

RESPOSTAS DO TREINAMENTO DE MODERADA INTENSIDADE COMBINADO À HIPÓXIA SOBRE PARÂMETROS DE CARGA INTERNA E SATURAÇÃO DE O₂ DE REPOUSO EM CONVALESCENTES DA COVID-19: ESTUDO AEROBICOVID¹

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 (SpO₂) de repouso de pessoas convalescentes da covid-19. Método: Quantificação da carga interna (frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço e SpO₂). Resultados: A SpO₂ e os demais parâmetros foram alterados conforme a exposição à hipóxia. Considerações finais: A SpO₂ de repouso apresentou recuperação apenas no grupo hipóxia.

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

¹ 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 α (HIF-1 α) (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 (SpO₂REP) de pessoas convalescentes da covid-19. Especificamente, para quantificar a carga interna, foram analisadas a saturação sanguínea de oxigênio (SpO₂), 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).

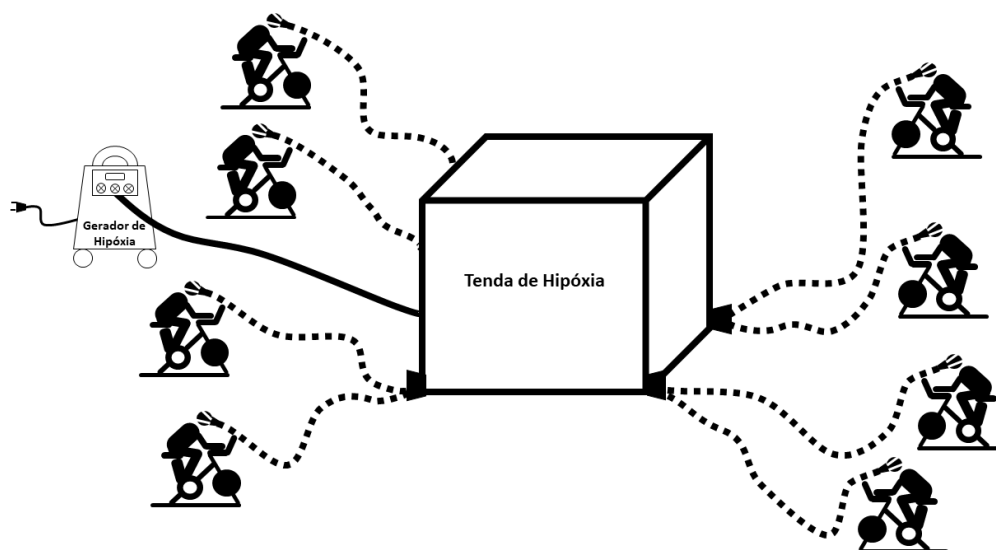
Ensaio clínico, randomizado e duplo-cego, com divisão dos participantes nos grupos de treinamento físico de acordo com a associação dos estímulos do treinamento e a recuperação entre as condições em hipóxia ou normóxia: treinamento em normóxia+recuperação em normóxia (G_N); treinamento em normóxia+recuperação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

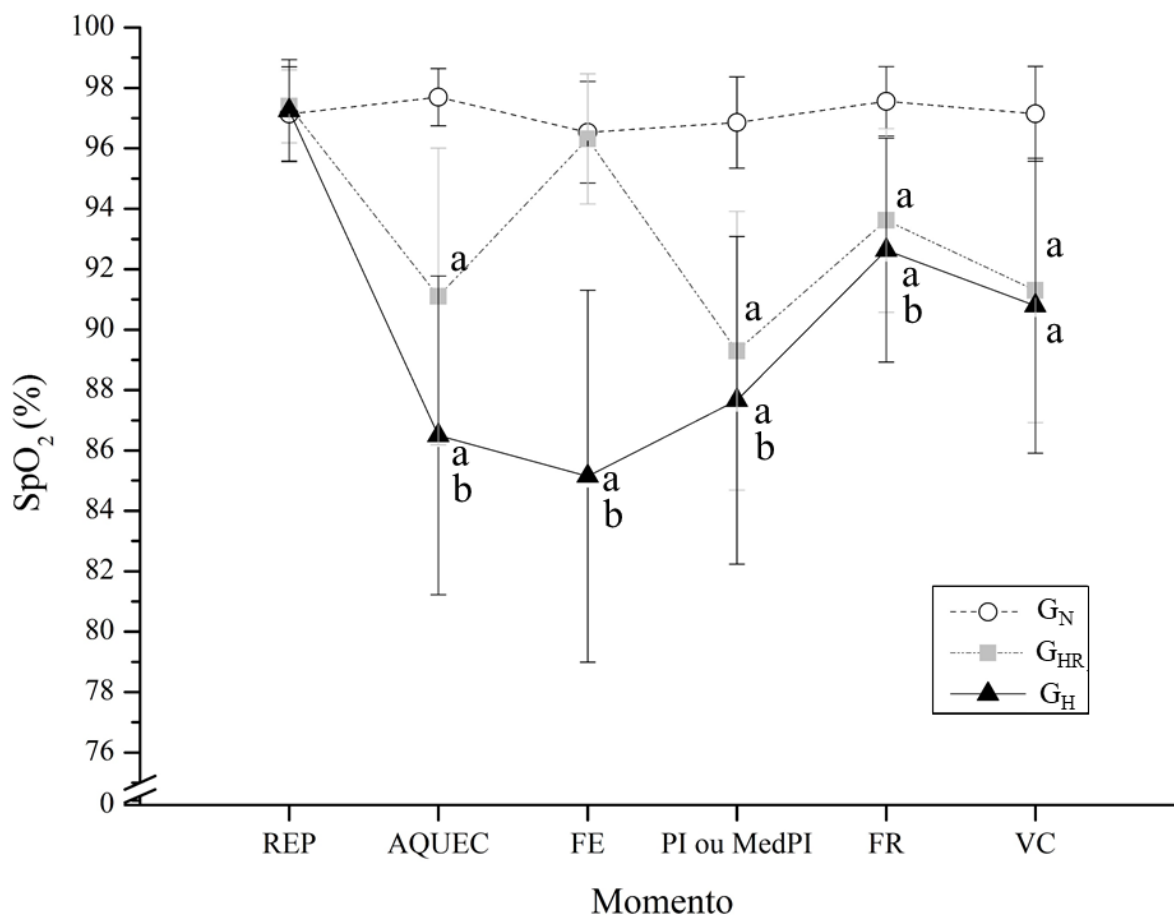
A SpO_2 média, a partir dos valores ao longo dos treinos, foram diferentes ($p < 0,05$), sendo 96,9%(0,7), 91,9%(2,4) e 88,7%(2,2) para G_N , G_{HR} e G_H respectivamente, indicando a eficácia do protocolo proposto e a magnitude na redução da SpO_2 a partir do estímulo hipóxico. Esta diminuição apresenta 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 SpO₂ em função do tempo de exposição a hipóxia.

Figura 2 - Cinética e comparação da SpO₂ média de cada momento de uma série com os dados de todo o estudo



G_N=normóxia; G_{HR}=hipóxia recuperação; G_H=hipóxia. REP=repouso; AQUEC=aquecimento; FE=final de esforço; PI=pico inferior (G_{HR}); MedPI=média entre FE e FR (G_N e G_H); FR=final da recuperação; VC=volta a calma. a=p<0,05 comparado ao G_N; b=p<0,05 comparado ao G_{HR}.

Fonte: autoria própria

A SpO₂ do G_N não apresentou diferença na comparação intragrupo ao final de cada momento. Para o G_{HR}, a SpO₂ somente foi diferente nos momentos em hipóxia, exceto no final da recuperação, enquanto que a SpO₂ do G_H 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 SpO₂ intragrupo ao final de cada momento

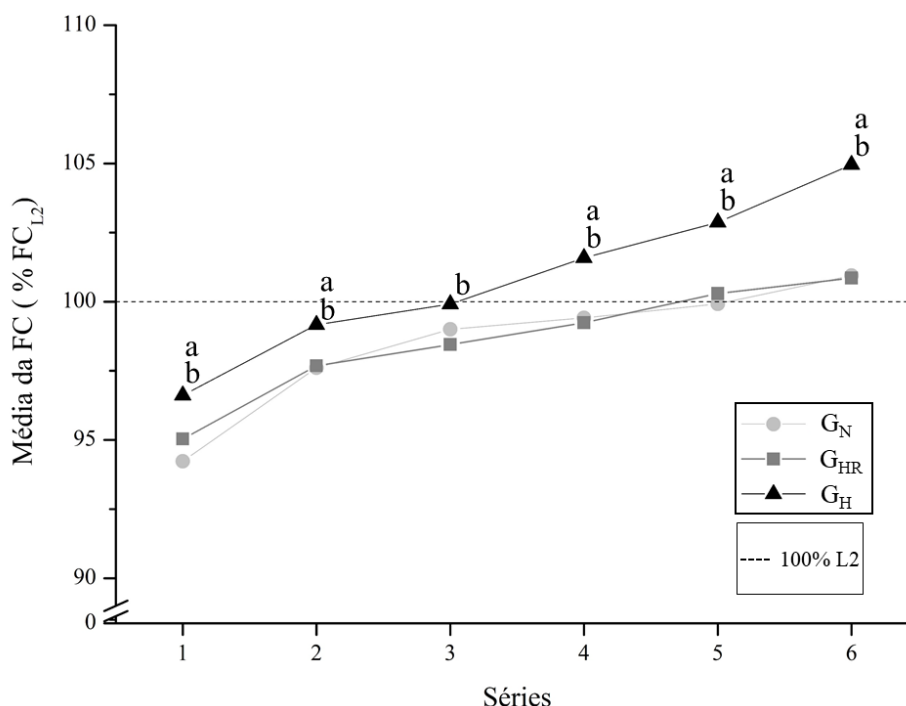
Grupo	n	Momentos da Série					
		REP	AQUEC	FE	PI/MedPI	FR	VC
G _N	19	97,1(1,6)	97,7(0,9)	96,5(1,7)	96,9(1,4)	97,6(1,1)	97,1(1,6)
G _{HR}	18	97,4(1,2)	91,1(4,9) ^a	96,3(2,2) ^b	89,3(4,6) ^{ac}	93,6(3,0) ^a	91,3(4,4) ^{ac}
G _H	20	97,3(1,7)	86,5(5,3) ^a	85,2(6,2) ^a	88,2(5,1) ^a	92,6(3,7) ^c	90,8(4,9) ^{ac}

G_N=normóxia; G_{HR}=hipóxia recuperação; G_H=hipóxia. REP=repouso; AQUEC=aquecimento; FE=final de esforço; PI=pico inferior (G_{HR}); MedPI=média entre FE e FR (G_N e G_H); 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_{HR} e G_N para os valores de FC ao longo das séries. A FC do G_H foi diferente dos G_N e G_{HR}, 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_{L2} ao longo das séries



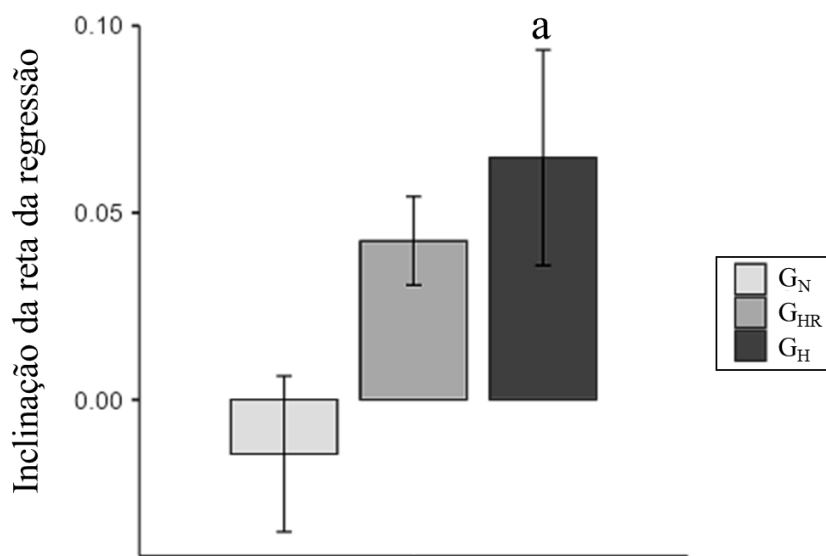
G_N =normóxia; G_{HR} =hipóxia recuperação; G_H =hipóxia. $100\%L_2=FC$ referente ao L_2 . $a=p<0,05$ comparado ao G_N ; $b=p<0,05$ comparado ao grupo G_{HR} .

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 O₂ 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 O₂ 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.
- 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.