

■ Original articles

蒸気化過酸化水素による病室内環境表面殺菌

小林寛伊、吉田理香、梶浦 工、曾川芳郎

東京医療保健大学大学院

Decontamination of environmental surfaces of patient room by hydrogen peroxide vapourised

Hiroyoshi Kobayashi, Rika Yoshida, Takumi Kajiura, Yoshiro Sogawa

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

Summary

Background : The environmental surface decontamination by vaporized hydrogen peroxide (VHP) is reevaluated in Europe and the United States for terminal disinfection of the patient room since after bioterrorism in 2001. These generators of VHP have different mechanisms from those disinfectant steam generators in 1970s.

Method : The spores of *Geobacillus stearothermophilus* ATCC12980 (BI) which is index spores for vaporized hydrogen peroxide have been employed for this study. The stainless steel test tips inoculated with 10^6 colony forming units (CFU) of the spores and dried are placed on various surfaces, between narrow spaces, and inside of fabrics in the room of 52m³. After decontamination by VHP for 60 minutes, BIs are cultured in trypticase soy broth at 55°C, for up to 7 days. Swab cultures of various surfaces are also carried out.

Results : No growth have been demonstrated in the cultures of BIs placed on the surfaces, however some BIs placed between narrow spaces and inside of fabrics have revealed positive results. The swab cultures of wall, floor, table, and curtain surfaces have shown no growths except wet inside of basin and chair wheels.

Conclusion : It was confirmed that the environmental surface decontamination with VHP resulted in more than 6 log₁₀ reduction of the index spores placed on the surfaces. However, the efficacy of VHP is limited to the surfaces and the narrow space or inside the semi-closed space is difficult to be decontaminated completely.

Key words : Vapourised hydrogen peroxide, environmental surface, decontamination

はじめに

通常、医療施設の環境整備は特別な消毒は必要とされず、日常的に汚れを取ることが推奨されているが、methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) や vancomycin-resistant enterococci (VRE) など、長期間環境表面に生存し、環境を経由した間接的な接触によって伝播する微生物が問題となる場合には、頻繁に接触する表面に対しては注意が必要である¹⁾。MRSAやVREを排菌している患者病室の頻繁に接触する環境表面に対して、わが国では低水準消毒薬もしくはアルコールを用いて1日1回以上清掃する

ことを勧告している^{2,3)}が、MRSAやVRE、また芽胞形成菌の*Clostridium difficile*は、通常の環境整備では完全に排除できないことも指摘されている^{4,5,6,7,8)}。このような状況において、医薬品の製造分野等で従来より適用されている蒸気化過酸化水素を、病室等の医療環境汚染細菌による交差感染防止を目的として、室内の環境表面殺菌に適用する動きが欧米で広まりつつある。

蒸気化過酸化水素は広範囲な殺菌スペクトルを有し、グラム陽性菌、グラム陰性菌、ウイルス、結核菌、芽胞に対して効果があることが実験的に証明されている^{9,10,11,12,13)}。Otterらの報告によるとMRSA 5株、ならびにVRE、*Klebsiella pneumoniae*、*Acinetobacter* sp. およ

び *C. difficile* の臨床・環境由来各 3 株に対する蒸気化過酸化水素の抵抗性は、*Acinetobacter* >MRSA >*K. pneumoniae* >*C. difficile* >VRE の順で、カタラーゼ（過酸化水素を水と酸素に分解する酵素）を有する細菌ほど抵抗を示したが、すべての菌株は蒸気化過酸化水素 90 分の処理で殺滅されたことが示されている⁹⁾。

2001 年米国でのバイオテロにおいては、政府建造物の炭疽菌除去のための環境消毒が、ホルムアルデヒド、二酸化塩素および過酸化水素の各蒸気を用いて行われ、閉鎖環境でのそれらの微生物殺菌効果は有効であったが、ホルムアルデヒドおよび二酸化塩素は、処理後に特別な除去技術が必要となるような毒性を有する副産物を伴うのに対し、過酸化水素は最終的に水と酸素に分解され、有毒な副産物は残留しない¹⁴⁾。

以上のように、安全性や環境に対する影響の観点からも、蒸気化過酸化水素による環境表面殺菌は有用性があると考えられている。しかしながら、わが国では医療領域における当殺菌方法の活用はこれまで検討されていない。そこで今回、病室を模した一般居室を対象として蒸気化過酸化水素の環境表面の殺菌効果について検討を行った。

1. 方 法

壁面はコンクリート、床材は繊維性カーペットから成り、窓ガラス、カーテン、エアコンディショナー、冷蔵庫、机、椅子、ユニット式の洗面台が設置された容積約 52m³、表面積約 88m² の一般居室を対象とした。

○過酸化水素滅菌の滅菌指標菌に対する効果

居室の対象空間（四隅および中央）に約 10⁶ colony forming units (CFU) の *Geobacillus stearothermophilus* ATCC12980 をステンレスディスクに塗布し Tyvek に封入したバイオロジカルインジケーター (Apex Laboratories Inc、以下 BI)、ならびに過酸化水素用ケミカルインジケーター (ジョンソン・エンド・ジョンソン株、以下 CI) を設置した。このほかに、5mL の注射筒 (i: バレルのみ (両側通気)、ii: 外筒+針+キャップ (片側通気)、iii: 外筒+内筒 (片側通気) の 3 条件)、不織布 (2 枚重ねの折込部分)、厚さ約 3 cm の冊子の中央、ラテックス手袋内、椅子の背面と座面の隙間、白衣ポケットの内部、にも BI をそれぞれ設置した。窓、エアコンディショナー

の空気孔および扉の採光部をテープで目張りし、部屋中央に配置した環境表面殺菌装置、蒸気化過酸化水素 (BIOQUELL Z^R、BIOQUELL 社) を毎分約 8g の過酸化水素滴下量で 60 分間運転した後、エアフローユニット (R10) を用いて室内の過酸化水素濃度が 1ppm になるまで分解運転を行った (図 1、2)。終了後、すべての BI を取り出し、トリプトソイブイオン中 55°C、7 日間まで培養して発育の有無を、また CI の変色を確認した。これを 3 回実施した。



図 1. 環境表面殺菌装置、蒸気化過酸化水素 (左、BIOQUELL Z^R) とエアフローユニット (右、R10)



図 2. 各部位に設置した BI

○綿棒による環境表面ふき取り調査

1 回目運転終了後の部屋について、壁、床、また室内の机表面、カーテン、冷蔵庫やドアの取手、さらに洗面台の排水口や蛇口などの表面を滅菌リン酸緩衝生理水で湿らせた綿棒で数回拭き取り、トリプトソイ寒天培地に塗布して 35°C 72 時間まで培養し、菌の発育有無を観察した。なお、運転前の対象居室、あるいは対象と同一のレイアウトで使用中の別居室においても上述と同様の方法でいくつかの環境表面をふき取り、運転後の菌検出状況と比較した。

2. 結 果

環境表面殺菌装置、蒸気化過酸化水素による運転にて、開始から室内の過酸化水素濃度が 1ppm に至るまで、当居室ではのべ 3.5～4 時間を要し、室内の過酸化水素濃度は最大で 350ppm 以上を示した。居室の温度は 22～28℃、湿度は 20～40%であった。

対象空間に設置した BI は、3 回の運転すべてにおいて培養陰性を示し、CI も滅菌完了を示す緑色に変色していた。さらに白衣ポケット内に設置した BI は 3 回すべて陰性、またパレルのみの注射筒、および不織布も 2 回において陰性を示した。しかし針や内筒でふさいだ注射筒内、ラテックス手袋内、冊子内また椅子の背・座面の隙間に設置した BI は、2 回あるいは 3 回すべてにおいて培養陽性を示した (表 1)。

綿棒による表面ふき取り調査では、運転後の居室では、壁、床 (カーペット)、テーブル、カーテン、戸棚、冷蔵庫の各表面からは菌は検出されなかったが、椅子の脚の車輪部から 4CFU が、また水道蛇口から 1CFU、排水口

からは約 30CFU が検出された。一方、運転前の居室、あるいは対象と同一レイアウトで常時活用されている他居室から採取した各表面からは、表 2 のごとく、数～1000CFU 以上が検出された。

3. 考 察

感染対策における蒸気化過酸化水素の適用事例が諸外国で報告されている。例えば、患者環境と手術室における MRSA の検出率を、蒸気化過酸化水素を導入して、8/50 から 0/50 に低減した事例⁷⁾、セラチアの伝播が継続している NICU において、手洗いの強化や部屋・器具の清浄化などの厳重対策に加え、蒸気化過酸化水素による環境表面殺菌を導入し、セラチアを陰性化せしめ患者の保菌例を皆無とした事例¹⁵⁾、多剤耐性アシネトバクター (MDR-AB) 感染患者ないし保菌者の発生していた長期急性期ケア病院において、蒸気化過酸化水素による環境表面の殺菌によって 1 週間後まで MDR-AB を陰性化した事例¹⁶⁾、多剤耐性グラム陰性桿菌 (MDR-GNR) の

表 1. 居室内の各部位に設置した BI の培養結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 st	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+
2 nd	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+
3 rd	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+

1～5; 対象空間および中央、6～8; 注射筒 (6; パレルのみ、7; 外筒+針+キャップ、8; 外筒+内筒) 9; ラテックスグローブ、10; 不織布、11; 冊子、12; 椅子; 13; 白衣ポケット、14, 15; 陽性コントロール、-; 陰性、+; 陽性

表 2. 室内の環境表面の綿棒ふき取りでの培養結果

部 位	蒸気化過酸化水素 運転前	蒸気化過酸化水素 運転後
壁	NT	0
床 (カーペット)	4	0
テーブル	7*	0
冷蔵庫 (取っ手)	>300*	0
冷蔵庫 (ドアの淵)	NT	0
冷蔵庫 (側面)	NT	0
カーテン	1	0
カーテンレール上	8*	0
椅子の脚のタイヤ	57*	4
戸棚の内部	5*	0
戸棚の外部	NT	0
戸棚の背面	0*	0
入口ドアノブ	4	0
入口ドアノブ周辺	NT	0
ドア	NT	0
水道蛇口	100*	1
洗面台の排水口	>1000	30

個数; CFU, NT;未実施, *使用中の別居室

発生していた ICU において、蒸気化過酸化水素による環境表面殺菌後、MDR-GNR を 3 ヶ月間陰性化した事例¹⁷⁾、さらに *C. difficile* 感染患者の多い病棟の感染患者退院後の室内環境表面殺菌につき、次亜塩素酸ナトリウムと蒸気化過酸化水素で各処理した後の *C. difficile* 関連下痢症例数 (1000 入院患者日数あたり) を比較したところ、前者は 2.28 であったのに対し後者は 1.28 で、過酸化水素蒸気による表面殺菌は *C. difficile* 感染率を有意に低下 ($p=0.047$) させたこと¹⁸⁾、などが報告されている。

1970 年代に有効性が否定された噴霧消毒とは異なった考え方と発生方法とに基づく環境表面殺菌装置、蒸気化過酸化水素は、35%の過酸化水素溶液を (約 130°C) に加熱し瞬間蒸発させ、直径 1 μ m 以下の過酸化水素粒子 (vapor) を作成する。常圧常温下の室内に放出されたこの粒子は、超微細水滴となり表面に凝縮しそこに存在する微生物に作用する^{14,19)}。他方、エアロゾルないし dry-mist システムと呼ばれる過酸化水素発生装置も開発され検討・報告されているが、発生する過酸化水素粒子の直径は 8-10 μ m で、その殺菌効果も異なることが示されている^{14,20)}。

以上、本検討に用いた環境表面殺菌装置、蒸気化過酸化水素による病室を模した一般居室内の環境表面に対する殺菌効果は、過酸化水素滅菌の指標菌芽胞に対して 6 log reduction 以上あることが確認され、処理後のふき取り調査においても一部を除き菌は検出されなかったことから、その有効性が証明された。しかしその効果は表面に限定されるものであり、細間隙に対しては吸引等の工程がない為に、また蒸気の接触を妨げるような物質で覆われている表面や、水分の存在する表面に対しても期待すべき効果が得られないことも改めて示され、実用上過信をしないことが肝要である。今回の結果を踏まえ、当該殺菌方法の実用面での有効性を、医療現場において検証する予定である。

■ 文 献

- 1) Boyce JM, Opal SM, Chow JW, et al : Outbreak of Multidrug-Resistant *Enterococcus faecium* with Transferable van B Class Vancomycin Resistance. *J Clin Microbiol* 1994 ; 32 : 1148-1153.
- 2) 一山智 : 患者環境の清潔管理 (リネン類を含む). 小林寛伊, 吉倉廣, 荒川宜親編集. エビデンスに基づいた感染制御 (改訂 2 版) - 第 1 集 - 基礎編. メヂカルフレンド社, 東京, 2003;71-80.
- 3) 大久保憲 : 隔離対策の選択と実際. 小林寛伊, 吉倉廣, 荒川宜親編集. エビデンスに基づいた感染制御 (改訂 2 版) - 第 1 集

- 基礎編. メヂカルフレンド社, 東京, 2003 ; 81-90.

- 4) Boyce JM, Potter-Bynoe G, Chenevert C, et al : Environmental contamination due to methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: possible infection control implications. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1997 ; 18 : 622-627.
- 5) Blythe D, Keenlyside D, Dawson SJ et al : Environmental contamination due to methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *J Hosp Infect* 1998 ; 38 : 67-69.
- 6) French GL, Otter JA, Shannon KP, et al : Tackling contamination of the hospital environment by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) : a comparison between conventional terminal cleaning and hydrogen peroxide vapour decontamination. *J Hosp Infect* 2004 ; 57 : 31-37.
- 7) Jeanes A, Rao G, Osman M, et al : Eradication of persistent environmental MRSA. *J Hosp Infect* 2005 ; 61 : 85-86.
- 8) Eckstein BC, Adams DA, Eckstein EC, et al : Reduction of *Clostridium Difficile* and vancomycin-resistant *Enterococcus* contamination of environmental surfaces after an intervention to improve cleaning methods. *BMC Infect Dis* 2007 ; 7 : 61.
- 9) Otter JA, French GL : Survival of Nosocomial Bacteria and Spores on Surfaces and Inactivation by Hydrogen Peroxide Vapor. *J Clin Microbiol* 2009 ; 47 : 205-207.
- 10) Heckert RA, Best M, Jordan LT, et al : Efficacy of vaporized hydrogen peroxide against exotic animal viruses. *Appl Environ Microbiol* 1997 ; 63 : 3916-3918.
- 11) Johnston MD, Lawson S, Otter JA. : Evaluation of hydrogen peroxide vapour as a method for the decontamination of surfaces contaminated with *Clostridium botulinum* spores. *J Microbiol Methods*. 2005 ; 60 : 403-411.
- 12) Hall L, Otter JA, Chewins J, et al : Use of hydrogen peroxide vapor for deactivation of *Mycobacterium tuberculosis* in a biological safety cabinet and a room. *J Clin Microbiol* 2007 ; 45 : 810-815.
- 13) Kahnert A, Seiler P, Stein M, et al : Decontamination with vaporized hydrogen peroxide is effective against *Mycobacterium tuberculosis*. *Lett Appl Microbiol* 2005 ; 40 : 448-452.
- 14) Boyce JM. : New approaches to decontamination of rooms after patients are discharged. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2009 ; 30 : 515-517.
- 15) Bates CJ, Pearse R. : Use of hydrogen peroxide vapour for environmental control during a *Serratia* outbreak in a neonatal intensive care unit. *J Hosp Infect* 2005 ; 61 : 364-366.
- 16) Ray A, Perez F, Beltramini AM, et al : Use of vaporized hydrogen peroxide decontamination during an outbreak of multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* infection at a long-term acute care hospital. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2010 ; 31 : 1236-1241.
- 17) Otter JA, Yezli S, Schouten MA, van Zanten AR, Houmes-Zielman G, Nohlmans-Paulssen MK. : Hydrogen peroxide vapor decontamination of an intensive care unit to remove environmental reservoirs of multidrug-resistant gram-negative rods during an outbreak. *Am J Infect Control*. 2010 ; 38 : 754-756.
- 18) Boyce JM, Havill NL, Otter JA, et al : Impact of hydrogen peroxide vapor room decontamination on *Clostridium difficile* environmental contamination and transmission in a healthcare setting. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008 ; 29 : 723-729.
- 19) Bimczok BU, Kottke V, Hertel C, Rauschnabel J : The Influence of Humidity, Hydrogen Peroxide Concentration, and Condensation on the Inactivation of *Geobacillus stearothermophilus* Spores with Hydrogen Peroxide Vapor. *J Pharm Innov*. 2008 ; 3 : 123-133.
- 20) Otter JA, Yezli S : A call for clarity when discussing hydrogen peroxide vapour and aerosol systems ; *J Hosp Infect* 2011 ; 77 : 83-84.