

1/4

Banana Oil (QLFT)

† .

- Abstract -

Reliability on Banana Oil Qualitative Fit Test for Quarter Mask

Don-Hee Han[†] · Yoon-Sok Jeong

Department of Industrial Safety & System Engineering, Inje University

A quantitative fit test, condensation nuclei counting (Portacount 8025, TSI), was performed concurrently with a banana oil (isoamyl acetate: IAA) qualitative fit test (MSA) to evaluate reliability on IAA QLFT and correlation between two methods. One brands of quarter mask (3M model 7500 medium) was prepared for QLFT with HEPA filter and gas & vapor removing media, i.e., combination cartridge. 110 subjects (65 male, 45 female) were fit tested QNFT and QLFT each three times. For a wearer combination having a $FF < 10$, as determined by CNC QNFT, the point estimate (β -error) of the probability of that combination not being rejected by the banana oil

QLFT was found to be 0.0 with 95% confidence that this statistic is not expected to exceed 0.15. For a wearer combination having a $FF < 100$, as determined by CNC QNFT, the point estimate of the probability of that combination not being rejected by the banana oil QLFT was found to be 0.07 with 95% confidence that this statistic is not expected to exceed 0.13. The uncertainty associated with each estimate, however, is large due to the small number of study subjects with inadequately fitting respirators.

Key Words : Bananoil oil qualitative fit test, Respirator, Fit Factor(FF), QLFT, QNFT

* 1998 “ ”

† : 607

Tel) 0525-320-3285, Fax) 0525-325-2471, E-mail) dooshhdh@bme.inje.ac.kr

I.

가

(Han et al., 1997).

가

가

가

가

가

가

(Fit test)

가

1)

가

(QLFT: Qualitative

2)

가

fit test)

(QNFT: Quantitative fit

test)

가

(Han et al., 1997),

QNFT

가

가

가

가

가

1/4

(quarter mask)

가

QNFT

QLFT

(APF: Assigned protection factor),

가

(NIOSH,

OSHA

QLFT

1987; AIHA, 1991),

(isoamyl acetate: IAA)

가

(29 CFR 1910.134, 1998).

OSHA

QLFT가 QNFT

가

(, 1998;

, 1999)

QLFT

, ,

가

가

1998

OSHA (29 CFR 1910.134, 1998)

QNFT

가

QLFT가

가

Hardis et al.(1983)

QLFT

QNFT

diocetylphthalate(DOP)

용하였다. 이들 연구에서 반면형 마스크인 경우에는 상관성이 높은 것으로 나타났으나 전면형 마스크인 경우에는 그다지 높지 않은 것으로 밝혀졌다. Marsh (1984)의 연구에 의하면 사카린 QLFT, 자극성 흡 QLFT와 di-2-ethylhexyl sebacate를 이용한 QNFT 간의 상관성 연구에서도 이 방법들 간에 상당히 높은 상관성을 보였다. 한편 가장 많이 사용하고 있는 QNFT 방법인 CNC(Condensation Nuclear Counting) 방법은 외기에 존재하는 에어로졸 핵에 알코올이 증발하여 응결하면서 입자의 크기가 커지면 커진 입자를 광도계가 인식하는 방법으로서 CNC방법과 QLFT 방법과의 관계는 한동희(1997)에 의해 처음 연구되었으며 앞선 Hardis et al.(1983)의 연구에서처럼 상관성의 관계가 좋게 나타나지는 않았다.

QLFT 방법 중에서 사카린 QLFT는 에어로졸의 형태로 비산되기 때문에 방진 마스크의 밀착도 검사에는 적용 가능하나 방독 마스크의 밀착도 검사에 적용하기 곤란한 반면 바나나오일 즉, isoamyl acetate (IAA) QLFT는 증기형태로 증발하기 때문에 방진 마스크에는 적용이 곤란하지만 반면 방독 마스크에는 적용할 수 있다. 바나나오일 QLFT는 사카린 QLFT 때 필요한 nebulizer가 필요 없으며 쉽게 바나나 오일을 시중에서 구입할 수 있다는 점이 장점이다.

본 연구의 목적은 방독마스크에 적용 가능한 QLFT 방법 중 우리 나라 실정에 비추어 산업 현장에서 가장 현실 가능한 방법인 바나나오일 QLFT의 방법을 소개하고 그 신뢰성을 CNC QNFT 방법에 비추어 분석해 봄으로서 차후 안전보건담당자들이 실제 산업 현장에서 적용할 수 있도록 도움을 주고자 함이다.

II. 연구방법

1. 피검자의 선정과 Fit Test 방식

피검자는 110명(남자 65명, 여자 45명)의 만 19에

서 26세 사이인 인제대학교 학생들로 이들 모두는 밀착도 검사에 영향을 줄만큼 안면피부에 상처가 나 있거나 안면골격이나 치아배열이상으로 인한 기형을 갖고 있지 않은 자들이었다. 각 피검자들에게 3회의 QLFT 총 330회와 3회의 QNFT 총 330회를 실시하였으며 QLFT 완료 후 곧바로 마스크를 벗지 않은 상태에서 QNFT를 실시하였다.

2. 호흡용보호구의 준비

바나나오일(isoamyl acetate)은 에어로졸이 아닌 증기이기 때문에 QLFT를 실시할 때는 증기와 가스를 제거할 수 있는 방독 카트리지가 필요하며 Portacount를 이용한 CNC QNFT를 실시할 때는 HEPA 필터가 필요하기 때문에 에어로졸과 가스 및 증기를 동시에 제거할 수 있는 복합카트리지(combination cartridge)가 필요하다. 현재 국내에서 생산되는 복합카트리지형의 마스크는 없기 때문에 3M의 Easi-Air™ 7500 Medium 사이즈를 사용하였으며 복합카트리지는 HEPA 필터 3M 7255와 방독 흡착카트리지 3M NIOSH 7253을 Fig. 1과 같이 이중으로 장착하여 사용하였다.

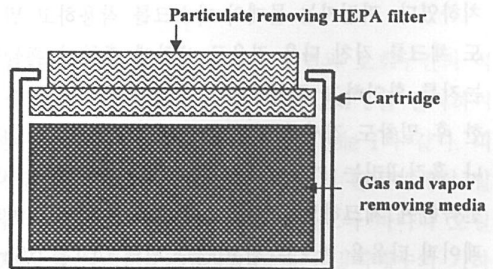


Fig 1. Schematic diagram of combination air purifying respirator cartridge(3M quarter mask 7500).

3. 바나나 오일(Isoamyl Acetate: IAA)의 QLFT

바나나오일(isoamyl acetate: IAA)에 의한 QLFT는 OSHA의 산업안전보건법 29 CFR 1910.134

(1998) MSA (1998) manual

. QLFT

1) (Sensitivity check)
1L 800mL 1mL
IAA 30 stock solution
(1)

Stock solution 0.5mL 500mL
가 가 30
(
가).
blank test 500mL
2

QLFT
가

QLFT
2)
36 61
24 55 (208L)
6

5
가

4×5
IAA 0.5mL
가
IAA
가 2

fit test exercise 가
IAA 150ppm
(MSA, 1998).
가

4. CNC QNFT

QNFT
CNC Portacount Model 8020 (TSI,)
fit

test exercise 가
(, 1997). 가

1) (Normal Breathing 1; NB1)
60

2) (Deep Breathing; DB)
60

3) (Head Movement; HM)
70-80
5-6 2

70-80 5-6
2
60

4) (Reading or Talking; RT)
60

5) (Jogging; J)
60 150-180

6) (Normal Breathing 2; NB2)
NB1

5. fit test panel
facial grid

. 1/4 Fig. 1

(face length) (lip length)
(Hack and McConville, 1978).
sliding caliper (Siber Hegner : No. 104) 44.5- 52.5mm 116.5- 125.5mm
36.9% 가 65 24
107.5- 116.5mm, 36.5- 44.5mm

6. 45 14 31.1% 가
fit test panel
QNFT (FF: Fit factor) 가

가 가 2. (FF)
Kolmogorov- Smirnov

가
(ACGIH, 1995;
Daniel, 1995). (GM) (ratio) 가 fit factor (FF)
(GSD) (NIOSH, 1987).
95% 가

fifth percentile . Fit Factor = Co/Ci
QNFT 가 Co : aerosol
QLFT (pass) Ci : aerosol
 β -error QNFT QLFT
(fail) α -error FF
90% 95% 가 QNFT
Table 1
III. 110 3 330 QNFT
FF 1201

1. QLFT
4065

fit test panel (, 1999; Hack et al., 1974;
Hack and McConville, 1978) 가 가
, 9 FF 90 1 FF
1/4 3000 128
. Fig. OSHA FF 100 (29
1 Fig. 2 (1999) CFR 1910.134, 1998)

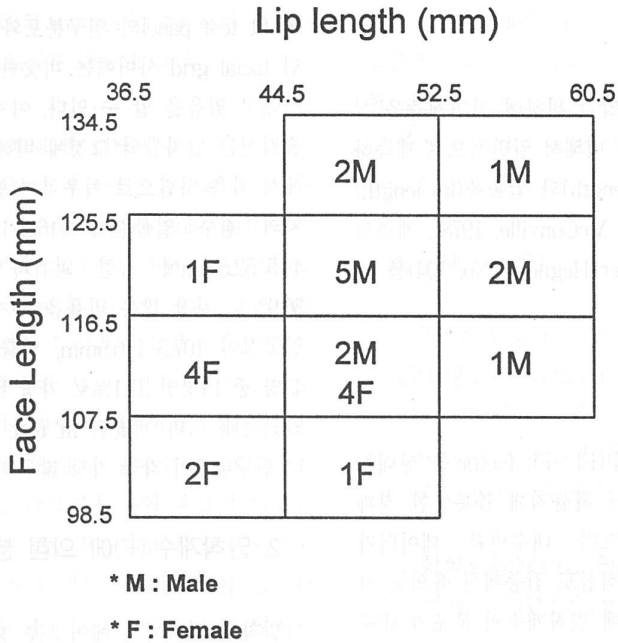


Fig 2. Male-and female, 25 member panel for testing of half or quarter mask.

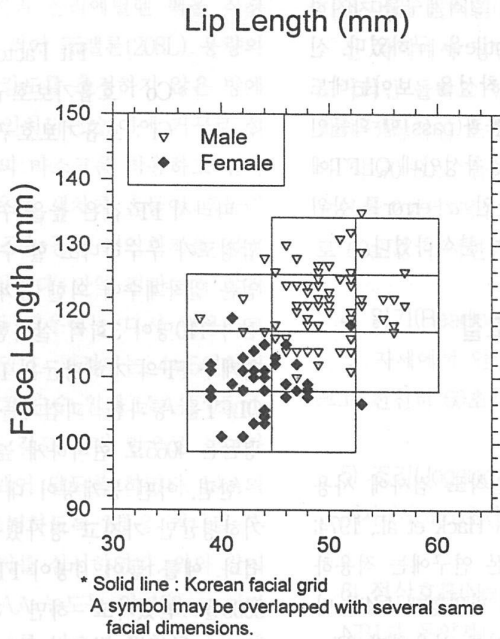


Fig 3. Distribution of facial dimension of subjects.

(MUC: maximum use concentration)
 (AIHA's respiratory protection committee, 1985). APF가 10

가 10

5th percentile 95% 가 . APF

가

95% ANSI(1992) 1/4

FF 9.4

QLFT APF 10, 100

95% FF 120 . APF APF

가 FF FF가 10

QLFT (adequate fit)

72.7% FF 100 10 (inadequate fit)

76.9% . APF

FF

Table 1. Fit factor statistical summary

OSHA 1/4

QNFT가 FF 100

Statistical classification	Fit factor or Percent
Geometric mean	
Pass banana oil	4065
All frequency (110 subjects × 3 times)	1201
Geometric Standard Deviation	
Pass banana oil	9.59
All frequency (110 subjects × 3 times)	21.4
Fifth Percentile	
Pass banana oil	120
All frequency (110 subjects × 3 times)	9.4
Percent Passing Banana Oil	
out of all frequency	72.7%
at or above FF 100	76.9%

pass (29 CFR 1910.134, 1998). FF 100

가

FF ≥

10 FF ≥ 100

, Portacount CNC QNFT

(Han et al., 1997) Biermann et

al.(1991) FF 1000 CNC QNFT가

(photometric method)

. FF 1000 CNC QNFT

(true value)

QLFT

가 error

(false negative) CNC QNFT

(PF:

protection factor) 가

가

QLFT

pass error

(false positive) CNC QNFT

, APF (assigned protection factor)

QLFT

, fail error

Table 2. Banana oil (isoamyl acetate) qualitative fit test and CNC quantitative fit test results

	Fit Factor by CNC QNFT				Total
	<10	10 - 99	100 - 500	500<	
Pass banana oil	0	5	39	196	240
	False negative (β -error)		Specificity		
Fail banana oil	18	52	18	2	90
	Sensitivity		False positive (α -error)		
Total	18	57	57	198	330

Response:

False negative: passing the qualitative test when an inadequate quantitative fit test result occurs (β -error).

True negative: passing both qualitative and quantitative tests (specificity).

False positive: failing the qualitative test when an adequate quantitative fit test result occurs (α -error).

True positive: failing both qualitative and quantitative tests (sensitivity).

가 15%

95%

가 β -error FF<10

. β -error CNC QNFT가 FF 10 QLFT가 85%

QLFT

pass 90% β -error 0.12

Table 2 CNC QNFT QLFT FF<100 95%

β -error 0.13

Table 3 Table 2 β -error FF<100

QLFT

FF<10 CNC QNFT

18 Hardis et al.(1983) FF<10

QLFT $\beta = 1/14 = 0.071$

$\beta = 0/18 = 0.0$ β

binomial QLFT (,

95% β -error 1997) QLFT

$0.0 \leq \beta \leq 0.15$ FF<10 QLFT ($0.0 \leq \beta \leq 0.23$, 90%

)

QLFT Marsh(1984) QLFT

Table 3. Estimate of β -error for banana oil qualitative fit test

β -error (90% upper confidence interval)			
Inadequate fit defined as FF<10	Basis for β^* calculation	Inadequate fit defined as FF<100	Basis for β calculation
0.0 ($0.0 \leq \beta \leq 0.12$)	0/18	0.07 ($0.0 \leq \beta \leq 0.12$)	5/75
β -error (95% upper confidence interval)			
0.0 ($0.0 \leq \beta \leq 0.15$)	0/18	0.07 ($0.0 \leq \beta \leq 0.13$)	5/75

* Number passing banana oil QLFT/number failing QNFT from Table 2.

Table 4. Estimate of α -error for banana oil qualitative fit test

α -error (90% upper confidence interval)			
Adequate fit defined as FF>10	Basis for α^* calculation	Adequate fit defined as FF>100	Basis for α calculation
0.23 ($0.0 \leq \alpha \leq 0.26$)	72/312	0.08 ($0.0 \leq \alpha \leq 0.10$)	20/255
β -error (95% upper confidence interval)			
0.23 ($0.0 \leq \alpha \leq 0.27$)	72/312	0.08 ($0.0 \leq \alpha \leq 0.11$)	20/255

* Number failing banana oil QLFT/number passing QNFT from Table 2.

QLFT α 0.27 FF \geq 10
 QLFT 가
 27% 95%
 QLFT가 73%
 가
 Hardis et al.,(1983) α
 QLFT 가 =76/260 = 0.2923
 QLFT
 error α -error 가
 QLFT가 IV.
 가 가 가
 (isoamyl acetate: IAA) QLFT
 Table 4 FF \geq 10 CNC QNFT 110
 95% (65 , 45)
 $\alpha = 72/312 = 0.23$ binomial 가 가

를 부착한 3M 7500 M사이즈 1/4형 마스크를 이용하여 Portacount 8020에 의한 QNFT와 바나나오일 QLFT를 각각 3회에 걸쳐 실시하였다.

FF<10인 호흡용보호구를 불충분한 밀착성으로 보았을 때 충분한 밀착성으로 잘못 판정할 β -error = 0/18 = 0.0이었으며 상위 95% 신뢰구간에서 β -error의 최고 확률치는 15%이었고 만약 FF<100을 불충분한 밀착성으로 보았을 경우에는 β -error = 5/75 = 0.07이었으며 상위 95% 신뢰구간에서 β -error의 최고 확률치는 13%로 낮아졌다.

밀착도 검사가 제도화되어 있지 않은 국내에서는 본 연구 결과를 참고로 방독마스크에 대한 바나나오일 QLFT를 실시할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구의 통계처리를 위해 수고해 주신 인제대학교 데이터정보학과 최국렬 교수에게 감사의 말씀을 드립니다.

REFERENCES

한돈희, 나명채, 이상곤: 호흡기보호구에 대한 Saccharin QLFT와 CNC QNFT간 상관성에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1997; 7(1): 99-112.

한돈희: 호흡기보호구의 밀착계수와 안면구조의 관계. 대한예방의학회지 1998; 31(3): 440-448.

한돈희: 호흡기보호구의 밀착도 검사와 안면규격 Panel의 개발. 한국산업위생학회지 1999; 9(1): 1-13.

AIHA's Respiratory Protection Committee : Respirator performance terminology, Letter to the editor, Am Ind Hyg Assoc J 1985; 46(5): B22-B24.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): Air sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants. ACGIH, Cincinnati, OH, 1995 p. 32-40.

American Industrial Hygiene Association

(AIHA) : Respiratory protection: a manual and guideline. AIHA, Akron, Ohio, 1991.

ANSI (American National Standards Institute) : American National Standard for Respiratory Protection(ANSI Z88.2-1992), New York, American National Standards Institute, 1992.

Biermann AH, RA da Roza, SR Sawyer, KL Foote, C McCormack and CR Sackett: Evaluation of Portacount for determining respirator fit factors, part II. J Int Soc Respir Prot 1991; 10:5-33.

Code of Federal Regulation (CFR): 29 CFR 1910.134 "Respiratory protection-Appendix fit testing procedures ". 1991.

Daniel WW: A foundation for analysis in the health sciences-in Biostatistics, 6th ed., John Wiley & Sons, Inc. New York, 1995:591-598.

Hack AL, EC Hyatt, BJ Held, TO Moore, CP Richards, TJ McConville: Selection of respirator test panels representative of U.S. adult facial sizes. Los Alamos Scientific Laboratory of the University of California, New Mexico 87544, March 1974.

Hack AL, TJ McConville: Respirator protection factors: part I - Development of an anthropometric test panel. Am Ind Hyg Assoc J 1978; 39: 970-975.

Han DH, K Willek, CE Colton: Quantitative fit testing techniques and regulations for tight-fitting respirators : Current methods measuring aerosol or air leakage, and new developments. Am Ind Hyg Assoc J 1997; 58(3): 219-228.

Hardis KE, CA Cadena, GJ Carlson, RA da Roza, BJ Held: Correlation of qualitative and quantitative results from testing respirator fit. Am Ind Hyg Assoc J 1983; 44(2): 78-87.

Marsh JL : Evaluation of irritant smoke qualitative fitting test for respirators. Am Ind Hyg Assoc J 1984; 45(4): 245-249.

Marsh JL : Evaluation of saccharin qualitative

fitting test for respirators. Am Ind Hyg Assoc J
1984; 45(6): 371-376.

MSA : Respirator fit testing a qualitative protocol
using isoamyl acetate. MSA, PA, 1998.

National Institute for Occupational Safety and
Health (NIOSH) : NIOSH respirator decision logic
(DHHS/NIOSH Pub. No. 87-108). Washington,
D.C., Government Printing Office, 1987.