響

内田美保 (15) 15

ウォッシャーディスインフェクターの洗浄評価に使用される

洗浄インジケータの特性に関する検討

加藤妙子、吉田理香、松村有里子、梶浦 工、菅原えりさ、

岩澤篤郎、大久保憲、木村 哲 (25) 25

in vitro での塩化ベンザルコニウムの殺菌効果に対するクロス
の影響

片渕盛将、飯島広和、渡部和巨、松村有里子、岩澤篤郎、

木村 哲 (33) 33

実践報告

必要とされる ICN になりたくて

～働きながら学ぶ環境での変革と成果～

上岡美沙子 (44) 44

■ Review article

よりよい感染制御を目指して：なぜ栄養が重要なのか？

深柄和彦

東京大学医学部附属病院 手術部

Significance of nutrition therapy for preventing and treating infectious complications

Kazuhiko FUKATSU

Surgical Center, The University of Tokyo

1. はじめに

著者が医者になりたてだったおよそ30年前と比べると、今日、感染制御学の発展は目覚ましく、さまざまな感染症予防策が考案され実践されている。感染のルート絶つ、適切な抗菌薬使用により耐性菌を生み出さない、器材の適切な再生処理を行う、などなど枚挙にいとまがない。それでも重症感染症を併発し、臓器障害が生じた場合の臓器機能の代替療法も進んできた。

一方、医療における栄養の力も認識されるようになった。低栄養状態が合併症発生率を高め、在院日数を増やすことから、栄養サポートチームが多くの病院で設立され活躍している。しかしながら、感染対策チームのメンバーが感染制御における栄養の役割を、栄養サポートチームのメンバーが栄養の感染制御への効果を、意外なことに十分に認識しているとは言えない現状がある。今回、栄養による感染防御能の改善効果について、われわれの基礎研究のデータ^{1,2)}を、自分の研究生活の日々の出来事を交えて紹介する。かなりくだけた内容になってしまったが、患者の早期回復、感染症予防に役立つ栄養の力を理解いただければ幸いである。

2. 生体反応の重要性

生体の内部環境を乱す可能性のある外部からの刺激を侵襲という。侵襲には、生体自身が引き起こす炎症や腫瘍も含まれる。この侵襲に打ち勝って、内部環境を一定

に維持して生き延びるための一連の防御反応が生体反応である。生体反応なしには、ヒトは生きられない。傷ができた時に創傷治癒が進まなければ、血液・体液が傷口から失われ、病原体が傷口から侵入する。組織・体内に侵入した病原体は、各種の免疫細胞の働きによって排除される。そうでなければ、病原体はわれわれの体を増地として増え続けるであろう。

さて、このような生体反応が適切に生じるには、エネルギーと生体材料が必要になる。何も無いところから、エネルギーと生体材料が自然と湧いてくれればいいのだが、そういうわけにはいかない。これらを生供給するのが栄養である。ところが、何も外から栄養投与しなくても、われわれの体はこれらの反応をたいがいやり遂げてしまう。なぜだろうか？ それは、われわれの体が自分自身の中に蓄えられた栄養を切り売りして使っているからである。いざという時に必要なエネルギーと生体物質を体の中にため込んでいるからこそ、何も栄養に気を遣わなくても大きな侵襲を患者は耐え、回復していくのである。では、すべての患者はこの貯蔵栄養を大量に持っているのだろうか？

3. 入院患者における低栄養

元気な時には、皮下脂肪や内臓脂肪が増えた、体重が増えた、メタボな体型だと大騒ぎするが、幸か不幸か、入院中に体重が増えて仕方ないということはまずなく、減ることが多い。急に体重が増えたとしたら、それは浮腫であり、水分が体内に貯留過多の状態になっているこ

とがほとんどである。

では、なぜ入院すると体重が減ってしまうのだろうか？病院食は自宅での食事あるいは外食と違って、自分の好きなものばかりというわけにはいかない。きらいなおかずも出てくるだろうし、食塩コントロールのため薄味になりがちだし、味付けが合わないこともある。基本的に間食はできない。完食すれば一日の必要エネルギー、たんぱく質などの栄養を補給できるように綿密に計算された病院食も、食べてもらえなければ栄養不足を引き起こしてしまう。

また、病院ならではの生活スタイルは患者の食欲を奪っている。ベッド上での生活が中心となり、「病気だから安静が第一」という固定観念は運動不足を招き、食欲を低下させる。食待ち、食抜き、禁食という、検査や治療に関連した食事制限が加わることもしばしばであり、摂取栄養量は減る。病気に対する不安は食欲を減退させ、そもそもの原疾患による消化器症状は食量大幅に減らすかもしれない。そして、がんや炎症性疾患は、生体の代謝・異化を亢進させる。

入院生活は、ふだん容易でないダイエットを実現できる素晴らしい場である・・・わけではない。入院中にこそ、大きな侵襲にさらされている時にこそ、栄養が必要なのに、外からの摂取が不足し貯蔵栄養がどんどん減っていくのである。

4. 点滴の誤解

著者が大学の外科研修医だったころ、研修医が、少なくとも私が、唯一任される医者らしい手技が中心静脈カテーテル挿入だった。消化管吻合を伴う消化器外科手術後には1週間の禁食がルーチンであり、この間、完全静脈栄養（TPN）を施行して必要な栄養をしっかりと投与するように上級医から指導されていた。しかし、現在では、できるだけ術後早期から経口摂取を再開して、経口摂取が難しければ経腸栄養を開始して、静脈栄養に頼らない患者管理が常識となりつつある。これは、後述する経腸栄養の静脈栄養に対する優位性の面からみれば、すばらしいことは間違いない。しかし、十分な栄養量が経口・経腸的にまったく入っていないのに、いつまでたっても水電解質輸液だけ処方され適切な静脈栄養が施行されていないケースもしばしば見られるのは困ったものである。医療者であれば末梢ルートから投与する水電解質

輸液が、栄養投与という意味でまったく当てにならないものであることを知っている・・・はずであるのに。

1週間以上禁食が続いて、経腸栄養も投与されていないのに、4.3%糖質含有の維持輸液4本（2000 ml）の投与が続く場合は、1日のエネルギー投与量はわずか344 kcalにすぎない。缶コーラ2缶分のエネルギーしか摂取できなければ、貯蔵栄養がどんどん失われていくし、それで「早く元気になってください」なんて言えるわけではない。時には、血中K濃度が高いからといって、Kが入っていない、あるいは低濃度の、生理食塩水や乳酸リンゲル液のみの投与が続けられる場合もある。血清K値は正常化しても、激しい栄養不足で体が大変なことになるのに気づかない。

幸いなことに、末梢ルートからもある程度の栄養を投与できる静脈栄養製剤が市販されており、脂肪乳剤をうまく使うと、1日あたりエネルギー1000 kcal、アミノ酸60 gの投与もできるようになった。しかし、この処方でも、成人の一日必要エネルギー量を満たすことはできない。脂溶性ビタミンの投与も末梢静脈栄養では保険の適応外になってしまう。もしエネルギー消費量が2000 kcal/dayなら一日1000 kcal不足。体脂肪が失われていれば、もっぱら筋たんぱく質がエネルギー源として動員される。筋肉の重量の約30%がたんぱく質、たんぱく質1 gは4 kcalのエネルギーを生み出すので、 $1000/4 = 250$ gのたんぱく質、 $250/0.3 \approx 830$ gの筋肉が毎日失われてしまう。1週間以上続く経口摂取・経腸栄養不足の場合は、補助的な静脈栄養を考慮し、栄養投与量が末梢ルートからでは賄えない場合はTPNの開始が必要である。

5. とは言っても経腸栄養は感染防御能維持に有利である

臨床栄養の教科書を紐解くと、「経腸栄養は静脈栄養よりも腸管の構造を維持し、感染防御能の点でも有利である・・・」くらいしか記載されていないことが多い。本稿では、この点についてうるさく述べることにする。

著者が東大の外科学教室で学位取得のための研究を開始したとき、その門を叩いたのがショックグループという研究グループであった。その研究グループでは、ラットに胃瘻、中心静脈カテーテルを留置して、同じ静脈栄養製剤を経静脈的に、あるいは経腸的に投与して1週間飼育後に腹腔内に大腸菌を投与して腹膜炎を惹起し、生

体反応を調べるという実験をしていた。中心となっていたのは当時、台湾大学から東大に留学していた Lin 先生という、今では台湾大学の外科の大教授になり副院長を務めておられる先生だった。いっしょに夜中まで、時には朝方まで実験してふらふらになりながら夜食や朝飯を食ったことを覚えている。Lin 先生とは今でも大の親友で、仲良くお付き合いいただいている。これも経腸栄養のなせる技と言えよう・・・

6. 腹腔内の感染防御能への影響

さて、この実験で判明したのは、経腸栄養は静脈栄養に比べて、1) 投与した細菌の排除に役立つ腹腔内の白血球数が多い、2) 白血球がサイトカインを作る力が強い、3) 腹腔内のサイトカインレベルが高い、4) 腹腔内の生菌数が少ない、5) 血中の生菌数が少ない、6) 血中のサイトカインレベルが低い、その結果、7) 生存時間が長い、ということであった。すなわち、腸を使った栄養管理は、腹腔内に投与された細菌を排除するために働く白血球（腹腔内常在マクロファージ）の適切な活性化をうながし、サイトカイン産生を高める。そのため、流血中から大量の滲出好中球が腹腔内に出てきて腹腔内の細菌を貪食・殺菌する。その結果、腹腔内の感染が抑えられ、全身への細菌の移行と全身性の炎症反応が抑えられるということになる。

著者が2002年から防衛医大に異動して大学院生の研究指導をする中で、この経腸栄養の優位性のメカニズムがさらに明らかになった。マウスに中心静脈カテーテルあるいは胃瘻を造設し、1週間の栄養管理を行う。その後採取した腹腔内の常在マクロファージ、滲出好中球ともに、経腸栄養で管理したマウスの場合、刺激下の核内転写因子 NF κ B の活性化が刺激の大きさに応じて適切に生じるのに対して、静脈栄養下ではその活性化が低下する、あるいは遅延することが判明した。この成果を報告した SHOCK という英文雑誌の表紙をわれわれの図表が飾ったのは良い思い出となっている。

臓器・体腔 SSI (surgical site infection) の予防には、このように病原体に曝露された部位の感染制御に携わる免疫細胞の数と活性化が重要であり、経腸的な栄養投与は SSI 予防にも有効と言えるであろう。

7. 血管内皮細胞への影響

著者が東大のショックグループでの研究を終え、博士号を取得してから留学したのが、米国はメンフィスにあるテネシー州立大学の外科栄養研究グループであった。サンフランシスコで開催された米国静脈経腸栄養学会 (ASPEN) に日本から初めて参加したときに、懇親会場へ向かうバスの中でたまたま同席されていた Kudsk 先生に挨拶したのがきっかけとなった。「うちの研究室に留学に来ないか？」と帰国してからお手紙をいただいた次第である。自分はできればハーバード大学とかいわれる日本でも有名な大学に留学したいなあと思っていたが、思いもかけず、アフリカの町と間違えてしまいそんな南部の町で2年と3カ月の留学生活を送ることになったのである。

Kudsk 先生と言えば、当時、外科栄養と腸管免疫に関わる数多くの基礎研究・臨床研究の報告で有名な外科教授であったので、さぞかし大きな研究グループだろうと思っていたが、著者を含めて4名しかいない小所帯であった。その中の獣医で PhD の女性はほとんどラボに顔を出さない。中国からの留学生はインターネットばかりやっていた。当初は、泌尿器科や口腔外科のラボに行って、手技を教えてもらってこいと放り出されて目の前が真っ暗になった。それらのラボの教授のみなさんは、自分たちの役に立たない日本人の来訪を歓迎していなかったからである・・・泌尿器科のラボでは結局何も得るものは無く、口腔外科のラボでは MPO 活性測定手技を教わったが、目標としていた腸管組織の MPO 活性測定は不可能なままだった。「もうあきらめなさい」とその教授が言っていたことを思い出す。結局、Kudsk 先生のラボに戻ってから、いろいろ文献を調べて自力で腸管の MPO 活性測定をできるようにした。

Kudsk 先生のラボでは、研修中に研究室配属を希望した若いけれど大層偉そうな態度のレジデントの手伝いをずっとする日々で、「このあと、どうなるんだろう」と心が暗くなる日々が続いた。あとになって、彼だけでなく、アメリカ人のレジデントはみんな態度が大きくて、大教授とも1対1で脚を組んで話していることがわかったが・・・しかし、ちょうど dual radio-labeled monoclonal antibody technique を他施設で習ってきた別の研究グループの外科レジデントといっしょに実験するよ

うになり、大変だけれども充実した毎日を送れるようになった。これは、 ^{125}I と ^{131}I でラベルした抗体を *in vivo* で投与して血管内皮上に発現するさまざまな接着分子量を調べる手技である。マウスを1週間、静脈栄養や経腸栄養で管理してから頸動脈カテーテルを留置しなければならない。静脈カテーテルの留置はたいしたことないが、頸動脈カテーテルの留置は、心臓バクバクものである。ちょっとした手のブレで、一所懸命栄養管理してきた動物を失ってしまうのだから・・・この実験手技は著者以外でできなかったのも、みんなに頼りにされたのはうれしかった。

この方法を使ってわかったことは、腸管を使った栄養管理を行わないと、静脈から栄養をしっかりと投与していても、1) 小腸の血管内皮上の接着分子 ICAM-1, P-selectin の発現が増え、小腸への好中球集積が増える、2) 肺の ICAM-1, E-selectin の発現も増える、3) その結果、腸管虚血再灌流を行うと小腸血管床での好中球の活性化が増強し、その好中球が遠隔臓器に向かい臓器障害を引き起こす、であった。ICAM-1 や selectin は血管内皮と好中球の相互作用を高め、好中球を活性化する働きがある。以上から、非感染性の侵襲に対しても、経口摂取・経腸栄養は過剰な血管内皮の活性化を防ぎ、生体を守る作用があることが判明した。

8. 腸管免疫への影響

著者が留学した時にはすでに、静脈栄養は経腸栄養に比べて、1) 腸管リンパ装置のリンパ球数を減らし、腸管・呼吸器の免疫グロブリン A (IgA) のレベルを低下すること、2) それに関連してインフルエンザウイルスや緑膿菌の呼吸器感染に対する抵抗力を下げることを、Kudsk 先生は報告されていた (表)。

腸管は人体最大の免疫臓器で大量の免疫細胞をかかえている。これらは、腸管リンパ装置と呼ばれ、腸管内腔のさまざまな抗原に反応するリンパ球を教育し、そのリンパ球を腸管のみならず全身の粘膜組織にリンパ管、血

液循環を介して送り込んでいる。したがって、腸管リンパ装置が萎縮したり機能低下すると、一見何も関係ない呼吸器粘膜の免疫能も下がってしまうのだ。

なぜそうなるのかを解明するのが、著者らの仕事であった。まずわかったのは、静脈栄養下では、腸管組織中のサイトカイン環境が Th2 優位から Th1 優位に変わることであった。粘膜免疫の点では Th2 サイトカインがその機能を高めるため、このような環境の変化は静脈栄養に伴う粘膜免疫低下の一因と考えられた。

次に、前述した dual radiolabeled monoclonal antibody technique を応用して、腸管リンパ装置の中でも免疫の誘導器官であるパイエル板の血管内皮上に発現する MAdCAM-1 という接着分子の発現に、栄養投与ルートがどのような影響を及ぼしているのか調べてみた。パイエル板内の血管内に体循環からナイーブリンパ球がやってくる。血管内皮に MAdCAM-1 が発現しているとナイーブリンパ球は血管内皮上に接着し、その間をすり抜け、パイエル板の間質に滲出する。そこで、腸管内腔からピックアップされた抗原が樹状細胞によってリンパ球に提示されて、リンパ球は教育される。先ほどの ICAM-1 などの接着分子は好中球の活性化・組織への滲出に関与するのに対し、MAdCAM-1 は腸管免疫の最初のステップのために必要な接着分子である。静脈栄養下では、パイエル板血管内皮の MAdCAM-1 発現が低下すること、そのためパイエル板のリンパ球数が減ることがマウス栄養管理モデルで明らかになった。

ある日、この実験をしようと動物舎に行くと、静脈栄養管理しているマウスケージになぜか固形餌が入っているではないか。施設のスタッフにたずねてみると、「かわいそうに餌が入っていないマウスがいたので、入れてあげた」そうだ。ちゃんと実験中と張り紙していたのだけれど・・・せっかく、この実験のために抗体を用意したり、1週間動物を管理して、当日も夜明け前から出勤したのに、すべて台無しである。そこで、とにかく、MAdCAM-1 の発現を調べてみてびっくりした。餌を入れて数時間しか経過していないのに、静脈栄養群の

表 栄養投与のルートとタイプが腸管免疫に及ぼす影響

	通常食経口摂取	半消化態栄養剤胃瘻投与	TPN 製剤胃瘻投与	TPN 製剤静脈投与
腸管リンパ装置リンパ球数	+++	+++	++	+
腸管内腔の IgA レベル	+++	+++	++	+
気道の IgA レベル	+++	+++	++	+

MAdCAM-1 発現がほぼ正常レベルまで上がっていたのである。静脈栄養管理をしていても経口摂取を再開するとわずか1～2日で腸管リンパ装置のリンパ球数が回復することがわかっていたが、図らずもその機序が明らかになった次第である。この実験はその後、正式に実験計画を練り直し、その成果はとてもいいジャーナルに掲載されることになった。

9. 肝臓の免疫細胞への影響

とてもエキサイティングな留学生活を終え日本に帰ってきて、前述のように防衛医大に異動することになった。ここでは、外科臨床に携わりながら外科栄養研究グループの長として多くの大学院生を指導することになった。その時、まったく面識のない一人の若手外科医が、著者のもとで学位の研究をしたいと家族といっしょに千葉から防衛医大のある所沢に引っ越してきた。彼は、著者が

池袋で開催された研究会で講演したのを聴いて、心を決めたとのことであった。だいぶ大胆な話である。

彼の所属する大学外科教室は肝胆膵を専門としているということだったので、栄養投与ルートと肝臓の免疫細胞の関連をテーマに研究指導することとした(図1)。この分野はまだ誰も調べていない領域で、どういう結果が出るかある種のばくちのようなものである。幸いなことに、やはり、マウスの栄養管理モデルを使って研究した結果、静脈栄養は経腸栄養に比べて、1) 肝臓の単核球(クッパー細胞やリンパ球など)の数を減らすこと、2) 肝臓単核球を試験管内で刺激したときのERKという細胞内シグナル伝達物質の活性化を鈍化させること、3) 同じく試験管内でのサイトカイン産生増加を鈍化させること、4) 門脈内に緑膿菌を投与したときの生存を悪化させること、5) その際の肺障害や肝障害を悪化させること、が明らかになった。彼はその他にも数々のいい仕事を学位取得後も続けたので、ぜひアカデミックエリア

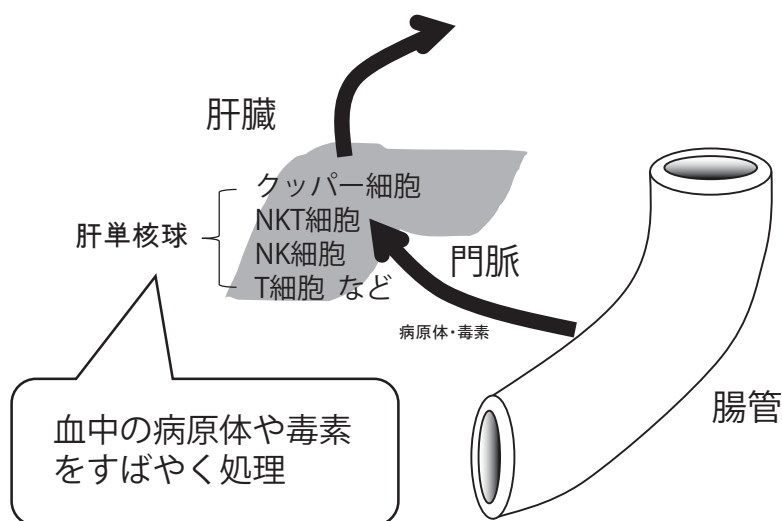


図1 免疫臓器としての肝臓

静脈栄養で必要栄養量が投与されていても・・・

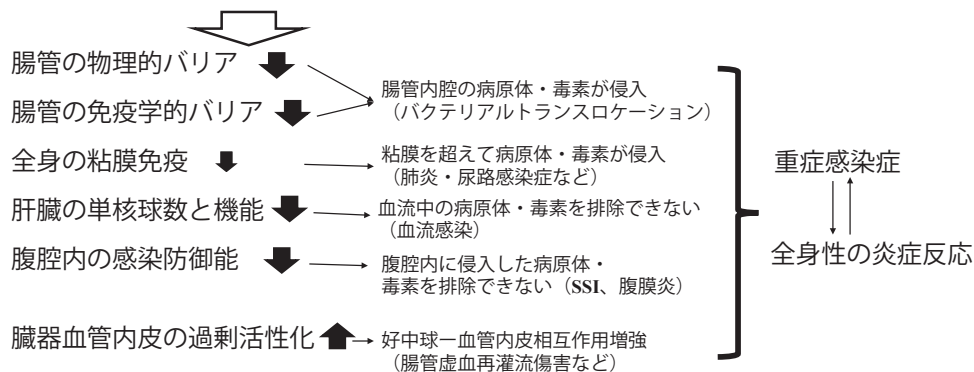


図2 腸管への栄養投与欠如が生体反応に及ぼす影響

でキャリアを続けてほしいと思ったのだが・・・開業してしまったのはとても残念である。

10. おわりに

図2に、経腸的な栄養投与欠如によって起こる、さまざまな感染防御能低下、過剰な炎症反応についてまとめた。適切な栄養療法なしに、重症患者の良好な予後は期待できないことを知り、栄養学に関する基礎研究の大切さと面白さを感じ取っていただきたい。

■文 献

- 1) Fukatsu K, Kudsk KA. Nutrition and gut immunity. Surg Clin North Am. 2011 Aug;91(4):755-70, vii. doi: 10.1016/j.suc.2011.04.007. Epub 2011 Jun 8. Review.
- 2) Fukatsu K. Impact of the feeding route on gut mucosal immunity. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2014 Mar;17(2):164-70.

■ Review article

感染制御担当者が考慮すべき大規模自然災害時の備え

—医療施設の感染制御 BCP は大丈夫か？ 避難所の感染制御は大丈夫か？—

菅原 えりさ

東京医療保健大学大学院 感染制御学

Preparedness of infection control personnel against large-scale natural disasters

— Is BCP of infection control in medical facilities all right? Is infection control of the shelter all right? —

Erisa Sugawara

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

はじめに

現在の日本は自然災害が多発する周期にあるのだろうか、また、地球温暖化に伴う気候変動が大規模な災害をもたらしているのであろうか。火山活動の予測や南海トラフの大地震の予測などがニュースを賑わす今日、自然災害に対する準備は国民ひとりひとりに課せられた課題ともいえる。

「災害」は、大きく自然災害と NBC 災害（核 (nuclear)、生物 (biological)、化学物質 (chemical) による特殊災害)、放射線災害、と言った人為的災害とに分けられるが、いずれにしても、人命が脅かされ、日常生活が奪われ、社会的均衡が崩れるのが「災害」である。それらの破壊力に対して人間ができることは、予測可能な情報をできるだけ正確に入手し、経験知を積み上げ、そして「準備」することだろう。

本稿では大規模自然災害の発生を想定し、まず、被災地の医療施設内の医療継続の中での感染制御の考え方を述べる。次に、多くの被災者が身を寄せる避難所の感染制御についてその課題を述べ、災害に対峙する ICT のあり方を考えてみたい。

I. 被災地・医療施設における感染制御

I-1. 感染制御チームは BCP 策定に関与を

昨今の自然災害の多発を受けて、国や都道府県は医療施設に対して災害時の事業継続計画 (BCP: Business Continuity Plan) を策定することを求めている。

厚労省の示した「BCP 考え方に基づいた病院災害対応計画作成の手引き」¹⁾は、1. 地域のなかでの位置づけ、2 組織・体制、3 災害対策本部、4 診療継続・避難の判断、5 安全・減災措置、6 本部への被害状況の報告、7 ライフライン、8 緊急地震速報、9 人員、10 診療、11 電子カルテ、12 マスコミ対応・広報、13 受援計画、14 災害訓練、15 災害対応マニュアルと 15 の要件からなり、チェックリストも示されている。

特に災害拠点病院は、これを元にした都道府県が示したマニュアルに従って、プランを立案し教育訓練を実施することになっている。この 15 の要件は、災害時の事業継続のために必要な項目を網羅的に示したいわばアウトラインであり、詳細項目まで落とし込むことが各医療機関に任せられている。

例えば、項目 7「ライフライン」には断水時のトイレ使用に関する項目がある。しかし、トイレをどのように使用するのか、簡易トイレは使用するのか、またそれに伴い発生するごみ問題や清掃問題を想起するようにはなっていない。そもそも感染制御によって重要でかつ日

常的な手指衛生に関すること、ライフラインの途絶と関連する滅菌物の供給や空調問題に関するものもいちいち記述されているわけではなく、忘れ去られる可能性すらある。有事に際し実行可能なものとするためには、院内の専門職チームがそれぞれの分野で関与する必要があるが、中でも感染制御チーム（Infection Control Team：ICT）は、ライフラインという生命線が途絶えた中の医療の安全性を担保する重要な判断を求められることとなる。

ICT は、この BCP15 項目を手立てに、最悪な被害想定のもと、感染制御に関連する詳細項目を洗い出し、自施設を点検する必要がある。これらは自施設の減災機能や脆弱な部分を知るプロセスとなり、特に災害拠点病院での BCP 作成は義務化されており、ICT は災害時対応にまず関心を持ち、自施設の状況を点検する必要がある。

次に、BCP 策定における ICT の具体的視点の一部を示す。

I-2. 災害急性期

1) 患者の受け入れ

医療施設は、災害時マニュアルに従って通常業務から災害医療に切り替える。院内の被災状況を確認すると同時に、多くの負傷者の受け入れ体制準備が急務となる（写真 1）。



写真 1 外来待合ロビーで展開された中症度患者の診療
2011 年 3 月 石巻赤十字病院内 筆者撮影

その中でまず ICT は、医療者の職業感染対策の徹底に注力する必要がある。

災害時医療は混乱の中ではじまる。負傷者受け入れは通常の診療エリアではない場所（待合室、テント内など）で展開する場合が多いため、診療に関わる必要物品を改めて準備しなければならない。その中に、血液体液曝露から身を守るために PPE（Personal Protective Equipment）

と感染性廃棄物容器や鋭利器材廃棄ボックスは必須アイテムである。また、医療エリアのどの部分に PPE や廃棄ボックスが設置されていれば使いやすいのか、それらも ICT が率先して実施すべきことである。

救命救急が優先される中、これらの準備がなくても医師や看護師は医療を遂行する。しかし、搬送される被災患者がどのような状態であっても安全に医療が展開されるように整えることが ICT の責務である。

2) ライフラインの途絶・・・断水の対応

非常用電源、備蓄水などは病院として備えていなければならないのだが、災害の規模や種類によって、それらが必ずしも業務継続に足るとは限らない。東日本大震災後「想定外」ということばが禁句となった今、有事の「準備」を考えたときに、電源も水もない状態を想定する必要がある。特に断水時の衛生管理は大きな課題である。

備蓄水は人命にかかわる処置治療に優先的に使用される中、手洗い用として使用できる水は原則ないと考えべきだろう。その際、アルコール手指消毒薬が第一優先となる。また、緊急手術や侵襲的処置時の手指衛生に関する取り決め事項はあるのだろうか。厨房は食器洗いに水が使用できないことを想定する必要がある。東日本大震災時の被災病院では皿をラップ材で包み、毎回洗浄しなくてもよい工夫をしていた。また、発泡スチロール容器と缶詰で準備された入院患者用朝食（写真 2）もあった。

衛生管理上最大のリスクは断水時のトイレ管理である。被災直後断水の有無に関わらず水洗トイレの使用を直ちに禁止しなければならない。備蓄の簡易トイレを効率的に使用するのはもちろんだが、例えばトイレやポー



写真 2 ライフライン断然した病院の入院患者の朝食
2011 年 4 月 石巻ロイヤル病院内（当時、石巻赤十字病院の後方病院として役割を果たした）筆者撮影

タブルトイレに紙オムツを敷きそれに吸収させるなど、急場をしのぐ対応策を想定する必要がある。

尚、上下水道は損壊等が無いことが確認されてはじめて使用再開となる。

3) 滅菌物の供給

断水や停電および滅菌供給部門の損壊等で、滅菌物の再生処理が不能になることを想定しなければならない。この時有効なのがディスポーザブル器材であるが、平時では在庫を持たないことが一般的であるため、有事の際、すぐに底をつく可能性がある。一部の低温滅菌器（過酸化水素低温ガスプラズマ滅菌器など）は電源さえ確保できれば使用可能であるが、滅菌器が一部稼働したとしても十分な水が確保できなければ器材洗浄はできず、いずれにしても厳しい状況が考えられる。ICTは滅菌供給部と連携し災害時の対応について話し合う必要があろう。

東日本大震災を経験した医療施設では、被災前に滅菌していた器材の使用期限を独自ルールで延長するなど臨機応変な対応をしたと報告している。さらに消毒薬（エタノールなど）の有効活用や煮沸消毒なども考えられる。このように、ICTは平時からそして有事の際の刻々と変わる局面の中で、その時々の実現を踏まえた判断を要求される。医療を継続していくためには、規制やルールを越えた柔軟な対応もやむを得ないと決断する力も必要だ。

4) 空調管理

空調管理に関して感染制御の懸念事項としては、陽圧陰圧空調の稼働の可否、高度清潔区域、清潔区域、準清潔区域を成す高性能フィルターの稼働可否、さらに、新生児未熟児室で使用している保育器の稼働の可否などがある。生命維持に必要な電源は非常電源が賄うが、空調管理はストップすることを想定しなければならない。空調が一時的にもストップした場合、空気感染対策の破たんや、易感染患者の感染リスク増大などが考えられるため、その後のサーバイランスや、患者の状態変化を注意深く観察する必要がある。

5) 備蓄の考慮

前述した通り、医薬品、消毒薬、衛生材料、ディスポーザブル製品などは、物流管理上余剰個数はできるだけ持たないのが一般的である。しかし、今まで述べてきたよ

うに最初の72時間乗り切るため、アルコール手指消毒薬、消毒薬各種、PPE、ディスポーザブル器材や衛生材料、紙オムツ等の衛生物品、感染性廃棄物容器や鋭利器材廃棄ボックスなどはすぐにでも必要になってくる。

災害時の備蓄物品はこればかりではなく多岐に渡る。適正な備蓄量の判断は難しいが、災害に備えたバランスのとれた備蓄体制は必要であり、また、取引メーカーや代理店との連携も平時より話し合っていくことが重要である。BCP委員会にICTとして提言できるよう準備したい。

6) 清掃・ゴミ回収

災害時の医療継続を考慮するとき、忘れてはならないのが清掃やゴミ回収である。被災後、清掃業者やゴミ回収業者の業務回復には時間がかかることが想定される。水洗トイレが使用不可の場合のトイレゴミは最も不潔であり大量であろう。また、生ゴミも含め、腐敗や悪臭のあるゴミをしばらくは施設内に留め置かなければならないことが考えられる。非常に困難な対応を強いられるが、保管場所の想定が必要である。また、清掃業務を院内職員で実施しなければならない可能性もある。

医療施設の衛生環境維持に責任を持つICTは、想定されるこれらの事態に手を打つ必要がある。清掃やゴミ回収の多くは委託事業者が行っている。ICTは事務部門と連携し有事の際の委託事業者との意見調整に関与する必要がある。

I-3. 災害亜急性期から慢性期

災害急性期が過ぎ亜急性期（72時間以降）に入ると、全国から多くの人的物的支援が被災地に入り徐々に落ち着きと安定を取り戻してくる（写真3）。復旧に伴い地域の医療を担う医療従事者は自らの施設内対応のみならず、避難所等にも目を向ける必要が出てくるだろう。

避難所の医療支援は災害早期に現地入りした域外の医療支援者が実施しているが、被災地のICTも早期から避難所の感染制御に目をむけなければならない可能性がある。

避難所の解消には時間がかかる。生活は徐々に安定しつつあるとは言え、集団生活を送っていることには変わりなく、感染症の集団発生リスクはつきまとう。被災地の医療施設も通常診療に復帰しつつある中、万が一避難所で感染症集団発生が起きたなら、医療施設は打撃を被ることにもなりかねない。



写真3 被災病院の庭に設置される支援病院救護テント
2011年3月 石巻赤十字病院 筆者撮影

被災地の ICT は自施設の状況も確認しながら、地域にも目をむけ、保健所等の連携も考慮する必要がある。

II. 避難所の感染制御

災害が発生するとその都度避難所が開設され、多くの被災者が着の身着のままで身を寄せる。避難所は安全な場所でないといけないが、実は被災者が陥る最初で最大の危機は衛生環境の崩壊した避難所にあるかもしれない。衛生環境の崩壊は感染症発生の最大リスクであることは言うまでもない。

II-1. 災害急性期の避難所の感染リスク

災害が発生し被災者の健康状態（感染症の有無など）を把握できないまま集団生活がはじまるのが避難所である（写真4）。表1は避難所において考慮すべき感染症を示した²⁾。一般的な感染症の兆候は、下痢症状、発熱や咳、発疹の発生、眼がかゆくて赤いなどであるが、避難所入所時にそのような症状を判別し区別することなど



写真4 東日本大震災時の避難所の一例
2011年3月 日赤救護班撮影

不可能である。また、インフルエンザのような流行性ウイルス感染症の潜伏期間（潜伏期間内は無症状）にある人、さらには結核菌を排菌している人がいる可能性すらある。逆に、免疫力の脆弱な幼児や高齢者、がん治療等のために易感染状態にある被災者もいるかもしれない。このような中で被災者は密着した生活を強いられることになる。その上、衛生状態が悪く、食事也不十分、睡眠も十分とれないといった状況が続くと、感染症発生リスクはより一層高まる。予測されるこれらの状況に対しては、いち早く予防的措置を講じることが最重要であることは言うまでもない。

一方、発災すると都道府県災害対策本部の下に「保健医療調整本部」が設置され、DMAT や赤十字救護班などの医療支援者はこの本部の統括下で受け入れることとなっている³⁾。被災地入りした医療支援者の主な仕事は有症状者の治療であることは言うまでもなく、たとえ避難所の衛生状態の悪化を確認したとしても、その支援者が必ずしも感染制御に長けているとは限らず、予防的措置を積極的に講じるには至らないことがほとんどである。

1) 手指衛生

発災直後は、各個人の携帯品または指定避難所であれば既に備えてある備蓄品で手指衛生を実施することになる。断水がなければ流水石けん手洗いも可能だが、断水なら、アルコール手指消毒薬を有効活用する。

アルコール手指消毒薬は指定避難所の備蓄として準備

表1 避難所において考慮すべき感染症

感 染 症	症 状
急性上気道炎	鼻汁、咽頭痛、咳嗽、頭痛、倦怠感など
インフルエンザ	急激な発熱、鼻汁、咽頭痛、咳嗽、頭痛、倦怠感
肺 炎	頑固な咳、膿性喀痰、呼吸困難感、チアノーゼ
結 核	頑固な咳、喀痰、倦怠感、血痰、微熱、食欲不振
膀胱炎	頻尿、排尿時痛など
感染性胃腸炎	嘔吐、下痢、腹痛、発熱など
食中毒	集団発生する嘔吐、下痢、腹痛、血便など
流行性角結膜炎	目の充血、眼脂、かゆみ、眼痛

東北感染症危機管理ネットワーク情報提供 避難所における感染対策マニュアル²⁾ 筆者一部加筆

されていることが多いが、避難所開設時には医療従事者はいないので、どこに設置するか、どのように使用するかなどは避難所開設者によるしかない。感染リスクの高い避難所だからこそ、DICT（Disaster Infection Control Team/後述する日本環境感染学会が命名した災害時に介入する ICT）の早急な対応が必要なのである。

2) 環境整備—トイレの課題

狭いスペースで衣食住を行う避難所では、清掃や整理整頓、ゴミの管理など、避難所内でのルール化は重要で、これらは感染制御の基本であるばかりでなく、避難所内のトラブル防止にも必須である。特にトイレは使用ルールや管理ルールを決めないまま使用し始めると瞬く間に非衛生的な状態になる。断水がないのならまだよいが、断水している場合の水洗トイレの使用については、避難所開設当初から十分な対応が必要であるが、これもまた避難所開設者の管理による。わが国の避難所は学校や公共施設が多いが、トイレの形態（特に学校は和式が多い）、個数不足、断水対策などが不十分などの課題が多いと言われている。それを補うために簡易トイレ（写真5）や仮設トイレ（写真6）が設置されるようになった。

写真5で紹介した簡易トイレは、電源さえあればどこでも使用でき、東日本大震災時にも重宝した簡易トイレである。災害拠点病院などでは備蓄品のひとつとして備えている病院もある。

写真6で紹介したような仮設トイレは大勢の被災者が身を寄せかつ長期避難生活が予測される避難所にはなくてはならないものになっている。しかし、東日本大震災（2011.3）後「仮設トイレは遠くて暗く怖い」「男女に別



写真6 仮設トイレの一例
トイレル研究所 HP より

れていない」「場合によっては犯罪発生リスクにもなる」などの課題が示された。これらの課題はその後発生した熊本地震（2016.4）や北海道胆振東部地震（2018.9）時に設置された仮設トイレではできるだけ解消するべく運営されていたことを確認した（写真7）。しかし、そもそも仮設トイレは工事現場用やイベント用のあくまでも仮のトイレで、使い勝手やアメニティーはもちろん、



写真7 避難所の仮設トイレ
男女に分けられ、灯光器も設置されていた。
2018年9月 北海道胆振東部地震 厚真町 仮設トイレ
筆者撮影



写真5 簡易トイレの一例「ラップボン」
箱の中心に専用ラップをセットし、使用後のボタンをコンローラーのボタンを押せば自動的にラップが排泄物を包み密閉し切り落とす仕掛け。電源さえあればどこでも使用可。



写真8 厚真町避難所の仮設トイレ
和式と洋式の両タイプが設置されていた。
2018年9月 北海道胆振東部地震 厚真町 仮設トイレ
筆者撮影

障害者や高齢者が使用しやすいような配慮や工夫がなされていないことが多い（写真8）。

トイレの使い勝手の悪さや不衛生な場合、排泄行動を抑制する心理がはたらき、結果的に水分摂取が不十分となりその後の健康状態に影響をおよぼすことは周知のことである。トイレを清潔に安全に使用できるよう整えるのは感染伝播対策だけでなく命に係わる問題とも言える⁴⁾。

このように重要な避難所のトイレや居住スペースの清潔管理はいったい誰が行うのか。避難所管理者なのか、行政なのか、ボランティアなのか。特に必需施設である仮設トイレのあり方や衛生的管理については、今後も引き続き議論していく必要がある。

3) 隔離スペースの確保

被災者が密集する避難所に「隔離スペース」を確保することが大変重要である。例えば体育館が避難所になった場合、更衣室などの小部屋は支援物資倉庫になりやすい。しかし、その更衣室を感染症患者発生時の隔離スペースとする発想が重要である（写真9）。このような部屋は、集団生活になじめない方、子どもの夜泣きなどの退避部屋としても活用できる。また、避難所にテントを設営して活用することもできる。

尚、「隔離」という言葉は一般にはネガティブに捉えられやすいため注意が必要である。あえて「保護室」な

どという方が受け入れられやすい。

4) 食中毒予防

食中毒が問題視されはじめるのは、調理した食品（炊き出しなど）が提供される比較的安定した時期になってからだろう。避難所によっては夏でも冷房設備がなく（小中学校の冷房完備は少ない）、ましてや冷蔵庫など設置されている方が稀な中、多くは食事の残りを常温で保管することとなる。特に5月以降は要注意で、避難所では賞味期限の確認や配給食の保存ルールなど策定して管理する必要がある。

一方、自衛隊やボランティアは炊き出しを行うが、特にボランティアには食品提供に関する監督機関がなく自主管理に任せられている。実際にボランティアの炊き出し食を食べた後に下痢嘔吐が発生した避難所もあった。

ボランティアを統括する組織では、食品を扱うグループに最低限のルールを提示し安全な食品を提供できるよう努めてもらう必要がある。

5) 感染症の予兆を察知する

感染を蔓延させないためにはその予兆を見逃さないことにある。被災地に集まる多くの医療支援者が情報を共有する Web システムとして、被災した都道府県を越えて医療機関の稼動状況など災害医療に関わる情報を共有し、被災地域での迅速且つ適切な医療・救護に関わ

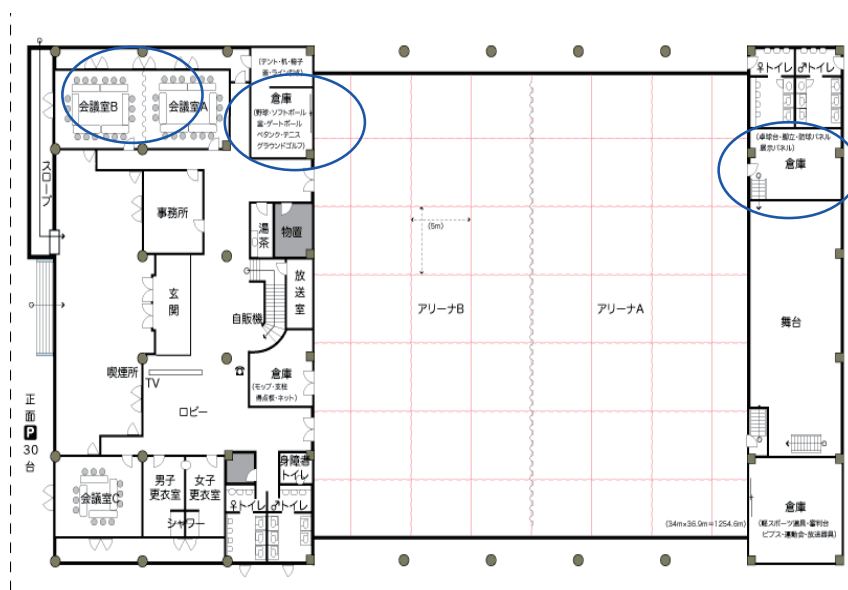


写真9 隔離室（保護室）の例
○に示した小部屋をあらかじめ隔離室（保護室）に決めておくことよい。

る各種情報を集約・提供することを目的とする、EMIS (Emergency Medical Information System/ 広域災害救急医療情報システム) というポータルサイトがある⁵⁾。また、熊本地震以来災害診療録として使用されはじめた「JSPEED (Japan Surveillance in Post Extreme Emergencies and Disasters)」という災害診療記録及び災害時診療概況報告システムが広く活用されている⁶⁾。しかし、これらのシステムにより避難所の感染兆候をいち早く見出す症候別サーベイランスが可能かどうかはまだ未知数である。

兆候のある被災者をキャッチした後の対処や、それ以前の予防的措置については DICT の重要な任務であり、これら可動しているシステムとの連動が期待される。しかし、避難所に DICT が組織的に介入する仕組みはまだ十分構築されていない。

II-2. 避難所の感染制御支援のために

東日本大震災の支援を経験した筆者は、感染制御専門職の組織的支援の必要性を痛感し①発災直後から支援を開始する「感染対策 DMAT 構想」、②症候別サーベイランスや衛生的生活支援をベースとした「災害支援 ICT 構想」を提言した⁷⁾。その後、日本環境感染学会（賀来満夫前理事長）は、災害時感染制御検討委員会（櫻井滋委員長：岩手医大教授）を組織し支援のあり方を断続的に検討してきた（筆者も委員）。

その中で立て続けに起こったのが、関東東北豪雨（2015 年 9 月）、熊本地震（2016 年 4 月）、台風 10 号被害（2016 年 8 月）、そして西日本豪雨（2018 年 7 月）、北海道胆振東部地震（2018 年 9 月）であった。特に熊本地震の際は、公的な裏付けも仕組みも未整備の中、環境感染学会は先遣隊（櫻井委員長をリーダーとして）を派遣した。また、後方支援として現地の感染制御ネットワークと連携し筆者が主導し物資支援を実施した（写真 10,11）。さらに、避難所での感染性胃腸炎の発生情報から自衛隊病院 ICT の現地入りを機に、近隣県の大学病院 ICT（長崎大学 ICT）が現地入りし避難所支援を実施した⁸⁾。これらはまさに「災害支援 ICT 構想」の具現化であり、日本感染環境学会が考える「災害時の ICT 活動 (DICT)」のモデルケースとなった。



写真 10 日本環境感染学会が届けた支援物資
(熊本地震 2016 年 4 月)

日本環境感染学会は被災地 ICT のアセスメントに基づき、ニーズに応じた物資支援を行っている。支援物資の提供は、主旨に賛同した学会賛助企業の有志 13 社による。(2019 年 4 月現在)



写真 11 学会支援物資のステッカー
(熊本地震の支援物資に使用)

他の支援物資と混同しないよう、箱の側面に大きく掲示している。

この一連の動きの中、厚生労働省は、2017 年厚生労働省防災業務計画に「被災都道府県・市町村は、避難所等における衛生環境を維持するため、必要に応じ、日本環境感染学会等と連携し、被災都道府県・市町村以外の都道府県及び市町村に対して、感染対策チーム (ICT) の派遣を迅速に要請すること⁹⁾」と明記した。具体的な学会名と ICT の名が公文書に明記されることは稀なことであり、避難所の感染制御の重要性と専門職による関与の必要性が認められたのである。

避難所の感染制御活動は、医療施設内の感染制御活動の延長線上に位置していると考えている。すなわち、施設構造が異なり資源は限られているが、さまざまに感染対策上のリスクを抱えた市民がひとつの施設内で集団生活を送る状況は、医療施設内での療養生活と同じであると考えられるからである。従って、ICT は日ごろの業務を避難所に応用することができるのである。また、積極的な避難所への感染制御支援は感染リスクの減少を目的

とするため、結果的に被災地の医療施設の負担軽減にもつながるものと考えられる。

ま と め

2011年3月の東日本大震災から8年。それぞれの辛い経験を無駄にしないとする関係者の熱い思いが少しずつ実を結ぼうとしている。

高齢社会の健康寿命のために「予防医学」は注目されているが、医療展開の中では「予防」は後回しにされがちであることは歪めない。感染制御もそのひとつかもしれない。医療施設のBCP策定においても、ICTが積極的に声を挙げなければ気がつかれない可能性もある。しかし、公文書にICTの名が記された以上、避難所の感染制御に組織的に関与しなければならないことは現実的な任務となっており、日本環境感染学会では、厚生労働省防災業務計画に基づき、被災地の感染制御支援者の人材育成に着手する準備をはじめている（2019年4月現在）。

大規模自然災害が多発する今日、被災者になるか支援者になるか、いずれにしても明日は我が身である。感染制御に携わる医療従事者として最善を尽くせるよう準備をしていきたい。

■文 献

- 1) 厚生労働省医政局指導課長通知 医政指発 0904 第2号平成25年9月4日
「BCPの考え方に基づいた病院災害対応計画作成の手引き」
- 2) 東北感染制御ネットワーク 「避難所における感染対策マニュアル」 Ver1.2011.3.27
http://www.kansensho.or.jp/uploads/files/topics/disaster_con_5.pdf
2019.4.1 アクセス
- 3) 第2号厚生労働省大臣官房厚生科学課長、医政局長、健康局長、医薬・生活衛生局長、社会・援護局障害保健福祉部長通知 科発 0705 第3号、医政発 0705 第4号、健発 0705 第6号、薬生発 0705 第1号、障発 0705 平成29年7月5日付け「大規模災害時の保健医療活動に係る体制の整備について」
- 4) 避難所における トイレの確保・管理ガイドライン 内閣府（防災担当）平成28年4月 pdf. http://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/pdf/1604hinanjo_toilet_guideline.pdf#search=%27%E9%81%BF%E9%9B%A3%E6%89%80%E3%81%AB%E3%81%8A%E3%81%91%E3%82%8B%E3%83%88%E3%82%A4%E3%83%AC%E7%A2%BA%E4%BF%9D%E3%83%BB%E7%AE%A1%E7%9-0%86%E3%82%AC%E3%82%A4%E3%83%89%E3%83%A9%E3%82%A4%E3%83%B3%27 2019年4月1日アクセス
- 5) 広域災害救急医療情報システム <http://www.wds.emis.go.jp/>;
2019年4月1日アクセス
- 6) J-SPEED 情報提供サイト <https://www.j-speed.org/> 2019年4月1日アクセス
- 7) 菅原えりさ 災害支援：感染制御担当者の役割をはたすとき！
—被災地の感染制御支援—感染と消毒 2012；19（1）：9-12
- 8) 櫻井滋 自然災害と日本環境感染楽器の対応 平成28年熊本地震災害への取り組み 感染と消毒 2016；23（2）：138-143
- 9) 厚生労働省防災業務計画 第2編災害応急対策 第2章保健医療に係る対策 第8節防疫対策 P.42 平成29年7月

■ Original article

手洗いシンクの表面汚染菌量に対する乾燥の影響

内田美保

公立小松大学 保健医療学部看護学科基礎看護学

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

Miho Uchida

Komatsu University Faculty of Health Sciences, Department of Nursing Fundamental Nursing

背景: シンクを洗浄・消毒後に乾燥することが推奨されているが、具体的な方法および乾燥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: 手洗いシンクを洗浄・消毒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を検討する。

方法: 内科病棟の手洗いシンクで、洗浄・消毒後から1時間自然乾燥させた場合とさせない場合の菌量を測定した。シンクの素材のステンレス、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、陶器上で *Serratia marcescens*、*Enterococcus faecalis*、*Pseudomonas aeruginosa*、*Acinetobacter baumannii*、*Staphylococcus aureus*、*Escherichia coli* が自然乾燥により減菌するか否かを実験した。さらにモデルシンクを細菌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、配管に見立てたペニシリンダーを菌液シャーレに立てて菌が管内を移動する状況について実験した。

結果: 洗浄・乾燥後も、手洗いシンクの排水口と排水口周囲から高度の菌汚染が確認された。素材別では、*E. coli* のみが30分間の自然乾燥で菌数が検出下限値まで減菌したが、その他の菌は生存し続けた。ペニシリンダーの内部が乾燥していると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、湿った状態では菌の検出が確認された。

結論: シンクを洗浄・消毒後に乾燥させることはシンク全体の細菌数を減少させることに繋がっておらず、排水口からの菌の遡上対策が重要であることが示された。

Key words: 手洗いシンク、乾燥、排水口

1. 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、医療従事者の手指を介して水平伝播する¹⁾ことが問題となる。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²⁾。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 dif-*

ficile 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³⁾。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、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⁾。近年では「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ている⁵⁾。

湿潤環境の中でも特に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⁶⁻¹⁵⁾。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。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は臨床現場では水回りの環境改善に徹底的に取り組むことになる。職員を対象とした手指衛生の教育強化にはじまり、清掃・消毒方法の見直しを行い、なお終息しない場合には、蛇口や配管を交換する工事などの対策を講じることもある¹²⁾。

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。手洗いシンクの清掃に使用する消毒薬には、アルコール製剤や次亜塩素酸製剤が汎用されているが、近年では消毒薬ではないが、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）を用いた効果について述べた報告がある¹³⁻¹⁶⁾。また熱水消毒の有効性についての報告もある¹⁷⁾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℃前後に設定しており、熱水消毒の効果を得るには温度が低いという問題点があり、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。

手洗いシンクから菌を含んだ水滴の飛散を防ぐために、エアロゾルが発生しにくく、水滴の貯留を来さない形状のシンクの構造やデザインが研究されている¹⁸⁾。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が、現在使用中のシンクと交換するためには、大きさの違いや壁や排水管工事を含む大がかりな工事が必要となるなど困難な状況がある。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。

このような中で、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²⁾。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、実際の臨床現場で実証した報告はなかった。

そこで本研究では、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

否かについて明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

2-1. 臨床現場の手洗いシンクの洗浄・消毒後の乾燥行程の有無の実験

対象とした手洗いシンクは、内科病棟のスタッフステーションのステンレス製のシンクで、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、洗浄・消毒の直後から1時間使用禁止する乾燥行程を入れた場合（乾燥有り）と、乾燥行程を入れない洗浄・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日間であった。洗浄・消毒作業は同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分間程度だった。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™ EZ/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 μL）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。

2-2. 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(陶器)を使用した。

P. aeruginosa ATCC27853 7.4×10^8 CFU/mL、*S. aureus* ATCC25923 1.2×10^9 CFU/mL、*E. coli* ATCC25922 8.3×10^8 CFU/mL、*A. baumannii* ATCC17978 1.6×10^9 CFU/mL の4種の菌液を brain heart infusion broth (BHL BD) で各 10 mL 作成した。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、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直後に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 で攪拌した。その後、ダルベッコ PBS (-) で10倍希釈系列を作成し、その一部 $10 \mu\text{L}$ を SCD 寒天培地に塗布し、生育したコロニー

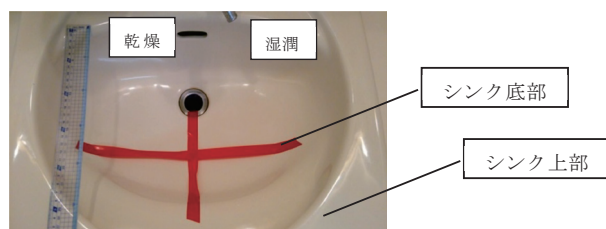


図1 モデルシンク

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

数により CFU/mL を計算した。

2-3. 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。陶器、樹脂 a、樹脂 b は未使用で表面は傷がなく凹凸がない滑らかな各 5 cm 四方の平面、ステンレスは長期間使用したステンレスシャーレの表面に、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 $10 \mu\text{L}$ ずつ塗布し、室温 $24 \sim 26^\circ\text{C}$ 、湿度 $49 \sim 55\%$ で静置した。菌液は McFarland 1 (10^8 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 のダルベッコ PBS (-) に入れ、2 分間振盪後、10 倍希釈系列を作成した。各 $10 \mu\text{L}$ 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。

2-4. ペニシリンダーを用いた実験

排水口に接続する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。

菌液シャーレは、組織培養シャーレ(FALCON 353003 100×20 mm)1枚に BHI を 5 mL 入れ、前述した6種類の菌液を各 $200 \mu\text{L}$ ずつ混注した。菌量は、*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 であった。

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て
 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。ガス滅菌したペーパーディスク（PAPER
 DISC FOR TIBIOTIC ASSY 厚手 直径8mm 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。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。

2-5. 倫理的配慮

本研究の実験は、東京保健医療大学大学院微生物安全
 管理委員会から承認を受け、微生物安全管理責任者の指
 導のもとに東京医療保健大学大学院の実験室において
 行った。

3. 結 果

3-1. 内科病棟で日常的に使用される手洗いシンク における洗浄・消毒後の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日間の洗浄・消毒
 前、直後、1時間後、5時間後の4時点で回収した菌数を、
表1に示した。菌量は、日によるばらつきがみられたが、
 乾燥行程の有無にかかわらず洗浄・消毒により吐水口、
 シンク底部、排水口、排水口周囲のいずれの箇所におい
 ても菌数の減少傾向が見られた。特に平坦なシンク底部
 や吐水口（蛇口）からは、洗浄・消毒直後から5時間後
 まではほとんど菌が検出されなかった。

排水口の乾燥有りでは、清掃直後から5時間後の菌量
 は、1日目、2日目は菌数の著しい減少がみられ、3日
 目はやや増菌した。一方、乾燥無しでは1日目、3日目
 はやや減菌し、2日目は変化なしだった。同様に排水口
 周囲は、乾燥有りで2日目、3日目は著しく減菌し、1

表1 病棟手洗いシンクの洗浄・消毒後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		
		1日目	2日目	3日目	1日目	2日目	3日目
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 μL)

シンクの洗浄・消毒の ①：前 ②：直後 ③：1時間後 ④：5時間後

※ 上限値（多数）を >450 とする

日目は微増した。乾燥なしでは1日目と3日目は変化なしで2日目は減数した。

質量分析装置を用いて、菌種を同定した結果、蛇口から *Acinetobacter junii* と *Pseudomonas veroni*、シンク底部から *A. junii*、排水口から *A. junii* と *Staphylococcus epidermidis* が、排水口周囲から *P. aeruginosa* と *Acinetobacter ursingi* が検出された。

3-2. 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2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に菌を回収し、「乾燥」は自然乾燥後に反対側の同じ箇所から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 $1 \log_{10}$ 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 $4 \log_{10}$ 、シンク上部、底部でそれぞれ $2 \log_{10}$ の減菌が確認された。

3-3. シンクの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 $1 \sim 2 \log_{10}$ の減菌、*P. aeruginosa* と *S. marcescens* は $3 \log_{10}$ 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。

3-4. 配管内の菌とシンクの排水口の湿潤の関係

表2は、6菌種の菌液シャーレにペニシリンダー各10本立て、1時間経過後、天井面のペーパーディスクの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* と *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。

4. 考 察

日常的に使用するシンクの洗浄・消毒に乾燥行程を追加することの有効性を検証するために、まず内科混合病棟のスタッフステーションで日常的に使用されている手洗いシンクで実験を行った。対象としたシンクは手洗い

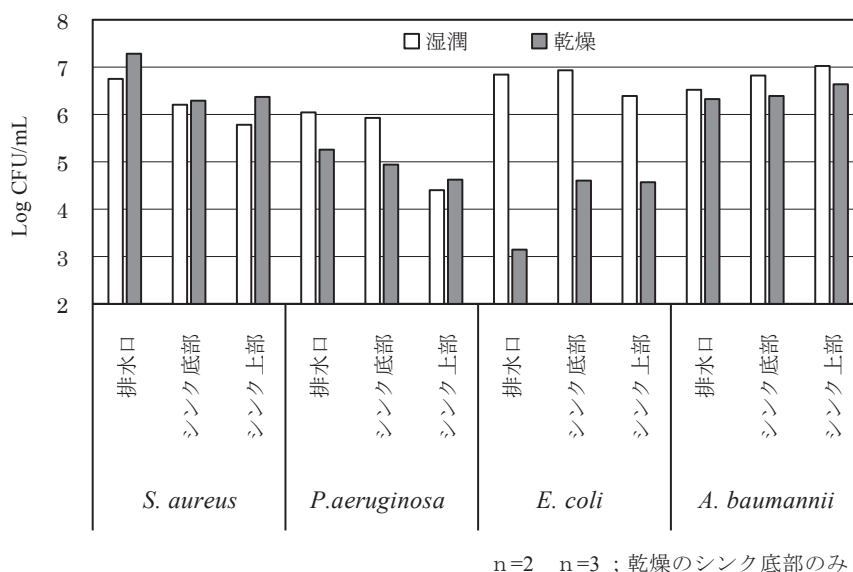


図2 モデルシンクの細菌汚染後の乾燥の有無による細菌数

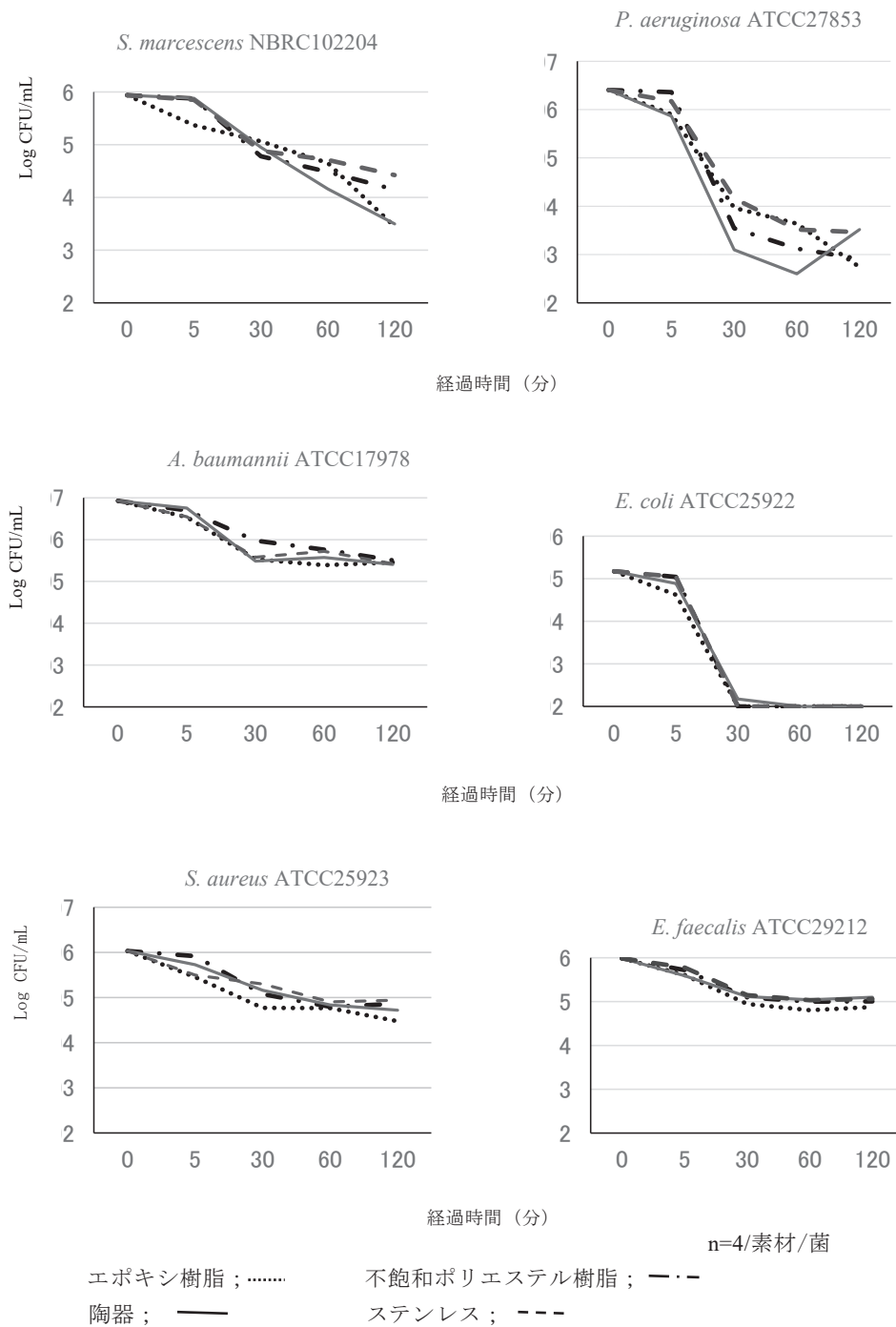


図3 素材別、菌種別の生菌数の推移

専用であり、使用後の医療器材の洗浄に使用されることはなく、排水口と蛇口（吐水口）やシンク底部からはグラム陰性桿菌の *Acinetobacter* spp. と *P. aeruginosa* が検出されたが腸内細菌の検出は見られなかった。このことから使用目的が異なるシンクでは検出される菌種が異なると推測されるが今後の課題としたい。

シンクの素材上で菌量の推移をみた実験から、乾燥しただけでは菌は生存し続けることがわかり、まずは確実に洗浄することが大切であると考えられた。

シンクを構成する部分で吐水口は構造上、シンク内面に向かって下向きに取り付けられるため、拭き残しなど清掃が難しいことから、日常清掃では特に注意を要する部分であると考えられる。シンクの自動水栓を介して、薬剤耐性 *A. baumannii* に汚染された水道水がアウトブレイクの原因であった医療施設で、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持つ薬剤耐性 *A. baumannii* が検出された例が報告されている¹²⁾。

手洗いシンクの汚染状況は、入院患者の疾患特性やス

表2 移行した菌が検出されたペーパーディスク数

菌種	ペニシリンダー の状態	dry	wet			
			①	②	③	④
<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>Paeruginosa</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)

①：滅菌蒸留水、②：生理食塩水、③：リン酸緩衝液、④：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

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。洗浄・消毒によりシンク全体の菌量は減少してその後、使用経過時間に伴い徐々に増菌すると推測したが、実際にはシンク底部と排水口において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、菌数のばらつきがあり、清掃することで全体的に減菌する傾向はみられたが、使用時間に伴い徐々に増菌するとはいえなかった。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。また、手洗いシンクは専属の一人の看護補助者によって毎日清掃されている。具体的な手洗いシンクの清掃方法は、洗剤をつけた一回ごとの使い捨てスポンジでシンク全体を擦り十分に洗い流した後、ペーパータオルで十分に水分を拭き取る。その後、アルコール含有ウェットクロスで拭き上げ、1時間、乾燥させる。しかし、シンクをどのような順番でどのような方向で清拭するかについては、具体的に指導しておらず個人に任されている。したがって、汚れている部分から拭くことで逆に菌を広げてしまっている可能性も否定できない。今後、より具体的な清掃方法の手順の指導と遵守が必要だと考える。

今回対象としたのは、内科病棟の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るため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排水口と本体との間のつなぎ目である周囲の菌数は、洗浄・消毒により減少傾向がみられたものの汚染が高度であった。

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は、国内外を問わず数多く報告されている。例をあげると、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¹⁸⁾、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¹⁹⁾ 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致したカルバペネマーゼ産生腸内細菌科細菌 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²⁰⁾ されている。

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⁹⁾。しかし、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るため、配管の内側はbiofilmが形成されやすい環境であるといえる。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。

病院などの医療施設で一般的に設置されているシンクは陶器製かステンレス製が主である。本実験では素材の違いにより残菌数に違いは見られなかった。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²¹⁾ 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。ま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ことが報告されている²²⁾。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ることが望ましい。

素材上に塗布した菌種では、*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。このことはモデルシンクの実験でも同様の結果を得ることができた。

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から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、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のにシンク内側の乾燥の有無が関係するかどうかについて実験した。配管の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では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、蒸留水、生食、ダルベッコ PBS (-) で湿らせた場合は良く上昇したが、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 (-) では菌液が塩類濃度

差あるいは浸透圧差に従い菌を伴いながら、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、汚染水が移動することにより、菌が上昇または拡散されることが推測される。

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。特に手洗いシンクの配管とシンクの接続部分である排水口は、曲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。また、本研究では菌が湿潤環境を拡散し、ある程度遡上することが明らかになり（表2）、遡上のメカニズムは不明であり今後の課題であるが、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ことが示唆された。

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ることで配管内側までを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したい。なお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

本論文は東京医療保健大学大学院博士課程における学位論文をもとにしており、本研究にあたり御指導賜りました東京医療保健大学学長 木村哲先生、医療保健学研究科 岩澤篤郎先生、菅原えりさ先生、ご協力いただきました関係者の方々に心から感謝申し上げます。

■利益相反自己申告：申告すべきものなし

■引用文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infect Dis* 2006; **6**: 130.
- 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) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) Doring G, Horz M, Ortel J, Grupp H, Wolz C. Molecular epidemiology of *Pseudomonas aeruginosa* in an intensive care unit. *Epidemiol. Infect* 1993; **110**: 427-436.
- 9) 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.
- 10) Fred AP, Flournoy DJ. Prevalence of gentamicin-and amikacin-resistant bacteria in sink drains. *J Clin Microbiol* 1980; **1**: 79-83.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 河口義隆, 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.
- 16) 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.
- 17) 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.
- 18) 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.
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) 東野督子, 神谷和人. 医療施設で使用され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.
- 22) 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.

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

Miho Uchida

Komatsu University Faculty of Health Sciences, Department of Nursing Fundamental Nursing

Abstract

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. 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.

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.

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.

Key words

Hand wash sink, drying, drain

■ Original article

ウォッシャーディスインフェクターの洗浄評価に使用される 洗浄インジケータの特性に関する検討

加藤妙子^{1,2}, 吉田理香², 松村有里子², 梶浦 工^{2,3}, 菅原えりさ², 岩澤篤郎²,
大久保 憲^{2,4}, 木村 哲²

¹ 神奈川県厚生農業協同組合連合会 相模原協同病院

² 東京医療保健大学 / 大学院

³ 吉田製薬株式会社

⁴ 医療法人幸寿会平岩病院

Studies on the properties of washing indicators used for washing evaluation of washer-disinfector

Taeko Kato^{1,2}, Rika Yoshida², Yuriko Matsumura², Takumi Kajiura^{2,3}, Erisa Sugawara², Atsuo Iwasawa²,
Takashi Okubo^{2,4} and Satoshi Kimura²

¹ The Kanagawa Prefectural Federation of Agricultural Cooperatives for Health and Welfare Sagami-hara Kyodo Hospital

² Tokyo Healthcare University Postgraduate School, Department of Healthcare

³ Yoshida Pharmaceutical Co. Ltd.

⁴ HIRAIWA Hospital

背景: 背景: ウォッシャーディスインフェクター (washer-disinfector: WD) の洗浄評価に使用される洗浄インジケータ (以後インジケータ) は、目視により判定するため、定量判定に比べ簡便に使用できる。しかし、インジケータの特性は異なる可能性があることから、各施設の WD の評価に適したインジケータの選択は困難な状況にある。
目的: 国内で市販されているインジケータの WD 洗浄前後のタンパク質量の定量と目視判定を行うことで、インジケータの特性を検証することとした。

方法: インジケータ計 11 種 (ステンレス基盤 5 種、polyethylene terephthalate (PET) 基盤 6 種) を使い、2 種の WD (WD ①、WD ②) にて洗浄前後のインジケータに残留しているタンパク質量を測定した。併せて目視判定も行った。

結果: 洗浄によるインジケータのタンパク質減少値 (対数) の平均±標準偏差は、ステンレス基盤素材インジケータに対しては WD ① 2.40 ± 0.96 、WD ② 2.26 ± 0.90 を示した一方、PET 基盤素材インジケータに対しては WD ① 1.24 ± 0.70 、WD ② 1.26 ± 0.52 を示し (WD ①: $p=0.011$ 、WD ②: $p=0.017$)、両群の減少値には有意差が認められた。目視判定において、WD ①では全てのインジケータに対し指標物質の残留を認めなかったが、WD ②では 5 種のインジケータに残留を認め、1 種では不適と判定された。

結論: ステンレス基盤素材インジケータは PET 基盤素材インジケータに比べ WD で有意に洗浄されやすく、WD 洗浄評価のインジケータ選定においては各施設の洗浄対象器材を考慮することが重要である。洗浄後のインジケータのタンパク質量と目視判定の結果には関連はみられず、インジケータに塗布されるタンパク質以外の指標物質の必要性については検証の余地がある。

Key words: 洗浄インジケータ、ウォッシャーディスインフェクター、
洗浄評価、タンパク質量、目視判定

1. はじめに

医療施設では、あらゆる処置に使用した各種鋼製小物や再生可能な器材を滅菌供給部門で洗浄・消毒・滅菌しており、確実な消毒・滅菌を実施するためには、事前の洗浄が極めて大切である。洗浄は、目に見える汚れを除去することであり、汚染微生物数を可能な限り減少させることは、滅菌において 10^{-6} 以下の無菌性保証水準 sterility assurance level (SAL) を得るためにも重要であり、適切な洗浄を行うことにより、細菌を 1/10,000、タンパク質を 1/100 に減少できると報告されている¹⁾。滅菌供給部門において器材の汚染成分は、生物学的残留物のタンパク質、脂肪、血液、骨片等が挙げられ、適切な洗浄を確実にすることは医療安全や感染制御の面からみても非常に重要な役割を担っている。

また、作業者の洗浄手技のバラつきやその工程確認が困難であることに加え、洗浄に伴う作業者への汚染曝露の観点から、可能な限り機械洗浄とすることが推奨されており¹⁾、その機器としてはウォッシャーディスインフェクター (washer-disinfector : WD) が主流である。WD は、汚染を除去するとともに熱消毒により感染性の低減や失活を目的とした機器であり、その機能の確認と管理維持のためには定期的な評価を実施する必要がある。

汚染除去の評価として、直接及び間接の判定法が挙げられる。「医療現場における滅菌保証のガイドライン 2015」には直接判定法として抽出による洗浄効果試験¹⁾が記載されているが、手技の煩雑さや分析機器 (吸光光度計) が必要なことから、日常管理としては、指標物質が塗布された洗浄インジケータ (以後インジケータ) を器材と一緒に洗浄し、洗浄後のインジケータの指標物質の残留を目視で判定する間接判定法を、始業時点検及び毎回の運転時に実施することが各種ガイドラインで推奨¹⁻³⁾されている。

この間接判定法に用いるインジケータは、我が国では多種類が市販されているが、インジケータに要求される国際的な基準や規定は存在せず、塗布される指標物質や塗布量はインジケータ毎に異なり、それらの情報は基本的に公開されていない。さらに判定方法もインジケータ毎に異なるなどのことから、各施設の WD 評価に最適なインジケータの選択は困難な状況にある。

今回、国内で市販されているインジケータにつき、各販売会社より可能な限り情報を入手するとともに、洗浄評価ガイドラインの抽出法に設定されている指標物質であるタンパク質に注目し、WD を使用した洗浄前後のインジケータに残留するタンパク質定量を行った。また従来の目視判定も行い、市販インジケータの特性を検証した。

2. 方 法

2.1 インジケータ

国内で入手可能な 11 種のインジケータ (A ~ H) を供試し、1 つのインジケータに異なる指標物質が塗布されているインジケータや固着条件の違いがある 4 種 (B, C, E および H) には枝番号を付与した (計 18 検体)。インジケータの基盤素材はステンレス製 (A ~ E)、及びポリエチレンテレフタレート polyethylene terephthalate (PET) 製 (F ~ K) からなり、各インジケータの販売会社より提供された指標物質情報と合わせ、表 1 に示した。

2.2 WD

WD には自施設で稼働中の 2 機 (WD ①、WD ②) を用いた。WD ①は、全自動ジェット式洗浄装置 (GETINGE WD-46 TURBO[®]、ゲティンゲグループ・ジャパン株式会社) で、庫内容積 225L、購入後 2 年以上経過している。

WD ②は全自動ジェット式超音波洗浄装置 (MU-5200[®]、シャープマニファクチャリングシステム株式会社) で、庫内容量 275L、購入後 9 年以上経過している。両機種とも日常および定期点検にて洗浄性能に問題ないことを確認している。

洗浄工程は標準コースを選択した。いずれも予備洗浄後、洗浄剤を伴う加温下のジェット洗浄ののち、すすぎ工程を経て、90℃の熱水消毒が行われる (表 2)。各洗浄剤は各社指定のアルカリ洗浄剤で、WD ①は GETINGE Clean Alkaline Detergent[®] (ゲティンゲグループ・ジャパン株式会社 : アルカリ洗浄剤 pH 14 (原液))、WD ②は、ネオアルベスト WA-II[®] (株式会社アルボース : アルカリ洗浄剤 pH 14 (原液)) を用い、いずれも 0.5% 濃度に機械で自動希釈される (なお WD ②に付与されている超音波洗浄機能は標準の洗浄工程では用いられない仕様となっている)。

表 1 市販インジケータの基盤素材ならびに汚染指標物質

略号	枝番号	材質	汚染指標物質
A		ステンレス	ヒト血漿タンパク質（アルブミン、ヘモグロビン、トロンビン、フィブリン）と同組成になるように調整した精製牛蛋白
B	①	ステンレス	アルブミン 10 ～ 30%、ヘモグロビン 20 ～ 30%、細胞外マトリクス 顔料 10 ～ 50%
	②		
C	①	ステンレス	卵製アルブミン、脱繊維羊血液、ゼラチン
	②		
	③		
D		ステンレス	ヒツジ血液
E	①	ステンレス	羊血液アルブミン
	②		
	③		
F		PET	アルブミン（動物性タンパク質、卵白）60 ～ 70%、フュームドシリカ 10 ～ 20%、顔料 <5%、界面活性剤 <5%
G		PET	アルブミン（植物性）、グルテン、カゼイン
H	①	PET	牛血清アルブミン、ムチン、卵黄、セモリナプディング、コーンスターチ
	②		卵黄、セモリナプディング
	③		コーンスターチ
I		PET	植物性タンパク質 2 種類、多糖類
J		PET	植物性タンパク質、炭水化物、脂質、食用色素、有機酸
K		PET	アルブミン（卵由来）

本研究で使用したインジケータの基盤素材、ならびに販売会社から入手しえた各インジケータの汚染指標物質を示す。含有量はいずれも開示されなかった。

1 つのインジケータに複数の汚染指標物質が塗布されたものは枝番号を付した。

PET；ポリエチレンテレフタレート polyethylene telephthalate

表 2 ウォッシャーディスプレイインフェクターの種類と洗浄工程

	全自動ジェット式洗浄装置 (GETINGE WD-46 TURBO [®] ゲティンググループ・ジャパン (株))	全自動ジェット式超音波洗浄装置 (MU-5200 [®] シャープマニファクチャリングシステム (株))
略称	WD ①	WD ②
本体外寸 (mm) (幅 x 奥行 x 高さ)	650 x 690 x 1930	900 x 700 x 1400
庫内容積 (L)	225	275
購入年	2016 年	2009 年
洗浄工程条件 (通常運転)		
予備洗浄	20℃ 1 分間	60℃ 5 分間
ジェット洗浄 洗剤	50℃ 10 分間 アルカリ洗剤 0.5% ^{*1} 115 mL	60℃ 5 分間 アルカリ洗剤 0.5% ^{*2} 120 mL
濯ぎ	2 分間	5 分間
熱水消毒 潤滑剤	90℃ 5 分間 46mL ^{*3}	90℃ 2 分間 70mL ^{*4}
乾燥	3 分間	なし

*1：GETINGE Clean Alkaline Detergent[®]（ゲティンググループ・ジャパン株式会社：アルカリ洗浄剤 pH 14（原液）

*2：ネオアルベスト WA- II[®]（株式会社アルボース：アルカリ洗浄剤 pH 14（原液）

*3：非イオン界面活性剤・防錆剤 使用濃度 0.5%

*4：流動パラフィン・界面活性剤 使用濃度 0.5%

両 WD の総稼働回数概算は、WD ①は 4320 回（2160 回 / 年）、WD ②は 25920 回（4320 回 / 年）である。

2.3 WDによるインジケータの洗浄

WDによるインジケータの洗浄は、洗浄評価判定ガイドライン²⁾に準拠し、洗浄用バスケットの中央に14.5 cmの鉗子5本を配列し、その中央に所定ホルダーに取り付けたインジケータを設置し、その両側に同鉗子35本を積載した(図1)。バスケットは、WDの中段、左側に配置した。WDによる洗浄は、表2に示す各WDにて標準の洗浄工程を行った。なお条件を統一するため運転毎に積載するインジケータは1個とし、各インジケータにつき2種類のWDにて、それぞれ6回実施した。

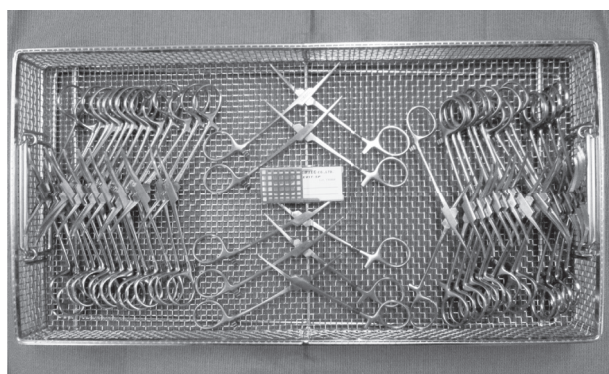


図1 インジケータの積載状況例

2.4 洗浄前後のインジケータのタンパク質定量

タンパク質定量は、coomassie brilliant blue G-250 (CBB)を用いたブラッドフォード法により実施した。

また、「医療現場における滅菌保証のガイドライン2015」¹⁾ではタンパク質量について器械一本当たりのタンパク質量で記載されており、今回の研究では測定法、希釈などガイドラインと同一の方法にて実施し、タンパク質量の結果については $\mu\text{g/mL}$ の単位に統一した。

標準タンパク質としてウシ血清アルブミン bovine serum albumin (BSA) (和光純薬工業株式会社)を用い、蒸留水(和光純薬工業株式会社)で2 mg/mLのBSAストック溶液を調整し、適宜蒸留水で希釈して用いた。キットの使用法に従い、BSA濃度範囲が0～100 $\mu\text{g/mL}$ では、BSA溶液100 μL とCBBを主成分とするブラッドフォード試薬(和光純薬工業株式会社)900 μL を混合し、室温で10分間静置した後、紫外可視分光光度計(UV-2600 UV-VIS SPECTROPHOTOMETER、株式会社島津製作所)にて595 nmの吸光度(A_{595})を測定した。BSA濃度範囲が100～1000 $\mu\text{g/mL}$ では、BSA溶液20 μL とブラッドフォード試薬1000 μL を混合して、前述と同様に吸光度を測定した。 A_{595} をBSA濃度に対して

プロットして得られた近似直線を検量線として用いた。

BSA 0～100 $\mu\text{g/mL}$;

$$A_{595} = 0.0109 \times [\text{BSA}] + 0.3183 \quad (r^2 = 0.9800) \quad \text{検量線①}$$

BSA 100～1000 $\mu\text{g/mL}$;

$$A_{595} = 0.0008 \times [\text{BSA}] + 0.3017 \quad (r^2 = 0.9925) \quad \text{検量線②}$$

ステンレス基盤素材インジケータ(5種)の各指標物質塗布箇所(10検体)は、0.2 mol/L水酸化ナトリウム溶液を浸漬した綿棒(TE9200、栄研化学株式会社)でふき取り、その綿棒を0.2 mol/L水酸化ナトリウム溶液1 mLに投入し、20℃で15分間超音波処理(42 kHz, 125W)を行った。その後、ボルテックスミキサーにて1分間攪拌し、再度、同様の超音波処理を行い、残留汚染物を溶出した。

PET製インジケータ(6種)の各指標物質塗布箇所(8検体)は、ハサミでそれぞれ約3 mmに刻み0.2 mol/L水酸化ナトリウム溶液で全量1 mLとし、上述と同様の方法で残留汚染物を溶出した。

各溶出液は必要に応じて精製水で希釈し、上述の検量線①ないし②の方法に従い吸光度を測定後、BSA相当タンパク質濃度を求め、インジケータ当たりのタンパク質量(μg)を算出した。タンパク質量は3回測定した後、平均値を算出し、対数で表記した。洗浄前のタンパク質量の対数値から洗浄後の同対数値を減じてタンパク質量減少値とした。

2.5 目視判定

2.3項と同様の方法で実施したWD洗浄後インジケータの各指標物質塗布箇所の残渣を対象に、インジケータ毎の評価スコア、または自施設にて設定している基準に基づき、目視にて判定評価を行った。評価は熟達した観測者2名がそれぞれ行った。

3. 結果

3.1 洗浄前後のインジケータに残留するタンパク質定量

洗浄前後のインジケータ当たりのタンパク質量の対数値と洗浄によるタンパク質量減少値を表3に示した。11種のインジケータ18検体のタンパク質量は、最大4.38 log(A)、最小1.43 log(B②)であり、4 log以上が1検体(A)、3-4 logが6検体(C①、D、E①、E②、F、

表3 洗浄前後のインジケータのタンパク質量の対数値と洗浄によるタンパク質量減少値

インジケータ	タンパク質量			タンパク質量減少値	
	洗浄前	洗浄後		WD ①	WD ②
		WD ①	WD ②		
A	4.38	0.70	1.68	3.68	2.70
B ①	1.61	0.70	1.08	0.91	0.53
B ②	1.43	0.78	0.78	0.65	0.65
C ①	3.43	0.70	0.70	2.73	2.73
C ②	2.93	0.60	0.70	2.33	2.23
C ③	2.79	0.70	0.60	2.09	2.19
D	3.57	0.60	0.48	2.96	3.09
E ①	3.58	0.48	0.70	3.10	2.88
E ②	3.45	0.48	0.70	2.98	2.75
E ③	2.88	0.30	0.48	2.58	2.40
F	3.67	1.59	2.26	2.08	1.42
G	2.86	1.58	1.36	1.28	1.50
H ①	1.65	1.23	0.95	0.42	0.70
H ②	1.74	1.08	0.95	0.66	0.79
H ③	1.94	1.11	1.04	0.83	0.90
I	3.97	1.56	1.68	2.41	2.29
J	2.86	1.53	1.40	1.33	1.46
K	2.27	1.36	1.23	0.91	1.04
平均	2.83	0.95	1.04	1.89	1.79
標準偏差	0.89	0.43	0.48	1.02	0.88

各インジケータのタンパク質量 (μg) はそれぞれ 3 回測定し、その平均を対数値で表記した。
 タンパク質量減少値は WD 洗浄前のタンパク質量の対数値から洗浄後の同値を減じて算出した。
 両 WD 洗浄によるタンパク質量減少値に有意差は認められなかった。(t 検定、両側、 $p = 0.231$)

I)、2-3 log が 6 検体 (C ②、C ③、E ③、G、J、K)、2 log 未満が 5 検体 (B ①、B ②、H ①、H ②、H ③) であった。2 log 未満の 5 検体の汚染指標物質の主成分は、開示情報によるといずれもタンパク質であった。

WD 洗浄後のインジケータ当たりのタンパク質量はいずれの WD を用いても、ステンレス基盤素材インジケータでは 1 検体を除き 1 log 未満に、PET 基盤素材インジ

ケータでは 1 検体を除き 1.7 log 未満にそれぞれ低下した。タンパク質量減少値を素材別に比較すると、ステンレス基盤素材の平均減少値は WD ①では 2.40 ± 0.96 log、WD ②では 2.22 ± 0.90 log であるのに対し PET 基盤素材は WD ①では 1.24 ± 0.70 log、WD ②では 1.26 ± 0.52 log と、両群のタンパク質量減少値には有意差が認められた (WD ①： $p=0.011$ 、WD ②： $p=0.017$)。この

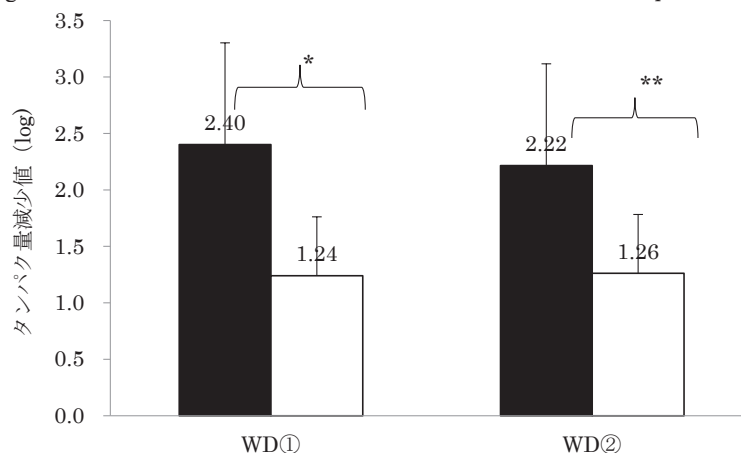


図2 インジケータ基盤素材ごとのタンパク質量減少値

タンパク質量減少値は WD 洗浄前のタンパク質量の対数値から洗浄後の同値を減じて算出した。
 洗浄によるインジケータ基盤素材群 (ステンレス (■)、PET (□)) のタンパク質量減少値を t 検定で比較したところ、どちらの WD においても両群間に有意差が認められた。
 (WD ① * $p=0.011$, WD ② ** $p=0.017$)

ことから、ステンレス製の汚染指標物質は PET 基盤素材より WD 洗浄において有意に洗浄されやすいことが判明した (図 2)。WD による洗浄能を比較すると、タンパク質量減少値は WD ①の方が WD ②よりわずかに高値となるものの有意な差は認められなかった。

3.2 WD 洗浄後のインジケータの目視判定

各インジケータの目視判定につき、観測者 2 名 (X,Y) 3 回の各スコアを表 4 に示した。

WD ①での洗浄では、供試したすべてのインジケータにおいて汚染指標物質の残留は認められず、すべて適合と判定された。一方、WD ②での洗浄では、A、B ①、G、H ③及び K の 5 検体で汚染指標物質の残留が認められ、得られたスコアに対する各販売会社の評価に基づく、K においては不適合と判定された。なお、目視判定における観測者間の乖離は 4 例あり、いずれも各評価スコア中 1 段の相違であった。目視判定において残留の認められた WD ②で洗浄した検体のタンパク質量と目視判定の結果に一定の関係は見いだせなかった。

4. 考 察

国内市販のインジケータはステンレス基盤素材または PET 基盤素材の 2 種であった。WD の洗浄対象の代表である鋼製小物はステンレス製で、そこに血液や体液等の汚染物が付着していることから、ステンレス基盤素材インジケータは、鋼製小物等の洗浄結果を反映するものと考えられる。他方、PET 基盤素材は、主に整形外科手術に用いられるプラスチック製の再使用器材を想定したものと考えられる。今回の研究において、ステンレス基盤素材の汚染指標物質は PET 基盤素材のそれに比べ WD の一般的洗浄方法において有意に洗浄されやすいことが判明した。ステンレスは、鉄・クロム・ニッケルの合金であり、表面に形成される不動態酸化被膜と表面電荷の特性の影響で、界面でのタンパク質の脱落性が大きい⁴⁾ことが示されており、PET に比べ洗浄性が良好であったことの一因と考えられる。インジケータの基盤素材により WD 洗浄による汚染指標物質の残留量が異なることから、インジケータの選定において、洗浄対象器材の材質を考慮することが重要である。

表 4 WD 洗浄後のインジケータ目視判定

インジケータ	評価 スコア数 ※	適合 スコア	WD ①			WD ②		
			観測者 X			観測者 Y		
A	6	≤ 2	1	1	1	1	1	1
B ① *	4	≤ 2(WD ①)	1	1	1	1	1	1
B ② *		≤ 3(WD ②)	1	1	1	1	1	1
C ①			1	1	1	1	1	1
C ②	7	≤ 4	1	1	1	1	1	1
C ③			1	1	1	1	1	1
D	2	≤ 1	1	1	1	1	1	1
E ①			1	1	1	1	1	1
E ②	7	≤ 4	1	1	1	1	1	1
E ③			1	1	1	1	1	1
F	2	≤ 1	1	1	1	1	1	1
G	7	≤ 6	1	1	1	5	5	4
H ① *			1	1	1	1	1	1
H ② *	4	≤ 2	1	1	1	1	1	1
H ③ *			1	1	1	2	2	1
I	5	≤ 3	1	1	1	1	1	1
J	2	≤ 1	1	1	1	1	1	1
K	2	≤ 1	1	1	1	2	2	1

* B と H は自施設にて適合スコアを設定する。B の適合スコアは、WD ①においては「≤ 2」、WD ②においては「≤ 3」である。H の適合スコアは、WD ①、WD ②ともに「≤ 2」である。

WD ②における K の評価スコア中、下線を付したスコアは不適合であることを示す。

※評価スコア数、及び適合スコア (B と H を除く) は、各販売会社が提示する適合・不適合判定評価シートに基づく。

目視判定において、WD ②にて汚染指標物質の残留を認めた5検体（A、B ①、G、H ③、K）のうち、AおよびB ①はステンレス基盤素材インジケータであり、汚染指標物質は動物性タンパク質を主とするものであった。またPET基盤素材のG、H ③、Kの主たる各汚染指標物質も、H ③（炭水化物）を除き動物由来ないし植物由来のタンパク質であった。しかしながらこれらの目視判定結果と洗浄後のタンパク質定量結果とは整合せず、その要因の1つとして、インジケータの汚染指標物質として採用されている色素の水への溶解性が異なる可能性が考えられた。本研究に供試した国内市販のインジケータの汚染指標物質には、動物性ないし植物性タンパク質のほかに、炭水化物、多糖類、色素・着色料、脂質などの物質が塗布されているものが存在した。しかし、すべての汚染指標物質の量は開示されなかった。洗浄ガイドラインに規定されている代表的な汚染指標であるタンパク質とは異なる物質を指標とすることの意義や必要性については、十分に検討の余地があると考ええる。

本研究における目視判定は経験豊富な観測者2名で行った。最終判定には影響しなかったものの、両者の判定結果には乖離が見られる事例が発生し、目視判定の脆弱さが改めて確認された。また、各インジケータの評価スコア数には最小二段階（適・不適）から最大七段階までの多様性があったが、前者の二段階スコアでは、指標物質の僅かな残留も不適と評価するインジケータにおいては不適判定（WD ②におけるK）となるなど、厳しい評価となる傾向がある。一方、後者の多段階スコアでは、ある程度の残留は許容されることとなり、緩い評価となる傾向があることも確認された。異なる販売会社のインジケータ間の判定結果に互換性は要求しないが、日常的に実施する目視判定には、洗浄に及ぼす各種因子（水圧、温度、洗浄剤等）に対する応答力、すなわち感度と、それら因子に対する応答力のバラつき、すなわち精度も考慮した、妥当で簡潔な評価が設定されることを望む。

なお、本研究で用いたWD2機のインジケータに対する洗浄性能について、タンパク質量減少値では両機種に

有意な差は認められなかったものの、目視判定においてはWD ②はWD ①よりやや劣る傾向がみられた。WD ②はWD ①に比べ7年ほど使用歴が長く、機械の稼働回数の影響が示唆されたが、原因究明のためにはより詳細な定量評価を行うことが必要と考える。

以上、本研究において、ステンレス基盤素材のインジケータはPET基盤素材のインジケータに比べて、WDで有意に洗浄されやすいことが判明した。WDの洗浄評価に用いるインジケータは、各施設のWDの洗浄性を考慮するとともに、洗浄対象器材を考慮して選定することが重要である。洗浄後のインジケータのタンパク質量と目視判定の結果には関連はみられず、インジケータの汚染指標物質のうちタンパク質以外の物質の影響が示唆された。しかし、それらの必要性については、検証の余地があると考ええる。WDの適格性を確認するバリデーションの為に国際規格も洗浄性能の確性を実証するためのテストソイル及びその試験方法について標準化を実現できていない^{5,6)}。その為、インジケータを適正に活用するためにも、インジケータの標準規格の策定を含め、妥当で簡潔な目視判定の評価設定を要求したい。

■利益相反

梶浦工は吉田製薬株式会社の社員である。

■文 献

- 1) 日本医療機器学会. ウォッシャー・ディスインフェクター (washer-disinfector: WD) のバリデーションおよび日常管理. 医療現場における滅菌保証のガイドライン 2015. 2015; 13-30.
- 2) 洗浄評価判定の指針を調査・作成するためのWG. 第I部 洗浄評価判定方法. 第II部 洗浄後の残留蛋白質許容値と目標値. 洗浄評価判定のガイドライン 2012; 1-14.
- 3) 中田精三. 手術と感染防止. 手術医療の実践ガイドライン (改訂版). 日本手術医学会誌 2013; S71.
- 4) 三木貴博. よくわかる金属材料性質から加工法まで金属の基本がわかる. 技術評論社 2010; 118.
- 5) 山本友三. ウォッシャー・ディスインフェクターの洗浄効果に影響を及ぼす因子の検討. 医器学 2006; 76: 772-778.
- 6) 原田陽滋. ウォッシャー・ディスインフェクターの洗浄効果の評価方法の検討. 医器学 2006; 76: 779-783.

Studies on the properties of washing indicators used for washing evaluation of washer-disinfector

Taeko Kato^{1,2}, Rika Yoshida², Yuriko Matsumura², Takumi Kajiura^{2,3}, Erisa Sugawara², Atsuo Iwasawa², Takashi Okubo^{2,4} and Satoshi Kimura²

¹ The kanagawa Prefectural Federation of Agricultural Cooperatives for Health and Welfare Sagamihara Kyodo Hospital

² Tokyo Healthcare University Postgraduate School, Department of Healthcare

³ Yoshida Pharmaceutical Co. Ltd.

⁴ HIRAIWA Hospital

Abstract

Background

Daily washing evaluation of a washer-disinfector (WD) using a washing indicator is performed through a visual evaluation based on the individual judgement criteria. This evaluation method is convenient but non-objective, making it difficult to choose the appropriate washing indicator.

Purpose

We aim to validate the properties of the washing indicators which are commercially available in Japan by measuring the amounts of protein in the washing indicators before and after washing by the WDs and also performing the visual evaluation.

Method

We used 11 types of washing indicators (5 stainless-steel washing indicators and 6 polyethylene terephthalate (PET) washing indicators) for washing by 2 types of WDs (WD ① and WD ②). We then extracted an index material of each washing indicator before and after washing and measured the amounts of protein by Bradford method. We also performed the visual washing evaluation.

Result

The decreases in the protein amount (logarithm) in the stainless-steel washing indicators after washing by WD ① and

WD ② were 2.40 ± 0.96 and 2.26 ± 0.90 (mean $\pm$ standard deviation), respectively. The decreases in the PET washing indicators after washing by WD ① and WD ② were 1.24 ± 0.70 and 1.26 ± 0.52 , respectively (WD ① : $p=0.011$, WD ② : $p=0.017$). A significant difference in the decrease in the residual protein amount between the stainless-steel and PET washing indicators was observed. The results of the visual evaluation showed that no residual index material was seen in all washing indicators after washing by WD ① but that some residual index material was seen in 5 of washing indicators after washing by WD ② and that washing of one among those 5 washing indicators was judged as inappropriate.

Conclusion

The stainless-steel washing indicators were cleaned by the WDs significantly more easily than the PET washing indicators. It is important for the choice of the appropriate washing indicator according to the washing evaluation of WD to consider the washing objects in each facility. The amount of the residual protein in the washing indicators after washing was not associated with the visual evaluation results. We need to validate the necessity of measuring the index materials of the washing indicators other than protein.

Keyword:

washing indicator, washer-disinfector, washing evaluation, protein mass, visual evaluation

■ Original article

***in vitro*での塩化ベンザルコニウムの殺菌効果に対するクロスの影響**片渕盛将^{1,2}、飯島広和²、渡部和巨²、松村有里子¹、岩澤篤郎¹、木村 哲¹¹ 東京医療保健大学大学院² 東京西徳洲会病院

Influence of cloth for bactericidal activities of benzalkonium chloride

Shigemasa Katafuchi^{1,2}, Iijima Hirokazu², Watanabe Kazunao², Yuriko Matsumura¹, Atsuo Iwasawa¹,
Satoshi Kimura¹¹ Division of Infection Prevention and Control, Tokyo Healthcare University Postgraduate School² Tokyo Nishi Tokushukai Hospital

背景：感染制御対策のひとつとして、日常的に環境表面の清拭と消毒が行われている。環境整備に使用されるクロスは、不織布に塩化ベンザルコニウム (Benzalkonium chloride: BZC) 等の消毒薬があらかじめ含浸されたものである。しかし、不織布素材であるレーヨン等に有効成分が吸着することによる濃度低下等が原因で、十分な殺菌効果を示さない可能性が示唆されている。

目的：適切な環境整備方法に関する基礎的検討として、*in vitro*で菌懸濁液と乾燥菌体を用いて環境清拭クロスに主に含浸されているBZCの殺菌効果を検証するとともに、クロスの有無及びクロスの材質の違いによる影響を明らかにすることを目的とした。

方法：*Staphylococcus aureus* ATCC25923、*Staphylococcus epidermidis* ATCC12228、*Enterococcus faecalis* ATCC29212、*Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853、*Escherichia coli* ATCC25922、*Candida albicans* ATCC10231と市販の4種類のクロス材を使用した。種々の濃度のBZC水溶液を菌懸濁液と一定時間接触させ中和後、生菌数を計測した。ステンレス上に菌懸濁液を塗布乾燥して乾燥菌体とし、0.2%BZC水溶液をクロスの有無で一定時間処理し、生菌数を求めた。

結果：BZC水溶液は、菌懸濁液との接触で即効的な殺菌効果を示したが、その濃度は菌種により異なった。乾燥菌体への接触でも、0.2%BZC水溶液で即効的な殺菌効果が確認された。クロスにBZC水溶液を含浸すると、材質により殺菌効果が異なった。

結論：薬剤の殺菌効果に対するクロスの材質の影響を考慮して、消毒薬の濃度と含浸量を適切に設定することが重要である。

Key words：塩化ベンザルコニウム (Benzalkonium chloride)、殺菌効果 (Bactericidal effect)、吸着 (Adsorption)、環境表面 (Environmental surface)、環境清拭クロス (Environmental cloth)

1. はじめに

医療施設における感染制御策として、日常的に療養環境を消毒する必要はないとされている。しかし、患者や医療従事者が頻繁に触れるベッド柵などの患者に近い表

面が薬剤耐性菌や *Clostridioides difficile* 等により汚染された可能性に加えて汚染時には患者または医療従事者への暴露・拡散が危惧されることから、医療関連感染防止の観点において定期的な環境表面の清掃と消毒が重要となる¹⁻³⁾。

アメリカ疾病管理予防センター (Centers for Disease

Control and Prevention : CDC) の Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities では、患者ケア区域において、表面上の汚れの性質が不明な場合、または表面上にある多剤耐性菌が存在するかどうか不明な場合には、United States Environmental Protection Agency, (EPA; 米国環境保護庁) 承認の消毒薬を使用することと勧告している⁴⁾。

日常的な環境整備では、レーヨン等を素材とする不織布にあらかじめ消毒薬を含浸した市販の清拭クロスが使用されている。消毒薬には、塩化ベンザルコニウム (Benzalkonium chloride : BZC) などの第4級アンモニウム塩、次亜塩素酸ナトリウム、消毒用アルコール等が使用されている。特に BZC は、低濃度でも広範な殺菌スペクトルを有する。この性質から、皮膚や粘膜などの生体表面の消毒や、医療環境の消毒、物品の消毒などに広く使用されている。

レーヨン等を素材とするクロスに BZC を含浸させると、10 分とごく短時間でクロス材への吸着が起り、有効成分である BZC 濃度が低下することが報告^{5,6)}され、様々な素材に対する薬剤吸着についても検討されている^{7,8)}。特に、薬剤含浸清拭クロスの性能評価では、BZC を薬剤として用いてクロス絞り液の殺菌効果試験と拭き取り装置を使用した清拭法による評価が行われ、クロスにレーヨン等のセルロース系素材が含まれると十分な殺菌効果を示さないことが報告され、クロスへの薬剤吸着による BZC 濃度低下が原因であるものとして考察されている⁸⁾。同報告において、クロスからの絞り液に十分な殺菌効果を確保できなければ、薬剤含浸クロスによる殺菌効果が期待できないことも考察されており、環境整備を行う上でクロスに含浸されている BZC 水溶

液の殺菌効果の担保が重要となる。

今回我々は、適切な環境整備方法の提示に向けた基礎的検討として、まず、環境清拭クロスに主に含浸されている BZC 水溶液の殺菌効果について、薬剤濃度と作用時間の関係を検討した。次に、環境清拭クロスの素材として汎用されている4種類のクロスを用いて、2通りの BZC 水溶液の含浸方法で乾燥菌体に対する殺菌効果を評価し、クロスの有無およびクロス材質の違いによる殺菌効果への影響を検討したので報告する。

2. 方 法

2.1 試薬とクロス、試験菌株

1) 試 薬

試験に供した BZC 水溶液は、10% 塩化ベンザルコニウム溶液 (10% Benzalkonium Chloride Solution, BZC、富士フィルム和光純薬株式会社) から Milli Q 水 (Direct-Q[®] 3 UV, メルク株式会社) を用いて適宜調整した。

2) ク ロ ス

クロスは、レーヨン (以下クロス A)、レーヨン + ポリエチレン (以下クロス B)、マイクロファイバー (以下クロス C)、パルプ + ポリエステル (以下クロス D) を用い、それぞれ 50 mm × 50 mm のサイズに裁断した。

3) 試験菌株

Staphylococcus aureus ATCC25923、*Staphylococcus epidermidis* ATCC12228、*Enterococcus faecalis* ATCC29212、*Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853、*Escherichia coli* ATCC25922、*Candida albicans* ATCC10231 を用いた。各種試験菌株を培養後、滅菌リン酸緩衝液 (ダルベッコ PBS(-)、日水製薬株式会社) で約 10^8 CFU/mL に調整し

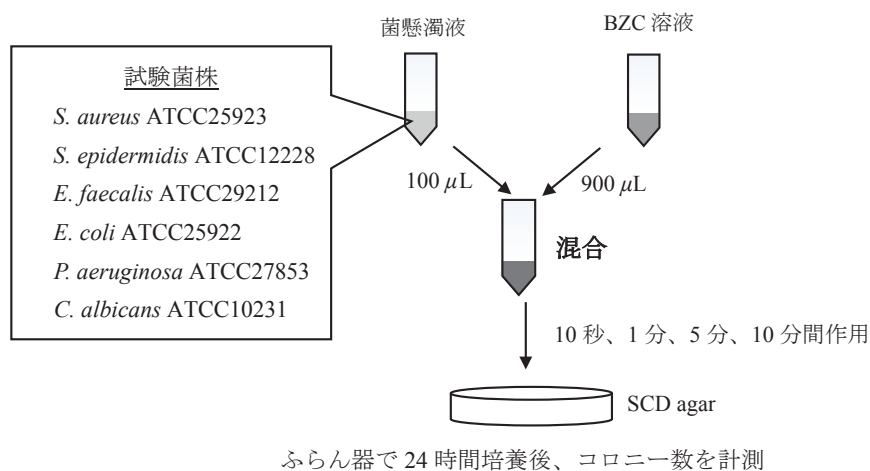


図1 菌懸濁液を用いた殺菌効果試験方法

たものを菌懸濁液とした。血液含有菌懸濁液は、約 10^9 CFU/mL に調整した菌懸濁液 $10\ \mu\text{L}$ と綿羊無菌脱繊維血液（コージンバイオ株式会社） $90\ \mu\text{L}$ を懸濁して作成した。

2.2 菌懸濁液を用いた BZC 水溶液の殺菌効果試験

菌懸濁液 $100\ \mu\text{L}$ と BZC 水溶液 $900\ \mu\text{L}$ を混合して 10 秒、1 分、5 分、10 分間作用させた後、 $20\ \mu\text{L}$ をレチシン・ポリソルベート含有中和剤添加培地（SCDLP 培地、富士フィルム和光純薬株式会社） $180\ \mu\text{L}$ に添加して 10 倍希釈系列を作成した。その後、SCD 寒天培地またはサブロー寒天培地に $10\ \mu\text{L}$ 塗布し、 37°C で 24 時間好気培養して生菌数を計測した（図 1）（ $n=3$ ）。

2.3 乾燥菌体を用いた BZC 水溶液の殺菌効果試験

ステンレス板上の試験担体領域（ $30\ \text{mm} \times 30\ \text{mm}$ ）に菌懸濁液または血液含有菌懸濁液 $10\ \mu\text{L}$ を塗沫、自然乾燥させた。乾燥に要した時間は、菌懸濁液で 3～5 分、血液含有菌懸濁液で 8～10 分であった。乾燥菌体へ 0.2% BZC 水溶液 $500\ \mu\text{L}$ を 10 秒、30 秒、60 秒間接触後、試験担体領域より滅菌綿棒（メンティプ® 病院用綿棒 1P1504、日本綿棒株式会社）で拭い取り、SCDLP 培地

で 2 分間ボルテックスにて攪拌した後、2.2 で記載した殺菌効果試験と同様に試験担体における生菌数を計測した。

2.4 乾燥菌体を用いた BZC 水溶液含浸クロス of 殺菌効果試験

1) 試験方法 1

乾燥菌体に BZC 水溶液含浸クロスを接触させ、生菌数を測定した系を試験方法 1 とした。菌懸濁液および血液含有菌懸濁液より 2.3 で記載した殺菌試験方法と同様に乾燥菌体を作成した。 $50\ \text{mm} \times 50\ \text{mm}$ に裁断したクロスに 0.2% BZC 水溶液を 10 分間浸漬した。クロスに含浸させる BZC 水溶液量は、各クロスの厚みに応じた含浸量とし、クロス A には $700\ \mu\text{L}$ 、クロス B とクロス D には $500\ \mu\text{L}$ 、クロス C には $800\ \mu\text{L}$ とした。乾燥菌体に BZC 水溶液含浸クロスを 10 秒、30 秒、60 秒間接触させた後、クロスを取り除き、試験担体上を滅菌綿棒で拭い取り生菌数を計測した（図 2(1)）。

2) 試験方法 2

乾燥菌体にクロスを接触後に BZC 水溶液を塗布し、生菌数を測定した系を試験方法 2 とした。菌懸濁液および血液含有菌懸濁液より 2.3 で記載した殺菌試験方法

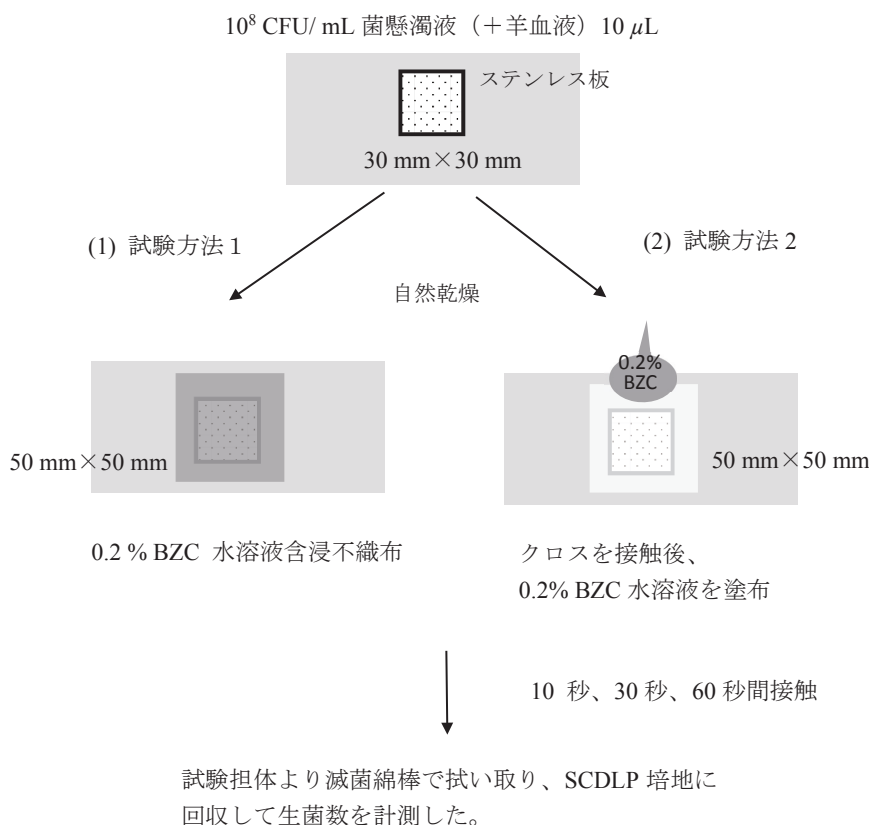


図2 乾燥菌体を用いた殺菌効果試験方法

と同様に乾燥菌体を作成した。乾燥菌体上に 50 mm × 50 mm に裁断した乾燥クロスを覆いかぶせた後、0.2% BZC 水溶液を乾燥クロスの上から塗布した。試験方法 1 と同様に、BZC 水溶液量はクロス A には 700 μ L、クロス B とクロス D には 500 μ L、クロス C には 800 μ L とし、乾燥菌体に 10 秒、30 秒、60 秒間接触させた後の生菌数を計測した (図 2(2))。

2.5 倫理的配慮

本研究は、微生物安全管理者の指導のもと、東京医療保健大学大学院で実施した。

3. 結 果

3.1 菌懸濁液を用いた BZC 水溶液の殺菌効果

供試したすべての試験菌株において、高濃度の BZC 水溶液では接触 10 秒後に即効的な殺菌効果が認められた。その有効最小濃度は菌種により異なり、*S. aureus*、*E. coli*、*P. aeruginosa* で 0.005%、*S. epidermidis*、*E. faecalis*、*C.*

albicans では 0.01% で検出限界以下となった。また、BZC 水溶液と 10 分間接触しても十分な殺菌効果が認められない BZC 最大濃度は、*S. aureus*、*S. epidermidis*、*E. coli* で 0.0001%、*E. faecalis*、*P. aeruginosa* で 0.0005%、*C. albicans* で 0.001% であり、菌種により殺菌効果を示す BZC 濃度や接触時間に違いが認められた (表 1)。

3.2 乾燥菌体を用いた BZC 水溶液の殺菌効果

供試したすべての試験菌株において、0.2%BZC 水溶液では血液共存の有無によらず、いずれの接触時間でも菌の検出は確認されなかった (表 2)。

3.3 乾燥菌体を用いた BZC 水溶液の殺菌効果

乾燥菌体に BZC 含浸クロスを接触させる試験方法 1 において、*S. aureus* を用いた検討では (表 3)、菌懸濁液より作成した乾燥菌体への接触ではいずれのクロスも接触させても検出限界以下となり、血液含有菌懸濁液より作成した乾燥菌体への接触では菌が検出された。特にクロス B、C、D で $10^4 \sim 10^5$ CFU/mL の菌が検出された。

表 1 各濃度の BZC 水溶液と菌懸濁液の接触時間と殺菌効果との関係

菌 名		10 秒後の検出限界以下 BZC 最小濃度 (%)	10 分間で殺菌効果が認められない BZC 最大濃度 (%)
グラム陽性菌	<i>S. aureus</i> ATCC25923	0.005	0.0001
	<i>S. epidermidis</i> ATCC12228	0.01	0.0001
	<i>E. faecalis</i> ATCC29212	0.01	0.0005
グラム陰性菌	<i>E. coli</i> ATCC25922	0.005	0.0001
	<i>P. aeruginosa</i> ATCC27853	0.005	0.0005
真 菌	<i>C. albicans</i> ATCC10231	0.01	0.001

約 10^8 CFU/mL に調整した菌懸濁液 100 μ L を BZC 水溶液 900 μ L と混合して 10 秒後の生菌数を測定して菌懸濁液と接触 10 秒後に検出限界以下となる BZC 最小濃度とし、混合して 10 分後の生菌数を測定し、検出限界以下とならなかった BZC 水溶液の最低濃度を BZC 水溶液の接触 10 分間で殺菌効果が認められない BZC 最大濃度として示した。(n=3)

表 2 乾燥菌体に対する BZC 水溶液の殺菌効果

血 液	接 触 時間	<i>S. aureus</i> ATCC25923	<i>S. epidermidis</i> ATCC12228	<i>E. faecalis</i> ATCC29212	<i>E. coli</i> ATCC25922	<i>P. aeruginosa</i> ATCC27853	<i>C. albicans</i> ATCC10231
無	10sec	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
	30sec	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
	60sec	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
有	10sec	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
	30sec	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
	60sec	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100

ステンレス板の試験担体領域 (30 mm × 30 mm) に約 10^8 CFU/mL に調整した菌懸濁液または血液含有菌懸濁液 10 μ L を塗抹、自然乾燥させて作成した乾燥菌体に、0.2 % BZC 水溶液 500 μ L を接触後、試験担体より滅菌綿棒で拭い取り、SCDLP 培地に回収して生菌数を計測した。(n=3)
<100 は検出限界以下を示す。

表3 *S. aureus* の乾燥菌体を用いた BZC 水溶液含浸クロスの殺菌効果

試験方法	血液	接触時間	クロス A	クロス B	クロス C	クロス D
1	無	10sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		30sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		60sec	< 100	< 100	< 100	< 100
	有	10sec	6.8×10^3	3.3×10^5	3.9×10^5	3.9×10^5
		30sec	2.6×10^3	1.5×10^5	2.2×10^5	2.2×10^5
		60sec	6.0×10^2	1.8×10^4	1.2×10^5	1.2×10^5
2	無	10sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		30sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		60sec	< 100	< 100	< 100	< 100
	有	10sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		30sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		60sec	< 100	< 100	< 100	< 100

ステンレス板の試験担体領域 (30 mm × 30 mm) に約 10^8 CFU/mL に調整した菌懸濁液または血液含有菌懸濁液 10 μ L を塗抹、自然乾燥させて作成した乾燥菌体に、以下に示す試験方法 1 または 2 でクロスを接触後、試験担体より滅菌綿棒で拭い取り、SCDLP 培地に回収して生菌数を計測した。(n=3)

試験方法 1: 乾燥菌体に BZC 水溶液含浸クロスを接触させた。

試験方法 2: 乾燥クロスを乾燥菌体に覆い BZC 水溶液を塗布した。

<100 は検出限界以下を示す。

クロス A: レーヨン (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス B: レーヨン + ポリエチレン (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス C: マイクロファイバー (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス D: パルプ + ポリエステル (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

表4 *S. epidermidis* の乾燥菌体を用いた BZC 水溶液含浸クロスの殺菌効果

試験方法	血液	接触時間	クロス A	クロス B	クロス C	クロス D
1	無	10sec	< 100	< 100	< 100	2.0×10^2
		30sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		60sec	< 100	< 100	< 100	< 100
	有	10sec	1.9×10^4	2.0×10^2	4.0×10^2	2.8×10^5
		30sec	< 100	< 100	4.0×10^2	7.5×10^4
		60sec	< 100	< 100	1.0×10^2	1.1×10^4
2	無	10sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		30sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		60sec	< 100	< 100	< 100	< 100
	有	10sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		30sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		60sec	< 100	< 100	< 100	< 100

ステンレス板の試験担体領域 (30 mm × 30 mm) に約 10^8 CFU/mL に調整した菌懸濁液または血液含有菌懸濁液 10 μ L を塗抹、自然乾燥させて作成した乾燥菌体に、以下に示す試験方法 1 または 2 でクロスを接触後、試験担体より滅菌綿棒で拭い取り、SCDLP 培地に回収して生菌数を計測した。(n=3)

試験方法 1: 乾燥菌体に BZC 水溶液含浸クロスを接触させた。

試験方法 2: 乾燥クロスを乾燥菌体に覆い BZC 水溶液を塗布した。

<100 は検出限界以下を示す。

クロス A: レーヨン (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス B: レーヨン + ポリエチレン (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス C: マイクロファイバー (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス D: パルプ + ポリエステル (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

表5 *E. faecalis* の乾燥菌体を用いた BZC 水溶液含浸クロスの殺菌効果

試験方法	血液	接触時間	クロス A	クロス B	クロス C	クロス D
1	無	10sec	< 100	2.0×10^2	1.0×10^2	3.8×10^2
		30sec	< 100	1.5×10^2	2.6×10^2	< 100
		60sec	< 100	< 100	1.0×10^2	< 100
	有	10sec	8.0×10^5	9.5×10^5	6.0×10^5	6.5×10^4
		30sec	4.4×10^5	5.1×10^5	3.2×10^5	1.1×10^4
		60sec	9.1×10^4	7.5×10^4	7.9×10^4	1.0×10^2
2	無	10sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		30sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		60sec	< 100	< 100	< 100	< 100
	有	10sec	< 100	2.4×10^5	7.0×10^5	< 100
		30sec	< 100	8.5×10^4	2.0×10^4	< 100
		60sec	< 100	4.8×10^4	1.8×10^4	< 100

ステンレス板の試験担体領域 (30 mm × 30 mm) に約 10^8 CFU/mL に調整した菌懸濁液または血液含有菌懸濁液 10 μ L を塗抹、自然乾燥させて作成した乾燥菌体に、以下に示す試験方法 1 または 2 でクロスを接触後、試験担体より滅菌綿棒で拭い取り、SCDLP 培地に回収して生菌数を計測した。(n=3)

試験方法 1: 乾燥菌体に BZC 水溶液含浸クロスを接触させた。

試験方法 2: 乾燥クロスを乾燥菌体に覆い BZC 水溶液を塗布した。

<100 は検出限界以下を示す。

クロス A: レーヨン (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス B: レーヨン + ポリエチレン (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス C: マイクロファイバー (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス D: パルプ + ポリエステル (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

表6 *E. coli* の乾燥菌体を用いた BZC 水溶液含浸クロスの殺菌効果

試験方法	血液	接触時間	クロス A	クロス B	クロス C	クロス D
1	無	10sec	< 100	2.5×10^2	2.0×10^2	3.0×10^2
		30sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		60sec	< 100	< 100	< 100	< 100
	有	10sec	3.1×10^5	2.7×10^4	2.8×10^5	4.6×10^5
		30sec	2.3×10^4	2.3×10^4	2.7×10^4	2.8×10^5
		60sec	2.6×10^4	1.3×10^4	1.6×10^4	1.7×10^5
2	無	10sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		30sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		60sec	< 100	< 100	< 100	< 100
	有	10sec	< 100	7.0×10^2	3.0×10^4	5.5×10^4
		30sec	< 100	4.0×10^2	2.2×10^3	2.1×10^3
		60sec	< 100	3.5×10^2	2.0×10^2	7.5×10^2

ステンレス板の試験担体領域 (30 mm × 30 mm) に約 10^8 CFU/mL に調整した菌懸濁液または血液含有菌懸濁液 10 μ L を塗抹、自然乾燥させて作成した乾燥菌体に、以下に示す試験方法 1 または 2 でクロスを接触後、試験担体より滅菌綿棒で拭い取り、SCDLP 培地に回収して生菌数を計測した。(n=3)

試験方法 1: 乾燥菌体に BZC 水溶液含浸クロスを接触させた。

試験方法 2: 乾燥クロスを乾燥菌体に覆い BZC 水溶液を塗布した。

<100 は検出限界以下を示す。

クロス A: レーヨン (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス B: レーヨン + ポリエチレン (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス C: マイクロファイバー (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス D: パルプ + ポリエステル (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

表7 *P. aeruginosa* の乾燥菌体を用いた BZC 水溶液含浸クロスの殺菌効果

試験方法	血液	接触時間	クロス A	クロス B	クロス C	クロス D
1	無	10sec	1.6×10^3	1.5×10^2	1.0×10^2	4.0×10^2
		30sec	5.0×10^2	1.5×10^2	< 100	< 100
		60sec	< 100	1.0×10^2	< 100	< 100
	有	10sec	3.2×10^5	5.9×10^4	5.4×10^5	4.4×10^5
		30sec	2.0×10^5	4.6×10^4	5.2×10^5	2.7×10^5
		60sec	3.9×10^4	1.2×10^4	3.5×10^4	2.8×10^4
2	無	10sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		30sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		60sec	< 100	< 100	< 100	< 100
	有	10sec	< 100	2.5×10^4	4.5×10^3	4.5×10^3
		30sec	< 100	1.0×10^2	1.0×10^2	2.0×10^2
		60sec	< 100	< 100	< 100	1.0×10^2

ステンレス板の試験担体領域 (30 mm × 30 mm) に約 10^8 CFU/mL に調整した菌懸濁液または血液含有菌懸濁液 10 μ L を塗抹、自然乾燥させて作成した乾燥菌体に、以下に示す試験方法 1 または 2 でクロスを接触後、試験担体より滅菌綿棒で拭い取り、SCDLP 培地に回収して生菌数を計測した。(n=3)

試験方法 1: 乾燥菌体に BZC 水溶液含浸クロスを接触させた。

試験方法 2: 乾燥クロスを乾燥菌体に覆い BZC 水溶液を塗布した。

<100 は検出限界以下を示す。

クロス A: レーヨン (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス B: レーヨン + ポリエチレン (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス C: マイクロファイバー (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス D: パルプ + ポリエステル (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

表8 *C. albicans* の乾燥菌体を用いた BZC 水溶液含浸クロスの殺菌効果

試験方法	血液	接触時間	クロス A	クロス B	クロス C	クロス D
1	無	10sec	6.0×10^3	3.1×10^4	2.2×10^4	3.1×10^4
		30sec	2.0×10^3	1.9×10^3	1.0×10^3	6.5×10^3
		60sec	4.3×10^2	1.8×10^4	< 100	3.0×10^2
	有	10sec	8.9×10^4	9.0×10^4	6.1×10^5	1.7×10^5
		30sec	8.0×10^4	8.6×10^4	6.5×10^4	2.6×10^4
		60sec	5.0×10^4	5.2×10^4	3.6×10^4	2.5×10^4
2	無	10sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		30sec	< 100	< 100	< 100	< 100
		60sec	< 100	< 100	< 100	< 100
	有	10sec	6.0×10^3	2.3×10^4	1.5×10^3	9.5×10^4
		30sec	2.8×10^3	2.3×10^4	1.0×10^2	3.5×10^4
		60sec	2.0×10^3	1.6×10^4	< 100	2.4×10^4

ステンレス板の試験担体領域 (30 mm × 30 mm) に約 10^8 CFU/mL に調整した菌懸濁液または血液含有菌懸濁液 10 μ L を塗抹、自然乾燥させて作成した乾燥菌体に、以下に示す試験方法 1 または 2 でクロスを接触後、試験担体より滅菌綿棒で拭い取り、SCDLP 培地に回収して生菌数を計測した。(n=3)

試験方法 1: 乾燥菌体に BZC 水溶液含浸クロスを接触させた。

試験方法 2: 乾燥クロスを乾燥菌体に覆い BZC 水溶液を塗布した。

<100 は検出限界以下を示す。

クロス A: レーヨン (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス B: レーヨン + ポリエチレン (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス C: マイクロファイバー (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

クロス D: パルプ + ポリエステル (50 mm × 50 mm に裁断したクロス)

乾燥クロスに乾燥菌体に覆い BZC 水溶液を塗布した試験方法 2 では、血液の有無によらずいずれも検出限界以下となった。

S. epidermidis を用いた検討では、いずれの試験方法でも *S. aureus* と類似の結果となったが、抵抗性は *S. aureus* より低かった。特に、試験方法 1 の血液含有菌懸濁液より作成した乾燥菌体への接触では、クロス C とクロス D で $10^2 \sim 10^5$ CFU/mL の菌が検出された (表 4)。

E. faecalis を用いた検討では、試験方法 1 の菌懸濁液より作成した乾燥菌体への接触において、クロス A を 10 秒間接触、クロス B を 60 秒間接触、クロス D を 30 秒および 60 秒間接触した時に検出限界以下となった。試験方法 2 の菌懸濁液より作成した乾燥菌体への接触では、いずれのクロスに接触させても検出限界以下となり、血液含有菌懸濁液より作成した乾燥菌体への接触においてクロス A とクロス D で検出限界以下となったのに対し、クロス B とクロス C で $10^4 \sim 10^5$ CFU/mL の菌が検出された (表 5)。

E. coli を用いた検討では、いずれの試験方法でも *E. faecalis* と同様の傾向が認められたが、試験方法 2 の血液含有菌懸濁液より作成した乾燥菌体への接触においてクロス D で菌が検出され、*E. faecalis* の結果とは違いが認められた (表 6)。

P. aeruginosa を用いた検討では、いずれの試験方法でも *E. coli* と同様の傾向が認められたが、試験方法 1 の菌懸濁液より作成した乾燥菌体への接触において、クロス B を 30 秒間および 60 秒間接触しても菌が検出され、*E. coli* の結果とは違いが認められた (表 7)。

C. albicans を用いた検討では、試験方法 1 の菌懸濁液から作成した乾燥菌体に対してクロス C を 60 秒間接触した時のみ検出限界以下となり、試験方法 2 の菌懸濁液から作成した乾燥菌体への接触において、いずれのクロスに接触しても検出限界以下となった。また、試験方法 2 で血液含有菌懸濁液より作成した乾燥菌体にクロス C を 60 秒間接触した場合のみ検出限界以下となり、いずれのクロスに接触しても菌が検出され、細菌の結果とは違いが認められた (表 8)。

4. 考 察

CDC のガイドライン⁴⁾に沿った感染制御策として、日常的な清拭にはあらかじめ BZC などの消毒薬が含浸

された市販の清拭クロスが用いられている。本稿で検討した BZC の菌懸濁液に対する殺菌効果は、図 3、表 1、表 2 に示すように、使用した全ての試験菌株において、既報の 0.01% ～ 0.2% の濃度範囲における殺菌効果⁹⁾と同様の殺菌効力が示された。しかし検出限界以下となる濃度は、*C. albicans*、*S. epidermidis*、*E. faecalis* では 0.01% であるのに対して、*E. coli* と *P. aeruginosa* では 0.005% と、より低濃度で殺菌効果が認められ、菌種により殺菌効果を示す BZC 濃度が異なることが明らかとなった。これは、消毒対象となる菌種に適した濃度以上で BZC を適用する必要があることを示唆している。一方、0.2%BZC 水溶液を乾燥菌体に作用すると、表 3 に示すように、乾燥状態にある菌体に対しても殺菌効果を有し、主として 0.05% ～ 0.2% の BZC 水溶液が含浸されている市販の環境清拭クロスは、今回供試した *S. aureus*、*S. epidermidis*、*E. coli*、*P. aeruginosa*、*E. faecalis*、*C. albicans* に対して十分な殺菌効果が期待できるものと示唆された。

次に、消毒対象となる細菌は、臨床現場において体液や血液などの有機物質と共に、さまざまな場所に乾燥した状態で環境表面に存在する。血液存在下における乾燥菌体に対する 0.2%BZC 水溶液の殺菌効果は、表 3 に示すように、供試した全ての試験菌株において 10 秒間の接触で即効的な殺菌効果を示し、血液などの有機物質が存在すると殺菌作用が減弱するとの報告¹⁰⁾とは異なる結果となった。これは、本研究では、ステンレス板という平坦な試験担体を使用しており BZC 水溶液が乾燥菌体に接触し易い状態であったためと考えられることから、消毒薬が菌体表面に確実に接触すれば、菌体を含む有機物質が乾燥している状態でも殺菌効果を示すことが明らかになった。しかし、臨床現場における環境清拭の対象物である器具や環境表面はすべてが平坦ではなく、溝などの凹凸を有することが多い。さらに、菌体を含む有機物質は、付着後に塗り広げられることなく、そのまま乾燥した状態であるものと考えられる。以上より、臨床現場で適用可能な環境整備方法の確立には、乾燥による減菌の影響も考慮して、菌液を塗り広げた場合と塗り広げない場合等の現場に近い状態を再現して、さらなる検討を行う必要がある。

臨床現場で環境清拭を行う場合、あらかじめクロス材に BZC 水溶液が含浸されたものを使用する。レーヨン等の不織布に BZC 水溶液を含浸させると、有効成分が 10 分間とごく短時間でクロス材に吸着し、有効成

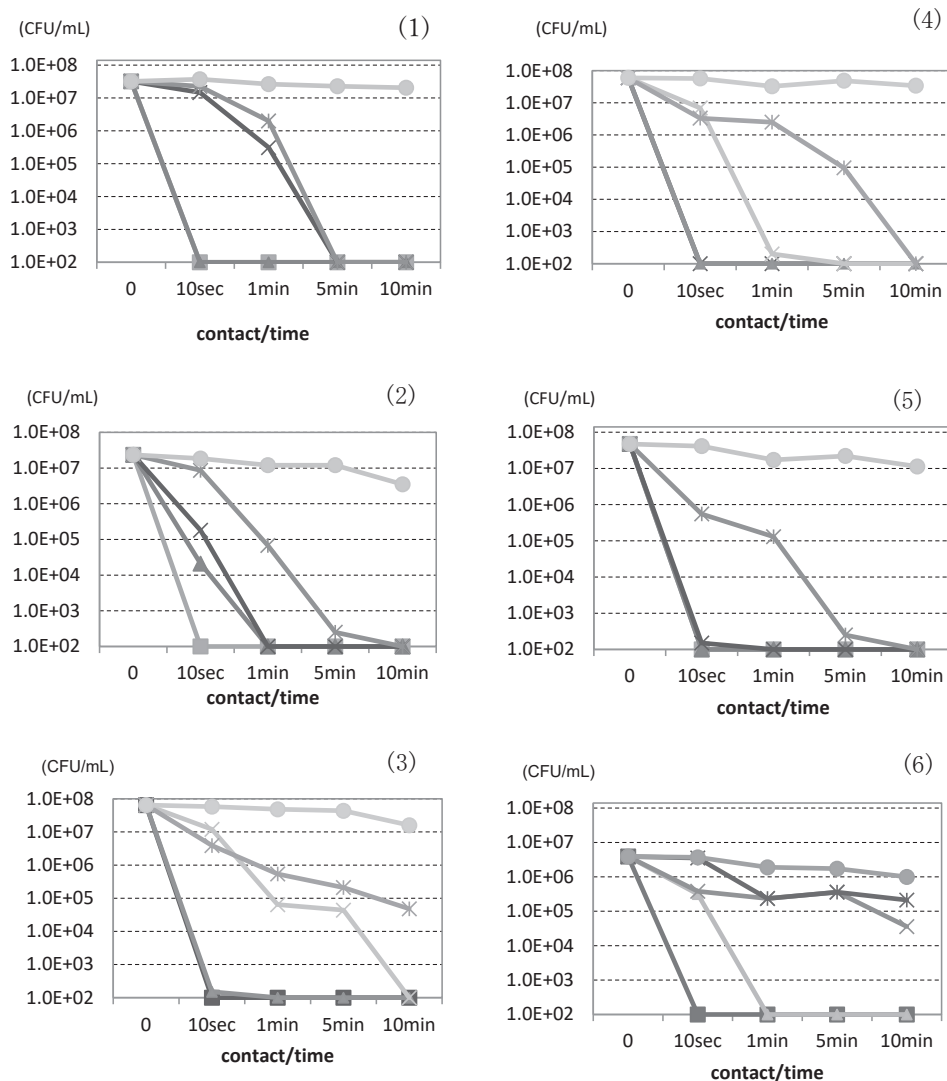


図3 菌懸濁液に対するBZC水溶液の殺菌効果

(1) *S. aureus* ATCC25923 (2) *S. epidermidis* ATCC12228 (3) *E. faecalis* ATCC29212
 (4) *P. aeruginosa* ATCC27853 (5) *E. coli* ATCC29212 (6) *C. albicans* ATCC10231
 BZC 濃度(%) : ■0.01 ▲0.005 ×0.001 *0.0005 ●0.0001
 n=3

分であるBZCの濃度低下が認められることにより、消毒・殺菌効果を期待できなくなる場合がある⁷⁾。素材の異なる4種類のクロスを使用して、2通りの含浸方法でBZC水溶液を含浸したクロスに乾燥菌体に接触させた時の殺菌効果について検討した。表4～表8に示すように、乾燥菌体にBZC水溶液含浸クロスに接触させた試験方法1の殺菌効果は、血液の無い状態では多くの菌で検出限界以下となったが、血液が存在すると検出される菌種および菌量が多くなった。BZC水溶液は血液共存下でも乾燥菌体に対し殺菌効果を示すことから、BZC含浸クロスが菌に十分接触していないものと考えられた。また、菌種間で比較すると、*S. aureus*は血液の無い状態でいずれのクロスを用いても10秒間の接触で殺

菌効果が認められた。このことは、BZC水溶液を菌懸濁液に10分間接触しても殺菌効果が認められない濃度が0.0001%と他の菌より低濃度であったことから裏付けられると考えられた。しかし、*S. aureus*と同様に、BZC水溶液を菌懸濁液に10分間接触しても十分な殺菌効果が認められない濃度が0.0001%と低濃度であった*S. epidermidis*と*E. coli*では、10秒間の接触で菌が検出され、菌種により、殺菌効果に違いが認められた。乾燥クロスを乾燥菌体に覆いBZC水溶液を塗布する試験方法2では、試験方法1より高い殺菌効果が認められた。これは、試験方法2ではBZC水溶液とクロスの接触時間が試験方法1より短いことから、クロスにBZCが吸収される前に菌体に接触している点と、クロスにBZCの

有効成分が完全に吸着されない状態で菌に作用している点で殺菌効果に相違がみられたものと推察された。また、BZC 水溶液を予め含浸したクロスを用いた場合より、乾燥クロスの上から BZC 水溶液を塗布する方法の方が、凹凸を有する乾燥菌体に BZC 水溶液が接触しやすい状況が生まれた可能性が考えられた。今回使用したクロスのなかでも、特に、クロス B (レーヨン + ポリエチレン) とクロス D (パルプ + ポリエステル) を使用したときに殺菌効果が弱かった。レーヨンは、木材パルプを主原料として作られた再生セルロース繊維である。セルロース系の繊維とパルプは漂白工程における酸化により生じるカルボキシラートアニオン (COO^-) に起因して負のゼータ電位を有するため、BZC などのカチオン性薬物はアニオン性薬物や非イオン性薬物に比べて繊維やパルプへの吸着が著しいことが報告されており^{11,12)}。本研究でもクロスへの有効成分の吸着により殺菌効果が減弱したと考えられた。

以上より、医療現場で汎用されている BZC 含浸クロスの適切な清拭方法は、本研究で明らかにした薬剤の殺菌効力に対するクロスの材質の影響を考慮した適切な消毒薬の濃度と含浸量を設定し使用することが重要であり、さらに物理的な除去力を加えた拭き取り評価を行い、多角的な観点を総合して提示することが望まれる。

■利益相反

なし

■文 献

- 1) Rutala WA, Weber DJ: The benefits of surface disinfection. *Am J Infect Control* 2004; **27**: 226-231.
- 2) Weber DJ, Andreson D, Rutala WA: The role of the surface environment in healthcare-associated infection. *Curr Opin Infect Dis* 2013; **26**: 338-344.
- 3) Chowdhury D, Tahir S, Legge, M. et al. Transfer of dry surface bio-film in the healthcare environment: the role of healthcare workers hands as vehicles. *J Hosp Infect* 2018; **100**: e85-90.
- 4) CDC: Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities. 2008;133.
- 5) 影向範昭. 塩化ベンザルコニウムの綿製品への吸着. 歯薬療法. 1986; **5**(2): 105-108.
- 6) 梶本晴彦, 綾田直美. キトサン表面処理綿の薬剤吸着特性. 一般論文 *Jpn J Hosp Pharm* 1997; 189-193.
- 7) 中田清三, 伏見了, 門田守人. 消毒薬の医療材料への吸着について. 手術医学 2004; **25**(2): 43-45.
- 8) 中村絵美, 高見貴之, 加藤頼子. 環境清拭用クロスの微生物に対する性能評価. 環境感染誌 2016; **31**(2): 100-106.
- 9) 岩澤篤郎, 松村有里子. 生体消毒薬の抗微生物効果と細胞毒性. *J Healthcare-associated Infection* 2016; **9**: 1-13.
- 10) Otter JA, Vickery K, de Lencastre KP. Surface-attached cells biofilms and biocide susceptibility: implications for hospital cleaning and disinfection. *J Hosp Infect* 2015; **89**: 16-27.
- 11) 梶本晴彦, 野口道子, 梶本光代. 薬剤吸着に配慮した脱脂綿製造工程における漂白処理剤の選定. 病院薬学 1999; **25**(6): 614-620.
- 12) 小林義正, 小林寛伊, 梶浦工, 菅原えりさ. 次亜塩素酸ナトリウム含浸環境清拭クロスの残留塩素濃度に関する検討. *J Healthcare-associated Infection* 2015; **8**: 17-26.

Influence of cloth for bactericidal activities of benzalkonium chloride

Shigemasa Katafuchi^{1,2}, Iijima Hirokazu², Watanabe Kazunao², Yuriko Matsumura¹, Atsuo Iwasawa¹,
Satoshi Kimura¹

¹ Division of Infection Prevention and Control, Tokyo Healthcare University Postgraduate School

² Tokyo Nishi Tokushukai Hospital

BACK GROUND

A routine cleaning and disinfection for the hospital environmental surfaces has been performed using the prepackaged disposable disinfectant wipers as infection control measures. The disinfectant wipers are made with rayon, cotton and cellulose, or polyethylene based nonwoven cloth, and disinfectants such as benzalkonium chloride (BZC) are impregnated. A reduction of disinfectant concentration, however, is the crucial problem for the sterilization of bacteria.

OBJECTIVE

In order to propose the appropriate environmental improvement, the basic study of the bactericidal activities of BZC was performed using different kinds of nonwoven fabrics.

METHODS

Staphylococcus aureus ATCC25923, *Staphylococcus epidermidis* ATCC12228, *Enterococcus faecalis* ATCC29212, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Escherichia coli* ATCC25922, *Candida albicans* ATCC10231 were used for strains. Four kinds of fabrics were used for the cloths. The bactericidal effects were evaluated by means of colony-forming unit assay using bacterial suspensions and dried bacterial suspensions.

RESULTS

BZC showed the rapid bactericidal effect for the bacterial suspensions. The minimum concentration which showed the bactericidal activity was depended on the kinds of strains. The rapid bactericidal activities were also observed for the dried bacteria when 0.2% BZC was used. Its activity was depended on the material of the cloths. Especially, rayon material was the lowest of the four cloths.

CONCLUSION

It is important to set the appropriate BZC concentration and the impregnation amount by considering the influence of the cloth material to the bactericidal activities.

KEY WORDS

Benzalkonium chloride, Bactericidal effect, Adsorption, Environmental surface, Environmental cloth

■ Practice report

必要とされる ICN になりたくて ～働きながら学ぶ環境での変革と成果～

上岡美沙子^{1,2}

¹医療法人社団 明芳会 イムス葛飾ハートセンター

²東京医療保健大学・感染制御実践看護学講座修了生

The road to be a reliable infection control nurse

～ Efforts and results of Infection Prevention and Control lecture course to learn while working full-time ～

Misako Ueoka^{1,2}

¹IMS Katsushika Heart Center

²Certified Professional Nurse for Infection Prevention and Control, Tokyo Healthcare University

1. はじめに

医療施設内の感染制御は医師、看護師、薬剤師、検査技師などがチームで実行するが、感染防止対策加算2施設では、すべての職種が兼任で特に看護師の場合必ずしも感染制御の専門知識を学んでいるとは限らない。

そのような感染防止対策加算2施設の感染制御チームの一員となった筆者が、見よう見まねだった感染制御活動を、正式に学ぶことにより力を得、自施設の改善に取り組んだので報告する。

2. 自施設の紹介

当院は東京都葛飾区にある50床の成人循環器専門病院である。

2009年2月に開院し、循環器疾患に特化した専門病院として「患者を断らない、患者にとって最善の医療を提供する」という理念のもと、現在は葛飾区、江戸川区、足立区という高齢者人口の多い医療圏だけではなく、千葉県西部や埼玉県東部など近隣県からの紹介も受け入れ、24時間体制で地域医療に貢献している。2017年度カテーテル件数1331件、開心術・大血管手術件数（ス

テントグラフト含む）558件、うち緊急手術245件と50床の病院としては数多くの症例を扱っており、専門的な高度な治療技術に加え細やかなリハビリまで一貫したチーム医療を提供している。

開院より感染防止対策加算2を取得し、感染制御チーム（Infection Control Team：ICT）は病院長直属に設置され医師1名、看護師1名、薬剤師1名、臨床検査技師1名で構成、院内感染対策委員会・リンクナース委員会・院内各部門との連携を図り、患者にとって安全な医療の提供に繋がるよう支援や活動をしている。

3. 経験したアウトブレイク

2016年10月、一般病棟でMRSA、ESBL産生菌によるアウトブレイクを経験した。病棟閉鎖をせざるを得ない状況に陥り、新規入院受け入れをストップした。医療関連感染によるアウトブレイクは開院して初めてのことであり、地域連携病院・グループ病院の感染制御看護師へ調査と対応策を求めた。当時、当院には感染制御の資格をもった看護師はおらず、私はリンクナースであったが、救急外来スタッフとして日々の業務に追われ、リンクナースの機能すら果たせなかった。アウトブレイクが終息するまでには、多くの時間と専門知識を要し、専

門資格を持った ICN (Infection Control Nurse) の必要性を感じたと ICD (Infection Control Doctor) は言う。

約 3 週間にわたり HCU6 床を 4 床に、一般床 3 床を 2 床に減床したことは、50 床の病院としては大損失であった。アットホームな病院の雰囲気、医療関連感染によるアウトブレイクにより病院全体の雰囲気をいっきに暗くさせていたことは今でも忘れられない。

4. 「感染制御実践看護学講座」への入学を決意

筆者は前任の退職に伴い 2017 年 1 月看護部感染制御責任者となった。看護師 1 年目から、なぜこの患者は抗生剤が必要なのだろう、どの抗生剤から投与すればいいのだろう、なぜこの患者の尿道留置カテーテルのバックは紫なのだろう、なぜこの大部屋は隔離部屋になっているのだろうと、感染症に対しての疑問を持つことが多かった。なにより感染症で亡くなる患者を見送ることがとても悔しかった。ひとりでも多く感染症から患者を守りたい、予防できることは予防したいという考えから、感染症に興味を持ち続けてきた。

看護部感染制御責任者になると、リンクナース会議の司会、新規感染症発生時の患者周辺環境チェック、手指消毒薬使用量集計、抗菌薬ラウンド参加、院内感染対策委員会参加、地域連携カンファレンス参加、環境ラウンド内容確認・評価、書類作成など経験したことのない業務が増えた。1 年間でむしやに兼任業務を行ってきたが、専門的な知識のないことや経験のなさは説得力に欠け自信にはならなかった。このような自分が責任者では患者を守れない、とにかく勉強したいという気持ちから、2018 年「東京医療保健大学・感染制御学教育研究センター・感染制御実践看護学講座 (6 ヶ月研修)」を受験、働きながら学ぶ機会を得ることができた。

循環器疾患の患者の多くは人工弁・人工血管・ペースメーカーなど人工物を埋入している。そのため医療器具関連血流感染が発生すると、抗菌薬使用日数の延長、在院日数の延長、医療費拡大、さらに新規入院受け入れ困難など患者だけではなく、病院側も不利益になる。4 月より専門的な講義を受け、当院は何か問題なのだろうとすぐに病院へ持ちかえり、ICT へ情報共有を行うことを日課とした。毎週のレポート課題からは自施設の問題点が明確となり、問題点と対策の根拠を ICT へ早急に伝え改善へ向け活動した。ICT は各メンバーが兼任業務で

はあるがプロフェッショナルとしてそれぞれの役割を果たすメンバーであり、より連携を図ることができた。また講義を受けるたびにすぐに現場でアクションを起こせる学習環境は、現場スタッフの感染対策への興味や関心に大きく影響していき、働きながら学ぶメリットを感じる日々であった。

5. 自施設実習の機会をとらえ病院改革 ～サーベイランスの開始～

7 週間の自施設実習では中心静脈ライン関連血流感染 (central line-associated bloodstream infection : CLABSI) 予防策に取り組みたかった。そのころ院内では月に 2.3 件血流感染が発生していたからである。この血流感染には術後肺炎、創感染なども合併しており、CLABSI であるとは特定も否定もできなかった。そのため、まずはハイリスク・ハイボリューム・ハイコストの観点から ICU をターゲットに計画していた。

それに先立ち、ICU では、手指衛生指数は 18 回 / 患者 / 日、新規 MRSA 発生が続くという状況であったため、2017 年 4 月より手指衛生遵守状況の改善活動を実施していた。それは、リンクナース・ICU 師長がモデルとなり、ICT と連携し手指消毒薬の個人携帯を開始するなどの取り組みで、その結果、2018 年 8 月には手指衛生指数 66 回 / 患者 / 日と向上し、新規 MRSA 発生ゼロを継続するといった結果を出すことができた。それらが認められ、院内で初めて取り組む CLABSI サーベイランスの提案にも ICU 師長・リンクナースは協力的であった。

8 月上旬、講義内容と指定実習先での学びを忠実に実行していった。

「中心ライン関連血流感染サーベイランス実施について
のお願い (病院長)」

「中心静脈ラインについてアンケートのお願い (医局・看護部)」

「中心静脈ライン挿入に関するアンケート全 11 問 (医師)」

「中心静脈ライン挿入後の管理に関するアンケート全 12 問 (看護師)」

「CLABSI サーベイランスについてのお願い (ICU スタッフ)」

「CLABSI サーベイランスについての説明書・スライド (ICU スタッフ)」

「CLABSI 観察項目チェックシート (ICU スタッフ用)」
「CLABSI カウントシート (ICU リンクナース用・ICN 用)」

8つの書類を作成し、病院長、医局、看護部各所属長、各リンクナース、ICU スタッフへ説明を行い CLABSI サーベイランス開始の許可を得た。8項目の準備にはかなりの時間を要したが、必要不可欠な8項目であったと考える。医師・看護師対象のアンケートは院内の現状を知る最短の方法であった。問題点を明確に把握することで、血管内カテーテル関連感染防止 CDC ガイドライン 2011¹⁾ に示されているエビデンスの高い感染対策から自施設で優先的に実施すべき対策を検討していった。

アンケートは自部署のリンクナースによって集計し、グラフを用いたアンケート結果を作成した。アンケート結果から当院オリジナルの CLABSI 予防策ケアバンドル医師用と看護師用 (表 1, 2) を作成し、各部署へリンクナースよりフィードバックしポスター掲示した。

表 1 看護師 中心静脈カテーテル挿入後管理ケアバンドル

- ☐ ドレッシング交換前後の手指衛生
- ☐ 7日毎のドレッシング交換 / 皮膚消毒
(ヘキサック[®] AL 1%綿棒 2本使用)
*アルコール禁忌の場合プッシュ綿棒 P2 本使用、2分間は乾燥させる
- ☐ 毎日の挿入部の観察 (発赤、腫脹、疼痛、熱感) / 記録を残す
- ☐ 側管の消毒 (使用前後に面を変えてごしごし数回)
- ☐ 薬剤は清潔な環境で直前に混合する
- ☐ 早期抜去に向けて中心静脈カテーテルの必要性を毎日アセスメントする

表 2 医師 中心静脈カテーテル挿入時ケアバンドル

- ☐ 挿入前の手指衛生
- ☐ 皮膚消毒 ヘキサック[®] AL 1%綿棒 2本
もしくはステリクロン[®] B エタノール液 0.5(OPE/カテ室のみ配置)
*アルコール禁忌の場合ポビドンヨードを使用、2分間は乾燥させる
- ☐ マキシマルバリアブリコーション (マスク、キャップ、滅菌手袋、滅菌ガウン、全身用の滅菌ドレープ、すべてを使用)
- ☐ 挿入部位を覆うために滅菌ガーゼ、もしくは滅菌ドレッシング使用
- ☐ 終了時の手指衛生

6. CLABSI サーベイランス開始により浮上した課題とその改善活動

1) 皮膚消毒の課題

看護部の問題点は、①各勤務帯の感染兆候観察項目の記録を残していない、②側管消毒にかかる時間が不十分、③ドレッシング交換時カテーテル挿入部位の皮膚に 0.05% クロルヘキシジン使用していた、の3点が上げられ、医局の問題点は、①挿入前後の手指衛生が不十分、②皮膚消毒ポビドンヨードは2分以上乾燥させていないこと、などが上がった。

改善策として CLABSI 予防策ケアバンドルの導入のほかに 0.5% を超えるクロルヘキシジンアルコール導入のための依頼書、ポスター作成、病院長、医局、看護部への説明と周知を行い、0.05% クロルヘキシジンスワブは廃止した。

2) 記録の課題

2018年9月1日よりICUの中心静脈カテーテルをターゲットに1日1回挿入部位の観察記録を残すことを開始した。ICU スタッフの6割が感染兆候の有無の観察記録を残していなかったが、2018年12月時点で全スタッフが観察記録を残し、ドレッシング交換時の皮膚消毒には0.5%を超えるクロルヘキシジンアルコールの使用が定着した。現在もサーベイランスは継続されICUでのCLABSIはゼロを継続している (表3)。

表 3 CLABSI (中心ライン関連血流感染) サーベイランス結果報告

	サーベイランス期間	感染率の平均	使用比の平均
取組前	2018年3月～8月	1.9	0.86
取組後*	2018年9月～11月	0.0	0.78

感染率 = 中心ライン関連血流感染発生件数 / 延べ中心静脈ライン使用日数 × 1000

使用比 = 延べ中心静脈ライン使用日数 / 延べICU入室患者日数

*取組内容

- ① 中心静脈ライン挿入部位の観察 / 記録を残す
- ② 皮膚消毒 1% クロルヘキシジンアルコール
- ③ 中心静脈ライン挿入後管理ケアバンドルの遵守
- ④ ICUでの血流感染予防策の勉強会

3) 私が経験した改善活動の極意

新しい皮膚消毒薬の導入には医師との関わりが必要となる。0.5%を超えるクロルヘキシジンアルコールを導入

入するときにはさまざまな意見はあったが、根拠のある説明を十分に行えば協力的であり導入もスムーズであった。そのため医師との関わりにさほどストレスを感じることはなかった。ただ導入後医局への周知徹底までには病院長・ICDの関わりが大きく影響し、感染対策委員スタッフとして医局を巻き込む難しさを痛感した。

看護部では現場スタッフへの介入の難しさを感じることはあった。救急外来のスタッフであり入院患者に直接ケアをするわけではないため、なるべく時間をみつけてベッドサイドへ行き情報収集を行い現場スタッフとコミュニケーションを図るよう心掛けた。中でもリンクナースの存在は大きかった。当院では看護師経験5年未満のスタッフがリンクナースとして活躍している。経験の浅さから他スタッフに対して言いづらさややりづらさを感じながらも、任された業務をひとつひとつ行っていた。リンクナースにはなるべく時間を割き、理解できているのを確認するまでフォローを行った。以前よりリンクナースとの関わりの時間が増えていき、小さな成果も見逃さず、日々ほめることを続けた。

このように私は、自分が常に教育的、指導的立場であることを意識して、6ヵ月研修で学んだことをすべて活用した。

7. 感染制御の専門職として

どの分野でも専門知識を習得した看護師がいると病院の質は大きく変わると考える。ICNがいる病院といない病院の違いは、病院の感染対策の関心を高める役割がいるかないかであり、医療関連感染や職業感染予防には資格を持ったICNは必要不可欠である。この6ヵ月研修で現場スタッフの感染対策への関心の持ち方に変化がみられた。感染対策に主体的なリンクナース・リンクスタッフが増えたことで、医師も素直に聞き入れる雰囲気変わった。研修前にはなかった光景である。

研修修了後は職種関係なく質問されることが多くなり、さらに責任は重い。患者にとって、スタッフにとって必要とされている以上、力を発揮していかなければならないと使命を感じている。

8. 最 後 に

6ヵ月研修開始前から修了時まで病院側の応援を受け、特に、学業の両立ができたのは筆者の所属する救急外来師長の理解と協力があったからこそである。自分の周りには多くの理解者がいて、その応援はモチベーションを維持させてくれ、認定証を取得できたことに感謝の気持ちでいっぱいである。

資格を取得したからには役割を遂行し、感染制御の実践能力を高め、仲間をもっと増やしていきたい。そして感染制御実践看護師（Professional Nurse for Infection Prevention and Control：PNIPC）の活動を全国の病院へ広めたい。

「病院長、役職者、全てのスタッフへ説得力のあるICNとなり、自施設を引っ張りたい」面接での自分の言葉を忘れることなく、努力を継続していきたい。

■引用文献

- 1) 満田年宏訳 血管内カテーテル関連感染防止 CDCガイドライン ヴァンメディカル 2011；20-29

医療関連感染編集委員

委員長 木村 哲

委員 岩澤篤郎

遠藤博久

大久保憲

梶浦 工

菅原えりさ

松村有里子

吉田理香

医療関連感染

The Journal of Healthcare-Associated Infection

2019 年 6 月 10 日 発行 (Vol.12 No.1)

●発行 東京医療保健大学大学院

東京医療保健大学 感染制御学教育研究センター

〒141-8648 品川区東五反田 4-1-17

Tel : 03-5421-7655 Fax : 03-5420-3133

URL : <http://www.thcu.ac.jp>

制作：幸書房

