

한국인의 얼굴체형에 알맞은 반면형 마스크의 개발 (1) - 얼굴치수와 밀착정도의 관계

한 돈 희[†] · 최 국 렬¹⁾

인제대학교 산업안전보건학과, 데이터정보학과¹⁾

Development of half-masks well-fitting for Korean faces (1) - Facial dimensions and predictors of fit for half-mask

Don-Hee Han[†] · Kook-Lyeol Choi¹⁾

Department of Industrial Health and Safety, Department of Data Sciences¹⁾, Inje University

The purpose of this study was to determine if there is a relationship between facial dimensions and fit of half mask respirator using fit factors and to select good facial dimension predictor(s) of fit before designing well-fitting respirators for Korean workers. Three different brand half mask respirators, A, B and C were fit tested on 112 male and 38 female subjects using TSI Portacount 8020® and fit factors were determined. Before fit testing 10 facial dimensions were measured. Data were analyzed by descriptive statistics, Pearson's correlation analysis and quadratic polynomial regression analysis with log transformed fit factors (LNFFs). As a result of scatterplot matrix display some of relationships between LNFFs and facial dimensions in brand/gender subgroups were found to be curvilinear rather than linear. Since this result indicated that a multiple polynomial regression model including quadratic terms may be appropriate rather than a multiple linear regression, data were also analyzed by a quadratic term by examination of the coefficient of partial correlation. No common facial dimension variables were found to be significant for brand/

gender subgroups but the coefficient of regression for the linear term of bitracion-subnasale arc was significant for male subjects of all three brands respirators and for 5 of 9 brand/gender subgroups. All subjects for mask B had the highest coefficient of determination values ($R^2=0.41$) in brand/gender subgroups. As a result of quadratic term on all subjects for mask B, face width (bizygomatic breadth), face length (menton-nasal root length) and nose protrusion were good predictors of half mask fit. In 5 of 9 other different brand/gender subgroups face width was indicated as a good predictor of fit by quadratic term. These results would indicate that face width and bitracion-subnasale arc may be preferentially considered to design a half-mask respirator for Korean workers. But this study also implies that it would not be easy to consider certain facial dimension(s) when designing half mask in Korea because of no common facial dimensions to affect mask fit.

Key Words : Half mask respirator, facial dimensions, fit factor, Korean

I. 서 론

현재 국내에서 판매되고 있는 반면형

마스크의 경우 국산제품의 밀착계수가 수
입된 외국제품의 그것보다 훨씬 떨어져
오히려 국산 마스크가 한국인의 얼굴에

잘 맞지 않는 것으로 드러났다(박은주와
김현옥, 1995; 한돈희 등, 1997; 한돈희
1998). 국산 마스크의 밀착정도가 외국산
마스크에 비해 현저하게 떨어지는 이유는
아직까지도 마스크 생산업체가 과학적인
데이터를 토대로 한국인의 얼굴 체형에
맞는 마스크 모델을 만들어 내지 못했기
때문이다. 현재 국내에서 생산되고 있는
마스크의 대부분의 모형은 일본과 기술

* 본 연구는 2001년도 한국과학재단의 지역대학 우수과학자 지원연구과제
(과제번호 2001-1-21900-003-2) 연구비에 의하여 연구되었음.

접수일 : 2002년 2월 4일, 채택일 : 2002년 4월 12일

† 교신저자 : 한돈희(경남 김해시 어방동 인제대학교 산업안전보건학과

Tel : 055-320-3285, Fax : 055-325-2471, E-mail : dhan@jjnc.inje.ac.kr

제휴하여 일본인의 것을 그대로 모방한 경우가 많으며 심지어 미국 3M사의 제품을 그대로 모방하여 만든 경우도 있다. 또한까지 지적할 수 있는 것은 외국의 경우 동일한 모형의 마스크를 생산할 때에는 크기별로 대·중·중/소·소로 구분하여 3~4개의 마스크를 생산하기 때문에 자신의 얼굴에 맞는 마스크를 선택하여 사용할 수 있으나 국내의 경우 사이즈별로 생산하지 않고 대부분의 업체가 오직 중(中) 사이즈 하나만을 생산하기 때문이다. 더구나 밀착도 검사(fit testing) 제도가 없는 국내에서 자신의 얼굴에 알맞은 크기의 마스크를 선택한다는 것은 극히 어려운 일이라고 할 수 있다. 자신의 얼굴에 맞지 않은 마스크를 착용한 작업자는 매우 위험한 상황에 놓이게 된다. 한돈희 등(1997)에 의하면 밀착계수가 1인 경우도 종종 있었는데 이럴 경우 자신은 마스크를 착용했다는 안도감으로 오염물질 발생원에 가까이 접근하기 때문에 오히려 마스크를 착용하지 않은 경우보다 더 위험할 수 있다.

호흡기보호구 착용자를 보호할 수 있는 최선의 방법은 밀착도 검사를 제도화하는 것이겠으나 이 제도가 마련되지 않을 경우 차선책으로는 한국인의 얼굴체형에 맞는 호흡기보호구를 개발하는 것이다.

이미 외국 선진국에서는 자신들의 얼굴체형에 알맞은 마스크를 디자인하기 위하여 얼굴치수를 측정하고 여기에 맞도록 마스크를 디자인하였다. Hughes와 Lomaev (1972)는 호주 남자들에게 알맞은 호흡기보호구를 개발하기 위하여 호주 남자들에 대한 얼굴치수를 측정한 바 있으며 Mc-Conville와 Milton (1975)은 미국 공군비행사들의 마스크를 개발하기 위하여 얼굴치수 프로그램을 개발하기도 하였다. 한편, Yatapanage와 Post (1992)는 3-D sonic digitizer를 이용하여 호주의 한 인구 집단에서 착용 시 가장 편안함을 줄 수 있는 반면형 마스크를 디자인하기도 하였다.

한편, 한국인의 얼굴에 알맞은 반면형 마스크를 개발하기 위해서는 우선, 밀착도에 영향을 미치는 얼굴치수(facial

dimension)을 정확히 알고 이것을 참고로 하여 디자인해야 할 것이다. 마스크를 디자인한다는지 이미 만들어진 제품에 대해 밀착도 검사를 실시하기 위해서는 착용자들을 대표할 수 있는 일정한 인구집단이 필요한데 이것을 test panel이라고 한다. 이미 미국에서는 20 여 년 전에 이 test panel이 개발되어 사용되고 있다(Hack, 1974; Hack와 McConville, 1978). Test panel을 구성할 때에는 전면형 마스크에 대해서는 얼굴 길이(face length)와 얼굴 폭(face width)을 이용하고 반면형 및 1/4형 마스크인 경우에는 얼굴 길이와 입술 폭(lip width, 입술 길이 lip length라고도 함)을 parameter로 이용한다(Hack와 McConville, 1978). 그러나 그 후 Liao 등(1982)은 반면형 마스크를 디자인을 위해서 얼굴의 어떤 치수가 가장 중요한지를 연구한 결과 얼굴 길이가 아니고 얼굴 폭과 입술 폭이라고 하였다. 또 Oostenstad 등(1990)에 의하면 반면형 마스크의 밀착도에 영향을 주는 얼굴 치수는 얼굴 길이와는 연관성이 있으나 입술 폭과는 연관성이 없다고 하였다. 따라서 이 연구에서는 코 뿌리(nasal root breadth)가 관련성 있기 때문에 test panel에 코 부분에 대한 치수를 첨부해야 한다고 하였다. 또 반면형 마스크를 위한 test panel에 얼굴길이와 입술 폭 보다는 코에서 턱 끝까지 길이(menton-subnasal length)가 적합하므로 이들을 삽입해야 한다고 하였다(Oostenstad와 Perkin, 1992). 그러나 가장 최근의 연구에서는 코와 코의 폭이 영향을 주지만 미약한 정도에 그치고 종족이나 성별보다는 개인의 특성이 중요하다는 연구도 제기되었다(Brazile 등, 1998).

따라서 지금까지 알려진 연구결과에 의하면 반면형 마스크의 밀착도에 얼굴 치수의 어떤 parameter가 가장 적합한지 명확하지 않은 실정이다. 또 지금까지 연구는 다른 종족에 관한 자료이고 한국인에 대한 것은 하나도 없는 실정이다. 분명히 한국인의 얼굴형태는 다른 종족과는 다른 특성을 가지고 있기 때문에 다른 종족을 대상으로 한 연구결과들은 단지 참고자료에 불과할 뿐이지 이 결과들을 그

대로 사용할 수는 없는 일이다.

본 연구의 궁극적인 목적은 한국인의 얼굴체형에 알맞은 반면형 마스크를 개발하는 것이며 본 논문은 이 같은 목적을 달성하기 위한 첫 번째 단계로서 반면형 마스크의 밀착도에 영향을 미치는 한국인의 얼굴치수를 찾아 어느 얼굴치수가 밀착정도를 예측하는데 가장 적합한지를 규명하는 것이다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구방법

150명의 대상인원에 대하여 먼저 얼굴치수에 대한 계측을 실시하고 이들에게 3개 종류(2개 brand는 국산, 1개 brand는 미국산)의 반면형 마스크에 대한 밀착도 검사를 실시하였다. 밀착도 검사에서 나온 밀착계수를 자연대수치 LNFF(log natural transformed fit factor)로 바꾼 다음 얼굴치수의 어떤 parameter가 LNFF에 가장 큰 영향을 주는지를 통계적으로 분석하였다.

2. 밀착도 검사

밀착도 검사 대상인원은 현재 사업장에서 반면형 마스크를 착용하고 일하는 만 20세에서 50세까지의 근로자 100명과 대학생 50명으로 총 150명이었다. 이 중에서 남자는 112명 여자는 38명이었다. 밀착도 검사시 사용했던 기기는 PortaCount 8020과 Aerosol Generator 8026 (미국 TSI사 제품)이었다. 측정방법은 미국 산업안전보건법29 CFR 1910.134(United States, 2002)에 수록된 protocol을 그대로 사용하였으며 측정시 test exercises로는 6개를 수행하였는데 NB1(normal breathing 1), DB(deep breathing), HM(head movement), T(talking), J(jogging) 그리고 NB2(normal breathing 2)이었다. 각 test exercise마다 측정시간은 80초로 하였다. 마스크의 종류로는 현재 사업장에서 많이 사용되고 있는 것들로서 국산 마스크 A(크기 중 사이즈), 미국 다국적기업의 마스크 B(크기 대·중·소 3

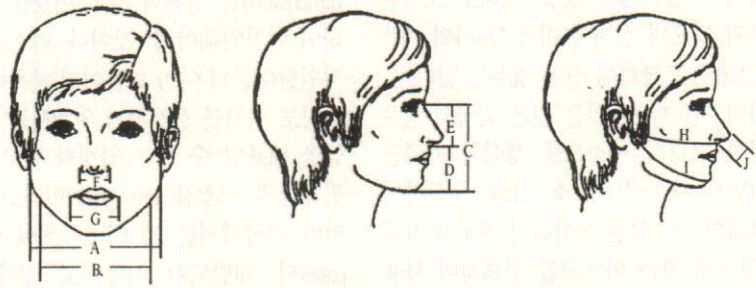
개 사이즈) 그리고 국산 마스크 C(크기 중 사이즈)로 총 3개 brand이었다.

3. 얼굴치수의 측정

측정한 얼굴치수는 반면형 마스크의 밀착도에 영향을 미칠 것으로 예상되는 10개 부위로 그림 1과 같다. 측정기구에 사용한 도구로는 Sliding caliper (스위스 Siber Hegner 제품: No. 104), Spreading caliper (스위스 Siber Hegner 제품: No. 106) 및 줄자를 사용하였다.

4. 통계처리방법

얼굴치수 측정자료의 특성을 파악하기 위하여 우선 기술통계량(descriptive statistics)을 구하였다. 다음으로 각 얼굴치수는 성별에 따라 차이가 있는지를 알아보기 위하여 Student t-검정을 실시하였으며, brand에 기인한 밀착계수의 차이를 알아보기 위하여 밀착계수를 3개 그룹의 범주(pass, fail, 유보)로 나눈 다음, χ^2 검정을 실시하였다. 또 Pearson 상관계수를 이용하여 각 얼굴치수 상호간의 상관관계를 분석하였다. 밀착계수와 얼굴치수들 사이의 관계는 단순히 선형관계가 아니라 비선형 관계도 예상되어지기 때문에 산점도(Scatterplots)를 이용하여 회귀함수의 모양이 선형인지 비선형인지를 파악하였다. 밀착계수를 대수로 변환한 다음(LNFF), 이 값들과 얼굴치수들간 산점도 행렬을 작성하여 보았다. 이러한 산점도 중에서 지면 관계상 마스크 B에 관한 것만 산점도의 한 예로 그림 2에 첨부하였다. 그 다음 2차항을 포함하는 편상관분석(partial correlation analysis)을 통하여 상대적 기여도를 평가하였다. LNFF의 변동이 얼굴치수 자료에 의하여 어느 정도 설명되어질 수 있는지를 평가하기 위하여 2차 다항회귀모형을 가정한 다음, 단계별 변수선택 방법을 사용하여 설명력에 의미가 없는 변수를 제거하고 최종 적합회귀모형을 선택하였다. 본 분석에서 독립변수는 표준화 변수를 사용하였다. 표준화 변수는 회귀계수의 추정과정에서 반올림 오차를 줄



- A. Bizygomatic Breath (ZYGO) (Face Width)
- B. Bigonial Breath (GONI)
- C. Menton-Nasal Root Length (MNRL) (Face Length)
- D. Menton-Subnasale Length (MSNL) (Lower Face Length)
- E. Subnasale-Nasal Root Length (SNRL)
- F. Nose Width (NOSW)
- G. Lip Length (LIPL)
- H. Bitragion-Subnasale Arc (TRNA)
- I. Bitragion-Menton Arc (TRMA)
- J. Nose Protrusion (NOSP)

Fig. 1. Facial dimensions measured.

일 수 있을 뿐만 아니라 추정된 회귀계수의 크기를 동일한 척도에서 비교할 수 있는 장점을 갖고 있다. 그 외에도 본 연구의 분석에 사용한 다항회귀모형에서 1차항과 2차항은 높은 상관관계가 존재할 수도 있는데 이러한 경우에 다중공선성의 문제를 야기할 수 있다. 표준화 변수는 다중공선성의 문제도 어느 정도 해결할 수 있으며 회귀계수를 추정하기 위하여 역행렬을 계산할 때 발생할 수 있는 계산상의 어려움도 피할 수 있는 장점이 있다.

료 값의 기술 통계량은 표 1과 같다. 이들 자료에 대한 확률분포를 검토한 결과 정규분포에서 통계적으로 유의하게 벗어나는 자료는 없었다. 모든 얼굴 측정 자료는 성별에 따라 통계적으로 유의하게 차이가 인정되었으며 여자의 측정값이 남자보다 낮았다. 연령에 따른 얼굴측정 치수의 차이를 알아보기 위하여 인체성장의 정도를 고려하여 연령을 3개 그룹(25세 미만, 25-30세, 31세 이상)으로 나눈 다음, 축차적으로 성별, 연령 그룹 순으로 ANOVA 분석을 실시한 결과 연령그룹은 NOSW를 제외한 대부분의 경우에 통계적으로 유의한 차이가 인정되지 않았다. 따라서 이후의 모든 분석은 성별을 고려하는 것이 바람직할 것으로 여겨진다. 한편, 밀착계수는 연령별 차이가 없었다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 기술통계

대상자 150명에 대한 얼굴치수 측정 자

표 2는 밀착계수를 3개 그룹의 영역 즉,

Table 1. Summary statistics of facial dimension measurements of subjects

Facial dimension	(Mean ± SD)		
	Male (N=112)	Female (N=38)	Total (N=150)
Bizygomatic breadth (ZYGO)	13.2±0.9	12.2±0.7	12.9±0.9
Bigonial breadth (GONI)	11.1±0.6	10.6±0.6	11.0±0.6
Menton-Nasal Root length (MNRL)	11.8±0.7	11.0±0.5	11.6±0.7
Menton-Subnasale length (MSNL)	6.9±0.6	6.5±0.5	6.8±0.6
Subnasale-Nasal Root Length (SNRL)	4.9±0.4	4.5±0.4	4.8±0.4
Nose width (NOSW)	3.6±0.3	3.1±0.3	3.5±0.4
Lip Length (LIPL)	5.0±0.5	4.6±0.4	4.9±0.5
Bitragion-Subnasale Arc (TRNA)	27.5±1.6	25.5±1.3	27.0±1.7
Bitragion-Menton Arc (TRMA)	*31.0±1.6	29.0±1.4	30.5±1.7
Nose Protrusion(NOSP)	2.0±0.2	1.8±0.3	2.0±0.3

* All measurements were statistically significantly different between gender (p<0.001).

Table 2. Subjects with passing or failing fit tests by gender for each brand

Brand	No. of Subjects	Fail						Pass ¹⁾		
		FF<10			10≤FF<100			FF≥100		
		Male	Female	Sub-total	Male	Female	Sub-total	Male	Female	Sub-total
A ^{**}	150	1	6	7(4.7)	29	14	43(28.7)	82	18	100(66.7)
B ^{**}	150	3	4	7(4.7)	21	21	42(28.0)	88	13	101(67.3)
C	150	17	11	28(18.7)	30	8	38(25.3)	65	19	84(56.0)

¹⁾ FF≥100 criterion for passing fit test for half masks based on ANSI Z88.2-1992.

^{**} p<0.01 by Chi-square test comparing pass versus fail (FF<100).

pass, fail 그리고 유보로 나눈 다음 성별 brand별로 비교한 것이다. 이 연구에서는 pass와 fail을 구분하는데 두 개의 기준치를 사용하였다. ANSI(1992)에서는 할당보호계수 APF(Assigned Protection Factor)가 10이상이면 밀착도를 받아들일 수 있는 수준으로 구분한다. 최근 OSHA의 29 CFR 1910.134(United States, 2002)에서는 밀착계수 FF가 100이상인 밀착형의 반면형 마스크는 밀착도가 pass한 것으로 규정하고 있다. 또 ANSI(1992)에서는 호흡기보호구를 각 개인에게 지급하기 앞서 밀착계수가 APF의 10배 이상을 요구하고 있다. 따라서 이 기준치는 APF가 10이면 밀착계수는 100이어야 한다. ANSI와 OSHA의 기준으로 본다면 반면형 마스크의 경우 밀착계수가 100은 넘어야 pass한 것으로 인정할 수 있다. 그래서 본 연구에서는 이 같은 내용을 근거로 밀착계수를 3개 그룹인 밀착계수 FF<10를 fail, 10≤FF<100은 유보, FF≥100을 pass로 구분하였다. 이렇게 구분하였을 때 각 마스크간 pass한 율을 국산 마스크 A= 66.7%, 미국산 마스크 B = 67.3% 그리고 국산 마스크 C = 56.0%로 나타나 다국적 기업 미국산 마스크 B가 한국인의 얼굴에 가장 잘 맞는 것으로 밝혀졌다.

표 3은 밀착계수를 성별로 구분하여 비교한 것으로 모든 마스크에서 남자가 여자보다 밀착계수가 높은 것으로 나타나 기존의 마스크들이 남자 얼굴을 중심으로 개발되었다는 것을 알 수 있었다는데 이 같은 결과는 Oestenstad와 Perkin(1992)과 Han(2000)의 연구결과와 일치하는 것이었다. 따라서 밀착계수가 성별간 차이가 있는 것으로 밝혀졌기 때문에 앞으로 모든

분석은 남자, 여자, 그리고 남·여 구분이 없는 모두(all)로 나누어서 분석하였다.

2. 상관분석

얼굴치수 측정값들 상호간에 상관관계가 존재하는지를 알아보기 위하여 성별로 나누어 Pearson' 상관계수를 구하였다. 표 4에서처럼 얼굴치수들 사이에는 비교적 높은 상관관계가 존재하였다. 특히, ZYGO와 TRMA, MNRL와 MSNL의 상관관계는 매우 높았다. 따라서 얼굴치수는 상호 관련성을 배제할 수 없기 때문에 이러한 결과가 다중회귀 분석을 실시할 때 다중공선성(multicollinearity)을 야기할 수도 있다. 그러나 LNFF와 각 얼굴치수 간에는 단지 몇 개만 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다.

상관계수는 단지 선형관계의 정도를 수량적으로 표현하는 것이기 때문에 LNFF와 얼굴치수 사이의 관계를 좀 더 가시적으로 살펴보기 위하여 산점도(scatterplot)

를 작성하여 보았다. 그림 2는 이러한 산점도의 한 예로서 3개 마스크 중 마스크 B의 다항회귀선을 포함한 산점도이다. 마스크 B의 경우 분석결과 NOSW, LIPL과 TRMA를 제외한 나머지는 오히려 비선형 관계에 가깝다고 볼 수 있다. 특히, LNFF와 ZYGO의 관계는 곡선관계에 있다. 이러한 경우에는 Pearson 상관분석은 적절하지 않으며 2차항을 포함하는 다항회귀 분석이 바람직할 것이다.

따라서 본 연구에서는 LNFF와 얼굴치수 사이의 비선형 관계를 밝혀내기 위하여 2차항을 포함하는 다항회귀 분석을 실시하여 편상관계수를 구하였다. 편상관계수는 다른 모든 설명변수가 이미 모형에 포함되어 있을 때, 특정한 설명변수를 추가하였을 때 발생하는 기여도를 나타내는 편결정계수(partial determination)의 제곱근이다. 표 5는 각각의 얼굴변수의 2차항에 대한 편상관계수를 보여 주고 있다. 이러한 편상관계수는 SAS REG 절차의 PCORRI 옵션을 이용하여 쉽게 구할 수

Table 3. Distribution of fit factors by gender for each brand

Brand	Statistical Values	Male (N=112)	Female (N=38)	Total (N=150)
A [*]	Mean ± SD	483.2±658.8	231.6±457.0	420.3±624.4
	Minimum	9.5	3.1	3.1
	Maximum	2,900	2,730	2,900
B ^{**}	Mean ± SD	5437.2±7133.2	1404.8±4071.7	4408.8±6713.6
	Minimum	3.9	3.0	3.0
	Maximum	30,300	20,500	30,300
C	Mean ± SD	3734.9±6817.1	3391.3±7068.1	3649.0±6858.0
	Minimum	3.0	2.0	2.0
	Maximum	29,300	31,300	31,300

^{*} p<0.05

^{**} p<0.01 by t-test comparing male versus female.

Table 4. Relationship among facial dimensions each other and relationship between facial dimensions and log-transformed fit factors (LNFF) of brands (correlation coefficients)

All		ZYGO	GONI	MNRL	MSNL	SNRL	NOSW	LIPL	TRNA	TRMA	NOSP
Facial dimension	ZYGO	-									
	GONI	0.51**	-								
	MNRL	0.39**	0.33**	-							
	MSNL	0.20**	0.26**	0.81**	-						
	SNRL	0.40**	0.21**	0.60**	0.02	-					
	NOSW	0.40**	0.33**	0.48**	0.23**	0.50**	-				
	LIPL	0.26**	0.24**	0.11**	0.04	0.14	0.12	-			
	TRNA	0.61**	0.46**	0.45**	0.20*	0.49**	0.54**	0.15	-		
	TRMA	0.66**	0.55**	0.54**	0.36**	0.43**	0.46**	0.28**	0.77**	-	
	NOSP	0.34**	0.10	0.39**	0.12	0.49**	0.27**	-0.03	0.36**	0.28**	-
Brand	A	0.08	0.09	0.24**	0.25**	0.07	0.17*	0.13	-0.03	0.11	-0.06
	B	0.37**	0.38**	0.34**	0.18*	0.34**	0.40**	0.17*	0.43**	0.48**	0.21*
	C	0.22**	0.24**	0.16	0.20*	0.00	0.21*	0.15	0.21*	0.30**	-0.10

Female		ZYGO	GONI	MNRL	MSNL	SNRL	NOSW	LIPL	TRNA	TRMA	NOSP
Facial dimension	ZYGO	-									
	GONI	0.51**	-								
	MNRL	0.31	0.27	-							
	MSNL	0.00	0.10	0.75**	-						
	SNRL	0.44**	0.24	0.38**	-0.32	-					
	NOSW	0.32**	0.21	-0.07	-0.17	0.13	-				
	LIPL	0.27	0.41*	-0.03	-0.03	0.13	-0.06	-			
	TRNA	0.64**	0.36*	0.29	-0.01	0.42**	0.48**	0.03	-		
	TRMA	0.68**	0.54**	0.50**	0.25	0.35*	0.39*	0.27	0.68**	-	
	NOSP	0.40*	0.06	0.31	0.06	0.36*	0.22	-0.34	0.40*	0.22	-
Brand	A	-0.11	-0.28	0.11	0.17	-0.07	-0.17	-0.27	-0.20	-0.18	0.05
	B	0.49**	0.32	0.07	-0.14	0.29	0.14	0.11	0.43**	0.35**	0.11
	C	0.24	0.16	0.10	0.19	-0.12	0.11	0.36*	0.07	0.28	-0.18

Male		ZYGO	GONI	MNRL	MSNL	SNRL	NOSW	LIPL	TRNA	TRMA	NOSP
Facial dimension	ZYGO	-									
	GONI	0.41**	-								
	MNRL	0.17	0.18	-							
	MSNL	0.09	0.20*	0.81**	-						
	SNRL	0.17	0.00	0.42**	-0.10	-					
	NOSW	0.14	0.16	0.34**	0.14	0.37**	-				
	LIPL	0.11	0.09	-0.06	-0.04	-0.04	-0.08	-			
	TRNA	0.47**	0.37**	0.26**	0.09	0.32**	0.34**	0.00	-		
	TRMA	0.53**	0.45**	0.36**	0.25**	0.23*	0.21*	0.14	0.71**	-	
	NOSP	0.18	-0.02	0.28**	0.02	0.44**	0.08	-0.07	0.22**	0.13	-
Brand	A	-0.04	0.10	0.13	0.20*	-0.08	0.07	-0.14	-0.20*	0.01	-0.24
	B	0.10	0.25**	0.15	0.10	0.09	0.18	0.02	0.22**	0.32**	0.06
	C	0.19	0.25**	0.13	0.17	-0.04	0.22*	0.06	0.22**	0.30**	-0.12

* p-value <0.05, ** p-value <0.01

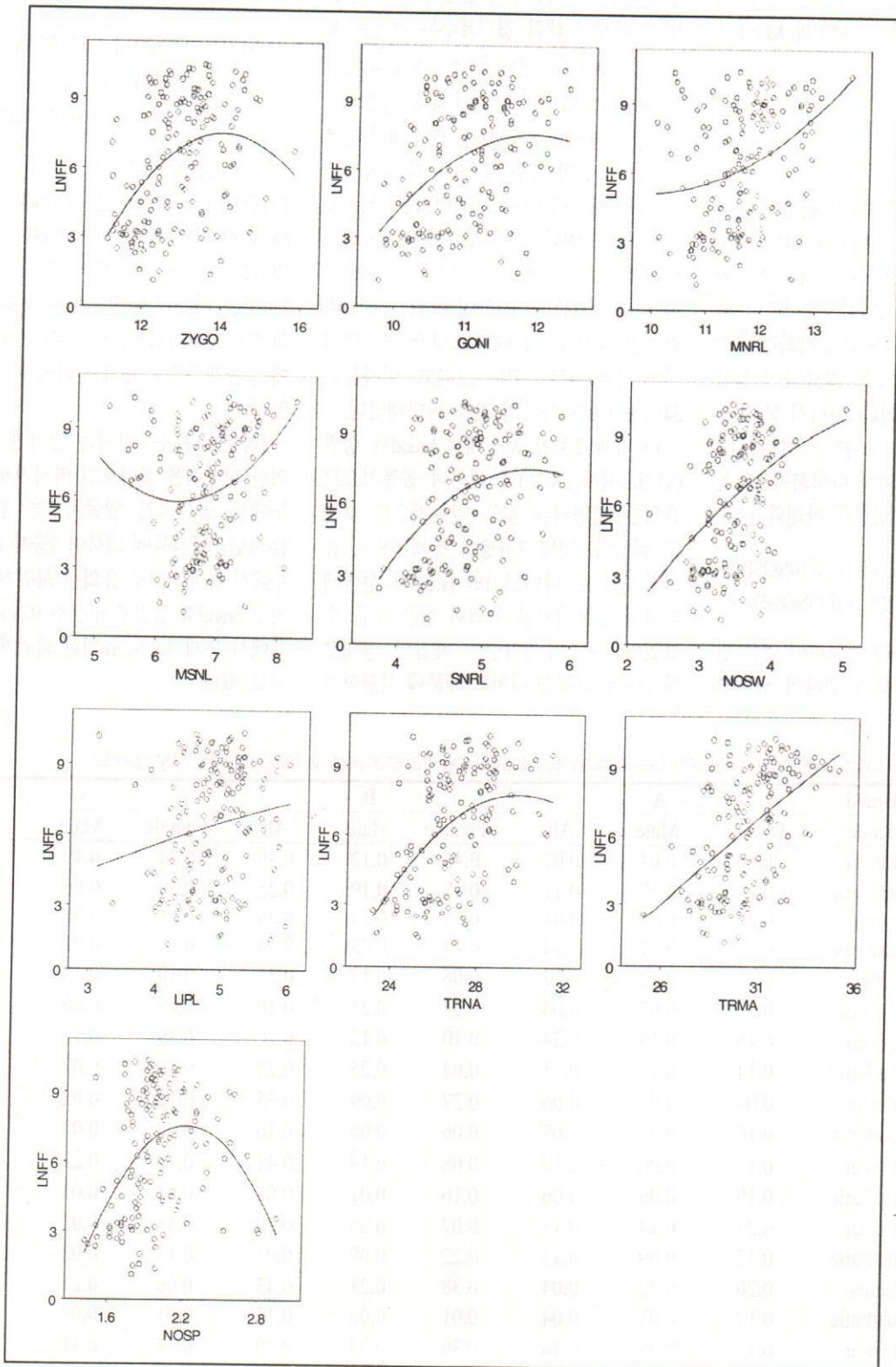


Figure 2. Scatterplots of LNFF versus each facial dimension with a polynomial regression line for mask B

있다(SAS/STAT Software, 1997). LNFF와 몇몇 얼굴치수 측정자료는 선형항에 대한 편상관계수 보다 2차항에 대한 편상관계수가 높다는 것을 알 수 있으며, 그 한 예로서 마스크 B에 대한 LNFF와 NOSP를 주목할 수 있다.

3. 회귀분석

LNFF와 각 얼굴치수간의 관계를 밝혀내고 각 얼굴치수가 LNFF에 어느 정도 설명력을 갖는지를 알아보기 위하여 회귀분석을 실시하였다. LNFF의 값은 각 얼굴치수에 따라 단조적으로 증가하거나 감소한다고 가정하는 것은 자료의 특성상 바람직하지 않을 것이다. 따라서 본 논문에서는 다중선형회귀 보다는 곡선회귀 모형, 즉 2차항을 포함하는 다항회귀모형을 시도하였다. 수학적 모형은 아래와 같다.

$$LNFF = \beta_0 + \beta_1ZYGO + \dots + \beta_{10}NOSP + \beta_{11}ZYGO^2 + \dots + \beta_{20}NOSP^2 + \epsilon$$

가정된 회귀모형에서 설명력이 낮은 변수를 자동으로 제거하기 위하여 단계별

변수선택 방법을 사용하였으며 결과는 표 6에 정리되어 있다.

본 연구에서 최종 선택된 모형에 대한 결정계수는 그리 높지 않았다. 남녀 구분 없이 전체에 대한 결정계수는 마스크 A, B, 그리고 C에 대하여 각각 8%, 41%와 16%로 나타나 마스크 B에 대한 결정계수가 가장 높았다. 따라서 본 연구에서 사용한 마스크 B의 경우 한국인들의 밀착정도를 예측하는 데 더 좋은 설명력을 갖는 것으로 볼 수 있다. 그러므로 차후 한국인의 얼굴에 알맞은 반면형 마스크를 개발할 때 마스크 B를 참고로 이용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 남자들에 대해서는 17%에서 27%, 그리고 여자들은 24%에서 37%사이의 값을 나타내었다.

1차항과 2차항 모두에서 brand와 성별(남자, 여자, 모두)에 대하여 공통적으로 유의한 설명력을 갖는 얼굴치수는 찾을 수 없었다. 몇몇 2차항이 통계적으로 유의한 것으로 나타났지만 brand나 성별에 대하여 공통적으로 유의한 항은 찾을 수 없었다. 그러나 2차항은 제품의 형태로 예측력에 영향을 미치기 때문에 선형항과

동일한 기준으로 평가하는 것은 바람직하지 않다. 예를 들어, 마스크 B에 대한 남녀구분 없이 전체 자료에 대한 최종 선택된 모형은 다음과 같이 정리될 수 있다.

$$LNFF = 0.52GONI + 0.84TRNA + 0.74NOSP + 0.35ZYGO^2 + 0.37MNRL^2 + 0.40NOSP^2$$

마스크 B의 경우 위 모형을 살펴보면, 1차항보다는 2차항인 ZYGO, MNRL, NOSP가 반면형 마스크에 대한 우수한 설명력을 갖는 변수로 볼 수 있다. ZYGO의 2차항은 마스크 B뿐만 아니라 3개 brand와 성별을 9개 cell로 나누었을 때 5개 cell에서 통계적으로 유의한 회귀계수를 갖고 있다.

2차항보다 우수하지는 않지만 1차항에 의한 설명력을 살펴보면 역시 9개 cell 모두에서 공통적인 얼굴치수는 없었으나 TRNA는 남자들에 대하여 3종류 brand 모두에서 통계적으로 유의한 회귀계수를 가지고 brand와 성별로 구분한 9개 cell 중 5개에서 통계적으로 유의한 회귀계수를 가지고 있다.

Table 5. Partial correlation coefficient between facial dimensions and log-transformed fit factors(LNFF) by gender

Facial dimension	Brand	A			B			C		
		Female	Male	All	Female	Male	All	Female	Male	All
ZYGO	Linear	0.10	0.04	0.07	0.45	0.12	0.39	0.24	0.19	0.22
	Quadratic	0.37	0.17	0.11	0.18	0.19	0.25	0.30	0.06	0.08
GONI	Linear	0.27	0.08	0.08	0.27	0.24	0.38	0.15	0.25	0.24
	Quadratic	0.01	0.01	0.04	0.13	0.03	0.14	0.14	0.01	0.00
MNRL	Linear	0.11	0.12	0.23	0.08	0.17	0.37	0.10	0.13	0.16
	Quadratic	0.28	0.07	0.04	0.27	0.21	0.10	0.09	0.06	0.02
MSNL	Linear	0.16	0.19	0.24	0.10	0.13	0.20	0.19	0.17	0.20
	Quadratic	0.14	0.10	0.11	0.04	0.25	0.22	0.15	0.07	0.01
SNRL	Linear	0.06	0.07	0.06	0.27	0.09	0.35	0.12	0.02	0.00
	Quadratic	0.16	0.05	0.07	0.06	0.02	0.16	0.07	0.02	0.02
NOSW	Linear	0.17	0.06	0.16	0.08	0.19	0.41	0.10	0.23	0.21
	Quadratic	0.19	0.06	0.06	0.16	0.01	0.04	0.01	0.03	0.05
LIPL	Linear	0.27	0.14	0.13	0.07	0.05	0.20	0.35	0.05	0.14
	Quadratic	0.12	0.09	0.13	0.22	0.00	0.01	0.13	0.03	0.00
TRNA	Linear	0.20	0.22	0.04	0.38	0.21	0.43	0.06	0.21	0.20
	Quadratic	0.17	0.01	0.04	0.01	0.06	0.17	0.01	0.07	0.07
TRMA	Linear	0.17	0.00	0.10	0.30	0.32	0.49	0.27	0.31	0.30
	Quadratic	0.06	0.22	0.10	0.28	0.01	0.01	0.09	0.03	0.00
NOSP	Linear	0.05	0.24	0.06	0.09	0.05	0.20	0.17	0.11	0.09
	Quadratic	0.09	0.08	0.07	0.17	0.36	0.41	0.07	0.08	0.11

Table 6. Best subset polynomial regression analysis for predicting log-transformed fit factor

ANOVA	Mean square	A			B			C		
		Female	Male	All	Female	Male	All	Female	Male	All
	Model	8.84	6.60	11.50	25.76	31.21	67.54	31.23	35.26	46.88
	Error	1.66	1.45	1.89	4.40	3.98	4.21	6.58	6.70	7.07
	F-ratio	5.31	4.56	6.08	5.86	7.85	16.04	4.74	5.26	6.63
	P-value	0.0098	0.0001	0.0029	0.0065	0.0001	0.0001	0.0041	0.0007	0.0001
	R2	0.24	0.27	0.08	0.26	0.23	0.41	0.37	0.17	0.16

Coefficients for predictor variables included in the regression model

Linear term	ZYGO	GONI	MNRL	MSNL	SNRL	NOSW	LIPL	TRNA	TRMA	NOSP
	1.34									
			0.28							
				0.35						
						0.23				
						0.22	0.18			
						0.53		0.84	0.84	1.02
						-0.63				1.08
						-0.54				
								0.74		-0.50
										-0.54
Quadratic term	ZYGO ²	0.64								
	GONI ²							-0.36	-0.35	
	MNRL ²								0.37	1.38
	MSNL ²							0.34		
	SNRL ²									0.35
	NOSW ²	0.20							-0.43	0.24
	LIPL ²						-0.47			
	TRNA ²									0.18
	TRMA ²									
	NOSP ²									-0.40

*p<0.05

한편, SNRL은 1차항이나 2차항에서 brand/성별 구분 9개 cell 중 어느 한 곳에 서도 전혀 유의한 회귀계수를 가지고 있지 않아 밀착정도와 관련이 전혀 없는 것으로 판단되어 반면형 마스크를 개발하는 데 참고하지 않아도 될 것으로 사료된다. 이상의 결과들은 기존의 다른 종족을 대상으로 했던 연구들(Hack와 McConville, 1978; Liao 등, 1982; Oestenstad 등, 1990; Oestenstad와 Perkin, 1992; Brazile 등, 1998)과 다르게 나타났으며 앞으로 한국인을 위한 반면형 마스크를 개발하는데 본 연구결과가 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

면형 마스크를 개발하기 앞서 반면형 마스크의 밀착정도에 영향을 주는 한국인의 얼굴 치수를 규명하기 위함이다. 기존의 다른 종족을 대상으로 한 연구결과와는 다르게 나타났다. 한국인의 얼굴에 알맞은 반면형 마스크 개발을 위해서는 얼굴 치수 중 bitragion-subnasale arc (TRNA)와 bizygomatic breadth (ZYGO) 이 두 개의 얼굴치수를 우선 고려해야 할 것으로 판단된다. 이상의 연구결과는 앞으로 한국인의 산업용 반면형 마스크, 군사용 반면형 마스크를 개발하는 데 매우 유용하게 활용될 것으로 사료된다.

의 산업의학 1995; 133-143
 한돈희, 나명채, 이상곤. 호흡기보호구에 대한 Saccharin QLFT와 CNC QNFT 간 상관성에 관한 연구, 한국산업 위생학회지 1997; 7(1): 99-112
 한돈희. 호흡기보호구의 밀착계수와 안면 구조의 관계, 예방의학회지 1998; 31(3): 440-448
 American National Standards Institute (ANSI). ANSI Z88.2-1992; American national standards for respiratory protection. New York (USA): American National Standards Institute, 1992.
 Brazile WJ, Buchan RM, Sandfort DR, Melvin W, Johnson JA, Charney M. Respirator fit and facial dimensions of two minority groups, Appl Occup Environ Hyg 1998; 13(4): 233-237
 Hack AL, Hyatt EC, Held BJ, Moore TO,

IV. 결 론

본 연구는 한국인의 얼굴에 알맞은 반

REFERENCES

박은주, 김현욱. 반면형 방진마스크의 밀착계수에 영향을 미치는 요인, 한국

- Richards CP, McConville TJ. 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, McConville TJ. Respirator protection factors: Part I - Development of an anthropometric test panel, *Am Ind Hyg Assoc J* 1978; 39: 970-975
- Han DH. Fit Factor for Quarter Masks and Facial Size Categories, *Ann Occup Hyg* 2000; 44(3): 227-234
- Hughes JG and Lomaev O. An anthropometric survey of Australian male facial sizes, *Am Ind Hyg Assoc J* 1972; 33(2): 71-78
- Liau YH, Amit B, Howard A, Carl M. Determination of critical anthropometric parameters for design of respirators, *Am Ind Hyg Assoc J* 1982; 43(12): 897-899
- McConville TJ, Milton A. Anthropometric sizing program for oral-nasal oxygen masks based on 1967 U.S. air force survey data, *Aviation, Space, and Environmental Medicine* November 1975: 1383-1389
- Oestenstad RK, Dillion HK, Perkin LL. Distribution of facial leak sites on a half-mask respirator and their association with facial dimension, *Am Ind Hyg Assoc J* 1990; 51(3): 285-290
- Oestenstad RK, Perkin LL. An assessment of critical anthropometric dimensions for predicting the fit of a half-mask respirator, *Am Ind Hyg Assoc J* 1992; 53(10): 639-644
- SAS/STAT Software. Changes and enhancements through release 6.12, SAS Institute Inc., Cary(USA); 1997
- United States. Code of Regulations. Title 29 Part 1910.134. Respiratory Protection, 2002
- Yatapanage KG, Post K: Measurement of 3-D facial contours for the design of half-face respirators, *Am Ind Hyg Assoc J* 1992; 53(1): 19-26