



A influência das máscaras N95 e PFF2 sobre variáveis cardiorrespiratórias em indivíduos saudáveis durante o exercício aeróbico: revisão sistemática e meta-análise

Gustavo Lucas da Silva Lima^{1,2}, Thiago Casali Rocha^{1,2},
Gilmar Pereira de Lima da Silva Júnior³, Marcelo Tarcísio Martins^{1,2}

1. Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Juiz de Fora – SUPREMA – Juiz de Fora (MG) Brasil.
2. Hospital Maternidade Therezinha de Jesus, Juiz de Fora (MG) Brasil.
3. Universidade Paulista – UNIP – Volta Redonda (RJ) Brasil.

Recebido: 26 abril 2022.

Aprovado: 12 janeiro 2023.

Trabalho realizado na Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Juiz de Fora – SUPREMA – Juiz de Fora (MG) e na Universidade Paulista – UNIP – Volta Redonda (RJ) Brasil.

RESUMO

Objetivo: Diante da atual pandemia de COVID-19, o objetivo deste estudo foi determinar, por meio de uma revisão sistemática e meta-análise, se o uso de máscaras N95/PFF2 durante o exercício aeróbico tem impacto significativo na FC, FR, SpO₂ e pressão arterial (PA) em indivíduos saudáveis. **Métodos:** Buscamos no banco de dados MEDLINE estudos publicados em inglês entre 2005 e 2021. Para reduzir o viés e aumentar a confiabilidade, foram considerados para inclusão no estudo somente ensaios clínicos controlados randomizados e ensaios clínicos cruzados randomizados. Os desfechos selecionados foram FC, FR, SpO₂ e PA; a percepção de esforço foi avaliada por meio da escala de Borg. **Resultados:** Oito ensaios controlados foram incluídos na meta-análise. Sete avaliaram FC ($p > 0,05$), cinco avaliaram FR ($p > 0,05$), cinco avaliaram SpO₂ e PA ($p > 0,05$ para ambas) e seis avaliaram a percepção de esforço, com resultados controversos (razões de risco agrupadas para cada variável, por exemplo). **Conclusões:** Este estudo sugere que as máscaras N95 e PFF2 não têm efeitos significativos na FC, FR, SpO₂ e PA durante o exercício aeróbico em indivíduos saudáveis.

Descritores: Respiradores N95; Frequência cardíaca; Taxa respiratória; Saturação de oxigênio; Sangue.

INTRODUÇÃO

As máscaras de proteção são equipamentos de proteção individual essenciais para os profissionais de saúde, especialmente para aqueles que lidam diretamente com infecções das vias aéreas, como no caso da atual pandemia de COVID-19.⁽¹⁻³⁾ Em um estudo realizado em Cingapura em 2020, no qual 30 profissionais de saúde usaram máscaras N95 no atendimento a pacientes com resultado positivo para infecção por SARS-CoV-2, não houve transmissão da doença de paciente para profissional.⁽⁴⁾

Em um estudo realizado na Coreia do Sul em 2015, no qual foram investigados 97 pacientes com DPOC que usaram máscaras N95, houve alterações consideráveis na FR, SpO₂ e concentração de dióxido de carbono ao final da expiração antes e depois do uso da máscara.⁽⁵⁾ Em outro estudo realizado em 2020, jovens sem comorbidades e não fumantes realizaram exercícios físicos aeróbicos usando máscaras N95 durante 75-150 min por semana em média e não apresentaram alterações consideráveis nas concentrações de gases.⁽⁶⁾ Kim et al. avaliaram 20 jovens saudáveis que realizaram atividades físicas de intensidade baixa a moderada durante 1 h usando quatro modelos diferentes de máscaras N95 e não observaram alterações significativas nas trocas gasosas.⁽⁷⁾

Segundo Chandrasekaran et al.,⁽⁸⁾ o uso prolongado de máscaras N95 poderia resultar em alterações no

metabolismo muscular, estresse cardiorrespiratório, alterações nos sistemas excretor e imunológico, e alterações no cérebro e no sistema nervoso central. Isso ocorre porque as máscaras N95 criam um circuito fechado de reinalação, que resulta em hipóxia hiperclorêmica.⁽⁸⁻¹¹⁾

Em um estudo realizado por Fikenzer et al.,⁽¹²⁾ 12 homens saudáveis realizaram ergoespirometria e cardiografia de impedância antes e depois do uso de máscaras N95, que resultaram em redução significativa de parâmetros de função pulmonar e do pico de resposta do lactato sanguíneo. No entanto, faltam estudos nos quais se analise a correlação entre o uso de máscaras N95/PFF2 e possíveis alterações na SpO₂, FR, FC, resistência respiratória e pressão arterial (PA) no contexto da atual pandemia de COVID-19.⁽¹³⁻¹⁶⁾

O objetivo deste estudo foi determinar, por meio de uma revisão sistemática e meta-análise, os efeitos das máscaras N95/PFF2 na PA, FC, FR, SpO₂ e percepção de esforço durante a atividade física aeróbica em indivíduos saudáveis.

MÉTODOS

Estratégia de busca

Realizamos uma revisão sistemática em conformidade com as diretrizes *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*. O protocolo do estudo foi

Endereço para correspondência:

Gustavo Lucas da Silva Lima. Alameda Salvaterra, 200, Salvaterra, CEP 36033-003, Juiz de Fora, MG, Brasil.

Tel.: 55 32 2101-5000. E-mail: gustavo.lucasgsl@gmail.com

Apoio financeiro: Nenhum.

registrado no *International Prospective Register of Systematic Reviews* (Registro n. CRD42021282318).

Pesquisamos o banco de dados MEDLINE em busca de artigos originalmente publicados em inglês nos últimos 15 anos. Foram selecionados para a revisão apenas ensaios clínicos controlados randomizados ou ensaios clínicos cruzados randomizados; portanto, a amostra de estudos tendeu a ser homogênea e evitou vieses comumente observados em estudos transversais e observacionais. Dois avaliadores independentes realizaram buscas no banco de dados MEDLINE e, em caso de divergência entre os dois, um terceiro avaliador foi consultado. As divergências foram resolvidas por consenso.

Os termos "N95", "FFRs", "FFP2", "Effects", "Physiological", "Gas" e "Blood" foram usados para identificar estudos relevantes. A lista de descritores MeSH foi usada para identificar variações dos termos supracitados.

Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão e exclusão estão descritos no Quadro 1.

Extração dos dados

Nosso grupo de pesquisa selecionou previamente as informações para a coleta de dados, pesquisando separadamente nos estudos incluídos o título, nome do autor principal, ano em que o estudo foi realizado, ano em que o estudo foi publicado, país de origem, número de participantes, média/mediana e desvio padrão de cada variável com e sem máscaras, intervenções aeróbicas usadas e desfechos (isto é, FC, FR, SpO₂ e PA como desfechos primários e resistência respiratória e percepção de esforço, avaliada por meio da escala de Borg, como desfechos secundários). Todos os autores coletaram os dados de modo independente. Para avaliar os artigos, dois avaliadores que não faziam parte de nosso grupo de pesquisa estabeleceram estratégias de busca e realizaram análises críticas. Após a leitura dos artigos na íntegra, foram excluídos da revisão os estudos com vieses metodológicos, sem correlação direta com o tópico de interesse ou sem dados brutos.

Quadro 1. Critérios de inclusão e exclusão.

Critérios de inclusão
Desenho: ensaios clínicos controlados randomizados ou ensaios clínicos cruzados randomizados
Idioma: inglês
Com humanos apenas
Intervenção: uso de máscaras N95/PFF2
Critérios de exclusão
Intervenção: pouco clara, mal descrita ou inadequada
Forma de publicação: resumo apenas
Principais variáveis analisadas
FC
FR
Pressão arterial
Saturação de oxigênio (SpO ₂)
Percepção de esforço (avaliada por meio da escala de Borg)

Análise estatística

Para a meta-análise e o cálculo do risco de viés, usamos os seguintes programas: *Review Manager*, versão 5.4 (*RevMan 5; Cochrane Collaboration*, Oxford, Reino Unido); Microsoft Excel; *MedCalc* (*MedCalc Software Ltd*, Oostende, Bélgica). Foram realizadas análises estatísticas fixas e aleatórias; os estudos foram considerados homogêneos. O IC95% foi calculado para cada estudo individualmente e, em seguida, para todos os estudos selecionados. A média e o desvio padrão de cada estudo foram identificados, e o nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. O coeficiente I² foi calculado para avaliar a heterogeneidade dos estudos incluídos. Quando I² foi maior que 50%, optamos por usar um modelo de efeitos aleatórios para parear os resultados; quando I² foi menor que 50%, criamos um modelo de efeitos fixos. O risco de viés de publicação foi avaliado por meio da observação de assimetria no gráfico de funil.

RESULTADOS

Seleção dos estudos

Identificamos 879 estudos envolvendo o uso de máscaras faciais; entretanto, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão (Quadro 1), restaram apenas 20 estudos. Outros 10 estudos foram excluídos depois de lidos na íntegra, em virtude da presença de vieses metodológicos, da ausência de correlação direta com o tópico de interesse ou da ausência de dados brutos. Dos 10 estudos restantes, apenas 8 apresentavam os dados brutos antes e depois da intervenção para a análise estatística e, portanto, puderam ser incluídos na meta-análise. Os estudos analisados envolveram 306 voluntários na faixa etária de 7 a 64 anos, 68,95% dos quais eram do sexo masculino. A Figura 1 mostra o fluxograma do processo de seleção de estudos.

Intervenções e achados

Dos 10 estudos incluídos na revisão sistemática, 8 avaliaram a PA, 9 avaliaram a FC, 5 avaliaram a FR e 5 avaliaram a SpO₂. A maioria dos ensaios clínicos

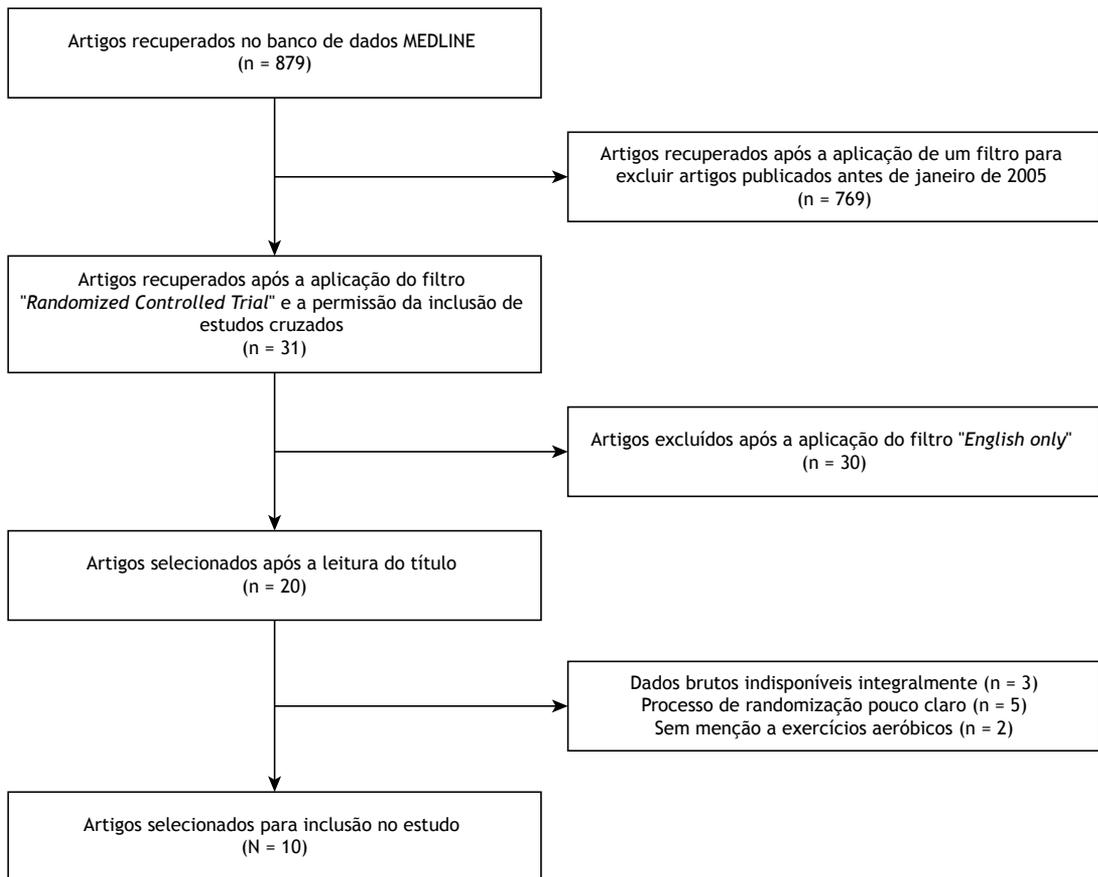


Figura 1. Fluxograma do processo de seleção de estudos.

mostrou que não houve alterações significativas nas variáveis estudadas após o uso de máscaras N95/PFF2 durante exercícios aeróbicos de baixa ou alta intensidade em indivíduos saudáveis, e esses achados foram corroborados por 2 estudos cujo objetivo foi avaliar todas as variáveis clínicas analisadas nesta revisão ou a maioria delas.

Em geral, as intervenções foram de curta duração, variando de 3 min a 12 h no mesmo dia, e os participantes foram instruídos a abster-se do consumo de cafeína em todos os estudos; os grupos controle e experimental foram avaliados em dias diferentes.^(6,16-19) As intervenções variaram muito de estudo para estudo, e alguns usaram diferentes dispositivos e métodos para medir as variáveis estudadas. As intervenções incluíram caminhada,^(5,20) caminhada em esteira,^(18,19) exercício intervalado de média a alta intensidade em cicloergômetro^(6,12,16,21) e subir e descer escadas.⁽²²⁾

Meta-análise

Apenas 8 dos 10 estudos incluídos nesta revisão forneceram dados suficientes para analisar PA, FC, FR e SpO₂ em intervenções aeróbicas com e sem máscaras N95/PFF2.^(6,12,16,18,19,21-23) Portanto, apenas esses 8 estudos foram incluídos em nossa meta-análise, num total de 166 voluntários. A diferença média padronizada variou de -0,32 a 0,17 para PA, de -0,27 a 0,13 para SpO₂, de -0,10 a 0,27 para FC e de -0,16 a

0,28 para FR com um modelo de efeitos fixos e sem alterações estatisticamente significativas em nenhuma das variáveis. As Figuras 2-5 mostram a análise dos dados referentes a cada um dos estudos incluídos.

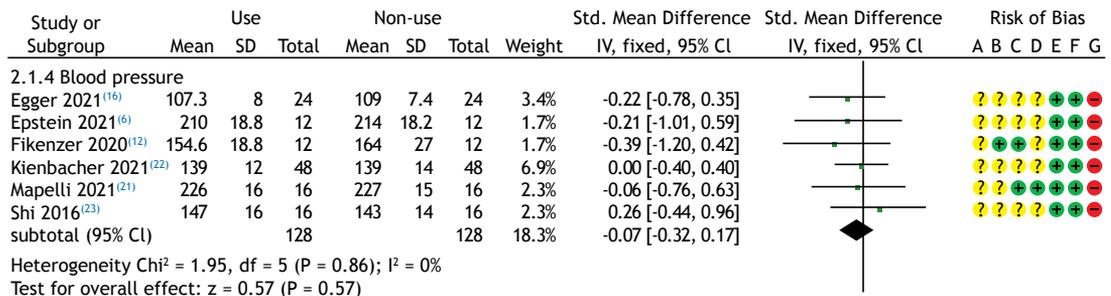
A Figura 6 apresenta uma síntese dos resultados, um teste geral de heterogeneidade e as diferenças entre os subgrupos. Os resultados à esquerda indicam valores favoráveis quanto à influência das máscaras N95/PFF2 nas variáveis estudadas em comparação com não usar máscara. O teste de heterogeneidade aplicado na análise mostrou que não houve heterogeneidade significativa entre os estudos; portanto, foram usados modelos de efeitos fixos. Todos os estudos investigaram os efeitos do uso de máscaras N95/PFF2 em algumas das variáveis analisadas por meio da comparação de valores obtidos com e sem o uso de máscara.

PA

Como se pode observar na Figura 2, o uso de máscaras N95/PFF2 durante o exercício aeróbico não teve efeito significativo na PA em nenhum dos estudos analisados, como evidencia o losango cruzando a linha vertical de efeito nulo, sendo que o losango representa a síntese de intervalos de confiança e riscos relativos.

SpO₂

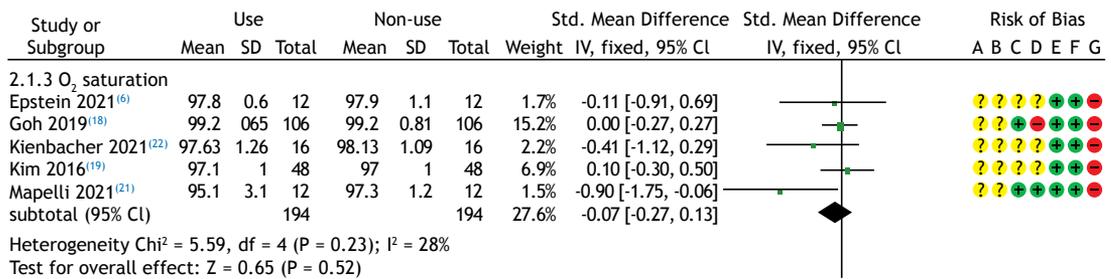
Como se pode observar na Figura 3, o uso de máscaras N95/PFF2 durante o exercício aeróbico não



Risk of bias legend

- (A) Random sequence generation (selection bias)
- (B) Allocation concealment (selection bias)
- (C) Blinding of participants and personnel (performance bias)
- (D) Blinding of outcome assessment (detection bias)
- (E) Incomplete outcome data (attrition bias)
- (F) Selective reporting (reporting bias)
- (G) Other bias

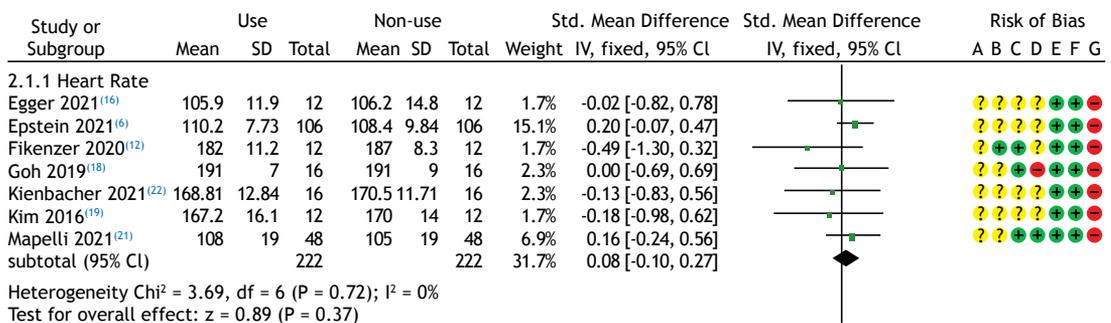
Figura 2. Gráfico de floresta dos estudos incluídos que avaliaram a pressão arterial em modelos de efeitos fixos e aleatórios, com diferença média padronizada e intervalo de confiança de 95%.



Risk of bias legend

- (A) Random sequence generation (selection bias)
- (B) Allocation concealment (selection bias)
- (C) Blinding of participants and personnel (performance bias)
- (D) Blinding of outcome assessment (detection bias)
- (E) Incomplete outcome data (attrition bias)
- (F) Selective reporting (reporting bias)
- (G) Other bias

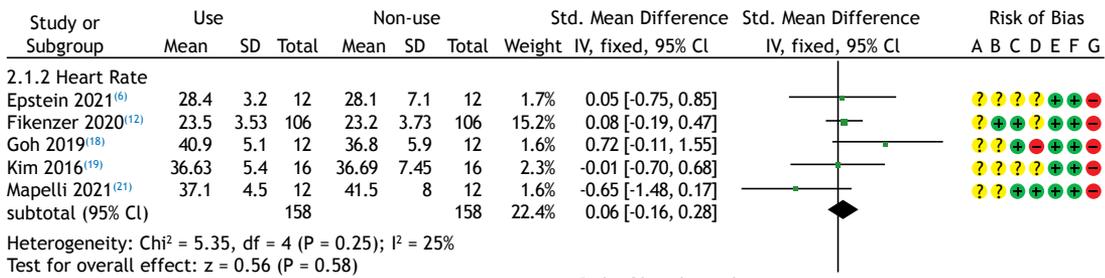
Figura 3. Gráfico de floresta dos estudos incluídos que avaliaram a saturação de oxigênio em modelos de efeitos fixos e aleatórios, com diferença média padronizada e intervalo de confiança de 95%.



Risk of bias legend

- (A) Random sequence generation (selection bias)
- (B) Allocation concealment (selection bias)
- (C) Blinding of participants and personnel (performance bias)
- (D) Blinding of outcome assessment (detection bias)
- (E) Incomplete outcome data (attrition bias)
- (F) Selective reporting (reporting bias)
- (G) Other bias

Figura 4. Gráfico de floresta dos estudos incluídos que avaliaram a frequência cardíaca em modelos de efeitos fixos e aleatórios, com diferença média padronizada e intervalo de confiança de 95%.



Heterogeneity: Chi² = 5.35, df = 4 (P = 0.25); I² = 25%
 Test for overall effect: z = 0.56 (P = 0.58)

Risk of bias legend

- (A) Random sequence generation (selection bias)
- (B) Allocation concealment (selection bias)
- (C) Blinding of participants and personnel (performance bias)
- (D) Blinding of outcome assessment (detection bias)
- (E) Incomplete outcome data (attrition bias)
- (F) Selective reporting (reporting bias)
- (G) Other bias

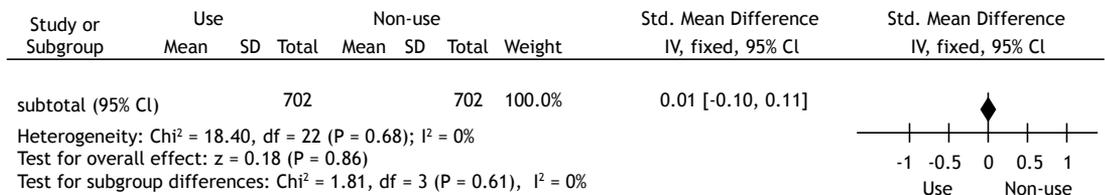


Figura 5. Gráfico de floresta dos estudos incluídos que avaliaram a frequência respiratória em modelos de efeitos fixos e aleatórios, com diferença média padronizada e intervalo de confiança de 95%.

teve efeito significativo na SpO₂, como evidencia o losango cruzando a linha vertical de efeito nulo. Embora Mapelli et al.⁽²¹⁾ tenham mostrado que o uso de máscaras N95/PFF2 teve um efeito significativo na SpO₂, seus achados não afetaram o resultado geral, pois a amostra do estudo era pequena.

FC

Como se pode observar na Figura 4, o uso de máscaras N95 durante o exercício aeróbico não teve efeito significativo na FC em nenhum dos estudos analisados, como evidencia o losango cruzando a linha vertical de efeito nulo.

FR

Como se pode observar na Figura 5, o uso de máscaras N95/PFF2 durante o exercício aeróbico não teve efeito significativo na FR em nenhum dos estudos analisados, como evidencia o losango cruzando a linha vertical de efeito nulo.

Como se pode observar na Figura 6, uma síntese dos valores coletados antes e depois das intervenções para todas as variáveis nos estudos selecionados para a presente meta-análise mostrou que o uso de máscaras N95/PFF2 durante o exercício aeróbico não teve efeito significativo nas variáveis estudadas, como evidencia a associação de intervalos de confiança e riscos relativos com o losango cruzando a linha vertical de efeito nulo nos gráficos de floresta.

O Quadro 2 apresenta um resumo dos estudos selecionados para esta revisão sistemática, incluindo o tamanho das amostras, a idade dos pacientes, o tipo de análise, as intervenções realizadas, PA sistólica, FC, FR, SpO₂ e percepção de esforço. Consideramos que

valores de p < 0,05 denotaram alteração significativa nas variáveis analisadas.

Viés de publicação

Um gráfico de funil foi usado para avaliar o risco de viés de publicação (Figura 6). É evidente a distribuição simétrica das variáveis FC, FR e PA, ao passo que nos estudos que analisaram a variável SpO₂, fica evidente a assimetria.

DISCUSSÃO

Este estudo mostrou que o uso de máscaras N95/PFF2 durante o exercício aeróbico em indivíduos saudáveis é seguro e não alterou significativamente nenhuma das variáveis estudadas. As intervenções variaram de estudo para estudo, incluindo exercícios aeróbicos de diferentes intensidades, ajudando-nos a avaliar o comportamento de variáveis cardiorrespiratórias durante a caminhada e o treinamento intervalado de alta intensidade. Os achados do presente estudo mostram que as pessoas podem treinar usando máscara e se proteger de infecções das vias aéreas, sem efeitos negativos nas respostas fisiológicas e perceptivas ao exercício.

Os efeitos do uso de máscaras N95/PFF2 durante o exercício aeróbico leve a moderado apresentaram resultados categóricos no que tange a alterações de PA, FC e SpO₂ em parâmetros máximos e submáximos; é possível afirmar que essas variáveis não foram significativamente afetadas pelas respectivas intervenções.^(6,12,17-22) Podemos afirmar que PA, FC e SpO₂ não sofrem alterações clinicamente significativas com o uso de máscaras N95/PFF2.

Quadro 2. Resumo dos estudos incluídos e principais resultados referentes às variáveis pressão arterial sistólica, frequência cardíaca, frequência respiratória, saturação de oxigênio (SpO₂) e percepção de esforço (avaliada por meio da escala de Borg).

Estudo, ano	Amostra	Intervenção	PA	FC	FR	SpO ₂	PE
Epstein et al., 2021 ⁽⁶⁾	16 voluntários (homens apenas) Média de idade: 34 ± 4 anos Análise cruzada	Sem uso de máscara vs. uso de máscara cirúrgica vs. uso de máscara N95. Os participantes foram submetidos a teste de exercício em cicloergômetro com protocolo de rampa. Carga inicial de 25 W a uma velocidade constante de 55-65 rpm. A carga inicial foi aumentada em 25 W a cada 3 min até a exaustão. Seis testes, com intervalo mínimo de 24 h entre os testes. O ECG de 12 derivações foi usado para avaliar FC, SaO ₂ e PA. A FR foi avaliada de modo não invasivo por meio de cânula nasal.	= PA p > 0,05	= FC p > 0,05	= FR p > 0,05	= SpO ₂ p > 0,05	= PE p > 0,05
Fikenzler et al., 2020 ⁽¹²⁾	12 voluntários (homens apenas) Média de idade: 38,1 ± 6,2 anos Análise cruzada	Sem uso de máscara vs. uso de máscara cirúrgica vs. uso de máscara N95/PFF2. Cicloergômetro com protocolo de rampa com velocidade de 60-70 rpm e carga de trabalho de 50 W, aumentada em 50 W a cada 3 min até a exaustão voluntária. Um ECG e um espirômetro digital foram usados para avaliar parâmetros cardíacos e pulmonares, respectivamente.	= PA p > 0,01	= FC p > 0,01	↓ FR p < 0,05	N/A	N/A
Morishita et al., 2019 ⁽¹⁷⁾	50 voluntários (32 homens e 18 mulheres) Média de idade: 36 ± 14 anos Análise cruzada	Uso de máscaras N95 vs. sem uso de máscaras N95 em um ambiente clínico e próximo a uma rodovia. Um ECG e um monitor de FC foram usados para avaliar as variações da FC. Um monitor de PA foi usado para analisar as variações da PA a cada 10 min. 2 horas de observação, 5 dias por semana, em duas semanas diferentes	= PA p > 0,01	= FC p > 0,01	N/A	N/A	N/A
Shi et al., 2016 ⁽²³⁾	24 voluntários (13 homens e 11 mulheres). A amostra inicial foi composta por 30 voluntários. Seis voluntários retiraram-se do estudo. Média de idade: 23 anos Análise cruzada	Uso de máscaras N95 vs. sem uso de máscara Caminhadas de 1 h As variações da FC foram avaliadas pelo Holter durante o teste. As variações da PA foram analisadas por meio de um monitor automático de PA. A PA foi medida a cada 15 min durante o dia e a cada 30 min à noite.	= PA p > 0,05	N/A	N/A	N/A	N/A

Continua...▶

Quadro 2. Resumo dos estudos incluídos e principais resultados referentes às variáveis pressão arterial sistólica, frequência cardíaca, frequência respiratória, saturação de oxigênio (SpO₂) e percepção de esforço (avaliada por meio da escala de Borg). (Continuação...)

Estudo, ano	Amostra	Intervenção	PA	FC	FR	SpO ₂	PE
Egger et al., 2021 ⁽¹⁶⁾	16 atletas voluntários bem treinados (homens apenas) Faixa etária: 20-34 anos Análise cruzada	Uso de máscaras PFF2 vs. sem uso de máscaras PFF2 Escala de Borg, sistema de teste metabólico, ECG de 12 derivações e avaliação manual da PA Carga de trabalho inicial de 100-150 W, aumentada em 50 W a cada 3 min em um cicloergômetro eletromagnético O teste foi interrompido quando os voluntários não conseguiram pedalar a uma velocidade mínima de 50 rpm durante mais de 10 s. Intervalo de pelo menos 48 h entre as avaliações com e sem máscaras PFF2	= PA p > 0,01	= FC p > 0,01	N/A	N/A	= PE p > 0,05
Kienbacher et al., 2021 ⁽²²⁾	48 voluntários (44 homens e 4 mulheres) Média de idade: 28 ± 8 anos Análise cruzada com teste triplo	Uso de equipamento de proteção individual (macacão, óculos e luvas) e máscaras PFF2 sem válvula expiratória vs. não uso de máscaras PFF2 Subir e descer escadas em ritmo acelerado com mochila e cilindro de oxigênio, seguido de 12 min de compressões torácicas e ventilação com bolsa-válvula-máscara 30 min de descanso entre os testes PA, FC e SpO ₂ foram avaliadas por meio de um monitor/desfibrilador portátil.	= PA p > 0,05	= FC p > 0,05	N/A	= SpO ₂ p > 0,05	↑ PE p < 0,05
Rebmann et al., 2013 ⁽²⁰⁾	10 enfermeiros voluntários (9 mulheres e 1 homem); 9 concluíram o estudo. Faixa etária: 24-48 anos (média de idade: 35 anos)	Uso de máscaras N95 vs. uso de máscaras N95 com máscara cirúrgica sobreposta Uso de máscaras N95 durante 12 h por dia durante 2 dias As variáveis foram analisadas a cada 30 min com um sensor de saturação. 1 ou mais dias de intervalo entre as análises	= PA p > 0,05	= FC p > 0,05	N/A	N/A	↑ PE p < 0,05
Goh et al., 2019 ⁽¹⁸⁾	106 crianças voluntárias (59 meninos e 47 meninas) Faixa etária: 7-14 anos Análise cruzada	Sem uso de máscaras vs. uso de máscaras N95 sem válvula vs. uso de máscaras N95 com válvula Leitura em 3 intervalos de 5 min: 1º: sem máscara (controle); 2º: com máscara sem válvula; 3º: com máscara com válvula Câmulas nasais com monitor de ECG multiparamétrico e sistema de monitoramento contínuo foram usados para avaliar SpO ₂ , FC e FR.	N/A	= FC p > 0,05	= FR p > 0,05	= SpO ₂ p > 0,05	↑ PE p < 0,05

Continua...▶

Quadro 2. Resumo dos estudos incluídos e principais resultados referentes às variáveis pressão arterial sistólica, frequência cardíaca, frequência respiratória, saturação de oxigênio (SpO₂) e percepção de esforço (avaliada por meio da escala de Borg). (Continuação...)

Estudo, ano	Amostra	Intervenção	Variáveis analisadas
			PA FC FR SpO ₂ PE
Kim et al., 2016 ⁽¹⁹⁾	12 voluntários (homens apenas) Média de idade: 23,5 ± 1,6 anos Análise cruzada	Uso de FFR N95 ou similar vs. sem uso de máscara Os indivíduos caminharam durante 1 h a 5,6 km/h em esteira sem inclinação. Temperatura: 35°C; umidade relativa: 50% Testes realizados em dois dias diferentes (primeiro sem FFR e, em seguida, com FFR) Um oxímetro de pulso com um sensor transcutâneo de dióxido de carbono conectado à orelha, uma cinta torácica de monitoramento e um monitor de FC foram usados para avaliar SaO ₂ , FR e FC, respectivamente.	N/A = FC = FR = SpO ₂ = PE p > 0,05 p > 0,05 p > 0,05 p > 0,05
Mapelli M et al., 2021 ⁽²¹⁾	12 voluntários (6 homens e 6 mulheres) Média de idade: 41 ± 12,4 anos Análise cruzada	Sem uso de máscaras PFF2 vs. uso de máscaras PFF2 Teste de exercício progressivo máximo em cicloergômetro A espirometria e um monitor de PA foram usados para analisar as variáveis.	= PA = FC = FR = SpO ₂ p > 0,05 p > 0,05 p > 0,05 p < 0,05

PA: pressão arterial; PE: percepção de esforço (avaliada por meio da escala de Borg); ECG: eletrocardiograma; PFF2: peça facial filtrante do tipo 2; FFR: *filtering facepiece respirator* (máscara N95); ↑: aumento significativo da variável; ↓: diminuição significativa da variável; e =: sem alteração significativa da variável. p > 0,05 ou p > 0,01 indicam ausência de diferença significativa entre os grupos controle e intervenção.

Segundo Harber et al.,⁽¹⁴⁾ observa-se um aumento do trabalho cardiopulmonar em indivíduos com DPOC ou asma. Isso pode ocorrer em virtude da diminuição dos níveis de oxigênio circulante e/ou da acidose sanguínea causada por inspiração insuficiente ou doença respiratória. O estudo em questão foi realizado em três dias diferentes, e os grupos de indivíduos com doenças respiratórias realizaram atividades físicas de intensidade leve a moderada com média de 8-10 min de duração cada. As variáveis estudadas foram volume corrente, ventilação minuto, taxa de fluxo inspiratório, taxa de fluxo expiratório, tempo inspiratório, tempo expiratório, FR, média do tempo total do ciclo respiratório e o ciclo de trabalho (*duty cycle*), que representou a proporção do ciclo respiratório total durante a qual foi feito o esforço inspiratório.

A diminuição da quantidade de oxigênio é detectada principalmente pelos quimiorreceptores centrais no corpo carotídeo. Esses quimiorreceptores induzem a suprarregulação respiratória pela ação dos nervos vago e glossofaríngeo no grupo respiratório ventral. Embora isso seja verdadeiro, ocorre em situações que afetam significativamente a quantidade de oxigênio disponível.

Alterações nas variáveis discutidas nesta revisão podem ser mais comumente observadas em indivíduos com doenças cardíacas e pulmonares preexistentes.^(5,13-15) Portanto, com base nos estudos cujo objetivo foi investigar a PA, não se pode afirmar que máscaras N95/PFF2 causam alterações significativas.^(6,12,16,17,20-23) Isso também vale para os estudos que avaliaram SpO₂ e FC.^(6,12,16-22)

Dos 5 estudos que avaliaram alterações na FR,^(6,12,18,19,21) apenas 1 mostrou redução significativa da FR.⁽¹²⁾ A resistência respiratória foi analisada como variável secundária, e os 2 estudos que a analisaram apresentaram resultados conflitantes; 1 mostrou alterações significativas, e o outro, não.^(6,16) Esses resultados podem ser explicados pela redução do VO₂máx, diminuição da ventilação inspiratória e formação de um núcleo reinalatório de pressão negativa em alguns casos.^(8,12,24,25) Embora não tenham sido incluídos nesta revisão (porque não preencheram os critérios de inclusão), vários estudos clínicos nos quais foi analisada a resistência respiratória mostraram alterações significativas.^(1,23,24) No entanto, ensaios clínicos bem estruturados com amostras maiores e uma variedade de intervenções são necessários para confirmar isso.

Embora alguns dos estudos que avaliaram a FR e a resistência respiratória tenham mostrado alterações significativas em ambas, esses achados não são suficientes para confirmar que o uso de máscaras N95/PFF2 causa alterações significativas nessas variáveis. A resistência respiratória, que foi medida de modo não invasivo por meio de cânula nasal e testes metabólicos, mostrou-se aumentada em um dos dois estudos em que foi avaliada.^(12,16) Com intervenções diferentes e amostras pequenas, a resistência respiratória é uma variável a respeito da qual não há consenso quanto às alterações causadas pelo uso de máscaras N95/PFF2.

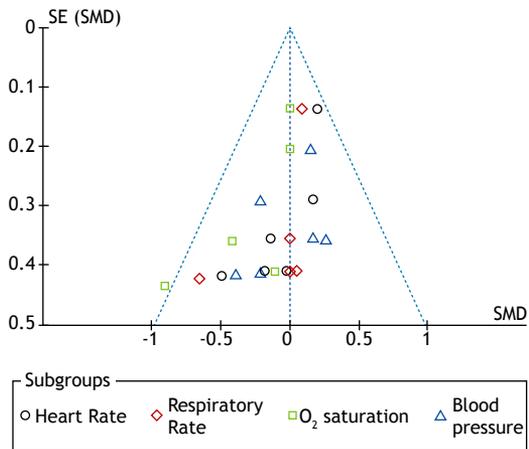


Figura 6. Gráfico de funil dos estudos incluídos com todas as variáveis estudadas, mostrando assimetria na distribuição dos estudos que examinaram a saturação de oxigênio. SE: *standard error* (erro padrão); e SMD: *standardized mean difference* (diferença média padronizada).

Alguns estudos mostraram que a resistência respiratória aumenta com o uso de máscaras N95 durante exercícios aeróbicos de intensidade leve a moderada.^(1,12,24) Embora o número de estudos tenha aumentado, faltam estudos experimentais e longitudinais bem delineados que avaliem as alterações fisiológicas causadas pelo uso de máscaras. Os estudos que avaliaram a resistência respiratória incluídos nesta revisão confirmam que o uso de máscaras N95/PFF2 durante exercícios aeróbicos leves a intensos influencia significativamente essa variável.^(6,16) A resistência respiratória tem sido alvo de estudos grandes, especialmente em virtude da pandemia de COVID-19; portanto, a redução do $VO_{2\text{máx}}$, a diminuição da ventilação inspiratória e a formação de um núcleo reinalatório de pressão negativa permanecem sob investigação.^(8,12,24-26)

Resultados conflitantes também foram observados nos seis estudos que avaliaram a percepção de esforço na escala de Borg.^(6,16,19-22) Três dos estudos mostraram alterações cada vez mais significativas,⁽²¹⁻²³⁾ ao passo que os outros três mostraram que não houve alterações significativas.^(6,16,19) São necessários mais estudos clínicos para preencher essa lacuna, porque as diferenças entre os estudos quanto às intervenções, características dos pacientes e intensidade do exercício não nos permitiram analisar a correlação entre alterações na percepção de esforço e as amostras dos estudos.

As evidências construídas na década de 1990 sugerem que o estímulo gasoso restritivo aos quimiorreceptores de oxigênio causado pelo núcleo respiratório das máscaras faciais resulta em diminuição do oxigênio disponível, desencadeando estímulo simpático e aumentando a FC e FR por meio da ativação do grupo respiratório ventral pela ação dos nervos vago e glossofaríngeo na regulação positiva desses quimiorreceptores.^(27,28) No entanto, tem sido questionada a hipótese de que as máscaras faciais sejam capazes de causar alterações no sistema cardiorrespiratório, especialmente em

virtude de seu uso generalizado durante a atual pandemia de COVID-19, que demonstrou que essa hipótese é inconsistente com os resultados de estudos a esse respeito.

Dos 5 estudos que avaliaram a FR, apenas 1 mostrou uma alteração significativa que contribuiu para a diminuição da FR, um achado que pode ser atribuído ao pequeno tamanho da amostra ($N = 12$). Não se pode confirmar a variação entre a intensidade do estímulo cardiorrespiratório e a explosão (*burst*), nem as alterações relacionadas ao uso de máscaras. Ensaios clínicos com intervenções diferentes e amostras maiores são necessários para que se possa chegar a uma conclusão definitiva.^(1,2,6,12-14,16,17,26-28) Rebmann et al.⁽²⁰⁾ também avaliaram essas variáveis; entretanto, as avaliações foram realizadas com os participantes usando máscara N95 ou máscara N95 e máscara cirúrgica, sem alterações consideráveis. Por outro lado, Fikenzer et al.⁽¹²⁾ observaram uma diminuição da FR. No estudo em questão,⁽¹²⁾ que é um dos cinco que analisaram a variabilidade da FR, a intervenção consistiu em exercício incremental realizado em cicloergômetro a uma velocidade de 60-70 rpm, com aumento de 50 W na carga (com rampa) a cada 3 min até a exaustão voluntária. Isso reforça a suposição de que a variabilidade e intensidade do exercício aeróbico desempenham um papel altamente relevante nas alterações clínicas. Em estudos recentes,^(5,13,14) foram investigados indivíduos que apresentavam DPOC de gravidade variável e que usaram máscaras faciais; observou-se que o uso de máscaras causa alterações significativas em alguns dos parâmetros fisiológicos supracitados, especialmente em parâmetros respiratórios, e quanto mais grave a doença, mais significativas as alterações. Portanto, as condições clínicas e a intensidade do exercício aeróbico têm forte relevância clínica.

Não houve alterações significativas na FC, PA e SpO_2 em indivíduos na faixa etária de 7 a 64 anos com máscaras N95/PFF2 em comparação com aqueles sem máscara.^(6,7,12,16-18,21,22) Dos 10 estudos incluídos nesta revisão, 8 incluíram a PA nas variáveis estudadas, e nenhuma das intervenções resultou em alterações significativas na PA.^(6,12,17,18-23) Assim, não se pode inferir que a PA mude significativamente durante e após o uso da máscara porque as intervenções aeróbicas foram de intensidade leve a moderada em amostras compostas por 12-50 participantes nos estudos que mostraram ausência de alterações significativas na PA; embora esses estudos juntos tenham analisado um total de 188 indivíduos (um tamanho amostral considerável), são necessários estudos que examinem amostras maiores.

Nos 5 estudos que analisaram a SpO_2 , não foram observadas alterações significativas durante o exercício submáximo (exercício aeróbico de intensidade leve a moderada); um estudo mostrou alteração significativa na SpO_2 durante o exercício máximo.^(6,18,19,21,22) O tamanho da amostra (um total de 198 voluntários) e as diferenças entre os estudos quanto às intervenções

sugerem que máscaras N95 e PFF2 não são capazes de causar alterações na SpO₂ durante exercícios aeróbicos de intensidade leve a moderada. Esses resultados podem ser conflitantes em virtude das diferenças entre os estudos quanto à intensidade do exercício.

Nove estudos avaliaram a FC com e sem uso de máscaras durante as intervenções, que variaram de exercícios aeróbicos de intensidade leve a moderada,^(6,12,15-19,21,24) sem alterações significativas na FC. A FC foi analisada num total de 282 indivíduos. Como os achados a respeito da FC foram os mesmos em todos os 9 estudos, as alterações observadas nos indivíduos que usaram máscaras N95/PFF2 durante o exercício aeróbico parecem não ser significativas. No entanto, é importante ressaltar que alguns dos estudos que não preencheram os critérios necessários para a inclusão nesta revisão mostraram alterações significativas na FC. Essas alterações podem ser atribuídas ao tamanho da amostra, à ausência de randomização e controle (resultando em heterogeneidade e maior viés), ao tipo de máscara usada e ao período de descanso entre os picos das atividades, que foi considerado alto.

Uma das limitações do presente estudo é o uso de apenas um banco de dados para a recuperação de artigos. Outra limitação é o fato de que não avaliamos a qualidade das evidências pelo método *Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*, que se baseia na análise do risco de viés dos estudos selecionados. Também é importante apontar as limitações dos estudos incluídos nesta revisão: (1) limitações relacionadas ao desenho do estudo (isto é, a dificuldade em avaliar parâmetros fisiológicos em indivíduos que estejam usando máscaras N95/PFF2); (2) diferenças quanto aos métodos dos estudos, incluindo diferenças de tempo de exposição, tipo de exercício aeróbico e intensidade do exercício; (3) amostras

pequenas; (4) diferenças entre os estudos quanto às marcas e selos das máscaras; (5) uso ou não de válvula expiratória; (6) análises sem cegamento ou randomização inadequada; (7) período de repouso inadequado e uso da mesma amostra submetida a intervenções diferentes, introduzindo viés sistemático.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo sugere que o uso de máscaras N95/PFF2 durante o exercício aeróbico não tem efeitos significativos nas variáveis analisadas, sendo seu uso seguro para a saúde humana. A resistência respiratória e a percepção de esforço (avaliada por meio da escala de Borg) durante o exercício aeróbico apresentaram resultados conflitantes e inconclusivos. Portanto, são necessários mais ensaios clínicos, com amostras maiores e intervenções diferentes. Finalmente, podemos afirmar que, em casos de doenças preexistentes do sistema cardiorrespiratório, as alterações na FC, FR e SpO₂ tendem a ser mais significativas.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer aos dois avaliadores independentes a análise crítica e metodológica do estudo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

GLSL, TCR, GPLSJ e MTM: concepção e desenho do estudo; análise estatística; redação do manuscrito. GLSL, TCR e GPLSJ: análise e interpretação dos dados. MTM: revisão crítica do manuscrito.

CONFLITOS DE INTERESSE

Nenhum declarado.

REFERÊNCIAS

1. Li Y, Tokura H, Guo YP, Wong AS, Wong T, Chung J, et al. Effects of wearing N95 and surgical facemasks on heart rate, thermal stress and subjective sensations. *Int Arch Occup Environ Health*. 2005;78(6):501-509. <https://doi.org/10.1007/s00420-004-0584-4>
2. Roberge RJ, Coca A, Williams WJ, Powell JB, Palmiero AJ. Physiological impact of the N95 filtering facepiece respirator on healthcare workers. *Respir Care*. 2010;55(5):569-577.
3. Lange JH. Respiratory protection and emerging infectious diseases: lessons from severe acute respiratory syndrome. *Chin Med J (Engl)*. 2005;118(1):62-68.
4. Ong SWX, Tan YK, Sutjipto S, Chia PY, Young BE, Gum M, et al. Absence of contamination of personal protective equipment (PPE) by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2). *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2020;41(5):614-616. <https://doi.org/10.1017/ice.2020.91>
5. Kyung SY, Kim Y, Hwang H, Park JW, Jeong SH. Risks of N95 Face Mask Use in Subjects With COPD. *Respir Care*. 2020;65(5):658-664. <https://doi.org/10.4187/respcare.06713>
6. Epstein D, Korytny A, Isenberg Y, Marcusohn E, Zukermann R, Bishop B, et al. Return to training in the COVID-19 era: The physiological effects of face masks during exercise. *Scand J Med Sci Sports*. 2021;31(1):70-75. <https://doi.org/10.1111/sms.13832>
7. Kim JH, Benson SM, Roberge RJ. Pulmonary and heart rate responses to wearing N95 filtering facepiece respirators. *Am J Infect Control*. 2013;41(1):24-27. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.02.037>
8. Chandrasekaran B, Fernandes S. "Exercise with facemask; Are we handling a devil's sword?" - A physiological hypothesis. *Med Hypotheses*. 2020;144:110002. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110002>
9. Jacobson TA, Kler JS, Hernke MT, Braun R, Meyer KC, Funk WE. Direct human health risks of increased atmospheric carbon dioxide. *Nat Sustain*. 2019;2(8):691-701. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0323-1>
10. Smith CL, Whitelaw JL, Davies B. Carbon dioxide rebreathing in respiratory protective devices: influence of speech and work rate in full-face masks. *Ergonomics*. 2013;56(5):781-790. <https://doi.org/10.1080/00140139.2013.777128>
11. Spurling KJ, Moonsie IK, Perks JL. Hypercapnic Respiratory Acidosis During An In-Flight Oxygen Assessment. *Aerosp Med Hum Perform*. 2016;87(2):144-147. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4345.2016>
12. Fikenzler S, Uhe T, Lavall D, Rudolph U, Falz R, Busse M, et al. Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity. *Clin Res Cardiol*. 2020;109(12):1522-1530. <https://doi.org/10.1007/s00392-020-01704-y>
13. Harber P, Santiago S, Wu S, Bansal S, Liu Y, Yun D. Subjective response to respirator type: effect of disease status and gender. *J Occup Environ Med*. 2010;52(2):150-154. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3181cfcf09>
14. Harber P, Santiago S, Bansal S, Liu Y, Yun D, Wu S. Respirator physiologic impact in persons with mild respiratory disease. *J*

- Occup Environ Med. 2010;52(2):155-162. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3181ca0ec9>
15. Guyton AC, Hall JE. Tratado de Fisiologia Médica. 12th ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2011.
 16. Egger F, Blumenauer D, Fischer P, Venhorst A, Kulenthiran S, Bewarder Y, et al. Effects of face masks on performance and cardiorespiratory response in well-trained athletes. *Clin Res Cardiol.* 2022;111(3):264-271. <https://doi.org/10.1007/s00392-021-01877-0>
 17. Morishita M, Wang L, Speth K, Zhou N, Bard RL, Li F, et al. Acute Blood Pressure and Cardiovascular Effects of Near-Roadway Exposures With and Without N95 Respirators. *Am J Hypertens.* 2019;32(11):1054-1065. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpz113>
 18. Goh DYT, Mun MW, Lee WLJ, Teoh OH, Rajgor DD. A randomised clinical trial to evaluate the safety, fit, comfort of a novel N95 mask in children. *Sci Rep.* 2019;9(1):18952. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55451-w>
 19. Kim JH, Wu T, Powell JB, Roberge RJ. Physiologic and fit factor profiles of N95 and P100 filtering facepiece respirators for use in hot, humid environments. *Am J Infect Control.* 2016;44(2):194-198. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.08.027>
 20. Rebmann T, Carrico R, Wang J. Physiologic and other effects and compliance with long-term respirator use among medical intensive care unit nurses. *Am J Infect Control.* 2013;41(12):1218-1223. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2013.02.017>
 21. Mapelli M, Salvioni E, De Martino F, Mattavelli I, Gugliandolo P, Vignati C, et al. "You can leave your mask on": effects on cardiopulmonary parameters of different airway protective masks at rest and during maximal exercise. *Eur Respir J.* 2021;58(3):2004473. <https://doi.org/10.1183/13993003.04473-2020>
 22. Kienbacher CK, Grafeneder J, Tscherny K, Krammel M, Fuhrmann V, Niederer M, et al. The use of personal protection equipment does not negatively affect paramedics' attention and dexterity: a prospective triple-cross over randomized controlled non-inferiority trial. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2022;30(1):2. <https://doi.org/10.1186/s13049-021-00990-3>
 23. Shi J, Lin Z, Chen R, Wang C, Yang C, Cai J, et al. Cardiovascular Benefits of Wearing Particulate-Filtering Respirators: A Randomized Crossover Trial. *Environ Health Perspect.* 2017;125(2):175-180. <https://doi.org/10.1289/EHP73>
 24. Lee HP, Wang de Y. Objective assessment of increase in breathing resistance of N95 respirators on human subjects. *Ann Occup Hyg.* 2011;55(8):917-921.
 25. Sinkule EJ, Powell JB, Goss FL. Evaluation of N95 respirator use with a surgical mask cover: effects on breathing resistance and inhaled carbon dioxide. *Ann Occup Hyg.* 2013;57(3):384-398.
 26. Roberge RJ, Coca A, Williams WJ, Palmiero AJ, Powell JB. Surgical mask placement over N95 filtering facepiece respirators: physiological effects on healthcare workers. *Respirology.* 2010;15(3):516-521. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1843.2010.01713.x>
 27. Ganong WF. Review of Medical Physiology. 18th ed. Stamford: Appleton & Lange; 1997. p. 565-566.
 28. White MK, Hodous TK, Vercruyssen M. Effects of thermal environment and chemical protective clothing on work tolerance, physiological responses, and subjective ratings. *Ergonomics.* 1991;34(4):445-457. <https://doi.org/10.1080/00140139108967328>