

# 마스크 종류와 피로도가 유산소 운동 시 운동학적 변인에 미치는 영향

## Effect of mask types and fatigue on kinematic variables during aerobic exercise

양진주(한국스포츠정책과학원 연구원) · 윤석훈\* (한국체육대학교 교수)

Jinjoo Yang *Korea Institute of Sport Science* · SukHoon Yoon\* *Korea National Sport University*

### 요약

본 연구의 목적은 유산소 운동 중 착용하는 마스크의 유형과 피로도에 따라 나타나는 하지의 운동학적 차이를 비교하는데 있었다. 본 연구는 심장질환 또는 정형외과적 병력이 없는 성인 남성 11명(age:  $30.4 \pm 2.8$  yrs., height:  $174.3 \pm 4.7$  cm, weight:  $74.7 \pm 10.2$  kg)이 연구대상자들로 참여하였으며, 모든 연구대상자들은 3가지의 다른 마스크 착용 조건(미착용: [WM], KF94 마스크 착용: [KF94], 수술용 마스크 착용: [SM])에서 실험을 수행하였다. 본 실험에서 피험자들에게 피로상태를 유발시키기 위한 John's protocol이 적용되었으며 각 조건에서 3가지 피로 수준에서(시작 [pre] / RPE14 [mid] / RPE17 [final]) 운동학적 분석이 수행되었다. 본 연구의 목적을 원활히 수행하기 위하여 8대의 적외선 카메라를 이용한 3차원 동작분석이 수행되었으며, 각 수준에서의 보행변수를 포함한 운동학적 변인들이 측정되었다. 본 연구를 수행한 결과 보폭, 지면 접촉 시간, 비행시간 및 보행률은 피로수준에 따른 통계적으로 유의한 차이를 나타냈지만( $p < .05$ ), 마스크의 착용조건에 따른 차이는 나타나지 않았다( $p > .05$ ). 또한 엉덩관절의 굴곡과 신전의 경우 피로도에 따른 유의한 차이가 나타났지만( $p < .05$ ), 마스크에 따른 차이는 보이지 않았다( $p > .05$ ). 또한 무릎관절의 굴곡과 발목관절의 배측굴곡에서 피로에 대한 차이를 나타냈으나( $p < .05$ ), 마스크에 따른 차이는 보이지 않았다( $p > .05$ ). 본 연구의 이러한 결과 두 가지 마스크는 피로가 시작된 시점과 피로가 심화된 시점 모두에서 피로에 추가적인 영향을 주지 않았으며 이러한 결과는 일반인들이 운동을 할 때 사용하는 마스크의 선택에 도움을 줄 것으로 생각되어진다.

### Abstract

The aim of this study was to compare the kinematic differences of the lower extremities according to the type of protective mask worn and fatigue during aerobic exercise (running). Total of 11 adult males (age:  $30.4 \pm 2.8$  yrs., height:  $174.3 \pm 4.7$  cm, weight:  $74.7 \pm 10.2$  kg) with no history of heart disease or orthopedic disease participated in this study. All subjects were divided into three classes: not wearing a mask [WM], wearing a KF94 mask [KF94], and wearing a surgical mask [SM]. John's protocol was applied to induce fatigue state in subject, and kinematic analysis was performed at three fatigue levels (beginning [pre] / RPE14 [mid] / RPE17 [final]) in each condition. For 3D motion analysis, 8 infrared cameras (Oqus 300, Qualisys, Sweden) were used to measure the stride length, frequency, contact time, flight time, and hip/knee/ankle joint angle changes. The results of the gait variable showed significant main effects of fatigue in stride length, contact time, flight time, and frequency ( $p < .05$ ); however, the main effect of the mask did not show ( $p > .05$ ). Analysis of the maximum angle of X-axis of hip, knee, and ankle angles showed significant fatigue effect not mask. As a result of this study, the two masks did not have an additional effect on fatigue both at the time when fatigue started and at the time when fatigue intensified, and these results are thought to help the general public to choose a mask to use when exercising.

Key words : fatigue, mask, covid-19, running, exercise, kinematic, biomechanics

\* [sxy134@knsu.ac.kr](mailto:sxy134@knsu.ac.kr)

## 1. 서론

2020년 3월 11일 세계보건기구(WHO)가 신종코로나 바이러스(COVID-19)를 전 세계적 유행병으로 선언한 후 모든 나라에서는 약물과 백신이 없는 상황에서 바이러스 전파를 막기 위해 일상에서 마스크 착용의 의무적인 제한이 생겼다. 마스크는 그 성능에 따라 종류가 다양하지만, 최근 일반인들이 가장 많이 사용하는 마스크는 보건용 호흡기 마스크인 N95 (Not resistant to oil 95, 기름 성분에 대한 저항성은 없지만 95%의 먼지 여과효과)와 KF94 (Korea Filter 94, 94%의 먼지 여과효과), 그리고 비말 차단이 가능한 수술용 마스크(속칭 1회용 마스크)이다. 이중 N95와 KF94는 그 검증을 승인한 국가만 다를 뿐 같은 여과효과를 가지고 있다고 알려져 있다(Kim et al., 2020). 마스크 착용은 많은 연구들을 통하여 사회생활을 방해하지 않고 최소비용을 사용하여 효과적으로 코로나 바이러스에 대처할 수 있는 비약물중재(NPI) 중 하나라고 보고되고 있기 때문에(Li, Liu, Li, Qian, & Dai, 2020; Lyu & Wehby, 2020), 일반인들은 사용의 편리성과 여과성에 따라 마스크 유형을 선택하여 사용하고 있는 실정이다. 하지만 일상생활에서 의무적인 마스크의 착용은 일상적인 활동에 영향을 주어 신체활동을 감소시킬 뿐만 아니라, 특히 건강증진을 위한 생활체육 활동 참여시 피로 증가와 근력 감소의 결과를 나타낸다고 보고되고 있다(Motoyama, Joel, Pereira, Esteves, & Azevedo, 2016).

최근 Kim et al. (2020)은 일반인들이 가장 많이 사용하는 마스크의 유형에 따른 바이러스 여과에 대한 연구를 수행하였는데, 보건용 호흡기 마스크인 N95와 KF94 마스크가 수술용 비말 차단용 마스크보다 먼지의 여과에 대한 효과가 높았지만, 사용의 전반적인 부분(사용감과 여과, 바이러스 전파 예방)으로 보았을 때, 수술용 비말 차단용 마스크도 적합한 것으로 보고하였다. 또한 마스크를 착용하고 신체활동을 수행할 때 나타나는 신체의 변화에 대한 연구도 많이 수행되었는데, Epstein et al. (2020)은 보건용 마스크(N95)를 착용이 격렬한 운동을 수행한 사람들의 EtCO<sub>2</sub>농도(호기가 끝날 때의 이산화탄소농도, 호흡상태 파악가능)를 증가시켰다고 보고하였으며, Lee & Wang (2011)은 흡기와 호기 흐름 저항이 각각 126%, 122% 증가했다고 보고하였다. 또한, Person, Lemerrier, Royer, & Reyckler (2018)은 보건용 마스크(N95)와 수술용 마스크(SM)를 착용하고 가벼운 보행을 실시 한 결과 두 가지 마스크 모두 호흡근육 사용의 증가를 보였지만 다른 매개변수에서는 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 그리고 Motoyama et al. (2016)은 그들의 마스크 착용 여부에 따른 스쿼트 연구에서 마스크 착용 시 피로의 증가와 근력의 감소를 나타냈다고 밝혔다. 그러나 대부분의 선행연구들은 마스크의 기능과 마스크와 무산소성 운동의 관계에 관한 연구만 수행하였을 뿐, 마스크 착용으로 인한 호흡의 변화가 매우 중요한 유산소성 운동에 관한 연구는 수행되고 있지 않고 있는 실정이다. 더불어 연구의 주된 측정 변인들이 생리학적 변인으로 치중되어 있었기 때문에 마스크착용이 실제적인 움직임에 미치는 영향을 파악하기에는 어려움이 있다고 생각된다.

운동 중 발생하는 신체의 피로는 자연스러운 결과이지만 운동

자의 상해를 예방하기 위하여 최대한 피해야할 요소이다. 많은 선행연구들은 운동 중 신체의 피로는 근력과 협응력, 주의력을 손상시키며, 신경근기능을 변화시켜 근육수축력의 감소 및 신체 반응 시간을 느리게 하고, 관절과 분절의 부상을 유발시킬 수 있다고 보고하고 있다(Collins & Whittle, 1989; Boyer, Silvermail, & Hamill, 2017; Mizrahi, Verbitsky, Isakov, & Daily, 2000). 따라서 운동을 수행하는 동안에 운동자의 피로상태를 판단하는 것은 근골격계 및 다양한 부상의 위험을 예방할 수 있는 매우 중요한 요소라고 생각되어진다(Morishita et al., 2019).

운동자들의 피로상태는 운동하는 동안 직접 측정하는 것이 어렵기 때문에 많은 연구자들은 다양한 운동부하 프로그램과 운동자 각도(RPE: rate of perceived exertion)의 상호관계를 통하여 피로상태를 평가해 왔으며(고성희, 김태홍, 제갈윤석, 2016), 그중 가장 현장에서 많이 사용되는 Borg's RPE는 6-20 척도로 구성되어있으며 매우 정확하게 피로를 판단할 수 있다고 알려져 있다(Williams, 2017). Dierks, Davis, & Hamill (2010)은 달리기중 피로와 생체역학적 변인의 관계를 알아본 그들의 연구에서 달리기 시 피험자들은 자신들의 최대심박수의 85%에서 젖산 농도에 따른 생리학적 피로가 시작되었으며 이때 운동자각도는 평균적으로 Borg's RPE의 13-15의 등급을 나타내었다고 보고하였다. 또한 Brown, Zifchock, & Hillstrom (2014)은 달리기 시 피로에 관한 연구에서 Borg's RPE 17을 피로가 심화된 시점이라고 보고 하기도 하였다.

많은 선행연구자들은 그들의 연구목적에 수행하기 위하여 인위적인 피로를 만들려고 노력해 왔는데 대부분의 경우 트레드밀에서 수행되는 다양한 운동부하 프로토콜을 사용하였다(고성희 등, 2016). 그중 John's protocol은 1%의 트레드밀에서 10 km/h 속도로 시작하여 4분마다 1 km/h씩 증가시키는 방법으로서, 선수들에게 가장 많이 사용되는 Bruce protocol처럼 빈번하게 사용되진 않지만, 불필요한 에너지와 운동시간이 소요되는 문제점이 보완되었기 때문에 일반인에게 사용하기에 적합하다고 알려져 있다(고성희 등, 2016).

문화체육관광부의 '2020년 국민생활체육조사' 통계결과에 따르면 일반인들의 달리기, 보행, 그리고 등산과 같은 유산소운동의 참여율은 각각 59.5 %로 매년 꾸준히 증가하고 있는 것으로 나타났다(문화체육관광부, 2020). 이 중 달리기는 운동을 수행할 때 신체의 피로는 하지에 큰 영향을 미치며, 이때 하지의 운동학적 변화는 부상의 원인을 파악하는데 중요하다고 보고되고 있다(Ryu, 2016). Bates & Haven (1973) 과 Siler & Martin (1991)은 달리기 시 피로의 증가에 따라 달리기 속도와 스트라이드 길이가 감소하며, 최대 무릎굴곡각, 발목굴곡각, 최대 대퇴신전각과 스트라이드 길이의 변인들이 피로에 민감하게 나타내는 요인이라 지적했다. 더불어 Hamill & Bates (1988)은 달리기 시 피로는 후족운동에 영향을 주었다고 제시했으며, Dierrks et al. (2010)은 달리기의 피로가 하지의 적합한 각도를 유지하는 능력을 감소시키며 후족부의 외전, 무릎굴곡의 속도의 증가를 유발시킨다고 보고하였다. 또한 Bruggemann & Arndt (1994)는 50분간 달리기 시 아킬레스건 각도

에서 의미 있는 증가를 보였다고 주장하였으며, Nicol, Komi, & Marconnet (1991)은 10 km 달리기가 발의 접촉시간과 보행률의 증가 그리고 속도의 감소를 나타내었다고 보고하였다.

많은 선행연구자들이 보고한 것과 같이 달리기 운동 중 발생하는 피로의 증가는 운동 동작의 변화를 유발시켜 운동자의 부상을 유발시킬 가능성이 매우 높음에도 불구하고 현재 자신의 건강을 위하여 유산소 운동을 즐겨하고 있는 일반인들의 경우 COVID-19로 인한 마스크의 의무적 착용 때문에 호흡에 직접적인 영향을 받으며 운동을 실시하고 있는 상황이다. 그러나 신체의 건강을 위하여 규칙적인 운동을 지속해온 사람들의 경우에는 마스크를 착용한 채 운동을 수행할 수 밖에 없기 때문에 마스크의 선택은 운동수행을 위한 매우 중요한 요소이다. 즉, COVID-19 이전과 다르게 유산소 운동을 수행할 때 착용되는 마스크는 운동 중 증가되는 피로에 따른 상해가 높아질 가능성이 있다고 생각되어진다. 따라서 자신의 건강을 위하여 운동을 수행하는 일반인의 입장에서는 보다 자신의 안전을 도모하며 운동에 효율적인 마스크를 선택 할 필요가 있다고 생각되어지나 현재까지 이러한 마스크의 영향을 밝힌 연구는 전무한 상태이다. 따라서 본 연구의 목적은 운동 중 다양한 마스크 착용에 따른 피로도 및 운동학적 변화를 확인하여 마스크를 쓰고 유산소운동을 할 수 밖에 없는 일반인들에게 마스크 선택의 정보를 제공하는데 있다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구에 참여한 연구대상자는 심장관련 질환이나 정형외과적 질환이 없는 건강한 성인 남성 11명이었다(age:  $30.4 \pm 2.8$  yrs., height:  $174.3 \pm 4.7$  cm, weight:  $74.7 \pm 10.2$  kg). 본 연구는 서울시 K 대학교 연구위원회의 승인(20210115-152)을 받아 실시되었다. 실험 전 모든 연구대상자에게 실험내용과 절차에 대한 설명을 충분히 설명하였으며, 자발적 참여 동의를 받았다. 또한, 실험 전반에 걸쳐 COVID-19에 대비한 국가 방역지침을 충실히 이행하였으며, 실험 중 피험자가 실험 거부의를 나타낼 경우에 즉시 실험을 중지하고 연구에서 배제하였다.

### 2. 연구절차

본 연구의 목적을 수행하기 위하여 피험자들은 3가지 다른 마스크의 조건을 무작위로 선택하여(마스크 미착용(WM), 수술용 마스크 착용(SM), KF94 mask 착용 (KF94))트레드밀 달리기를 실시하였다. 본 연구에서는 달리기로 인한 피로의 영향을 배제하기 위하여 각 조건 사이에 24시간의 휴식시간이 제공되었다(Epstein et al., 2020). 또한 피험자들의 피로상태를 유발시키기 위하여 John's protocol이 사용되었으며, 총 3회의 달리기가 3일 동안 진행되었다.

실험당일 피험자들이 달리기를 실시한 트레드밀은 NLT (non-linear transformation)방식을 사용하여 전역좌표(x축: 좌/우, y

축: 전/후, z축: 상/하)를 설정하였다. 달리기 시 하지 분절을 규명하고 분절의 지역좌표계 설정을 위하여 총 29개의 반사마커 및 클러스터가 피험자의 신체에 부착되었다. 충분한 준비운동 후 각 피험자들의 스탠딩 캘리브레이션이 측정되었으며 동작 수행에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 무릎과 발목의 안쪽 마커를 제거하였다. 대상자의 달리기 동작은 8대의 적외선카메라(Oqus 300+, Qualisys, Sweden; Sampling rate: 100Hz)로 녹화되었으며, 선행연구의 자각도에 따른 피로측정 방법에 따라 피로 전(달리기 시작 직 후, pre), 피로 시작(RPE14, mid), 피로 심화 (RPE17, final)시점에서 동작을 10초 동안 녹화하였다(Dierks et al, 2010; Brown et al., 2014).

### 3. 자료처리

녹화된 달리기 동작의 3차원 위치좌표는 QTM (Qualisys Track Manager, Sweden)프로그램을 사용하여 취득되었으며, 카메라의 전기 신호로부터 발생하는 random error를 줄이기 위하여 Butterworth 2nd order low-pass filter가 사용되었다(cut-up frequency: 10 Hz). 본 연구에서 사용된 운동학적 변인들은 Visual3D (C-motion Inc, USA)를 사용하여 계산되었으며, 보폭길이(step length; m), 보행률(cadence; steps/min), 지면접촉시간(contact time; s), 체공시간(flight time; s), 엉덩관절(hip joint), 무릎관절(knee joint), 발목관절(ankle joint)의 각도가 계산되었다.

본 연구의 목적을 수행하기 위하여 달리기 동작은 주동발이 지면에 닿는 순간부터 동일한 발이 지면에 닿는 순간까지의 1 보장을 분석구간으로 설정하였으며, 각 시점(pre, mid, final)에서 10 보장을 분석하여 평균을 연구결과에 사용하였다.

### 4. 통계처리

본 연구에서는 마스크의 종류와 피로도에 따른 하지의 운동학적 차이를 알아보기 위하여, 이원 반복측정 변량분석(two-way ANOVA with repeated measure)이 수행되었으며, 주 효과의 유의한 차이가 나타난 경우 Bonferroni 사후검증(post-hoc)을 실시하였다. 통계적 유의 수준은  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

## III. 연구결과

본 연구는 마스크 종류와 피로도에 따른 운동학적 요인들의 변화를 알아보고자 했다. 연구의 목적을 원활히 수행하기 위하여 마스크 미착용(without mask [WM]), 수술용 마스크 착용[SM], KF94 마스크 착용[KF94]에 따라 피로 시작(PRE 14), 피로 심화(RPE 17)이 나타난 시간 및 보행변수와 하지 관절 각도를 분석하였다. 마스크 종류에 따른 피로도달시간은 <표 1>에 제시되어 있다. KF94 마스크는 SM 마스크에 비하여 mid와 final 시점에서 통계적으로 유의하게 빠른 피로도달시간을 나타내었으나(표 1,  $p < .05$ ), 두 시점의 차이에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다(표 1,  $p > .05$ ).

표 1. 피로(mid-final) 도달 시간 (unit : min)

	mid	final	diff
WM	5.36±1.23	10.36±2.46	5.00±1.95
SM	6.55±3.27	10.45±3.50	3.91±1.14 *
KF94	5.64±2.91 +	9.36±3.50 +	3.73±1.56 *

\* : WM과의 유의한차이, + : SM과의 유의한차이

## 1. 보행 변수

피험자 주동발의 보폭길이, 보행률, 지면접촉시간, 체공시간을 마스크 종류와 피로도에 따라 이원변량분석 반복 측정된 결과는 <표 2>과 같다.

연구결과 대부분의 변인에서 피로가 증가함에 따라 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으나(표 2,  $p<.05$ ) 마스크의 종류에 따른 차이는 어느 변인에서도 나타나지 않았다(표 2,  $p>.05$ ).

## 2. 하지 관절각도

본 연구에서는 지지구간에서 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절의 시상면에서의 최대 관절각도 값을 산출하였다. 연구결과 엉덩관절의 굴곡(Flexion)과 신전(Extension)의 경우 피로도에 따른 통계적으로 유의한 차이가 나타났으나(표 3,  $p<.05$ ), 마스크의 종류에 따른 차이는 나타나지 않았다(표 3,  $p>.05$ ). 또한 무릎관절 최대 굴곡각도와 발목관절의 최대 배측굴곡각도도 피로도의 증가에 따라 통계적으로 유의하게 증가된 결과를 나타내었으나(표 3,  $p<.05$ ), 마스크

크 종류에 따른 차이는 나타나지 않았다(표 3,  $p>.05$ ).

## IV. 논의

2019년 3월 COVID-19 팬데믹 현상(pandemic, 전염병의 대유행)으로 인하여 전 세계적으로 마스크 착용이 권장되었고, 2021년 현재 대한민국에서는 대중시설에서 마스크의 착용이 법적으로 의무화되었다. 시중에서 구매할 수 있는 마스크의 종류는 KF94, SM, 천 마스크 등 다양하게 있으며, 각 마스크의 특징들도 다르다. 그 중 가장 많이 사용되고 있는 마스크는 KF94와 SM인데, 일반적으로 SM 착용이 KF94 착용에 비하여 편하다고 생각하지만, 바이러스에 대한 여과력을 중점으로 고려하는 사람들은 KF94를 착용하는 경우가 많다고 알려져 있다(Kim et al., 2020). 또한 일상생활뿐만 아니라 실내·외 운동 시에도 개인들은 자신의 선택으로 마스크 종류를 결정하게 되는데 호흡에 좀 더 편하다고 생각되는 SM마스크를 바이러스에 대한 여과력이 검증된 KF94보다 선호하고 있는 추세이다. 그러나 이러한 마스크의 선택은 운동 효율에 대한 기준을 확인하지 않고 사용자의 편의에 따라서 사용되고 있으며 그 주된 이유는 유산소 운동 중 마스크들이 움직임에 미치는 영향을 확인하지 못하였기 때문이라고 생각되어진다. 따라서 본 연구는 일반인들이 운동 중 호흡에 장단점을 가지고 있다고 생각하는 SM과 KF94마스크가 유산소 움직임에 미치는 영향을 확인하고자 수행되었다.

표 2. 피로와 마스크종류에 따른 보행변수

		Fatigue			F-value	p-value
		pre	mid	final		
Step Length (cm)	WM	97.4±4.8	108.1±6.9+	121.3±12.2+ +	57.862	.000
	SM	97.6±4.8	110.8±9.6+	118.6±12.4+ +		
	KF94	96.8±4.9	105.7±7.4+	117.2±14.4+ +		
Cadence (steps/min)	WM	166.5±9.5	167.2±10.6	169.0±12.1	4.943	.018
	SM	166.5±9.1	170.8±13.0	170.8±9.4+		
	KF94	167.7±9.0	168.6±9.0	170.0±10.3		
Stance Time (sec)	WM	0.218±0.018	0.212±0.021 +	0.199±0.019+ +	30.488	.000
	SM	0.216±0.016	0.204±0.015 +	0.196±0.015+ +		
	KF94	0.220±0.017	0.210±0.016 +	0.198±0.015+ +		
Flight Time (sec)	WM	0.148±0.021	0.151±0.022	0.158±0.022 +	9.246	.001
	SM	0.147±0.016	0.159±0.020 +	0.159±0.019+		
	KF94	0.139±0.021	0.150±0.022 +	0.159±0.023+ +		

+ : pre와 유의한 차이, + : mid와 유의한 차이

표 3. 피로와 마스크에 따른 운동학적 변인 (unit : deg)

Peak value		Fatigue			F-value	p-value
		pre	mid	final		
Hip Flexion	WM	33,20±5,16	34,38±6,25	36,29±5,25 + +	13,899	,000
	SM	31,20±4,07	32,86±2,98	34,82±3,31 + +		
	KF94	32,36±4,31	32,96±4,22	35,2±4,885 + +		
Hip Extension	WM	-3,38±5,93	-4,66±5,81 +	-6,52±6,28 + +	26,625	,000
	SM	-4,91±4,01	-6,01±4,09 +	-7,62±4,47 + +		
	KF94	-4,55±4,49	-5,80±5,35 +	-7,72±5,58 + +		
Knee Flexion	WM	36,20±2,74	36,67±4,15	38,22±3,71 + +	12,286	,000
	SM	35,63±2,36	36,74±2,77	37,80±2,83 + +		
	KF94	35,70±2,61	36,44±2,97	37,66±3,31 + +		
Knee Extension	WM	9,10±3,97	8,01±4,33	8,42±3,90	2,110	,147
	SM	8,91±3,03	8,53±3,45	8,21±3,56		
	KF94	9,47±3,73	8,40±3,81	7,73±3,74		
Ankle Dorsiflexion (deg)	WM	20,80±2,15	20,85±2,13	21,49±2,20 + +	3,683	,043
	SM	20,81±2,68	20,50±3,29	21,33±2,58 + +		
	KF94	20,32±2,02	20,60±2,15	20,68±2,32		
Ankle Plantarflexion	WM	-13,71±4,33	-11,98±4,94	-13,08±4,70	2,043	,156
	SM	-14,62±3,66	-14,09±4,24	-14,94±4,26		
	KF94	-13,63±5,38	-12,74±3,80	-13,65±5,03		

+ : pre와 유의한 차이, ++ : mid와 유의한 차이

본 연구수행결과 달리기를 수행을 시작하여 피로가 발생하는 시점(mid)과 피로가 심화되는 시점(final) 모두에서 피로발생 시간은 SM 마스크를 쓰는 경우가 KF94 마스크를 쓰는 경우에 비하여 통계적으로 늦게 나타났다(표 1,  $p<.05$ ). 그러나 두 시점 발생시간의 차이는 SM마스크의 경우가 KF94보다 긴 경향을 나타내었으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(표 1,  $p>.05$ ).

많은 선행 연구들은 운동중 피험자의 주관적 RPE가 실제적인 젖산농도 등 생리학적 피로를 대변할 수 있다고 보고하고 있다(이온, 정진욱, 2016; Scherr et al., 2013). 따라서 본 연구에서 나타난 마스크에 대한 결과는 COVID-19 상황의 생활체육자들에게 중요한 의미를 부여할 수 있을 것이라고 생각된다. 즉, 생활체육참여자들은 여과력과 편리성의 기준에 따라서 주관적 선택으로 SM과 KF94 마스크를 사용하고 있는데 본 연구결과 편리성에 강점을 둔 SM 마스크가 KF94 마스크에 비하여 피로 발생시점은 늦게 나왔으나 피로발생 시점부터 심화되는 시점까지의 발생시간에서는 두 마스크 사이에 유의한 차이를 보이지 않았기 때문에 운동 시 KF94와 SM의 선택에 따른 생리학적 피로 발생 시점에는 차이가 없을 것으로 예상할 수 있다. 따라서 본 연구수행결과는 생활체육참여자들에게 운동 시 상황과 장소에 맞추어 마스크를 선택하여 착용할 수 있는 긍정적 조건을 제시 할 수 있을 것이라고 생각되어진다.

본 연구에서는 유산소 운동 중 피로와 마스크가 움직임에 미치는 영향을 알아보기 위하여 보폭 길이, 보행률, 지면접촉시간, 체공시간 등의 보행변수를 계산하였다. 연구결과 대부분의 경우에서

피로에 따른 통계적으로 유의한 보행변수들의 차이가 나타났으나(표 2,  $p<.05$ ), 마스크 착용에 따른 차이는 나타나지 않았다(표 2,  $p>.05$ ). 피로에 대한 본 연구의 결과는 선행연구들의 결과와 일치함을 나타내었는데 Siler & Martin (1991), 배성재(2006), 그리고 Hanley, Bissas, & Merlino (2020) 등은 피로가 증가할수록 달리기 보폭이 변화가 나타난다고 하였으며, Willer, Allen, Burden, & Folland (2021)와 García-Pinillos et al. (2020)은 달리기 중 피로는 지면접촉시간과 체공시간의 변화에 영향을 준다고 보고하였다. 그러나 본 연구결과 각 피로도 시점들(mid & final)에서 마스크 종류에 따른 영향은 나타나지 않았다. 이러한 결과는 마스크 착용을 하며 운동을 수행하고 있는 일반인들에게 중요한 의미를 부여할 수 있을 것이라고 생각되어진다. 대부분의 선행연구들은 피로에 따른 보행변수의 변화를 상해와 연관시켜 설명하고 있는데 본 연구에서 나타난 마스크 종류에 대한 결과는 시간의 흐름에 따라 피로 도는 증가하고 있지만 각 피로구간에서 마스크의 종류는 피로 상태에 영향을 주지 않고 있음을 방증하고 있다고 생각된다. 즉, 일반인들은 SM 마스크가 운동중 호흡을 편하게 하여 KF94마스크보다 피로가 덜할 것이고 결론적으로 상해의 위험에서 보다 안전할 것이라고 생각하고 있었지만 본 연구결과 운동중 마스크 종류에 따른 상해발생 위험의 차이는 나타나지 않을 것으로 판단할 수 있다.

특히 본 연구에서 밝혀진 달리기 중 지면접촉시간에 대한 결과는 선행연구들과 다른 결과를 나타내었는데 이러한 결과는 추후 피로에 관한 연구를 수행하려 할 때 고려해 볼 만한 점이라고 생

각되어진다. 많은 선행연구들은 달리기 중 피로도가 증가하면 발의 지면접촉시간도 함께 증가한다고 보고하고 있으나(배성재, 2006; Nicol et al., 1991), 본 연구에서는 이와 달리 모든 마스크의 종류에서 피로도가 증가함에 따라 지면접촉시간이 통계적으로 유의하게 감소하였다(표 2,  $p<.05$ ). 지면접촉시간과 체공시간은 달리기 속도와 관련이 매우 높은 변인이며(Winter, Gordon, Watt, 2016), 선행연구와의 다른 본 연구의 결과는 달리기 속도에 기인하였다고 생각되어진다. 즉, 선행연구들은 특정구간을 피로도가 절정에 도달하는 구간이라고 정의하고(i.e., 400 m 달리기에서 350 m ~ 360 m 구간) 그 구간에서 동작분석을 실시하거나, 선호속도로 연구를 수행하였기 때문에 피험자들의 달리기 속도를 제어할 수 없었다. 하지만 본 연구는 피로를 유발시키는 John's protocol을 사용하였으며 이 프로토콜은 모든 사람이 트레드밀에서 10 km/h의 동일 속도로 시작하기 때문에 피로를 유발 시키는데 속도가 제어되었다. 따라서 추후 연구를 수행할 때 연구자들은 연구목적에 맞추어 이러한 사항을 충분히 고려해만 된다고 생각되어진다.

마지막으로 본 연구에서는 달리기중 하지의 운동학적 변인들을 사용하여 피로도와 마스크 종류가 달리기에 미치는 영향을 알아보았다. 본 연구결과 달리기 중 모든 마스크의 종류에서 대부분의 관절의 시상면 움직임은 피로의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다(표 3,  $p<.05$ ). 본 연구결과 엉덩관절의 최대 굴곡각도와 신전각도는 피로도의 증가에 따라 증가했으며, 또한 무릎관절의 최대 굴곡각도와 발목관절의 최대 배측굴곡각도도 피로도의 증가에 따라 증가하였다(표 3,  $p<.05$ ). 이러한 결과는 피로에 따른 하지의 운동학적 변인들의 변화를 확인한 선행연구들과 일치한 결과를 타나내면서 본 연구에서 사용한 피로유발 프로토콜인 John's protocol이 명확하게 피로를 유발한 것으로 생각되어진다.

그러나 본 연구결과 각 피로도 시점들(mid & final)에서 마스크 종류의 하지관절 움직임에 대한 영향은 나타나지 않았다(표 3,  $p>.05$ ). 이러한 결과는 보행변수의 결과와 유사한데 John's protocol에 의한 피로는 명확하게 유발되었으나 각 피로시점들에서 마스크의 종류는 피로 상태에 영향을 주지 않고 있음을 의미하고 있다고 생각되어진다. 즉, 본 연구결과로 미루어볼 때 운동중 SM마스크나 KF94마스크의 사용에 따른 상해발생 위험의 차이는 나타나지 않을 것으로 판단되어진다.

## V. 결론 및 제언

본 연구는 COVID-19 팬데믹현상 때문에 모든 장소에서 마스크의 착용이 의무화되어있는 대한민국에서 자신의 건강을 위하여 운동을 하고 있는 일반인들에게 운동 중 사용할 수 있는 다양한 마스크 선택의 정보를 제공하기 위하여 수행되었다. 본 연구결과 두 가지 마스크는 피로가 시작된 시점과 피로가 심화된 시점 모두에서 피로에 추가적인 영향을 주지 않았으며 이러한 결과는 일반인들이 운동을 할 때 사용하는 마스크의 선택에 도움을 줄 것으로 생각되어진다.

## 참고문헌

- 고성희, 김태홍, & 제갈윤석(2016). 트레드밀을 통한 운동부하검사의 프로토콜 비교 분석. *체육과학연구*, 22, 53-62
- 문화체육관광부(2020). **2020년도 국민생활체육참여실태조사**. 문화체육관광부.
- 배성재. (2006). 달리기시 최고 속도 및 피로 구간의 3 차원 동작 분석. *한국운동역학회지*, 16(4), 115-124.
- 이은, & 정진욱. (2016). Borg 10 단계 비율척도의 운동 강도 설명력에 관한 연구. *운동과학*, 25(2), 92-99.
- Bates, B. T., & Haven, B. H. (1973). An analysis of the mechanics of highly skilled female runners. *Mechanics and Sport*, 4, 237-245.
- Boyer, K. A., Silvermail, J., & Hamill, J. (2017). Age and sex influences on running mechanics and coordination variability. *Journal of Sports Sciences*, 35 (22), 2225-2231.
- Brown, A. M., Zifchock, R. A., & Hillstrom, H. J. (2014). The effects of limb dominance and fatigue on running biomechanics. *Gait & posture*, 39 (3), 915-919.
- Bruggemann, G. P. & Arndt, A. (1994). Fatigue and lowerextremity function. *Proceedings of 8th Biennial Conference of the Canadian Society of Biomechanics*, 316-317.
- Collins, J. J., & Whittle, M. W. (1989). Impulsive forces during walking and their clinical implications. *Clinical Biomechanics*, 4 (3), 179-187.
- Dierks, T. A., Davis, I. S., & Hamill, J. (2010). The effects of running in an exerted state on lower extremity kinematics and joint timing. *Journal of biomechanics*, 43 (15), 2993-2998.
- Epstein, D., Korytny, A., Isenberg, Y., Marcusohn, E., Zukermann, R., Bishop, B., Minha, S., Raz, A., & Miller, A. (2020). Return to training in the COVID-19 era: The physiological effects of face masks during exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 31(1), 70-75
- García-Pinillos, F., Cartón-Llorente, A., Jaén-Carrillo, D., Delgado-Flóody, P., Carrasco-Alarcón, V., Martínez, C., & Roche-Seruendo, L. E. (2020). Does fatigue alter step characteristics and stiffness during running? *Gait & posture*, 76, 259-263.
- Hamill, J., & Bates, B. T. (1988). A kinetic evaluation of the effects of in vivo loading on running shoes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 10 (2), 47-53.
- Hanley, B., Bissas, A., & Merlino, S. (2020). Men's and women's World Championship marathon performances and changes with fatigue are not explained by kinematic differences between footstrike patterns. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 102.

- Kim, M. C., Bae, S., Kim, J. Y., Park, S. Y., Lim, J. S., Sung, M., & Kim, S. H. (2020). Effectiveness of surgical, KF94, and N95 respirator masks in blocking SARS-CoV-2: a controlled comparison in 7 patients. *Infectious Diseases*, 52(12), 908-912.
- Lee, H.P., Wang, D.Y. (2011) Objective assessment of increase in breathing resistance of N95 respirators on human subjects. *Ann Occup Hyg*, 55, 917- 921.
- Li, T., Liu, Y., Li, M., Qian, X., & Dai, S. Y. (2020). Mask or no mask for COVID-19: A public health and market study. *PloS one*, 15(8), e0237691.
- Lyu, W., & Wehby, G. L. (2020). Community Use Of Face Masks And COVID-19: Evidence From A Natural Experiment Of State Mandates In The US: Study examines impact on COVID-19 growth rates associated with state government mandates requiring face mask use in public. *Health affairs*, 39(8), 1419-1425.
- Mizrahi, J., Verbitsky, O., Isakov, E., & Daily, D. (2000). Effect of fatigue on leg kinematics and impact acceleration in long distance running. *Human movement science*, 19(2), 139-151.
- Morishita, S., Tsubaki, A., Nakamura, M., Nashimoto, S., Fu, J.B., Onishi, H. (2019). Rating of perceived exertion on resistance training in elderly subjects. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 17(2):135-142.
- Motoyama, Y. L., Joel, G. B., Pereira, P. E., Esteves, G. J., & Azevedo, P. H. (2016). Airflow-restricting mask reduces acute performance in resistance exercise. *Sports*, 4(4), 46.
- Nicol, C., Komi, P. V., & Marconnet, P. (1991). Fatigue effects of marathon running on neuromuscular performance: I. Changes in muscle force and stiffness characteristics. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 1(1), 10-17.
- Person, E., Lemerrier, C., Royer, A., Reychler, G. (2018). Effect of a surgical mask on six minute walking distance. *Rev Mal Respir*, 35, 264 - 268.
- Ryu, J. S. (2016). Effects of Prolonged Running-Induced Fatigue on the Periodicity of Shank-Foot Segment Coupling and Free Torque. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 26 (3), 257-264.
- Scherr, J., Wolfarth, B., Christle, J.W., Pressler, A., Wagenpfeil, S., & Halle, M. (2013). Associations between Borg' s rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *European Journal of applied Physiology*, 113(1), 147-155.
- Siler, W. L., & Martin, P. E. (1991). Changes in running pattern during a treadmill run to volitional exhaustion: fast versus slower runners. *Journal of Applied Biomechanics* , 7 (1), 12-28.
- Willer, J., Allen, S. J., Burden, R. J., & Folland, J. P. (2021). Neuromechanics of Middle-Distance Running Fatigue: A Key Role of the Plantar Flexors? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 53(10), 2119-2130.
- Williams, N. (2017). The Borg rating of perceived exertion (RPE) scale. *Occupational Medicine*, 67 (5), 404-405.
- Winter, S., Gordon, S., & Watt, K. (2016). Effects of fatigue on kinematics and kinetics during overground running: a systematic review. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 57 (6), 887-899.

