

呼吸用保護具の適切な装着を阻害する要因の検討と 装着指導の効果に関する研究

水木将^{1,2)}、伊東黄³⁾、梅原舞³⁾、小林若菜³⁾、佐藤涉³⁾、辻野亮³⁾、藤田楓³⁾、堀谷勇介³⁾、
米良健輝³⁾、森下開³⁾、長谷川航平¹⁾、塚原照臣^{2,1)}、野見山哲生^{1,2)}

1) 信州大学医学部衛生学公衆衛生学教室

2) 信州大学医学部産業衛生学講座

3) 信州大学医学部

目的：呼吸用保護具は作業管理の1つとして有効な対策である。しかし呼吸用保護具は不適切な装着により、保護具の効果が十分に発揮できない可能性がある。今回、労働者が業務上行う動作や装着指導が、呼吸用保護具の適切な装着に与える影響を調査した。

方法：調査対象は、呼吸用保護具の装着経験のない大学生8名とした。呼吸用保護具は、防じん機能を有する防毒マスクを用いた。装着評価は、マスク内外の粉じん濃度の比を計測する漏れ率を用いた。測定項目は、座位、発声、首の動き、歩行、走行の5種類の動作に伴う漏れ率とし、装着指導前後による差を比較した。

結果：解析対象は全データが入手できた6名とした。

装着の指導前のマスクの漏れ率は、座位と比し発声 80 dB で有意に大きかった ($p=0.03$)。指導後のマスクの漏れ率は座位と比し発声 80 dB で有意に大きく ($p<0.05$)、音量が大きくなると共に漏れ率が有意に大きくなった ($p=0.01$)。首の動き、歩行、走行は座位と差が無かった。また、指導前と指導後の座位同士、発声同士の漏れ率を比較すると、指導後で有意あるいは有意に近く低下した。

考察：マスクの装着指導によって漏れ率が低くなった。発声は、80 dB で漏れ率が高くなり、比較的騒音レベルの高い職場での漏れ率の増加が懸念された。マスクを装着して作業に従事した際、大きな声を出した場合、再度マスクの装着状況の確認、再装着が必要である。

Key words：呼吸用保護具 (respirator)、漏れ率 (leakage)、フィットテスト (fit test)、装着指導 (guidance on wearing)、発声 (vocalization)

I. 緒言

職場における労働衛生の3管理の1つは作業管理である。呼吸用保護具の装着はその代表的なものであり、有機溶剤や粉じんなどのばく露防止、医療現場における感染防止のためには正しい装着が不可欠である¹⁾。しかし、呼吸用保護具が適切に着用され

(2018年9月28日受付 2018年11月2日受理)

連絡先：〒390-8621 長野県松本市旭 3-1-1
信州大学医学部衛生学公衆衛生学教室
水木将
E-mail: mizuki@shinshu-u.ac.jp

ていない場合には、気道を経た有害要因へのばく露により、健康に影響を及ぼす可能性が高くなる。そのため労働者が呼吸用保護具を適切に装着できることが求められる。その方法として労働者に対し装着指導を行うことは、有用な手段であることが実証されている²⁾⁻⁶⁾。また、適切に装着できたとしても、作業に伴う動き、例えば会話、首の動き、歩行、走行等により呼吸用保護具が顔面からずれることによる有害要因へのばく露が懸念される⁷⁾。

II. 目的

発声など、労働者が業務上行うと考えられる行動

や装着指導が呼吸用保護具の適切な装着に与える影響を調査した。

Ⅲ. 方法

調査対象は、呼吸用保護具の装着経験のない信州大学学生8名(男性5名、女性3名)とした。調査に用いた呼吸用保護具は、3M社製 防毒マスク面体3200(S/M、M/Lサイズ)に3311Jタイプの防じん機能を有する有機ガス用吸収缶を装着したもの(以下、マスク)を用いた。装着の評価は、マスク内外の粉じん濃度の比を計測して算出する漏れ率を用いた。漏れ率の測定器具は、柴田科学株式会社製 労研式マスクフィッティングテスターMT-03型を使用した。測定する粉じんは、粒径0.3 μ m以上の大気中の粉じんとし、1L/minで大気を吸引するよう設定した。またフィットテストの測定時間は1分間とした。

顔面への密着性が適切であるマスクを選定するため、各被験者の唇の幅、額の幅、鼻根おとがい距離を測定した。漏れ率の測定は、最初にマスクを各自に自由に装着させて行った(以下、指導前)。指導前の測定項目は、座位、発声(60、70、80 dB)、首の運動、歩行、走行とした。音量は、スマートフォンアプリのSound Level Analyzer Lite-かんたん騒音計-を用いて測定した。音量は60、70、80 dBの3段階になるように設定した。発声内容は日本語の母音をバランスよく含み、発声練習や他研究で使用されている北原白秋の「あめんぼあかいなあいうえお」

とし、朗読のテンポは80 bpmとした⁸⁾。首の運動は、正面を向いたところを起点とし、上下左右それぞれの方向を向いた後に、正面に顔の向きを戻すという動作を1セットとした。この動作1セットを1分間に15セットのペースで実施した。歩行は100 bpm、走行は150 bpmのテンポで行い、その場で腿挙げ運動を実施した。

指導前の測定終了後、マスクの装着指導を教員が行い、保護マスクの漏れ率を測定した(以下、指導後)。指導内容は、教育サポートツール(DVD)を集合教育形式で1回、個別に1回、計2回視聴させた。引き続き装着方法パネルを用いてマスク装着の注意点を自学させた。その上で装着経験のある教員が装着方法パネルを用いて講義形式で実演した。DVDの内容は、保護マスクの選択方法、装着方法や健康障害の説明であった。装着パネルは①マスクのセット方法②ゴム紐の装着③マスクの口への当て方④ゴム紐の閉め方⑤フィットの確認、の5点を図示したものをを用いた。指導後の漏れ率は、座位と発声(60 dB、70 dB、80 dB)の2項目を測定した。指導後の首の運動、歩行、走行の漏れ率は、マスクフィッティングテスターの不調により測定できなかった。

指導前、指導後のマスクの漏れ率の解析は、Wilcoxon符号付き順位検定、Jonckheere-Terpstra trend testを用いた。解析ソフトはIBM SPSS Statistics version 24を使用し、有意水準は $p < 0.05$ とした。本研究は、信州大学医学部医倫理委員会の承認を得て行った。

表1. 装着指導前、指導後の保護マスクの漏れ率

	人数	最小値	最大値	平均値±標準偏差	p value ^{※1}	p value ^{※2}	p for trend ^{※3}
	(人)	(%)	(%)	(%)			
指導前							
座位	6	1.93	20.79	9.93 ± 6.69			
発声 60 dB	6	1.43	34.42	14.07 ± 11.71	0.17		
70 dB	6	1.99	26.57	15.06 ± 10.54	0.17		
80 dB	6	3.29	39.55	21.34 ± 12.22	0.03		0.08
首の動き	6	1.85	23.84	11.32 ± 8.30	0.92		
歩行	6	1.94	26.07	12.80 ± 9.66	0.25		
走行	6	4.41	18.70	9.72 ± 4.95	0.92		
指導後							
座位	6	0.41	3.34	1.70 ± 1.13		<0.05	
発声 60 dB	6	0.46	6.30	3.34 ± 2.33	0.12	<0.05	
70 dB	6	0.96	6.40	4.08 ± 2.31	0.08	0.08	
80 dB	6	2.11	10.55	5.70 ± 3.69	<0.05	<0.05	0.01

※1 指導前、指導後における、座位と各項目の比較

※2 各項目の指導前と指導後の比較

※3 指導前、指導後における座位、発声 60 dB、70 dB、80 dBについての傾向性の検定

IV. 結果

解析対象は、装着指導前と指導後のデータが全て入手できた6名(男性4名、女性2名)とした。

指導前のマスクの漏れ率は、座位 9.93 % と比し発声 80 dB 21.34 % で有意に大きかった($p=0.03$)。また指導後のマスクの漏れ率は座位 1.70 % と比し発声 80 dB 5.70 % で有意に大きく($p<0.05$)、音量が大きくなると共に漏れ率が有意に大きくなった($p=0.01$)。その他の漏れ率は、首の動き 11.32 %、歩行 12.80 %、走行 9.72 % であり、座位 9.93 % と比し有意差は無かった。

また、指導前と指導後の座位同士、発声同士で漏れ率を比較したところ、指導前と比し指導後で有意あるいは有意に近く低下した。(表1)

V. 考察

本研究では、マスクの漏れ率は、座位と比して 80 dB の発声で有意に大きかった。80 dB より小さい発声や首の動き、歩行、走行では、漏れ率に差は無かった。音量は、60 dB は通常の会話、70 dB は騒々しい事務所、80 dB は地下鉄の車内、90 dB は騒々しい工場内が目安とされている。本研究結果から比較的騒音レベルの高い職場では大きな声で会話することが予想されるため、漏れ率が高くなる可能性が示唆された。マスクの漏れ率が高くなる原因は、顔面の鼻梁部、頬部、顎部における保護マスクの密着不良によるものが報告されている²⁾⁴⁾。発声時には、表情筋、開口筋、閉口筋などの筋群の動きに伴い⁹⁾、漏れ率が上昇する。母音の場合は、「あ」、「え」、「お」、「い」、「う」の順に顎の開きが大きいため¹⁰⁾、発声時のマスクの漏れ率の上昇は、母音の発声時の顎の開き具合によるものと推察された。

本研究では過去の報告と同様²⁾⁶⁾、装着指導によりマスクの漏れ率が低くなった。マスクの漏れ率上

昇の原因は、装着者側の要因として、上記の3点を主としたマスクの密着不良²⁾⁴⁾、マスク固定のためのゴム紐のかけ方の差⁴⁾¹¹⁾、鼻根おとがい距離や顔、口唇の幅¹²⁾、装着者の体重変化¹³⁾等、様々な要因が指摘され、マスク側の要因として、マスクの形状²⁾¹⁴⁾等が指摘されている。今回、装着指導により、装着者が正しい装着を認識し改善した効果が、漏れ率の減少に繋がったものと考えられた。

本研究は2点の調査の限界がある。1点目は、被験者が6人と小人数であったことである。人数が少ないと顔面の形状や漏れ率等の測定値のばらつきも大きくなり、真にマスク装着未経験者を代表する値とは言えない。2点目は、本研究は防じん機能を有する有機ガス用の吸収缶を付加した呼吸用保護具による漏れ率の測定のため、N95の使い捨てマスクなど他のマスクを使用した場合に本調査の結果を当てはめることはできないと考えられた。

VI. 結語

本研究では、装着指導により漏れ率が大幅に改善すること、次に発声により漏れ率に悪影響がみられたことが確認できた。呼吸用保護具装着時は、装着指導が重要であり、騒音レベルの高い職場などの大きな声を出すことが考えられる場合は、マスクの装着状況の確認、再装着を勧めるなど十分注意を要する必要がある。

VII. 謝辞

本研究の装着指導、測定に際し、快く各種物品の提供、貸出頂いたスリーエムジャパン株式会社様に深謝する。

VIII. 利益相反

本研究に関連し、開示すべき利益相反はなし。

IX. 引用文献

- 1) 田中茂: 知っておきたい保護具のはなし. pp.30-76. 中災防ブックス. 2017.
- 2) 飯田裕貴子, 吉川徹: 新規開発された使い捨て呼吸用保護具の装着教育効果に関する研究. 労働科学 90(2) : 53-64. 2014.
- 3) 小川謙, 横岡真由美, 石角鈴華, 他: N95 マスク装着における集団実技指導の効果. 環境感染 21(2) : 91-95. 2006.

- 4) 川辺芳子, 田中茂, 永井英明, 他 : マスクフィッティングテスターを用いた N95 マスクの顔面密着性の定量的評価と装着指導. 結核 79(7) : 443-448. 2004.
 - 5) Yu Y, Jiang L, Zhuang Z, et al. : Fitting Characteristics of N95 Filtering-Facepiece Respirators Used Widely in China. PLoS One 9(1) : e85299. 2014. doi : 10.1371/journal.pone.0085299.
 - 6) Myong JP, Byun J, Cho Y, et al. : The education and practice program for medical students with quantitative and qualitative fit test for respiratory protective equipment. Ind Health 54(2) : 177-182. 2016. doi : 10.2486/indhealth.2015-0072.
 - 7) Suen LKP, Yang L, Ho SSK, et al. : Reliability of N95 respirators for respiratory protection before, during, and after nursing procedures. Am J Infect Control 45(9) : 974-978. 2017. doi : 10.1016/j.ajic.2017.03.028.
 - 8) 川本真一, 足立吉広, 大谷大和, 他 : 来場者の声の特徴を反映する映像エンタテイメントシステムのための台詞音声生成システム. 情報処理学会論文誌 51(2) : 250-264. 2010.
 - 9) 竹原祥子, 下山和弘 : 口唇と頬の構造と機能訓練 I. 口唇と頬に関する基礎知識. 老年医学 21(4) : 403-406. 2007.
 - 10) Kawahara S, Masuda H, Erickson D, et al. : Quantifying the Effects of Vowel Quality and Preceding Consonants on Jaw Displacement : Japanese Data. J Phonetic Soc Jpn 18(2) : 54-62. 2014.
 - 11) Sutton PM, Nicas M, Harrison RJ. : Tuberculosis isolation : comparison of written procedures and actual practices in three California hospitals. Infect control Hosp Epidemiol 21(1) : 28-32. 2000.
 - 12) Oestenstad RK, Elliott LJ, Beasley TM. : The effect of gender and respirator brand on the association of respirator fit with facial dimensions. J Occup Environ Hyg 4(12) : 923-930. 2007.
 - 13) Zhuang Z, Bergman M, Brochu E, et al. : Temporal changes in filtering-facepiece respirator fit. J Occup Environ Hyg 13(4) : 265-274. 2016.
 - 14) 黒須一見, 小林寛伊, 大久保憲 : 各種 N95 微粒子用マスクの漏れ率に関する基礎的研究. 環境感染誌 26(6) : 345-349. 2011.
-

The research study on the influence of interfering with proper placement and guidance on wearing of respirator.

Masaru Mizuki^{1, 2)}, Kii Ito³⁾, Mai Umehara³⁾, Wakana Kobayashi³⁾, Wataru Sato³⁾,
Ryo Tsujino³⁾, Kaede Fujita³⁾, Yusuke Horitani³⁾, Kensuke Mera³⁾, Kai Morishita³⁾,
Kohei Hasegawa¹⁾, Teruomi Tsukahara^{2, 1)}, Tetsuo Nomiyama^{1, 2)}

1) *Department of Preventive Medicine and Public Health, Shinshu University School of Medicine*

2) *Department of Occupational Medicine, Shinshu University School of Medicine*

3) *Shinshu University School of Medicine*

Objective: Respirator is an effective measure as one of work management. However, respirator cannot be enough effects with inappropriate use. In this study, we researched the influence of working and guidance on wearing of respirator.

Method: We selected 8 college students who had never experience wearing respirator. We used the respirator was a gas mask with a dustproof function. For the wearing evaluation, we used the leakage which was measuring the ratio of the dust concentration inside and outside the mask. The leakage between face and the mask was evaluated with 5 physical movements, for examples, loud speaking and others before and after wearing instruction of the mask.

Results: We analyzed 6 students. The leakage was significantly larger on speaking sentences at 80 dB than those on the sitting position before and after the guidance ($p=0.03$, $p<0.05$). The leakage was significantly higher in accordance with their loudness of speaking sentences after the guidance ($p=0.01$).

Discussion: The leakage was lower by guidance on wearing and higher by 80 dB speaking. When you use a mask in working, you need to check the status of a mask and wearing it again if you vocalize a loud voice.
