

## 어린이 보건용 마스크의 인증기준 마련을 위한 3D 얼굴치수 및 호흡량 연구

서혜경<sup>1</sup> · 김지현 · 윤종서<sup>2</sup> · 신동훈<sup>3</sup> · 김현욱\*

<sup>1</sup>가톨릭대학교 의과대학 예방의학교실, <sup>2</sup>가톨릭대학교 소아청소년과, <sup>3</sup>㈜프로토텍

### Analysis of 3D Facial dimensions and Pulmonary Capacity of Korean Children for Designing of Children's Dust Masks

Hyekyung Seo<sup>1</sup> · Jennifer Ivy Kim · Jong-Seo Yoon<sup>2</sup> · Donghoon Shin<sup>3</sup> · Hyunwook Kim\*

<sup>1</sup>Dept. Prev. Med., College of Medicine

<sup>2</sup>Dept. Ped. Med., College of Medicine, The Catholic University of Korea

<sup>3</sup>PROTOTECH Inc

#### ABSTRACT

**Objectives:** Currently, masks against yellow dust and fine particulates are being certified with no consideration of facial dimensional variations among children and adults. The aims of this study were to develop masks against yellow dust and fine particulates for children in Korea and provide basic data to suggest new test methods for mask certification that consider the breathing capacity of children.

**Methods:** A total of 730 study participants aged from six to 13 years old were recruited in the Seoul, Gyeonggi, and Incheon region. This study used a 3D scanning instrument to obtain 16 facial anthropometric data points. Literature reviews, a comparison of breathing capacity between adults and children, and analysis of children's pulmonary physiological data were conducted in order to suggest new test standards for certifying children's masks against yellow dust and fine particulates. In addition, types of children's masks, choice of wearing a mask or not, and reasons for not wearing masks were surveyed.

**Results:** Based on a clustering analysis of participants' facial dimensions, facial shapes were classified into three groups: small, medium, and large. The sizes of children's masks were subtracted by using 3D sketch techniques (Large: 121.25 mm x 89.46 mm, Medium: 111.92 mm x 78.55 mm, Small: 102.13 mm x 72.87 mm). In certifying children's mask, flow rates of 60 l/m for the filtering efficiency test and 20 l/m for the breathing resistance test were recommended, since children's pulmonary physiological capacity is about 60-70% of adults' pulmonary capacity.

**Conclusions:** The results of this study suggest that three mask sizes for children would be sufficient and practical for providing protection against yellow dust and fine particulates. Revising current test methods for certifying respiratory protective devices for children is important, since children's pulmonary physiological capacity substantially differs from that of adults. Therefore, it is recommended that new test standards for certifying children's masks be promulgated in the near future.

**Key words:** anthropometric, 3D, child masks, facial dimension, physiological data

## I. 서 론

현대 사회에서 얼굴 이미지를 산업에 응용하는 분야는 증가되고 있으며, 얼굴인식 기능으로 정보획득을 하는 서비스 시스템과 산업분야, 얼굴관련 생산품을

생산하는 제조업분야 등 다양한 분야로 확대되고 있고, 특히 3D 기술의 발전은 호흡보호구와 같은 제조업 분야에서 그 중요성이 더욱 커지고 있다. 얼굴은 다른 부위보다 더 다양한 곡선을 가지고 있어 이런 얼굴 형태를 정확히 측정하기 위해서는 전통적인 측정방법으

\*Corresponding author: Hyunwook Kim, Tel: 02-2258-7363, E-mail: hwkim@catholic.ac.kr  
Dept. Prev. Med., College of Medicine, The Catholic University of Korea, 222 Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul, Korea 06591  
Received: December 5, 2017, Revised: December 19, 2017, Accepted: December 21, 2017

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

로는 한계가 있다(Kim et al., 2003). Lee et al.(2004)은 3차원 측정법이 인체측정에 소요되는 시간을 절약하고, 데이터의 재생 반복 측정이 가능하며, 오차가 적고, 기존의 직접 측정방법으로는 측정할 수 없었던 얼굴의 굴곡 부위 측정이 가능하다고 하였다.

사회환경의 변화에 따라 새로운 치수규격의 제정에 대한 필요성이 높아지고 있으며, Han et al.(2004)은 한국인을 대상으로 얼굴 치수를 측정하여 치수체계를 구분하고 3D scanning을 통해 한국인의 얼굴 체형에 적합한 반면형 마스크를 개발하기도 하였다. 얼굴 영상의 3D 처리된 이미지 형상은 많은 수의 자료를 추출할 수 있을 뿐만 아니라 정확도와 정밀도가 높은 것으로 알려져 있지만, 부수적인 작업이 필요하고 고가의 장비를 사용해야 하는 부담이 있어 접근이 용이하지 않은 단점도 있다. 하지만 설계적 측면을 고려할 때 3D 기술은 유용하며 Liu et al.(2008)은 머리의 3D scan data를 기반으로 헬멧을 설계하는 일련의 방법을 개발하여 효율적인 설계를 위한 안전모 설계 시스템을 구축하기도 하였다. 하지만 이런 연구들은 성인을 대상으로 하였으며, 어린이를 대상으로 한 연구는 Kim et al.(2016)의 연구를 제외하고는 아직 활발하지 않은 실정이다.

최근 한국에서는 미세먼지 및 황사로 인한 대기오염 증가가 사회적 문제로 대두되고 있고(Kim & Lee, 2009), 미세먼지로 인한 건강 악화는 노약자나 소아의 경우 더 많은 문제점이 있다(Kim et al., 2010). 소아는 성인보다 분당 호흡횟수가 많아, 오염물질의 기도 내 접촉시간이 길고 야외 활동량이 많아 미세먼지의 노출시간이 긴 반면, 면역체계가 발달하지 않아 호흡기 질환의 악화에 대한 연관성이 많다고 보고하였다(Kim et al., 2010).

주요 국가에서는 환경유해인자로 인한 어린이 건강을 보호하기 위하여 민감계층에 대한 위해성 평가를 최우선으로 수행하고 있고 우리나라의 경우도 폐기능 등의 생체 지표를 이용한 건강 영향을 평가하였다(NIER, 2016).

이러한 관점에서 어린이 호흡기를 보호할 호흡보호구가 필요함에도 불구하고 시중에 시판되고 있는 마스크에는 어린이용으로 인증 받은 보건용 마스크가 없는 실정이다. Kim et al.(2003)에 의하면 얼굴의 크기와 형태는 인종간, 민족간 그리고 성별에 따라 다르다고 하였으며, 성장기에 속한 어린이의 경우도

그 크기와 형태가 다를 것으로 판단된다.

성장과 발달이 급격하게 일어나는 시기인 어린이들에게 미세먼지 등 환경오염 물질로부터 보호할 보건용 마스크의 경우 성인과의 생리학적 차이를 고려한 시험법으로 마스크가 인증되어야 하지만, 국내에는 아직 KF 등급으로 인증 받은 어린이용 마스크가 없는 실정이다. 일본의 경우 Hiroki et al.(2016)의 연구결과를 토대로 마스크 국가 검정규격 유량인 85 l/m의 70% 수준인 60 l/m을 어린이용 마스크의 시험 유량으로 적용하여 어린이용 마스크를 생산 및 시판하고 있다.

본 연구에서는 국내외 어린이 폐기능 문헌조사와 분석자료 그리고 국민건강영양조사 자료(제 4기) 등을 바탕으로 성인과 어린이의 생리학적 차이를 비교 분석하여 보건용 어린이 마스크 시험법 자료를 제시하고, 어린이 안면부를 3차원 측정법으로 크기 별로 분류한 후 어린이 마스크의 사이즈를 구분하는 것이 본 연구의 목적이다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

피험자는 서울 남부 북부 서부 지역과 경기 남부 북부, 인천 지역의 유치원, 초등학교 그리고 지역아동센터의 6세~13세 어린이(남 391명, 여 339명) 총 730명이 참여하였다. 연구의 목적과 내용을 설명한 후 어린이 얼굴에 수술자국이나 흉터가 없고 치아 교정기를 착용하지 않은 어린이 중 소아용 동의서와 보호자의 동의서에 동의를 한 어린이를 대상으로 하였으며, 모집지역은 서울과 경인 지역에서 고르게 선정하여 지역간의 차이를 줄이고자 노력하였다. 본 연구는 가톨릭 대학교 IRB심의를 통과(MC16OISI0105)하여 개인정보와 연구윤리에 대하여 엄격한 진행이 이루어졌다.

### 2. 연구방법

#### 1) 어린이 마스크 착용에 관한 설문 조사

3D 스캐닝에 참여한 피험자 중 마스크 착용 설문조사에 응한 어린이는 총 633명이었다. 마스크 착용에 대한 인식 정도를 알아보기 위하여 미세먼지 및 황사를 피할 목적으로 마스크를 착용했는지 여부와 착용하지 않았던 대상자들에게는 그 이유를 조사하였으며, 착용 마스크의 종류와 착용 기간 등을 조사하였다.

2) 안면부 3차원 측정

본 연구에서는 어린이의 안면부 scanning을 위하여 Geomagic Capture(3D SYSTEMS. USA)를 두 대 설치하였다. 이때 스캐너 장치는 피험자의 안면부를 좌우에서 동시에 촬영할 수 있도록 최적의 각도를 유지하여 설치하였다. 어린이의 머리가 움직이는 것을 방지하기 위하여, 목과 등이 고정되는 의자를 사용하였는데, 안면부의 작은 움직임으로 인한 스캔 데이터 내의 noise 발생은 missing data를 수집하게 되기 때문이다.

먼저, 대상 어린이가 scanning room(Figure 1)에 입실을 하면, 머리카락으로 인하여 올바른 안면부 데이터 측정이 방해 받지 않도록 두발 정리용 모자(elastic cap)를 씌운 후 연구자가 얼굴landmark(Luximon et al. 2010; Liu et al. 2013)에 landmarker(Figure 2)를 붙이고 의자에 앉아 스캐닝을 시작하였다.

스캐닝한 6세~13세 어린이 안면부의 데이터를 3D 이미지로 모델링화 작업을 하였는데, 3D scanning data는

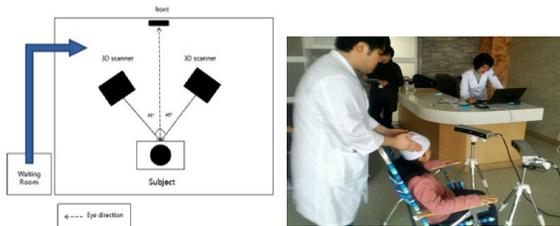


Figure 1. Schematic diagram of the scanning room(left) and a photo showing the setup of the scanners and the subject sitting on a chair(right)



Figure 2. Placing land marks on the subject's face (left) and the scanned image (right)

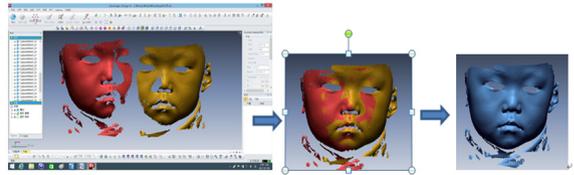


Figure 3. 3D Modeling processes showing merging and registration of the scanned data

software(Design X or Geomagic wrap. 3D SYSTEMS. USA)를 이용하였다. Noise 발생으로 인해 hole이 생긴 스캔 데이터는 보정과 병합단계를 거쳐 좌우 두 대로 캡처한 두 개의 이미지를 하나의 이미지로 완성하였다 (Figure 3).

완성된 3D 이미지 데이터의 측정에 기존 연구(Luximon et al., 2010; Liu et al., 2013)에서 사용한 landmarks를 이용하였고, 안면부는 length, widths, arc 그리고 angle의 15개 항목(Table 1)을 Kim et al.(2013a)의 landmark를 바탕으로 Figure 4와 같이 측정하였다.

측정 항목은 얼굴길이(face length), 얼굴너비(face width), 얼굴곡률너비(face curvature width), 코너비

Table 1. List of 3D facial anthropometry

	Name	Measurements	Number(in Fig4)
Length	Face length	n-gn	1
	Nose length	n-prn	2
	Subnasale-chin length	sn-gn	3
Width	Face width	t-t	4
	Nose width	al-al	5
	Lip width	ch-ch	6
	Gonion width	go-go	7
Arc	Face curvature width	t-t curvature	8
	Bitragion - pronasale arc	t-prn-t	9
	Bitragion - subnasale arc	t-sn-t	10
Angle	Nose protrusion angle	n-prn-ac	11
	Alare - nasal root angle	al-n-al	12
	Gonion - subnasale angle	go-sn-go	13
	Gonion - nose root angle	go-n-go	14
	Nose root - pronasale - gonion angle	n-prn-gn	15

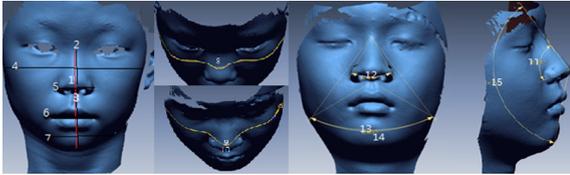


Figure 4. Facial dimensions measured for the study

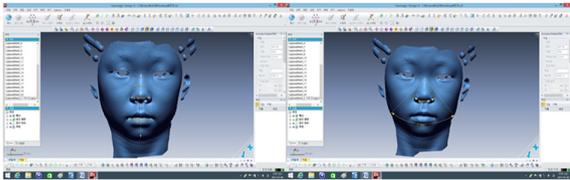


Figure 5. Extraction of 3D anthropometry data using the Software

(nose width), 코길이(nose length), 코뿌리코돌출각도(nose protrusion angle), 코뿌리코끝턱끝각도(nose root - pronasale - gonion angle), 코뿌리코망울각도(alare - nasal root angle), 코뿌리아래턱각도(gonion - nose root angle), 귀구슬코밑호길이(bitragion - subnasale arc), 귀구슬코끝호길이(bitragion - pronasale arc), 아래턱코밑점각도(gonion - subnasale angle), 아래턱사이너비(gonion width), 하악길이(subnasale-chin length), 입술길이(lip width) 총 15항목이었다. Figure 5는 Design X software를 이용한 실제 측정 장면이다.

3) 어린이 호흡량 분석

식약처는 의약외품으로 분류된 보건용 마스크의 허가에 분진포집효율 시험, 안면부흡기저항 시험, 누설률 시험 등을 실시하며, 외부로부터 흡입되는 이물질(foreign substance)을 차단하는 정도를 측정하여

KF80, KF94, KF99 등급을 제품에 표기하도록 하고 있다. 허가를 위한 시험은 일반 성인 착용자를 기준으로 하였으므로, 어린이의 생리학적 자료를 근거한 마스크 시험법이 별도로 규정되어 있지 않았다.

본 연구에서는 KCDC의 국민건강영양조사(제4기: 2007-2008) 폐기능 자료 2,659건과 서울M병원 소아청소년과 폐기능 자료 235건 그리고 국립환경과학원 보고서(2008), 일본의 어린이마스크 개발에 관한 보고서(2013)등 문헌조사를 통하여 성인과 어린이의 호흡량 비교를 분석하였다.

4) 통계분석

자료의 통계분석은 SPSS system version 18(SAS Institute Inc. USA)을 활용하였다.

연령의 증가에 따른 각 항목과의 관계를 correlation analysis로 분석하였고, 각 항목의 성별 차이를 보기 위해 independent t-test을 실시하였다. 또한 어린이의 얼굴 크기에 따른 마스크의 크기를 구분하기 위하여 cluster analysis를 분석하였는데, 최적의 군집수를 결정하기 위하여 먼저 계층적 군집분석(hierarchical clustering)을 실시하였다. 덴도그램을 통하여 최적의 군집수를 정한 뒤 비계층적 군집분석(k-means clustering)을 실시하여 최종 클러스터를 분류하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 일반적 현황

본 연구의 안면부 3D 측정에 참여한 대상은 총 730명이었고, 설문에 응답한 어린이는 총 633명이었다.

Table 2. General characteristics of the study subjects (N=730)

	Classification		N*(%)
	Boy	Girl	
Sex	Boy		391(53.06%)
	Girl		339(46.04%)
Age	6		53(07.03%)
	7		55(07.05%)
	8		79(10.08%)
	9		100(13.07%)
	10		122(16.07%)
	11		87(11.09%)
	12		111(15.02%)
	13		123(16.08%)

\* N : Number of subjects

연령은 6세부터 13세까지로 6세 53명(7.3%), 7세 55명(7.5%), 8세 79명(10.8%), 9세 100명(13.7%), 10세 122명(16.7%), 11세 87명(11.9%), 12세 111명(15.2%), 13세 123명(16.8%)이었다. 성별 분포는 남자 어린이 391명(53.6%)과 여자 어린이 339명(46.4%)이었다(Table 2). 설문에 응답한 총 633명의 성별구성은 남자 어린이가 327명(51.7%) 여자 어린이가 306명(48.3%)이며, 연령은 13세가 19.7%로 가장 많았으며, 7세가 5.7%로 가장 적었다.

응답한 어린이 중 67.3%(426명)는 황사 및 미세먼지를 차단할 목적으로 마스크를 착용한다고 하였으며, 어린이용으로 알고 있는 마스크를 185명(43.4%)이 착용했었고, 황사용으로 인증 받은 마스크를 착용한 어린이는 166명(38.8%)으로 조사되었다. 56.3%의

어린이 240명은 일회용 마스크를 착용한다고 응답하였으며 재사용 마스크를 착용한 어린이의 비율은 43.7%로 조사되었다.

마스크를 착용 하지 않는다는 어린이 207명(32.7%) 중 57.3%(118명)는 활동이 불편해서 착용을 기피한다고 응답하였고, 숨쉬기가 곤란하다는 어린이는 32명(15.5%)이었다. 마스크를 착용하지 않은 이유로는 안경에 김 서림이 있었다는 것과 귀가 간지럽다는 기타 의견이 있었다(Table 3).

2. 안면부 3차원 측정 결과

730명의 3D scanning data를 modeling한 후 3D측정을 실시하는 과정에서 landmark의 누락 등 이유로 경계가 모호한 항목의 data는 분석에서 제외시켰다.

Table 3. Results of the survey on the use of masks

Classification	N(%)
1. Gender	Male 327 (51.7)
	Female 306 (48.3)
2. Age	6 41 (6.5)
	7 36 (5.7)
	8 61 (9.6)
	9 97 (15.3)
	10 107 (16.9)
	11 76 (12.1)
	12 90 (14.2)
3. Protection against yellow dust & fine particulate matter	Use Masks 427 (67.5)
	Don't use at all 206 (32.5)
3-1. Types of Mask Use	For PM 166 (38.8)
	For Children 185 (43.4)
	For Cold 46 (10.8)
	others 30 (7.0)
3-2. Length of mask wear	Less than 1 month 291 (68.2)
	1 to 2 months 95 (22.2)
	More than 3 months 41 (9.6)
4. Use of Disposable mask	yes 240 (56.2)
	no 187 (43.8)
4-1. Frequency of mask change	Use as long as no change in size 60 (32.1)
	Once for Less than 1 year 102 (54.5)
	Once for 1 to 2 yrs 17 (9.1)
	Use more than 2 yrs 8 (4.3)
5. Reasons for not wearing masks	inconvenient after wearing 118 (57.3)
	Questionable for effectiveness of mask 15 (7.3)
	difficulty in breathing 32 (15.5)
	others 41 (19.9)

연령과 15개 항목에 대한 correlation analysis 결과는 귀구슬코밑호굴이(bitragion - subnasale arc), 코뿌리코망울각도(alare - nasal root angle), 코돌출각도(nose protrusion angle) 항목에서 남자어린이가 여자어린이보다 0.48, 0.18, 0.38 더 컸고, 아래턱코밑점각도(gonion - subnasale angle), 코뿌리아래턱각도(gonion - nose root angle) 항목은 여자어린이가 0.93, 0.99 더 컸지만 아래턱사이너비(gonion width)는 p= 0.571, 코뿌리코망울각도(alare - nasal root angle)는 p= 0.613, 코돌출각도(nose protrusion angle)는 p= 0.347, 아래턱

보였는데, 이를 제외한 아래턱사이너비(gonion width), 코뿌리코망울각도(alare - nasal root angle), 코돌출각도(nose protrusion angle) 항목에서 남자어린이가 여자어린이보다 0.48, 0.18, 0.38 더 컸고, 아래턱코밑점각도(gonion - subnasale angle), 코뿌리아래턱각도(gonion - nose root angle) 항목은 여자어린이가 0.93, 0.99 더 컸지만 아래턱사이너비(gonion width)는 p= 0.571, 코뿌리코망울각도(alare - nasal root angle)는 p= 0.613, 코돌출각도(nose protrusion angle)는 p= 0.347, 아래턱

**Table 4.** Correlation analysis of facial dimension and age

	Classification	Mean	Std. Deviation	Pearson Correlation	Sig (2-tailed)	N
Length	Face length	95.35	6.97	.564	0.000*	730
	Nose length	33.58	3.34	.578	0.000*	730
	Subnasale-chin length	55.96	4.83	.377	0.000*	727
Width	Face width	124.14	8.13	.182	0.000*	727
	Nose width	33.01	2.67	.443	0.000*	728
	Lip width	38.30	4.01	.449	0.000*	729
	Gonion width	90.54	11.33	-.390	0.000*	728
Arc	Face curvature width	157.72	14.31	.109	0.003*	721
	Bitragion - subnasale arc	159.48	114.38	.054	0.145	721
	Bitragion - pronasale arc	162.87	13.73	.087	0.020*	720
Angle	Nose protrusion angle	86.42	5.49	-.180	0.000*	730
	Alare - nasal root angle	52.88	4.68	-.059	0.112	729
	Gonion - nose root angle	55.53	7.50	-.651	0.000*	729
	Nose root - pronasale- gonion angle	136.76	5.19	-.047	0.208	728
	Gonion - subnasale angle	83.63	8.17	-.586	0.000*	730

\* significant at a=0.05 level (2-tailed)

**Table 5.** Results of correlation analysis and independent t-test on facial dimension by gender

	Classification	Boy Mean(SD)	Girl Mean(SD)	Pearson Correlation	p-value
Length	Face length	96.45(7.07)	94.08(6.64)	-.177	0.000*
	Nose length	33.82(3.34)	33.30(3.33)	-.077	0.038*
	Subnasale-chin length	56.71(4.93)	55.09(4.58)	-.166	0.000*
Width	Face width	124.75(8.33)	123.43(7.85)	-.081	0.029*
	Nose width	33.26(2.67)	32.71(2.64)	-.101	0.006*
	Lip width	38.70(4.12)	37.83(3.82)	-.109	0.003*
	Gonion width	90.76(11.41)	90.28(11.24)	-.021	0.571
Arc	Face curvature width	158.95(15.10)	156.33(13.25)	-.091	0.014*
	Bitragion - subnasale arc	160.49(14.30)	158.33(14.42)	-.075	0.044*
	Bitragion - pronasale arc	163.94(14.29)	161.64(12.98)	-.084	0.025*
Angle	Nose protrusion angle	86.60(5.43)	86.22(5.56)	-.035	0.347
	Alare - nasal root angle	52.96(4.35)	52.78(5.04)	-.019	0.613
	Gonion - nose root angle	55.07(7.16)	56.06(7.85)	.066	0.075
	Nose root - pronasale- gonion angle	136.22(5.35)	135.22(4.94)	-.097	0.009*
	Gonion - subnasale angle	83.20(8.01)	84.13(8.32)	.057	0.124

\* significant at a=0.05

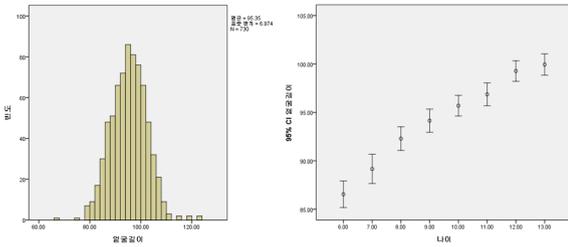


Figure 6. Distribution of facial size and facial length by age

코밑점각도(gonion - subnasale angle)는  $p = 0.124$ , 코뿌리아래턱각도(gonion - nose root angle)는  $p = 0.075$ 로 분석되어 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 5).

이와 같은 분석 결과 성별과 연령에 따라 얼굴 길이와 얼굴 너비는 통계적으로 유의한 상관성( $p < 0.05$ )이 있고 나이가 증가함에 따라 그 크기와 길이는 증가하는 경향을 볼 수 있었다. Figure 6과 같이 얼굴길이의 경우 나이가 증가함에 따라 그 길이도 증가하였다.

### 3. 3차원 측정 자료의 클러스터 분석

어린이 730명 안면부의 3차원 측정 자료를 cluster analysis로 분석하였다. 우선, 안면부 크기 분류의 군집수를 결정하기 위하여 단계적 군집분석에 기반한 계층적 군집분석(hierarchical clustering)을 실시하였고, ward연결을 사용한 덴드로그램을 통하여 최적의 군집수가 결정되었다(Figure 7). 얼굴크기 별 분류를 위하여 제곱유클리드 거리를 이용한 비계층적 군집분석(k-means clustering)을 실시하여 최종적으로 클러스터 그룹은 3가지로 구분되었다. Figure 8은 얼굴길이와 얼굴너비를 이용한 3가지 cluster의 유형과 남녀 어린이의 분포를 그림으로 나타내었다.



Figure 7. Result of the combined dendrogram showing three clusters

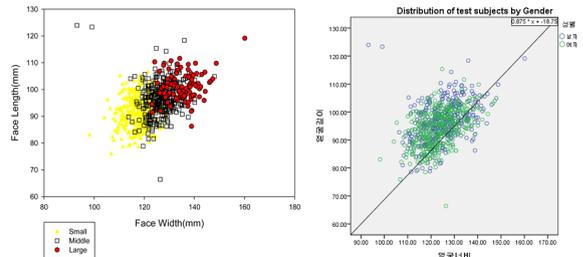


Figure 8. Plot of facial dimensions of three clusters

Table 6은 730명의 스캐닝 데이터 중 missing data가 있는 대상자를 제외한 718명data를 3가지 cluster로 분류한 결과이다. 군집분석한 15개 중 10개 항목은 군집 중심값이 대, 중, 소 크기 별로 나뉘었지만, 코뿌리코망울각도(alare - nasal root angle), 아래턱코밑점각도(gonion - subnasale angle), 코뿌리아래턱각도(gonion - nose root angle), 코돌출각도(nose protrusion angle), 코뿌리코끝턱끝각도(nose root - pronasale - gonion angle) 5개 항목에서는 그렇지 않았다.

cluster analysis에서 크기 별로 분류가 되지 않은 5개 항목과, correlation analysis(Table 4. 5)에서 유의한 차이가 없었던 7개 항목 귀구슬호흡호흡길이(bitragion - subnasale arc), 코뿌리코망울각도(alare - nasal root angle), 코뿌리코끝턱끝각도(nose root - pronasale - gonion

Table 6. Results of facial dimensions by cluster

Classification	Cluster			F	Sig.
	1 (n=95)	2 (n=299)	3 (n=324)		
Face length	101.31	91.99	96.71	96.686	.000*
Nose length	35.82	32.60	33.84	38.856	.000*
Subnasale-chin length	59.58	53.74	56.87	81.726	.000*
Face width	135.30	117.69	126.79	451.394	.000*
Nose width	34.71	32.16	33.26	39.651	.000*
Lip width	40.62	36.71	39.02	51.069	.000*
Face curvature width	183.19	145.80	161.26	987.732	.000*
Bitragion - pronasale arc	186.75	151.33	166.46	937.702	.000*

\* Significant at  $\alpha = 0.01$  for ANOVA, F test

angle), 아래턱사이너비(gonion width), 코돌출각도(nose protrusion angle), 아래턱코밑점각도(gonion - subnasale angle), 코뿌리아래턱각도(gonion - nose root angle)를 제외시킨 나머지 총 8개 항목에 대하여 최종적인 군집 분석(cluster analysis)을 실시하였다. 그 결과 얼굴길이(Face length), 얼굴너비(face width), 코길이(nose length), 하악길이(subnasale-chin length), 입술길이(lip width), 코너비(nose width), 얼굴곡률너비(face curvature width), 귀구슬코끝호길이(bitragion - pronasale arc)항목은 크기 별로 고르게 구분되었으며, 모든 항목에서 가장 큰 크기의 클러스터와 중간 크기의 클러스터 그리고 작은 크기의 클러스터인 3가지로 분류되었다.

군집분석으로 구분된 3가지 군집의 결과는 Table 6과 같으며, ANOVA 검증에서 모든 항목은유의한 차이가 있었고, 특히 F 값이 큰 face curvature width(얼굴곡률너비), bitragion - pronasale arc(귀구슬코끝호길이), face width(얼굴너비)는 클러스터 분류의 변이를 유의한 차이로 설명해주었다. 이와 같이 분류된 클러스터 1, 2, 3의 어린이 얼굴 형태는 너비와 길이 항목에서 대, 중, 소 크기로 구분되었다. 분류된 대형 안면부는 얼굴길이 101.31 mm, 얼굴너비 135.30 mm이었으며, 중간 안면부는 얼굴길이 96.71 mm, 얼굴너비 126.79 mm였고, 작은 안면부의 얼굴길이는 91.99 mm, 얼굴너비는 117.69 mm이었다.

4. 마스크 크기 추출

분류된 각 안면부 이미지를 중첩하여 3가지 대표 얼굴(Figure 9, 10)을 만들었는데 이 대표얼굴 이미지를 3D 스케치로 활용하여 대, 중, 소 3가지 마스크의 크기를 추출하였다. 3가지 클러스터로 구분된 730명의 안면부 이미지는, 3차원 소프트웨어(Geomagic wrap, 3D SYSTEMS.USA)를 이용하여 Figure 10과 같이 대표얼굴로 만들었는데, 대형 중형 소형에 해당하는 안면부 스캐닝 이미지를 일렬로 배치시킨 후 코와 입을 중심으로 중첩작업을 실시하여 대표얼굴



Figure 9. Representative facial shape of each cluster

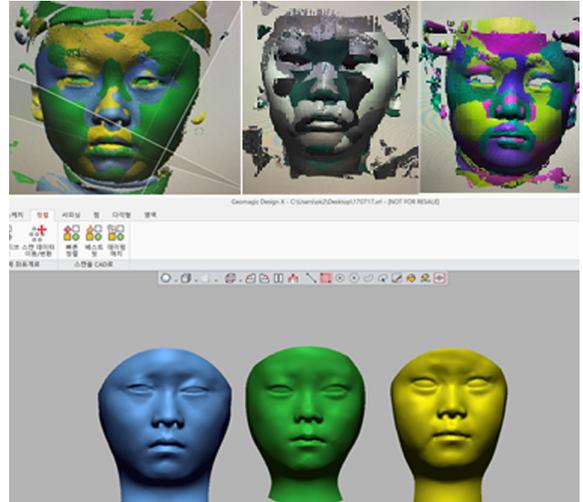


Figure 10. Representative 3D facial shapes extracted from of the clusters

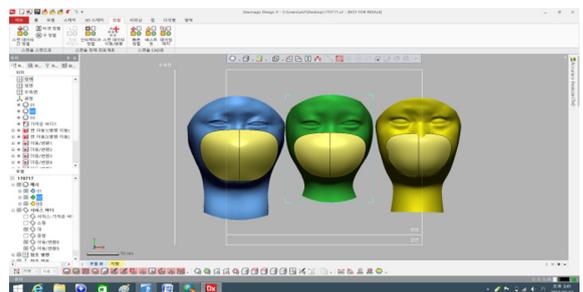


Figure 11. Suggested mask sizes for the three facial shapes

로 만들 수 있었다. 수작업으로 일일이 코와 입을 중심으로 각 이미지를 배치시켰는데, 이때 얼굴길이와 얼굴너비가 각 군집중심 길이에서 벗어난 이미지는 삭제 처리하여 대표얼굴 만들기에 제외시켰다.

어린이용 마스크의 크기를 추출하기 위하여 생성된 대표얼굴 위에 Figure 11과 같이 3차원 스케치로 마스크를 만들었다. 마스크 크기는 3차원 이미지상에서 측정하였고 대형, 중형, 소형 3가지 마스크의 가로, 세로 사이즈가 추출되었다. Figure 12와 같이 3가지 마스크 이미지에 대한 크기는 대형 마스크 121.25 mm × 89.46 mm이었으며, 중형 마스크 111.92 mm × 78.55 mm이었고, 소형 마스크는 102.13 mm × 72.87 mm Table 7)이었으며, 6-8세 어린이용으로는 소형, 9-11세 어린이용으로는 중형, 12세 이후 어린이용으로는 대형 마스크 크기가 각각 적당하였다.

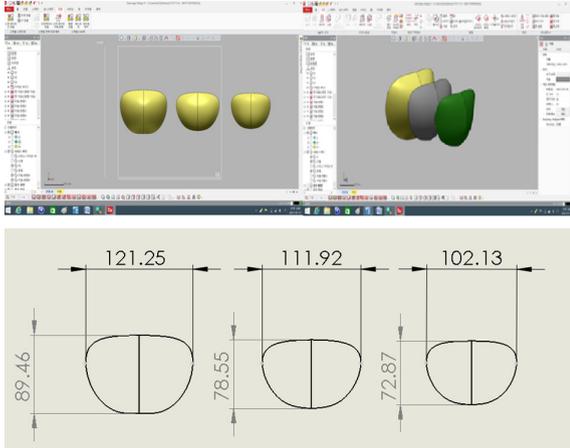


Figure 12. Images of the large, medium and small size of masks

Table 7. Suggested mask sizes for Korean children

SIZE	Width	Length
Large	121.25	89.46
Medium	111.92	78.55
Small	102.13	72.87

5. 어린이 호흡량 분석

산업용 마스크와 달리 착용자의 범위가 전 연령대인 보건용 마스크의 경우 인증 시험법의 기준이 성인일 경우로 정해진 현행 시험법과 달리, 착용자의 호흡량과 생리학적인 차이를 고려한 기준이 필요하다(Kim et al., 2016).

문헌조사를 통하여 국내와 일본의 어린이 호흡량 자료(Figure 14)를 검토한 결과, 일본의 학교 건강 연례보고(2013)에서 각 활동 별 어린이 호흡량은 성인보다 매 분당 호흡량이 70% 적었고, 피크유량(PF)은 약 70%(Table 8) 적다고 하였으며, 일본의 마스크 국가 검정규격 유량 85 l/m의 70% 수준인 60 l/m의 유량으로 시험하는 것이 어린이용 마스크 시험법에 적당하다고 하였다(Hiroki et al., 2016).

한편 국내 문헌 조사 결과 황사 및 미세먼지의 건강영향 연구(NIER, 2008)자료에 의하면 Table 9와 같이 어린이의 최대호기유속이 283.2 l/m으로 성인의

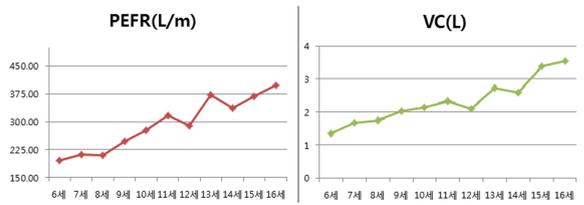


Figure 13. Trends of PFT by age



Figure 14. PFT for children

Table 8. Comparison of pulmonary capacities between adults and children by activity

Activity	Minute Volume(L/m)		Proportion (%)	Peak Flow(L/m)		Proportion (%)
	Children	Adult		Children	Adult	
Don't moving	8.0	11.2	0.72	27	38	0.72
Writing on the board	9.6	15.0	0.64	33	51	0.65
Walking up the stairs	13.3	18.2	0.73	42	60	0.70
Moving on a chair	16.9	23.5	0.72	53	77	0.70
Running	21.4	30.2	0.71	66	95	0.70

Table 9. PEFR of Children living in Seoul and Jeju

N	PEFR(L/m)	
	Seoul	Jeju
110	275.4	290.9
Children	283.2	
Adult	420-520	
Proportion (%)	60	

Table 10. Proportion of PFT by adults and Children

Age	N	PEFR(L/m)	VC(ml)	VT(ml)	FVC(L)
6-16	235	284	2180	500	2.35
19-90	2659			500	3.67
Normal		420-520	3200-4800	500	4.00
<b>Proportion (%)</b>		<b>60</b>	<b>55</b>	<b>1</b>	<b>59</b>

약 60%에 해당하였다. 서울M 병원의 어린이 6세-16세 235건 폐기능 분석자료와 국민건강영양조사(제 4기, 2007-2008) 19세-90세 성인의 폐기능 검사 자료와 비교한 분석도 성인의 60%에 해당한다고 조사(Table 10)되어 그 결과가 비슷하였다.

본 연구에서는 국내 어린이의 최대호기유속(PEFR)이 정상 성인의 60%로 분석되었고, 폐활량(VC)의 경우 55%로 조사되었으며, 연령이 증가할수록 폐활량은 증가하였다. 폐활량 예측치는 특히 체중과 신장의 증가와 관계가 있다는(Choi et al, 2005) 선행 연구의 자료와도 같은 결과이며, Figure 13에서 연령이 증가할수록 PFT의 증가가 있는 것으로 나타났다.

따라서 어린이의 호흡량을 고려한 차별화된 마스크 시험 유량은 성인의 분진포집효율 시험법에 사용되는 유량 95 l/m에 비하여 60% 수준인 60 l/m를, 안면부흡기저항 시험법의 연속유량 30 l/m의 60% 수준인 20 l/m으로 그 기준을 두어야 할 것으로 판단되었다.

#### IV. 고 찰

본 연구는 보건용 마스크의 수요증가와 민감군 인 어린이의 호흡기 보호를 위한 현실적 요구를 반영하여 수행되었다. 황사 및 미세먼지로부터 어린이의 건강상 영향을 최소화하기 위한 대책으로 어린이 얼굴 크기에 적당한 사이즈의 마스크를 제공함과 동시에 성인과 다른 생리학적 차이를 고려한 마스크 시험법 기준의 근거를 제시하고자 하였다.

서울과 경기 그리고 인천지역의 6세 ~ 13세 어린이 730명이 본 연구에 참여하였다. Laser scanner를 이용한 3D측정으로 얼굴크기 신체계측(anthropometry)을 하였으며, 이 결과치는 어린이용 마스크의 크기를 구분하는데 사용되었다. 지금까지의 얼굴 계측은 2차원적 직접계측을 주로 사용하였으나 Han & Rhi(2004)에 의하면 직접 측정에 비해 3차원 측정이 정확하고

정밀하다고 하였으며, 따라서 본 연구는 직접 측정방법에 비해 측정시간이 단축되고 피측정자에 대한 부담이 적으며, 스캐닝 자료로부터 다양한 측정 자료를 얻을 수 있는 이 방법을 사용하였다. 이는 얼굴 곡선이나 각도 등을 측정하기에도 용이하며, 직접측정법에 비해 오차가 적다고 하였다(Yan et al., 2010).

본 연구에 사용된 scanner는 0.08 mm의 해상도와, 300 mm에서 0.06 mm의 정밀도를 가지며 스캔당 9,850,000포인트/ 0.3 sec의 데이터 획득율을 가진 LED 광원 초정밀 장치이다(Geomagic Capture, 3D SYSTEMS, USA). 이와 같은 3D scanning을 기반으로 modeling하는 방법은 매우 정교하고 사실적인 모델을 얻을 수 있지만 3D 얼굴데이터 수집이 어렵고, 모델 구축하는데 있어 수반되는 작업량이 많고 처리하는데 시간이 많이 걸리는 단점이 있다(Kim et al, 2013b). 하지만 측정자에 의한 오차가 적고 피험자인 어린이의 많은 움직임에도 불구하고 빠른 시간 내에 이미지를 캡처할 수 있는 장점이 있으며, 다양한 측정치를 얻을 수 있어 어린이 안면부 측정에 매우 유용하였다.

어린이 730명을 대상으로 측정한 얼굴 계측치를 군집분석(K-means clustering, SPSS)한 결과 3가지 대. 중. 소 얼굴크기로 그룹화되었는데 이를 이용하여 각 그룹의 어린이 안면부 이미지를 중첩하여 대표 얼굴을 생성시켰다. Yanyan et al.(2012)에 의하면 중국의 민간인 근로자 인체측정 데이터를 사용하여 각 그룹별 대표얼굴을 생성시켰는데, 이 방법과 유사하게 어린이의 안면부 이미지를 3차원 상에서 중첩시킨 후 3가지 클러스터의 대표얼굴을 생성시켰다.

대상자의 안면부 길이와 너비 항목은 나이가 증가함에 따라 유의한 차이로 증가함을 알 수 있었으며, 성별에 따라 길이와 너비 항목 또한 유의한 차이가 있었고 이 결과는 선행연구(Seo et al., 2016)인 어린이 3차원 측정자료와 유사하였다. 귀구슬코밑점코길이와 코뿌리코망울각도 그리고 코뿌리코끝점코길이와 코뿌리코망울각도 그리고 코뿌리코끝점코길이와 코뿌리코망울각도 그리고 코뿌리코끝점코길이와 코뿌리코망울각도 항목은 연령과 유의한 상관성이 없었으며, 성별 상관

성은 아래턱사이너비, 코돌출각도, 코뿌리코망울각도, 코뿌리아래턱사이각도, 코밑아래턱사이각도에서 유의한 차이가 없었다. 위의 5개 각도 항목과 아래턱 사이너비와 귀구슬코밑점호길이 3개 항목은 나이 또는 성별과의 상관성분석에서 통계적으로 유의한 차이가 없었고 이들 항목을 클러스터 분석에서 제외한 후 나머지 8개 항목으로 크기 별 집단을 분류하였다.

3가지 군집으로 분류된 대형 중형 소형의 대표얼굴을 통해 3D 스케치로 생성된 어린이용 마스크의 크기를 측정하였다. 대형 마스크는 가로 121.25 mm 세로 89.46 mm이었으며, 중형 마스크는 가로 111.92 mm 세로 78.55 mm였고, 소형마스크는 가로 102.13 mm 세로 72.87 mm였다. 이와 같은 어린이용 마스크의 크기가 3가지로 구분되었는데, Yan et al.(2010)에 의하면 얼굴의 형태는 여성의 경우 일지라도 각 나라별로도 차이가 있으며, surgical mask나 respirator 제품 디자인에 3차원 스캐닝 자료를 이용하여 크기를 구분한 것과 같이, 본 연구에서도 어린이의 3차원 스캐닝 자료를 이용하여 어린이 마스크 디자인에 활용할 수 있다고 본다.

현재 보건용 마스크의 시험법은 마스크 착용자가 성인일 경우로 그 기준이 정해져 있다. 하지만 최근 미세먼지의 증가로 어린이들이 시중에 유통되는 성인용 마스크를 구입하여 착용할 경우가 많으며, 마스크를 착용할 경우 숨쉬기가 답답하다거나, 마스크의 사이즈가 커서 제대로 보호가 이루어지고 있지 않다는 의견들이 제시되고 있었다(Kim et al., 2016)

Figure 14는 국내와 일본의 어린이의 호흡량 분석 사진이다. 일본의 어린이마스크 개발에 관한 보고서(2013)에 의하면 각 활동 별 어린이 호흡량의 비교 연구 결과, 성인에 비해 매 분당 호흡량이 70%, 피크 유량(PF)이 약 70% 적게 측정(Table 8)되어 일본의 마스크 국가 검정규격 유량 85 l/m보다 적은 60 l/m 이 어린이용 마스크의 시험 유량으로 적당하다고 하였다.

현재 우리나라에는 어린이용으로 인증 받은 보건용 마스크가 없는 실정이고 최근 미세먼지의 증가로 어린이들이 시중에 유통되는 성인용 마스크를 구입하여 착용할 경우, 어린이들이 숨쉬기가 답답하다거나, 마스크의 사이즈가 커서 제대로 보호가 이루어지고 있지 않다는 의견들이 제시되고 있었다(Kim et

al., 2016).

어린이의 생리학적 차이를 고려한 마스크 시험법을 제안하기 위하여 성인과 폐활량 및 호흡량의 비교(Kim et al., 2016)가 필요하였다. 본 연구에서는 국내외 어린이 생리학적 문헌자료, 국민건강영양조사 자료 그리고 폐기능 분석 자료 등을 이용하여 성인과 호흡량 차이를 60-70%로 정하였는데, 황사 및 미세먼지의 건강영향 연구(NIER, 2008)에서 어린이의 최대호기유속이 283.2 l/m였고, M 병원의 폐기능 분석자료도 284 l/m로 유사하게 분석되었다. 국민건강영양조사(2007)의 성인 폐기능 자료와 어린이 폐기능 자료를 비교한 결과 60% 정도 차이를 나타내었다. 일본의 경우 활동을 하는 어린이의 생리학적 자료를 분석 한 결과였으며 본 연구의 자료는 움직임을 반영하지 않은 결과였으므로 그 차이가 있을 수 있다고 판단된다.

어린이의 폐기능 자료는 성인의 정상치의 하한치에 대한 고정 값으로 예측된 80%를 사용하는 관행이 있으며(Pellegrino et al., 2005)이 보고에 의하면 성인의 것과 다르다는 것을 알 수 있고, 어린이 폐기능 검사 해석 및 판정에 있어 실측치 보다는 건강인에서의 정상 추정치의 백분율로 표시하는 것이 일반적인 통례(Yoon et al., 1993)라는 근거로 어린이의 폐기능을 성인의 그것과 비교하여 차이를 두고 적용하는 것이 바람직하다고 본다.

Chhabra et al.(2012)은 소아에서 폐활량 측정을 위한 회귀 방정식을 개발하기 위해 인도 델리 지역에서 6세~17세 사이의 어린이들을 위한 폐활량 측정법에서 변경된 측정 프로토콜을 사용하였는데 인구집단의 폐기능 자료는 변할 수 있다고 하였고, 365명의 남자어린이와 305 명의 여자어린이에게서 자료를 얻었다. 노력성폐활량(FVC), 1초간노력성호기량(FEV1), 최대호기유량 (PEFR)은 남녀 모두에서 연령, 신장, 체중은 강한 상관성을 보였다.

Godfrey et al.(1970)에 의하면 5세부터 18세 382건의 어린이 Spirometry 결과는 정상적인 어린이에 대한 대규모 연구를 통해 호흡용량, 폐활량 및 기도 저항(airway resistance)을 연령, 성별 및 신장, 팔 높이와 관련이 있다고 결론지었지만, 담배 연기 및 실외 공기 오염, 신체 활동 및 컨디션, 영양 요인, 유전학 및 호흡기 감염을 비롯한 환경 노출의 영향은

이 연구에 포함되지 않았었다.

하지만 우리나라의 황사 및 미세먼지에 의한 건강 영향 조사(NIER, 2008)의 어린이 215명 자료와 0-18세 3,026명의 호흡률 자료인 NIER(Korean Exposure Factors Handbook for children, 2016)보고서를 참고해 보면 성장단계에 따라 어린이의 폐기능 자료는 다를 뿐만 아니라 환경적 오염 물질에 의해 영향을 받는다고 하였다.

앞선 보고서 분석에 따르면 서울, 제주 215명(남 61, 여55)의 PEFR(최대호기유속)은 각각 283.99  $\ell/m$ 와 283.15  $\ell/m$ 이었으며, 서울M병원 235명 자료는 282.38  $\ell/m$ 으로 이들의 어린이 자료와 성인의 자료는 약 60% 정도 차이를 보였다. 폐활량(VC)은 2180  $m\ell$ 로 정상 성인의 약 55% 정도였으며 노력성 폐활량(FVC)은 어린이와 성인이 각각 2350과 3670  $m\ell$ 로 그 차이는 약 60%였다. 일본 어린이 마스크 개발에 관한 보고서(2013)에 따르면 어린이의 호흡량은 성인에 비하여 70% 수준이고 피크유량(PF)도 70% 수준으로 측정되어 우리나라와 일본의 어린이 호흡량 측정 결과에 약간의 차이가 있었지만 이는 움직임이 반영되지 않은 결과였음을 감안해 볼 때 60-70%의 차이를 두는 것이 바람직하다고 본다. 한편 NIER(2016)의 활동별 변화에 대한 자료를 검토 한 결과는 미국, 유럽은 물론 일본에 비하여 우리나라의 어린이는 그 호흡량이 3세 이후부터 그들 나라에 비하여 다소 적게 나타났다고 하였다.

따라서, 서울M병원 6세부터 16세 소아청소년 235명(남135, 여100)의 폐기능 자료와 NIER(2008)보고서의 어린이 215명 자료, 0-18세 3,026명의 호흡률 자료인 NIER(Korean Exposure Factors Handbook for children, 2016)보고서를 참고로 하여 국민건강영양조사(제4기: 2007-2009) 2,659명(19세-69세)의 성인 폐기능 자료와의 비교 분석 결과는 60-70%의 차이를 적용한 어린이 마스크 시험법 기준이 마련되어야 한다고 사료된다.

일본의 마스크 국가 검정 유량은 85  $\ell/min$ 이며 어린이 마스크의 경우 70%의 차이를 적용한 60  $\ell/min$ 을 유량으로 시험하고 있다. 우리나라의 보건용 마스크 시험 기준은 성인이 착용할 경우를 기준으로 시험법이 규정되어 있으며, 분진포집효율시험법의 시험 유량은 60  $\ell/m$ , 안면부흡기저항 시험 유량은 20  $\ell/m$

으로 각각 정해져 있다. 하지만 어린이들이 황사 및 미세먼지로부터 보호하기 위하여 착용하는 어린이 마스크를 생산하고 인증 받기 위해서는 일본의 경우와 같이 인증 시험법 기준을 별도로 정하여야 할 것이며 본 연구의 선행연구로서 참고할 만하였다.

이러한 문헌조사와 폐기능 자료 분석을 바탕으로 보건용 마스크의 어린이용 마스크 시험법은 성인의 생리학적 자료와 차이가 있음을 인지하고, 시험법의 유량을 성인의 것과는 다른 별도로 그 기준을 두어야 어린이들에게 숨쉬기 편한 마스크를 제공할 수 있다고 판단된다.

또한 성인용 마스크를 착용했을 경우 얼굴이 작은 어린이의 안면부와 마스크 면체로부터 발생하는 누설을 최소화 시키기 위해 그 얼굴 크기에 적당한 어린이용 마스크 크기 구분도 필요하다.

본 연구의 제한점으로 마스크의 착용 대상자인 어린이의 구분에 청소년이 포함될지에 대한 여부이다. 어린이와 청소년의 모호한 경계를 아우를 수 있는 대상자의 안면부 측정과 호흡량 분석이 포함된다면 성인과의 특징 분류에 있어서 좀더 명확해지고 어린이 마스크를 착용할 대상자의 구분이 될 것이다. 또한 활동하는 동안의 폐활량 측정 등의 자료를 구축할 수 있었다면 실제 마스크를 착용한 상태와 유사한 효과를 분석할 수 있었을 것으로 본다.

하지만 국내는 물론 국외의 연구에서 어린이 안면부 측정에 730명이라는 많은 수를 3차원 측정법으로 분석한 예도 드물 뿐만 아니라 어린이용 마스크의 크기 및 마스크 시험법 유량을 성인의 것과 구분하고자 한 것은 그 의미가 크다고 하겠다.

## V. 결 론

어린이의 얼굴에 보다 밀착이 잘되는 보건용 마스크의 크기를 구분하기 위하여 6세부터 13세 서울과 경기 인천 지역의 어린이 총 730명 안면부 15개 항목을 3차원 측정으로 분석하였다. 또한 성인과 다른 어린이의 호흡량을 고려한 마스크 시험법 기준을 마련하기 위하여 문헌조사와 폐기능 자료의 분석을 통하여 성인과의 차이를 둔 마스크 시험법의 근거 자료를 마련하였다. 이에 해당하는 결과는 다음과 같다.

1. 피험자는 총 730명으로 남자 어린이 391(53.6%)

과 여자 어린이 339명(46.4%)이었다.

연령분포는 6세 53명(7.3%), 7세 55명(7.5%), 8세 79명(10.8%), 9세 100명(13.7%), 10세 122명(16.7%), 11세 87명(11.9%), 12세 111명(15.2%), 13세 123명(16.8%)이었다.

2. 연령과 15개 항목의 상관성 분석 결과 귀구슬코 밑호길, 코뿌리코망울각도, 코뿌리코끝턱각도 항목은 각각  $p=0.145$ ,  $p=0.112$ ,  $p=0.208$ 로 유의한 상관관계가 없었으며, 나머지 12개 항목은 나이가 증가함에 따라 유의한 차이( $p<0.05$ )가 있었고, 성별은 10개 항목에서 유의한 차이( $p<0.05$ )를 보였다. 다만 아래턱 사이너비, 코뿌리코망울각도, 코돌출각도 항목에서 남자 어린이가 0.48, 0.18, 0.38 더 컸고, 아래턱코밑접각도, 코뿌리아래턱각도 항목은 여자 어린이가 0.93, 0.99 더 컸으나 이들 5개 항목은 성별에 따른 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다.

3. 어린이 730명을 대상으로 측정된 안면부 측정치를 cluster analysis한 결과 3가지 그룹으로 구분되었다. 어린이 얼굴 군집은 너비와 길이 항목에서 대, 중, 소 크기로 구분되었으며, 성별과 연령에 따라 얼굴길이와 너비는 통계적인 차이( $p<0.05$ )가 있었다.

4. 3가지로 분류된 얼굴 군집의 대표 얼굴을 이용하여 3D 스케치로 마스크의 크기를 추출하였다. 각 길이와 너비는 대형(121.25 x 89.46)mm, 중형(111.92 x 78.55)mm, 소형(102.13 x 72.87)mm이었으며, 최소한 2-3개 크기의 어린이용 마스크가 필요하다.

5. 현재의 보건용 마스크의 시험법은 마스크 착용자가 성인일 경우로 그 기준이 정해져 있어 어린이가 착용할 경우 호흡량의 차이로 인해 숨쉬기가 답답하다고 느낄 수 있다. 우리나라와 일본의 연구 자료를 문헌 조사, 성인과 어린이의 폐기능 자료를 비교 분석한 결과 성인에 비해 약 60-70% 적었다. 그러므로 성인과와의 차이를 적용한 분진포집효율 시험법과 안면부 흡기저항 시험법의 유량으로 조정하여야 할 것이다. 따라서 성인용 마스크가 95  $l/m$ , 어린이용이 60  $l/m$  유량으로 시험하여야 하며, 안면부흡기저항 시험법의 경우 성인용 마스크가 30  $l/m$ , 어린이용이 20  $l/m$ 의 유량으로 차등 시험을 해야 할 것으로 판단되며, 대, 중, 소형 마스크의 크기 별 시험유량에 엄격한 차이를 두려면 해당 연령대별 어린이 호흡량 분석 자료와 얼굴크기와의 상관성을 입증할 만한 자료를 구

축하여야 할 것이며, 추후 후속연구가 진행 될 필요가 있다.

결론적으로 본 연구를 통해 우리나라의 어린이용 마스크 인증을 위한 시험법의 시험유량은 성인과와의 60-70% 차이를 고려해야 할 것으로 분석되었으며, 얼굴의 크기가 고려된 마스크의 사이즈 역시 성인의 것과는 구분이 되어야 할 것으로 판단된다. 현행 보건용 마스크의 시험법 기준에 별도의 어린이용 마스크 기준이 필요하며, 크기와 성능 면에서 어린이의 생리학적 특성을 고려한 기초자료가 본 연구를 통해 마련되었다.

## 감사의 글

본 연구가 진행될 수 있도록 후원해주신 도부라이프텍(주) 회장 김일순, 고문 김성진, 상무 심보섭, 연구소장 김정환 : 유한김벌리(주) 부장 이호선, 부장 김영웅 : SG 생활안전(주) 소장 이성우, 과장 남기택 그리고 어린이 얼굴 측정을 위하여 협조해 주신 초등학교와 유치원, 어린이집, 주일학교, 각 지역의 아동센터 교사와 관계자께 감사를 드립니다. 무엇보다 참여 어린이들과 부모님의 동의가 없었다면 이 연구가 진행될 수 없었을 것입니다. 모든 분들께 깊은 감사의 인사를 드립니다.

## References

- Chhabra SK, Vijayan VK, Rahman M, Mittal V, Singh. Regression Equations for Spirometry in Children Aged 6 to 17 Years in Delhi Region Indian J. Chest D & Allied Sci 2012; 54: 59-63
- Choi JK, Paek DM, Lee JO. Normal Predictive Value of Spirometry in Korean Population. Tuberculosis and Respiratory Diseases 2005; 58(3):230-231
- Godfrey S, Kamburoff PL, Nairn JR. Spirometry, lung volumes and airway resistance in normal children aged 5 to 18 years. Bris J Dis Chest 1970; 64(15) :15-24
- Han DH, Rhi JM, Lee JH. Development of prototypes of half-mask facepieces for Koreans using the 3D digitizing design method: A pilot study. Ann Occup Hyg 2004; 48(8): 707-714.
- Hiroki H, Hisashi Y, Eriko S, Kaushi K. Breathing Recording Aimed to Protective Appropriate Test Flow Rate on Performance Evaluation of Respirators for

- Elementary School Children. JISRP 2016; 33(2): 53-63
- Kim HJ, Im SW, Jargal G, Lee SW, Yi JH, Park JY, Sung JH, Cho SI, Kim JY, Kim Ji, Seo JS. Heritabilities of Facial Measurements and Their Latent Factors in Korean Families. *Genomics inform* 2013a;11(2): 83-92.
- Kim HW, Seo HK, Myong JP, Yoon JS, Song YK, Kim CB. Developing Yellow Dust and Fine Particulate Masks for Children. *J. Korean Soc. Occup. Environ. Hyg* 2016; 26(3): 350-366.
- Kim JS, Kim JM, Cho HJ. 3D Face Modeling from a Frontal Face Image by Mesh-Wrapping. *J Kor Mult Soc* 2013b; 16(1): 108-118.
- Kim KY, Kim Hw, Lee E, Lee JD, Kim DW. Development of the New 3D Test Panel for Half-Mask Respirators by 3D Shape Analysis for Korean Faces. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2003;13(3): 217-225.
- Kim SH, Son JY, Lee JT, Kim TH, Sohn JW et al., Effect of air pollution on acute exacerbation of adult asthma in Seoul, Korea: A case crossover study. *Korea J Med* 2010;78(4):450-456
- Kim SY, Lee SH. The Study on Occurrence of Asian Dust and Their Controlling Factors in Korea. *J K geogra soc* 2009; 44(6): 675-690.
- Lee Ji, Ju SL, Ashdown SP. A Basic Study Contributes to Extract the Standardized 3D Body Data for Women Aged 60 and Older. *J Korean Soc Cloth Text* 2004;28(2): 344-353.
- Liu Y, Kau CH, Pan F, Zhou H, Zhang Q. A 3-Dimensional Anthropometric Evaluation of Facial Morphology Among Chinese and Greek Population. *J Craniofacial Sur* 2013;24 (4): 353-358.
- Lui H, Li Z, Zheng L. Rapid preliminary helmet shell design based on three-dimensional anthropometric head data. *J Eng Desig* 2008;19(1): 45-54.
- Luximon Y, Ball R, Justice L. The Chinese Face: A 3D Anthropometric Analysis. Organizing Committee of TMCE 2010; 12-16.
- Ministry of Health and Social Welfare, Korean National Health and Nutrition Examination Survey. 2007-2008. Available from: <http://cdc.go.kr/CDC/contents/CdcKrContentView.jsp?cid=60949&menuIds=HOME001MNU1130-MNU1639-MNU1749-MNU1761>
- MOE Report. 2009. Survey of health effects by environmental exposure of children.
- NIER Report. 2008. Health Effect of Yellow Dust and Fine Particulates.
- NIER Report. 2016. Korean Exposure Factor Handbook for children.
- R Pellegrino , G Viegi , V Brusasco , R Crapo , F Burgos et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 2005; 26: 948-968
- Seo HK, Song YK, Kim CB, Kim HW. Characteristics of Korean Children's Facial Anthropometry Evaluated by Three-Dimensional Imaging. *JISRP* 2016; 33(1): 23-38
- The 60<sup>th</sup> Annual Meeting of the Japanese Association of School Health. *Safety NWES* 2013; 12 :659:4-7.
- Yan Luximon, Roger Ball, Lorraine Justice. The Chinese Face: A3D Anthropometric analysis. Proceeding of the TMCE 2010: 1-11
- Yanyan Yu, Stacey Benson, Wenjuan Cheng, James Hsiao, Yuewei Liu, Ziqing Zhuang, Weihong Chen. Digital 3D Headforms Representative of Chinese Workers. *Ann Occup Hyg* 2012; 56(1): 113-122
- Yoon KY, Lim HS, Koh YY. Normal Predicted Values of Pulmonary Function Test in Korean School- Aged Children. *JP* 1993; 36(1): 25-37