Filter Efficiency of Commercial Face Masks of Particles and Airborne Bacteria

Korebumi MINAKAMI, Tohru OBARA* and
Chuhei YAMAUCHI*

*School of Allied Medical Sciences, Kagoshima University and
*Institute of Laboratory Animal Sciences, Faculty of Medicine,
Kagoshima University 1208-1, Usuki-cho, Kagoshima
890, Japan.*

(Received 12 November 1985/Accepted 31 January 1986)

The filter efficiency of seven kinds of commercial face mask for particles and airborne bacteria was tested in the wash room of a laboratory animal facility. The filter efficiency of the masks was 19 to 50%, as measured by the weight of particles with diameters below $10\mu\text{m}$, 22 to 71% for particles of the $0.3\mu\text{m}$ level, 47 to 90% for the $1\mu\text{m}$ level, and 90 to 99.6% for the $5\mu\text{m}$ level. The filter efficiency for airborne bacteria was 35 to 81%. Among the even masks tested, glasswool surgery masks, three-sheet synthetic fiber masks with and without charcoal, and 28-sheet gauze masks with glass filter showed generally high efficiency, and single-sheet synthetic fiber masks, 18-sheet of gauze masks and gas masks showed low efficiency.

各種マスクの粉塵及び細菌の捕集効率

水上 惟文・小原 徹*・山内 忠平*

鹿児島大学医療技術短期大学部
*鹿児島大学医学部附属動物実験施設

手術用マスクについては、素材および構造の違いにより捕集効率に差のあることが報告されている [3, 5, 8] が、実験動物施設の作業環境で使用されている各種マスクの粉塵及び空中細菌の捕集効果についての報告はほとんどみられない。そこで著者らは、実験動物施設洗浄室において、空気中の粉塵重量、粉塵粒子数、空中細菌数に対する各種マスクの捕集効果について検索した。

実験材料および方法

供試マスクは、グラスウール製手術用マスク（東レ社製）と日本バイリーン社製の活性炭をサンドイッチ

状に入れた三枚重ねの合成繊維布からなるマスク（X-642型）、活性炭を入れてない三枚重ねの合成繊維布でつくられたマスク（X-302型）及び一枚の合成繊維布のマスク（打ち抜き型）、ガーゼ28枚重ねの中にグラスフィルターを入れたガーゼマスク（ホープ社製）、18枚重ねのガーゼマスク（西武社製）および防毒マスク（コウケン社製、サカエ式N-1型）の7種類である。

測定および試料の採取は、実験動物施設の洗浄室で汚染ケージの床敷処理作業中に行った。測定方法は、予めEOガスで2時間滅菌した内径20mm、長さ24cmの塩化ビニール管の一端にEOガス滅菌のマスクを取りつけ、他端に、粉塵重量、粒径別の粉塵粒子数、細菌数を捕集・測定するための三本のサンプリングチュー

ブを取りつけて行った。粉塵重量の測定は、ピエゾバランス粉塵計（51-1111, 日本科学工業製）で、2分間2ℓの空気を吸引し、粒径10μm以下の粉塵重量を測定した。粉塵数はパーティクルカウンター（KC-01A, リオン社製）とデジタルプリンター（KP-01, リオン社製）を用い、2分間1ℓの空気を吸引して0.3, 0.5, 1, 2, 5μmの粒子径別に測定した。空中細菌はピンホールサンプラー（三基科学社製）で毎分53ℓの空気をトリプトソイ寒天培地に2分間吸引して付着させ、37°C, 72時間培養して、出現したコロニー数を計測した。なお、粉塵重量、粒子数、細菌数の測定・捕集は同時に行った。マスク通過前の測定は、マスク通過後の測定終了後、取りつけたマスクを外し同様の方法で行った。

マスク通過前と通過後の有意差は、t検定で求めた。捕集効率とは、通過前後の差を通過前の値で割った値とした〔3〕。

成 績

マスク通過前後の、捕集空気1m³当たりの粉塵重量と捕集効率は、Table 1に示す。各種マスクとも、マスク通過後の粉塵重量の平均値は、いずれも通過前の値より少なくなっていたが、防毒マスク以外ではマスクの通過前後の間に有意差を認めなかった。マスクの捕集効率の最低は、18枚重ねガーゼマスクの18.7%、最高は28枚重ねのガーゼマスクの49.6%であった。

Table 2は、マスク通過前後の粒子径別の粉塵個数とマスクの捕集効率を示す。マスク通過後の粉塵個数は0.3μmレベルではグラスウール製マスクのみで、0.5

μmレベルではグラスウール製マスクと活性炭入り三枚重ね合成繊維製マスクで有意に減少した。2および5μmレベルではすべてのマスクの通過後に有意に減少した。マスクの捕集効率は粒子径が大きくなるにつれていずれも増加した。各種のマスクを比較すると、3群に分かれ、グラスウール製マスク、三枚重ねの合成繊維製マスクでは0.3μmレベルで60~71%、1μmレベルで88~90%、5μmレベルで97~99.6%と最も大きい効率を示した。28枚重ねのガーゼマスクは中間的な値で、0.3μmレベルでは39%、1μmレベルでは71%、5μmレベルでは98%を示した。効率の低いのは一枚の合成繊維製マスク、防毒マスク、18枚重ねのガーゼマスクで、0.3μmレベルで21~28%、1μmレベルで47~62%、5μmレベルでいずれも90%程度の捕集効率を示した。素材間では、グラスフィルターを使用したマスクの効率がよく、またフィルター枚数の多い方が高い効率を示した。

マスク通過前と通過後の空中細菌の捕集効率はTable 3に示す。マスク通過後の空中細菌数は、一枚の合成繊維製マスク以外では有意に減少した。空中細菌の捕集効率は、グラスウール製マスクと二種類の三枚重ねの合成繊維製マスクで80%前後、28枚重ねのガーゼマスクで66%、防毒マスクと18枚重ねのガーゼマスクで54%、一枚の合成繊維製マスクでは34%であった。

なお、洗浄室でのマスク通過前における粉塵重量あるいは空中粉塵と粒子径別粉塵個数との相関係数はTable 4に示すようである。粉塵重量と粒子径別の粉塵個数との間には0.3, 0.5および1.0μmレベルでは有意な正の相関（p≤0.01）がみとめられたが、2及び5

Table 1. Particle weight before and after mask filtering and filter efficiency

Type of mask	Numbe of cases	Particle weight* before filtering (mg/m ³)	Particle weight* after filtering (mg/m ³)	Difference	Filter efficiency (%)
Three-sheet glass fiber surgery mask	15	0.055±0.007	0.041±0.006	n s	35.4±8.3
Three-sheet synthetic fiber mask with charcoal	15	0.077±0.011	0.057±0.005	n s	38.2±9.6
Three-sheet synthetic fiber mask without charcoal	15	0.061±0.009	0.037±0.008	n s	42.2±9.0
Single-sheet synthetic fiber mask	15	0.070±0.010	0.056±0.008	n s	25.0±6.0
Gas mask	15	0.083±0.009	0.050±0.004	**	45.2±8.5
28-sheet gauze mask with glass filter	15	0.088±0.030	0.053±0.016	n s	49.6±8.7
18-sheet gauze mask without glass fiber	15	0.092±0.030	0.085±0.021	n s	18.7±6.4

M±S. E., ns: not significant, **: p<0.01, *: Weight of particles whose diameters are below 10μm.

Table 2. Number of particles before and after mask filtering, and filter efficiency

Type of mask	Number of cases	Diameter of dust particles (No./ℓ)				
		0.3μm ×10 ³	0.5μm ×10 ³	1.0μm ×10 ²	2.0μm ×10	5.0μm
Three-sheet glass fiber surgery mask	Before	48.7±12.6	5.4±1.4	14.5±3.7	38.1±9.8	27.5±7.1
	After	10.3±2.7**	0.4±0.1**	0.2±3.7**	0.3±0.1**	0.3±0.1**
	Efficiency (%)	70.7±5.2	83.4±5.8	89.0±5.8	93.3±3.8	97.0±1.4
Three-sheet synthetic fiber mask with charcoal	Before	117.7±30.4	18.6±4.8	19.9±5.1	43.8±11.3	40.8±10.5
	After	51.8±13.4ns	3.8±1.0*	0.7±0.2**	0.1±0 **	0 ± 0 **
	Efficiency (%)	61.4±7.5	76.8±5.5	88.9±4.7	95.1±2.5	99.6±0.3
Three-sheet synthetic fiber mask without charcoal	Before	77.8±20.1	13.3±3.4	18.9±4.9	49.5±12.8	45.9±11.9
	After	58.8±15.2ns	4.9±1.3ns	1.6±0.4**	0.4±0.1**	0 ± 0 **
	Efficiency (%)	60.2±5.9	76.6±3.7	89.5±2.8	96.9±1.6	99.4±0.5
Single-sheet synthetic fiber mask	Before	82.1±21.2	14.2±3.7	23.3±6.0	59.9±15.5	50.8±13.1
	After	86.6±22.4ns	11.3±2.9ns	11.1±2.8**	14.4±10.0**	7.8±2.0**
	Efficiency (%)	27.9±5.4	41.8±5.8	61.2±3.7	87.6±2.1	89.8±2.0
Gas mask	Before	75.1±19.4	10.0±2.6	23.5±6.1	74.1±19.1	63.2±16.4
	After	68.7±17.7ns	8.6±2.2ns	18.5±4.8ns	45.0±11.6**	9.3±2.4**
	Efficiency (%)	26.3±5.8	35.1±5.7	47.2±6.6	64.4±6.3	89.5±2.5
28-sheet gauze mask with glass filter	Before	94.3±24.4	13.4±3.5	19.0±4.9	46.4±12.0	36.5±9.5
	After	82.4±21.3ns	9.4±2.4ns	4.3±2.3**	2.1±0.5**	0 ± 0 **
	Efficiency (%)	39.0±5.3	50.4±2.9	71.3±3.2	87.6±2.8	97.8±1.0
18-sheet gauze mask without glass filter	Before	120.3±31.1	15.5±4.0	20.1±5.2	47.6±12.3	39.0±10.1
	After	119.2±30.8ns	13.8±3.6ns	7.5±1.9**	5.0±1.3**	0.6±0.2**
	Efficiency (%)	21.8±4.1	31.5±5.0	59.3±3.8	82.0±3.5	89.8±2.4

M±S. E., ns : not significant, * : p<0.05, ** : p<0.01

Table 3. Airborne bacteria before and after mask filtering and filter efficiency

Type of mask	No. of cases	No. of colonies before filtering (Number/ℓ)	No. of colonies after filtering (Number/ℓ)	difference	Filter efficiency (%)
Three-sheet glass fiber surgery mask	15	1.8±0.3	0.4±0.1	**	76.7±4.8
Three-sheet synthetic fiber mask with charcoal	15	3.0±0.4	0.8±0.4	**	80.5±10.7
Three-sheets synthetic fiber mask without charcoal	15	3.3±0.4	0.6±0.1	**	80.5±9.4
Single-sheet synthetic fiber mask	15	3.7±0.4	2.4±0.5	ns	34.7±12.7
Gas mask	15	3.4±0.5	1.3±0.3	**	54.0±17.5
28-sheet gauze mask with glass filter	15	2.9±0.5	1.2±0.4	**	66.6±17.6
18-sheet gauze-mask without glass fiber	15	3.6±0.6	1.7±0.5	*	54.5±12.3

M±S. E., ns: not significant, *: $p<0.05$ **: $p<0.01$

Table 4. Correlations between number of dust particles, dust weight and number of airborne bacteria

Particle size of dust (μm)	Correlation between number of dust particles and dust weight			Correlation between number of dust particles and number of airborne bacteria		
	Number of cases	Correlation coefficient	Significant difference	Number of cases	Correlation coefficient	Significant difference
0.3	38	0.637	**	38	-0.142	ns
0.5	38	0.634	**	38	-0.183	ns
1.0	38	0.541	**	38	0.210	ns
2.0	38	0.297	ns	38	0.454	**
5.0	38	0.141	ns	38	0.558	**

ns: not significant, **: $p<0.01$

μm レベルでの相関はみとめられなかった。また、空中細菌と粉塵個数との間には1 μm 以下の粉塵では有意な相関はみとめられなかったが、2 および5 μm レベルではきわめて有意な正の相関 ($p \leq 0.01$) がみとめられた。表には掲げなかったが、粉塵重量と空中細菌との相関係数は0.065で、有意な相関はみとめられなかった。

考 察

歯科材料研磨時における粒径5 μm 以上の粉塵は重量にして70～95%が市販のマスクで捕集されたといわれる[1]。しかし、本実験の動物施設洗浄室における10 μm 以下の粉塵においては19～50%の低い捕集効率を示した。これは使用したマスクの素材および粉塵の種類の違いによるものであろう。また、本実験において、28枚重ねのガーゼマスクの効率がよいのはグラスフィ

ルターが内蔵してあること、防毒マスクの効率がよいのは吸着剤が入れてあることによるものと考えられる。Greene ら[6]は、特殊なサンプリングチャンバ中でマスクを着けた場合と着けない場合の測定結果から、空中細菌に対するマスクの捕集効率は99.6%、4 μm 以下の微粒子数に対する捕集効率は96.7%であったと述べている。また、手術用マスクの材質について細菌の捕集効率を検討した報告によると、Furuhashi[5]は、グラスウール製マスクで98.1～99.4%、木綿マスクで43.1～93.6%と述べ、Micik ら[8]はグラスウール製マスクで99%、合成繊維製マスクで45～71%、ガーゼマスクで18～57%、紙製マスクで32～33%、プラスチックフォーム製マスクで14%と報告している。これらの成績と本実験での細菌に対する捕集効率を比較すると、グラスウール製では77%とやや劣ったが、三枚重ねの合成繊維マスクでは81%、ガーゼマスクでは55～

67%と、本実験の方がやや高い効率を示した。この差は、粉塵の質の違いあるいは空気の吸引方法の違いによるかもしれない。また、マスクの捕集効率は顔面との密着度合にも関係する〔7〕といわれるので、使用に際しては十分な注意が必要であろう。

一方、細菌やウイルス等の微生物は5 μ m以上の粉塵に付着して移動しているといわれる〔9〕が、動物施設における粉塵と細菌との関係については、さらに粒子径別に分別採取した粉塵量と空中細菌との関係について検討する必要がある。

いずれにしても、実験動物施設で使用されている市販のほとんどのマスクは、2 μ m以上の大型粒子はよく捕集するので、空中細菌の吸入防止には有効と思われる。しかし、実験動物アレルギーの原因となる蛋白抗原〔4〕には極めて小さい微粒子も含まれるので、マスクを容易に通過することも考えられる。今後とも、空調方式、飼育方法の改良、防護面、防塵器具の着用など、総合的な防塵対策が必要と思われる。

要 約

市販の7種類のマスクについて、動物実験施設洗浄室における粉塵と空中細菌に対する捕集効率を検索した。マスクの捕集効率は、10 μ m以下の粉塵重量に対しては平均19~50%、粉塵の粒子径別にみた捕集効率は0.3 μ mレベルで22~71%、1 μ mレベルで47~90%、5 μ mレベルで90~99.6%であった。また、空中細菌に対するマスクの捕集効率は35~81%であった。試験したマスク間の比較では、グラスウール製手術用、3枚重ねの合成繊維製およびグラスウール挿入の2枚重ねの

ガーゼマスクは一般に高い効率を示した。合成繊維一枚のマスク、18枚重ねのガーゼマスクおよびガスマスクは低い効率を示した。

本研究は昭和60年度文部省科学研究費一般研究B、課題番号60480486の一部として実施したもので、第32回実験動物学会（榎原）で発表した。

文 献

- [1] Brune, D., and Beltesbrekke, H. (1980) Dust in dental laboratories. Part III: Efficiency of ventilation systems and face masks. *J. Prosthet. Dent.*, **44**, 211-215.
- [2] Comroe, J. H., Jr., Forster, R. E. I., Dubois, A. B., Briscoe, W. A., and Garlsen, E. (1982). “肺—臨床生理学と肺機能検査法.” 村尾 誠, 本間 威訳, pp 363-370, 医歯薬出版, 東京.
- [3] Dineen, P. (1971) Microbial filtration by surgical masks. *Surg. Gynecol. Obstet*, **133**, 812-814.
- [4] Edwards, R. G., Beeson, M. F., and Dewdney, J. M. (1983). Laboratory animal allergy: the measurement of airborne urinary allergens and the effects of different environmental condition. *Lab. Anim.*, **17**, 235-239.
- [5] Furuhashi, M. (1978). A study on the microbial filtration efficiency of surgical face masks with special reference to the non-woven fabric masks. *Bull. Tokyo Med. Den. Univ.*, **25**, 7-15.
- [7] Ha'eri, G. B., Orth, M'ch., and Wiley, A. M. (1980). The efficacy of standard surgical face masks. *Clin. Orthop.*, **148**, 160-162.
- [8] Micik, R. E., Miller, R. L., and Leong, A. C., (1971). Studies on dental aerobiology: III. Efficacy of surgical masks in protecting dental personnel from airborne bacterial particles. *J. Dent. Res.*, **50**, 626-630.
- [9] 早川一也・都築正和 (1975). 空気調和のための空気清浄. pp 378, 392, ソフトサイエンス社, 東京.