

기능성 스포츠 마스크의 착용감 개선에 관한 연구

A Study on Improving the Functionality and Wearing Comfort of Sports Masks

강미정*

신라대학교 패션디자인학과 강사*

Kang, Mijung*

Department of Fashion Design, Silla University*

Abstract

Wearing a mask during outdoor exercise can protect skin from the sun. The purpose of this study was to evaluate physiological responses and subjective sensation of functional face mask with different designs. Three different types of masks were knitted in three-dimensional tubular masks(M1), flat tubular mask(M2), and ear-strap mask(M3) with cotton/chitosan yarn and evaluated by four healthy female subjects. Skin temperature, eardrum temperature, blood pressure, heart rate, thermal perception, perception of humid, and comfort perception were obtained. Results are as follows.

Skin temperature in the face area was lower in M1 than in M2 and M3. Skin humidity in the face and neck area was the lowest in M3 and the highest in M2. Wearing a mask during exercise affected subjective sensations. Three-dimensional tubular masks have been rated as cooler, less humid, and more comfortable to breathe and wear than flat tubular masks and earstrap masks.

Keywords: Three-dimensional, Mask, Comfort sensation, Skin temperature

I. 서론

포스트 코로나 시대를 맞아 빠른 일상 회복으로 실외 활동이 점차 늘어나면서 야외 스포츠 인구가 확대되고 있다. 한국섬유산업연합회(2022)의 보도자료에 의하면, 3년 연속 마이너스 성장했던 국내 아웃도어 시장은 일상생활 회복과 야외활동 증가로 4년 만에 4.1% 성장하여 제2의 전성기를 맞이하고 있다. 아웃도어 스포츠 의류와 용품에 대한 수요가 폭발적으로 증가하면서 다양한 아웃도어 섬유

제품들이 출시되고 있다. 야외활동 시 자외선 차단을 위해 선크림 외에도 모자, 마스크, 선글래스, 토시 등의 섬유제품이 필요하다.

특히 COVID-19의 영향으로 전 국민의 방역마스크 착용이 생활화되면서 야외 활동에서 마스크 착용은 필수가 됨에 따라 스포츠 섬유제품 중에서도 마스크 품목에 대한 관심이 증가하였다. 그러나 여전히 마스크 착용으로 인한 불편함 때문에 착용을 기피하는 소비자가 많으며 특히 방역마스크를 착용하고 운동할 때 호흡, 마스크 내부습기

이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-과제번호)(NRF-2019S1A5B5A07106919)

* Corresponding author: Kang, Mijung

Tel: +82-51-999-5452, Fax: +82-504-171-0028

E-mail: dakyum@hanmail.net

© 2023, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

등의 불편함을 호소하고 있다(강여선, 2016). 정재연 외(2020)는 방역마스크를 착용하고 고강도 운동을 하면 호흡부담이 발생할 수 있다고 보고한 바 있어 마스크는 방역, 의료, 산업용 외에도 방한이나 자외선 차단 등 그 용도에 맞게 착용되어야 한다.

봄, 여름철 야외스포츠 활동에서 마스크는 자외선 외에도 꽃가루, 전염성 세균 및 먼지를 차단할 수 있는 기능이 요구되는 꼭 필요한 아이템이다(Korea Herald, 2008). 야외스포츠 활동에서 착용하는 마스크는 자외선 차단성, 먼지차단성 외에도 호흡성 및 착용감 등의 성능이 요구된다. 그러나 얼굴크기에 맞지 않는 마스크를 사용하면 마스크의 성능이 저하되는 문제가 발생하게 된다. 즉 얼굴에 맞지 않는 마스크를 줄이거나 늘여서 사용하면 밀착성이 떨어져 호흡기 보호가 제대로 되지 않아 차단성 뿐만 아니라 장시간 착용할 때 착용감도 함께 떨어지게 된다(서혜경 외, 2017). 자외선/황사차단 마스크에 대한 소비자 실태조사에서 강여선(2016)은 마스크의 귀부위 당김, 답답함, 호흡곤란 등의 불편함이 있다고 하였다. 귀부위 당김이 없는 버프 마스크는 자외선으로부터 얼굴과 목 부위의 피부를 보호하고 오염된 공기로부터 호흡기를 보호할 수 있어 등산, 조깅, 자전거 등 야외스포츠 활동 시 착용되고 있다. 그러나 평면 튜블러형으로 얼굴에 밀착되기 때문에 운동 시 숨이 차고 답답하며 마스크가 축축해지면 불쾌하여 장시간 착용이 어렵다는 단점이 있다.

마스크의 착용감을 개선하기 위해서는 굴곡진 안면부위와 두형치수가 고려되어 마스크가 설계되어야 하며 최근 얼굴과 두형의 3차원 데이터를 활용하여 마스크를 개발하는 연구가 시도되었다. 얼굴의 3차원 데이터를 활용하여 두형을 직접 제작한 후 반면형 마스크를 개발하거나(Han et al., 2004) 3차원 데이터로 시판 방한용 마스크의 밀착성을 비교하여 보온성과 착용감을 평가하는 연구가 시도된 바 있다(엄란이, 이예진, 2016). 엄란이와 이예진(2016)에 의하면 평면형 마스크는 얼굴형상을 제대로 반영하지 못하여 호흡부위 압박감이 발생할 수 있는 반면 다투형 마스크는 입체감으로 밀착성이 떨어져 공기가 유입되어 보온성이 저하된다고 하였다. 마스크는 공기여과 기능과 밀착성이 높아지면 공기유입이 작게 설계되므로 실제 착용감은 낮아지게 된다.

마스크의 착용감과 관련하여 최근에는 마스크의 비말 차단과 바이러스 차단효과에 대한 연구와 마스크를 착용하고 운동할 때 혈압과 호흡의 변화 및 주관감과 같은 인체에 미치는 영향에 대한 연구가 진행된 바 있다. 공기역

학과 물리학적 관점에서 비말차단용 마스크를 착용할 때 병원균으로부터 보호효과를 규명한 연구(Mittal et al., 2022)와 마스크의 호흡기 감염 예방효과를 확인하기 위한 연구가 시도되었다(Ollila et al, 2022). 또한 마스크 착용이 인체에 미치는 영향과 관련하여 Driver et al.(2022)의 연구에 의하면 마스크를 착용하고 운동을 하면 운동시간과 산소포화도가 감소한다고 보고되었는데, 천 마스크를 착용하고 운동을 하면 마스크를 착용하지 않을 때보다 산소포화도가 더 낮아져 숨이 가빠지고, 혈압, 심박수 등에 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 정재연 외(2020)는 KF80 이상의 방역마스크를 착용하고 고강도 운동을 하면 호흡 환기량과 혈압을 상승시킬 수 있다고 하였다. 즉, 방역마스크의 내부 공간 부피인 사적(dead space) 차이로 인해 인체 호흡부담이 발생하며 방역마스크 사적이 크게 유지되는 형태의 디자인 개선으로 호흡부담 증가를 해결할 수 있음을 시사하였다.

최근 마스크가 공기의 흐름을 막아 운동 중 착용하면 CO₂를 축적시켜 운동성능을 저하시킬 수 있으며 방역마스크(N95)와 같은 특수 환경에서 착용하는 필터마스크는 운동 목적으로 부적합하다고 보고되고 있다(Blanco & Christa, 2020). 또한 덥고 습한 환경에서 천이나 버프마스크를 착용하고 운동할 때 마스크가 젖으면 호흡에 영향을 줄 수 있어 마스크의 건조 상태 유지가 중요함을 시사했다. 일반적으로 통기성이 뛰어난 소재는 호흡성이 좋지만 외부 바이러스 차단효과는 낮아질 수 있다. 그러므로 마스크의 쾌적성은 소재와 형태 및 착용환경 등 복합적인 요인이 함께 고려되어야 하지만 지금까지 선행연구에서는 천 또는 방역마스크에 대한 연구가 진행되었으며 마스크 디자인을 고려한 생리적 영향에 관한 연구는 진행되지 않았다.

서열 환경에서는 운동에 의해 발생된 열을 방출시키기 위해 피부온이 상승하고 더위를 느끼게 되며 방열이 어려울 때는 땀을 흘리게 된다. 그러나 발한에 의해 통기성이 저하되어 습한 상태가 되면 체열방산이 어려워져 체온이 상승하게 된다(김희은, 이아람, 2012). 따라서 운동 중에 마스크 착용으로 얼굴 피부온이 상승하는 것을 방지하기 위해서는 마스크 내부의 적절한 대류로 체열방산이 쉬워야 하지만 현재 시판되는 튜블러형 자외선차단 스포츠 마스크는 얼굴에 밀착되어 방열이 어렵다. 특히 봄, 여름철 자외선이 강한 야외에서 착용하는 스포츠 마스크는 얼굴과 목 부위의 자외선 차단을 통해 피부온 상승을 막을 수 있고 운동으로 인해 발생하는 열과 땀을 신속하게 방출할

수 있는 형태로 설계될 필요가 있다. 또한 마스크를 착용하고 운동해도 편안하며 호흡부담이 적어 장시간 착용이 가능해야 한다.

본 연구의 목적은 착용감이 우수하고 편안한 입체형 스포츠 니트 마스크를 설계하는 것이다. 이를 위하여 안면부의 부위별 치수를 적용하고 3차원적 편성방법을 활용한 입체형 니트 마스크를 개발 후 기존 평면형 마스크와 생리반응 및 주관적 차이를 비교분석하였다. 본 연구의 의의는 기존 평면형 스포츠 마스크보다 호흡성과 착용감을 개선시켜 야외 스포츠 활동에서 선호되는 기능성 스포츠마스크 개발을 위한 기초자료를 제공하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 마스크 소재선정

편사는 마스크의 항균 소취기능을 부여하기 위하여 은 함유 키토산/면섬유를 사용하여 시판되는 스포츠마스크

와 동일하게 싱글저지로 편성하였다. 니트 편성에서 발생하는 장력때문에 편성 후 수축이 발생하므로 니트 소재의 치수안정(수축)과 기본물성 측정을 위해 증류수에 세척한 후 건조오븐에서 48시간 이상 완전히 건조시켜 소재의 물성을 측정하였다. 마스크 소재의 기본특성은 <표 1>과 같다.

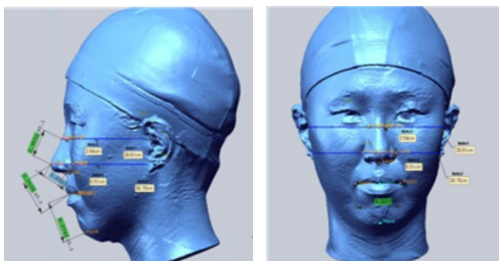
2. 마스크 제작

1) 마스크 치수 추출

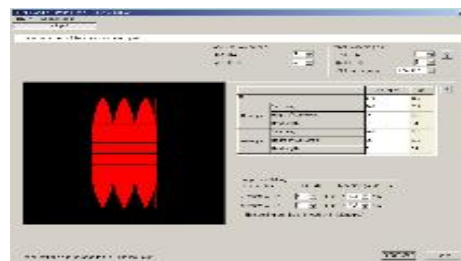
마스크 치수는 입체형 마스크제작에 필요한 치수추출을 위하여 Size Korea(한국인 인체치수조사, 2010)의 성인여성의 머리부위 치수를 활용하여 머리둘레와 머리수직길이의 평균치수에 근접한 피험자를 선정하여 스캔하였다. [그림 1]과 같이 3D 스캐너(VIVID, Japan)로 스캔한 얼굴데이터는 Rapidform(XOS, XOY)으로 얼굴표면에 커브를 생성시켜 니트 입체형 마스크 제작에 필요한 치수를 추출하였다. 치수항목은 귀구슬점의 수평되는 코

<표 1> 마스크 소재의 기본특성

특성	내용	측정방법
Material	chitosan fiber 3%/ cotton 97%	KS K 0210-2
Yarn count	30's/4	KS K 0414
Structure	plain	-
Fabric density (wale×course)	12×13	KS K 0511
T.P.I.	11.2	KS K 0417
Weight(g/piece)	23.28	KS K 0516
Thickness(mm)	1.8	KS K 0506
Abrasion(number)	over 20,000	KS K 0604
Tear strength(kPa)	1,139.2	KS K 0351
Air permeability(cm ³ /min/cm ²)	5,870.4	KS K 0570
Water absorption rate(%)	232.5	AATCC21-1983
UV protection rate(%)	91	KS K 0850



[그림 1] 얼굴부위 마스크치수



[그림 2] 무봉제 자동편성프로그램

등점을 기준으로 하였으며 코등-턱끝수직길이, 코등-코끝 수직길이, 코밑-입술수직길이, 입술-턱끝수직길이, 코등-귀구슬수평길이, 코끝-귀볼수평길이, 코등너비, 코너비, 입너비를 측정하였다. 마스크 제작을 위한 마스크 치수는 <표 2>와 같다.

2) 니트 마스크 편성조건

마스크의 입체효과를 위하여 무봉제 니트CAD(SDS-ONE, SHIMASEIKI Ltd. Japan)와 자동편직기(SWG041, SHIMASEIKI Ltd. Japan)를 활용하여 무봉제 니트 마스크를 제작하였다[그림 2]. 마스크형태는 활동성과 기능성을 고려하여 입체형 튜블러(tubular)와 평면형 튜블러(tubular) 및 입체형 귀끈(ear ring)의 3종으로 제작하였다. 편성에서 모든 바늘을 다 사용하는 총침(All needle)과 1/2만 사용하는 반침(Half gauge) 2종의 니팅타입으로 예비제작 후 예비착용실험 결과 신축성이 더 크고 형태안정성이 좋은 총침(All needle)으로 통일하여 편직하였다. 마스크 니트 조직은 싱글저지로 편성하였으며 무봉

제 튜블러형의 마스크 상하 가장자리는 올풀림과 컬업 현상을 방지하기 위하여 마감실로 신축성이 있는 실(X-yarn)을 사용하여 편직하였다.

3) 니트 마스크 제작

무봉제 입체형 니트 마스크를 편직하기 위해서 돌출된 코 부위를 3차원 입체편직으로 제작하여 마스크의 피트감 및 쾌적감을 높일 수 있도록 하였다. 키토산/은함유 면사로 호흡성을 높이기 위하여 코밑과 입에 밀착되지 않도록 니트편성 프로그램상 마스크 패턴은 래킹처리(Racking)와 코줄임(Narrowing) 및 코늘임(Widening)으로 다아트 효과를 주었다. 즉, 코윗부분은 코줄임(Narrowing)을 사용하고 코아래 입과 턱부분은 코늘임(Widening)을 사용하여 앞판과 뒷판에 동시에 적용하였다[그림 3]. 3차원의 무봉제 니트 마스크를 프로그램하여 기계에서 편직하기 위해서 패키지 패턴, 압축패턴 및 전개패턴의 3가지 패턴으로 전개시켰다[그림 3]. 마스크의 기본 패키지 패턴을 만들어서 실제 원하는 마스크의 패턴과 같은 사이즈로 정

<표 2> 무봉제 입체형 니트 마스크 치수

코드	치수 항목	치수(단위:cm)	마스크 치수 및 코드
Ⓐ	코등-턱끝수직길이	10.2	
Ⓑ	코등-코끝수직길이	3.6	
Ⓒ	코밑-입술수직길이	3.3	
Ⓓ	입술-턱끝수직길이	3.3	
Ⓔ	코등-귀구슬수평길이	10.0	
Ⓕ	코끝-귀볼수평길이	12.2	
Ⓖ	코너비	4.7	
Ⓗ	코등너비	3.1	
Ⓙ	입너비	4.3	
Ⓚ	마스크길이	22.5	



[그림 3] 니트 마스크의 자동제어 패턴 및 완성

해진 등록 색을 사용하여 압축패턴을 구성하였다. 이 후 기계에서 편직을 수행하기 위한 전개패턴을 자동제어로 전개시키고(기희숙, 최원정, 2020) 자동편직으로 니트 마스크를 제작하였다.

3. 얼굴 피부온 측정과 주관적 착용감 평가

1) 피험자 및 실험조건

피험자는 야외스포츠 활동에서 마스크를 착용하는 성인여성 4명으로 평균연령은 40.5±1.2세, 평균키는 161.5±2.3cm, 평균몸무게는 52.7±2.5kg이며 평균 BMI지수는 20.2±0.45kg/m² 이며 실험시작 전에 모든 피험자로부터 서면동의를 얻었다. 환경온도는 기온 26±0.2°C, 습도 73±1% RH의 환경온도로 조절된 실내에서 실시하였으며 모든 피험자에 대하여 체온 등 생리적 반응에 미치는 일주리듬의 영향을 배제하기 위하여 동일한 시간대에 맞추어 실험을 실시하였다. 피험자는 먼 티셔츠와 트레이닝 바지를 동일하게 입을 후 의자에 앉은 자세로 10분간 안정기를 거친 후 측정센서를 부착한 후 마스크를 착용하였다. 실험시간은 운동 전 안정기 10분(RE-0), 1차 운동기 30분(EX-1), 1차 안정기 10분(RE-1), 2차 운동기 30분(EX-2), 2차 안정기 10분(RE-2)로 총 90분으로 구성하였으며 4명의 피험자가 동일한 실험을 2회 반복실험 하였다. 운동은 트레드밀을 사용하여 최대심박수의 70±5% 정도의 걷기운동으로 실시하였다.

2) 실험마스크

실험에 사용된 마스크는 무봉제 입체형 튜블러마스크와 무봉제 평면형 튜블러마스크 및 입체형 귀끈마스크의 3종으로 평가하였으며 각 마스크 특성은 <표 3>과 같다.



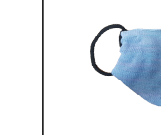



3) 측정항목

얼굴 피부온도와 습도는 피부온도 측정기(LT-8, Japan)를 이용하여 코, 볼, 턱, 앞목에 온도 및 습도센서를 부착하여 1분 간격으로 측정하였으며, 체온은 귀체온계(NET-100, Korea)로 10분마다 측정하였다. 혈압 및 심박수는 자동혈압계(NISSEI, Japan)와 심박측정기(POLAR, Finland)를 이용하여 10분마다 측정하였다. 발한량은 마스크 착용 전후의 무게(g)를 측정하였다. 주관적 감각으로는 한서감(매우 차갑다-매우 따뜻하다), 습윤감(매우 건조하다-매우 축축하다), 호흡감(매우 답답하다-매우 편하다), 착용감(매우 불편하다-매우 편하다), 피트감(매우 조인다-매우 헐렁하다), 촉감(매우 뻣뻣하다-매우 부드럽다), 쾌적감(매우 불쾌하다-매우 쾌적하다) 항목에 대하여 리커트 척도 7점으로 10분마다 측정하였다.

4) 자료 분석

실험에서 얻은 자료는 SPSS WIN 29.0을 이용하여 각 항목에 대하여 착의조건에 따른 ANOVA와 Duncan's test 및 착용 전후의 t-test를 실시하였다.

<표 3> 착용실험에 사용된 제품

유형	입체형 튜블러 마스크(M1)	평면형 튜블러 마스크(M2)	입체형 귀끈 마스크(M3)
마스크 형태			
착용 이미지			
밀도(wale×course)	12×13		
조직	plain		
무게(g/piece)	15.9	15.4	10.1
사이즈(가로*세로)	20*25.5	20*25.5	20*10.5

III. 결과 및 고찰

1. 얼굴 부위 피부온도

마스크 착용 후 안정기(RE)와 운동기(EX)를 반복하는 동안 얼굴(볼, 코, 턱)과 목 부위의 피부온은 마스크 유형에 따라 유의하게 차이가 나타났다<표 4>. 볼 부위를 제외하고 1차 운동기 이후부터 실험 종료시까지 턱, 목, 코 부위에서 마스크 유형별 피부온의 유의한 차이를 보였다 ($p<.001$). 1차 운동기 후부터 입체형 튜블러 마스크(M1)와 귀끈 마스크(M3)가 평면형 튜블러 마스크(M2)보다 턱과 목 부위의 피부온이 유의하게($p<.001$) 낮게 나타났고, 입체형 튜블러 마스크(M1)가 평면형 튜블러 마스크(M2)와 귀끈 마스크(M3) 보다 코 부위 피부온이 유의하게($p<.001$) 낮게 나타났다. <표 4>에서 입체형 튜블러 마스크(M1)가 평면형 튜블러 마스크(M2)와 귀끈 마스크(M3)보다 볼 부위의 피부온이 다소 낮게 나타났다. 턱 부위 피부온은 운동기와 안정기를 거치는 동안 입체형 튜블러 마스크(M1)와 귀끈 마스크(M3)가 평면형 튜블러 마스크(M2)보다 유의하게($p<.001$) 낮았다. 목 부위 피부

온은 입체형 튜블러 마스크(M1)와 귀끈 마스크(M3)가 평면형 튜블러 마스크(M2)보다 유의하게($p<.001$) 낮았으며, M2는 M1과 M3에 비해 실험시작보다 피부온 상승폭이 더 크게 나타났다. 또한 1, 2차 운동기에는 귀끈 마스크(M3)가 튜블러 마스크(M1)보다 피부온이 더 낮게 나타났으며 이는 귀끈 마스크(M3) 형태의 영향으로 목이 공기 중에 노출되었기 때문으로 해석된다.

마스크 유형별 시간 추이에 따른 피부온 변화를 살펴 보기 위하여 [그림 4]에 얼굴 부위별로 제시하였다. 볼 부위 피부온은 3유형 마스크 모두 착용실험 시작 후에 점차 상승하여 90분이 경과한 종료시점에 2°C 정도 피부온이 상승하였다. 턱과 목 부위 피부온은 M2를 제외하고 M1과 M3의 시간추이에 따른 온도상승이 크지 않았다. 마스크를 착용한 상태로 운동을 하게 되면 얼굴부위에서 볼이 가장 피부온 상승폭이 크다는 것을 확인하였다. 이상의 결과에서, 마스크 착용 후 운동과 휴식을 반복하는 동안 전반적으로 입체형 튜블러 마스크(M1)는 평면형 튜블러 마스크(M2) 보다 얼굴과 목 부위의 피부온도가 더 낮았으며 이는 마스크 유형의 요인으로 추측해 볼 수 있다. Arens와Zhang(2006)에 의하면 운동 시에 몸을 움직이게

<표 4> 얼굴부위별 피부온도

		단계					F-value
		RE-0	EX-1	RE-1	EX-2	RE-2	
T _{check} (°C)	M1	33.0	34.1(0.89)a	34.7(1.03)	35.1(0.95)	35.0(1.34)	5.19**
	M2	33.1	34.4(0.94)ab	35.0(1.36)	35.4(1.27)	35.2(1.20)	
	M3	33.1	34.6(0.82)b	35.1(1.02)	35.4(0.91)	35.2(1.21)	
			4.14*	1.09	1.54	0.11	
T _{chin} (°C)	M1	34.2	34.5(0.20)b	34.5(0.26)a	34.7(0.30)a	34.5(0.91)a	194.46***
	M2	34.3	35.2(0.27)c	35.2(0.10)b	35.3(0.37)b	35.3(0.66)b	
	M3	34.0	34.3(0.49)a	34.7(0.50)a	34.7(0.29)a	34.5(0.82)a	
			177.98***	42.19***	83.56***	5.79**	
T _{neck} (°C)	M1	33.9	33.8(0.23)b	33.5(0.35)a	33.8(0.20)b	33.7(0.56)a	866.22***
	M2	34.7	34.9(0.15)c	34.9(0.17)b	34.9(0.17)c	35.1(0.44)b	
	M3	34.0	33.6(0.24)a	33.7(0.36)a	33.6(0.36)a	33.6(0.71)a	
			649.01***	118.92***	445.44***	33.82***	
T _{nose} (°C)	M1	33.1	33.2(0.51)a	33.9(0.15)a	33.7(0.27)a	34.0(0.83)a	198.19***
	M2	33.4	34.3(0.38)b	34.8(0.43)c	34.6(0.35)b	34.8(0.53)b	
	M3	33.7	34.2(0.43)b	34.6(0.16)b	34.5(0.19)b	34.5(0.72)b	
			112.74***	53.55***	172.98***	5.86**	

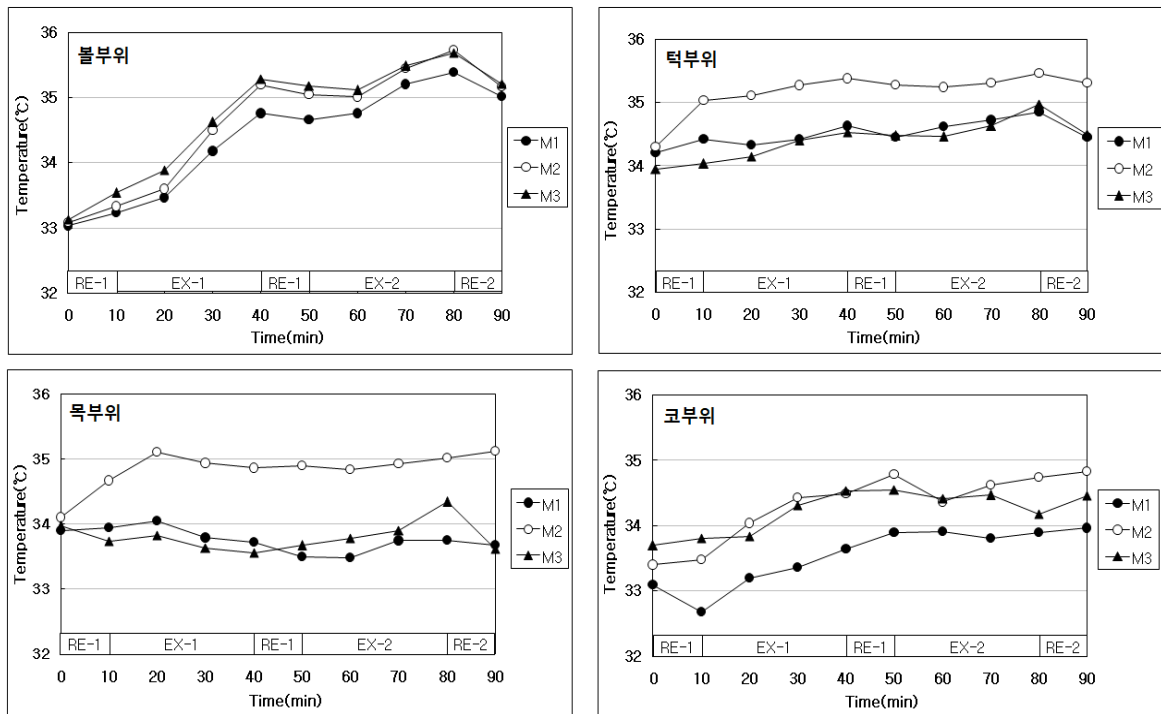
* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$ indicates significant effect with ANOVA. * $a<b<c$ by Duncan's test

되면서 강제대류가 일어나 피부근처의 정지공기층을 제거한다고 하였는데, 본 연구에서 입체형인 M1이 평면형인 M2보다 얼굴에 밀착되는 정도가 낮아서 외부로의 공기유입이 상대적으로 쉽고 강제대류현상이 발생하여 피부온을 하강시킨 것으로 생각된다.

2. 얼굴 피부습도

얼굴과 목 부위 피부습도는 1,2차 운동기(EX)에 증가하였으며 턱 부위를 제외하고 볼, 목, 코 부위에서 안정기(RE0, RE1, RE2)에서는 차이가 없었으나 운동기(EX1, EX2)에서 유의한($p<.001$) 차이를 보였다<표 5>. 입체형 튜블러 마스크(M1)와 입체형 귀끈 마스크(M3)가 평면형 튜블러 마스크(M2)보다 운동기에 착용시 볼, 턱, 목 부위의 피부습도가 낮게 나타났다($p<.001$). 평면형 튜블러 마스크(M2)는 착용시 코를 제외하고 얼굴과 목 부위의 피부습도가 가장 높게 나타났다($p<.001$). 귀끈마스크(M3)는 운동기에 착용시 코 부위 피부습도에서 유의하게 높게 나타났다($p<.001$). 볼과 턱 및 목 부위에서 운동중에 평면형 튜블러 마스크(M2)를 착용할 때 입체형 튜블러 마스크(M1)과 입체형 귀끈 마스크(M3)에 비하여 습도가 10~20%범위에서 유의하게 높았다.

평면형 튜블러 마스크(M2)를 착용하고 운동할 때 얼굴과 목 부위의 피부 습도가 가장 높게 나타났는데[그림 5] 이는 발한량의 선행결과에서 운동 후 마스크 무게가 유의하게 증가한 결과와도 무관하지 않을 것이라 추측된다. 동일한 튜블러 마스크라도 입체형이 평면형보다 운동시 얼굴과 목 부위 습도를 더 낮출 수 있음을 확인하였다. 또한 마스크 유형중에서 입체형 귀끈 마스크(M3)를 착용하고 운동할 때 턱과 목 부위에서 피부습도가 낮게 나타났는데 이는 운동으로 인한 땀의 증발때문에 나타난 결과로 해석된다. 김희은, 이아람(2012)은 운동 시에는 혈류량의 증가로 인하여 피부로부터의 방열량이 상승하지만 운동 시에 발생하는 발한과 그에 따른 증발로 인해 피부온이 하강한다고 밝힌 바 있다. 평면형 튜블러 마스크(M2)는 턱과 목의 덮는 디자인이므로 이를 착용하고 운동할 때 턱과 목 부위 피부온도의 결과에서도 나타났듯이 귀끈 마스크형태(M3)에 비해 땀의 증발이 작았기 때문이라 추측된다. 하지만 동일한 튜블러 마스크라도 입체형(M1)은 평면형(M2)보다 얼굴과 목의 습도가 낮게 측정되었는데 이는 입체형(M1)이 얼굴부위의 밀착도가 낮아 공기의 대류현상으로 발한이 낮게 나타났던 것으로 생각된다. 한편 동일한 입체형이라도 코 부위에서는 튜블러 마스크(M1)가 귀끈 마스크(M3)보다 착용시 온습도가 낮

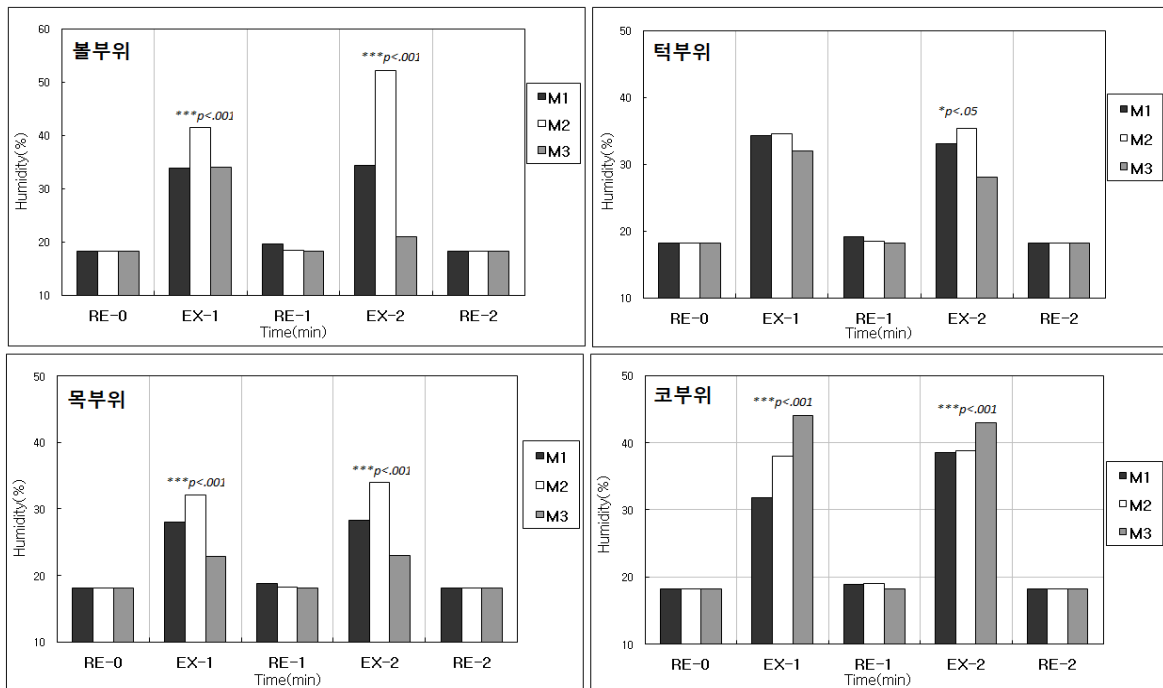


[그림 4] 마스크 유형별 얼굴부위 피부온

〈표 5〉 얼굴부위별 피부습도

		단계					F-value
		RE-0	EX-1	RE-1	EX-2	RE-2	
H _{check} (%)	M1	18.2(0.0)	34.1(7.1)a	19.5(5.9)	34.2(7.3)b	18.2(0.0)	164.80***
	M2	18.2(0.0)	41.5(6.2)b	18.4(0.5)	52.2(6.7)c	18.2(0.0)	
	M3	18.2(0.0)	33.7(4.5)a	18.2(0.0)	31.0(0.2)a	18.2(0.0)	
		0.00	250.22***	0.84	348.55***	0.00	
H _{chin} (%)	M1	18.2(0.0)	34.1(6.5)ab	19.1(5.9)	33.5(4.8)a	18.2(0.0)	2.28
	M2	18.2(0.0)	34.5(5.9)b	18.4(0.8)	35.3(5.6)b	18.2(0.0)	
	M3	18.2(0.0)	32.4(4.8)a	18.2(0.0)	33.3(6.1)a	18.2(0.0)	
		0.00	2.95	0.79	3.71*	0.00	
H _{neck} (%)	M1	18.2(0.0)	29.2(5.0)b	18.7(2.5)	27.3(3.6)b	18.2(0.0)	83.84***
	M2	18.2(0.0)	32.0(7.1)c	18.2(0.0)	34.0(7.4)c	18.2(0.0)	
	M3	18.2(0.0)	22.9(3.8)a	18.2(0.0)	21.9(3.8)a	18.2(0.0)	
		0.00	96.10***	0.95	245.04***	0.00	
H _{nose} (%)	M1	18.2(0.0)	31.8(5.9)a	18.9(3.4)	37.5(10.9)a	18.2(0.0)	14.83**
	M2	18.2(0.0)	38.2(5.5)b	19.0(3.6)	38.6(5.2)a	18.2(0.0)	
	M3	18.2(0.0)	45.4(10.2)c	18.2(0.0)	43.4(11.2)b	18.2(0.0)	
		0.00	92.78***	0.51	13.45***	0.00	

* p<.05, ** p<.01, ***p<.001 indicates significant effect with ANOVA * a<b<c by Duncan's test



〔그림 5〕 마스크 유형별 얼굴피부 습도

게 나타났는데 마스크내부가 젖으면 운동 시 호흡에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 입체형 튜블러 마스크(M1)를 착용하면 귀끈형 마스크보다 운동할 때 덜 축축해지므로 호흡과 쾌적감에 도움을 줄 수 있음을 확인하였다.

3. 발한량

마스크 유형별 착용전후의 무게를 측정한 결과는 [그림 6]에 나타내었다. 입체형 튜블러 마스크(M1)와 입체형 귀끈 마스크(M3)는 착용전후 마스크 무게의 유의한 차이가 없었으나 평면형 튜블러 마스크(M2)는 착용 후 무게가 유의하게(+1.8g, $p < 0.001$) 증가하였다.

4. 혈압 및 체온

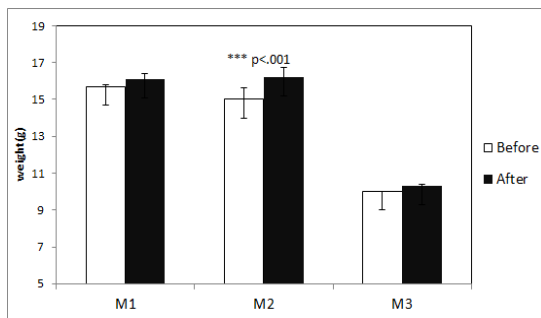
마스크 유형별 최고혈압과 최저혈압을 [그림 7]에 나타내었다. 세가지 유형의 마스크에서 모두 운동기에 최고혈압은 휴식기에 비해 약 7~9% 상승하였다. 실험 종료시점(RE-2)에 M2(106.5±15.58 mmHg), M3(99.5±7.50 mmHg) 및 M1(92±3.46 mmHg)의 순으로 높게 측정되어 차이가 크게 나타났으나 통계적인 유의성은 보이지 않았다. 이러한 결과는 비록 실험종료시점(RE-2)의 최고혈압에서 마스크 유형별 평균값의 차이는 크게 나타났지만

피험자별 측정값의 편차가 커서 통계적으로 유의하지 않았던 것으로 해석된다. 피험자별 편차가 발생한 요인으로 피험자 수, 측정할 때 피험자의 자세와 혈압 측정기기의 오차한도 초과 등이 영향을 끼친 것으로 생각된다.

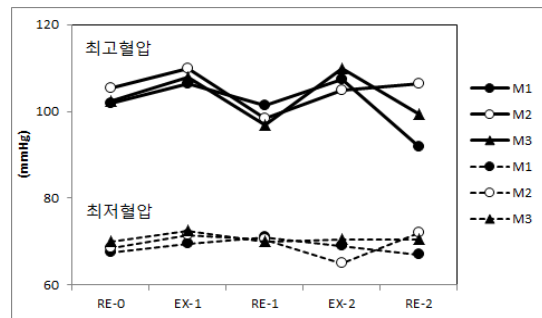
마스크 착용으로 인한 체온의 변화를 살펴보면, 운동기와 안정기를 반복하면서 체온이 약간 증가하였으나 마스크 유형별 유의한 차이를 보이지 않았다<표 6>.

5. 주관적 감각 평가

마스크 유형에 따라 운동기에 한서감($p < .001$), 습윤감($p < .05$), 호흡감($p < .001$), 착용감($p < .001$) 및 쾌적감($p < .001$)에서 유의한 차이를 나타내었다<표 7>. 한서감은 점수가 높을수록 ‘덥다’고 평가한 것을 의미하며 M2(6.7)>M3(6.0)>M1(6.0)의 순으로 평가되어 유의한 차이를 보였다($p < .001$). 평면형 튜블러 마스크(M2) 착용한 경우 2차 운동기에 ‘매우 덥다’에 가깝게 느끼며 세가지 마스크 유형 중에서 가장 한서감이 높았고, 입체형 튜블러 마스크(M1) 착용의 경우 가장 한서감이 낮게 나타났다. 습윤감은 점수가 높을수록 ‘축축하다’라고 평가한 것을 의미하며 1, 2차 운동기에 M2와 M3이 M1보다 더 높게 평가되었다($p < .05$). 입체형 튜블러 마스크(M1)착용의 경우 1, 2차 운동기에 습윤감을 보통으로 느낀 반면 평면형 튜



[그림 6] 마스크 유형별 착용전후 무게



[그림 7] 마스크별 최고혈압/최저혈압

<표 6> 마스크 유형별 체온

		단계					P-value
		RE-0	EX-1	RE-1	EX-2	RE-2	
Eardrum (°C)	M1	35.6	35.8(0.25)	35.8(0.14)	36.0(0.16)	36.0(0.42)	N.S
	M2	35.6	36.0(0.27)	35.9(0.42)	36.1(0.30)	36.0(0.63)	
	M3	35.6	35.6(0.32)	35.6(0.21)	35.7(0.18)	35.8(0.42)	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ indicates significant effect with ANOVA. * $a < b < c$ by Duncan's test

블러 마스크(M2)와 입체형 귀끈 마스크(M3) 착용의 경우 ‘축축하다-약간 축축하다’ 범위로 느끼는 것으로 나타났다. 호흡감은 점수가 높을수록 호흡이 편하다고 평가한 것을 의미하며 운동기에 M1(6.3)이 M2(2.5)와 M3(2.2) 보다 높게 평가되어 유의한 차이를 보여($p<.001$) 입체형 튜블러 마스크(M1) 착용시 운동 중에 ‘숨쉬기 편하다’고 느끼고 평면형 튜블러마스크(M2)와 입체형 귀끈 마스크(M3) 착용시 운동 중 ‘숨쉬기 답답하다’고 느끼는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 입체형 튜블러 마스크(M1)가 코와 입부위에서 밀착되지 않고 외부의 공기유입이 상

대적으로 원활했기 때문으로 추측된다. 착용감은 점수가 높을수록 착용이 편하다고 평가한 것을 의미하며 운동기에 M1이 4.8~5.3의 범위로 점수가 유의하게($p<.01$) 높아 세가지 마스크 유형중에서 가장 착용감이 높은 것으로 평가되었다. 촉감은 세가지 마스크 유형에서 유의한 차이가 없었으며 ‘보통이다~약간 부드럽다’의 범위로 평가되었다. 피트감은 마스크 유형별 유의한 차이를 나타내지 않았으며 세가지 마스크 유형 모두 ‘보통이다’ 수준으로 평가되었다. 쾌적감은 점수가 높을수록 ‘쾌적하다’고 평가한 것을 의미하며 1, 2차 운동기에 M1이 M2와 M3보

〈표 7〉 마스크유형별 주관적 감각평가

		단계					F-value
		RE-0	EX-1	RE-1	EX-2	RE-2	
한서감	M1	4.00	5.2a	4.0a	5.0a	4.5a	13.86***
	M2	5.00	5.8a	5.0a	6.7c	5.5a	
	M3	5.00	5.8a	5.0a	6.0b	5.5a	
		0.50	2.96	0.10	19.00***	1.33	
습윤감	M1	4.50	4.7a	4.0a	4.0a	4.0a	6.58*
	M2	4.00	5.7b	4.5a	5.3ab	5.5a	
	M3	4.00	5.7b	5.0a	6.0b	5.5a	
		1.00	5.00*	0.60	3.97*	1.50	
호흡감	M1	5.00	6.0b	6.0a	6.3b	6.0b	79.67***
	M2	3.50	2.8a	4.0a	2.5a	3.5a	
	M3	3.50	2.3a	3.5a	2.2a	2.5a	
		4.50	22.01***	4.20	85.14***	6.50*	
착용감	M1	4.50	5.3b	4.5a	4.8b	5.0a	13.86***
	M2	4.50	3.8a	4.0a	3.8a	3.5a	
	M3	4.50	4.7ab	4.0a	3.7a	3.5a	
		0.00	6.77**	1.00	11.94**	4.50	
촉감	M1	4.50	5.3a	5.0a	4.8a	5.0a	2.66
	M2	5.00	5.2a	5.0a	5.0a	5.0a	
	M3	5.00	4.5a	4.5a	4.3a	4.0a	
		1.00	1.50	0.11	0.67	0.50	
피트감	M1	4.50	4.0a	4.5a	4.0a	4.0a	3.18
	M2	4.00	4.0a	4.0a	4.0a	4.0a	
	M3	4.00	3.8a	4.0a	3.8a	4.0a	
		1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	
쾌적감	M1	4.50	4.7b	4.5a	5.0b	5.5a	45.37***
	M2	4.00	2.5a	3.5a	2.2a	3.0a	
	M3	4.00	2.8a	3.5a	2.2a	2.5a	
		0.60	12.67**	1.33	144.50***	5.16	

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$ indicates significant effect with ANOVA

* a<b<c by Duncan's test

다 유의하게($p < .001$) 쾌적하게 느끼는 것으로 평가되었다. 이는 호흡감의 평가결과와 무관하지 않은 것으로 생각되며 즉, 입체형 튜블러 마스크(M1)가 코와 입부위에 밀착되지 않아서 호흡이 편하고 목으로의 공기유입이 되어 운동기에 축적된 열과 발한이 작았기 때문이라 추측할 수 있다. 이상의 결과로부터, 운동 시 입체형 튜블러 마스크(M1)가 평면형 튜블러 마스크(M2)와 귀끈형 마스크(M3)에 비해 더 시원하고 덜 습하게 느끼며 호흡이 편하여 운동기에 착용감과 쾌적감이 더 높은 것으로 평가되었다.

IV. 결론

본 연구에서 개발한 무봉제 입체 니트 마스크의 경우 코줄임과 코늘임의 편성방법으로 코와 입주위에 입체적 효과를 줄 수 있었다. 3차원적인 편성방법으로 개발한 무봉제 입체형 튜블러 마스크는 굴곡이 많은 얼굴에서 코 부위의 피트감을 높이면서 입체적인 편직이 가능하였다. 스포츠 마스크는 호흡감과 쾌적감 등의 기능이 매우 중요하다. 코와 입에 여유량을 준 입체형의 마스크가 밀착되는 평면형보다 코밀과 입주위에 여유감을 줄 수 있어 마스크의 호흡성을 부여할 수 있었다. 입체형의 튜블러 마스크는 길이가 길어 목 부위를 덮지만 마스크 하부가 열린 구조라서 입체형 귀끈 마스크보다 오히려 공기의 유입이 쉬워 얼굴과 목의 피부온습도를 낮출 수 있었다. 또한 주관적 감각에서도 입체형 튜블러 마스크가 입체형 귀끈 마스크보다 더 우수한 결과를 보였고 전반적인 쾌적감을 부여할 수 있었는데 마스크 착용 후 운동 중 한서감, 습윤감, 호흡감, 착용감 및 쾌적감에서 더 시원하고 덜 축축하며 호흡이 편하다고 평가되었으며 착용감과 쾌적감이 높게 평가되었다. 따라서 본 연구에서 개발한 입체형의 튜블러 니트마스크는 얼굴과 목의 자외선 차단뿐만 아니라 야외스포츠 활동 시 착용감을 높이는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 마스크 착용감을 구성하는 요인은 소재의 종류, 두께, 사이즈 및 필터 등과 같은 부자재의 구성이 복합적으로 작용하므로 후속의 연구에서는 다양한 마스크 소재와 부자재 요인 등을 고려한 연구가 진행될 필요가 있다. 또한 본 연구결과를 보다 일반화하기 위해서는 피험자 수를 확대하고 착용자의 신체적 특성, 나이, 운동의 강도와 착용환경과 같은 요인들을 고려하여 봄, 여름철 야외 테스트를 진행하여 자외선의 영향도 함께 고려되어야 할 것이다.

주제어: 3차원, 마스크, 착용감, 피부온

REFERENCES

- 강여선(2015). 생활 속 유해환경 차단용 마스크 제품의 특성 및 소비자 착용현황 조사, *한국패션디자인학회지*, 15(3), 1-20.
- 강여선(2016). 생활형 보호마스크에 대한 소비자 불만사항 및 요구특성 분석-자외선 차단마스크와 황사/미세먼지 차단마스크를 중심으로-, *한국의류학회지*, 40(1), 114-130.
- 기희숙, 최원정(2020). *무봉제 니트*. 서울: 부크크.
- 김희은, 이아람(2012). 운동시 피부온의 변화에 대한 서모그래피 활용 분석, *한국의류산업학회지*, 14(1), 130-135.
- 서혜경, 김지현, 윤종서, 신동훈, 김현욱(2017). 어린이 보건용 마스크의 인증기준 마련을 위한 3D 얼굴 치수 및 호흡량 연구. *한국산업보건학회지*, 27(4), 269-282.
- 엄란이, 이예진(2016). 방한용 마스크 패턴 개발을 위한 시판 마스크 및 안면 형상의 3차원 분석, *한국생활과학회지*, 25(6), 737-748.
- 정재연, 강찬혁, 성유찬, 장세혁, 이주영(2020). 휴식과 운동 중 COVID-19 대응 보건용 마스크 착용이 호흡·심혈관계 반응 및 착용감에 미치는 영향. *한국의류산업학회지*, 22(6), 862-872.
- 한국섬유산업연합회(2022). 2022년 국내 패션시장 규모는 45조 7,787억원. [http:// www.kofoti.or.kr/notice/boardView.do?Code](http://www.kofoti.or.kr/notice/boardView.do?Code)에서 인출
- 한국인 인체치수조사(2010). Size Korea 머리치수. [https:// sizekorea.kr](https://sizekorea.kr)에서 인출
- Arens, E., & Zhang, H. (2006). The skin's role in human thermoregulation and comfort. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/3f4599hx>.
- Blanco, J. H. & Christa, J. R. (2020). Should people wear a face mask during exercise: What should clinicians advise?, *British Journal Sports Medicine*, Retrieved from <https://blogs.bmj.com/bjbm/2020/06/12>.

- Han, D. H. & Rhi, J. M. Lee, J. H. (2004). Development of prototypes of half-mask facepieces for Koreans using the 3D digitizing design method: a pilot study. *The Annals of Occupational Hygiene*. 48(8), 707-714.
- Ollila H.M., Partinen M, Koskela J, Borghi J, Savolainen R, Rotkirch A., and Laine L.T. (2022). Face masks to prevent transmission of respiratory infections: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials on face mask use. *PLoS ONE*. 17(12), 1-18.
- Korea Herald (2008). What is the effect of wearing a mask during exercise? Retrieved from <https://n.news.naver.com/mnews/article/044/0000073975>.
- Mittal M., Breuer K., & Seo J. H. (2023). The Flow Physics of Face Masks. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 55(1), 193-211.
- Driver S., Reynolds M., Brown K., Vingren J.L., Hill D.W., Bennett M., Gilliland T., McShan E., Callender L., Reynolds E., Borunda N., Mosolf J., Cates C., and Jones A.(2022). Effects of wearing a cloth face mask on performance, physiological and perceptual responses during a graded treadmill running exercise test. *British Journal of Sports Medicine*, 56(2), 107-113.

Received 13 December 2022;

1st Revised 11 January 2023;

Accepted 27 January 2023