原著

手術用不織布の発塵性に関する検討 —特に素材・製法との関係について—

北村 征治* 久保木 薫恵*²
中川 文博*² 山本 浩*²

Production of Air Borne Particles from Nonwoven Fabrics

*Seiji KITAMURA[#], Toshie KUBOKI,
Fumihiko NAKAGAWA and
Hiroshi YAMAMOTO*

*Department of Surgical Operation Center,
Shiga University of Medical Science*

*[#] Present address: Department of Anesthesiology,
Children's Medical Center of Osaka City*

Abstract

Disposable surgical gowns and drapes made of nonwoven fabrics (NWF) has been used increasingly. Our purposes of this study is quantitative comparison of air borne particles produced by eleven kinds of NWF.

We investigated the number of air borne particles from these NWF by particle counters on mechanical vibration and friction according to the methods described. These 11 kinds of NWF were divided to next five groups.

Group A : Dry laid nonwoven fabrics (parallel type).

Group B₁ : Wet laid nonwoven fabrics—reinforced synthetic fibers.

Group B₂ : Wet laid nonwoven fabrics—tissue reinforced with scrim.

Group C : Dry laid nonwoven fabrics with all pulp.

Group D : Cotton fabrics.

Methods. Vibration test : A corner of 25×25cm square sample of NWF was shaken in 3 cm wide and 570±12 times in a minute by electrical motor. At the point of 30cm far from the sample, air borne particles were measured by a particle counter.

Friction test : By using pilling tester, same kinds of two samples which were 4 inch square were rubbed under the pressure of 41.68g/cm² and 86 times in a minute. Air borne particles were measured at the point of 2cm far from the friction points.

These studies were performed in a bioclean room.

The results revealed that on the vibration test, the order of numbers of particles more than 0.3μm of diameter were D>B₂>C>A>B₁ and on the friction test, the same tendency was gained more clearly.

We conclude that all kinds of NWF produce smaller amount of particulate than cotton fabrics and suspect that the differences of the number of particles among NWF depends on the containing ratio of latex and cotton fibers.

* 滋賀医科大学手術部 現勤務先 大阪市立小児保健センター麻酔科

*² 滋賀医科大学手術部 (原稿受付; 昭和58年7月25日)

(2) 医器学 Vol. 53, No. 12 (1983)

手術室における不織布の需要は、バイオクリーン手術用および感染症手術用を中心として、近年増加の傾向にある。手術用不織布に関しては、その撥水性、吸水性、通気性、細菌遅蔽性、発塵性、経済性、着心地、他種々の問題が、詳細に検討されつつある。特に発塵性については、手術野の清潔度保持の点で問題とされ、これに関しては、不織布を用いた時の手術中の発塵程度を測定した報告¹⁾や、清潔環境下で、一定の運動を不織布着用者に負荷した場合の発塵度に関する報告²⁾がみられ、不織布の優秀性が認められている。しかし種々ある不織布について、それぞれの素材や製法^{3,4)}と、発塵の程度についての報告はみられない。

われわれは現在本邦で使用されている代表的な不織布（ガーゼ類は除く）について、2種の試験法を考案し、これによりその発塵の程度を測定し、その結果と、素材および製法との間に、一定の関係を認めたので報告する。

1. 方法および材料

1-1 実験環境と発塵数測定法

以下の実験（試験）は、滋賀医科大学手術部、水平層流式バイオクリーン手術室において、HEPA filter 面から 50cm 以内の距離、クラス 100 の位置で行った。

発塵数の測定には、Particle Counter (RION KC-01, および KP-01), を用い、種々の塵埃粒径において、その粒径より大なる総粒子数を 1 立方フィート (cft) 当たりの数として測定した。

1-2 発塵試験法

a) 振盪発塵試験

一定の回数、一定の振幅で試料を振盪した時の発塵をみるために、次の装置を考案した（図 1）。すなわちアクリル樹脂製角筒（一辺 30cm）を HEPA filter 直後におき、清浄空気がこの中を通過するように設置する。本角筒の天井部分にクランク付モータを取り付け、このクランクの先および角筒の底部中央に、試料固定用クリップを取り付ける。一辺 25cm の正方形に裁断した試料の対角部分を、本クリップに固定する。モータの回転により、試料は毎分 570 ± 12

図 1 振盪発塵試験装置

回、振幅 3cm で、上下前後に振盪される。この時、試料から 30cm における発塵数を測定した。

b) 摩擦発塵試験

布の強度試験用 pilling tester を用い、同種の試料（表面同士）間に、一定の接触面積（4 平方インチ）で、一定の荷重（ 41.68 g/cm^2 ）を加えて、毎分 86 回の速度で回転摩擦した時、摩擦面から 2 cm の距離での発塵数を測定した。すなわち摩擦面から 2 cm の距離のある点における測定塵埃数の総数を、100 回摩擦することにより算出し、試料が破損しない限り、1,100 回連続摩擦を続けた。これら 11 回の測定結果についてその平均値、および 100 回ごとの測定塵埃総数の経時的变化について検討した（図 2）。

図 2 摩擦発塵試験装置

1-3 実験材料

実験に供した試料の種類を、その素材および製法により分類すると、表 1 に示すごとくである。すなわちそれら各群と試料の数は、A) 乾式パラレル群 5 種、B₁) 湿式繊維混抄群 3 種、B₂) 湿式織物補強群 2 種、C) 乾式パルプ群 1 種、および D) 木綿綾織り覆布 3 回洗濯後のも

表1 不織布の種類

Group	製 法	素 材	製 品
A	乾式パレル	人絹長繊維 ラテックス	cap, drape sheet, towel
B ₁	湿式繊維混抄	ナイロン繊維 パルプ	drape gown
B ₂	湿式織物補強	繊維(織物) パルプ	drape gown
C	乾式パルプ	ラテックス パルプ	drape
D	木綿繊維覆布 (control)	綿繊維	drape gown

の(Control) 1種で、不織布としては5社、11種類である。

これらの試験は、無作為的順序で行い、一種の試料について5サンプルを使用し、backgroundを差し引いた値の平均値で比較した。これらの結果は、両対数グラフ上で、横軸には発塵粒子粒径を、縦軸には、横軸の粒径以上の粒径を有する粒子数(例えば、図中で粒径 5μ の

図3 振盪発塵粒径分布

粒径粒子数が100個とあれば、 5μ 以上の粒径を有する粒子数が100個を意味する)として、このグラフ上にプロットした。

2. 結 果

2-1 振盪発塵試験

すべての不織布および木綿覆布についての測定結果を図3に示す。

木綿覆布(D群)の粒径 0.3μ 以上の総発塵数は、 $163,080 \pm 14,642$ 個/cft、 0.5μ 以上で $101,280 \pm 7,767$ 個/cftと非常に多く、その発塵粒子の粒径分布は、 5μ 以上、 $2 \sim 4.9\mu$ 、 $1 \sim 1.9\mu$ 、 $0.5 \sim 0.9\mu$ 、 $0.3 \sim 0.5\mu$ の各群とも、平均して多量であった。

これに対して、不織布群の発塵は、すべて有意に抑制された。すなわちA群では、D群の約0.1~1.0%であり、粒径分布では、 $2 \sim 4.9\mu$ の粒子が他粒径に比し多い。B₁群は、本試験では全く発塵を認めず、不織布群中、最も優れた結果を示した。B₂群では、2製品間にやや差を認めるが、発塵の多い方の製品で、A群の約10倍の発塵を認めた。C群に属する製品で手術用不織布は少数で、本実験では1製品のみについて測定したが、A群の約2倍の発塵を示した。

これらの結果、不織布間ではB₁群の発塵が最も少なく、A、C、B₂の順に多くなる傾向を認めた。発塵粒径としては、 $2 \sim 4.9\mu$ の塵埃が多く、この傾向は不織布各群間に共通していた。

2-2 摩擦発塵試験

測定結果を図4に示す。

一般に摩擦試験では、振盪試験の約10~200倍の発塵数を認めた。すなわちD群の 0.3μ 以上の総粒子数は、 $1,768,510 \pm 119,100$ 個/cftと振盪発塵の約11倍であり、その粒子粒径分布も、種々の粒径のものが均等に増加し、粒径分布上の片寄りは認めなかった。

不織布群では摩擦試験により、振盪試験でみられた各群間の差が、より一層明確となった。すなわちA群では、 0.3μ 以上の総粒子数は4610個から1010個まで、製品間にややばらつきを認めるが、D群(control)の0.26~0.06%、 $1/400 \sim 1/1700$ の発塵であった。B₁群は、本試験においても振盪試験同様、その発塵数は不織布中最少

(4) 医 器 学 Vol. 53, No. 12 (1983)

図 4 摩擦発塵粒径分布

で、D群の $1/10000$ オーダであり、製品間の差も少ない。B₂群は摩擦に弱く、750回の摩擦の間に、65%の試料が破損した。これらの製品は、摩擦により発塵傾向は非常に高まり、振盪試験でA群の10倍を示した製品は、本試験でA群の85倍(D群の約15%)となり、粒径分布でも、他の不織布群では発塵の少ない 5μ 以上の粒径域においても、多量(D群の約 $1/2$)の発塵を認めた。C群は、B₂群以上に摩擦に弱く、200回以上の摩擦は不能で、表面のパルプ粒子はほとんど脱落し、フィルム面のみが残存した。発塵数としては、A群の約10倍程度であった。

摩擦試験による発塵数の経時的変化をみても、

図 5 摩擦試験の経時的変化
0.3 μ 以上の総発塵数について

各群間の差は明確であった(図5)、0.3 μ 以上の総粒子数で比較すると、D群で、初期が1,900,000~2,600,000個/cft 台のものが、800回を越えると1,300,000個/cft 台まで減少するが、これ以下には低下しない。A群では初期発塵が多く、次第にその $1/2$ の程度まで、減少した。B₁群は、発塵数そのものが少ないが、経時的にみても変化は少ない。B₂群は、多量の発塵が、経時的には増加傾向をもって、認められた。

3. 考 察

不織布の発塵性について、従来の報告では手術中を含めて、人が着用した時の実際の発塵数について、木綿製ガウンと比較したものがある²⁾。今回、われわれはできる限り他の条件を均一化した時の、不織布そのものに起因すると思われる発塵について、2種の発塵試験法を用いて、比較することを試みた。これらの結果は従来の手術中の測定結果と一致して、少なくとも不織布の発塵の少なさという点において、十

分裏付けとなる結果が得られた。特に手術中を想定した場合、ガウン同士（不織布同士）の摩擦による発塵が、重要な因子の1つと考え、単なる振盪のみならず、一定荷重下に摩擦した時の発塵を測定したが、これにより、不織布間にも、その製法・素材により、有意の差があることが、明らかとなった。

結果はその発塵の多い順に、 $B_2 > C > A > B_1$ となったが、 B_1 群の優れた点について、その主な理由としては、それらの素材・製法との関係が深いもの、と考える。すなわち B_1 群では、含浸される接着剤としてのラテックス量が、 A, B_2 群に比し約2倍位多いとされているので、この接着効果により、おもに発塵が抑えられているものと考え。これに比べ、同じ湿式法による B_2 群では、繊維を織物状にしてそれを中心部に入れることにより、ラテックス含量を減少し、着心地をより良くしているものの、ラテックス含量が少ない分だけ、パルプ粒子等の発塵に対する抑制効果は、劣るようである。 A 群は長い（約50mm）人絹繊維を使用し、パルプは使用していないので、発塵は比較的少ないものと考え。また摩擦による発塵の経時変化からみて、初期発塵の多い点については、製造工程上、長いレーヨン繊維への塵埃の付着が、この要因の1つではないか、と考える。 C 群はパルプ粒子を接着フィルム面に吹きつけることにより、製造されているので、特に摩擦に弱いことは、予想のとおりであるが、 B_2 群が摩擦に弱いことは、手術用ガウンとして、これを用いて製造され現在使用されていることを考えると、こと摩擦、および発塵という点に限っていえば、問題があると思う。

本実験では前述のごとく、できる限り単純な状態で、問題を発塵だけにしぼって比較したが、もちろん不織布とは、それ以外にもそれらの使用目的に応じて、特に、通気性⁵⁾や撥水性、細菌遮蔽性など、同時に、同等に、考慮する必要があり、今回の結果を、すべてに適応することは、できない。また実際の手術に、不織布の種類を限定して使用してみた時の発塵度が、今回の実験結果と、どの程度一致するか、すなわち、実際の手術の場合でも、不織布間に差が現われる

ものかどうか、は今後の課題である。

4. 総 括

1) 現在、本邦で使用されている手術用不織布（ガーゼ類は除く）11種、について、その発塵性について、検討した。

2) 発塵試験法として、振盪発塵試験および摩擦発塵試験による方法を考案し、これにより各試料を比較した。

3) その結果、その発塵の程度と各種製品の素材製法との間に、関係のあることを認め、特に摩擦試験の結果は、各群間に明確な差のあることを示した。

4) すなわち、湿式繊維混抄群（ B_1 ）は、最も発塵数が少なく、次いで、乾式パラレル群、（ A ）、乾式パルプ群（ C ）、湿式織物補強群（ B_2 ）の順に増加したが、いずれも木綿綾織覆布に比し、有意に少なかった。

5) 発塵数の多少については、それらの素材としてのラテックス含量や、素材とされた繊維の種類との関係が深いと考え、それについて検討を加えた。

謝 辞

不織布各種の製法技術に関する情報の提供と、本実験に際し、終始ご協力くださった日本メディコ(株) 真木基允、河本晋一の両氏に、心から感謝の意を表します。

（なお、本論文の要旨は第1回手術部医学会——第3回手術部研究会（大阪）において発表した）

参 考 文 献

- 1) 永井勲他：不織布製品使用手術中における室内空中浮遊塵埃の測定と不織布の細菌透過性に関する検討，医器学，53(4)；207，1983
- 2) 高橋泰子他：人体から発生する塵埃および細菌に関する定量的検討——垂直層流式バイオクリーン手術室を使用して，医器学，51(Suppl)；54，1981
- 3) 吉本耕司：湿式不織布製造装置について，プラスチック，24(2)；64，1973
- 4) 宮本治男他：不織布の性能について，化繊紙研究会誌，第13号 pp. 53, 1974
- 5) 小林寛伊他：医療用不織布の試験方法について（Ⅱ），医器学，53(4)；207，1983