

Efeitos da COVID-19 na espessura diafragmática e desempenho físico de atletas

Effects of COVID-19 on diaphragm thickness and physical performance of athletes

Alliny Souza Farias *

Aline Ortega Soloaga 

Luiz Carlos Rezende 

Sander Fric Zanatto 

Vanessa Mandú da Silva 

Christianne de Faria Coelho-Ravagnani 

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, MS, Brasil

Data da primeira submissão: Abril 5, 2022

Última revisão: Julho 27, 2023

Aceito: Julho 27, 2023

*Correspondência: alliny.farias@hotmail.com

Resumo

Introdução: Estudos sugerem que a espessura diafragmática (ED) está associada à força muscular inspiratória e, conseqüentemente, à melhor eficiência ventilatória e mecânica. Por outro lado, doenças infecciosas como a COVID-19 podem impactar a estrutura e função do aparelho respiratório. **Objetivo:** Avaliar a associação entre a ED e o desempenho físico (DF) de atletas e os efeitos da infecção por COVID-19 sobre esses parâmetros.

Métodos: Trata-se de um estudo transversal envolvendo 63 atletas de diferentes modalidades esportivas, de ambos os sexos (feminino: $16,67 \pm 5,03$ anos, $52,09 \pm 14,01$ kg, $155,90 \pm 13,86$ cm; masculino $23,44 \pm 9,65$ anos, $72,24 \pm 14,18$ kg, $174,84 \pm 6,84$ cm), que foram submetidos à avaliação da ED por meio de ultrassom e, em seguida, ao teste de DF (Yo-Yo test) para determinar o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}). Utilizou-se a correlação de Pearson para verificar a associação entre VO_{2max} e ED, e o teste t de Student para diferenças entre atletas com diagnóstico positivo e negativo para COVID-19. O nível de significância foi ajustado em 5%.

Resultados: Não houve associação entre ED e DF ($r = 0,30$ e $p = 0,22$) e não houve diferença entre os atletas não infectados e infectados por COVID-19 em relação à ED ($57,00 \pm 0,26$ vs $52,00 \pm 0,25\%$; $p = 0,91$) e DF ($43,88 \pm 2,29$ vs $38,34 \pm 13,61$ ml/kg/min; $p = 0,69$). **Conclusão:** A ED não foi associada ao consumo máximo de oxigênio em atletas. Além disso, atletas infectados por COVID-19 não exibiram diferenças no VO_{2max} e ED em relação aos não infectados.

Palavras-chave: Atletas. COVID-19. Diafragma. Desempenho físico.

Abstract

Introduction: Studies suggest that diaphragm thickness (DT) is associated with inspiratory muscle strength and consequently, better ventilatory and mechanical efficiency. On the other hand, infectious diseases such as COVID-19 may impact the structure and function of the respiratory system. **Objective:** Assess the association between DT and the physical performance (PP) of athletes and the effects of COVID-19 infection on these parameters. **Methods:** This is a cross-sectional study of 63 athletes of both sexes from different sport modalities (women: 16.67 ± 5.03 years, 52.09 ± 14.01 kg, 155.90 ± 13.86 cm; men: 23.44 ± 9.65 years, 72.24 ± 14.18 kg, 174.84 ± 6.84 cm), submitted to DT assessment using ultrasound, followed by the PP(Yo-Yo) test) to determine maximum oxygen intake (VO_{2max}). Pearson's correlation was used to determine the association between VO_{2max} and DT, and the Student's t-test for differences between athletes with a positive and negative diagnosis for COVID-19. The significance level was set at 5%. **Results:** There was no association between DT and PP ($r = 0.30$ and $p = 0.22$) or between athletes unaffected and affected by COVID-19 in relation to DT (57.00 ± 0.26 vs $52.00 \pm 0.25\%$; $p = 0.91$) and PP (43.88 ± 2.29 vs 38.34 ± 13.61 ml/kg/min; $p = 0.69$). **Conclusion:** DT was not associated with maximum oxygen intake in athletes. In addition, athletes infected by COVID-19 exhibited no differences in VO_{2max} or DT when compared to nonaffected individuals.

Keywords: Athletes. COVID-19. Diaphragm. Physical performance.

Introdução

Estudos realizados em atletas e indivíduos saudáveis sugerem que a hipertrofia do diafragma, ou seja, o aumento da área de secção transversa, pode resultar em maior força muscular inspiratória e, conseqüentemente, melhor eficiência ventilatória e mecânica pulmonar.^{1,2} A maior espessura muscular diafragmática pode estar relacionada com melhor metabolismo oxidativo, devido à maior densidade capilar, melhor fluxo sanguíneo e maior número de mitocôndrias. Assim, a espessura aumentada poderia estar relacionada com maior captação de oxigênio, melhor consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), menor fadiga e, conseqüentemente, melhor desempenho aeróbio.¹⁻³

A ultrassonografia diafragmática é uma técnica utilizada para avaliar a anatomia e função do diafragma, especificamente a excursão e o espessamento diafragmático. Recentemente o uso do ultrassom (US) para a avaliação diafragmática tem sido cada vez mais explorado na literatura e empregado na avaliação de indivíduos com diferentes doenças pulmonares, inclusive a COVID-19, infecção respiratória aguda causada pelo coronavírus SARS-CoV-2.^{4,5-8}

O US diafragmático tem sido explorado também em indivíduos saudáveis, a fim de investigar a relação entre força e desempenho com espessura e mobilidade deste músculo.^{9,10} Fatores como idade, índice de massa corporal (IMC) elevado, internações hospitalares e doenças pulmonares podem influenciar negativamente a espessura diafragmática.⁷ Em compensação, atletas que realizam treinamento muscular inspiratório demonstram ter espessura diafragmática aumentada, o que pode estar relacionado com melhor tolerância ao exercício e redução na sensação de dispnéia, gerando melhor desempenho em competições.¹¹⁻¹³ Entretanto existem poucos estudos que avaliaram a espessura diafragmática de atletas e de que maneira ela se associa ao desempenho físico, sendo esta técnica escassa quando se trata desta população.

A COVID-19 afeta inúmeros tecidos e sistemas do corpo humano, mas os pulmões são os órgãos mais acometidos e relacionados à maior gravidade e mortalidade.^{14,15} O desenvolvimento da COVID-19 é bastante heterogêneo, podendo ser assintomático, leve ou grave.¹⁶ Em sua forma moderada ou grave, pode deixar sequelas como fadiga, fraquezas musculares e cansaço persistente, o qual pode ser explicado pela capacidade de difusão pulmonar reduzida, comprometimentos pulmonares observados na radiografia pulmonar e redução na mobilidade diafragmática.^{14,15} Já em casos leves e assintomáticos, não existem ainda estudos que realizaram avaliação completa de aspectos da morfologia diafragmática.

A avaliação do diafragma pode ser de grande importância, uma vez que com ela é possível determinar a disfunção diafragmática, avaliar o trabalho respiratório e identificar atrofia do diafragma.¹⁷ A partir desse diagnóstico, processos de reabilitação podem ser indicados, como a recomendação de treinamento muscular respiratório específico para atletas, visando a melhora do rendimento nos treinamentos e competições. Até onde se sabe, contudo, nenhum estudo se propôs a

verificar os efeitos da infecção por COVID-19 sobre a espessura diafragmática de atletas. Dessa maneira, os objetivos deste trabalho foram avaliar a associação entre a espessura diafragmática e o desempenho físico de atletas e verificar os efeitos da infecção por COVID-19 sobre esses parâmetros.

Métodos

De característica transversal e exploratória, este estudo está vinculado ao *Projeto Medalha*, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), e foi aprovado pelo Conselho de Ética em Pesquisa da mesma instituição (no. 2.409.248). A coleta de dados foi realizada na unidade VIII da Faculdade de Educação (FAED/UFMS), sendo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) obrigatoriamente assinado pelos atletas e pesquisadores.

Amostra

Foram incluídos na pesquisa árbitros de futebol e atletas que treinavam sistematicamente em sua respectiva modalidade esportiva com o intuito de melhorar o rendimento/resultados; que haviam participado de competições esportivas no ano anterior à pandemia; que estavam registrados em alguma federação esportiva local, regional ou internacional e tinham o treinamento e competições como principal atividade ou objetivo pessoal, dedicando várias horas de treino diário e semanal para essas atividades (excedendo o tempo dispendido para outras atividades profissionais ou de lazer). Foram excluídos atletas que apresentaram sintomas gripais no momento da avaliação e atletas lesionados com impeditivos para a realização do teste de desempenho físico.

Foram avaliados 63 participantes de ambos os sexos, com idade igual ou superior a 18 anos, com mais de um ano de experiência no esporte, sendo estes competidores das modalidades de karatê (n = 10), ciclismo (n = 6), futebol (n = 17), atletismo (n = 2), natação (n = 1), corrida (n = 2), triatlo (n = 1), lutas (n = 4) e judô (n = 18), além de dois árbitros de futebol, todos filiados a federações esportivas do Mato Grosso do Sul. Para a avaliação dos efeitos da COVID-19 sobre o desempenho físico e espessura diafragmática, foram selecionados 20 atletas, sendo dez infectados pela

doença e dez não infectados. Para cada infectado foi utilizado um controle, pareado por idade, e modalidade esportiva. Todos os atletas infectados eram do sexo masculino. Os participantes foram selecionados de forma não probabilística e por conveniência. Todos os atletas e árbitros infectados e não infectados pela COVID-19 confirmaram o diagnóstico por meio do teste rápido (Antígeno de SARS-CoV-2), realizado antes das competições.

Questionários e entrevista

Os participantes responderam a um questionário on-line obtido no site do *Projeto Medalha*, previamente elaborado e testado pelo grupo de pesquisa do presente estudo, contendo dados de treinamento (tipo de modalidade, especialidade, frequência, intensidade e duração dos treinos, tempo de prática do esporte).

No segundo dia de avaliações, dessa vez de forma presencial, os participantes responderam ao questionário sobre a COVID-19 contendo perguntas sobre o tempo do último diagnóstico, sintomas, internações, interrupção e retorno aos treinamentos. Após a entrevista, os participantes foram encaminhados para os testes antropométricos, avaliação da espessura diafragmática e, posteriormente, para o teste físico.

Avaliação da espessura diafragmática

Todos os participantes foram submetidos a exame com ultrassom do hemidiafragma direito utilizando o equipamento Ultrassom Dp10 Power Mindray. A avaliação do diafragma com ultrassom foi realizada por um único profissional fisioterapeuta, treinado e com certificado em ultrassonografia cinesiológica para fisioterapeutas. O ultrassom foi realizado com os atletas deitados em posição semirecumbente.^{9,18,19} Para a avaliação da espessura diafragmática, realizou-se a medida no modo B com transdutor linear de 6-13 MHz colocado sobre a zona de aposição do diafragma, próximo ao ângulo costofrênico entre a linha axilar anterior direita e a linha axilar média.²⁰

A espessura do diafragma foi medida desde a linha hiperecoica mais superficial (linha pleural) até a mais profunda (linha peritoneal) e mensurada em capacidade residual funcional (CRF) e, em seguida, em capacidade pulmonar total (CPT). Utilizou-se e registrou-se o valor médio de três medidas consecutivas para cada uma

delas. Em seguida, calculou-se a fração de espessamento (FE, espessamento proporcional do diafragma da CRF a CPT), definida pela seguinte equação: $FE: [(E_{min} - E_{máx})/E_{min}] \times 100$, sendo E_{min} a espessura mínima do diafragma (medida em CRF) e $E_{máx}$ a espessura máxima do diafragma (medida em CPT).^{19,21}

Avaliação do desempenho físico

O *Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1* foi executado em um ritmo progressivo aumentado à medida de sinais sonoros que são utilizados para este teste. Os atletas foram instruídos a correr uma distância de 20 m, ida e volta, e após esse vai-e-vem, percorrer os cinco metros para recuperação ativa de 10 segundos, esperando na marca de saída para mais uma corrida. Assim, a cada sinal sonoro emitido pelo aparelho de som, os atletas deveriam ultrapassar com um dos pés a linha demarcada por quantas voltas fossem possíveis. O teste se encerrou no momento em que o atleta atingiu a exaustão ou não conseguiu manter a velocidade proposta pelo teste em duas voltas consecutivas. O número de deslocamentos realizados dentro do

estímulo sonoro foi anotado. Para estimar a potência aeróbia máxima, utilizou-se o seguinte cálculo: VO_{2max} (ml.min.kg) = distância (m) x 0,0084 + 36,4.²²

Análise estatística

Os resultados foram expressos em média e desvio padrão. A correlação de Pearson foi utilizada para verificar a associação entre as variáveis de performance (VO_{2max}) com a espessura diafragmática. Adicionalmente, o teste t de Student foi aplicado para verificar diferenças entre atletas com diagnóstico positivo e negativo para SARS-CoV-2. O nível de significância foi ajustado em 5%. O software Prisma v8 (GraphPad, California, USA) foi utilizado para todas as análises.

Resultados

As características dos participantes estão apresentadas na Tabela 1 e as características dos atletas/árbitros do grupo infectados (n = 10) e não infectados pela COVID-19 (n = 10) estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 1 - Valores médios e correspondentes desvios padrão das variáveis respiratórias e antropométricas dos participantes

Sexo	Variáveis				
	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (cm)	VO_{2max} (ml.kg.min)	Espessura diafragmática (%)
Feminino (n = 12)	16,67 ± 5,03	52,09 ± 14,01	155,90 ± 13,86	39,34 ± 1,74	61,00 ± 0,20
Masculino (n = 51)	23,44 ± 9,65	72,24 ± 14,18	174,84 ± 6,84	41,25 ± 6,84	55,00 ± 0,25

Nota: VO_{2max} = consumo máximo de oxigênio.

Tabela 2 - Valores médios e correspondentes desvios padrão das variáveis respiratórias e antropométricas dos atletas/árbitros dos grupos COVID-19 (n = 10) e não COVID-19 (n = 10)

Grupo	Variáveis				
	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (cm)	VO_{2max} (ml.kg.min)	Espessura diafragmática (%)
COVID-19	25,30 ± 10,39	68,03 ± 8,20	171,90 ± 4,04	38,34 ± 13,61	52,00 ± 0,25
Não COVID-19	22,09 ± 7,29	71,09 ± 8,30	178,42 ± 2,11	43,88 ± 2,29	57,00 ± 0,26

Nota: VO_{2max} = consumo máximo de oxigênio.

A Figura 1 apresenta a associação entre a espessura diafragmática (%) e o VO_{2max} medidos nos participantes. Os dados apresentados na Figura 1 mostram que não há associação entre a espessura diafragmática e o desempenho físico aeróbio dos atletas/árbitros ($p = 0,22$).

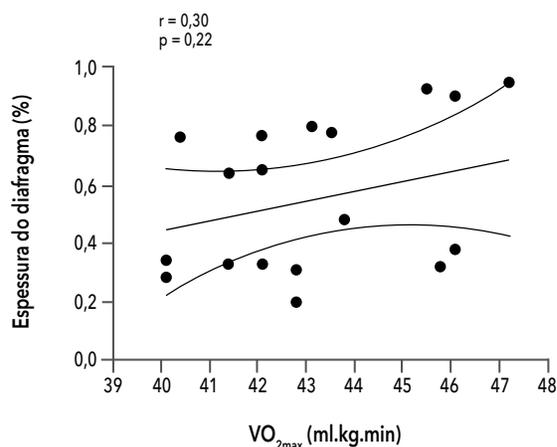


Figura 1 - Espessura diafragmática versus teste de desempenho físico (VO_{2max}) dos atletas/árbitros analisados ($n = 63$), realizado pelo teste Yo-Yo.

A Figura 2 apresenta a comparação da espessura diafragmática entre os atletas/árbitros dos grupos não infectados e infectados pela COVID-19. Não houve diferença significativa para a espessura diafragmática entre os grupos ($p = 0,91$).

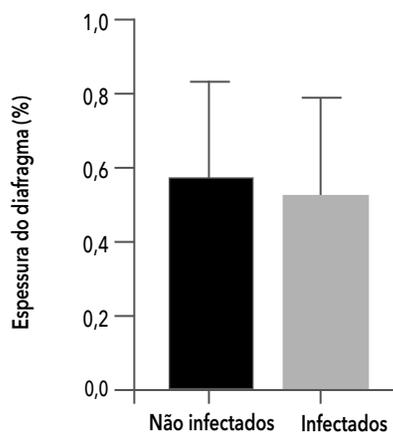


Figura 2 - Avaliação da espessura diafragmática em atletas/árbitros dos grupos não infectados ($n = 10$) e infectados pela COVID-19 ($n = 10$).

A Figura 3 apresenta a medida do VO_{2max} entre os atletas/árbitros do grupo não infectados e infectados pela COVID-19. Os resultados apontam para ausência de diferença estatisticamente significativa para o desempenho físico entre atletas/árbitros não infectados e infectados pela COVID-19 ($p = 0,69$).

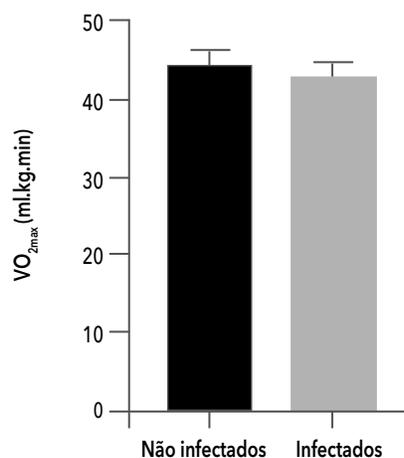


Figura 3 - Avaliação do desempenho físico (VO_{2max}) em atletas dos grupos não infectados ($n = 10$) e infectados pela COVID-19 ($n = 10$), realizado pelo teste Yo-Yo.

Discussão

Esse é o primeiro estudo que propôs a avaliar a associação entre a espessura diafragmática e o desempenho físico de atletas. Buscou-se também analisar os efeitos da infecção por COVID-19 sobre esses parâmetros. Os resultados revelam que a espessura não apresentou associação com o consumo máximo de oxigênio dos atletas. Adicionalmente, os atletas infectados por COVID-19 não apresentaram diferenças no VO_{2max} e espessura diafragmática comparados aos não infectados.

Até onde se sabe, poucos estudos investigaram a relação entre espessura diafragmática e desempenho físico/funcional ou tolerância ao esforço, e os que fizeram adotaram pacientes e contextos clínicos.²³⁻²⁵ Nestes contextos, estudos apontam que em indivíduos portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica,^{24,26} fibrose pulmonar,²⁷ doenças neuromusculares,²⁸ e COVID-19,²⁹ a menor espessura diafragmática torna-se um risco para a piora dos prognósticos clínicos.

A extrapolação desses dados para atletas é complexa, contudo, visto que este público apresenta alta tolerância ao esforço e, em geral, exibe bom estado nutricional, anti-inflamatório e antioxidante.³⁰ Verifica-se, assim, que a menor espessura diafragmática corresponde a uma disfunção muscular intrínseca causada por vários fatores (estresse inflamatório e oxidativo, sedentarismo e desnutrição), os quais estão comumente presentes nas doenças, mas não são comumente encontrados em atletas.³¹ Esse fato explicaria, ao menos em parte, a falta de associação entre espessura diafragmática e desempenho aeróbio nos atletas do presente estudo.

Espera-se que quanto melhor a função diafragmática, maiores a espessura e o VO_{2max} , uma vez que o aumento da área de secção transversa do músculo pode refletir em ganhos em vascularização, fluxo sanguíneo, número de mitocôndrias e, conseqüentemente, maior eficiência muscular inspiratória, sendo capaz de impactar o desempenho físico/funcional.³¹ Esperava-se, portanto, observar a relação entre esses parâmetros no presente estudo. Quanto à falta de associação entre VO_{2max} e espessura diafragmática, pode-se especular que a função diafragmática não necessariamente esteja relacionada à sua espessura, como um maratonista, por exemplo, que não apresenta grande massa muscular, mas tem músculos altamente eficientes aerobiamente.

As adaptações bioquímicas e estruturais da célula muscular proporcionadas pelo exercício aeróbio (ganhos em número, tamanho das mitocôndrias, aumento na atividade enzimática oxidativa e maior deposição de substratos lipídicos intramusculares)^{31,32} também ocorrem no diafragma, uma vez que este é composto por aproximadamente 60% de fibras Tipo I. Dessa maneira, supõe-se que os atletas do presente estudo conseguem ser altamente eficientes na musculatura do diafragma sem necessariamente terem maior espessura muscular nesse músculo.

Cabe apontar também que o consumo máximo de oxigênio pode ser influenciado por genética, treinamento físico, gênero, composição corporal, idade e modalidade do exercício, haja visto que os exercícios aeróbios promovem maiores ganhos em VO_{2max} .^{25,33,34} Provavelmente esses parâmetros sejam mais determinantes do que a espessura diafragmática no VO_{2max} , especialmente em indivíduos saudáveis. Especula-se, assim, que a avaliação da espessura diafragmática possivelmente seja mais importante em pacientes^{25,33,34} do que em atletas, uma vez que os atletas

em geral gozam de boa saúde e alto condicionamento físico. Provavelmente por esse motivo não tenham sido observadas associações significantes no presente estudo.

Em relação ao segundo objetivo do estudo, ou seja, avaliar e comparar a espessura diafragmática e o desempenho físico de atletas infectados e não infectados por COVID-19, os resultados apontam ausência de diferenças entre os grupos. Cabe mencionar que estados infecciosos, incluindo os virais, desencadeiam uma cascata de mediadores inflamatórios e acometimento do parênquima pulmonar, capazes de resultar em redução da troca gasosa, disfunção mitocondrial e danos musculares que desencadeiam a intolerância ao exercício físico.³⁵ Assim, espera-se que indivíduos afetados pela doença apresentem redução no desempenho físico, incluindo no VO_{2max} .^{36,37} No presente estudo, entretanto, não foram observados efeitos da infecção por COVID-19 no consumo de oxigênio e na espessura diafragmática dos atletas. Uma das hipóteses para a ausência de diferença está relacionada ao tempo entre a contaminação pela doença e a realização do teste. Observa-se no presente estudo que esse tempo foi de aproximadamente um ano, o que provavelmente tenha sido suficiente para que os atletas já estivessem plenamente recuperados.

A recuperação da COVID-19 varia muito entre indivíduos e pode levar de dias a semanas, mas sabe-se que atletas apresentam melhor estado imunológico quando comparados a indivíduos fisicamente inativos. Além disso, uma vez infectados pela COVID-19, atletas apresentam menor chance de evoluir para quadros moderados e graves da doença.³⁸⁻⁴⁰ Vale mencionar que no presente estudo não houve casos graves nem hospitalizações entre os atletas que foram infectados pela COVID-19. Além disso, todos os atletas com diagnóstico positivo relataram apenas sintomas leves da doença. Este fato apoia a ideia de que esta população esteja menos suscetível a evoluir para a forma grave da doença, o que pode resultar em poucas alterações respiratórias e possivelmente recuperação mais rápida.

Tornam-se necessários, portanto, mais estudos relacionados a este assunto para identificar se a espessura diafragmática se associa com o desempenho, especialmente em modalidades aeróbias, assim como se os impactos da COVID-19 se relacionam com a espessura diafragmática tanto em populações clínicas quanto em atletas.

O presente estudo apresenta como limitação o fato de ser de caráter observacional, o que não possibilita causa-efeito. O baixo número de indivíduos também pode ter limitado a análise dos dados e os possíveis ajustes por sexo e idade, já que esses fatores estão relacionados à espessura diafragmática e/ou desempenho físico.³³ O fato de o estudo ter sido realizado com atletas de diversas modalidades pode ter interferido nos resultados, tornando a amostra muito heterogênea. Assim, são necessários estudos com amostras maiores nesta população tão particular.

Conclusão

A espessura diafragmática não foi associada ao consumo máximo de oxigênio. Além disso, atletas infectados por COVID-19 também não exibiram diferenças no VO_{2max} e espessura diafragmática em relação aos atletas não infectados.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem aos alunos do projeto PENSARE, que ajudaram na coleta de dados.

Contribuição dos autores

ASF, SFZ, AOS e LCR participaram da concepção e delineamento do estudo, análise e interpretação dos dados. ASF e SFZ redigiram o manuscrito e VMS participou da edição e formatação. CFCR participou da revisão crítica intelectual do conteúdo.

Referências

- Adamopoulos S, Schmid JP, Dendale P, Poerschke D, Hansen D, Dritsas A, et al. Combined aerobic/inspiratory muscle training vs. aerobic training in patients with chronic heart failure: The Vent-HeFT trial: a European prospective multicentre randomized trial. *Eur J Heart Fail.* 2014;16(5):574-82. [DOI](#)
- Anraku M, Shargall Y. Surgical conditions of the diaphragm: anatomy and physiology. *Thorac Surg Clin.* 2009;19(4):419-29. [DOI](#)
- Archiza B. Caracterização temporal da fadiga diafragmática e dos efeitos do treinamento muscular inspiratório durante o exercício de alta intensidade em adultos saudáveis [tese]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2018. [Link de acesso](#)
- Kocjan J, Adamek M, Gzik-Zroska B, Czyżewski D, Rydel M. Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: a review. *Adv Respir Med.* 2017;85(4):224-32. [DOI](#)
- Caruso P, Albuquerque ALP, Santana PV, Cardenas LZ, Ferreira JG, Prina E, et al. Diagnostic methods to assess inspiratory and expiratory muscle strength. *J Bras Pneumol.* 2015;41(2):110-23. [DOI](#)
- Baria MR, Shahgholi L, Sorenson EJ, Harper CJ, Lim KG, Strommen JA, et al. B-mode ultrasound assessment of diaphragm structure and function in patients with COPD. *Chest.* 2014;146(3):680-5. [DOI](#)
- Santana PV, Cardenas LZ, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P. Ultrasonografia diafragmática: uma revisão de seus aspectos metodológicos e usos clínicos. *J Bras Pneumol.* 2020;46(6):e20200064. [Link de acesso](#)
- Buonsenso D, Pata D, Chiaretti A. COVID-19 outbreak: less stethoscope, more ultrasound. *Lancet Respir Med.* 2020;8(5):e27. [DOI](#)
- Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. *Chest.* 2009;135(2):391-400. [DOI](#)
- Spiesshoefer J, Herkenrath S, Henke C, Langenbruch L, Schneppe M, Randerath W, et al. Evaluation of respiratory muscle strength and diaphragm ultrasound: normative values, theoretical considerations, and practical recommendations. *Respiration.* 2020;99(5):369-81. [DOI](#)
- Santana PV, Cardenas LZ, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P. Diaphragmatic ultrasound findings correlate with dyspnea, exercise tolerance, health-related quality of life and lung function in patients with fibrotic interstitial lung disease. *BMC Pulm Med.* 2019;19(1):183. [DOI](#)

12. Santana PV, Prina E, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P. Identifying decreased diaphragmatic mobility and diaphragm thickening in interstitial lung disease: the utility of ultrasound imaging. *J Bras Pneumol*. 2016;42(2):88-94. DOI
13. McConnell AK, Lomax M. The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *J Physiol*. 2006;577(Pt 1):445-57. DOI
14. Huang C, Huang L, Wang Y, Li X, Ren L, Gu X, et al. 6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study. *Lancet*. 2021;397(10270):220-32. DOI
15. Ren L, Fan G, Wu W, Guo L, Wang Y, Li X, et al. Antibody responses and clinical outcomes in adults hospitalized with severe COVID-19: a post hoc analysis of LOTUS China trial. *Clin Infect Dis*. 2021;72(10):e545-51. DOI
16. Babapoor-Farrokhran S, Gill D, Walker J, Rasekhi RT, Bozorgnia B, Amanullah A. Myocardial injury and COVID-19: Possible mechanisms. *Life Sci*. 2020;253:117723. DOI
17. Zambon M, Grec M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, Zangrillo A. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive Care Med*. 2017;43(1):29-38. DOI
18. Testa A, Soldati G, Giannuzzi R, Berardi S, Portale G, Silveri NG. Ultrasound M-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol*. 2011;37(1):44-52. DOI
19. Souza H, Rocha T, Pessoa M, Rattes C, Brandão D, Fregonezi G, et al. Effects of inspiratory muscle training in elderly women on respiratory muscle strength, diaphragm thickness and mobility. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2014;69(12):1545-53. DOI
20. Ueki J, De Bruin PF, Pride NB. In vivo assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects. *Thorax*. 1995;50(11):1157-61. DOI
21. El-Halaby H, Abdel-Hady H, Alsawah G, Abdelrahman A, El-Tahan H. Sonographic evaluation of diaphragmatic excursion and thickness in healthy infants and children. *J Ultrasound Med*. 2016;35(1):167-75. DOI
22. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*. 2008;38(1):37-51. DOI
23. Pinet C, Cassart M, Scillia P, Lamotte M, Knoop C, Casimir G, et al. Function and bulk of respiratory and limb muscles in patients with cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;168(8):989-94. DOI
24. Paulin E, Yamaguti WPS, Chammas MC, Shibao S, Stelmach R, Cukier A, et al. Influence of diaphragmatic mobility on exercise tolerance and dyspnea in patients with COPD. *Respir Med*. 2007;101(10):2113-8. DOI
25. Hiwatani Y, Sakata M, Miwa H. Ultrasonography of the diaphragm in amyotrophic lateral sclerosis: clinical significance in assessment of respiratory functions. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener*. 2013;14(2):127-31. DOI
26. Yamaguti WPS, Paulin E, Shibao S, Chammas MC, Salge JM, Ribeiro M, et al. Air trapping: The major factor limiting diaphragm mobility in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Respirology*. 2008;13(1):138-44. DOI
27. Enright S, Chatham K, Ionescu AA, Unnithan VB, Shale DJ. The influence of body composition on respiratory muscle, lung function and diaphragm thickness in adults with cystic fibrosis. *J Cyst Fibros*. 2007;6(6):384-90. DOI
28. Pinto S, Alves P, Pimentel B, Swash M, Carvalho M. Ultrasound for assessment of diaphragm in ALS. *Clin Neurophysiol*. 2016;127(1):892-7. DOI
29. Comin MR, Andrade PHM, Comin TFB, Lima RBH, Andrade GMIM, Castro MRL, et al. Aspectos morfofuncionais diafragmáticos e função pulmonar em pacientes pós covid-19 que foram submetidos a VMI. *Conjecturas*. 2022;22(1):1699-716. DOI
30. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc*. 2000;100(12):1543-56. DOI
31. Starrit EC, Angus D, Hargreaves M. Effect of short-term training on mitochondrial ATP production in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985). 1999;86(2):450-4. DOI

32. Powers SK, Howley ET. *Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho*. 3 ed. São Paulo: Manole; 2000. 248 p.
33. Antenora F, Fantini R, Iattoni A, Castaniere I, Sdanganell A, Livrieri F, et al. Prevalence and outcomes of diaphragmatic dysfunction assessed by ultrasound technology during acute exacerbation of COPD: A pilot study. *Respirology*. 2017;22(2):338-44. [DOI](#)
34. Fayssoil A, Nguyen LS, Ognia A, Stojkovic T, Meng P, Mompoin D. Diaphragm sniff ultrasound: Normal values, relationship with sniff nasal pressure and accuracy for predicting respiratory involvement in patients with neuromuscular disorders. *PLoS One*. 2019;14(4):e0214288. [DOI](#)
35. Li J. Rehabilitation management of patients with COVID-19: lessons learned from the first experience in China. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2020;56(3):335-8. [DOI](#)
36. Oxley TJ, Mocco J, Majidi S, Kellner CP, Shoirah H, Singh IP, et al. Large-vessel stroke as a presenting feature of Covid-19 in the young. *N Engl J Med*. 2020;382(20):e60. [DOI](#)
37. Wu D, Shu T, Yang X, Song JX, Zhang M, Yao C, et al. Plasma metabolomic and lipidomic alterations associated with COVID-19. *Natl Sci Rev*. 2020;7(7):1157-68. [DOI](#)
38. Crimi C, Heffler E, Augelletti T, Campisi R, Noto A, Vancheri C, et al. Utility of ultrasound assessment of diaphragmatic function before and after pulmonary rehabilitation in COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2018;13:3131-9. [DOI](#)
39. Oliveira RR, Rodrigues TP, Silva PSD, Gomes AC, Chammas MC. Lung ultrasound: an additional tool in COVID-19. *Radiol Bras*. 2020;53(4):241-51. [DOI](#)
40. Gualano B, Brito GM, Pinto AJ, Lemes MR, Matos LDNJ, Pinto ALS, et al. High SARS-CoV-2 infection rate after resuming professional football in São Paulo, Brazil. *Br J Sports Med*. 2022;56:1004-7. [DOI](#)