

Efeito da reabilitação cardiopulmonar e metabólica em pacientes que apresentaram dessaturação da oxihemoglobina induzida pelo exercício após alta hospitalar pela COVID-19: série de casos

Effect of cardiopulmonary and metabolic rehabilitation in patients with exercise-induced oxyhemoglobin desaturation after hospital discharge from COVID-19: case series

Aline Soares de Souza¹ 
Juliana Bueno Macedo² 
Thiago Fernandes Pinto³ 

Laion Rodrigo do Amaral Gonzaga⁴ 
Marco Aurélio Nunes Pereira⁵ 
Márcia Isabel Bittencourt⁶ 

¹Autora para correspondência. Hospital Militar de Área de São Paulo (São Paulo). São Paulo, Brasil. soares.alinesouza@gmail.com
²⁻⁶Hospital Militar de Área de São Paulo (São Paulo). São Paulo, Brasil. julianamacedo.eb@gmail.com, thiagofernandes.6885@gmail.com, laiongonzaga31@gmail.com, marcomeg@uol.com.br, mbittencourt.fisio@gmail.com

RESUMO | INTRODUÇÃO: A dessaturação da oxihemoglobina induzida pelo exercício em pacientes pós-COVID-19 parece estar associada à redução da difusão e dos volumes pulmonares, à maior dispneia e baixa capacidade funcional, sendo relacionada à maior mortalidade e pior prognóstico. A reabilitação cardiopulmonar e metabólica (RCPM) é relevante, pois visa restaurar a funcionalidade, tolerância ao esforço e a qualidade de vida (QV). **OBJETIVO:** Verificar os efeitos da RCPM em pacientes que apresentaram dessaturação da oxihemoglobina induzida pelo exercício após alta hospitalar pela COVID-19 e ainda observar a diferença entre os treinamentos contínuo de moderada intensidade (TCMI) e o intervalado de alta intensidade (TIAI) na tolerância ao esforço, nos sintomas e na QV. **MÉTODOS:** Trata-se do relato de uma série de 4 casos que foram hospitalizados por COVID-19 e que após alta hospitalar apresentaram dessaturação da oxihemoglobina induzida pelo esforço durante o teste do degrau de 6 minutos (TD6). Os pacientes foram avaliados por meio de espirometria de repouso, mensuração da força da musculatura inspiratória, TD6, teste da caminhada de 6 minutos (TC6), teste de repetições máximas do quadríceps e bíceps braquial e responderam ao questionário SF-36 de QV. Submetidos a um protocolo de treinamento contendo treino da musculatura inspiratória e treino resistido para grandes grupos musculares, adicionalmente, 2 pacientes fizeram TCMI (com 60-80% da frequência cardíaca de reserva (FCR)) e 2 TIAI (com 40% da FCR na fase *off*, durante 4 minutos e 80 a 100%, na fase *on*, durante 2 minutos) em esteira por 30 minutos e, por fim, após 3 meses foram reavaliados. **RESULTADOS:** Observou-se aumento da tolerância ao esforço, da força muscular inspiratória e periférica, além da melhora da QV e redução dos sintomas em todos os pacientes após a RCPM, porém houve incrementos maiores nos pacientes submetidos ao TIAI comparados ao TCMI na distância percorrida em metros (caso 1 - 156 (23% de incremento); caso 3 - 168 (40%)) versus (caso 2 e 4 - 60 metros, com incrementos de 9% e 14%, respectivamente) e maior número de degraus (caso 1 - 28 (23% de aumento); caso 3 - 37 (34%)) versus (caso 2 - 2 (2% incremento); caso 4 - 15 (21%)). **CONCLUSÃO:** A RCPM apresentou efeitos positivos, com incremento da capacidade funcional e melhora da QV, além da redução dos sintomas durante o esforço, particularmente nos pacientes submetidos ao TIAI.

PALAVRAS-CHAVE: COVID-19. Hipoxemia. Reabilitação. Exercício Físico. Qualidade de Vida. Fisioterapia.

ABSTRACT | INTRODUCTION: Exercise-induced oxyhemoglobin desaturation in post-COVID-19 patients appears to be associated with reduced diffusion and lung volumes, greater dyspnea and low functional capacity, being related to higher mortality and worse prognosis. Cardiopulmonary and metabolic rehabilitation (CPMR) is relevant, as it aims to restore functionality, exercise tolerance and quality of life (QoL). **OBJECTIVE:** To verify the effects of CPMR in patients who presented exercise-induced oxyhemoglobin desaturation after hospital discharge due to COVID-19 and also to observe the difference between moderate-intensity continuous training (MICT) and high intensity interval training (HIIT) on effort tolerance, symptoms and QoL. **METHODS:** This is the report of a series of 4 cases who were hospitalized for COVID-19 and who, after hospital discharge, presented exertion-induced oxyhemoglobin desaturation during the 6-minute step test (6MST). Patients were assessed using spirometry at rest, measurement of inspiratory muscle strength, 6MST, 6-minute walk test (6MWT), quadriceps and biceps brachii maximum repetitions test, and answered the SF-36 QoL questionnaire. Submitted to a training protocol containing training of the inspiratory muscles and resistance training for large muscle groups, additionally, 2 patients underwent CMIT (with 60-80% of heart rate reserve) and 2 HIIT (with 40% of HR reserve in the off, for 4 minutes and 80 to 100%, in the on phase, for 2 minutes) on a treadmill for 30 minutes, finally, after 3 months, they were reassessed. **RESULTS:** There was an increase in effort tolerance, inspiratory and peripheral muscle strength, in addition to an improvement in QoL and a reduction in symptoms in all patients after CPMR, but there were greater increments in patients submitted to HIIT compared to CMIT in the distance covered in meters (case 1 - 156 (23% increment); case 3 - 168 (40%)) versus (case 2 and 4 - 60 meters, with increments of 9% and 14%, respectively) and greater number of steps (case 1 - 28 (23% increase); case 3 - 37 (34%)) versus (case 2 - 2 (2% increment); case 4 - 15 (21%)). **CONCLUSION:** CPMR had positive effects, with an increase in functional capacity and improvement in QoL, in addition to a reduction in symptoms during exertion, particularly in patients undergoing HIIT.

KEYWORDS: COVID-19. Hypoxemia. Rehabilitation. Physical Exercise. Quality of Life. Physiotherapy.

Como citar este artigo: Souza AS, Macedo JB, Pinto TF, Gonzaga LRA, Pereira MAN, Bittencourt MI. Efeito da reabilitação cardiopulmonar e metabólica em pacientes que apresentaram dessaturação da oxihemoglobina induzida pelo exercício após alta hospitalar pela COVID-19: série de casos. Rev Pesqui Fisioter. 2023;13:e4887. <http://dx.doi.org/10.17267/2238-2704rpf.2023.e4887>

Introdução

O declínio da capacidade funcional e da tolerância ao esforço são condições frequentes nos pacientes após a fase aguda da doença pelo coronavírus 2019 (COVID-19) até longo prazo, principalmente naqueles pacientes que foram hospitalizados e que evoluíram com alteração da função pulmonar.¹ Os desfechos na função pulmonar após a COVID-19 ainda não são claros, mas alguns dados sugerem redução da difusão e dos volumes pulmonares associada a uma maior dispneia e dessaturação da oxihemoglobina resultando em piora da capacidade funcional, sendo mais expressivos quanto maior a gravidade da doença.²⁻³

A dessaturação da oxihemoglobina induzida pelo exercício é uma complicação frequente em pacientes com doenças pulmonares crônicas, especialmente as doenças intersticiais com restrição dos volumes pulmonares e baixa capacidade de difusão pulmonar, sendo um fato associado à maior mortalidade e pior prognóstico e é considerado queda da saturação periférica de oxigênio (SpO₂) quando a diferença entre o pico do esforço e o repouso é $\geq 4\%$.⁴ A queda da SpO₂ durante o exercício nos pacientes pós-COVID-19 pode ser por distúrbios da ventilação/perfusão como o aumento da ventilação desperdiçada no espaço morto, ocasionando ineficiência ventilatória e consequentemente maior dispneia no esforço ou em resposta ao baixo condicionamento físico.⁵⁻⁶ Desta forma a reabilitação cardiopulmonar e metabólica (RCPM) com ênfase em exercícios físicos é de suma importância para restituir a funcionalidade, tolerância ao esforço e a qualidade de vida (QV) dos pacientes pós-COVID-19.⁶⁻⁷

Os benefícios, os cuidados, bem como os critérios para a prescrição de exercício na RCPM em condição pós-COVID-19, especialmente para os pacientes com dessaturação da oxihemoglobina induzida pelo exercício ainda não estão bem estabelecidos na literatura.⁵⁻⁶

Portanto, o objetivo dessa série de casos foi elucidar o efeito da RCPM em pacientes que apresentaram dessaturação da oxihemoglobina induzida pelo exercício após alta hospitalar pela COVID-19. Adicionalmente, buscou-se verificar a diferença entre os treinamentos contínuo de moderada intensidade (TCMI) e o intervalado de alta intensidade (TIAI) na tolerância ao esforço, nos sintomas e na QV.

Descrições dos casos

Esta série de casos relata a RCPM de quatro pacientes que foram hospitalizados por COVID-19 e após alta hospitalar apresentaram dessaturação da oxihemoglobina induzida pelo esforço durante o teste de degrau de 6 minutos (TD6), caracterizada pela queda $\geq 4\%$ da SpO₂ no final do teste.⁴

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Escola Paulista de Ciências Médicas, com CAAE 58060122.2.0000.9887. E então os pacientes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Dados dos pacientes

Caso 1

Homem, 58 anos, com hipertensão arterial sistêmica (HAS), diabetes mellitus (DM), obesidade, ex-tabagista e em uso de Januvia e Irbesartan Hidroclorotiazida. Foi internado na unidade de terapia intensiva (UTI) por tosse, fadiga, mialgia, febre, taquipneia e queda da SpO₂ associada a hipoxemia leve e comprometido de 50% do parênquima pulmonar visto pela tomografia computadorizada (TC) de tórax. Realizou ventilação não invasiva (VNI) com fração inspirada de oxigênio (FIO₂) de 50-55% durante 1 hora de 2 a 3 períodos por dia, e, também utilizou cateter nasal (CN) de 2 a 4 L/minuto de O₂. Permaneceu na UTI por 7 dias e teve alta no nono dia.

Caso 2

Homem, 60 anos, com HAS, dislipidemia (DLP), obesidade, e usando Enalapril e Rosuvastatina. Foi admitido na unidade de internação (UI) por quadro de tosse, febre, baixa SpO₂, dispneia ao repouso e padrão em vidro fosco em mais de 50% do parênquima pulmonar em TC. Foi necessário o uso de máscara com reservatório (MR) a 10 L/minuto, fez uso de VNI por períodos (2-4 horas diárias) entretanto sempre manteve hipoxemia leve. Após 2 dias, houve piora do padrão ventilatório, sendo transferido para UTI, necessitando de intubação orotraqueal (IOT), drogas vasoativas,

evoluindo com choque séptico de foco pulmonar e tromboembolismo pulmonar (TEP). Permaneceu 7 dias intubado e teve sucesso na extubação, após 16 dias de UTI recebeu alta para UI, onde ficou por mais 49 dias devido evoluir com litíase renal e necessidade de ureterolitotripsia com colocação de duplo J, sepse de foco urinário e desmame difícil do O2. Totalizou 68 dias de internação até receber alta hospitalar.

Caso 3

Mulher, 56 anos, com HAS, DM, insuficiência vascular periférica e em uso de Gliclazida, Janumet, Anlodipino e Hidroclorotiazida. Foi hospitalizada na UTI por sintomas de dispneia e fadiga associados a vômitos, taquipneia, SpO2 limítrofe com hipoxemia leve, mesmo em uso de 15 L/minuto de MR e apresentou TC de tórax com comprometimento de 50% do parênquima pulmonar. Manteve-se na UTI por 8 dias, onde foi realizada prona espontânea e desmame do O2 e então, foi transferida para UI, permanecendo por mais 4 dias até alta hospitalar.

Caso 4

Mulher, 51 anos, com hipotireoidismo, espondilite anquilosante, DLP, obesidade, ansiedade e sob uso de Pregabalina, Puran, Naproxeno, Pantoprazol, Pitavastatina e Venlafaxina. Apresentou sintomas de anosmia, mialgia, cefaleia, mal estar, tosse e após 5 dias foi hospitalizada na UI por dispneia, queda da SpO2, TC de tórax evidenciando 50-75% de comprometimento do parênquima pulmonar, sendo necessário o uso de altas concentrações de O2 e uso de VNI por períodos (1-3 horas por dia). Depois de 5 dias progrediu com piora importante do padrão ventilatório e foi transferida para UTI com indicação de IOT. Durante o período de IOT apresentou: hipoxemia refratária de difícil controle associada a 2 ciclos de pronação; TEP; choque séptico de foco pulmonar e desmame prolongado com necessidade de traqueostomia. Permaneceu na UTI por 22 dias e teve alta para UI, onde foi realizado o desmame e a decanulação da traqueostomia. Depois de 41 dias de internação, a paciente teve alta hospitalar.

Todos os pacientes realizaram fisioterapia (respiratória e motora) durante toda a internação e após alta

foram encaminhados para o ambulatório de fisioterapia devido a limitação funcional.

Avaliação e intervenção

A avaliação inicial ocorreu entre 15 e no máximo 20 dias após a alta hospitalar, conforme orientação médica e Diretriz Brasileira de Cardiologia.⁸

Na avaliação os pacientes foram submetidos à: 1) anamnese e coleta de dados antropométricos; 2) aplicação do questionário SF-36 de QV; 3) espirometria de repouso por meio do equipamento *MiniSPIR*, *Mir Medical International Research, Italy*, seguindo os procedimentos da *Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*⁹; 4) avaliação da força da musculatura inspiratória, por meio da obtenção da pressão inspiratória máxima (pimax), com aparelho *PowerBreathe Medic KH2* de acordo com *Sociedade Torácica Americana e Europeia*¹⁰; 5) TD6, no qual os pacientes subiam e desciam um degrau com 20 centímetros de altura e 50 de comprimento durante 6 minutos, sendo que a frequência cardíaca (FC) e SpO2 foram acompanhadas, com um oxímetro portátil da marca *Alfamed*, no final a escala subjetiva de esforço (BORG) foi aplicada para verificar dispneia e cansaço de membros inferiores (MI)¹¹; 6) teste da caminhada de 6 minutos (TC6) levando em consideração as diretrizes para tal teste¹² e o teste de repetições máximas do quadríceps e bíceps braquial do membro não dominante para determinação de 1 repetição máxima (1RM).¹³

Posteriormente foram submetidos a um protocolo de treinamento físico durante 3 meses com uso de oxigênio (O2) suplementar por meio de cateter nasal (sempre que necessário) e foram divididos em 2 tipos de treinos em esteira rolante, TCMI ou TIAI conforme demonstrado no quadro 1. O caso 2 e 4 fizeram o TCMI e o 1 e 3 o TIAI. Ao final do protocolo foram reavaliados pelos mesmos critérios iniciais. Os valores previstos para o TD6, TC6 e pimáx levaram em consideração os valores para a população brasileira.¹⁴⁻¹⁶

Os dados estão apresentados em número, porcentagem do predito, diferença entre avaliação e reavaliação, e porcentagem de incremento (diferença entre avaliação e reavaliação/reavaliação X 100).

Quadro 1. Protocolo de treinamento da reabilitação cardiopulmonar e metabólica

Procedimento	Protocolo	
Treino muscular inspiratório	Com <i>PowerBreathe Medic Plus</i>	
Carga	50% da $\dot{V}_{\text{Máx}}$ ¹⁷	
Volume	2 vezes por semana 2 séries de 30 respirações	
Treino aeróbico	Em esteira rolante com suplementação de O ₂ para uma SpO ₂ ≥ 93%.	
Carga	TCMI 60 a 80% da FC de reserva (<i>Karvonen</i>) ¹⁸	TIAI 40% da FC de reserva na fase <i>off</i> , durante 4 minutos e 80 a 100%, na fase <i>on</i> , durante 2 minutos, totalizando quatro ciclos ¹⁹
Volume	2 vezes por semana durante 30 minutos	
Treino resistido	Com caneleiras, halteres e aparelhos de musculação	
Carga	60 a 80% de 1 repetição máxima	
Volume	2 vezes por semana 2 séries de 12 repetições	

Fonte: Os autores (2023).

Resultados

Todos os quatro pacientes mostrados nesta série de casos apresentaram algumas características basais similares, sendo elas: a) foram internados na UTI por mais de 7 dias com acometimento pulmonar da TC de tórax de 50% ou mais; b) fizeram uso de altas concentrações de O₂ (>7L/min ou FIO₂ >50%); c) tinham idade superior a 50 anos; d) capacidade inspiratória (CI) e capacidade vital lenta (CVL) reduzidas; e) metragem no TC6 e número de degrau do TD <80% do previsto; f) dessaturação da oxihemoglobina durante o TD6 e h) baixos escores de QV. Além disso, 3 eram obesos; 2 eram diabéticos e hipertensos e apenas um caso apresentou $\dot{V}_{\text{Máx}}$ reduzida (Tabela 1).

Na avaliação da tolerância ao esforço, os pacientes que fizeram TIAI apresentaram maior ganho de distância percorrida em metros (caso 1- 156 (23% de incremento); caso 3 - 168 (40%)) versus (caso 2 e 4 - 60, com incrementos de 9% e 14%, respectivamente) e maior número de degraus (caso 1- 28 (23% de aumento); caso 3- 37 (34%)) versus (caso 2 - 2 (2% incremento); caso 4 - 15 (21%)), conforme Figura 1.

Com relação à força muscular respiratória e periférica, os pacientes do TIAI apresentaram incrementos mais expressivos. A $\dot{V}_{\text{Máx}}$ aumentou 19% e 34% no TIAI versus 17% e 13% no TCMI como demonstrado na tabela 1. Já na 1 RM, os casos 1 e 3 (TIAI) conseguiram maiores ganhos, tanto no membro superior quanto no inferior comparados aos casos 2 e 4 (TCMI), 33% e 43% versus 33% e 0%, 51% e 52% versus 41% e 0%, respectivamente, tais dados estão expostos na Figura 2.

O O2 suplementar durante o exercício foi retirado ao longo de aproximadamente 8 sessões de RCPM em 3 pacientes, apenas o caso 2 fez uso por 12 sessões.

Os casos 1, 3 e 4 não apresentaram dessaturação da oxihemoglobina durante o TD6 na reavaliação, apenas o caso 2 continuou com dessaturação da oxihemoglobina. Observa-se que as capacidades pulmonares desse paciente se mantiveram em valores abaixo de 80% (Tabela 1).

Na Tabela 1 podemos constatar que houve ganhos dos volumes e capacidades pulmonares e ausência da dessaturação da oxihemoglobina ao final do TD6 (em 3 casos, exceto o caso 2). A QV avaliada pelo questionário SF-36 melhorou e o sintoma de dispneia no pico do TD6 foi menor em todos os pacientes, no entanto o cansaço de MI foi reduzido em 2 casos, 2 e 3 (Figura 4).

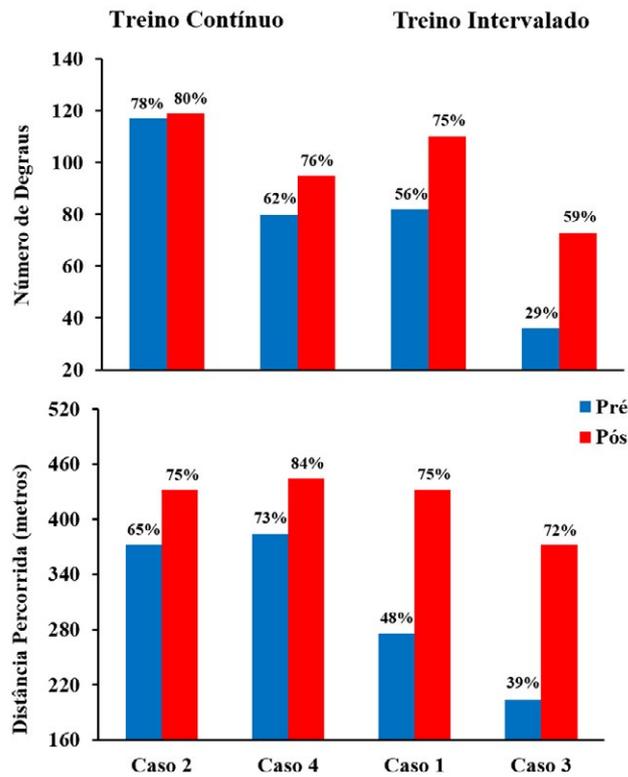
Tabela 1. Dados pré e pós-programa de reabilitação cardiopulmonar e metabólica em quatro pacientes em pós-COVID 19

	Caso 1		Caso 2		Caso 3		Caso 4	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Função muscular inspiratória								
Pressão inspiratória máxima, cmH ₂ O (% previsto)	103 (83)	127 (103)	112 (100)	135 (120)	44 (53)	67 (81)	87 (102)	100 (117)
Espirometria de Repouso								
CVF, L (% previsto)	3,08 (67)	4,21 (93)	2,41 (53)	3,18 (72)	1,65 (55)	2,37 (81)	2,55 (82)	2,80 (90)
VEF ₁ , L (% previsto)	3,06 (119)	3,60 (143)	2,08 (58)	2,81 (114)	1,53 (66)	2,07 (87)	2,26 (89)	2,45 (96)
VEF ₁ / CVF, %	99,4	85,5	86,3	88,4	92,3	87,3	88,6	87,5
FEF _{25-75%} , L (% previsto)	5,16 (165)	4,78 (155)	2,43 (80)	3,70 (121)	1,78 (79)	2,73 (121)	3,05 (126)	3,81 (158)
CVL, L (% previsto)	2,94 (64)	5,28 (115)	2,20 (48)	2,99 (68)	1,30 (45)	2,34 (80)	2,13 (68)	2,68 (86)
CI, L (% previsto)	1,61 (47)	3,22 (94)	0,97 (30)	1,79 (55)	0,58 (27)	0,99 (47)	1,41 (65)	1,70 (78)
Teste da caminhada de 6 minutos								
Δ Distância percorrida _(pós-pré)	156		60		168		60	
Teste do degrau de 6 minutos								
FC _{pico} (% da máxima)	105 (65)	129 (80)	157 (98)	141 (88)	134 (82)	116 (71)	143 (85)	149 (88)
SpO _{2pico}	87	98	87	90	91	100	91	95
Δ SpO _{2(pico-reposo)}	11	0	10	8	5	0	7	2
Δ Número de degraus _(pós-pré)	28		2		37		15	

CVF: capacidade vital forçada; VEF1: volume forçado no primeiro segundo; FEF25-75%: fluxo expiratório forçado entre 25-75% da capacidade vital forçada; CVL: capacidade vital lenta; CI: capacidade inspiratória e SpO₂: saturação de pulso de oxigênio.

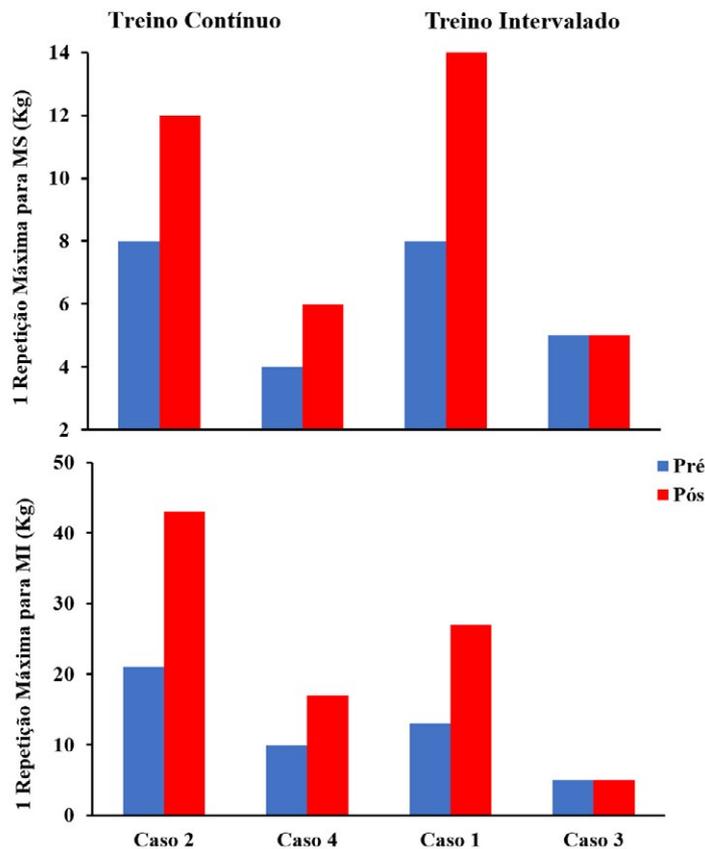
Fonte: Os autores (2023).

Figura 1. Teste do degrau e da caminhada de 6 minutos pré e pós protocolo de reabilitação cardiopulmonar e metabólica



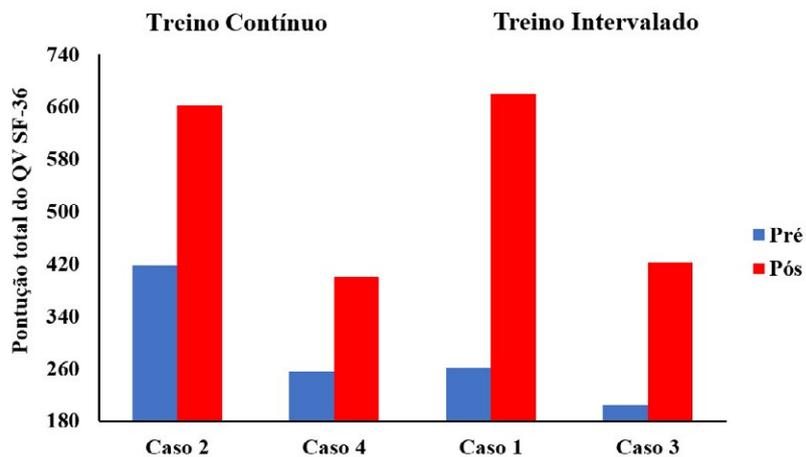
Fonte: Os autores (2023).

Figura 2. Teste 1 repetição máxima para membro superior e inferior pré e pós protocolo de reabilitação cardiopulmonar e metabólica



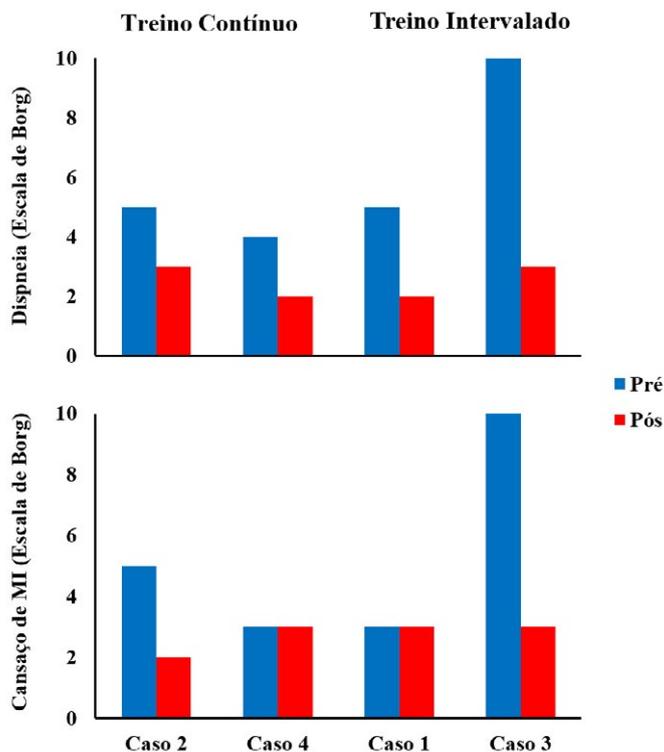
Fonte: Os autores (2023).

Figura 3. Pontuação total do questionário de qualidade de vida SF-36 pré e pós protocolo de reabilitação cardiopulmonar e metabólica



Fonte: Os autores (2023).

Figura 4. Respostas sensoriais no final do teste do degrau de 6 minutos pré e pós protocolo de reabilitação cardiopulmonar e metabólica



Fonte: Os autores (2023).

Discussão

Essa série de casos com 4 pacientes após alta hospitalar pela COVID-19 que apresentam dessaturação da oxihemoglobina durante o esforço mostrou que 3 meses de RCPM resultou em ganhos funcionais consideráveis, com incremento da tolerância ao esforço, da capacidade funcional, da força muscular periférica e inspiratória, associado a menores sintomas de dispnéia e cansaço de MI durante o exercício e melhor QV, particularmente nos submetidos ao TIAI. Além disso, houve ausência de dessaturação da oxihemoglobina durante o TD6 e normatização da função pulmonar na reavaliação em 3 de 4 casos.

As consequências das alterações na função pulmonar e na capacidade funcional, a longo prazo, nos pacientes pós-COVID-19, ainda são pouco estabelecidas, mas alguns estudos demonstraram que dos pacientes que evoluíram para infecção grave, pelo menos 50% apresentaram redução na funcionalidade pulmonar e na capacidade de esforço.^{2,20-21}

Estas complicações provavelmente são causadas pela resposta inflamatória exacerbada associada a uma “tempestade de citocinas” pro-inflamatórias e outros fatores como uso de altas concentrações de O₂, tempo prolongado de ventilação mecânica, sendo que essas razões resultam em lesão de diversos órgãos como os pulmões, coração, cérebro, rins, vasos sanguíneos, fígado, músculos, nervos, entre outros.²²

O O₂ é a terapia mais utilizada em pacientes hospitalizados com COVID-19. Nos casos mais graves pode haver a necessidade do uso de altas concentrações e tempo de administração prolongado. A hiperóxia é essencial para manter a oxigenação adequada a curto prazo, no entanto pode haver consequências adversas a longo prazo sobre o parênquima pulmonar, tais como alterações em respostas imunológicas, metabólicas, hemodinâmicas e na função da barreira alvéolo-capilar, que consequentemente levam a remodelação e fibrose pulmonar. A exposição significativa à hiperóxia em pacientes com COVID-19 pode ser inevitável para preservar a vida, portanto essas sequelas sobrepostas aos efeitos citopáticos do vírus SARS-CoV-2 impactam negativamente na patogênese da lesão pulmonar induzida pelo COVID-19.²³

Todos os pacientes dessa série de casos fizeram uso de altas concentrações de O₂ (>7L/min ou FIO₂ >50%),

3 foram submetidos a VNI, sendo que 2 falharam a VNI e precisaram ser IOT. Outro fator de gravidade para a COVID-19 é obesidade e, nessa série de casos, 3 de 4 pacientes eram obesos e todos evoluíram para caso grave e consequentemente para maior limitação funcional, na pós alta hospitalar.¹

A dessaturação da oxihemoglobina durante o esforço no pós-COVID-19 parece estar associado ao prejuízo da função pulmonar, como por exemplo, fibrose pulmonar e redução da capacidade de difusão^{3,20}, tais alterações ocasionam distúrbios da ventilação/perfusão como o aumento da ventilação desperdiçada no espaço morto, levando a ineficiência ventilatória⁵, portanto a identificação precoce desse perfil de pacientes pode auxiliar na indicação de RCPM e uso suplementar de O₂ durante o exercício²⁰, tornando a terapia física mais tolerante e segura, visto que a hipoxemia leva a danos orgânicos consideráveis e está associada à maior mortalidade e pior prognóstico.⁴

A queda da SpO₂ durante o exercício, apresentada nos 4 pacientes avaliados nessa série de caso, tem efeito negativo na tolerância ao esforço resultando em redução da capacidade de exercício e do descondiçãoamento físico.²⁰ Vale ressaltar que todos nossos pacientes tiveram um desempenho $\leq 80\%$ do predito no TD6 e no TC6 no pré RCPM.

A baixa capacidade de exercício e o maior descondiçãoamento físico no pós-COVID-19 provavelmente não estão relacionadas apenas às alterações pulmonares, cardíacas e musculares diretas, mas também à disfunção autonômica e endotelial em função da infecção exagerada e dos mecanismos autoimunes que afetam os neurônios e o endotélio. Estas disfunções acarretam em ineficiência ventilatória, padrão taquipneico, desordem no tônus vasomotor periférico que explicam o fornecimento/extração de O₂ prejudicada, além de falha na pré-carga cardíaca e taquicardia postural. Adicionalmente alterações no metabolismo e na produção de lactato também estão presentes.²⁴

Diante do exposto, programas de RCPM com ênfase em exercícios físicos são primordiais no processo de recuperação funcional dos pacientes pós-COVID-19. Até o momento, há evidências sugerindo que treinos individualizados e abrangentes devem ser prescritos de acordo com a condição física, limitações e sintomatologia de cada paciente. Fatores como intensidade e duração do esforço são determinantes

necessários para as adaptações fisiológicas do treinamento e quanto maior a intensidade maior serão os benefícios fisiológicos.⁷

Na comparação entre treinos nessa série de caso, o TIAI gerou maiores ganhos em comparação com o TCMI, o que corrobora com Turri-Silva et al.²⁵, que verificaram efeito superior do treinamento de alta intensidade, em relação a treinos de intensidade menor, no condicionamento cardiorrespiratório, força muscular e no desempenho físico em pacientes com insuficiência cardíaca. Nos pacientes pós COVID-19 o TIAI poderá gerar melhores ganhos fisiológicos por prevenir alto acúmulo de lactato e permitir mais estímulos de exercícios intensos para os músculos periféricos com menor trabalho cardíaco e menor hiperventilação induzido por exercício.⁷

O caso 2, que foi submetido a TCMI, foi o único paciente que continuou com dessaturação da oxihemoglobina no TD6 após 3 meses de RCPM, vale a pena salientar que ele teve o maior tempo de internação (68 dias), desmame difícil do O₂ e valores abaixo de 80% do predito da capacidade vital forçada (CVF), CVL e da CI na reavaliação.

Finalmente, a RCPM é uma intervenção fundamental para o manejo de pacientes com doenças cardiopulmonares crônicas que apresentam sintomas graves e persistentes de intolerância ao esforço.⁷ Fato substanciado pelas evidências que apontam melhorias na capacidade de exercício e na capacidade funcional, além do mais, nos últimos anos há fortes comprovações que a RCPM resulta em redução no número de exacerbações/descompensações, e consequentemente nas hospitalizações.²⁶

Este estudo apresenta algumas limitações. A capacidade de difusão ao monoácido de carbono não foi mensurada, exame que poderia comprovar a associação entre baixa difusão e dessaturação da oxihemoglobina durante o esforço; além disso, o teste de exercício cardiopulmonar que é padrão ouro para avaliar os fatores limitantes do esforço e para melhor prescrição do treino aeróbico não foi realizado. Por fim, por se tratar de uma série de casos há baixa representatividade e possibilidade de generalização dos dados, portanto estudos clínicos randomizados são necessários para elucidar os efeitos e benefícios da RCPM, bem como qual melhor ou mais indicado

tipo de treinamento para pacientes após a fase aguda da COVID-19.

Conclusão

A RCPM promoveu ganhos funcionais importantes com incremento da capacidade funcional e melhora da QV, além da redução dos sintomas durante o esforço. Adicionalmente, houve maiores benefícios nos pacientes submetidos ao TIAI.

Agradecimentos

Os autores agradecem a participação dos pacientes e aos profissionais do Hospital Militar de Área de São Paulo (HMASP) que contribuíram para o desenvolvimento desta série de casos.

Contribuições dos autores

Souza AS planejou, conduziu as avaliações, analisou os dados e redigiu o manuscrito. Macedo JB coletou os dados e participou do planejamento do estudo. Pinto TF analisou os dados e revisou o manuscrito. Gonzaga LRA conduziu as avaliações e analisou os dados. Pereira MAN participou do planejamento do estudo e revisou o manuscrito. Bittencourt MI planejou o estudo e revisou o manuscrito. Todos os autores tiveram acesso total aos dados do estudo e apoiaram a publicação, bem como leram a versão final deste manuscrito e concordaram em ser submetido a esta revista para possível publicação.

Conflitos de interesses

Nenhum interesse financeiro, legal ou político de competição com terceiros (governo, comercial, fundação privada, etc.) foi divulgado para qualquer aspecto do trabalho submetido (incluindo, mas não se limitando a, doações, conselho de monitoramento de dados, desenho do estudo, preparação do manuscrito, estatística análise, etc.)

Indexadores

A Revista Pesquisa em Fisioterapia é indexada no [EBSCO](#), [DOAJ](#), [LILACS](#) e [Scopus](#).

EBSCO

DOAJ

LILACS

Scopus®

Referências

1. Ahmed H, Patel K, Greenwood DC, Halpin S, Lewthwaite P, Salawu L. Long-term clinical outcomes in survivors of severe acute respiratory syndrome and Middle East respiratory syndrome coronavirus outbreaks after hospitalization or ICU admission: A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med.* 2020;52(5):jrm00063. <https://doi.org/10.2340/16501977-2694>
2. Lerum TV, Aaløkken TM, Brønstad E, Aarli B, Ikdahl E, Lund KMA, et al. Dyspnoea, lung function and CT findings 3 months after hospital admission for COVID-19. *Eur Respir J.* 2021;57(4):2003448. <https://doi.org/10.1183/13993003.03448-2020>
3. Kalin A, Javid B, Knight M, Inada-Kim M, Greenhalgh T. Direct and indirect evidence of efficacy and safety of rapid exercise tests for exertional desaturation in Covid-19: a rapid systematic review. *Syst Rev.* 2021;10(1):77. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01620-w>
4. Hadeli KO, Siegel EM, Sherrill DL, Beck KC, Enright PL. Predictors of oxygen desaturation during submaximal exercise in 8,000 patients. *Chest.* 2001;120(1):88-92. <https://doi.org/10.1378/chest.120.1.88>
5. Cortés-Telles A, López-Romero S, Figueroa-Hurtado E, Pou-Aguilar YN, Wong AW, Milne KM, et al. Pulmonary function and functional capacity in COVID-19 survivors with persistent dyspnoea. *Respir Physiol Neurobiol.* 2021;288:103644. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2021.103644>
6. Kortianou EA, Mavronasou AS, Sapouna V. Practicalities for Exercise Prescription in Long-COVID-19 Rehabilitation. A Narrative Review. *Medical Research Archives.* 2022;10(5). <https://doi.org/10.18103/mra.v10i5.2801>
7. Liu K, Zhang W, Yang Y, Zhang J, Li Y, Chen Y. Respiratory rehabilitation in elderly patients with COVID-19: A randomized controlled study. *Complement Ther Clin Pract.* 2020;39:101166. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2020.101166>
8. Colombo C, Leitão MB, Avanza Junior AC, Borges SF, Silveira AD, Braga F, et al. Posicionamento sobre Avaliação Pré-participação Cardiológica após a Covid-19: Orientações para Retorno à Prática de Exercícios Físicos e Esportes – 2020. *Arq Bras Cardiol.* 2021;116(6):1213-1226. <https://doi.org/10.36660/abc.20210368>
9. Pereira CAM. Espirometria. *J Pneumol [Internet].* 2002;28(3):S1-S82. Disponível em: <https://www.jornaldepneumologia.com.br/content-suppl/139>
10. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(4):518–624. <https://doi.org/10.1164/rccm.166.4.518>
11. Dal Corso S, Duarte SR, Neder JA, Malaguti C, Fuccio MB, Pereira CAC, et al. A step test to assess exercise-related oxygen desaturation in interstitial lung disease. *Eur Respir J.* 2007;29(2):330-6. <https://doi.org/10.1183/09031936.00094006>
12. Brooks D, Solway S, Gibbons WJ. ATS statement on six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;167(9):1287. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.167.9.950>
13. Akinpelu AO, Iyaniwura JO, Ajagbe BO. The reliability of Berger's table in estimating 1-RM and 10-RM of the elbow flexor muscles in normal young adults. *Sou Afr Journ Physiot.* 2001;57(2):11-15. <https://doi.org/10.4102/sajp.v57i2.499>
14. Iwama AM, Andrade GN, Shima P, Tanni SE, Godoy I, Dourado VZ. The six-minute walk test and body weight-walk distance product in healthy Brazilian subjects. *Braz J Med Biol Res.* 2009;42(11):1080-1085. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2009005000032>
15. Arcuri JF, Borghi-Silva A, Labadessa IG, Sentanin AC, Candolo C, Lorenzo VA. Validity and Reliability of the 6-Minute Step Test in Healthy Individuals: A Cross-sectional Study. *Clin Journ of Sport Med.* 2016;26(1):69-75. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000190>
16. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res.* 1999;32(6):719-27. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X1999000600007>
17. Langer D, Charususin N, Jácome C, Hoffman M, McConnell A, Decramer M, et al. Efficacy of a Novel Method for Inspiratory Muscle Training in People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Phys Ther.* 2015;95(9):1264–73. <https://doi.org/10.2522/ptj.20140245>
18. Karvonen JJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate: a "longitudinal" study. *Ann Med Exp Biol Fenn.* 1957;35(3):307-15. Citado em: PMID: [13470504](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13470504/).
19. Bravo DM, Gimenes AC, Amorim BC, Alencar MC, Berton DC, O'Donnell DE, et al. Excess ventilation in COPD: Implications for dyspnoea and tolerance to interval exercise. *Respir Physiol Neurobiol.* 2018;250:7-13. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2018.01.013>
20. Huang Y, Tan C, Wu J, Chen M, Wang Z, Luo L, et al. Impact of coronavirus disease 2019 on pulmonary function in early convalescence phase. *Respir Res.* 2020;21(1):163. <https://doi.org/10.1186/s12931-020-01429-6>
21. Carlucci A, Paneroni M, Carotenuto M, Bertella E, Cirio S, Gandolfo A, et al. Prevalence of exercise-induced oxygen desaturation after recovery from SARS-CoV-2 pneumonia and use of lung ultrasound to predict need for pulmonary rehabilitation. *Pulmo.* 2021; <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2021.05.008>

22. Costela-Ruiz VJ, Illescas-Montes R, Puerta-Puerta JM, Ruiz C, Melguizo-Rodríguez L. SARS-CoV-2 infection: The role of cytokines in COVID-19 disease. *Cytok Grow Fact Rev.* 2020;54:62-75. <https://doi.org/10.1016/j.cytogfr.2020.06.001>
23. Hanidziar D, Robson SC. Hyperoxia and modulation of pulmonary vascular and immune responses in COVID-19. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* 2021;320(1):L12–L16. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00304.2020>
24. Durstenfeld MS, Sun K, Tahir P, Peluso MJ, Deeks SG, Aras MA, et al. Use of Cardiopulmonary Exercise Testing to Evaluate Long COVID-19 Symptoms in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open.* 2022;5(10):e2236057. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.36057>
25. Turri-Silva N, Vale-Lira A, Verboven K, Quaglioti Durigan JL, Hansen D, Cipriano Jr. G. High-intensity interval training versus progressive high-intensity circuit resistance training on endothelial function and cardiorespiratory fitness in heart failure: A preliminary randomized controlled trial. *PLoS One.* 2021;16(10):e0257607. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257607>
26. O'Donnell DE, Neder JA. Chronic respiratory diseases: The dawn of precision rehabilitation. *Respir.* 2019;24(9):826-827. <https://doi.org/10.1111/resp.13640>