JESK J Ergon Soc Korea 2024; 43(3): 177-194
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2024.43.3.177
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Analysis of Allowance and Design Characteristics in Filtering Facepiece Masks Using Korean Standard Headforms

Eun Jin Jeon[1], Ah Lam Lee[2], Heecheon You[3]

[1]Kyungpook University, Department of Clothing and Textiles, Daegu, 41566
[2]Kyungpook University, Center for Beautiful Aging, Daegu, 41566
[3]Pohang University of Science and Technology, Department of Industrial and Management Engineering, Pohang, 37673

한국인 표준 머리 치수를 활용한 시판 보건용 마스크 여유량 및 설계특성 분석

전은진[1], 이아람[2], 유희천[3]

[1]경북대학교 의류학과
[2]경북대학교 장수생활과학연구소
[3]포항공과대학교 산업경영공학과

Corresponding Author
Heecheon You
Pohang University of Science and Technology, Department of Industrial and Management Engineering, Pohang, 37673
Email : hcyou@postech.ac.kr

Received : February 13, 2024
Revised : February 26, 2024
Accepted : June 18, 2024

Copyright@2024 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: The purpose of this study is to analyze the dimensions of commercially available filtering facepiece masks and compare them with the corresponding sizes of Korean standard headforms to identify the allowances and design characteristics of masks across various parts.

Background: Filtering facepiece masks need to be marked with the KF grade along with various face dimensions for size selection. However, current filtering facepiece masks, only suggest vertical length, making it difficult for wearers to select a well-fitted mask corresponding to their face shape.

Method: We examined a total of 18 masks sourced from six different companies, each offering three sizes (small, medium, and large), including two-fold and three-fold types. Twelve head dimensions (5 vertical lengths, 3 horizontal lengths, 1 height, and 3 widths) pertinent to mask design were selected. The allowances and design characteristics of masks were analyzed by comparing the standard head medium size with large size masks and the standard head small size with medium size masks.

Results: The mask allowance analysis showed that two-fold masks had more allowances than three-fold masks in most dimensions. Significant allowances, especially, were observed in face length, sellion to tragion length, menton to tragion length, nose height, tragion to stomion length, face breadth, bitragion width, and bigonial breadth. Among the two-fold masks, VM02 displayed a notable allowance in the vertical length from the root of the nose to chin tip, while among the three-fold masks, HM01 exhibited a substantial allowance in the same dimension.

Conclusion: The present study identified that the two-fold masks offer greater allowances in various dimensions compared to the three-fold masks. Further research is needed to establish specific ranges of appropriate allowances, emphasizing the importance of balancing comfort and leakage prevention for effective mask design.

Application: The methods and results of the present study are useful to examine the design characteristics and appropriate allowances of mask parts.

Keywords: Korean standard headform, Sizing system, Filtering facepiece mask, Design characteristics, Head dimensions

1. Introduction

현재 시판용 보건 마스크의 차단 성능 및 안전성은 공인된 시험 기관을 통해 인증을 받고 있으나 제품 치수 적정성에 대한 검증은 부족한 실정이다. 보건용 마스크는 COVID-19의 확산과 미세 먼지와 황사로 인해 일상 생활 필수품으로 사용되고 있으며, 수요는 지속적으로 증가하는 추세이다. 시판 보건용 마스크는 식약처의 인증 제품인 경우 KF (Korea Filter)로 표기되며, KF80, KF94, KF99 세 종류가 대표적이다. KF의 차단 숫자가 높을수록 안면부 누설률(KF80 25% 이하, KF94 11% 이하, KF99 5% 이하)은 낮아지나 차단율이 높아 호흡이 힘들다는 단점이 있다(Lee and Park, 2021). KF80은 평균 0.6 마이크로 미터 크기의 미세 입자를 80% 이상 차단해 황사와 미세먼지 같은 입자성 유해 물질로부터 호흡기를 보호한다. KF99는 평균 0.4 마이크로 미터 크기의 입자를 99% 걸러내 입자성 유해 물질뿐 아니라 바이러스와 같은 감염원으로부터 호흡기를 보호한다(Im and Kim, 2020). 보건용 마스크는 코와 입에 직접적으로 접촉하는 제품으로 안전성 확보와 더불어 장시간 착용으로 인한 불편함이 없어야 한다.

마스크는 불규칙적인 곡률로 구성된 안면부에 착용하는 제품으로 얼굴 부위별 상세 치수와 밀착부인 코, 턱, 볼 부위의 특징적인 곡률 및 형태를 고려하여 제작되어야 한다. 선행 연구에서는 얼굴 수직 길이, 얼굴 너비, 코와 턱의 형태에 따라 마스크 패턴이 상이하게 설계되어야 한다고 보고하였다(Koo, 2022). 또한, 얼굴의 곡면 특성과 피부 길이 변화 현상을 고려하지 않은 마스크 패턴은 불쾌한 압박감 및 누설과 같은 문제를 발생시킨다(Cha, 2022). Jung and Lee (2021)는 마스크 디자인과 착용자의 얼굴형을 비교한 연구에서 마스크의 밀착도는 마스크 필터의 여과 효율 보다 착용자의 얼굴형과 마스크 디자인이 중요한 요인으로 언급하였다. 이 때 착용자에게 잘 맞는 마스크 사이즈 구성에 있어 얼굴 길이와 얼굴 너비만 고려하는 이변량 방식 보다 많은 얼굴 변수를 고려하는 PCA 패널 방식이 선호되고 있고(Zhuang et al., 2007; Chen et al., 2009; Rodríguez et al., 2020), 실제 마스크 밀착도 테스트 시 PCA 패널이 이변량 패널에 비해 다양한 얼굴 특성을 지닌 사용자들에게 적합하다는 연구가 보고된 바 있다(Lin and Chen, 2017). 마스크의 착용이 일상화 됨에 따라 마스크를 의류 제품으로 구분하고 장시간 착용으로 인한 피로감과 치수 부적합으로 인한 불편감을 최소화시켜야 한다. 착용자들의 얼굴에 적합하게 밀착되고 착용감이 우수한 마스크를 공급하기 위해서는 다양한 얼굴 크기를 수용할 수 있는 마스크 치수 범위 세분화, 표준 규격 수립, 패턴 설계, 제작 방법에 대한 개선이 필요하다.

현재 시판되고 있는 보건용 마스크 중 특히 KF94 마스크의 경우 제품별로 치수가 균일하지 않다는 문제가 있다(Korea Consumer Agency, 2023). Lee et al. (2019)은 보건용 마스크의 불편사항으로 호흡 어려움, 밴드 및 코 부위 밀착성 저하를 언급하였다. 특히, 동일한 사이즈의 마스크의 경우에도 얼굴 형태와 치수에 따라 압박이나 들뜸 부위가 발생할 수 있으며, 성별이나 연령에 따라서도 착용감이 상이할 수 있다. 따라서, 보건용 마스크에는 KF 인증 표기와 함께 마스크 선정 기준이 될 수 있는 얼굴 부위별 치수가 제공되어야 한다. 그러나, 현재 보건용 마스크는 마스크 선정 기준으로 세로 길이 항목만을 제공하고 있어 착용자별 얼굴 형상과 치수에 적합한 마스크 선정에 한계가 있다. 착용자의 얼굴 형상과 치수에 적합하지 않은 마스크는 부위별 밀착감과 착용감을 저하시키고 압박감과 불편함을 초래한다. 고성능 필터를 장착한 마스크도 얼굴과 마스크가 밀착되지 않을 경우 호흡 시 오염 물질이 마스크 내부로 유입되므로 누설율 최소화를 위해서는 착용자의 안면과 마스크가 적절하게 밀착되어야 한다(Ham et al., 2019; Kang et al., 2020).

보건용 마스크 관련 연구는 마스크의 유해 물질 차단 성능 연구가 대부분으로 마스크 패턴 설계와 착용 평가 관련 연구는 부족한 실정이다. 최근 마스크 착용이 일상화 되면서 보건용 마스크 착용으로 인한 신체적 부담과 주관적 반응에 관한 연구가 진행되고 있다(Jung et al., 2020). 그러나 국내 보건용 마스크 관련 연구는 대부분 분진 포집 효율(Jung et al., 2014), 누설률(Han et al., 2004), 마스크 밀착 계수 요인(Han and Choi, 2002), 마스크 형태(Eoh et al., 2016) 관련 연구가 대부분이다. 마스크 착용시 문제점 관련 선행 연구로는 의약외품 마스크에 대한 디자인 및 설계(Chao, 2020; Chu et al., 2015), 구매 행동 및 사용 실태(Han and Park, 2021; Ma and Kim, 2020), 성능 평가(Chua et al., 2020; Han et al., 2021) 등이 있다. 그러나 마스크 착용감 및 밀착감에 직접적인 관련이 있는 한국인 얼굴 형상 및 치수 분석, 마스크 부위별 적정 여유량 분석, 패턴 설계 관련 연구는 부족한 실정이다. 또한 마스크 표준 규격은 방진 마스크

(KS M 6673:2018)와 방독 마스크(KS M 6674:2021)의 제품 성능 평가 방법과 기준에 대한 것으로 마스크 치수와 구조에 대한 표준 규격도 부재한 상황이다(Oh and Suh, 2022).

본 연구에서는 시판 보건용 마스크의 호칭 및 제품의 상세 치수를 조사하고 Size Korea data 분석을 통해 수립된 한국인 표준 머리의 치수를 적용하여 시판 보건용 마스크의 여유량 및 설계 특성을 파악하고자 한다.

2. Method

본 연구는 Figure 1과 같이 인체 치수 분석과 마스크 치수 분석 절차를 기반으로 진행하였다.

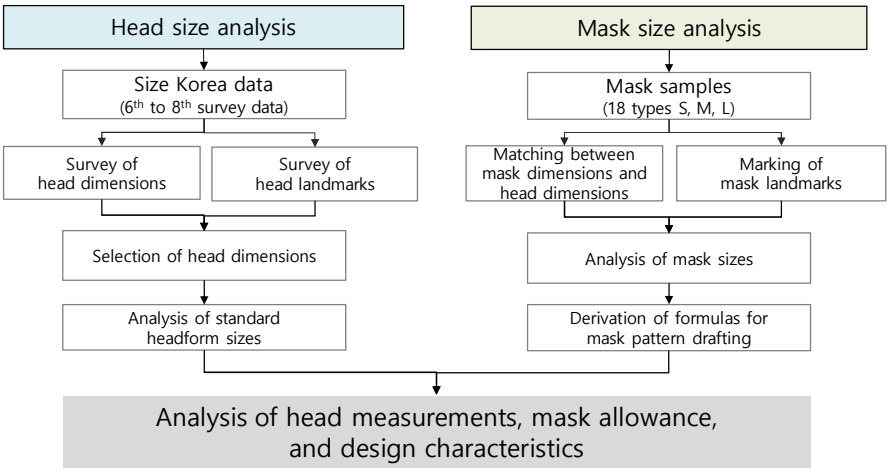


Figure 1. Research process of the facial measurements, mask allowance, and mask design characteristics

2.1 Head size analysis

시판 보건용 마스크의 여유량 및 설계 특성 분석을 위해 Size Korea 6차(직접 측정 14,016명, 2010; 3D 측정 5,726명, 2010~2014년), 7차(직접 측정 6,413명, 2015년), 8차(직접 측정 3,423명; 3D 측정 1,235명, 2021년) 안면부 측정 자료에서 마스크 설계 시에 필요한 인체 측정 항목을 조사하였다. 마스크 설계에 필요한 인체 기준점은 본 연구진이 이전 연구에서 진행한 KS 표준안(KS A 5553:2021, 2018) '인체 측정 항목의 코드화 시 고려사항'을 기준으로 정리하였다. Size Korea 6~8차 안면부 측정 항목을 조사하여 마스크 설계와 관련 있는 58개 인체 측정 항목을 1차 선별하였고 이 중 마스크 부위별 설계와 관련도가 높은 19개 항목을 정의하였다.

2.2 Mask size analysis

치수 분석은 시판 보건용 마스크 6개 회사 제품의 3개 사이즈(소형, 중형, 대형)를 대상으로 하였으며, 2단 접이형(VM01, VM02, VM03)과 3단 접이형(HM01, HM02, HM03) 각 3종으로 총 18종으로 구성하였다. 평가용 마스크는 온라인 쇼핑몰에서 판매가 많은 제품 50개를 선별하여 치수를 분석하고 분석 결과에서 마스크 소형, 중형, 대형의 사이즈 편차가 적절한 것으로 확인된 18종의 마스크를 최종 치수 분석 마스크로 선정하였다. 마스크 치수 분석은 Size Korea data 조사를 통해 선정한 19개 인체 측정 항목 중에서 마스크의 실제 치수 계측에 대응할 수 있는 12개 항목을 측정하였다. 마스크 치수 분석에 사용된 인체 측정 항목 12개는 수직 길이 5개, 수평 길이 3개, 높이 1개, 너비 3개 항목이다.

인체 기준점과 매칭되는 마스크 치수 측정용 기준점을 설정하기 위해 의류학 및 인간공학 전문가 5명을 대상으로 2단 접이형 및 3단

접이형 마스크 착용 평가를 진행한 후 사진 촬영 및 인터뷰를 통해 결정하였다. 참여 인원은 남자 2명, 여자 3명으로 대형 마스크 착용자 2명과 중형 마스크 착용자 3명으로 구성하였다. Size Korea에서 제공하는 얼굴 치수 관련 기준점을 조사하고 조사된 측정점의 적합성을 전문가 설문을 통해 선별하였다. 마스크 기준점 정의 시 외부에서 시각적으로 볼 수 없는 기준점은 피험자 착용 평가, 전문가 인터뷰 및 3차원 착의 시뮬레이션을 통해 위치를 정의하였다. 3차원 스캐닝 시스템('Artech EVA', Artec Group, Inc., Luxembroug)을 활용하여 안면부 형상과 마스크를 착용한 안면부 형상을 각각 스캔한 후 RapidForm 2006 software를 활용하여 2개의 이미지를 중첩하여 마스크 내 외부의 측정점 위치를 정의하였다.

2.3 Mask allowance and design characteristics analysis

마스크 설계 특성은 본 연구진의 이전 연구(Lee et al., 2024)에서 Size Korea data(직접 측정치 5,110개, 3차원 측정치 2,044개) 분석을 통해 수립한 5개 한국인 표준 머리를 활용하여 분석하였다. 한국인 표준 머리는 작은 얼굴(small), 중간 얼굴(medium), 큰 얼굴(Large), 좁고 긴 얼굴(Long), 넓고 짧은 얼굴(Short)로 구분되었다. 한국인 표준 머리는 NIOSH 헤드폼 정의 방법에 따라 Table 1과 같이 5개 치수 체계로 정의되었으며, medium에 속하는 인구가 51.5%로 가장 많은 것으로 파악되었다. 마스크 여유량 및 설계 특성에 사용된 마스크는 중형과 대형으로 한국인 표준 머리의 small과 medium 대표 머리 사이즈를 적용하여 분석하였다. 표준 머리 medium 치수는 시판 마스크 대형 치수에 해당하며, 이는 시판 마스크 중 대형 마스크 착용에 적합한 인구가 가장 많다는 것을 의미한다. 표준 머리의 인구 수용률과 남녀 분포 비율은 Table 1과 같다. 표준 머리의 상세 치수를 기준으로 평가용 시판 마스크 18종의 실제 치수를 비교하여 마스크의 부위별 여유량을 분석하고 설계 특성을 파악하였다.

Table 1. Subject distribution by five Korean headform size categories (*N* = 5,110) (Lee et al., 2023)

#	Headform size	*N*			%		
		Male	Female	Total	Male	Female	Total
1	Long	356	154	510	13.7	6.1	10.0
2	Large	588	22	610	22.6	0.9	11.9
3	Short	125	457	582	4.8	18.2	11.4
4	Small	80	497	577	3.1	19.8	11.3
5	Medium	1,350	1,282	2,632	51.8	51.2	51.5
Total	-	2,499	2,412	4,911	96.0	96.2	96.1

시판 보건용 마스크 치수 기준에 대응하는 표준 머리를 크기를 매칭하기 위해 식품의약품 안전처의 보건용 마스크 치수 기준을 참고하였다. 식품의약품 안전처의 보건용 마스크 세로 길이 기준은 특대형은 171mm 이상, 대형은 150~170mm, 중형은 136~149mm, 소형은 135mm 이하로 규정하고 있는데, 이에 직접적으로 대응하는 인체 치수가 없기 때문에 마스크 세로 길이의 0.7~0.8배를 표준 머리의 얼굴 길이로 대응하여 분석 대상 마스크와 표준 머리 사이즈를 선택하였다. 선택된 마스크와 표준 머리의 분석을 위해 부위별 마스크 치수와 대응되는 인체 치수의 차이를 여유량으로 정의하여 분석하였다.

3. Results and Discussion

3.1 Head size analysis

마스크 설계에 필요한 인체 기준점은 13개로 Table 2와 같다. Size Korea 6차~8차 안면부 측정 항목을 조사하여 마스크 부위별 설계와 관련도가 높은 19개 항목을 Table 3과 같이 선별하였다. 19개 항목의 선별 기준은 마스크 착용시 전체가 접촉되는 부위(1~5, 11, 15, 16), 부분적으로 접촉되는 부위(6~10, 17~19)와 접촉은 되지 않지만 마스크 설계 시 필요한 치수 항목(12~14)을 기준으로 선정하였다.

기준점 13개와 관련된 인체 측정 항목은 수직 길이 6개(얼굴 수직길이, 코밑-턱끝 수직길이, 입술 가운뎃점-턱끝점 수직길이, 코끝점-턱끝점 수직길이, 코길이, 귀구슬-입술 직선길이) 항목, 수평 길이 4개(눈초리-귀구슬 수평길이, 코끝-귀구슬 수평길이, 코뿌리-귀구슬 수평길이, 턱 끝-귀구슬 수평길이) 항목, 높이 1개(코높이) 항목, 둘레 1개(머리둘레) 항목, 너비 4개(얼굴너비, 귀구슬 사이 너비, 입너비, 아래턱 사이너비) 항목, 곡선 길이 3개(귀구슬 사이-코뿌리(호) 길이, 귀구슬 사이-코밑(호) 길이, 귀구슬 사이-턱끝(호) 길이) 항목으로 계측 위치는 Table 4와 같다.

Table 2. Head landmarks for health mask design

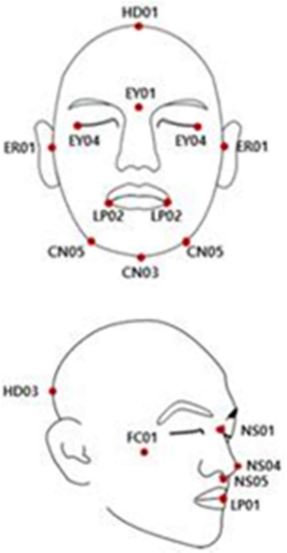
Landmark locations	No.	Code	Anthropometric landmarks
	1	HD01	Vertex
	2	HD03	Opisthocranion
	3	FC01	Zygion
	4	CN03	Menton/Gnathion/Lowest Point of Chin
	5	CN05	Gonion
	6	ER01	Tragion
	7	EY01	Glabella/Center Point of Brow Ridge
	8	EY04	Ectocanthion
	9	NS01	Sellion/Nasion
	10	NS04	Pronasale
	11	NS05	Subnasale
	12	LP01	Stomion
	13	LP02	Cheilion

Table 3. Head dimensions for health mask design and its availability in Size Korea (SK) database

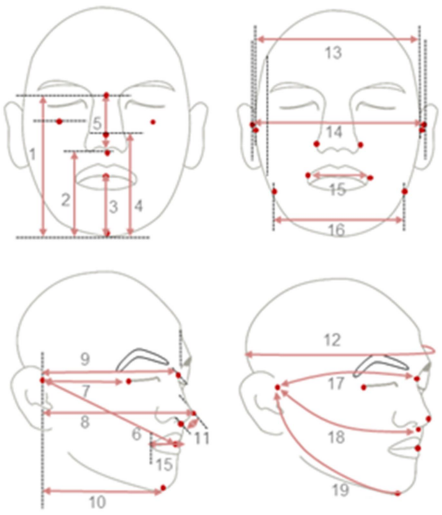
Anthropometric dimensions			6th SK		7th SK	8th SK	
			DM	SM	DM	DM	SM
Vertical length	1	Face length	O	O	O	O	O
	2	Subnasale to menton length		O			O
	3	Stomion to menton length (a)		O			O
	4	Pronasale to menton length (b)		O			O
	5	Nose length		O			O
	6	Tragion to stomion length		O			O
Horizontal length	7	Entocanthion to tragion length		O			O
	8	Pronasale to tragion length (c)		O			O
	9	Sellion to tragion length (d)		O			O
	10	Menton to tragion length (e)		O			O
Height	11	Nose height		O			O
Circumference	12	Head circumference	O	O	O	O	O

Table 3. Head dimensions for health mask design and its availability in Size Korea (SK) database (Continued)

Anthropometric dimensions			6thSK		7thSK	8thSK	
			DM	SM	DM	DM	SM
Width/breadth	13	Face breadth			O	O	O
	14	Bitragion width		O		O	O
	15	Lip width		O			O
	16	Bigonial breadth		O	O	O	O
Arc length	17	Bitragion sellion arc		O			O
	18	Bitragion subnasale arc		O			O
	19	Bitragion chin arc		O			O
Total			2	18	4	5	19

a, b, c, d, and e are calculated from head measurements as follows:
a = Head height - Stomion to Top-of-Head Length; b = Head height - Pronasale to Top-of-Head Length; c = Pronasale to Occiput Length - Tragion to Occiput Length (right & left); d = Sellion to Occiput Length - Tragion to Occiput Length (right & left); e = Menton to Occiput Length - Tragion to Occiput Length (right & left)

Table 4. Head dimensions for health mask design

Image	Anthropometric dimensions		
	Vertical length	1	Face length
		2	Subnasale to menton length
		3	Stomion to menton length
		4	Pronasale to Menton length
		5	Nose length
		6	Tragion to stomion length
	Horizontal length	7	Entocanthion to tragion length
		8	Pronasale to tragion length
		9	Sellion to tragion length
		10	Menton to tragion length
	Height	11	Nose height
	Circumference	12	Head circumference
	Width/breadth	13	Face breadth
		14	Bitragion width
		15	Lip width
		16	Bigonial breadth
	Arc length	17	Bitragion sellion arc
		18	Bitragion subnasale arc
		19	Bitragion chin arc

3.2 Mask size characteristics

3.2.1 Making mask landmarks

마스크 치수 분석을 위해 인체 기준점과 매칭되는 마스크 부위에 치수 측정용 기준점을 설정하였다. 기준점은 Size Korea에서 제시하고 있는 3차원 안면부 측정 기준점을 기반으로 마스크 착용시 관련이 있는 부위의 기준점을 분류하였다. 마스크 치수 분석을 위한 기준점은 인체 측정 항목과 매칭이 되는 7개(NS01, NS04, NS05, LP01, CN03, CN05, ER01)로 각 아이디는 Table 2의 인체 기준점과 동일하며 측정 방법은 Figure 2, 3과 같다. 이 중 코밑점(NS05), 입술가운데점(LP01), 턱끝점(CN03)은 마스크 상의 위치를 인체 치수와 직접적으로 특정할 수 없어 전문가 의견과 착용 평가, 3차원 시뮬레이션을 통해 NS05 (Y-1cm from NS04 level), LP01 (Half level NS04-CV03), CN03 (Y-1.5cm from CN05 level)로 정의하였다(Figure 3).

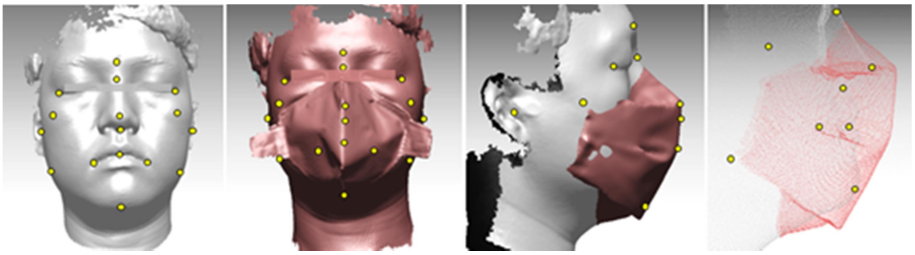
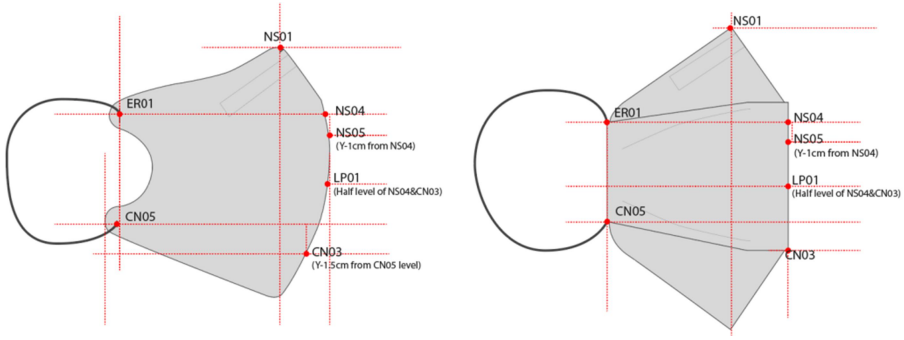


Figure 2. Selection of health mask landmarks



(a) 2-stage folding type mask (b) 3-stage folding type mask

Figure 3. Landmarks of health mask

3.2.2 Mask size analysis

평가 마스크 18종에 대한 치수 분석 결과는 Table 5, 6과 같다. 평가 마스크 치수 분석 항목은 Size Korea data 조사를 통해 선정된 12개 항목으로 수직 길이 5개, 수평 길이 3개, 높이 1개, 너비 3개 항목이며, 마스크의 가로 너비, 수직 길이, 끈 길이 3개 항목의 치수를 추가 측정하였다. Table 5는 2단 접이형 마스크 9종에 대한 치수 분석 결과이며, Figure 4는 2단 접이용 마스크 분석 항목에 대한 마스크와 인체 항목을 매칭한 것이다. Table 6은 3단 접이형 마스크 9종에 대한 치수 분석 결과이며, Figure 5는 3단 접이용 마스크 분석 항목에 대한 마스크와 인체 항목을 매칭한 것이다.

Table 5. Mask measurements and corresponding head dimensions (2-stage folding type) unit (mm)

No	Features / Head dimensions		Code	VM01			VM02			VM03		
				KF94			KF80			KF80		
				L	M	S	L	M	S	L	M	S
01	Sizing notation	Mask width	TV1	120	113	104	120	105	95	137	128	108
02		Mask length	TV2	153	146	128	157	140	118	148	138	127
03		Mask strap length	TV3	180	180	160	120	120	120	160	160	150
1	Vertical length	Face Length	V01	153	146	128	157	140	118	148	138	127
2		Subnasale to menton length	V02	65	61	47	63	61	58	54	50	40
3		Stomion to menton length	V03	38	36	29	37	35	33	32	30	25
4		Nose length	V04	60	56	50	60	53	40	58	50	48
5		Tragion to stomion length	V05	104	102	85	112	102	93	120	112	95
6	Horizontal length	Pronasale to tragion length	V06	103	101	90	105	97	90	118	107	93
7		Sellion to tragion length	V07	103	101	90	105	97	90	118	107	93
8		Menton to tragion length	V08	96	85	72	94	85	78	107	93	82
9	Height	Nose height	V09	36	32	25	37	33	24	30	25	25
10	Width/ breadth	Face breadth	V10	103	101	90	105	97	90	118	107	93
11		Bitragion width	V11	103	101	90	105	97	90	118	107	93
12		Bigonial breadth	V12	83	77	68	90	78	73	102	87	80

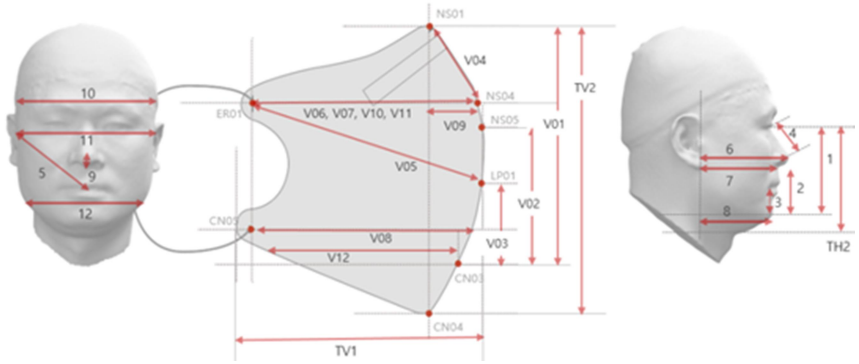


Figure 4. Mask measurements and corresponding head dimensions (2-stage folding type)

Table 6. Mask measurements and corresponding head dimensions (3-stage folding type) unit (mm)

No	Feature / Corresponding head dimension		Code	HM01			HM02			HM03		
				KF94			KF80			KF94		
				L	M	S	L	M	S	L	M	S
01	Sizing notation	Mask width	TH1	103	96	93	103	94	90	103	97	88

Table 6. Mask measurements and corresponding head dimensions (3-stage folding type) (Continued) unit (mm)

No	Feature / Corresponding head dimension		Code	HM01			HM02			HM03		
				KF94			KF80			KF94		
				L	M	S	L	M	S	L	M	S
02	Sizing notation	Mask length	TH2	150	140	130	152	140	160	151	143	132
03		Mask strap length	TH3	170	160	150	175	168	148	168	166	164
1	Vertical length	Face Length	H01	150	140	130	115	105	99	115	109	101
2		Subnasale to menton length	H02	43	46	43	54	46	42	48	45	40
3		Stomion to menton length	H03	26	28	26	32	28	26	29	28	25
4		Nose length	H04	65	60	55	57	55	50	65	62	59
5		Tragion to stomion length	H05	97	95	90	98	85	87	97	91	81
6	Horizontal length	Pronasale to tragion length	H06	92	92	85	94	82	82	93	87	77
7		Sellion to tragion length	H07	92	92	85	94	82	82	93	87	77
8		Menton to tragion length	H08	92	92	85	92	83	82	94	86	77
9	Height	Nose height	H09	30	30	23	26	26	18	32	32	28
10	Width/ breadth	Face breadth	H10	92	92	85	94	82	82	93	87	77
11		Bitragion width	H11	92	92	85	94	82	82	93	87	77
12		Bigonial breadth	H12	92	92	85	101	80	81	92	85	77

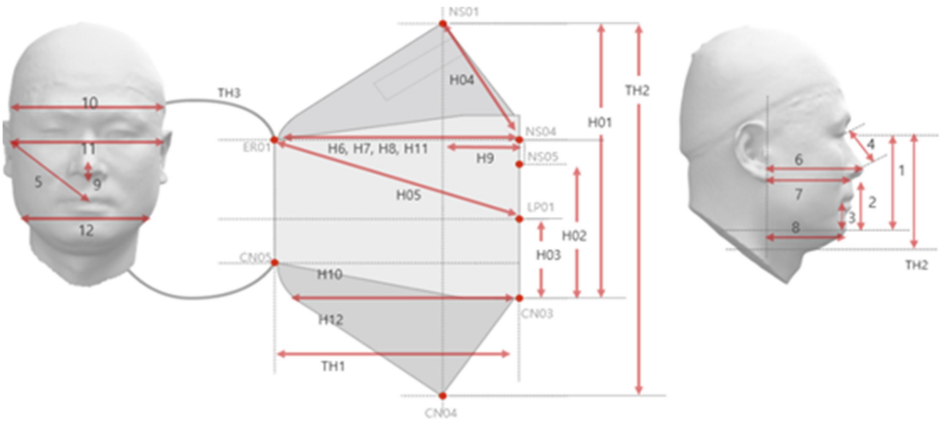


Figure 5. Mask measurements and corresponding head dimensions (3-stage folding type)

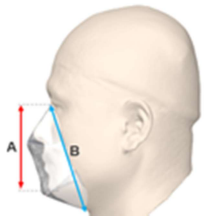
3.3 Mask allowance and design characteristics

3.3.1 Analyzing standard headform sizes

식품의약품 안전처에서는 보건용 마스크의 치수 기준을 세로 길이로 규정하고 있으며, 세로 길이는 2단 접이형 및 3단 접이형 마스크를 펼쳐 좌우대칭이 되도록 접은 상태에서 코끝에서 턱까지 거리로 정의한다. 식품의약품 안전처의 보건용 마스크 세로 길이 기준

은 특대형은 171mm 이상, 대형은 150~170mm, 중형은 136~149mm, 소형은 135mm 이하로 규정하고 있다. 얼굴 길이 비율은(mask vertical length* (0.7~0.8)) 식약처 보건용 마스크 세로 길이 기준 치수를 토대로 산출하였다. 표준 머리 치수로 산출한 마스크 사이즈별 예상 얼굴 길이는 특대형 130mm 이상, 대형 116~129mm, 중형 136~149mm, 소형 135mm 이상으로 파악되었다(Table 7). 마스크 사이즈별 예상 얼굴 길이를 표준 머리 얼굴 길이와 매칭한 결과 마스크 대형 사이즈는 표준 머리 medium size, 마스크 중형 사이즈는 표준 머리 small size에 해당되는 것으로 나타났다. 현재 시판 마스크의 치수는 특대형, 대형, 중형, 소형으로 분류되고 있으며, 표준 머리 치수와 매칭되는 사이즈는 대형, 중형 2개로 나타났다. 소형 마스크는 업체별 치수의 편차가 커 비교가 불가하며, 특수 얼굴 형상에 속하는 좁고 긴 얼굴(Long), 넓고 짧은 얼굴(Short)은 매칭하여 여유량을 분석할 수 있는 시판 마스크가 부재해 본 연구에서는 적절한 치수로 확인된 대형 마스크와 표준 머리 medium size, 중형 마스크와 표준 머리 small size를 비교하여 부위별 여유량을 파악하였다. 마스크 부위별 여유량은 표준 머리의 인체 치수와 대응되는 마스크 부위별 치수 차이(여유량 = 마스크 – 인체 치수)를 분석한 것으로 – 값이면 마스크가 인체 치수 보다 큰 부위이며, + 값이면 마스크가 인체 치수 보다 작은 부위이다.

Table 7. Korean Ministry of Food and Drug Safety's health mask sizing system and face length calculation

Image	Size standards		Face length (A)	Mask vertical length (18 brands)			
	Size	Vertical length		2-stage folding	2-stage folding	mean	SD
	Extra large	171 ≤	130 ≤	–	–	–	–
	Large	150~170	116~129	152.7	150.9	151.8	2.8
	Medium	136~149	105~115	141.3	141.1	141.2	2.6
	Small	135 ≥	105 ≥	124.3	130.7	127.5	4.5

A: Face length: mask vertical length × (0.7~0.8), B: Mask vertical length

평가용 시판 마스크 18종의 세로 길이 평균은 대형 151.8±2.8mm, 중형 141.2±2.6mm, 소형 127.5±4.5mm로 식약처 크기 기준에 적합한 것으로 확인되었다. Table 8은 Size Korea data(직접 측정치 5,110개, 3차원 측정치 2,044개) 분석을 통해 수립한 표준 머리 5개 각각의 마스크 설계 시 필요 인체 항목과 상세 치수를 제시한 것이다.

Table 8. Average head dimensions of five headform sizes unit (mm)

No	Head dimensions / Headform sizes		Long	Large	Short	Small	Medium
1	Vertical length	Face Length	115	119	107	105	112
2		Subnasale to menton length	63	65	58	57	61
3		Stomion to menton length	41	42	36	37	39
4		Nose length	52	54	49	48	51
5		Tragion to stomion length	134	145	136	126	138
6	Horizontal length	Pronasale to tragion length	108	117	109	101	111
7		Sellion to tragion length	89	97	91	83	92
8		Menton to tragion length	83	89	84	80	86

Table 8. Average head dimensions of five headform sizes (Continued) unit (mm)

No	Head dimensions \ Headform sizes		Long	Large	Short	Small	Medium
9	Height	Nose height	13	14	13	11	13
10	Width/ breadth	Face breadth	123	139	137	117	129
11		Bitragion width	155	166	155	147	157
12		Bigonial breadth	110	134	132	112	124

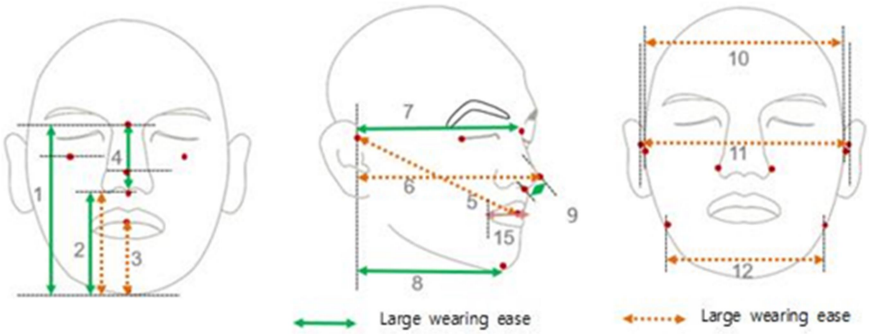
3.3.2 Analyzing mask allowance

마스크 여유량 분석 결과 2단 접이형 마스크가 3단 접이형 마스크 대비 수직 길이, 수평 길이, 높이, 너비 항목 전반에서 여유량이 큰 것으로 확인되었다(Table 9). 특히, 마스크 착용시 전체 수직 길이(얼굴 수직길이)와 수평길이(코뿌리-귀구슬 수평길이, 턱끝-귀구슬 수평길이), 너비(귀구슬 사이너비) 항목에서 여유량이 큰 것으로 나타났다. 반면, 2단 접이형 마스크가 아래턱 사이 너비는 여유량이 적은 것으로 나타났으며, 이는 2단 마스크의 디자인이 아래턱 부위로 갈수록 너비가 좁아지는 형태에 기인한 것으로 사료된다. 여유량 유무의 관점에서 2단 접이형 마스크와 3단 접이형 마스크에서 상이한 항목은 코밑-턱끝 수직길이로 2단 접이식 마스크는 여유량이 있으나 3단 접이식 마스크는 인체 치수보다 작은 것으로 확인되었다.

Table 9. Average differences dimensions of health masks by mask folding type and Size unit (mm)

No		Head dimesnions	2-stage folding type			3-stage folding type		
			Large	Medium	Small	Large	Medium	Small
	Sizing notation	Mask width	125.7	115.3	102.3	103.0	95.6	90.5
		Mask length	152.7	141.3	124.3	150.9	141.1	140.7
		Mask strap length	153.3	153.3	143.3	171.1	164.8	154.0
1	Vertical length	Face Length	40.3	36.4		14.6	12.9	
2		Subnasale to menton length	-0.4	0.3		-12.7	-11.1	
3		Stomion to menton length	-3.5	-3.2		-10.1	-8.9	
4		Nose length	7.9	4.9		11.1	11.0	
5		Tragion to stomion length	-26.5	-20.9		-41.0	-35.8	
6	Horizontal length	Pronasale to tragion length	-2.2	1.0	-	-17.9	-13.9	-
7		Sellion to tragion length	16.9	19.1		1.1	4.3	
8		Menton to tragion length	12.8	8.1		6.6	7.4	
9	Height	Nose height	21.3	18.6		16.4	18.1	
10	Width/ breadth	Face breadth	-20.2	-15.3		-35.9	-30.1	
11		Bitragion width	-48.8	-45.7		-64.5	-60.6	
12		Bigonial breadth	-32.1	-31.1		-28.8	-26.2	

Table 9. Average differences dimensions of health masks by mask folding type and Size (Continued) unit (mm)



마스크 형태별 여유량 분석 결과 2단 접이형 마스크에서는 VM02 마스크가 수직길이(코뿌리-턱끝 수직길이) 항목에서 여유량이 가장 많았으며, VM03 마스크가 너비 항목(귀구슬-입술 직선길이, 귀구슬 사이너비, 아래턱 사이너비)에서는 여유량이 많은 것으로 나타났다 (Table 10). VM03 마스크는 수평 길이 3개 항목과 너비 2개 항목에서 여유량이 많은 것으로 파악되었는데 이는 마스크 형태에 기인한 것으로 사료된다. 2단 마스크는 세로 형태의 2개 부분으로 구성되므로 수직 길이와 너비 항목이 착용감과 누설률에 영향을 줄 수 있다. VM02 마스크의 경우 코뿌리-턱끝 수직길이 항목의 여유량이 가장 많은 것으로 나타났는데 착용시 턱부위 누설과 들뜸 등에 대한 검증이 필요하다. 또한, VM03 마스크의 경우 너비 항목 여유량이 많은 것으로 나타났는데 여유량의 정도에 따른 밀착감과 착용감의 향상 효과에 대한 검증도 필요하다.

Table 10. Differences dimensions between headform and 6 health masks

	Mask image / Head dimension	V01		V02		V03		H01		H02		H03	
	Folding types	2-stage folding type						3-stage folding type					
	Size code	Large	Medium	Large	Medium	Large	Medium	Large	Medium	Large	Medium	Large	Medium
Sizing notation	Mask width	120	113	120	105	137	128	103	96	103	94	103	97
	Mask length	153	146	157	140	148	138	150	140	152	140	151	143
	Mask strap length	180	180	120	120	160	160	170	160	175	168	168	166
Vertical length	Face length	40.6	41.1	44.6	35.1	35.6	33.1	37.6	35.1	3.0	0.0	3.0	3.7
	Subnasale to menton length	4.0	4.0	2.0	4.0	-7.0	-7.0	-18.0	-11.0	-7.0	-10.7	-13.1	-11.7
	Stomion to menton length	-1.2	-0.8	-2.2	-1.8	-7.2	-6.8	-13.2	-8.8	-7.0	-8.6	-10.1	-9.2
	Nose length	8.6	7.9	8.6	4.9	6.6	1.9	13.6	11.9	5.8	6.7	14.1	14.3
	Tragion to stomion length	-34.5	-24.3	-26.5	-24.3	-18.5	-14.3	-41.5	-31.3	-40.2	-40.9	-41.3	-35.2

Table 10. Differences dimensions between headform and 6 health masks (Continued)

	Mask image / Head dimension	V01		V02		V03		H01		H02		H03	
	Folding types	2-stage folding type						3-stage folding type					
	Size code	Large	Medium	Large	Medium	Large	Medium	Large	Medium	Large	Medium	Large	Medium
Horizontal length	Pronasale to tragion length	-7.8	0.3	-5.8	-3.7	7.2	6.3	-18.8	-8.7	-17.3	-19.1	-17.6	-14.0
	Sellion to tragion length	11.2	18.5	13.2	14.5	26.2	24.5	0.2	9.5	1.8	-0.9	1.5	4.2
	Menton to tragion length	9.8	5.4	7.8	5.4	20.8	13.4	5.8	12.4	6.0	3.1	7.9	6.6
Height	Nose height	22.9	20.6	23.9	21.6	16.9	13.6	16.9	18.6	13.0	14.6	19.3	21.0
Width/ breadth	Face breadth	-25.8	-15.9	-23.8	-19.9	-10.8	-9.9	-36.8	-24.9	-35.3	-35.3	-35.6	-30.2
	Bitragion width	-54.4	-46.4	-52.4	-50.4	-39.4	-40.4	-65.4	-55.4	-63.9	-65.7	-64.2	-60.6
	Bigonia breadth	-40.7	-34.8	-33.7	-33.8	-21.7	-24.8	-31.7	-19.8	-22.5	-31.9	-32.1	-26.8

3단 접이형 마스크에서는 3종 모두 여유량의 경향이 유사한 형태로 나타났으나 특이한 사항으로는 HM01 마스크의 경우 코뿌리-턱끝 수직길이가 타 마스크에 비해 여유량이 많았으며, HM02 마스크는 코길이의 여유량이 가장 작은 것으로 파악되었다. 3단 마스크는 가로 3개 부분으로 구성되며, 첫째 단은 코길이 부위, 둘째단은 코뿌리-턱끝, 셋째단은 턱끝-아래턱 부위를 감싸는 형태로 구성단별로 여유량의 정도가 착용감에 큰 영향을 줄 수 있다. 연구 결과 HM02 마스크의 경우 코길이가 작은 것으로 나타났는데 착용시 불편함과 착용감을 검증할 필요가 있다. 또한, HM01 마스크의 경우 코뿌리-수직길이가 여유량이 많은 것으로 나타나 여유량 정도에 따른 착용시 누설률에 대한 검증도 필요하다.

본 연구에서 분석한 시판 마스크의 여유량 분석 결과를 기반으로 추후 실제 사람 대상의 객관적 평가(밀착감, 누설률), 주관적 평가(착용감)를 진행하여 적절한 최적의 여유량을 검증할 필요가 있다. 마스크 설계 시 부위별 적절한 여유량을 적용할 경우 마스크 착용시 발생하였던 압박감으로 인한 불편함(코, 귀, 뺨 통증), 맞음새가 부적절하여 발생한 누설(코, 턱, 측면 누설)을 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

3.3.3 Mask pattern drafting formulas

표준 머리와 시판 마스크와의 여유량 분석 결과를 기준으로 2단 접이형과 3단 접이형 마스크에 대한 패턴 설계 산출식을 도출하였다. 패턴 설계 산출식은 마스크 치수 분석 시 구성한 마스크 부위별 인체 치수 위치를 기준으로 하였으며, 산출식 상세 내용은 Table 11과 같다. TV1과 TH1은 마스크 가로 너비로 2단 접이형 마스크는 머리둘레의 19.8%, 3단 접이형은 23.5%로 3단 접이형 마스크의 가로 너비가 더 큰 것으로 나타났다. TV2과 TH2는 세로 길이를 나타낸 것으로 전체적인 세로 길이 여유량은 2단 접이형이 6cm(TV2+V01 여유량), 3단 접이형이 5.5cm(TH2+H01 여유량)로 유사하나 3단 접이형 마스크가 2단 접이형 보다 턱을 감싸는 길이의 여유량이 2cm 많은 것으로 파악되었다. 여유량의 차이가 큰 항목은 턱끝-귀구슬 수평 길이로 V08과 H08 부위의 경우 3단 접이형 마스크가 여유량이 5.3cm 더 큰 것으로 나타났다. 마스크 설계 산출식은 표준 머리 인체 치수와 시판 마스크의 평균 치수를 적용하여 도출하였으며, 예를 들어, 현 시판 마스크 중 2단 접이형의 경우 V01 부위(V01 = 얼굴길이 + 4cm)는 얼굴 길이보다 4cm 패턴이 크게 설계되어야 함을 의미한다.

Table 11. Health mask design formulas based on head dimension

ID	2-stage folding type	ID	3-stage folding type
TV1	Width (head circumference × 19.8%)	TH1	Width (head circumference × 23.5%)
TV2	Length (V01 + 2cm)	TH2	Length (H01 + 4cm)
V01	Face Length + 4cm	H01	Face length + 1.5cm
V02	Subnasale to menton Length	H02	Subnasale to menton length - 1.3cm
V03	Stomion to menton Length - 3.5cm	H03	Stomion to menton length - 1cm
V04	Nose length + 0.8 cm	H04	Nose length + 1cm
V05	Tragion to stomion length - 2.7cm	H05	Tragion to stomion length - 4cm
V06	Pronasale to tragion length - 0.2cm	H06	Pronasale to tragion length - 1.8cm
V07	Sellion to tragion length + 1.7cm	H07	Sellion to tragion length
V08	Menton to tragion length + 1.3cm	H08	Menton to tragion length + 6.6cm
V09	Nose height + 2.1cm	H09	Nose height + 1.6cm
V10	Face breadth - 2cm	H10	Face breadth - 3.4cm
V11	Bitragion width - 5cm	H11	Bitragion width - 6.5cm
V12	Bigonial breadth - 3.2cm	H12	Bigonial breadth - 3cm

4. Conclusion

본 연구에서는 시판 보건용 마스크의 호칭 및 제품 치수를 조사하고 Size Korea 3차원 데이터 분석을 통해 수립된 한국인 표준 머리 치수를 적용하여 마스크의 여유량과 설계 특성을 파악하였다.

인체 치수 분석 시 측정 항목은 마스크 설계와 관련도가 높은 19개 항목을 선별하였으며, 수직 길이 6개(얼굴 수직 길이, 코밑-턱끝 수직길이, 입술 가운뎃점-턱끝점 수직길이, 코끝점-턱끝점 수직길이, 코길이, 귀구슬-입술 직선길이) 항목, 수평 길이 4개(눈초리-귀구슬 수평길이, 코끝-귀구슬 수평길이, 코뿌리-귀구슬 수평길이, 턱 끝- 귀구슬 수평길이) 항목, 높이 1개(코높이) 항목, 둘레 1개(머리둘레) 항목, 너비 4개(얼굴너비, 귀구슬 사이너비, 입너비, 아래턱 사이너비) 항목, 곡선 길이 3개(귀구슬 사이-코뿌리(호) 길이, 귀구슬 사이-코밑(호) 길이, 귀구슬 사이-턱끝(호) 길이)이다.

마스크 기준점은 Size Korea에서 제공하는 얼굴 치수 관련 기준점을 기반으로 인체 측정 항목과 매칭되는 8개(NS01, NS04, NS05, LP01, CN03, CN04, CN05, ER01)와 전문가 의견과 착용 평가를 통해 설정한 기준점 3개 NS05 (Y-1cm from NS04 level), LP01 (Half level NS04-CV03), CN03 (Y-1.5cm from CN05 level)로 설정하였다. 마스크 치수 분석은 Size Korea data 조사를 통해 선정된 12개 항목으로 수직 길이 5개, 수평 길이 3개, 높이 1개, 너비 3개 항목이며, 마스크의 가로 너비, 수직 길이, 끈 길이 3개 항목의 치수를 추가 측정하였다. 표준 머리 5개(small, medium, large, long, short) 치수 조사는 마스크 치수 분석 항목 12개를 대상으로 하였으며, 시판 마스크 중형과 대형 마스크의 여유량 분석은 small size(작은 얼굴, 인구 수용률 11.3%, 중형 마스크와 매칭), medium size(중간 얼굴, 인구 수용률 54.5%, 대형 마스크와 매칭)를 사용하였다.

시판 마스크 여유량은 표준 머리 small size(인구 수용률 11.3%)와 중형 마스크, 표준 머리 medium size(인구 수용률 54.5%)와 대형 마스크를 매칭하여 분석하였다. 마스크 크기 기준과 표준 머리의 평균 크기를 비교하였을 때 대형 사이즈는 표준 머리 medium size에 해당하고 중형 사이즈는 표준 머리 small size에 적합한 것으로 확인되었다. 현재 표준 머리 medium size에 해당하는 사람들은 시판 마스크 대형 사이즈를 착용하고 있으며, 중형 사이즈 마스크를 착용할 경우 세로 길이가 짧아 얼굴 부위를 충분히 감싸지 못해 누설

이 발생하고 코뿌리 부위와 귀부위에 압박 등의 불편함을 겪을 것으로 예상된다. 따라서, 현 마스크 치수 기준에 대한 보완과 함께 시판되지 않고 있는 특이 치수(Large, Long, Short)에 대한 치수 규격 수립과 마스크의 개발이 시급하다.

마스크 여유량 분석 결과 2단 접이형 마스크가 3단 접이형 마스크 보다 수직 길이, 수평 길이, 높이, 너비 항목 전반에서 여유량이 많은 것으로 확인되었다. 특히, 얼굴수직길이, 귀구슬-입술 직선길이, 코뿌리-귀구슬 수평길이, 턱끝-귀구슬 수평길이, 얼굴너비, 귀구슬 사이너비, 아래턱 사이너비에서 여유량이 많은 것으로 파악되었다. 본 연구에서는 2단 접이형과 3단 접이형 마스크의 부위별 여유량을 파악하였으나 적정한 여유량의 범위를 제시하지 않았다는 한계가 있다. 여유량이 많을 경우 착용감과 누설률이 우수할 것으로 인식하지만 여유량이 적정한 범위를 벗어나 많을 경우 오히려 누설률과 밀착감의 저하 요인이 될 수 있다. 따라서, 본 연구에서 부위별 여유량이 파악된 대형, 중형 마스크를 활용하여 실제 피험자를 대상으로 한 객관적 누설률 평가와 주관적 착용감 평가를 진행하여 부위별 적정 여유량의 검증이 필요하다. 피험자를 대상으로 한 적정 여유량에 대한 검증이 완료되면 추후 특이 치수(Large, Long, Short) 마스크 설계 시에 활용이 가능할 것으로 기대된다. 특이 치수 대상자들은 일반 치수의 대상자들에 비해 부위별 적정 여유량의 적용이 밀착감과 불편함 개선에 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다.

마스크의 누설률과 밀착감에 영향을 미치는 요인은 마스크 치수와 여유량, 형태와 구조 등으로 본 연구에서 제시한 시판 마스크의 치수와 여유량을 기반으로 한 마스크 형태(패턴)과 구조에 대한 연구가 병행되어야 한다. 마스크 누설률 및 착용감에 영향을 미치는 마스크 형태(패턴)의 예로는 코끝 부위(일체형, 분리형), 상단 곡률 및 측면의 곡선 형태, 상하단 끈 부착 위치, 끈길이 등이 있으며, 이외 디테일 측면의 고려사항으로는 가장자리 처리 방법, 봉제선 열처리 방법, 열처리 두께 등이 있다. 마스크의 전체적인 형태 및 구조와 세부적인 디테일 측면의 개선은 마스크 누설률과 착용감에 긍정적 영향을 줄 것으로 기대된다. 추후 표준 머리 치수를 활용한 마스크 치수 체계의 수립과 마스크 선정을 위한 표준 가이드 라인의 제공 및 얼굴 형상별 마스크 패턴 설계에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

Acknowledgement

This research was jointly supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant (2022R1A2C1013198) funded by Korean Government and the grant 'Development of technology to improve quasi-drug quality management system' (21172MFDS172) from the Ministry of Food and Drug Safety of the Republic of Korea in 2021.

References

Cha, S.J., Development of mask pattern drafting method-focusing on women aged 20~24, *Journal of Korean Society of Basic Design & Art*, 24(1), 421-434, 2022. http://doi:421-434.10.47294/KSBDA.24.1.28

Chao, F.L., Face mask designs following novel coronavirus, *Journal of Public Health Research*, 9(1), 31-35, 2020. http://doi:10.4081/jphr.2020.1770

Chen, W., Zhuang, Z., Benson, S., Du, L., Yu, D., Landsittel, D., Wang, L., Viscusi, D. and Shaffer, R.E., New Respirator Fit Test Panels Representing the Current Chinese Civilian Workers. *The Annals of Occupational Hygiene*, 53(3), 297-305, 2009. https://doi.org/10.1093/annhyg/men089

Chu, C.H., Huang, S.H., Yang, C.K. and Tseng, C.Y., Design customization of respiratory mask based on 3D face anthropometric data, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 16(3), 487-494, 2015. http://doi:10.1007/s12541-015-0066-5

Chua, M.H., Cheng, W., Goh, S.S., Kong, J., Li, B., Lim, J.Y.C., Mao, L., Wang, S., Xue, K., Yang, L., Ye, E., Zhang, K., Cheong, W.C.D., Tan, B.H., Li, Z. and Loh, X.J., Face masks in the new COVID-19 normal: Materials, testing, and perspectives, *Research a Science Partner Journal*, 1-40, 2020. http://doi:10.34133/2020/7286735

Eoh, W.S., Choi, Y.B. and Shin, C.S., Comparison of effects of mask style and donning training on fit factors of particulate filtering facepiece respirators, *Journal of the Korean Society of Safety*, 31(5), 35-41, 2016. http://doi:10.14346/JKOSOS.2016.31.5.35

Ham, S.H., Choi, W.J., Lee, W.H. and Kang, S.K., Characteristics of health masks certified by the ministry of food and drug safety, *Journal of Environmental Health Sciences*, 45(2), 134-141, 2019. http://doi.org/10.5668/JEHS.2019.45.2.134

Han, A.R. and Park, Y.H., Face mask usage, knowledge and behavior of face mask usage in older adults living alone in the COVID-19 era, *Journal of Korean Academy of Nursing*, 51(2), 203-216, 2021. http://doi:10.4040/jkan.20252

Han, D.H. and Choi K.L., Development of half-masks wellfitting for Korean faces (1) - Facial dimensions and predictors of fit for half-mask, *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, 12, 46-54, 2002.

Han, D.H., Woo, S.S. and Jung, H.M., Evaluation of particulate respirators by total inward leakage (TIL) and validity of the certification regulation for TIL, *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, 14(3), 213-220, 2004. UCI: G704-000860.2004.14.3.003

Han, S.H., Cha, K.S., Yoo, S.Y. and Han, J.O., Comparison of N95 respiratory mask fit testing, *Korean Journal of Healthcare-Associated Infection Control and Prevention*, 26(2), 108-114, 2021. http://doi:10.14192/kjicp.2021.26.2.108

Im, H.B. and Kim, J.M., Analysis of hygienic face mask structures and designs for adults, *Journal of the Korean Society of Knit Design*, 18(3), 103-109, 2020. http://doi:10.35226/kskd.2020.18.3.103

Jung, H.J., Kim, J.B., Lee, S.J., Lee, J.H., Kim, J.Y. and Yoon, C.S., Comparison of filtration efficiency and pressure drop in anti-yellow sand masks, quarantine masks, medical masks, general masks, and handkerchiefs, *Aerosol and Air Quality Research*, 14(14): 991-1002, 2014. http://doi.org/10.4209/aaqr.2013.06.0201

Jung, J.Y., Kang, C.H., Seong, Y.C., Jang, S.H. and Lee, J.Y., Effects of wearing COVID-19 protective face masks on respiratory, cardiovascular responses and wear comfort during rest and exercise, *Fashion & Textile Research Journal*, 22(6), 862-872, 2020. http://doi.org/10.5805/SFTI.2020.22.6.862

Jung, J.Y. and Lee, J.Y., Comparison of fit factor and total inward leakage of face masks: exploratory evaluation by mask designs and face panels, *Journal of the Korean Society of Living Environmental System*, 28(4), 377-390, 2021. http://doi:10.21086/ksles.2021.8.28.4.377

Kang, S.H., Guak, S.Y., Bataa, A., Kim, D.H., Jung, Y.D., Shin, J.Y. and Lee, K.Y., Mask-wearing Characteristics an COVID-19 in Indoor and Outdoor Environments in Seoul in 2020, *Journal of Environmental Health Sciences*, 46(6), 750-756, 2020. http://doi.org/10.5668/JEHS.2020.46.6.750

Koo, M., A study on the development of an eco-friendly cloth mask design, *The Korean Journal of Community Living Science*, 33(2), 177-187, 2022. http://doi: 10.7856/kjcls.2022.33.2.177

Korean Agency for Technology and Standards, *KS A 5553:2021 Considerations for coding of anthropometric dimensions*, Seoul: Korean Standards Association, 2018.

Korean Consumer Agency, 'KF94 mask performance excellent, but shapes and sizes vary by product', http://www.korea.kr/news

policyNewsView.do?newsId=148890776 (retrieved June 21, 2023)

Lee, A.L., Cui, X., Jung, H.Y., Kim, H.E., Jeon, E.J., Na, H.J., Kim, E.M. and You, H.C., Development of Korean representative headforms for the total inward leakage testing on filtering facepiece respirators, *Journal of Safety and Health at Work*, 15(1), 42-52, 2024. https://doi.org/10.1016/j.shaw.2023.11.003

Lee, J.H. and Park, C.S., Medical mask requirements and quality control measures, *Journal of Fiber Korean Technology and Industry*, 25(2), 60-68, 2021. UCI I410-ECN-0102-2022-500-000722811

Lee, J.S., Koh, A.R., Ryu, L.J., Hwang, Y.R. and Lee, J.H., Development of design prototypes and needs analysis of consumers of fine dust mask: Focused on children and young adults, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 43(4), 579-591, 2019. http://doi:10.5850/JKSCT.2019.43.4.579

Lin, Y.C. and Chen, C.P., Characterization of small-to-medium head-and-face dimensions for developing respirator fit test panels and evaluating fit of filtering facepiece respirators with different faceseal design. *PLOS ONE*, 12(11), e0188638, 2017. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188638

Ma, L. and Kim, M.S., A study of the purchasing tendency of health-care masks based on the user-centered design concept-centered on the form and color of the mask, *Journal of the Korea Convergence Society*, 11(9), 143-154, 2020. http://doi:10.15207/JKCS.2020.11.9.143

Ministry of Food and Drug Safety, 'Standards and Test Methods for Quasi-drug Masks', https://www.mfds.go.kr/brd/m_578/view.do?seq=41868&srchFr=&srchTo=&srchWord=%EB%A7%88%EC%8A%A4%ED%81%AC&srchTp=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&Data_stts_gubun=C9999&page=1 (retrievedJune21, 2023)

Oh, S.Y. and Suh, D.A., Designing of standard sizing system for hygienic masks, *Journal of the Costume Culture*, 30(4), 495-512, 2022. http://doi.org/10.29049/rjcc.2022.30.4.495

Rodríguez, A.A., Escanilla, D.E., Caroca, L.A., Albornoz, C.E., Marshall, P.A., Molenbroek, J.F.M. and Castellucci, H.I., Level of match between facial dimensions of Chilean workers and respirator fit test panels proposed by LANL and NIOSH. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 80, 103015, 2020. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.103015

Zhuang, Z., Bradtmiller, B. and Shaffer, R.E., New respirator fit test panels representing the current U.S. civilian work force. *Journal of Occupational Environmental Hygiene*, 4(9), 647-659, 2007. https://doi.org/10.1080/15459620701497538

Author listings

Eun Jin Jeon: slowjeon@hanmail.net
Highest degree: PhD, Department of Clothing and Textile, Kyungpook University
Position title: Senior researcher, Department of Industrial Engineering, Hongik University
Areas of interest: Ergonomics design, Clothing pattern design, Apparel sizing

Ah Lam Lee: emptythingaram@gmail.com

Highest degree: PhD, Department of Textiles, Merchandising and Fashion Design, Seoul National University, Seoul, Korea
Position title: Research Engineer, Center for Beautiful Aging, Kyungpook National University, Daegu, Korea
Areas of interest: Clothing ergonomics, Human body shape, 3D virtual fitting, Apparel sizing

Heecheon You: hcyou@postech.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, The Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA
Position title: Professor, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Areas of interest: Ergonomics design, Usability engineering, User experience design, User interface design