

尿に含まれる大腸菌の防水タイプ・撥水タイプ・プラスチックガウン裏側への透過性に関する研究

Study on the Permeability of *Escherichia coli* in Urine to the Reverse Side of Waterproof, Water-repellent, and Plastic Gowns

武井 由貴絵¹⁾, 田辺 文憲²⁾
TAKEI Yukie, TANABE Fuminori

要 旨

看護ケアにおいて個人防護具として使用されるガウンは、防水タイプ、撥水タイプ、プラスチックのガウンに分類されている。本研究では、尿に含まれる大腸菌の各種ガウン裏側への透過の有無を調べることを目的に実験を行った。尿中大腸菌 (10^4 colony forming unit/mL) $100 \mu\text{L}$ をガウン片に附着させ、30分後にガウン裏側に透過した大腸菌数を測定した。実験の結果、撥水タイプガウンでは多数の大腸菌 (>500 CFU) の透過がみられた。一方、防水タイプとプラスチックガウンでは大腸菌の透過はみられなかった。撥水タイプの大腸菌の透過は異なる実験方法でも確認された。また、一部の撥水タイプでは尿中大腸菌 $10 \mu\text{L}$ 、附着1分後において大腸菌の透過がみられた。これらの結果より、陰部洗浄や排泄物処理など尿の飛散が想定されるケアにおいては、防水タイプまたはプラスチックガウンの着用が望ましいことが示唆された。

Gowns used as personal protective equipment in nursing care are of three types: waterproof, water-repellent, and plastic. In this study, we attempted to clarify whether *Escherichia coli* in urine permeated to the reverse side of various gown materials. *E. coli* (10^4 colony forming unit (CFU)/mL) mixed with urine ($100 \mu\text{L}$) was dropped on a piece of gown, and the amount of *E. coli* that permeated to the reverse side of the gown was measured after 30 min. Significant *E. coli* permeation (>500 CFU) was observed in the water-repellent gown type. On the other hand, no permeation was observed in the waterproof and plastic types. We confirmed the permeation of *E. coli* in the water-repellent type using different experimental methods. In some water-repellent types, $10 \mu\text{L}$ of the *E. coli* mixture permeated after 1 min. These results suggest that it is desirable to wear waterproof or plastic gowns in care where urine may splash, such as genital cleansing and excrement discarding.

キーワード 大腸菌, ガウン, 細菌透過性, 湿性生体物質, 細菌汚染

Key Words : *Escherichia coli*, Gown, Bacterial Permeability, Body Fluid, Bacterial Contamination

1. 緒言

医療現場で個人防護具として使用されるガウンには、カバーオール型防護服、サージカルガウンのほか、日常の看護ケアで使用される種々のタイプのガウンやエプロンがある。

カバーオール型防護服は新型インフルエンザなどの新興感染症発生時に使用するガウンであり、サージカルガウンは手術や医療処置に使用するバリア性能が高いガウンである。カバーオール型防護服やサージカルガウンは、病原微生物、体液、微粒子等の曝露を防止するため

受理日：2023年7月31日

1) 山梨大学大学院医工農学総合教育部ヒューマンヘルスケア学 専攻：Integrated Graduate School of Medicine, Engineering, and Agricultural Sciences, Department of Nursing and Health Science, University of Yamanashi

2) 山梨大学大学院総合研究部：Graduate Faculty of Interdisciplinary Research, University of Yamanashi

液体防御性能基準が定められている。米国医療機器振興協会 (Association for the Advancement of Medical Instrumentation; AAMI) ではガウンに対する液体防御性能基準規格を設けており、ドレープやガウン、その他の防護服類のバリア性を4段階(レベル1~4)で評価する基準がある。水を用いた衝撃耐水性テスト(レベル1)や衝撃耐水性・静水圧テスト(レベル2~3)、ファージウイルス透過性や一定の圧をかけた時の人工血液の透過性(レベル4)を確認するテストがあり、ガウンの防御性能レベルが評価されている。AAMIが求める最低基準はレベル1であるが、多量の血液や微生物汚染が想定される場合はレベル2以上のガウンの使用が推奨されている¹⁾²⁾。

一方、日常の看護ケアで用いるガウンやエプロンは現在、防水タイプ、撥水タイプ、プラスチックに分類されているが、液体防御性能についての明確な規格基準が定められていない。米国疾病予防対策センター (Centers for Disease Control and Prevention; CDC) や職業感染制御研究会では、血液や湿性生体物質の飛散する可能性のある場合には、液体が浸透しない素材のガウンを着用することを推奨している。これらのガウンの防護能力について、防水タイプは液体物質の浸透を防ぐガウン、撥水タイプは少量であれば液体物質の浸透を防げるガウン、またプラスチックガウン・エプロンは液体物質の浸透を防ぐと記載されているが、微生物の浸透・透過に対しては明記されていない²⁾³⁾。

陰部洗浄や排泄物の処理、口腔ケア、気管吸引などのケアにおいては、看護師の身体やユニフォームに病原体を含む血液、尿、体液などが飛散し付着する可能性があり⁴⁾⁵⁾、看護師の身体の大部分を覆うガウンやエプロンの着用は感染防止の点で重要である。陰部洗浄や排泄物処理では、排泄物に含まれた大腸菌 (*Escherichia coli*)⁶⁾ の汚染も想定されるため、日常的に看護師が使用しているガウン・エプロンの裏側に大腸菌が透過しないかどうかを調べることは感染防止の視点で意義があると考えた。

そこで今回、尿が飛散する可能性がある陰部洗浄や排泄物処理などの場面を想定し、尿に含まれる大腸菌が各タイプのガウンに付着した場合、大腸菌がガウン裏側へ透過するかどうかを調べる実験を行った。

II. 研究目的

尿に含まれる大腸菌が各タイプのガウンに付着した場合、大腸菌が裏側へ透過するかどうかを実験により明らかにする。大腸菌が透過したガウンに対しては、異なる実験方法で大腸菌の透過を確認するとともに、菌液付着量、付着時間の変化による影響を検討する。

III. 研究の意義

看護ケアで使用される各タイプのガウンにおいて、尿中大腸菌がガウン裏側へ透過するかどうかを明らかにすることは、陰部洗浄や排泄物処理などの尿の飛散が想定されるケアにおける適切なガウン選択に関する示唆が得られる。

IV. 本研究で用いた用語の定義

1. 菌の透過：ガウン表面に付着した細菌がガウン裏側へ通過すること
2. 不織布：繊維が一方向又はランダムに配向しており、交絡、融着、接着によって繊維間が結合されたもの⁷⁾。
3. 防水タイプ：液体物質の浸透を防ぐガウン²⁾
4. 撥水タイプ：少量であれば液体物質の浸透を防げるガウン²⁾
5. プラスチックガウン：液体物質の浸透を防ぎ²⁾、素材がポリエチレン製のガウンまたはエプロン
6. ラミネート加工：生地とは別に用意したフィルムを生地面に貼り合わせる加工⁸⁾
7. スパンボンド製法：原料チップを押出機で加熱、熔融し、ノズルから押し出し紡糸、延伸、その繊維をネット上で積層し、ウェブ形成する製法⁹⁾¹⁰⁾
8. ポリエチレンコーティング：生地に合成樹脂を塗布し、生地目を完全に塞ぐ皮膜を作る加工⁸⁾
9. エンボス加工：素材表面に浮き出し模様をつける工程であり¹¹⁾、エプロンやガウンが白衣にまわりつづのを防ぐ加工

V. 材料と方法

1. 実験対象としたガウン

実験で用いるガウンは、職業感染制御研究会²⁾のガウン・エプロンの種類を参考に、防水タイプ、撥水タイプ、プラスチックのガウンをそれぞれ3~4種選定した。ガウンの選定は、製造会社の異なる製品で、防水、撥水、プラスチックの各表示がある11製品とした。防水タイプは、ポリプロピレン素材にラミネート加工もしくはポリエチレンコーティングが施されている不織布ガウンで、4製品(B1~B4)を用いた。撥水タイプはポリプロピレン素材でラミネート加工やポリエチレンコーティングが施されていない不織布ガウンで、4製品(H1~H4)を用いた。プラスチックはポリエチレン素材にエンボス加工が施されているガウンで、3製品(P1~P3)を用いた(表1)。ガウンはすべて市販の新品を用いた。ガウンは、安全キャビネット(class II, Showa Science Co.)で

表1 実験に用いたガウンの種類

ガウン	種類	製造会社	製品名	主な素材及び加工	規格
B1	防水タイプ	日昭産業	NS ラミネートガウン	ポリプロピレン不織布, ラミネート加工 (ポリエチレン), スパンボンド製法	-
B2	防水タイプ	原田産業	PE ラミネート不織布ガウン	ポリプロピレン不織布(50%), ポリエチレン(50%), ラミネート加工	-
B3	防水タイプ	アズワン	プロシエア アイソレーションガウン PE コーティング	ポリプロピレン不織布(58%), ポリエチレンコーティング(ポリエチレン 42%), スパンボンド製法	-
B4	防水タイプ	CLIM	防水不織布長袖 アイソレーションガウン	ポリプロピレン不織布(100%), ラミネート加工(ポリエチレン), スパンボンド製法(4層構造)	AAMI レベル 3 ¹
H1	撥水タイプ	日昭産業	NS アルファ アイソレーションガウン	ポリプロピレン不織布, スパンボンド製法	-
H2	撥水タイプ	丸紅紙パルプ	アイソレーションガウン	ポリプロピレン不織布(100%)	-
H3	撥水タイプ	三菱商事	不織布ガウン	ポリプロピレン(50%), ポリエチレン(50%)不織布	-
H4	撥水タイプ	イワツキ	イワツキ NEW アイソレーションガウン	ポリプロピレン不織布(100%), スパンボンド製法	-
P1	プラスチック	サラヤ	プラスチックエプロン	ポリエチレン, エンボス加工	-
P2	プラスチック	ファーストレイト	PE エプロン	ポリエチレン, エンボス加工	-
P3	プラスチック	伊藤忠 リーテイルリンク	ウォータープルーフガウン	ポリエチレン, エンボス加工	-

*1: 米国医療機器振興協会 (Association for the Advancement of Medical Instrumentation) において定められている液体防衛性能基準であり, レベル3は, スプレーインパクトテストまたはウォーターインパクトテストで透過した液体の重量が1.0g以下であり, ハイドロプレッシャーテストで水圧が50cm以上という基準をクリアしているレベルである²⁾。

無菌的に2×2cmの実験可能な大きさにカットして用いた。カットした部位は、ガウンの腹部周辺の折り目がない部分を選び、ガウン片の表裏がわかるようにした。ガウン片はランダムに選び、表を上にして実験に用いた。

2. 実験に使用した細菌および培地

実験に使用する大腸菌は標準株(ATCC13706)を使用した。乾燥グイヨン(日水製薬, 東京)を用い液体培地を作成し、大腸菌を37℃, 24時間培養した。培養後の菌濃度は、MacFarland標準液(バイオメリュー社, 東京)を用いて濁度により判定した。大腸菌の透過菌数の測定には、大腸菌の鑑別培地であるデゾキシコレート寒天培地(日水製薬, 東京)およびデゾキシコレート寒天フードスタンプ(日水製薬, 東京)(以下、スタンプ培地)を用い、培地上に形成される赤色のコロニーを大腸菌と判定し、コロニー数を計測した。使用する培地は、表面を十分乾燥させてから用いた。菌濃度は先行研究¹²⁾¹³⁾を参考に決定し、透過菌数の測定可能な菌数であることを確認した。

3. 実験に使用した尿

本研究では、尿に大腸菌を混和させて菌液として実験に用いるため、本研究に同意の得られた健常者ボランティアより尿を提供してもらった。尿の提供者には、本研究の目的や意義、方法、匿名性の確保、研究への参加は自由意思であることを説明文書と口頭で説明し、同意を得た。尿は、中間尿をハルンカップに約10mL採尿してもらった。尿の提出場所は他者の目につかない場所に設定し、無記名で提出してもらい、プライバシーに配慮した。

尿の提供後直ちに尿中に大腸菌が約 1×10^4 colony forming unit (CFU)/mLの濃度になるように調製して実験に用いた。

4. 尿に含まれる大腸菌の透過菌数の測定方法

まず対象とした防水タイプ、撥水タイプ、プラスチックのガウン11製品について尿に含まれる大腸菌のガウン裏側への透過菌数を3回測定した。菌液付着量はガウン片に付着可能な最大の100 μ Lとし、付着時間は看護ケ

アで実際に着用する最長時間を考慮して30分とした¹⁴⁾。ガウン片を表面が上になるように寒天培地上中央にのせ、尿に混和した大腸菌をガウン片中央に100 μ L滴下した。30分経過後、ガウン表面の液滴をマイクロピペットで取り除き、ガウン片を静かにピンセットで取り除いた。培地を37 $^{\circ}$ C、24時間培養し、培地上に形成された赤色のコロニー大腸菌数をカウントし、透過菌数とした。健常人の尿においても尿道常在菌の混入が想定されるため、尿道常在菌の影響を同一にするために、1回の実験につき1人の尿を用い、同一条件で一連の実験を行った。また、透過した大腸菌の測定は鑑別培地であるデゾキシコレート寒天培地を使用したため、透過した大腸菌のみのコロニー数を計測した。

大腸菌の透過がみられたガウンにおいては以下の2つの異なる実験方法(方法A、方法B)にて付着量と付着時間の実験条件を変化させ、実験を行った。付着時間30分では透過菌数が多量で正確に測定できなかったため、付着時間は30分以内とし、看護ケアの所要時間に関する先行研究を参考に1分と15分で設定した^{14)~16)}。実験方法は、寒天培地上にガウン片をのせて菌液を付着させ透過を確認する方法(方法A)と滅菌シャーレ上にガウン片をのせて菌液を付着させ透過を確認する方法(方法B)の2つである¹³⁾。菌液付着量と付着時間を変化させた透過菌数の測定を2つの方法で行う実験を1回とし、1回の実験につき1人の尿を用いて行った。1回の実験における菌液は同一のものを用い、一連の実験を同条件で4回繰り返し行った。

1) 寒天培地上にガウン片をのせて透過菌数を測定する方法(方法A)

ガウン片を寒天培地上中央にのせ、尿に混和した大腸菌をガウン片表面中央に滴下(滴下量10 μ L, 25 μ L, 50 μ L, 100 μ L)した。一定付着時間経過後(付着時間1分, 15分)、ガウン表面の液滴をマイクロピペットで取り除き、ガウン片を静かにピンセットで取り除いた。培地を37 $^{\circ}$ C、24時間培養し、培地上に形成された赤色のコロニー大腸菌数をカウントし、透過菌数とした。

2) 滅菌シャーレ上にガウン片をのせて透過菌数を測定する方法(方法B)

ガウン片を滅菌シャーレ上中央にのせ、尿に混和した大腸菌をガウン片表面中央に滴下(滴下量10 μ L, 25 μ L, 50 μ L, 100 μ L)した。一定付着時間経過後(付着時間1分, 15分)、ガウン表面の液滴をマイクロピペットで取り除き、ガウン片の裏側に透過した大腸菌を採取するために、ピンセットでガウン片をとり、裏側をスタンプ培地で軽く5秒間スタンプした。また、ガウン裏側に透過した大腸菌がシャーレ上に付着することも考えられたため、ガウン片を置いていたシャーレ上も別の培地でスタ

ンプした。スタンプ培地を37 $^{\circ}$ C、24時間培養し、スタンプ培地上に形成された赤色のコロニー数をカウントした。ガウン裏側をスタンプして検出された菌数とシャーレ上をスタンプして検出された菌数を合わせて透過菌数とした。

実験は、安全キャビネット内で、専用の白衣、手袋、マスクを着用して実施した。手洗い、消毒は徹底し、実験室外へ拡散しないように努め、安全キャビネット内は実験終了後ただちにUVランプで殺菌した。実験に使用した大腸菌を含む尿や培地、チューブ類はオートクレーブ処理を行って不活化した後、感染性廃棄物容器に廃棄した。実験室内の平均温度($^{\circ}$ C) \pm 標準偏差は、24.9 \pm 0.9、平均湿度(%)は、27.1 \pm 6.6であった。

5. 分析

尿に含まれる大腸菌の付着量の違いによる透過菌数の差についてKruskal-Wallis検定を行った。付着時間の違いによる透過菌数の差については、Mann-WhitneyのU検定を行った。分析には統計解析ソフトIBM SPSS Statisticsを使用し、有意水準を5%とした。

6. 倫理的配慮

本研究は、山梨大学医学部倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号2480)。

VI. 結果

1. 尿に含まれる大腸菌の各種ガウン裏側への透過の有無の確認

まず、対象とした防水タイプ、撥水タイプ、プラスチックのガウン11製品について、尿に含まれる大腸菌のガウン裏側への透過の有無を測定した。看護ケアで実際に着用する最長時間を30分と想定し、実験は菌液付着量を最大の100 μ L、付着時間30分の大腸菌のガウン裏側への透過の有無を確認した(表2)。付着時間30分では、防水タイプ(B1~B4)、プラスチック(P1~P3)は寒天培地上にコロニーの形成が認められず、大腸菌は透過しなかった。一方、撥水タイプ(H1~H4)は透過菌数が多数(>500 CFU)であり、撥水タイプのみ大腸菌が透過したことが明らかとなった。

2. 尿中大腸菌がガウン裏側へ透過した撥水タイプのガウンにおける異なる実験方法を用いた透過の確認

撥水タイプのガウン4種類(H1~H4)のみ大腸菌の透過がみられたため、撥水タイプ4種類を対象に、実験方法AとBの2つの方法で菌液付着量および付着時間を変化させて透過を確認した。

表2 尿に含まれる大腸菌のガウン裏側への透過菌数

ガウン	種類	ガウン裏側への透過菌数 (CFU)
B1	防水タイプ	0
B2		0
B3		0
B4		0
H1	撥水タイプ	>500 ¹⁾
H2		>500 ¹⁾
H3		>500 ¹⁾
H4		>500 ¹⁾
P1	プラスチック	0
P2		0
P3		0

各種ガウン片をデゾキシコレート寒天培地上にのせ、尿中に大腸菌を 1×10^4 colony forming unit (CFU)/mLになるように調製した菌液 $100 \mu\text{L}$ を附着させ、附着30分後のガウン裏側への大腸菌の透過菌数を測定し、CFUで示した。実験は3回繰り返し行った。

¹⁾ コロニー数が多数のため、正確なコロニー数は測定できなかった。

1) 方法Aで測定した場合の尿に含まれる大腸菌の撥水タイプガウン裏側の透過菌数

寒天培地上にガウン片をのせ、菌液を附着させた場合の撥水タイプガウンの附着量および附着時間の変化に伴

うガウン裏側への尿に含まれる大腸菌の透過菌数 (CFU)を平均値 ± 標準誤差 (n = 4)で示した(図1)。なお、結果表示は小数点第一位までとした。

ガウン H1 における透過菌数 (CFU) は、附着時間1分では附着量 $10 \mu\text{L}$ で0、 $25 \mu\text{L}$ で 27.0 ± 27.0 、 $50 \mu\text{L}$ で 125.3 ± 59.2 、 $100 \mu\text{L}$ で 288.3 ± 99.7 、菌液附着時間15分では附着量 $10 \mu\text{L}$ で 23.0 ± 11.4 、 $25 \mu\text{L}$ で 47.0 ± 30.1 、 $50 \mu\text{L}$ で 147.8 ± 50.1 、 $100 \mu\text{L}$ で 210.0 ± 107.0 であった。

ガウン H2 は、附着時間1分では附着量 $10 \mu\text{L}$ で 23.0 ± 7.3 、 $25 \mu\text{L}$ で 72.0 ± 20.2 、 $50 \mu\text{L}$ で 179.3 ± 20.6 、 $100 \mu\text{L}$ で 180.5 ± 89.4 、附着時間15分では附着量 $10 \mu\text{L}$ で 34.5 ± 3.7 、 $25 \mu\text{L}$ で 77.3 ± 5.0 、 $50 \mu\text{L}$ で 149.5 ± 11.6 、 $100 \mu\text{L}$ で 360.8 ± 18.0 であった。

ガウン H3 は、附着時間1分では附着量 $10 \mu\text{L}$ で 27.3 ± 2.9 、 $25 \mu\text{L}$ で 68.3 ± 3.4 、 $50 \mu\text{L}$ で 120.3 ± 6.9 、 $100 \mu\text{L}$ で 261.8 ± 8.3 、附着時間15分では附着量 $10 \mu\text{L}$ で 42.8 ± 5.8 、 $25 \mu\text{L}$ で 82.5 ± 2.5 、 $50 \mu\text{L}$ で 142.8 ± 6.8 、 $100 \mu\text{L}$ で 286.8 ± 32.3 であった。

ガウン H4 は、附着時間1分では附着量 $10 \mu\text{L}$ で 30.8 ± 10.9 、 $25 \mu\text{L}$ で 64.5 ± 22.1 、 $50 \mu\text{L}$ で 54.5 ± 48.6 、 $100 \mu\text{L}$ で 201.8 ± 117.0 、附着時間15分では附着量 $10 \mu\text{L}$ で 44.5 ± 2.5 、 $25 \mu\text{L}$ で 81.8 ± 19.1 、 $50 \mu\text{L}$ で 133.0 ± 44.7 、 $100 \mu\text{L}$ で 339.0 ± 22.7 であった。

附着量間での透過菌数の違いについて、Kruskal-

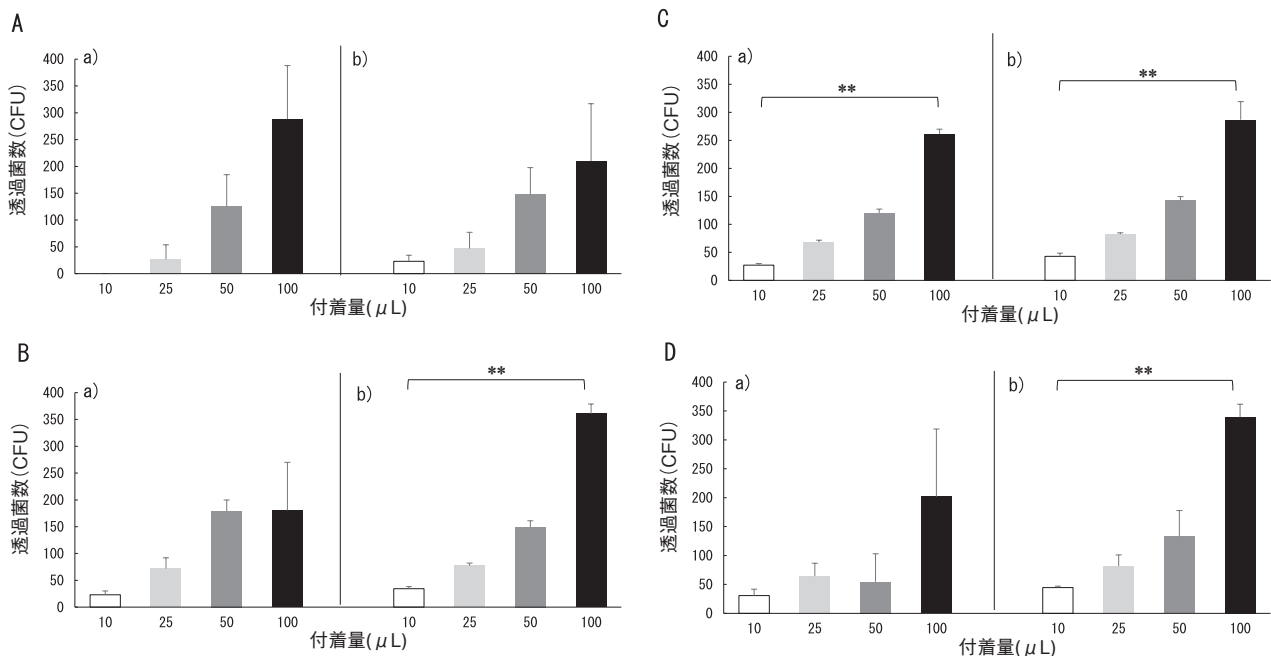


図1 尿に含まれる大腸菌の撥水タイプガウン裏側への透過菌数の変化(寒天培地にガウン片をのせて測定した場合)

A: ガウンH1 B: ガウンH2 C: ガウンH3 D: ガウンH4

a) 附着時間1分 b) 附着時間15分

寒天培地上にガウン片をのせ、尿に含まれる大腸菌(1×10^4 CFU/mL)を附着させて1分および15分後に透過菌数を測定した(方法A)。附着量および附着時間の変化に伴うガウン裏側への透過菌数(CFU)を平均値 ± 標準誤差で示した。

n = 4, **p < 0.01

Wallis 検定を行った結果, ガウン H1 では, 1 分後, 15 分後ともに付着量間では有意差はみられなかった。ガウン H2 では, 付着時間 15 分において, 100 μL の透過菌数が 10 μL の透過菌数よりも有意に多かった (p<0.01)。ガウン H3 では, 付着時間 1 分, 15 分において 100 μL の透過菌数が 10 μL の透過菌数よりも有意に多かった (p<0.01)。ガウン H4 では付着時間 15 分において, 付着量 100 μL の透過菌数が 10 μL の透過菌数よりも有意に多かった (p<0.01)。ガウン H1 ~ H4 において, 付着時間による透過菌数の有意な差はみられなかった。

2) 方法 B で測定した場合の尿に含まれる大腸菌の撥水タイプガウン裏側の透過菌数

滅菌シャーレ上にガウン片をのせ, 付着量および付着時間を変化させて測定した場合の尿に含まれる大腸菌の透過菌数 (CFU) を平均値 ± 標準誤差 (n = 4) で示した (表 3)。

ガウン H1 における透過菌数 (CFU) は, 付着時間 1 分では付着量 10 μL で 0.3±0.3, 25 μL で 1.0±0.7, 50 μL で 1.0±0.7, 100 μL で 2.0±0.9, 付着時間 15 分では付着量 10 μL で 0.3±0.3, 25 μL で 1.3±0.6, 50 μL で 1.5±0.6, 100 μL で 5.0±2.2 であった。

ガウン H2 は, 付着時間 1 分では付着量 10 μL で 0.3 ± 0.3, 25 μL で 1.5±0.9, 50 μL で 2.3±1.3, 100 μL で 3.3 ± 0.9, 付着時間 15 分では付着量 10 μL で 0.5±0.5, 25 μL で 2.0±0.6, 50 μL で 3.0±0.4, 100 μL で 6.3±2.2 であった。

ガウン H3 は, 付着時間 1 分では付着量 10 μL で 5.3 ± 2.1, 25 μL で 12.8±4.7, 50 μL で 22.5±3.2, 100 μL で 50.8±6.8, 付着時間 15 分では付着量 10 μL で 13.8±3.1, 25 μL で 49.8±4.0, 50 μL で 72.0±18.2, 100 μL で 147.8±21.1 であった。

ガウン H4 は, 付着時間 1 分では付着量 10 μL で 0, 25 μL で 0.5±0.5, 50 μL で 0.3±0.3, 100 μL で 1.5±0.6, 付着時間 15 分では付着量 10 μL で 0.3±0.3, 25 μL で 0.8 ±0.5, 50 μL で 2.8±1.1, 100 μL で 4.0±1.2 であった。

付着量間での透過菌数の違いについて, Kruskal-Wallis 検定を行った結果, ガウン H1 では付着量, 付着時間のいずれにおいても有意な差は認められなかった。ガウン H2 では, 付着時間 15 分において, 付着量 100 μL の透過菌数が 10 μL の透過菌数よりも有意に多かった (p<0.05)。ガウン H3 では, 付着時間 1 分, 15 分において付着量 100 μL の透過菌数が付着量 10 μL の透過菌数よりも有意に多かった (p<0.01)。ガウン H4 では, 付着量, 付着時間のいずれにおいても有意な差は認められなかった。付着時間における透過菌数の違いでは, ガウン H3 の付着量 25 μL, 50 μL, 100 μL において付着時間 15 分の透過菌数が付着時間 1 分の透過菌数よりも有意に多かった (p<0.05)。ガウン H1, H2, H4 では, 付着時間による透過菌数に有意な差はなかった。

Ⅶ. 考察

本研究では, 尿中の大腸菌濃度を 10⁴ CFU/mL に調製し, 10 ~ 100 μL をガウンに付着させて裏側への透過を調べた。尿路感染症では尿中の細菌が 10⁴ CFU/mL 以上存在することを診断基準とすることから¹⁷⁾, 患者の尿に含まれる大腸菌として想定される大腸菌濃度であったと考える。また, 10 ~ 100 μL の付着は陰部洗浄や排泄物処理の現場でも十分想定される付着量であったと考える。

実験結果より, 防水タイプおよびプラスチックガウンでは尿に含まれる大腸菌液 100 μL を 30 分付着させて

表 3 尿に含まれる大腸菌の撥水タイプガウン裏側への透過菌数の変化(滅菌シャーレ上にガウン片をのせて測定した場合)

n=4

ガウン	付着時間 1 分				付着時間 15 分			
	10 μL	25 μL	50 μL	100 μL	10 μL	25 μL	50 μL	100 μL
H1	0.3±0.3	1.0±0.7	1.0±0.7	2.0±0.9	0.3±0.3	1.3±0.6	1.5±0.6	5.0±2.2
H2	0.3±0.3	1.5±0.9	2.3±1.3	3.3±0.9	0.5±0.5	2.0±0.6	3.0±0.4	6.3±2.2
H3	5.3±2.1	12.8±4.7	22.5±3.2	50.8±6.8	13.8±3.1	49.8±4.0	72.0±18.2	147.8±21.1
H4	0	0.5±0.5	0.3±0.3	1.5±0.6	0.3±0.3	0.8±0.5	2.8±1.1	4.0±1.2

各ガウン片を滅菌シャーレ上にのせ, 尿中の大腸菌 (1×10⁴ CFU/mL) を付着させて透過菌数を測定した (方法 B)。付着量および付着時間の変化に伴うガウン裏側への透過菌数 (CFU) を平均値 ± 標準誤差で示した。

*p < 0.05, **p < 0.01

もガウン裏側に透過しなかったのに対し、撥水タイプのガウンは多数の大腸菌透過がみられた。方法 A, B の異なる 2 つの実験方法において撥水タイプのガウン裏側への大腸菌の透過が確認された。一部の撥水タイプでは尿に含まれる大腸菌液付着量が $10 \mu\text{L}$ と微量でも付着時間 1 分でガウン裏側へ透過することがわかった。

方法 A (図 1) では、ガウン H2, H3, H4 において付着量 $10 \mu\text{L}$ の透過菌数と付着量 $100 \mu\text{L}$ の透過菌数に有意な差がみられ、方法 B (表 3) ではガウン H2, H3 に付着量 $10 \mu\text{L}$ の透過菌数と付着量 $100 \mu\text{L}$ の透過菌数に有意な差がみられた。方法 A, 方法 B ともに付着量間で有意な差がみられなかったガウン H1 においても、付着量の増加に伴って透過菌数は増加していた。一方、付着時間 1 分と 15 分の間では方法 B のガウン H3 以外は有意な差はみられなかった。

先行研究では、一層性不織布において菌液付着 2 時間後までメチシリン耐性黄色ブドウ球菌 (*Methicillin-resistant Staphylococcus aureus*; MRSA) の透過はみられなかったとの報告がある¹²⁾。また、MRSA が特に血液や尿に含まれた場合、撥水性のない制菌加工されたガウンにおいて付着直後からガウン裏側へ MRSA が透過したという報告がある¹⁸⁾。しかし、対象としたガウンは現在のガウンの分類とは素材や組成も異なっており、現在用いられている撥水タイプで大腸菌がガウン裏側へ 30 分以内に透過した報告はない。

実験対象とした防水タイプ、撥水タイプのガウンはすべてポリプロピレンを素材とした不織布で、プラスチックのガウンはポリエチレン素材である。不織布は、繊維を一方向又はランダムに集積して接着樹脂で化学的に結合させる、または水の圧力や熱などの力で物理的に繊維を交絡させることでシート状にして加工され、繊維状多孔構造である¹⁹⁾。しかし織物とは異なり、繊維間の隙間は均一ではない。撥水タイプのガウンはポリプロピレン素材を用いることで、液体をはじく効果を得ており、繊維間の隙間は完全に塞いでいないので通気性が良いという利点がある。一方、防水タイプのガウンは、ポリプロピレン素材の不織布面にラミネート加工やポリエチレンコーティングすることで不織布の隙間を塞ぎ空気や水も通さないようにしている。プラスチックガウンは、素材がポリエチレンで薄くて柔らかく、ユニフォームにまわりつかないようにエンボス加工を施した密閉構造のガウンである。安価で使用しやすい反面、引張力など物理的負荷には脆弱で破損しやすい特徴がある²⁰⁾。防水タイプやプラスチックガウンは構造上、密閉構造となっているため、着用時はガウン内に熱が停滞しやすく、蒸れやすい特徴がある²¹⁾。

防護服を微生物が通過する要因として、The National Personal Protective Technology Laboratory (NPPTL)²²⁾

では、①生地の物理的・化学的特性、②微生物の形状や大きさ、環境への適応性、③表面張力や粘着性、媒介する物質や量など病原媒介体の特性、④物理的・化学的・熱的ストレスを挙げている。微生物は体液、脱落した皮膚細胞、糸くず、埃、呼吸飛沫などの担体によって運ばれ、かなりの数の微生物が肉眼では見えない非常に微量の血液または体液中に運ばれる可能性があることを指摘している。大腸菌は、 $1.1 \sim 1.5 \times 2.0 \sim 6.0 \mu\text{m}$ のグラム陰性桿菌で周毛性鞭毛があり運動性を有しており、尿中においても pH6 ~ 8 では浸透圧の大小に関係なく増殖できる菌種である^{6) 23) 24)}。また、尿の表面張力は水よりも低く²⁵⁾、表面張力の低下は透過を亢進する要因の一つとなり得ると考える。これらを踏まえると、撥水タイプで尿中大腸菌の透過がみられた要因として水をはじくポリプロピレン製であっても不織布の多孔性という物理的特性に加え、運動性を有する大腸菌の特性と尿の表面張力の特性が影響していたことが考えられた。

今回、2 つの実験方法で撥水タイプガウンの大腸菌の透過を確認した。透過菌数は寒天培地上にガウン片をのせて菌液を付着させる方法 A の方が、滅菌シャーレ上にガウン片をのせて菌液を付着させる方法 B よりも多かった。寒天培地は表面を十分に乾燥させて使用しているが、滅菌シャーレに比べて湿度が高いと考えられ、湿潤環境では菌の透過が起こりやすいと推察される。臨床現場において、ガウン着用時は乾燥した状態であっても、夏場の気温が高い時や看護動作に伴い、ガウン着用中に発汗することは想定される。通気性の良い撥水タイプのガウンであってもガウン内の湿度が上がり湿潤した環境ができる可能性がある。

防水タイプやプラスチックに比べて撥水タイプのガウンは通気性がよく蒸れにくいという利点がある。しかし、陰部洗浄や排泄物処理など排泄物と密に接触する可能性が予測される際には、微量の飛沫でもガウン裏側へ大腸菌の透過が起こることが想定されるため、撥水タイプのガウンの使用が望ましいとは言えない。一方、プラスチックタイプは袖のあるガウンと袖のないエプロンがあり、安価で着脱もしやすい。しかし、エプロンは袖がなく、前腕の汚染に対しては防衛できない。エプロンとガウンは、血液や体液の曝露の程度により使い分けをするとあるが²⁶⁾、微生物汚染は必ずしも視覚的に確認できるわけではないため、気づかずに微生物を伝播する可能性がある。以上のことより、陰部洗浄や排泄物処理など広範囲に湿性生体物質が飛散する可能性がある場合には密閉構造でガウン裏側へ大腸菌が透過しない防水タイプのガウンもしくはプラスチックガウンの使用が望ましいと考ええる。

透過が確認された撥水タイプのガウンは 4 製品のみであり、撥水タイプ全般に当てはまるとは限らない。ガウ

ンを微生物が通過する要因は微生物の特性や微生物のおかれる環境、媒介する物質など様々な条件によって異なることが考えられるため、他の菌種や尿以外の湿性生体物質での検討がさらに必要である。

文献

- 1) 長瀬仁 (2015) 医療従事者をエボラウイルス感染症から守る 8 「ガウン(サージカルガウン・アイソレーションガウン)、ブーツカバーの選定基準と使用上の注意点」. 労働の科学, 70(3):34-37.
- 2) 一般社団法人 職業感染制御研究会 (2022). http://jrigoicp.umin.ac.jp/related/ppe_2022/【合体版】感染予防のための个人防护具(PPE)の基礎知識とカタログ集_forWEB.pdf(2023年3月8日アクセス可能)
- 3) Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, et al. (2007) Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/isolation/index.html> (2023年2月28日アクセス可能)
- 4) 梅津敦士, 三橋睦子 (2017) 口腔ケア時の洗浄液の飛散状況および口腔環境調査. 日本環境感染学会誌, 32(4):186-192.
- 5) 東野督子, 竹内貴子, 安岡砂織, 他 (2007) 気管吸引後の看護師のガウン汚染と療養環境への影響. 感染防止研究会, 17(1):39-48.
- 6) 東匡伸, 小熊恵二, 堀田博 (2013) シンプル微生物学(改訂第5版). 南江堂, 東京都, 129-130.
- 7) 日本産業規格 (2001) 不織布用語. <https://kikakurui.com/L0222-2001-01.html> (2023年3月10日アクセス可能)
- 8) マスダ株式会社, 生地屋の機能性解説. <https://masuda-tx-ap.co.jp/column/bousui> (2023年3月1日アクセス可能)
- 9) 日本不織布協会 (2020) 不織布の製法. <https://www.anna.gr.jp/manufacturing.php> (2023年3月2日アクセス可能)
- 10) 日本化学繊維協会. https://www.jcfa.gr.jp/about_kasen/katsuyaku/26.html (2023年3月2日アクセス可能)
- 11) 日本産業規格 (1994) プラスチック用語. <https://kikakurui.com/k6/K6900-1994-01.html> (2023年3月8日アクセス可能)
- 12) 森本美智子, 田辺文憲 (2004) ガウンの素材の違いによるMRSAの透過性の検討. 山梨大学看護学会誌, 3(1):19-24.
- 13) 森本美智子, 田辺文憲, 中山栄浩 (2005) 看護ケアで生じる摩擦によるプリコーションガウンのMRSA透過性の変化. 日本環境感染学会誌, 20(2):85-90.
- 14) 三輪木君子 (2004) 臨床における「清拭」援助の実態と看護師の認識. <https://oshika.u-shizuoka-ken.ac.jp/media/200803061106071919506507.pdf> (2023年6月20日アクセス可能)
- 15) 土田敏恵, 荻野待子, 濱元佳江 (2015) 感染防止の視点から捉えた陰部洗浄の実態 - 病院・介護福祉施設を対象とした大規模全国調査から -. 日本環境感染学会誌, 30(2):117-126.
- 16) 川島みどり, 青木光江, 石向節子, 他 (1989) 看護ケアの質に影響する因子の検討 - ベッドサイドにおける看護婦の行動観察から -. 日本看護科学会誌, 9(3):102-103.
- 17) 日本化学療法学会 UTI薬効評価基準見直しのための委員会 (2009) 尿路感染症に関する臨床試験実施のためのガイドライン - 第1版 -. 日本化学療法学会雑誌, 57(6):511-525.
- 18) 森本美智子, 田辺文憲 (2005) MRSAが血液および尿に含まれた場合のプリコーションガウン裏側への透過性の検討. 日本感染看護学会誌, 3(1):32-41.
- 19) 矢井田修 (2004) 不織布. 繊維と工業学会誌, 60(6):65-69.
- 20) 森本美智子, 田辺文憲 (2011) 引張力によるプリコーションガウン裏側へのMRSA透過性の変化の検討. 日本感染看護学会誌, 7(1):8-17.
- 21) 内田幸子, 小柴朋子, 傳法谷郁乃, 他 (2021) 感染防護服着用時の生理・心理反応に関する研究. 繊維製品消費科学会誌, 62(1):44-53.
- 22) The National Personal Protective Technology Laboratory (NPPTL). Considerations for Selecting Protective Clothing used in Healthcare for Protection against Microorganisms in Blood and Body Fluid. <https://www.cdc.gov/niosh/npptl/topics/protectiveclothing/> (2023年4月12日アクセス可能)
- 23) 猪狩淳 (1969) 尿中細菌増殖に及ぼす尿pH, 浸透圧の影響. 日本伝染病学会誌, 42(12):343-352.
- 24) 吉田眞一, 柳雄介, 他 (2004) 戸田新細菌学(改訂32版). 南山堂, 東京都, 547-548.
- 25) 小原洋右 (1971) 尿表面張力と尿中活性物質に関する研究. 日本医科大学医学会雑誌, 38(5):20-28.
- 26) 榮留富美子 (2015) 医療従事者をエボラウイルス感染症から守る 7 「防護服(カバーオール), エプロン・プラスチックガウンの選考基準と使用上の注意点」. 労働の科学, 70(2):28-31.