

## RESPOSTAS DO TREINAMENTO DE MODERADA INTENSIDADE COMBINADO À HIPÓXIA SOBRE PARÂMETROS DE CARGA INTERNA E SATURAÇÃO DE O<sub>2</sub> DE REPOUSO EM CONVALESCENTES DA COVID-19: ESTUDO AEROBICOVID<sup>1</sup>

Gabriel Peinado Costa,

Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Brasil  
(EEFERP-USP)

Marcela Coffacci de Lima Viliod,

Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Brasil  
(EEFERP-USP)

Alba Camacho-Cardenosa,

Universidad de Nebrija, Madrid, España

Javier Brazo-Sayavera,

Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

Marcelo Papoti,

Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Brasil  
(EEFERP-USP)

Átila Alexandre Trapé,

Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Brasil  
(EEFERP-USP)

### RESUMO

*Objetivo: Investigar as respostas do treinamento em bicicleta ergométrica associado à hipóxia sobre parâmetros de carga interna e na saturação sanguínea de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) de repouso de pessoas convalescentes da covid-19. Método: Quantificação da carga interna (frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço e SpO<sub>2</sub>). Resultados: A SpO<sub>2</sub> e os demais parâmetros foram alterados conforme a exposição à hipóxia. Considerações finais: A SpO<sub>2</sub> de repouso apresentou recuperação apenas no grupo hipóxia.*

*PALAVRAS-CHAVE: Exercício Físico; Infecções por Coronavirus; Oxigênio.*

<sup>1</sup> O presente trabalho contou com apoio financeiro do Projeto USP Vida (3518/2020) para sua realização.

## INTRODUÇÃO

O surto de coronavírus-19 (covid-19) teve início em novembro de 2019. Em março de 2020 a Organização Mundial de Saúde (OMS) elevou o estado da contaminação da covid-19 à pandemia. A proporção de mortos entre os infectados varia de 2 a 3%, portanto a taxa de recuperação é alta (WHO, 2021). Neste sentido, surge uma nova demanda no contexto pós-covid, já que alguns sintomas podem perdurar e limitar os convalescentes (HARAPAN *et al.*, 2020), com destaque para os menores níveis de saturação sanguínea de oxigênio e maior grau de dispneia, pois foram associados a maior chance de morte (DENG *et al.*, 2020).

Pessoas que vivem na altitude, com menores níveis de oxigênio, apresentam menor prevalência da covid-19 bem como menor gravidade nos casos de infecção, provavelmente devido às adaptações fisiológicas e anatômicas nos pulmões, melhora da perfusão e principalmente devido a ativação do fator induzível por hipóxia 1 $\alpha$  (HIF-1 $\alpha$ ) (ARIAS-REYES *et al.*, 2020).

O exercício *per se* pode reduzir a inflamação crônica e fortalecer o sistema imune (PEDERSEN; SALTIN, 2015). Maiores níveis de capacidade aeróbia podem produzir melhoras em curto prazo nos sistemas imunológico e respiratório (MOHAMED; ALAWNA, 2020), ambos afetados pela covid-19 (YUKI; FUJIOGI; KOUTSOGIANNAKI, 2020). Quando associado à condição de hipóxia normobárica, observa-se efeitos adicionais em diferentes populações (CAMACHO-CARDENOSA, A. *et al.*, 2020; CAMACHO-CARDENOSA, M. *et al.*, 2019; RAMOS-CAMPO *et al.*, 2019; ŻEBROWSKA *et al.*, 2019)

Os resultados podem contribuir para a qualificação das práticas de atenção à saúde e promover o desenvolvimento científico, tecnológico, de inovação da área de Saúde e beneficiar os participantes reduzindo, e quiçá, revertendo os efeitos deletérios da covid-19.

## OBJETIVOS

Investigar as respostas de 8 semanas de treinamento de moderada intensidade em bicicleta ergométrica associado à hipóxia cíclica sobre parâmetros de carga interna e na saturação sanguínea de oxigênio de repouso (SpO<sub>2</sub>REP) de pessoas convalescentes da covid-19. Especificamente, para quantificar a carga interna, foram analisadas a saturação sanguínea de oxigênio (SpO<sub>2</sub>), frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE).

## MÉTODOS

Participaram do presente estudo indivíduos com idade entre 30 e 69 anos e convalescentes da covid-19, com aproximadamente 30 dias desde a recuperação de sinais clínicos ou alta médica.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (EEFERP – USP – CAAE: 33783620.6.0000.5659) e registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (RBR-5d7hkv).

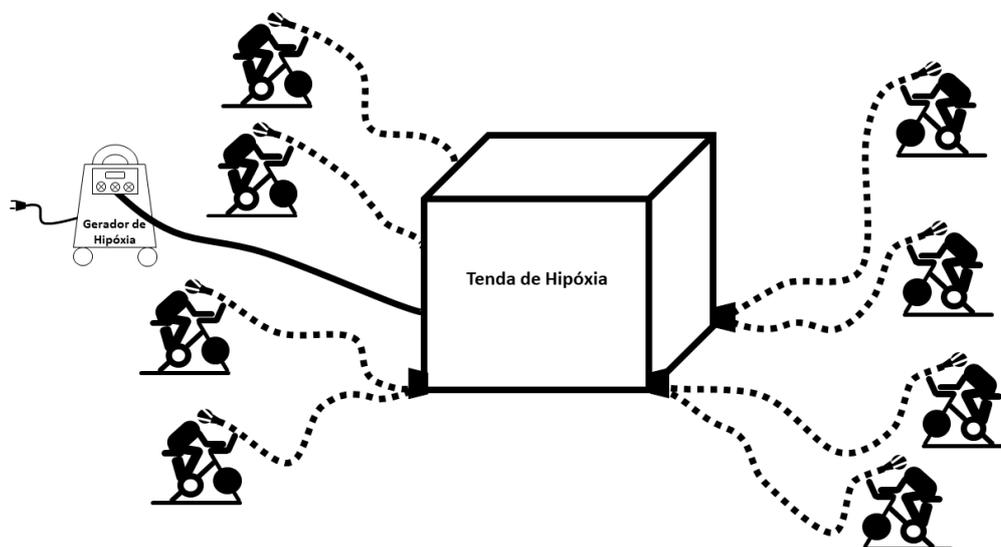
Ensaio clínico, randomizado e duplo-cego, com divisão dos participantes nos grupos de treinamento físico de acordo com a associação dos estímulos do treinamento e a recuperação entre as condições em hipóxia ou normóxia: treinamento em normóxia+recuperação em normóxia ( $G_N$ ); treinamento em normóxia+recuperação em hipóxia ( $G_{HR}$ ); e treinamento em hipóxia+recuperação em hipóxia ( $G_H$ ).

Os treinos foram realizados com frequência de três vezes por semana e consistiram em três partes (aquecimento, parte principal e volta à calma). O aquecimento de 5 minutos (min) e a volta à calma de 3 min foram realizados em PSE considerada “fácil”. A parte principal foi composta de três a seis séries de 5 min com FC correspondente a 90-100% do limiar anaeróbio 2 (L2), seguido de recuperação passiva de 2,5 min entre as séries; o volume foi crescente e de acordo com os períodos estabelecidos, variando de 28 para 50,5 min. Os  $G_{HR}$  e  $G_H$  foram submetidos a uma fração inspirada de  $O_2$  ( $FiO_2$ ) de ~13% (simulação de 3.000 m de altitude). O  $G_N$  treinou com  $FiO_2$  ~20,9%. A estratégia de treinamento foi desenvolvida por meio de geradores de hipóxia, tenda e uso de máscaras individuais (figura 1).

Em todas as sessões foram monitoradas as respostas agudas do treinamento usando FC,  $SpO_2$  e PSE. A  $SpO_2$  foi monitorada por meio da utilização do oxímetro de pulso (G-Tech Portátil) durante o repouso, aquecimento, final de cada esforço, menor valor durante a recuperação, final de cada recuperação e volta a calma. A intensidade do treino referente ao L2 (Polar H10) foram medidas ao final de cada esforço. A PSE e a carga interna de treinamento [TRIMP = PSE\*volume do treino(min)] foram quantificadas a cada sessão (FOSTER, 1998).



Figura 1 - Estratégia de alocação dos participantes e estrutura



Fonte: autoria própria

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis contínuas foram expressas em média e desvio padrão. Para análise dos dados de monitoramento foi utilizada a ANOVA *two-way*, com Post Hoc de Tukey. Para análise do efeito da intervenção sobre a  $SpO_{2REP}$ , assumida como o coeficiente angular da relação entre a  $SpO_{2REP}$  em função dos dias de intervenção de cada participante, foi realizada a ANOVA *one-way* e o tamanho de efeito por meio de *Cohen's d*. O nível de significância foi estabelecido em 5% em todas as análises e o programa utilizado foi o JASP versão 0.14.1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A  $SpO_2$  média, a partir dos valores ao longo dos treinos, foram diferentes ( $p < 0,05$ ), sendo 96,9%(0,7), 91,9%(2,4) e 88,7%(2,2) para  $G_N$ ,  $G_{HR}$  e  $G_H$  respectivamente, indicando a eficácia do protocolo proposto e a magnitude na redução da  $SpO_2$  a partir do estímulo hipóxico. Esta diminuição apresenta relação com a carga de hipóxia, visto que o maior tempo de exposição acarretou menor média.

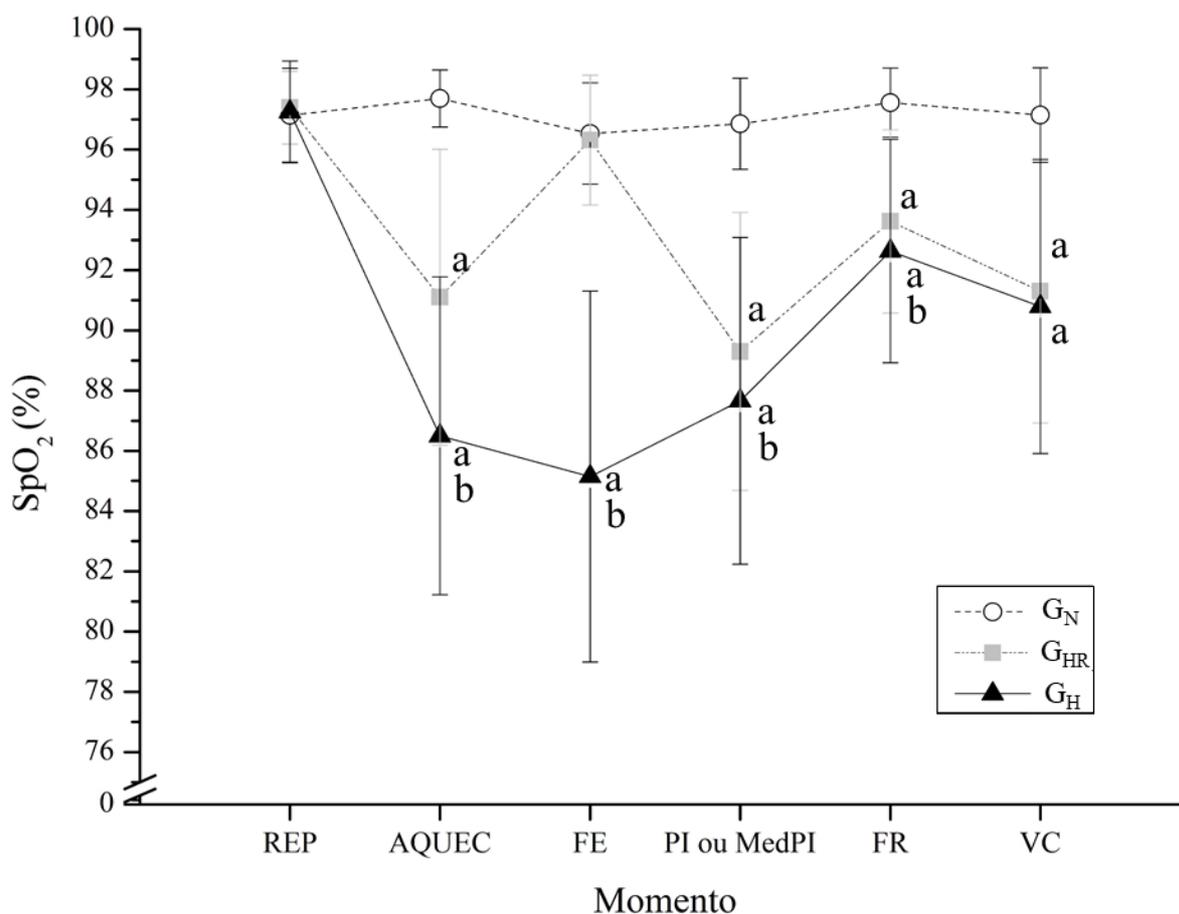
Em análise entre grupos em cada momento, o  $G_{HR}$  apresentou diferença em relação ao  $G_N$  nos momentos de: aquecimento; pico inferior/média entre final de esforço; final da recuperação; e volta a calma. O  $G_H$  apresentou diferença em relação aos  $G_N$  e  $G_{HR}$  nos momentos de: aquecimento; final de esforço; pico inferior/média entre final de esforço e final





da recuperação; final da recuperação; e volta a calma (figura 2) indicando maior magnitude na redução da SpO<sub>2</sub> em função do tempo de exposição a hipóxia.

Figura 2 - Cinética e comparação da SpO<sub>2</sub> média de cada momento de uma série com os dados de todo o estudo



G<sub>N</sub>=normóxia; G<sub>HR</sub>=hipóxia recuperação; G<sub>H</sub>=hipóxia. REP=repouso; AQUEC=aquecimento; FE=final de esforço; PI=pico inferior (G<sub>HR</sub>); MedPI=média entre FE e FR (G<sub>N</sub> e G<sub>H</sub>); FR=final da recuperação; VC=volta a calma. a=p<0,05 comparado ao G<sub>N</sub>; b=p<0,05 comparado ao G<sub>HR</sub>.

Fonte: autoria própria

A SpO<sub>2</sub> do G<sub>N</sub> não apresentou diferença na comparação intragrupo ao final de cada momento. Para o G<sub>HR</sub>, a SpO<sub>2</sub> somente foi diferente nos momentos em hipóxia, exceto no final da recuperação, enquanto que a SpO<sub>2</sub> do G<sub>H</sub> foi diferente em todos os momentos quando comparado aos valores de repouso (normoxia), exceto ao final da recuperação (tabela 1).





Tabela 1 - Comparação da média de SpO<sub>2</sub> intragrupo ao final de cada momento

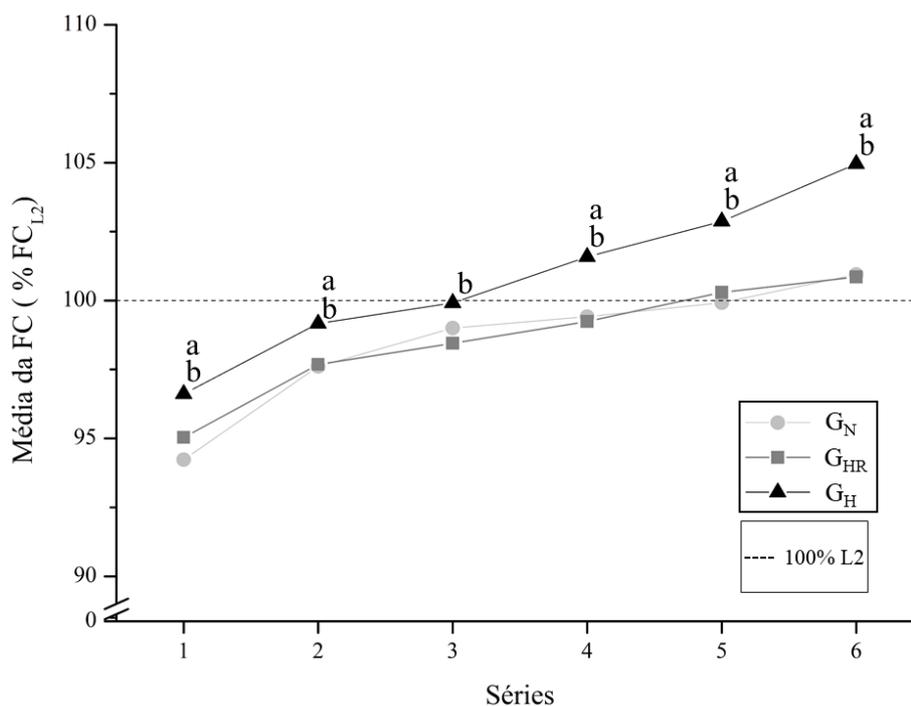
Grupo	n	Momentos da Série					
		REP	AQUEC	FE	PI/MedPI	FR	VC
G <sub>N</sub>	19	97,1(1,6)	97,7(0,9)	96,5(1,7)	96,9(1,4)	97,6(1,1)	97,1(1,6)
G <sub>HR</sub>	18	97,4(1,2)	91,1(4,9) <sup>a</sup>	96,3(2,2) <sup>b</sup>	89,3(4,6) <sup>ac</sup>	93,6(3,0) <sup>a</sup>	91,3(4,4) <sup>ac</sup>
G <sub>H</sub>	20	97,3(1,7)	86,5(5,3) <sup>a</sup>	85,2(6,2) <sup>a</sup>	88,2(5,1) <sup>a</sup>	92,6(3,7) <sup>c</sup>	90,8(4,9) <sup>ac</sup>

G<sub>N</sub>=normóxia; G<sub>HR</sub>=hipóxia recuperação; G<sub>H</sub>=hipóxia. REP=repouso; AQUEC=aquecimento; FE=final de esforço; PI=pico inferior (G<sub>HR</sub>); MedPI=média entre FE e FR (G<sub>N</sub> e G<sub>H</sub>); FR=final da recuperação; VC=volta a calma. a=p<0,05 comparado ao REP; b=p<0,05 comparado ao AQUEC; c=p<0,05 comparado ao FE.

Fonte: autoria própria

Não houve diferença entre G<sub>HR</sub> e G<sub>N</sub> para os valores de FC ao longo das séries. A FC do G<sub>H</sub> foi diferente dos G<sub>N</sub> e G<sub>HR</sub>, exceto na terceira série (figura 3). Estes resultados mostram que a maior exposição à hipóxia induziu a uma FC mais elevada em relação aos demais grupos, provavelmente devido a um aumento na resistência vascular pulmonar e para manutenção do débito cardíaco, que é potencializado pelo exercício (NAEIJ, 2010).

Figura 3 - Cinética e comparação entre os grupos da média da porcentagem referente a FC<sub>L2</sub> ao longo das séries



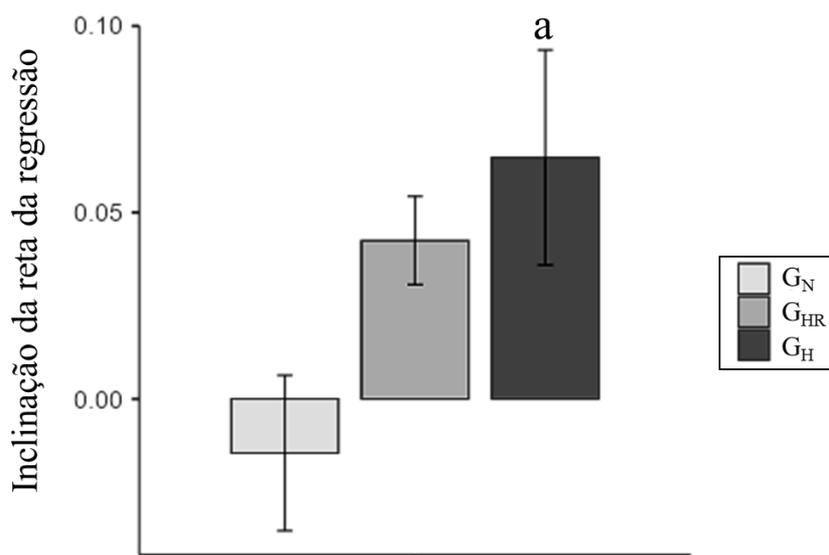
$G_N$ =normóxia;  $G_{HR}$ =hipóxia recuperação;  $G_H$ =hipóxia.  $100\%L_2=FC$  referente ao  $L_2$ .  $a=p<0,05$  comparado ao  $G_N$ ;  $b=p<0,05$  comparado ao grupo  $G_{HR}$ .

Fonte: autoria própria

Os grupos se mantiveram predominantemente no intervalo ou acima da  $FC_{L_2}$  e abaixo da  $PSE_{L_2}$ , sem diferença entre os grupos. Também não houve diferença entre a carga de treino, calculada por meio do TRIMP.

A recuperação da  $SpO_{2REP}$  apresentou diferença entre  $G_H$  e  $G_N$  com grande tamanho de efeito (Cohen's  $d >0,8$ ). Este resultado indica que a intervenção em hipóxia foi efetiva para recuperação da  $SpO_{2REP}$  (figura 4), possivelmente devido às adaptações cardiorrespiratórias oriundas do treino em hipóxia já relatadas na literatura (CAMACHO-CARDENOSA, A. *et al.*, 2020; ŽEBROWSKA *et al.*, 2019)

Figura 4 - Comparação entre grupos da inclinação da reta da recuperação da  $SpO_{2REP}$



$G_N$ =normóxia;  $G_{HR}$ =hipóxia recuperação;  $G_H$ =hipóxia.  $a=p<0,05$  comparado ao  $G_N$ .

Fonte: autoria própria

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se diferença entre os grupos  $G_N$ ,  $G_{HR}$  e  $G_H$  na  $SpO_2$  média durante os treinos ao longo da intervenção, indicando eficácia na simulação da altitude.

A intensidade proposta é segura para convalescentes da covid-19, pois os participantes se mantiveram predominantemente na  $FC_{L_2}$  e predominantemente dentro e abaixo da  $PSE_{L_2}$ .

Os grupos apresentaram carga similar de treino, visto que o TRIMP não mostrou diferença entre os grupos.

Constata-se que o treinamento de moderada intensidade em bicicleta ergométrica associado à hipóxia cíclica foi efetivo para recuperação da  $SpO_{2REP}$  das pessoas convalescentes da covid-19.

## **RESPONSES OF MODERATE INTENSITY COMBINED WITH HYPOXY TRAINING ON INTERNAL LOAD AND REST O<sub>2</sub> SATURATION PARAMETERS IN PATIENTS RECOVERED FROM COVID-19: AEROBICOVID STUDY**

### ABSTRACT

*Objective: To investigate the responses of exercise bicycle training associated with hypoxia on internal load parameters and blood oxygen saturation ( $SpO_2$ ) at rest in people recovered from covid-19. Method: Quantification of internal load (heart rate, perceived exertion, and  $SpO_2$ ). Results:  $SpO_2$  and other parameters were changed according to exposure to hypoxia. Final considerations:  $SpO_2$  at rest showed recovery only in the hypoxia group.*

**KEYWORDS:** *Coronavirus Infections; Exercise; Oxygen.*

## **RESPUESTAS DE INTENSIDAD MODERADA COMBINADAS CON ENTRENAMIENTO HIPÓXICO SOBRE CARGA INTERNA Y PARÁMETROS DE SATURACIÓN DE O<sub>2</sub> EN REPOSO EN PACIENTES RECUPERADOS DE COVID-19: ESTUDIO AEROBICOVID**

### RESUMEN

*Objetivo: Investigar las respuestas del entrenamiento con bicicleta estática asociadas con la hipoxia sobre los parámetros de carga interna y saturación de oxígeno en la sangre ( $SpO_2$ ) en reposo en personas recuperadas del covid-19. Método: Cuantificación de la carga interna (frecuencia cardíaca, esfuerzo percibido y  $SpO_2$ ). Resultados: la  $SpO_2$  y otros parámetros se modificaron según la exposición a la hipoxia. Consideraciones finales: La  $SpO_2$  en reposo mostró recuperación solo en el grupo de hipoxia.*

**PALABRAS CLAVE:** *Ejercicio Físico; Infecciones por Coronavirus; Oxígeno.*

## REFERÊNCIAS

ARIAS-REYES, Christian *et al.* Does the pathogenesis of SAR-CoV-2 virus decrease at high-altitude? **Respiratory Physiology & Neurobiology**, [s. l.], p. 103443, 2020.

CAMACHO-CARDENOSA, Alba *et al.* Repeated sprint in hypoxia as a time-metabolic efficient strategy to improve physical fitness of obese women. **European Journal of Applied Physiology**, [s. l.], p. 1–11, 2020.

CAMACHO-CARDENOSA, Marta *et al.* Effects of whole-body vibration training combined with cyclic hypoxia on bone mineral density in elderly people. **Frontiers in physiology**, [s. l.], v. 10, p. 1122, 2019.

DENG, Yan *et al.* Clinical characteristics of fatal and recovered cases of coronavirus disease 2019 in Wuhan, China: a retrospective study. **Chinese medical journal**, [s. l.], v. 133, n. 11, p. 1261–1267, 2020.

FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Medicine and science in sports and exercise**, United States, v. 30, n. 7, p. 1164–1168, 1998.

HARAPAN, Harapan *et al.* Coronavirus disease 2019 (COVID-19): A literature review. **Journal of Infection and Public Health**, [s. l.], 2020.

MOHAMED, Ayman; ALAWNA, Motaz. Role of increasing the aerobic capacity on improving the function of immune and respiratory systems in patients with coronavirus (COVID-19): A review. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, [s. l.], 2020.

NAEIJE, Robert. Physiological adaptation of the cardiovascular system to high altitude. **Progress in cardiovascular diseases**, United States, v. 52, n. 6, p. 456–466, 2010.

PEDERSEN, Bente Klarlund; SALTIN, Bengt. Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, [s. l.], v. 25, p. 1–72, 2015.

RAMOS-CAMPO, Domingo J *et al.* Additive stress of normobaric hypoxic conditioning to improve body mass loss and cardiometabolic markers in individuals with overweight or obesity: A systematic review and meta-analysis. **Physiology & behavior**, [s. l.], v. 207, p. 28–40, 2019.

WHO. COVID-19 Weekly Epidemiological Update 41. **World Health Organization**, [s. l.], n. December, p. 1–3, 2021.

YUKI, Koichi; FUJIOGI, Miho; KOUTSOGIANNAKI, Sophia. COVID-19 pathophysiology: A review. **Clinical immunology**, [s. l.], p. 108427, 2020.



CONBRACE  
CONICE 2021  
DE 12/09 A 17/12

Educação Física e  
Ciências do Esporte  
no tempo presente:

Defender Vidas,  
Afirmar as Ciências

ŻEBROWSKA, Aleksandra *et al.* Comparison of the effectiveness of high-intensity interval training in hypoxia and normoxia in healthy male volunteers: a pilot study. **BioMed research international**, [s. l.], v. 2019, 2019.

