

## ■Original article : Study on the Leakage of Respirator for Airborne Infections

# 空気感染予防のための呼吸器感染防護具の漏れ率に関する 基礎的研究

黒須 一見<sup>1)2)</sup> 吉川 徹<sup>3)</sup> 小林 寛伊<sup>1)</sup> 大久保 憲<sup>1)</sup>

## はじめに

現在、新型インフルエンザの発生が懸念されており、呼吸器感染防護具の備蓄や使用方法に関するトレーニングが実施されている。医療従事者だけではなく、一般の人々も備蓄について関心を寄せている現状にある。N95 微粒子用マスクは米国疾病予防対策センターの「隔離予防策のためのガイドライン」には「レスピレーター（呼吸器感染防護具）」と記載され、空気感染源からの呼吸器感染のリスク軽減を目的として設計、開発された保護用マスクである。日本の医療現場では、サージカルマスクや N95 微粒子用マスクは総称して「マスク」と呼ばれており、用途や性能の違いは理解されているものの定義が曖昧である。慣れていない医療従事者は、N95 微粒子用マスクのサイズの選定や装着が正しく行うことができない可能性がある。

第一種・第二種感染症指定医療機関で結核患者の受け入れを行っている施設では、N95 微粒子用マスクの使用頻度は高い。着用時のフィットチェック（ユーザーシールチェック）を毎回実施し、年 1 回サッカリン等を使用したフィットテストを実施する必要がある。また、一類相当の感染症が発生した際には電動ファン付き呼吸用保護具（Powered Air-purifying Respirator : PAPR）を着用し、患者の対応にあたることを想定され、PAPR の着用訓練も定期的にも実施する必要がある。

しかし、現状では、1) PAPR の効果について科学的なデータがない、2) 使い捨て式呼吸器感染防護具の適正利用のためのトレーニング手法の標準化という課題がある。また、これまでの先行研究では、①経験により N95 微

粒子用マスクの密着性が不明、②日本のデータに基づく評価がない、③医療従事者での密着率の国内データがないということが指摘されており、科学的知見を得る必要がある。

そこで今回、医療機関における正しい呼吸器感染防護具の情報と利用方法の啓発のため、医療従事者を対象に使い捨て式呼吸器感染防護具(N95 微粒子用マスク)と PAPR の漏れ率に関する検討、および N95 微粒子用マスクの密着性向上に関する技術開発研究を行った。

## 1. 研究方法

### 1.1 研究目的

医療従事者を対象として、使い捨て式呼吸器感染防護具(N95 微粒子用マスク)と PAPR の漏れ率に関する検討、および密着性向上に関する技術開発研究を実施し、医療機関における正しい呼吸器感染防護具の情報と利用方法促進のための知見を得る。

### 1.2 期待される成果

これまで、使い捨て式呼吸器感染防護具に関してはサッカリンを使用した定性的なフィットテストを用いることが多かった。マスクフィッティングテスターを使用して漏れ率を計測し、具体的な数値で示すことにより、個人の感覚ではない正確な密着性を定量的に示すことができる。また、使い捨て式呼吸器感染防護具の種類やサイズの選定を示すことが可能となり、使い捨て式呼吸器感染防護具の適正利用のための院内トレーニング手法の標

1) 東京医療保健大学大学院 2) 財団法人東京都保健医療公社荏原病院 3) 財団法人労働科学研究所

準化を図ることができる。PAPR の漏れ率を計測することで、PAPR の効果を医療従事者に報告でき、より安全な使用が可能となる。

### 1.3 方法

- 1) 対象: 東京都保健医療公社荏原病院に勤務する医師、看護師、臨床検査技師、事務員 計 51 名
- 2) 研究期間: 平成 20 年 8 月
- 3) 実施場所: 荏原病院内各部署
- 4) 具体的な方法

#### ①漏れ率の測定:

- ・ 労研式マスクフィッティングテスター(以下フィットテスター)を用い、各種のマスクに関する漏れ率を測定する(以下フィットテストとする)。

- ・ フィットテスターに接続する端子を被験者が装着したマスクに差し込むことで、漏れ率を測定する。フィットテスターの表示が「PASS」の場合を「適切」とする。

#### ②フィットテスト実施手順

- ・ フィットテスト実施の手順の説明をうけ、口唇幅、鼻根-頤部径を計測する。
- ・ フィットテストを行うマスクを常時使用している方法で装着し漏れ率を測定する(第1回測定)。1回の測定時間は30秒とし、フィットテストでは顔に動作は加えない。
- ・ 研究者からマスクの装着の仕方、フィットチェック(ユーザーシールチェック)の方法の指導を受け、その後、フィットテスターにて漏れ率を測定する(第2回測定)。1回の測定時間は30秒とし、フィットテストでは顔に動作は加えない。



「労研式マスクフィッティングテスター (MT-O3 型、柴田科学(株))」は、防塵マスクの顔面への密着性(漏れ率)を定量的に求めることができる測定器である。普通の室内の空气中に浮遊している粉塵を試験粒子として用い、粉塵測定器には米国で開発の particle counter を利用している。顔面の装着した防塵マスクの外側と内側の粉塵数濃度を求め、面体の外側と内側の粉塵の粒子濃度比を算出することで、粉塵の面体内への侵入率(漏れ率)を算出する。

図1 労研式マスクフィッティングテスターMT-O3 型、柴田科学(株)

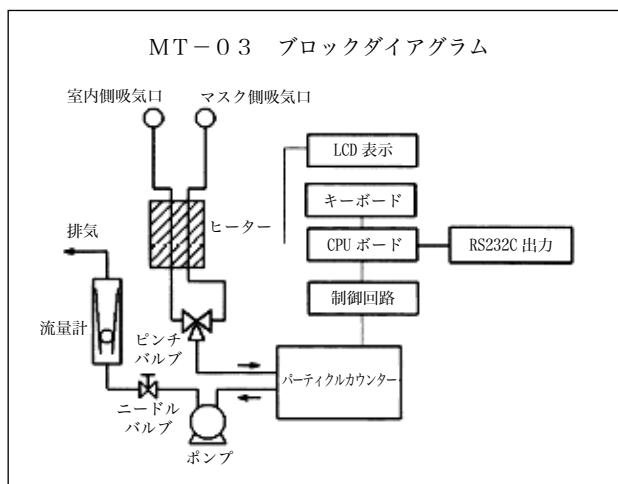


図2 労研式マスクフィッティングテスターの原理 (労研式マスクフィッティングテスター取扱説明書より引用)

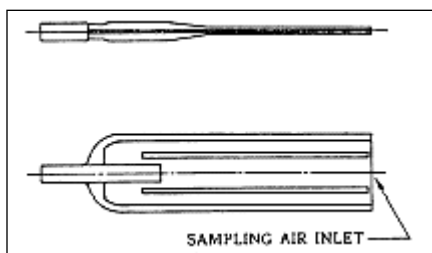


図3 労研式マスクフィッティングテスターに接続する端子 (文献8より引用)



重松製作所製荏原病院仕様の PAPR      フィットテスターの端子を装着した場面（丸部分が端子）

図4 重松製作所製荏原病院仕様の PAPR でのフィットテスト

表1 N95 微粒子用マスクの漏れ率の初回測定結果

	感染症科看護師 n=16	外来看護師 n=7	医師 n=3	検査技師 n=23	その他 n=2	全て n=51
mean	3.9	20.9	10.5	4.9	1.7	7.1
SD	3.2	19.0	9.3	5.0	1.4	9.8
『適切』人数	15	2	2	20	2	41

- ・2回の測定とも漏れ率が10%を越える場合には、当該マスクがフィットしないと判定する。

### ③PAPRの漏れ率の測定

- ・重松製作所製荏原病院仕様の PAPR を看護師が装着し、装着直後、モーター作動直後、以後5分間隔で30分後までの間（計8回）、フィットテスターを用いて測定する。装着した PAPR の内部（被験者の口元に近い部位）にフィットテスターの端子を接着し、漏れ率を測定する。

## 1.4 倫理面への配慮

本研究は被験者の健康障害を生じる危険性もほとんどないと考えられる。使用するマスクは、医療従事者が通常業務のなかで使用しており、予想される健康被害の可能性はほとんどないと考えられる。顔の一部分の計測については、不快に感じる対象者もいる可能性があるため、自由に中止でき、本人の不利益がないことを伝え、計測を中止することとした。測定にあたり、本人の身体的特徴やマスクがフィットしない理由などを述べることで、被験者の人権を損害しないよう配慮した。

## 2. 結果

N95 微粒子用マスクの漏れ率の初回測定時は「適切」

41名(80%)、「不適切」10名、平均漏れ率7.9% (標準偏差±9.8%、幅 0.89~52.76%)であった。職種別の漏れ率は、感染症科看護師：平均 3.9% (標準偏差±3.2)、外来看護師：平均 20.9% (標準偏差±19.0)、医師：平均 10.5% (標準偏差±9.3)、検査技師：平均 4.9% (標準偏差±5.0)であった。感染症科看護師16名中15名が1回目の測定で「適切」であり、1名も2回目測定で「適切」と判定された。一方、外来看護師は1回目の測定で7名中5名が「不適切」であり、そのうちの3名は2回目測定でも「不適切」と判定された。その後、3名ともマスクを別の製品に変更することで「適切」となった。検査技師は23名中3名が1回目測定で「不適切」となったが、2回目の測定で2名が「適切」となった。残りの1名はマスクを変更することで「適切」となった(表1)。

## 3. 考察

感染症科看護師の漏れ率が最も少なかった理由としては、病棟の特殊性として第二種感染症指定医療機関で日常的に結核患者の受け入れを行っており、N95 微粒子用マスクの着脱に慣れていたと考えられる。検査技師は日常的に N95 微粒子用マスクを使用する機会は少ないが、定期的に勉強会やトレーニングを実施しており、調査の半年前にもサッカリンを使用したフィットテストを実施していた。このようなトレーニングの成果が今回の調査

結果に結びついたとも考えられる。このことより、N95 微粒子用マスクの正確なフィッティングには、日常的な使用経験やトレーニングも重要な要素であると考えられる。

今回の測定に使用したN95 微粒子用マスクはカップ型であったが、2回の測定で「不適切」となった場合に折りたたみ型や紐を調節できる製品に変更することで「適切」となった。このことより、顔の大きさや形にフィットした製品の選定や自分の顔にフィットする製品を知っておくことも重要であると考えられる。事前に 51 名中 40 名の口唇幅、鼻根-頤部径を計測したが、鼻根-頤部径：平均 11.19 cm (幅 9.3~13.5)、口唇径：平均 4.85 cm (幅 3.9~5.9) であった。顔の一部の計測だけであるため、今後は、様々な角度からの測定も必要であると考えられる。

PAPR は使用する機会が多い感染症科病棟の看護師が装着した。フードを装着し、モーターを作動する前の状態(陽圧換気前)の漏れ率は 55.0~78.91% であった。陽圧換気モーター作動後、のべ7回測定し、平均 0.19% (標準偏差±0.01、幅 0.00~0.03%) の漏れ率ですべて「適切」であった。今回使用した PAPR は、当院のオリジナル製品であったため、これまで性能の確認ができなかったが、今回定量的な測定を行ったことで、装着した看護師からは「ほとんど漏れていないことがわかり安心した」「目で数字をみることで効果がよくわかった」などの反応があった。

#### 4. 結 論

正確にマスクを装着できていると感じていても、漏れ

率を定量的に測定するとその効果が目にみえてわかる。今回の調査で正しいマスクの装着方法がより視覚的に体験でき、PAPR の安全性も確認できた。

#### ■ 文 献

- 1) CDC. Guideline for Isolation Precautions : Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings 2007.
- 2) Department of Health and Human Services : Interim Guidance for the use of facemasks and respirators in public settings during an influenza pandemic, 2007.  
URL:  
<http://www.pandemicflu.gov/plan/community/maskguidancecommunity.html>
- 3) Yassi A. Bryce E. et al : Protecting the Faces of Health Care Workers: Knowledge Gaps and Research Priorities for Effective Protection Against Occupationally-Acquired Respiratory Infectious Diseases. British Columbia, Canada: The Change Foundation. 2008.  
[http://www.cher.ubc.ca/PDFs/Protecting\\_Faces\\_Final\\_Report.pdf](http://www.cher.ubc.ca/PDFs/Protecting_Faces_Final_Report.pdf)
- 4) Elizabeth M. Koji W. et al : Implementing fit testing for N95 filtering face piece respirators: Practical information from a large cohort of hospital workers : *Am J Infect Control*, 2008 ; 36 : 298-300.
- 5) Elizabeth. B. et al: What do healthcare workers think? A survey of facial protection equipment user preferences : *Journal of Hospital Infection* 2008 ; 68 : 241-247.
- 6) 小川謙、横岡真由美ほか : N95 マスク装着における集団実技指導の効果, *環境感染* 2006 ; 21 (2) : 91-95.
- 7) Tara O. Lisa M. : Surgical mask filter and fit performance. *Am J Infect Control* 2008 ; 36 : 276-282.
- 8) 木村菊二 : 防じんマスクの顔面への密着性に関する研究 (第 3 報) - MASK FITTING TESTER について -, *労働科学*, 1991 ; 67 (11) : 517-524,
- 9) 木村菊二:ほこりとともに 50 年, *労働科学研究所*, 2002;192-208.