

Efeito agudo do exercício físico sobre a temperatura cutânea dos membros inferiores em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica

Acute effect of physical exercise on lower limb skin temperature in patients with chronic obstructive pulmonary disease

DOI: 10.46919/archv4n3-004

Recebimento dos originais: 10/07/2023

Aceitação para publicação: 10/08/2023

Luana dos Passos Vieira

Graduanda em Fisioterapia

Instituição: Universidade de Santa Cruz do Sul

Endereço: Avenida Independência, 2293, Universitário, Santa Cruz do Sul – RS, CEP: 96815-900

E-mail: luanapassos@mx2.unisc.br

Bruna Luiza da Cunha

Graduada em Fisioterapia pela Universidade de Santa Cruz do Sul

Instituição: Espaço Revitaliza

Endereço: Rua Dr. Pedro Egglert, 911, Monte Alverne, Santa Cruz do Sul - RS

E-mail: brunaluiza@gmail.com

Cecília Vieira Prestes

Graduanda em Fisioterapia

Instituição: Universidade de Santa Cruz do Sul

Endereço: Avenida Independência, 2293, Universitário, Santa Cruz do Sul – RS, CEP: 96815-900

E-mail: ceciliaprestes@mx2.unisc.br

Luiza Scheffer Dias

Graduanda em Fisioterapia

Instituição: Universidade de Santa Cruz do Sul

Endereço: Avenida Independência, 2293, Universitário, Santa Cruz do Sul – RS, CEP: 96815-900

E-mail: luizascheffer1@mx2.unisc.br

Sophia Luiza Eich

Graduanda em Fisioterapia

Instituição: Universidade de Santa Cruz do Sul

Endereço: Avenida Independência, 2293, Universitário, Santa Cruz do Sul – RS, CEP: 96815-900

E-mail: sophialuiza@mx2.unisc.br

Elisabete Antunes San Martin

Pós-Graduada em Reabilitação Cardiovascular e Metabólica

Instituição: Fisioterapia hospitalar CCGS, Hospital Santa Cruz

Endereço: Marechal Deodoro, 815, Centro, Santa Cruz do Sul – RS, CEP: 96810-072

E-mail: elisabete.sanmartin@hotmail.com

Andréa Lúcia Gonçalves da Silva

Doutora em Biologia Celular e Molecular

Instituição: Universidade de Santa Cruz do Sul

Endereço: Avenida Independência, 2293, Universitário, Santa Cruz do Sul – RS, CEP: 96815-900

E-mail: andreag@unisc.br

RESUMO

Introdução: A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) reduz a capacidade de exercício e carece de investigação da temperatura cutânea (tc) durante o mesmo. **Objetivo:** Avaliar o efeito agudo do exercício físico sobre a variação de tc (Δtc) dos membros inferiores (MMII) em pacientes com DPOC. **Métodos:** Quase-experimental com pacientes graves (n=8). Variáveis analisadas: índice de massa corporal (IMC); índice tornozelo braquial (ITB); capacidade física (teste do degrau de 6 minutos-TD6m); Δtc dos MMII pré vs pós-TD6m por termografia infravermelha. **Resultados:** Pacientes idosos ($70,8 \pm 6,2$ anos), 5 homens, baixa capacidade física (n=7). Vista posterior (VP) da coxa-D ($\Delta tc = -0,8^\circ C$, $p = 0,05$), coxa-E ($\Delta tc = -0,9^\circ C$, $p = 0,02$) e perna-D ($\Delta tc = -0,8^\circ C$, $p = 0,04$). Associações VP: ITB-D vs Δtc -coxa-D ($r = 738$, $p = 0,03$) e Δtc -perna-D ($r = 766$, $p = 0,02$); Vista Anterior: IMC vs Δtc -coxa-D ($r = -731$, $p = 0,04$) e Δtc -coxa-E ($r = -714$, $p = 0,04$). **Conclusão:** Pacientes com DPOC apresentam redução aguda na Δtc -coxa- D/E e perna-D pós-TD6m, sendo o peso, IMC e ITB associados a Δtc .

Palavras-chave: DPOC, termografia, temperatura cutânea, membros inferiores, exercício físico, capacidade funcional.

ABSTRACT

Introduction: Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) reduces exercise capacity and requires investigation of skin temperature (tc) during exercise. **Objective:** To evaluate the acute effect of physical exercise on the variation of tc (Δtc) of the lower limbs (LL) in patients with COPD. **Methods:** Quasi-experimental with critically ill patients (n=8). Analyzed variables: body mass index (BMI); ankle brachial index (ABI); physical capacity (6-minute step test-TD6m); Δtc of lower limbs pre vs post 6mTD by infrared thermography. **Results:** Elderly patients (70.8 ± 6.2 years), 5 men, low physical capacity (n=7). Posterior view (PV) of R-thigh ($\Delta tc = -0.8^\circ C$, $p = 0.05$), L-thigh ($\Delta tc = -0.9^\circ C$, $p = 0.02$) and R-leg ($\Delta tc = -0.8^\circ C$, $p = 0.04$). VP associations: ITB-R vs Δtc -thigh-D ($r = 738$, $p = 0.03$) and Δtc -leg-R ($r = 766$, $p = 0.02$); Anterior View: BMI vs Δtc -R-thigh ($r = -731$, $p = 0.04$) and Δtc -L-thigh ($r = -714$, $p = 0.04$). **Conclusion:** Patients with COPD have an acute reduction in Δtc -R/L-thigh and R-leg after 6MDT, with weight, BMI and ABI being associated with Δtc .

Keywords: COPD, thermography, skin temperature, lower limbs, physical exercise, functional capacity.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente já é conhecido que a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é uma patologia progressiva e de natureza complexa, que pode cursar com manifestações multissistêmicas, além de coexistir com outras comorbidades, que interferem na piora da qualidade de vida (Halpin et al., 2021). Dentre as alterações mais frequentes está o sistema cardiorrespiratório que se torna ineficiente e acaba não fornecendo um fluxo de oxigênio e sangue adequado, para atender simultaneamente às demandas metabólicas do cérebro e dos músculos periféricos, causando fraqueza e fadiga principalmente nos

membros inferiores (MMII) resultando assim, em diminuição da tolerância ao exercício (Oliveira et al., 2015). No Brasil, a prevalência da DPOC é de 17%, afetando predominantemente pessoas acima dos 55 anos e do sexo masculino, sendo esta média maior que a estimativa de 11,4% para a população mundial, o que implica em altos custos econômicos para o sistema público de saúde do país (Cruz e Pereira, 2020).

Uma das opções mais benéficas e essenciais para o tratamento desses pacientes são os exercícios físicos que são projetados para intervir positivamente na saúde, contribuindo no alívio da dispneia, melhora da disfunção muscular periférica, diminuição da fadiga e das internações hospitalares e da mortalidade (Mccarthy et al., 2015). Durante o exercício físico o corpo passa por diversas adaptações fisiológicas no sistema cardiorrespiratório, imunológico, endócrino e termorregulador (Forjaz e Tricoli, 2011). Este último responsável por detectar alterações na temperatura ambiental, através dos termorreceptores presentes na pele, bem como alterações na temperatura central do corpo, mediante termorreceptores centrais e enviar ambas as informações ao hipotálamo, onde são processadas (Gleeson, 1998). Então, o sistema cardiovascular redistribui o calor através dos vasos sanguíneos para as diversas partes do corpo, promovendo a manutenção adequada da temperatura corporal (Damatto et al., 2019).

O exercício físico transforma a energia química em energia térmica e cinética, o que gera aumento na produção de calor (Fernandes et al., 2014). Johnson (1992) verificou em seu estudo que durante o início do exercício, os músculos ativos necessitam um maior volume de sangue, causando vasoconstrição cutânea o que induz a um acréscimo da temperatura corporal, porém com a continuação da atividade, o corpo necessita aumentar a temperatura central, produzindo uma vasodilatação dos vasos sanguíneos e acarretando em aumento da dissipação de calor pela pele, pelos processos de irradiação e evaporação.

A termografia infravermelha, tecnologia muito difundida na prática esportiva, vem sendo utilizada como uma ferramenta para medir a radiação de calor na superfície cutânea em situações patológicas (Côrte e Hernandez, 2016; Hildebrandt et al., 2012). Trata-se de um método não invasivo e seguro que atua captando a luz infravermelha que o corpo emite, permitindo assim, visualizar através de imagens bidimensionais as variações de temperatura cutânea (t_c) (Hildebrandt et al., 2012).

Até o momento, desconhecemos estudos na literatura contemporânea que tenham pesquisado sobre o comportamento da t_c no pré e pós exercício em pacientes com DPOC, utilizando a termografia infravermelha como instrumento de análise. Nós hipotetizamos que nesses pacientes a temperatura cutânea dos MMII sofre modificações agudas do pré para o pós exercício estressor como o teste do degrau de 6 minutos (TD6m). Neste sentido, buscamos avaliar o efeito agudo do exercício físico sobre a temperatura cutânea dos MMII em pacientes com DPOC.

2 METODOLOGIA

2.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo quase experimental, de caráter quantitativo, com amostragem de conveniência, realizado junto ao Laboratório de Reabilitação Cardiorrespiratória do Hospital Santa Cruz (LARECARE), no município de Santa Cruz do Sul/Rio Grande do Sul, no período de setembro a novembro de 2020. O estudo foi devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Santa Cruz do Sul, sob parecer nº 4.139.912 (CAAE - 34256720.8.0000.5343). Foram incluídos no estudo sujeitos com diagnóstico clínico de DPOC, com idade superior a 60 anos, de ambos os sexos, com boa cognição, com queixas de fadiga, fraqueza e dor musculoesquelética em MMII e fosse participante do LARECARE, bem como aceitaram participar da pesquisa mediante a assinatura em duas vias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foram excluídos da pesquisa todos os indivíduos com limitação motora em membros superiores e/ou inferiores que limitaram a aplicação dos protocolos de avaliação, com exacerbação da doença respiratória há menos de 2 meses, presença de angina instável e infarto agudo do miocárdio durante o mês que antecedeu a coleta.

2.2 AVALIAÇÃO CLÍNICA

A avaliação clínica foi realizada através de uma ficha própria, composta por informações de identificação, sexo, idade, peso, altura, índice de massa corporal (IMC), sendo a classificação utilizada (baixo peso $<22\text{kg/m}^2$, eutrofia entre 22 e 27kg/m^2 e sobrepeso $>27\text{kg/m}^2$), etnia, status tabágico, comorbidades, uso de medicamentos betabloqueadores e estadiamento da DPOC conforme a *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease GOLD* (Gold, 2021).

2.3 TRIAGEM PARA PRESENÇA DE DINAPENIA E SARCOPENIA

A dinapenia e sarcopenia foram avaliadas mediante os seguintes testes: 1. Força de preensão palmar (FPP): foi avaliada por meio do dinamômetro manual hidráulico (*Jamar, Bolebrook, IL, EUA*), para quantificar a força muscular global. Para a realização do teste, seguiram-se as orientações da *American Society of Hand Therapist (ASHT)*, onde os pacientes foram instruídos a permanecerem em sedestação confortavelmente, com o ombro aduzido, cotovelo fletido a 90° , antebraço em posição neutra e o punho entre 0° e 30° de extensão. Foram realizadas três medidas em ambos os membros superiores (MMSS) dos pacientes da pesquisa, com descanso de 60 segundos entre cada. Considerando o valor médio das três medidas do braço dominante, apresentado em quilograma/força (Kgf), foi adotado um ponto de corte para fraqueza muscular pela FPP, $<30\text{Kgf}$ para homens e $<20\text{Kgf}$ para mulheres (Lauretani et al., 2003). Já para a sarcopenia avaliada pela FPP adotou-se $<27\text{Kgf}$ para o sexo masculino e $<16\text{Kgf}$ para o sexo

feminino para predizer a perda da massa muscular esquelética (Cruz-Jentoft et al., 2010). 2. Circunferência da panturrilha (CP): a avaliação da CP ocorreu por meio de uma fita métrica inelástica (*MACROLIFE®*). Para a sua realização, o participante foi posicionado em sedestação, com os joelhos fletidos a 90° e pés apoiados, então a fita métrica foi posicionada no local que apresentou visualmente o maior perímetro da panturrilha (Pagotto et al., 2018). Foram realizadas três aferições bilateralmente para obtenção da média dos valores e considerado no estudo a maior CP dos MMII, adotando como ponto de corte de <33 cm para mulheres e <34 cm para homens para detecção de dinapenia (Pagotto et al., 2018).

2.4 TRIAGEM PARA IDENTIFICAÇÃO DE DOENÇA ARTERIAL OBSTRUTIVA PERIFÉRICA (DAOP)

Para investigar a presença DAOP nos sujeitos da pesquisa, foi realizado o índice tornozelo braquial (ITB), que foi aplicado por meio do doppler vascular portátil (*DV 610 MEDMEGA®*), utilizando um transdutor com frequência de 10MHz e esfigmomanômetro (*PA Med®*). Para concretização do procedimento, os sujeitos foram inicialmente instruídos a permanecer 10 minutos em repouso na posição supina. Após obteve-se a aferição da pressão arterial sistólica (PAS) das artérias braquiais, onde foram realizadas três medidas bilateralmente (Bimbato et al., 2018). Em seguida, prosseguiu-se para a aferição nos MMII, obtendo-se também três medidas bilateralmente da PAS das artérias pediosas (Bimbato et al., 2018). A medida do ITB foi realizada pré TD6m. Para obtenção do ITB, foi realizado o cálculo de razão, sendo ITB direito (D): maior PAS da artéria pediosa direita/maior PAS braquial direita ou esquerda, ITB esquerdo (E): maior PAS da artéria pediosa esquerda/maior PAS braquial direita ou esquerda e o ITB geral: o menor número obtido entre ITB D ou ITB E. Valores entre 1,01-1,40 foram considerados normal, de 0,91-1,00 limítrofe e $\leq 0,90$ anormal, conforme recomendações da *American Heart Association e American College of Cardiology (AHA/ACC)*. E ainda para a gravidade da DAOP, valores entre 0,71 a 0,90 foram considerados como obstrução leve, de 0,41 a 0,70 moderada e $\leq 0,40$ grave (Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2010)

2.5 AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA CUTÂNEA DOS MEMBROS INFERIORES

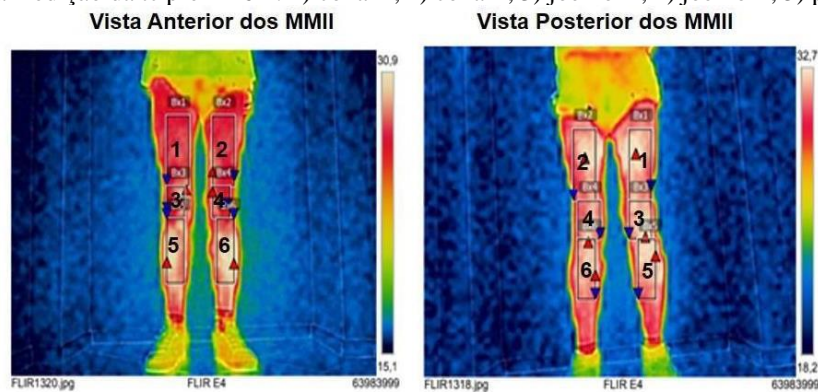
A avaliação da tc foi realizada através da câmera térmica digital portátil (*FLIR®, modelo E4, com resolução de 4.800 pixels*). Para a obtenção das imagens termográficas fatores ambientais da sala de exame foram levados em consideração, como a temperatura, que foi mantida entre 20°C a 23°C (Graus Celsius) e a umidade relativa do ar que permaneceu entre 50% a 70%, ambas foram monitoradas por um termo-higrômetro (*Termo-Higrômetro Digital com Sensor Externo e Relógio - AK28 new*), além disso, o local da avaliação sem presença de correntes de ar e raios ultravioletas que pudessem alterar a tc dos

sujeitos, conforme as diretrizes da *American Academy of Thermology (AAT) - Neuro Musculoskeletal Thermography* (Schwartz et al., 2015). Os pacientes também receberam orientações por escrito um dia antes da captura das imagens termográficas, como não realizar depilação e não passar loções e cremes em MMII, não ingerir bebidas alcoólicas e não fumar, bem como fazer refeição leve e não realizar exercícios extenuantes no dia da coleta (Schwartz et al., 2015).

A câmera térmica foi ligada 10 minutos antes da realização de cada exame, posicionada a 1,5 metros de distância do paciente e perpendicular às regiões de interesse [*Region of interest (ROI)*] do corpo (Priego-Quesada et al., 2019) do MMII, sendo da crista ilíaca até os maléolos (Fig. 1 e Fig. 2). A emissividade foi definida em 0,98 e adicionada à configuração da câmera e a escala colorimétrica utilizada para a obtenção das imagens foi a *rainbow* (arco íris). Os pacientes foram posicionados em ortostase com os MMII desnudos e com os pés 20cm afastados. As imagens foram obtidas no pré e pós o TD6m, sempre pela mesma pesquisadora e no mesmo horário, no início da tarde, para minimizar os efeitos do ritmo circadiano (Silverthorn et al., 2017). Foram registradas duas imagens térmicas por paciente, uma em vista anterior e outra em vista posterior.

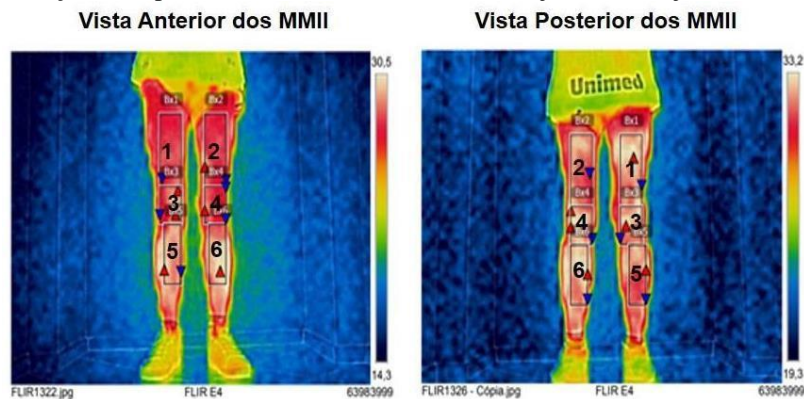
As imagens térmicas foram importadas e analisadas as ROI coxa, joelho e perna em vista anterior e posterior no software *FLIR Tools*. Para obter a diferença de tc do pré para pós o TD6m, foi realizado o cálculo Δtc de variação da temperatura, sendo a diferença da tc pós o exercício e tc pré o exercício, respectivamente ($\Delta tc = tc \text{ pós exercício} - tc \text{ pré exercício}$).

Figura. 1. ROI para medição da tc pré TD6m: 1) coxa D, 2) coxa E, 3) joelho D, 4) joelho E, 5) perna D, 6) perna E.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Figura 2. ROI para medição da tc pós TD6m: 1) coxa D, 2) coxa E, 3) joelho D, 4) joelho E, 5) perna D, 6) perna E.



Fonte: Dados da Pesquisa.

2.6 TESTE DO DEGRAU DE 6 MINUTOS

A avaliação da capacidade funcional, foi realizada através do TD6m, que foi aplicado por três avaliadores, um para orientar o sujeito, outro para contar o número de degraus e o terceiro para realizar as medidas dos sinais vitais. Foi utilizado um degrau com 20 cm de altura, onde os pacientes foram orientados a subir e a descer o degrau por 6 minutos, objetivando um maior número de degraus durante este tempo, podendo intercalar os MMII e sem apoio dos MMSS (Dal Corso et al., 2007). O teste seguiu as recomendações gerais da *American Thoracic Society*, com as mesmas frases de incentivos padronizadas a cada minuto (ATS, 2002). Os pacientes também foram instruídos que durante o teste, poderiam realizar repouso se necessário, porém o cronômetro não seria parado durante o descanso (Dal Corso et al., 2007). Para considerar a capacidade funcional através do TD6m, foi adotado um ponto de corte de 78 degraus, pacientes que obtiveram valores abaixo foram classificados como apresentando baixa capacidade física e relacionando a um pior prognóstico. Durante o teste também foram coletados os sinais vitais, como frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), monitorada através do cardiofrequencímetro (*POLAR®*, *Modelo 810*), saturação periférica de oxigênio (SpO₂), através do oxímetro (*NONIN®*, *Onyx 9500*), sensação subjetiva de dispneia e esforço em MMII, por meio da escala de Borg e dor avaliada através da escala visual analógica (EVA), nos momentos pré, pico e recuperação no primeiro minuto. Para obter a FC de recuperação, foi realizado o cálculo de diferença entre a FC de pico e FC no primeiro minuto de recuperação, (FC_{rec} = FC_{pico} - FC_{1min}). Foi considerado um ponto de corte de ≤ 14 bpm para a recuperação anormal da FC, que está relacionada à disfunção autonômica cardíaca e representa um forte preditor de mortalidade em pacientes com DPOC (Lacasse et al., 2005).

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados foram inseridos e analisados no software de análise estatística *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* versão 24.0 e apresentados de acordo com a sua natureza, sendo em média e desvio padrão para as variáveis paramétricas e em mediana seu valor mínimo e máximo para as variáveis não paramétricas. Para verificar as associações entre as variáveis foi utilizada a correlação de *Spearman* e considerado significativo um valor de $p \leq 0,05$.

3 RESULTADOS

Foram incluídos no estudo 8 sujeitos com DPOC, cujas características clínicas estão descritas na Tabela 1. Observa-se maior frequência do sexo masculino, idade adulta avançada, eutrófico, etnia caucasiana, bem como doença pulmonar variando o estadiamento entre moderada a muito severa. Encontramos alguns pacientes com hipertensão arterial sistêmica, na qual faziam uso de betabloqueadores estes com sarcopenia e dinapenia, porém com ITB normal.

Tabela 1. Características clínicas dos pacientes com DPOC.

Variáveis	DPOC (n=8)
Idade, anos	70,8±6,2
Sexo masculino, n	5
IMC, kg/m ²	27,1±4,4
Classificação do IMC, n	
Baixo peso	1
Eutrófico	4
Sobrepeso	3
Etnia caucasiano, n	8
Estadiamento da DPOC, n	
GOLD II	3
GOLD III	4
GOLD IV	1
Comorbidades, n	
HAS	3
Em uso de betabloqueador, n	3
FPP dominante	28,1±14,3
FPP dominante, % predito	99,5±52,7
Classificação da FPP	
Dinapenia + Sarcopenia, n	4
CP, cm	38,0±2,1
ITB geral, n	1,0±0,2
Classificação do ITB	
Normal	5
Limítrofe para DAOP	1
DAOP leve	2

Dados expressos em Média ± Desvio padrão; n: Número amostral; DPOC: Doença pulmonar obstrutiva crônica; IMC: Índice de massa corporal; Kg/m²: Quilogramas por metro quadrado; *GOLD*: *Global initiative for chronic obstructive lung disease*; HAS: Hipertensão arterial sistêmica; FPP: Força de prensão palmar; %: Por cento; CP: Circunferência da panturrilha; cm: Centímetro; ITB: Índice tornozelo braquial; DAOP: Doença arterial obstrutiva periférica.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Os resultados referentes à capacidade física, através do TD6m, bem como os sinais vitais, dor, percepção subjetiva de esforço e dispneia dos pacientes com DPOC, estão descritos na Tabela 2. Identificamos que a maioria dos sujeitos do estudo apresentaram baixa capacidade física (<78 degraus, n=7), resposta inadequada da FC e alto preditor de mortalidade (n=8), res- saltando que alguns deles eram betabloqueados (n=3). Observamos também um aumento na FR, dor musculoesquelética dos MMII, esforço e sensação de dispneia, bem como redução da SpO₂ do repouso para o pico do exercício, com parcial recuperação no 1º minuto.

Tabela 2. Resultados da capacidade física dos pacientes com DPOC, obtidos através do TD6m.

Variáveis	TD6m	Repouso	Pico do exer- cício	1º min da re- cuperação
Nº de degraus subidos	62,4±19,7			
Capacidade física				
Alta capacidade ≥78D, n	1			
Baixa capacidade <78D, n	7			
FR, irpm		17,6±3,4	20,0±2,2	17,8±3,3
FC, bpm		72,5±13,3	95,4±17,3	89,4±15,6
ΔFCR1	3,5 (2-13)			
ΔFCR1 ≤14bpm, n	8			
SpO ₂ , %		94,8±1,6	92,8±2,9	94,1±2,5
Dor		0,5 (0-4)	1,1 (0-5)	1,1 (0-5)
Borg Esforço		2,1 (0-6)	3,5 (0-6)	3,3 (0-6)
Borg Dispneia		1,8 (0-4)	3,9 (2-5)	3,8 (2-5)

Dados expressos em Média ± Desvio padrão, (Mínimo e Máximo); n: Número amostral; TD6m: Teste do degrau de 6 minutos; Nº de degraus subidos: Número de degraus subidos; ≥78D: Maior igual que 78 degraus; <78D: Menor que 78 degraus; FR: Frequência respiratória; irpm; Incursões respiratórias em um minuto; FC: Frequência cardíaca; bpm: batimentos por minuto; ΔFCR1: Delta de recuperação da frequência cardíaca no 1º min pós teste; SpO₂: Saturação periférica de oxigênio; %: Por cento.

Fonte: Dados da Pesquisa.

O comportamento da tc no pré e pós o TD6m está descrito na Tabela 3. Observamos redução da tc na grande maioria das variáveis, tanto em vista anterior quanto posterior, do pré para pós TD6m, entretanto alterações significativas foram encontradas apenas na vista posterior da coxa D e E e perna D.

Tabela 3. Análise do comportamento da temperatura cutânea no pré e pós o TD6m através da termografia infravermelha em pacientes com DPOC.

Variáveis	Pré TD6m	Pós TD6m	Δ tc	Valor p^*
tc em vista anterior				
Coxa D, °C	31,3±1,9	30,9±1,6	-0,4 (0,5-1,9)	0,26
Coxa E, °C	31,3±2,0	31,0±1,7	-0,3 (0,7-1,8)	0,36
Joelho D, °C	30,7±1,9	30,7±1,7	0,0 (1,1-0,7)	0,86
Joelho E, °C	30,5±1,8	30,4±1,6	-0,1 (1,0-1,1)	0,73
Perna D, °C	31,9±1,5	31,7±1,6	-0,2 (0,5-0,8)	0,49
Perna E, °C	32,1±1,2	32,3±1,2	0,2 (0,8-0,5)	0,23
tc em vista posterior				
Coxa D, °C	31,9±1,0	31,1±1,1	-0,8 (0,3-2,2)	0,05
Coxa E, °C	31,9±1,0	31,0±1,0	-0,9 (0,1-2,0)	0,02
Joelho D, °C	32,0±1,0	31,4±0,8	-0,6 (0,8-2,0)	0,09
Joelho E, °C	31,9±0,9	31,5±0,9	-0,4 (0,8-1,9)	0,23
Perna D, °C	31,8±0,8	31,0±1,1	-0,8 (0,7-2,4)	0,04
Perna E, °C	31,5±0,9	31,2±1,6	-0,3 (0,9-2,3)	0,62

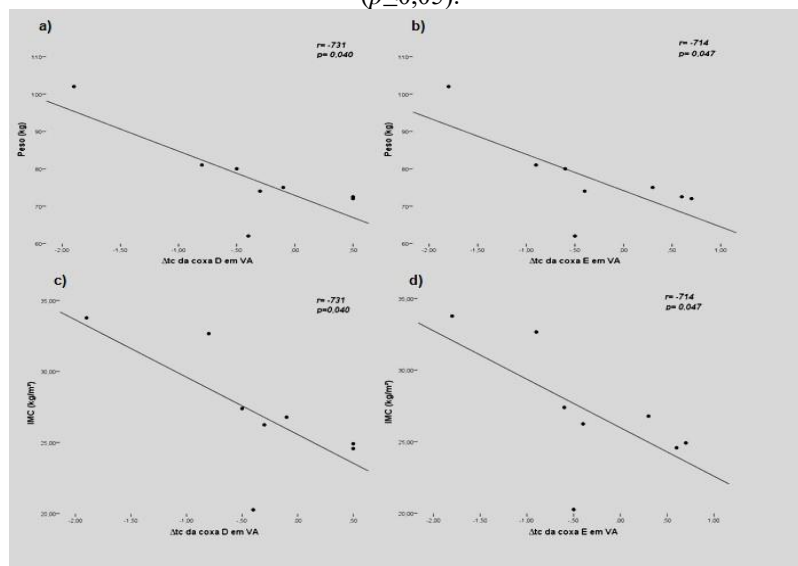
Dados expressos em Média \pm Desvio padrão, (Mínimo e Máximo); TD6m: Teste do degrau de 6 minutos. Δ tc: Delta de variação da temperatura cutânea; tc: Temperatura cutânea; D: Direta; E: Esquerda; °C: Graus Celsius.

*Diferença pré e pós TD6m. $p \leq 0,05$.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nós buscamos entender os aspectos que pudessem interferir nestas variações e encontramos uma correlação forte e negativa entre o IMC e o Δ tc da coxa D e coxa E em vista anterior, sendo neste caso, o peso, a principal variável influenciadora do IMC nessa associação (Fig. 3).

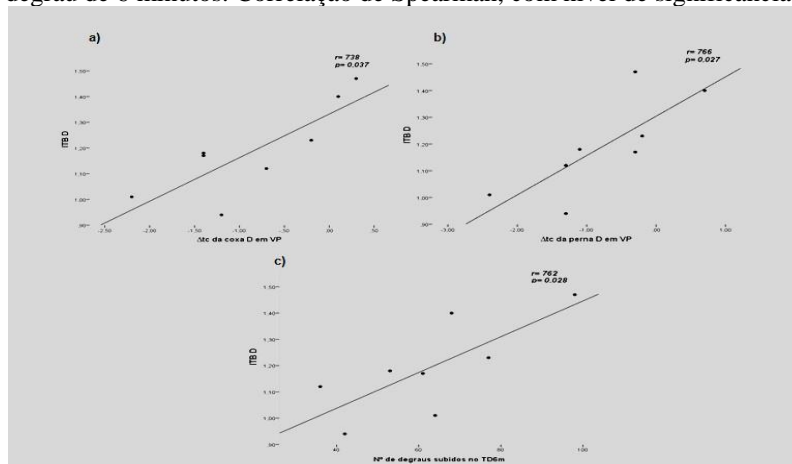
Fig. 3. a) Correlação entre o peso e o Δ tc da coxa D em VA; b) Correlação entre o peso e o Δ tc da coxa E em VA; c) Correlação entre o IMC e o Δ tc da coxa D em VA; d) Correlação entre o IMC e o Δ tc da coxa E em VA, dos pacientes com DPOC submetidos ao TD6m. kg: Quilograma; Δ tc da Coxa D em VA: Delta de variação da temperatura cutânea da coxa direita em vista anterior; Δ tc da Coxa E em VA: Delta de variação da temperatura cutânea da coxa esquerda em vista anterior; IMC: Índice de massa corporal; Kg/m²: Quilogramas por metro quadrado. Correlação de Spearman, com nível de significância ($p \leq 0,05$).



Fonte: Dados da Pesquisa.

Encontramos também correlação forte e positiva entre o ITB D e o Δt_c da coxa D e perna D em vista posterior, além de associação entre o ITB D e o número de degraus subidos no TD6m (Fig. 4).

Fig. 4. a) Correlação entre o ITB D e Δt_c da coxa D em VP; b) Correlação entre o ITB D e Δt_c da perna D em VP; c) Correlação entre o ITB D e n° de degraus subidos no TD6m, dos pacientes da pesquisa. ITB D: Índice tornozelo braquial direito; Δt_c da coxa D em VP: Delta de variação da temperatura cutânea da coxa direita em vista posterior; Δt_c da perna D em VP: Delta de variação da temperatura cutânea da perna direita em vista posterior; N° de degraus subidos no TD6m: Número de degraus subidos no teste do degrau de 6 minutos. Correlação de Spearman, com nível de significância ($p \leq 0,05$).



Fonte: Dados da Pesquisa.

4 DISCUSSÃO

Como principais achados deste estudo com pacientes DPOC podemos destacar: a) t_c dos MMII reduziu do início para o fim do TD6m, tanto na vista anterior (exceto joelho D e perna E) quanto na posterior; b) redução significativa na t_c foi encontrada apenas na vista posterior da coxa D e E e perna D do momento pré para pós teste; c) as alterações de t_c foram associadas ao IMC e ITB D, que por sua vez apresentou associação com o número de degraus subidos no TD6m.

Até onde sabemos, nosso estudo é o primeiro a analisar o comportamento da t_c frente ao TD6m de pacientes com DPOC, utilizando a termografia infravermelha como ferramenta de mensuração. A redução da t_c do pré para pós o TD6m, em nossos pacientes com DPOC, é um achado importante, pois segundo a literatura, durante o exercício físico dois sistemas termorreguladores são ativados, a sudorese e o aumento do fluxo sanguíneo (Silverthorn et al., 2017). Estes termorreguladores são controlados pelo sistema nervoso autônomo, quando a temperatura central aumenta, os neurônios simpáticos colinérgicos dilatam os vasos sanguíneos cutâneos, sem alterar a vasoconstrição simpática, aumentando assim a t_c (Silverthorn et al., 2017). No entanto, pacientes com DPOC apresentam desequilíbrio autonômico, tanto na atividade simpática como parassimpática (Vanzella et al., 2018) e entendemos que isso talvez tenha contribuído para uma redução da t_c do pré para pós TD6m em nosso estudo.

Indivíduos acometidos por DPOC manifestam deterioração na função da pele devido à inflamação sistêmica, o que inclui alterações na t_c à medida que a doença progride (Majewski et al., 2017). A resposta

da tc varia de acordo com uma série de fatores, dentre elas se destacam, o tipo, intensidade e duração do exercício, além da massa muscular e camada de gordura sub- cutânea (Priego-Quesada et al., 2019).

Um aspecto importante a ser enfatizado é a duração do exercício, ou seja, quando este menor que 15 minutos a tc tende a diminuir (Merla et al., 2009), o que pode explicar os achados do nosso estudo. Apesar do TD6m ser considerado um exercício submáximo, pacientes com DPOC apresentam disfunção ventilatória (Mazzuco et al., 2017), que pode limitar a execução do teste, além do TD6m ter uma duração de apenas 6 minutos e desta forma pode não ter sido suficiente para aumentar a tc desses sujeitos.

Durante o exercício físico, a produção de calor é direcionada para a musculatura ativa, gerando como resposta um aumento da tc, em decorrência da transferência de calor dos mús- culos ativos para a superfície cutânea (Gonzalez-Alonso, 2012). Embora no TD6m a principal musculatura acionada seja o quadríceps, pacientes com DPOC durante o exercício, apresentam aumento do trabalho respiratório, desviando o fluxo sanguíneo e oxigênio dos MMII para o músculo diafragma (Dempsey et al., 2006), o que pode também ter contribuído para uma redu- ção significativa da tc no grupamento muscular posterior em nossos pacientes. Somado a este fato, uma redução de massa muscular principalmente do grupamento muscular do quadríceps, induz a fadiga muscular precoce, acarretando em baixa tolerância ao exercício físico por parte destes pacientes (Marillier et al., 2020). Ressaltamos que 4 sujeitos do estudo apresentaram dinapenia e sarcopenia pela medição da FPP, já que a circunferência da panturrilha se caracte- rizou dentro da normalidade e não foi uma medida eficaz para prever a dinapenia como a FPP, porém nenhuma associação com a tc foi observada.

A influência da gordura subcutânea pode explicar a associação da variação da tc da coxa D e E com o IMC nos sujeitos do nosso estudo, uma vez que essas regiões do corpo apresentam maior percentual de gordura e o tecido adiposo atua como uma barreira isolante, interferindo na transferência de calor através da pele (Salamunes et al., 2017). Nós acreditamos que as as- sociações encontradas entre a circulação periférica (ITB) do MMII D com o número de degraus e a variação da tc da coxa e perna, estejam relacionadas com o roubo de fluxo pela musculatura ativada do grupamento quadríceps e diafragma, porém estudos futuros necessitam comprovar esta hipótese.

Como limitações do nosso estudo, podemos destacar a amostra limitada (n=8), que não é uma representatividade do todo e por isso os resultados não podem ser generalizados. Análise da variável gasometria arterial dos pacientes com DPOC poderiam ser inseridas para avaliar hipoxemia, assim como a análise da variabilidade da frequência cardíaca para avaliação da mo- dulação autonômica. Durante a nossa coleta, tivemos que optar em realizar ou aplicação da termografia infravermelha ou o ITB após o exercício, sendo o ITB também uma variável im- portante para ser incluída no estudo para avaliação das alterações na circulação periférica após o exercício. Outro ponto a ser destacado é que durante o TD6m

poderia ter sido averiguado os pacientes que subiram o degrau com os MMII intercalados ou que subiram e desceram o degrau sempre com o mesmo membro, para encontrar possíveis associações com a variação da tc.

Esses achados ressaltam a importância clínica de abranger a análise da tc em pacientes com DPOC e incluir a termografia infravermelha na avaliação da resposta aguda da tc no pré e pós exercício, pois trata-se de um recurso de fácil manuseio e sem restrições que pode ser utilizada diariamente para estes fins.

5 CONCLUSÕES

Pacientes com DPOC, em estadiamento variando de moderada a muito severa, apresentaram redução aguda e significativa na temperatura cutânea na vista posterior da coxa e perna D e coxa E, analisadas por meio de termografia infravermelha nos períodos pré para pós teste estressor TD6m. Peso, IMC e circulação periférica, verificada por meio do ITB são as variáveis clínicas associadas à variação da temperatura cutânea.

REFERÊNCIAS

- ATS. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. 2002. ATS statement : Guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 166, 111–117. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.166.1.at1102>
- Bimbato, L.D., Pereira, F.L.A., Filho, P.H.P., Creimer, H.P., Silva, V.M., Tieppo, A., Morelato, R.L., 2018. Doença arterial obstrutiva assintomática e Índice Tornozelo-Braquial em pacientes com diabetes mellitus tipo 2. *Rev. da Soc. Bras. Clínica Médica* 16, 18–20.
- Côrte, A.C.R., Hernandez, A.J., 2016. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. *Rev. Bras. Med. do Esporte* 22, 315–319. <https://doi.org/10.1590/1517-869220162204160783>
- Cruz, M.M., Pereira, M., 2020. Epidemiology of Chronic Obstructive Pulmonary Disease in Brazil: a systematic review and meta-analysis. *Cien. Saude Colet.* 25, 4547–4557. <https://doi.org/10.1590/1413-812320202511.00222019>
- Cruz-Jentoft, A.J., Baeyens, J.P., Bauer, J.M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., et al., 2010. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *J. Cruz-Gentoft et al. Age Ageing* 39, 412–423. <https://doi.org/10.1093/AGEING/AFQ034>
- Dal Corso, S., Duarte, S.R., Neder, J.A., Malaguti, C., de Fuccio, M.B., de Castro Pereira, C.A., et al., 2007. A step test to assess exercise-related oxygen desaturation in interstitial lung disease. *Eur. Respir. J.* 29, 330–336. <https://doi.org/10.1183/09031936.00094006>
- Damatto, R.L., Cezar, M.D.M., Dos Santos, P.P., 2019. Control of body temperature during physical exercise. *Arq. Bras. Cardiol.* 112, 543–544. <https://doi.org/10.5935/ABC.20190081>
- Dempsey, J.A., Romer, L., Rodman, J., Miller, J., Smith, C., 2006. Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respiratory Physiology & Neurobiology.* 151, 242-250. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16616716/>
- Fernandes, A., Amorim, P.R.S, Brito, C.J., Moura, A.G., Moreira, D.G., Costa, C.M.A., et al., 2014. Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. *Physiol. Meas.* 35, 189. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/35/2/189>
- Forjaz, C.L. de M., Tricoli, V., 2011. A fisiologia em educação física e esporte. *Rev. Bras. Educ. Física e Esporte* 25, 7–13. <https://doi.org/10.1590/S1807-55092011000500002>
- Gleeson, M., 1998. Temperature regulation during exercise. *Int. J. Sports Med.* 19, S96– S99. <https://doi.org/10.1055/S-2007-971967/BIB>
- Gold, 2021. Global strategy for prevention, diagnosis and management of copd. Gold Report [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://goldcopd.org/2021-gold-reports/>
- Halpin, D.M.G., Criner, G.J., Papi, A., Singh, D., Anzueto, A., Martinez, F.J., et al., 2021. Global Initiative for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Lung Disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 203, 24–36. <https://doi.org/10.1164/RCCM.202009-3533SO>

Hildebrandt, C., Zeilberger, K., Francis, E., Ring, J., Raschner, C., 2012. The Application of medical infrared thermography in sports medicine. *Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria*. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s100504700>.

Johnson, J.M., 1992. Exercise and the cutaneous circulation. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 20, 59–97. <https://doi.org/10.1249/00003677-199200200-00003>

Lacasse, M., Maltais, F., Poirier, P., Lacasse, Y., Marquis, K., Jobin, J., et al., 2005. Post-exercise heart rate recovery and mortality in chronic obstructive pulmonary disease. *Respir. Med.* 99, 877–886. <https://doi.org/10.1016/J.RMED.2004.11.012>

Lauretani, F., Russo, C.R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., et al., 2003. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J. Appl. Physiol.* 95, 1851–1860. <https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYSIOL.00246.2003>

Majewski, S., Pietrzak, A., Tworek, D., Szewczyk, K., Kumor-Kisielewska, A., Kurmanowska, Z., et al., 2017. Skin condition and its relationship to systemic inflammation in chronic obstructive pulmonary disease. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 12, 2407. <https://doi.org/10.2147/COPD.S141805>

Marillier, M., Bernard, A.C., Vergès, S., Neder, J.A., 2020. Locomotor Muscles in COPD: The Rationale for Rehabilitative Exercise Training. *Front. Physiol.* 10, 1590. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2019.01590/BIBTEX>

Mazzuco, A., Medeiros, W.M., Souza, A.S. de, Alencar, M.C.N., Neder, J.A., Borghi-Silva, A., 2017. Are heart rate dynamics in the transition from rest to submaximal exercise related to maximal cardiorespiratory responses in COPD? *Brazilian J. Phys. Ther.* 21, 251–258. <https://doi.org/10.1016/J.BJPT.2017.05.002>

Mccarthy, B., Casey, D., Devane, D., Murphy, K., Murphy, E., Lacasse, Y., 2015. Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2015. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003793.PUB3/INFORMATION/EM>

Merla, A., Mattei, P.A., Di Donato, L., Romani, G.L., 2009. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann. Biomed. Eng.* 38, 158–163. <https://doi.org/10.1007/S10439-009-9809-8>

Oliveira, M.F., Zelt, J.T.J., Jones, J.H., Hirai, D.M., O'Donnell, D.E., Verges, S., et al., 2015. Does impaired O₂ delivery during exercise accentuate central and peripheral fatigue in patients with coexistent COPD-CHF? *Front. Physiol.* 6, 514. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2014.00514/BIBTEX>

Pagotto, V.I., Santos, K.F., Malaquias, S.G., Bachion, M.M., Silveira, E.A., 2018. Calf circumference: clinical validation for evaluation of muscle mass in the elderly. *Rev Bras Enferm [Internet]* 71, 322–330. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0121>

Priego-Quesada, J.I., Oficial-Casado, F., Gandia-Soriano, A., Carpes, F.P., 2019. A preliminary investigation about the observation of regional skin temperatures following cumulative training loads in triathletes during training camp. *J. Therm. Biol.* 84, 431–438. <https://doi.org/10.1016/J.JTHERBIO.2019.07.035>

Salamunes, S., Stadnik, A.M.W, Neves, E.B., 2017. The effect of body fat percentage and body fat distribution on skin surface temperature with infrared thermography. *J. Therm. Biol.* 66, 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.JTHERBIO.2017.03.006>

Schwartz, R.G., O'Young, B., Getson, P., Govindan, S., Uricchio, J., Bernton, T., et al., 2015. Guidelines for Neuromusculoskeletal Infrared Thermography Sympathetic Skin Response (SSR) Studies. *Pan Am. J. Med. Thermol.* 2, 35–43. <https://doi.org/10.18073/2358-4696/PAJMT.V2N1P35-43>

Silverthorn, D.U. Ribeiro, M.F.M. Silva, M. Schenkel, K.P.C., 2017. *Fisiologia Humana: Uma Abordagem Integrada*. 7ª edição. Porto Alegre: Artemed, 2017.

Sociedade Brasileira de Cardiologia/ Sociedade Brasileira de Hipertensão/ Sociedade Brasileira de Nefrologia, 2010. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arq Bras Cardiol.* 95(1 supl.1), 1-51.

http://publicacoes.cardiol.br/consenso/2010/Diretriz_hipertensao_associados.pdf

Vanzella, L.M., Bernardo, A.F.B., De Carvalho, T.D., Vanderlei, F.M., Da Silva, A.K.F., Vanderlei, L.C.M., 2018. Complexidade do sistema nervoso autônomo em indivíduos com DPOC. *J. Bras. Pneumol.* 44, 24–30. <https://doi.org/10.1590/S1806-37562017000000086>