

■ Concise communication

患者動作運動モデルを用いたシーツを介した細菌透過に関する検討

石井 幸^{1, 2}、小林 寛伊¹、梶浦 工¹、菅原 えりさ¹¹ 東京医療保健大学大学院 感染制御学² 順天堂大学医学部附属順天堂医院 感染対策室

A Quantitative Examination of Bacterial Penetration with Hospital Bed Sheets by using patient behavioral models

Yuki Ishii^{1,2}, Hiroyoshi Kobayashi¹, Takumi Kajiura¹, Erisa Sugawara¹¹ Division of Infection Prevention and Control Postgraduate School Tokyo Helthcare University² Juntendo University Hospital

要旨

背景：患者使用中のリネンは一般的に汚染されているものとして認識されているにも関わらず、患者リネンの細菌汚染に関する研究は少ない。

目的：患者用シーツおよびマットレスを対象に日常的なベッド上の患者の動作運動をモデル化し、シーツを介した細菌透過を検証する。

方法：細菌の透過モデルとして、細菌汚染を受けた患者からシーツへの透過モデル（下方透過モデル）と細菌汚染マットレスからシーツへの透過モデル（上方透過モデル）を作成した。下方透過モデルは汚染患者を想定した菌（*Bacillus subtilis* ATCC 6633 芽胞）付着シーツの下に滅菌シーツを重ね、他方、上方透過モデルでは汚染マットレスを想定した同様のシーツを載せたマットレスの上に滅菌シーツを乗せ、それぞれ2kg重で水平と垂直に荷重負荷運動を行った。菌回収はメンブランフィルターを使用した。

結果：下方透過モデル（患者→シーツ）は上方透過モデル（マットレス→患者）より透過菌数が多く、荷重負荷運動では水平が垂直より多かった。

結論：今回の透過モデルにより、患者の日常動作を想定した動きおよび荷重による菌透過を確認することができた。

Key words：患者用シーツ、マットレス、細菌透過モデル、透過菌数

1. はじめに

感染制御の基本は医療従事者の手指を介した直接的伝播経路と患者に使用した器具や二次的に汚染された環境表面を介した間接的伝播経路を遮断することである。

病原微生物が生息している可能性のある環境表面については、日常的に汚れを除去すること、頻繁に接触する高頻度接触面については、ハウスキーピング表面よりも頻繁に清掃し消毒することが勧告されている¹⁾。さらに、

環境表面の細菌数減少に関する検討や²⁾、耐性菌のアウトブレイク時に環境整備方法を変更して制御効果を得たことが報告されている³⁾。一方、患者に最も接触し、医療従事者も頻回に接触するシーツや包布などの患者リネンについて、「医療保健施設における環境感染制御のためのCDCガイドライン」では汚染したリネンの取り扱いに関する勧告¹⁾はあるが、交換頻度については具体的な言及はない。

そこで、細菌汚染したシーツやマットレスの周囲に及ぼす影響に関する検討の一環として、今回、患者用シー

ツおよびマットレスを対象に日常的なベッド上の患者の動作運動をモデル化し、汚染の透過を検証した。

2. 方 法

(1) 使用シート

国内の医療施設で一般的に使用されている綿 100%のシート（以下、シート）で、洗濯業者により 50 回以上の洗濯・再生処理を行い布が薄くなるなどの劣化を認め、それ以上の使用が困難と判断されたものを 10cm×10cm に裁断後、高圧蒸気滅菌（138°C 8分）して実験に供した。

(2) 供試菌

Bacillus subtilis 6633（栄研化学株式会社 Lot.No.24002）の 10^9 colony forming unit(以下 CFU)/mL の芽胞液を滅菌精製水で希釈し、 10^8 CFU/mL、および 10^7 CFU/mL の芽胞液を供試菌液とした。

(3) 汚染シート作成方法

滅菌済みシート 1 枚に対して 10^8 CFU/mL、および 10^7 CFU/mL の各供試菌液 500 μ L をシート中央部に滴下し、室温下の安全キャビネット内にて約 30 分間乾燥させた。

(4) 臨床現場のベッド環境モデルと細菌回収

模擬的なベッドとして、ハイスタンダードマットレス（パラマウントベッド製コンフォケアマット®幅 430mm×長さ 640mm×厚さ 85mm 以下、マットレス）を用いた。患者を想定した負荷重量については体重 50kg の成人患者がマットレスに水平臥床した時の体圧分布（ABW 社製 ERGO-CHECK で測定）を参考にし、最も広範囲を占める体圧 8~18mmHg をキログラム毎平方 10 センチメートル ($\text{kgf}/10\text{cm}^2$) に換算*した値 ($1.09\sim 2.45\text{kgf}/10\text{cm}^2$) から、2kg（以下、おもり）とした。また負荷運動後、汚染シートを透過し滅菌シートに移行、透過した供試菌の回収には、メンブランフィルター（MF ミリポア®、メルクミリポア社製、成分：酢酸セルロース、硝酸セルロース混合、ポアサイズ 0.22 μ m）を使用した。

* $1\text{mmHg}=0.136\text{kgf}/10\text{cm}^2$

(5) 汚染患者からシートを介した下方方向への細菌の透過（下方透過モデル）

患者のベッド上の動作（寝返り、起床、着座など）や医療従事者の作業（シート交換やシートのしわを伸ばすなど）によるシートへの細菌透過を検証するため、図 1

の如く、汚染シートの直下に透過用シート、さらにその直下に細菌回収法メンブランフィルターの順に重ね、マットレス上に配置した。

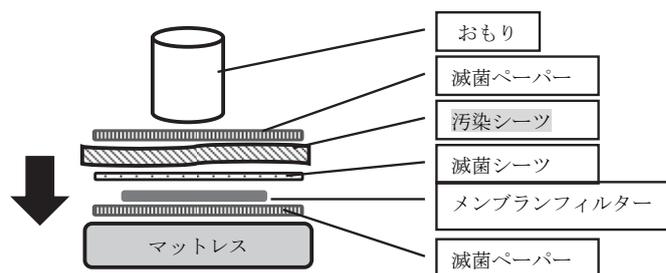


図1 下方透過モデル

おもりを用い負荷運動をすることで、患者を想定した汚染シートから下方のメンブランフィルターへの細菌の透過を検討するモデル。

(6) 汚染マットレスからシートを介した上方方向への細菌の透過（上方透過モデル）

汚染されたマットレスからシートへの、細菌の透過を検証するため、図 2 の如く、細菌回収用メンブランフィルター、その直下に透過用シート、さらにその直下に汚染シートの順に重ね（すなわち (5) と逆）、マットレス上に配置した。

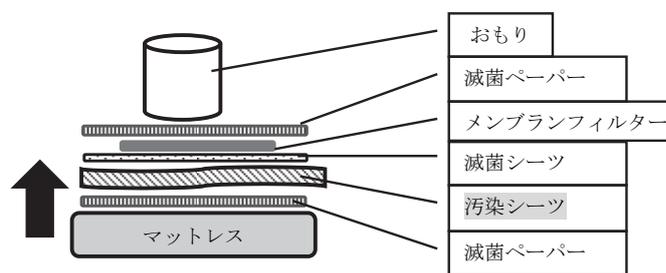


図2 上方透過モデル

マットレス汚染を想定した汚染シートからおもりを用い負荷運動をすることで上方のメンブランフィルターへの細菌の透過を検討するモデル。

これらの配置後、同一実験者が以下に示す負荷運動を用手で各 3 回実施した。なお、運動に際しては、重り側およびマットレス側に滅菌ペーパーをそれぞれ配し、二次汚染防止に努めた。

- ・水平負荷運動：底面積 44.2 cm^2 の円柱形のおもりが汚染シートの中央部を通過するように透過モデルの最上を辺から向かい合う辺までの約 10cm を用手で滑らせるように移動させた。1 往復 1 秒を 1 回とし、これを 10 回および 30 回実施した。
- ・垂直負荷運動：左右の肘を台に固定した状態のまま両手でおもりを持ち上げ、約 5cm の高さ

から透過モデルの中央直下に落とした。
これを10回および30回実施した。

(7) 細菌の培養

各負荷運動後、細菌回収用のメンブランフィルターを、トリプトソイ寒天培地に静置し30°C48時間まで培養後、メンブランフィルター上に発育した菌数を計測した。

3. 結 果

供試菌液濃度 10⁷CFU/mL における各透過方向、運動負荷での透過細菌数 (CFU/メンブランフィルター) の平均値±標準偏差を表1に示した。下方透過モデル (患者→シート) において、水平負荷運動10回では、4.7±1.2、同30回では16.3±4.0、垂直負荷運動10回では、2.3±0.6、同30回では4.0±0.0であった。また、上方透過モデル (マットレス→シート) においては、水平負荷運動10回では4.7±3.2、同30回では14.0±4.0、垂直負荷運動10回では0.3±0.6、同30回3.0±2.6であった。

表1 10⁷CFU/mL菌液による汚染シートからの透過細菌数
(単位: CFU/メンブランフィルター)

	検体番号	水平負荷 10回	水平負荷 30回	垂直負荷 10回	垂直負荷 30回
下方透過	No.1	4	12	3	4
	No.2	6	17	2	4
	No.3	4	20	2	4
	mean±SD	4.7±1.2	16.3±4.0	2.3±0.6	4.0±0.0
上方透過	No.1	1	14	0	5
	No.2	6	18	1	0
	No.3	7	10	0	4
	mean±SD	4.7±3.2	14.0±4.0	0.3±0.6	3.0±2.6

(n=3)

供試菌液濃度 10⁸CFU/mL における各透過方向、運動負荷での透過細菌数 (CFU/メンブランフィルター) の平均値±標準偏差を表2に示した。下方透過モデルにおいて、水平負荷運動10回では44.7±23.1、同30回では97.7±24.8、垂直負荷運動10回では5.7±4.2、同30回では28.0±18.1であった。また、上方透過モデルにおいては、水平負荷運動10回では42.0±13.0、同30回では90.7±25.7、垂直負荷運動10回では7.7±8.1、同30回では19.7±11.8であった。

表2 10⁸CFU/mL菌液による汚染シートからの透過細菌数
(単位: CFU/メンブランフィルター)

	検体番号	水平負荷 10回	水平負荷 30回	垂直負荷 10回	垂直負荷 30回
下方透過	No.1	18	80	1	11
	No.2	59	87	7	47
	No.3	57	126	9	26
	mean±SD	44.7±23.1	97.7±24.8	5.7±4.2	28.0±18.1
上方透過	No.1	27	98	17	27
	No.2	49	112	3	26
	No.3	50	62	3	6
	mean±SD	42.0±13.0	90.7±25.7	7.7±8.1	19.7±11.8

(n=3)

4. 考 察

今回、患者の動作運動をモデル化し、シートを介した細菌の透過において、細菌は上方および下方の双方向に透過することが確認された。供試菌液濃度 10⁷CFU/mL、10⁸CFU/mL 共に、透過細菌数は垂直負荷運動よりも水平負荷運動で多く、負荷回数の比較では10回よりも30回で多かった。また、下方透過モデルが上方透過モデルよりもやや高い傾向にあった。

垂直負荷に比して水平負荷のほうが供試菌の透過数は多かった要因の1つとしてシートの織りが考えられる。実験に供試した綿100%のシートは、図3の如く平織で縦糸と横糸が1本ずつ交互に上下の位置を変えて織られ、縦糸と横糸が交錯している。この交錯の断面は、通常は糸が波状に屈曲しているが、織物が引っ張られた場合にこの

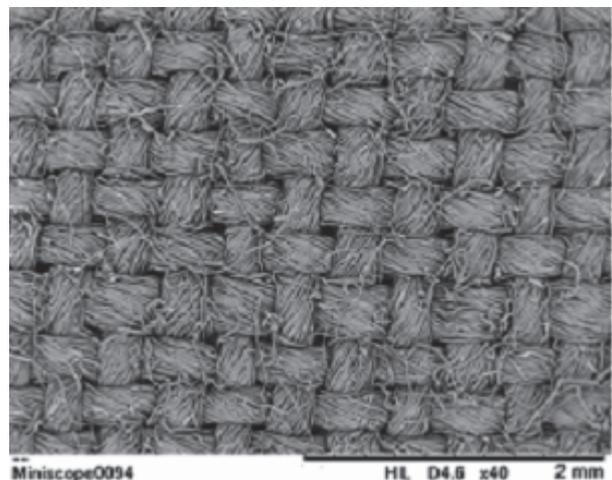


図3 透過型電子顕微鏡によるシート (綿使用済み) 表面の観察画像
(miniscope[®] TM3030 (HITACHI) 電圧 1.5Kv、倍率 40倍)

波のまがりまがりがまっすぐになることや、負荷に対して糸と糸の接触部と繊維間に摩擦が生じ、荷重に対するひずみとして縦糸と横糸の交差角度が変化し、結果として織物は斜めに伸びやすい性質を持つと言われている⁴⁾。この性質によって、横方向に向かった負荷により繊維間の交差角度が広がり、その間隙から細菌が透過したものと推測される。病院での日常生活やケアの場面で、患者自身による寝返りや、看護師が行うシーツのしわを伸ばすといった水平方向への負荷は、シーツ繊維の間隙を拡大し、細菌透過を助長してシーツやマットレスへの汚染リスクとなる可能性が考えられた。このことは患者由来の細菌が付着したマットレスを同一患者が使用し続けている場合は問題ないが、他の患者が使用した場合は交差感染の要因になり得ることを示している。一方、今回の供試菌量 (1mL あたり $10^7 \sim 10^8$ CFU) は臨床現場での汚染量に比べ高いと予測されるが、菌液濃度に比べてメンブランフィルターから検出される細菌数が少なかったことから、繊維に絡まるなどの理由でシーツに残存する細菌も相当数あると考えられる。また本検討では乾燥したシーツを用いたが、現実には使用中のシーツは患者の不感蒸泄等で湿潤しており、その場合はより多くの細菌透過が起こると考えられる。これらを勘案すると、シーツの細菌に対するバリア機能は不十分であることを改めて念頭に置く必要がある。近年褥瘡予防目的で使用されるハイケアユニット用の高性能マットレスは、洗濯が困難であるが、

今回の結果は使用後のマットレスは清拭や洗浄、および消毒が必要不可欠であることを裏付けることとなった。

今回の細菌透過モデルを使用した実験では水平・垂直方向の負荷運動に留まったが、ベッド上の患者の動きは複雑であり、より工学的な観点からベッド上の人間の動態を検証する必要がある。また、負荷重量の設定や菌回収方法についても検討の余地があると思われる。しかし、可視化しにくい臨床現場の現象を捉えるひとつの方法として、ベッド上の患者の動きを想定した動作運動モデルは意義があり、今後発展させていきたい。

利益相反

本実験に関して特筆すべき利益相反はありません。

引用文献

- 1) 倉辻忠俊, 切替照雄, 小林寛伊監訳. 報告—環境サービス 於: 医療保健施設における環境感染制御のための CDC ガイドライン. 初版. 大阪府:メディカ出版 2004;86-98.
- 2) Baxa D, Shetron-Rama L, Golembieski M, et al. In vitro evaluation of a novel process for reducing bacterial contamination of environmental surfaces. *Am J Infect Control* 2011;39:483-487.
- 3) 石井幸, 佐々木信一, 中澤武司, 井上貴昭. 二剤耐性 *Acinetobacter baumannii* 保菌患者病室の退室後清掃の検討. *Journal of Healthcare-associated Infection* 2013;6:44-47.
- 4) 佐藤銀平. 繊維と衣服について. 藤嶋昭, 井上晴夫監修. *医療と繊維がわかる—驚異の進化*. 初版. 東京都:東京書籍株式会社 2011;7-10. 34-35.