

# COVID-19 이환자의 브루스 프로토콜을 이용한 유산소 운동이 심박수, 산소포화도, 혈압에 미치는 영향

이연섭<sup>1</sup> · 양승수<sup>2</sup> · 장슬기<sup>2</sup> · 설지희<sup>2</sup> · 이지은<sup>2</sup> · 이동진<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>대원대학교 물리치료과 교수, <sup>2</sup>대원대학교 물리치료과 학생, <sup>3\*</sup>광주보건대학교 물리치료과 교수

## Effect of Aerobic Exercise using Bruce Protocol on Heart Rate, Oxygen Saturation, and Blood Pressure after Recovery from COVID-19 Infection

Yeon-Seop Lee, PT, Ph.D<sup>1</sup> · Seung-Soo Yang<sup>2</sup> · Seul-Gi Jang<sup>2</sup> · Ji-Hee Seol<sup>2</sup> · Ji-Eun Lee<sup>2</sup> · Dong-Jin Lee, PT, Ph.D<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Daewon University College, Professor

<sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, Daewon University College, Student

<sup>3\*</sup>Dept. of Physical Therapy, Gwangju Health University Professor

### Abstract

**Purpose** : This study aimed to find out the effect of aerobic exercise using Bruce protocol on heart rate, oxygen saturation, and blood pressure after recovery from COVID-19 infection.

**Methods** : In this study, 34 students from D University located in J city were targeted, COVID-19 infected group (17 people) and non-COVID-19 non-infected group (17 people). The Bruce protocol using a treadmill was applied to the aerobic exercise of this study. The Bruce protocol has in the first stage of METs 4 (slope 10 %, speed 2.7 km/h). The second stage was METs 5 (slope 12 %, speed 4 km/h), and the third stage was METs 6 (slope 14 %, speed 5.4 km/h). All measurements were measured 3 times and the average value was used.

**Results** : As a result of this study, as a result of comparing heart rate changes according to aerobic exercise using the Bruce protocol. EG group and the CG group increased significantly according to the progressive exercise load (METs 4~5), and in the third stage of the Bruce protocol between groups, The EG group showed a significantly lower heart rate. As a result of comparing changes in oxygen saturation and blood pressure, there was no significant difference between the EG and C groups according to the gradual exercise load.

**Conclusion** : In conclusion, there was no difference between normal and pressure when MET of moderate intensity exercise (4 to 6) was applied to the effect on heart rate, oxygen saturation, and blood pressure in healthy adults who were fully recovered from COVID-19. Secondary side effects may occur when high intensity exercise with a MET of 6 or higher, so it is strongly recommended that hospitals or specialized institutions measure exercise and physical ability according to individual exercise intensity.

**Key Words** : aerobic exercise, Bruce protocol, COVID-19, heart rate

\*교신저자 : 이동진, don4114@hanmail.net

제출일 : 2023년 4월 16일 | 수정일 : 2023년 5월 5일 | 게재승인일 : 2023년 5월 19일

# I. 서론

## 1. 연구의 배경 및 필요성

2019년 12월에 발병된 COVID-19 바이러스는 대한민국과 다른 많은 나라 사람들의 호흡기로 침투하여 호흡기계와 심혈관계 등 인체에 많은 후유증을 일으키는 제 2급 감염으로 2020년 3월 11일 세계보건기구(WHO)는 팬데믹(pandemic)을 선언하였다(World health organization, 2020). 통계청에 따르면 2023년 3월 28일을 기준으로 대한민국의 COVID-19 누계 확진자는 총 30,739,457명이고, 사망자는 34,201명을 사망에 이른다 하였다. 유럽심장학회(European society of cardiology)는 2021년 일반 가이드라인에서 미래 COVID-19로 인한 환자문제에 대한 치료를 준비하라고 권고하고 있어 후유증 및 부작용에 대해 많은 부분 경각심을 가지고 준비하여야 할 것이다.

미국질병통제예방센터에서 발표한 임상특성에 따르면 COVID-19 바이러스에 노출된 후 2일부터 14일까지 주요한 임상 증상이 발현되고, Halpin 등(2021)은 COVID-19의 증상은 장기의 손상에 따라 다양하게 나타나는데 42~66 %의 주요한 임상 증상으로 호흡곤란이 가장 흔하게 나타나고 지속된다고 하였으며, Joli 등(2022)의 COVID-19 이후 피로에 대한 체계적인 검토 연구에는 피로(64 %), 호흡곤란(40 %), 우울증 및 불안(38 %) 순으로 보고하였다. COVID-19의 증상들은 대부분 1~2주 정도 후 점차 회복되기도 하지만 심각하고 다양한 후유증을 남기 기도한다. Nalbandian 등(2021)은 COVID-19 바이러스 침입 시 면역반응으로 인한 염증성 사이토카인의 생성과, 정상 세포의 손상, 미세혈관에 발생한 색전(embolus) 등에 의하여 발생하며, 아급성 단계는 4 ~ 12 주, 만성단계는 12주 이후로 구분하였다. 기타 증상으로는 COVID-19 이후 질병적 원인과 운동 부족으로 인한 심박수의 증가와 20~30대 젊은 층에게도 해당의료기관에서는 운동과 식습관보다 약물치료를 적극적으로 권장 및 주의를 기울여야 한다는 내용이 신문지상이나 방송을 통해 많은 주의를 당부하고 있다.

COVID-19로 인한 피로와 호흡곤란 등의 증상 등을 개선하기 위해서는 Ahmed 등(2022)은 적절한 유산소운

동과 근력운동이 필요하다고 하였으며, Leung 등(2010)은 지면이나 트레드밀 보행훈련이 심폐지구력 및 폐의 기능장애를 개선시킨다고 하였다. Cattadori 등(2022)은 COVID-19 이후 환자의 운동 훈련의 인자 연구에서 중강도 이하의 유산소운동(aerobic activity)은 피로를 개선하고 신체 운동능력을 증가시킨다고 하였으며, Mohamed 와 Alawna(2020)는 중강도 유산소운동이 COVID-19로 인한 전신증상 및 호흡 기능을 효과적으로 개선시키기 위해 수행되어야 한다고 제안하였고, Malm 등(2019)은 운동 부족은 미래의 질병에 대한 잘 알려진 위험인자이며, 사회 및 국가에 경제적 부담이 될 것으로 권고하였다.

현재 대한민국에는 많은 수의 COVID-19에 이환되었던 많은 수의 국민이 있으며, 코로나 이전으로의 신체기능 개선은 시급히 이루어져야 하며, COVID-19 감염 이후 후유증이 개인차가 많은 질환임에는 틀림이 없으니 지속적인 걷기, 호흡 재활훈련, 유산소운동, 저항운동 등이 필요하다고 권고하고 있다. 하지만 운동 강도의 결정에 있어 부작용이나 효과에 대한 연구는 대부분 산소포화도 및 최대산소섭취량 등 일반인이 수치를 측정하고 일상생활에 적용하기가 불가능하여 본 연구에서는 점진적 운동 강도에 따른 부작용에서 COVID-19 감염 이후 건강을 회복하기 위한 운동 시 심장 기능에 미치는 변화를 알아보려고 하였다.

## 2. 연구의 목적

본 연구에서는 COVID-19 감염 이후 점진적 저항 트레드밀 운동이 심장 기능에 미치는 영향을 알아보려고 심장 기능의 변화를 COVID-19에 감염되지 않은 건강한 성인과 비교하여 브루스 프로토콜(Bruce protocol)을 이용한 점진적 운동부하량에 따른 심박수(heart rate), 산소포화도(oxygen saturation), 혈압(blood pressure) 등에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

# II. 연구방법

## 1. 연구 대상자

본 연구는 J 시에 소재한 D 대학의 건강한 성인을 대상으로 COVID-19 감염 이후 완전회복한 성인 중 헬싱키 선언을 바탕으로 한 연구에 참여하기로 동의하였고 연구조건을 충족시킬 수 있는 34명을 대상으로 하였다. 대상자 선정은 COVID-19 감염군 17명, COVID-19 비감염군 17명을 대상으로 하였다.

연구에 참여한 대상자의 선정 기준은 현재 COVID-19 감염이후 3개월이 지나고 현재 의학적 부작용이 없으며, 활력징후가 안정된 자, COVID-19 회복한 자, 트레드밀 보행과 관련된 정형외과적 질환이 없는 자를 대상으로 3회 측정하여 평균값을 사용하였으며, 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects

(n= 34)

	EG (n=17)	CG (n=17)	p
Age (years)	22.12±2.03	22.65±2.55 <sup>a</sup>	.507
Height (cm)	167.47±9.82	165.06±7.82	.434
Weight (kg)	64.35±13.01	67.88±15.02	.469
Gender(M/F)	6/11	6/11	

<sup>a</sup> M±SD; mean±standard deviation, EG; COVID-19 infection group, CG; COVID-19 non-infection group, M; male, F; female

## 2. 운동 프로그램

### 1) 보행훈련

운동 부하는 트레드밀(AP2010-2, Apsun Inc, Korea)을 이용하여 실시하였다. AP2010-2 트레드밀은 보행 장애가 있는 환자의 보행능력 회복 및 증진 등 보행 재활을 위해 사용되는 보행 훈련기로 경사도와 속도 조절이 가능하고, 안전키 장치로 낙상사고를 방지할 수 있다 (Fig 1).

### 2) 유산소운동

본 연구의 유산소운동은 Bruce protocol(Bruce, 1974)에 따른 단계별 시간은 3분씩이며 속도와 경사도를 점진적으로 높여 심장호흡 기능을 측정하였다. 사전 운동부하 트레드밀 운동을 실시하여 브루스 프로토콜 4단계부터는 남녀 및 기초체력 수준에 따라 올 아웃(all out) 하는 부분이 비정형적으로 나타나 본 연구에서는 1~3단계를 적용하였다. 브루스 프로토콜 1단계는 METs 4단계로 경사도 10 %와 속도 2.7 km/h, 2단계는 METs 5단계로 경사도 12 %와 속도 4 km/h, 3단계는 METs 6단계로 경사도 14 %와 속도 5.4 km/h로 적용하였다.

유산운동 시 중단 기준은 첫 번째는 연구 참여자의 신체적 및 언어적으로 중단을 요구할 때, 두 번째는 단계가 증가함에도 심박수 및 산소섭취량이 증가하지 않을 때, 최대심박수를 넘을 때 트레드밀 운동을 즉각 중지하였으며, 최대 심박수는 220-나이를 적용하였다.

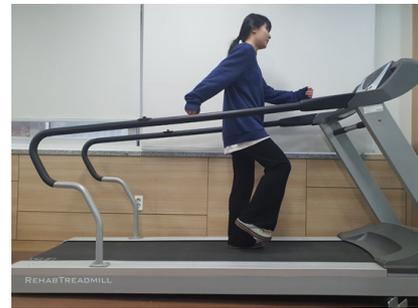


Fig 1. Treadmill (AP2010-2)

### 3) 혈압

혈압의 측정은 자동혈압계(Bosa Medical Vital, Bosch & Sohn GmbH, Germany)를 사용하여 오른팔 수축기/이완기 혈압을 2회 측정하여 평균값을 사용하였다. 피험자들은 혈압 측정 전 카페인, 격렬한 신체 활동 및 흡연을 금지하고 대상자가 실험실에 도착한 후 5분 이상 안정을

취한 후 커프를 심장보다 높게 하고 위팔동맥과 정렬이 되도록 한 후 측정하였다(Fig 2).



Fig 2. Electronic sphygmomanometer

4) 산소 포화도 및 심박수

산소 포화도의 측정은 산소포화도 측정기(Fingertip pulse oximeter, China)를 트레드밀 보행 중 착용상태에서 단계의 마지막 3초 동안 수치의 평균값을 사용하였다. 본 연구에서는 운동 중재효과에 관하여 혈중 산소 농도를 측정하기 위해 근적외선 파장 스펙트럼(약 670~810 nm)의 빛을 사용하여 근육 조직의 근육 산소화 수준과 맥박을 실시간으로 측정한다(Fig 3).



Fig 3. Pulse oximeter

4. 자료 분석

본 연구의 대상자는 총 34명으로 COVID-19 감염군 17

명, COVID-19 비감염군 17명을 대상으로 측정하여 수집된 자료를 SPSS(version 18.0) 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 연구 결과에 대한 분석은 감염 여부에 따라 3회 측정 후 평균값을 바탕으로 감염 여부에 따른 그룹 간 비교를 위하여 독립표본 t-검증(paired t-test)으로 분석하였으며, 유의수준  $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 결 과

1. 유산소운동에 따른 심박수 비교

유산소운동에 따른 심박수 그룹 내 전·후 비교에서 EG 군은 안정 시  $81.18\pm9.30$ , 1단계  $119.88\pm1.52$ , 2단계  $145.96\pm13.77$ , 3단계  $172.62\pm9.16$ 로 유의하게 증가하였으며, 운동부하 3분 이후에도  $132.41\pm15.60$ 로 안정 시 대비 유의하게 증가하였다. CG 군은 안정 시  $85.88\pm10.71$ , 1단계  $126.86\pm13.05$ , 2단계  $153.41\pm14.31$ , 3단계  $183.56\pm8.23$ 로 유의하게 증가하였으며, 운동부하 3분 이후에도 안정 시 대비  $135.29\pm15.37$ 로 유의하게 증가하였다.

유산소운동에 따른 심박수 그룹 간 독립 비교에서 안정 시, 1단계, 2단계, 휴식 시에는 유의한 차이가 없었으며, 3단계에서 COVID-19 비감염군에서 유의하게 증가하였다(Table 2).

2. 유산소운동에 따른 산소포화도 비교

유산소운동에 따른 산소포화도 비교에서 안정 시, 1단계, 2단계, 3단계, 휴식 시 그룹 내 전·후 비교와 그룹 간 독립 비교에서 유의한 차이는 없었다(Table 3).

3. 유산소운동에 따른 혈압 비교

유산소운동에 따른 산소포화도 비교에서 안정 시와

Table 2. Comparison of heart rate the groups

(n= 34)

Group	Stable state	1 state	2 state	3 state	Resting state
EG	81.18±9.30	119.88±1.52	145.96±13.77	172.62±9.16	132.41±15.60
CG	85.88±10.71	126.86±13.05	153.41±14.31	183.56±8.23	135.29±15.37
p	.950	.054	.061	.000	.295

Table 3. Comparison of oxygen saturation the group

(n= 34)

Group	Stable state	1 state	2 state	3 state	Resting state
EG	98.88±.33 <sup>a</sup>	98.52±.71	98.76±.66	97.07±2.03	98.70±.68
CG	98.88±.39	98.70±.46	98.88±.33	96.86±1.69	98.88±.33
<i>p</i>	.320	.201	.256	.370	.173

<sup>a</sup>M±SD

Table 4. Comparison of blood pressure pre &amp; post the groups

(n= 34)

Group	Pre test		Post test	
	Systolic BP	Diastolic BP	Systolic BP	Diastolic BP
EG	129.59±14.37	82.00±8.79	162.18±16.16	91.12±10.83
CG	135.29±15.37	85.65±5.63	170.24±23.19	97.88±14.33
<i>p</i>	.061	.080	.124	.065

<sup>a</sup>M±SD

유산소운동 종료 후 수축기와 확장기 혈압 비교에서 그룹 내 전·후 비교와 그룹 간 독립 비교에서 유의한 차이는 없었다(Table 4).

#### IV. 고찰

본 연구는 COVID-19에 감염 이후 의학적으로 완전 회복한 건강한 성인과 코로나에 이환되지 않은 건강한 성인을 대상으로 브루스 프로토콜을 이용한 유산소운동이 심박수(heart rate), 산소포화도(oxygen saturation), 혈압(blood pressure) 등에 미치는 영향을 알아보고자 연구되었다. COVID-19 완치판정 이후에도 많은 수의 사람들은 피로, 권태, 운동 시 호흡곤란, 가슴 통증, 우울증, 관절통, 두통, 불면증 등 다양한 형태의 후유증을 나타내고 있으며 지속적인 부작용 등은 일상생활로의 복귀와 직업 의로의 복귀에 많은 제한점을 주고 있다.

본 연구에서 브루스 프로토콜을 적용한 유산소운동에 따른 심장 박동수의 변화를 비교하여 EG 군과 CG 군에서 운동부하에 따라 유의하게 증가하였으며, 운동부하에 따른 그룹 간 독립 비교에서 METs 6에 해당하는 브루스 프로토콜 3단계에서 EG 군이 유의하게 심장 박동수가 낮아지는 결과를 나타내었다. American college of sports medicine(2021)에서는 METs에 따른 운동 강도는 저강도

는 METs 2.0~2.9, 중강도는 METs 3.0~5.9, 고강도는 METs 6.0~8.7로 구분하고 있다. 본 연구의 COVID-19 이환이 정상 성인을 대상으로 유산소운동에 대한 심장기능에 대한 연구는 미흡한 실정으로 과거 심장 질환자의 연구와 분석하였으며 연구결과 Ju 등(2004)이 연구한 허혈성 심장질환 환자와 정상인의 운동부하 검사에서 심장 질환자가 상대적으로 심박수가 낮게 나왔으며, Lee 등(2019)의 남성 나이에 따른 유산소능력에 대한 연구에서도 젊은 군에 비해 중년 군에서 심박수가 낮게 나와 본 연구 같은 결과를 보였다. 최근 COVID-19 환자를 대상으로 한 연구에서 Ahmed 등(2022)은 COVID-19 환자의 호흡곤란, 운동능력, 피로, 폐기능 및 삶의 질에 대한 폐 재활 접근법의 효과의 체계적 고찰 및 메타분석에서 COVID-19로 인한 피로와 호흡곤란 증상을 개선하기 위해서는 적절한 유산소운동과 근력운동이 필요하고 하였고, Lugthart 등(2022)은 체외 막 산소 공급이 필요한 COVID-19 환자의 뼈대근육 강도 및 신체기능 회복연구에서 근력운동은 신체기능을 회복시키고 일상활동 능력을 증진시킨다고 하였다. McNarry 등(2022)의 COVID-19 이후 호흡 들숨근육 강화훈련 연구와 Pescaru 등(2022)의 COVID-19가 뼈대근육, 근육 피로 및 재활 프로그램 결과에 미치는 영향의 연구 결과, 운동이 COVID-19로 인한 피로를 감소시키고 근력을 증진시키는데 긍정적 효과를 보고하였다. Cattadori 등(2022)은 COVID-19 이후

환자의 운동 훈련의 다인자 병리생리학을 위한 다인자 프로토콜의 필요성 연구에서 고강도 운동은 부상이나 근육 피로를 유발하거나 악화시킬 수 있기 때문에 근력의 50 % 수준 이하에서 시작하는 점진적 저항운동이 부작용을 최소화하는 안전한 운동방법이라고 하였다. 본 연구와는 일치하지 않지만 대부분의 연구에서 고강도 이상의 운동에 대한 부작용을 우려하여 중등도 이하의 운동을 권고하고 있으며, 연구 결과 보다 명확한 기준인 METs 6 이하의 유산소운동과 근력운동이 안정적이라는 결과를 얻었다.

산소포화도(saturation of partial pressure oxygen; SpO2)는 혈액 적혈구의 헤모글로빈(Hb)에 결합된 산소의 양으로 적혈구에 의해 운반되는 산소의 양으로 얼마나 효과적으로 호흡하고 있는지, 산소가 전신에 잘 전달되고 있는지 등을 알아보는 효과적인 검사방법이다. 본 연구에서 브루스 프로토콜을 적용한 점진적 운동부하 훈련에 따른 산소포화도와 혈압의 변화를 비교하여 EG 군과 CG 군에서 점진적 운동부하에 따라 유의한 차이가 없었으며, 산소포화도의 측정에서 두 그룹 모두에서 브루스 프로토콜 1, 2단계 에서는 98~99 %로 안정되게 유지, 브루스 프로토콜 3단계에서 산소포화도가 99 % 이하로 급격히 낮아지고, 95 % 아래로 내려가는 경우 연구 참여자가 모두가 올 아웃 (all out)에 대한 신체적 및 언어적으로 중단을 요구하는 사례가 나타났다. 일반적으로 점진적 운동부하에 따라 심장의 수축과 이완활동에서 혈압의 상승을 일으키고 본 연구의 결과에서도 운동 전·후 혈압이 두 그룹 모두에서 상승하였으며 그룹 간 차이는 없었다.

이상의 연구 결과를 토대로 점진적 운동을 하였을 때 정상성인에 비해 부하에 반응하는 심장박동수가 METs 6단계서는 유의하게 감소하여 심장 기능이 운동부하에 적절히 반응하지 못하고 있다고 사료되므로 COVID-19 감염 이후 완전히 회복하였다는 의학적 소견에서도 METs 중강도 이상의 운동은 주의하며 운동할 것을 권고한다.

연구의 제한점으로는 COVID-19 감염 이후 후유증이 있는 대상자가 아닌 감염 이후 회복자와 정상 성인을 비교하여 점진적 운동의 부작용을 알아보기에는 다소 미흡한 점이 있었으며, 운동 중재를 통한 효과를 검증한

것이 아니고 부하에 따른 변화를 측정한 연구로 제한점이 있다.

추후 연구에서 COVID-19 감염으로 인한 후유장애를 가진 사람을 대상으로 운동 강도와 호흡기능에 대한 연구에서 METs 6단계 이상의 부하를 이용한 고강도 운동이 인체에 미치는 영향에 대한 연구와 허파의 산소 환원률을 알아보기 위해 가스분석을 통하여 COVID-19 이환자의 호흡 및 심장 기능의 변화를 주도면밀히 확인하는 연구가 필요하다는 것을 권고한다.

## V. 결 론

본 연구는 COVID-19에 감염 이후 의학적으로 완전회복한 건강한 성인과 코로나에 이환되지 않은 건강한 성인을 대상으로 브루스 프로토콜을 이용한 점진적 저항운동이 심박수(heart rate), 산소포화도(oxygen saturation), 혈압(blood pressure) 등에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

연구결과, METs 중강도 운동(4~6)의 적용에서는 정상 성인에 비해 차이점이 없었으며, METs 6 이상의 고강도 운동의 적용 및 자가 운동은 신체기능 향상에 2차적 부작용 및 악영향을 끼칠 수 있으므로 전문기간을 방문하여 개별적 운동 강도에 대한 신체 능력의 검사 이후 실시하는 것을 권고한다.

## 참고문헌

Ahmed I, Mustafaoglu R, Yeldan I, et al(2022). Effect of pulmonary rehabilitation approaches on dyspnea, exercise capacity, fatigue, lung functions and quality of life in patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. Arch Phys Med Rehabil, 103(10), 2051-2062. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2022.06.007>. American College of Sports Medicine(2021). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 11th ed, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, pp3-5.

- Bruce RA(1974). Methods of exercise testing. step test, bicycle, treadmill, isometrics. *Am J Cardiol*, 33(6), 715-720. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(74\)90211-2](https://doi.org/10.1016/0002-9149(74)90211-2).
- Cattadori G, Di Marco S, Baravelli M, et al(2022). Exercise training in post-COVID-19 patients: the need for a multifactorial protocol for a multifactorial pathophysiology. *J Clin Med*, 11(8), Printed Online. <https://doi.org/10.3390/jcm11082228>.
- Halpin SJ, McIvor C, Whyatt G, et al(2021). Postdischarge symptoms and rehabilitation needs in survivors of COVID-19 infection: a cross-sectional evaluation. *J Med Virol*, 93(2), 1013-1022. <https://doi.org/10.1002/jmv.26368>.
- Joli J, Buck P, Zipfel S, et al(2022). Post-COVID-19 fatigue: a systematic review. *Front Psychiatry*, 13, Printed Online. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.947973>.
- Ju DU, Kang HJ, Kim SW, et al(2004). The difference of heart rate recovery in ischemic heart disease comparing to normal. *Korean J Med*, 66(6), 586-592.
- Lee YB, Yun SM, Hwang EJ, et al(2019). Effects of age and aerobic capacity on ventilatory response during incremental running exercise. *J Korea Soc Wellness*, 14(1), 345-353. <https://doi.org/10.21097/ksw.2019.02.14.1.345>.
- Leung RWM, Alison JA, McKeough ZJ, et al(2010). Ground walk training improves functional exercise capacity more than cycle training in people with chronic obstructive pulmonary disease (COPD): a randomised trial. *J Physiother*, 56(2), 105-112. [https://doi.org/10.1016/S1836-9553\(10\)70040-0](https://doi.org/10.1016/S1836-9553(10)70040-0).
- Lugthart A, Sandker S, Maas J, et al(2022). Recovery of skeletal muscle strength and physical function in a patient with (post) COVID-19 requiring extra-corporeal membrane oxygenation. *Physiother Theory Pract*, Printed Online. <https://doi.org/10.1080/09593985.2022.2107966>.
- Malm C, Jakobsson J, Isaksson A(2019). Physical activity and sports-real health benefits: a review with insight into the public health of Sweden. *Sports*, 7(5), Printed Online. <https://doi.org/10.3390/sports7050127>.
- McNarry MA, Berg RMG, Shelley J, et al(2022). Inspiratory muscle training enhances recovery post COVID-19: a randomised controlled trial. *Eur Respir J*, 60(4), Printed Online. <https://doi.org/10.1183/13993003.03101-2021>.
- Mohamed AA, Alawna M(2020). Role of increasing the aerobic capacity on improving the function of immune and respiratory systems in patients with coronavirus (COVID-19): a review. *Diabetes Metab Syndr*, 14(4), 489-496. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.04.038>.
- Nalbandian A, Sehgal K, Gupta A, et al(2021). Post-acute COVID-19 syndrome. *Nat Med*, 27(4), 601-615. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01283-z>.
- Pescaru CC, Maritescu A, Costin EO, et al(2022). The effects of COVID-19 on skeletal muscles, muscle fatigue and rehabilitation programs outcomes. *Medicina*, 58(9), Printed Online. <https://doi.org/10.3390/medicina58091199>.
- World Health Organization. WHO director-general's opening remarks at the media briefing on covid-19 11 march 2020, 2020. Available at <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19/> Accessed March 11, 2020.