

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO**

GLAUCENY FARIA SANTOS CONCEIO

**SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO MUSCULAR NOS MEMBROS INFERIORES
DURANTE UMA SESSÃO DE ERGÔMETRO DE BRAÇO EM PACIENTES
COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA.**

**SÃO PAULO, SP
2026**

GLAUCENY FARIA SANTOS CONCECIO

**SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO MUSCULAR NOS MEMBROS INFERIORES
DURANTE UMA SESSÃO DE ERGÔMETRO DE BRAÇO EM PACIENTES
COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA.**

Dissertação apresentada à Universidade Nove de
Julho para obtenção do título de Mestre em
Ciências da Reabilitação.

Orientadora: Profa. Dra. Marília de Almeida Correia

Coorientador: Prof. Dr. Raphael Mendes Ritti Dias

**SÃO PAULO, SP
2026**

FICHA CATALOGRÁFICA

Concecio, Glauceny Faria Santos.

Saturação de oxigênio muscular nos membros inferiores durante uma sessão de ergômetro de braço em pacientes com doença arterial periférica. / Glauceny Faria Santos Concecio. 2026.
56 f.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2026.

Orientador (a): Prof. Dr. Marília de Almeida Correia.

Claudicação intermitente. 2. Exercício físico. 3. Saturação de oxigênio. 4. Dor.

Correia, Marília de Almeida. II. Título

CDU 615.8

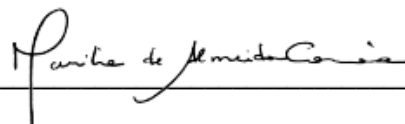
São Paulo, 21 de maio de 2026.

TERMO DE APROVAÇÃO

Aluno(a): **GLAUCENY FARIA SANTOS CONCECIO**

Título da Dissertação: **"SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO MUSCULAR NOS MEMBROS INFERIORES DURANTE UMA SESSÃO DE ERGÔMETRO DE BRAÇO EM PACIENTES COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA"**

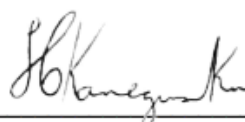
Presidente: PROF(A). DR(A). MARILIA DE ALMEIDA CORREIA



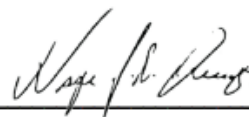
Membro: PROF(A). DR(A). RAPHAEL MENDES RITTI DIAS



Membro: PROF(A). DR(A). HÉLCIO KANEGUSUKU



Membro: PROF(A). DR(A). WAGNER JORGE RIBEIRO DOMINGUES



AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Raphael Ritti, Hécio e Marília Correia, expresso minha mais profunda gratidão pela confiança, dedicação e generosidade ao longo desta trajetória. Obrigada por compartilharem seus conhecimentos, pela orientação cuidadosa, pelas críticas construtivas e por acreditarem no desenvolvimento deste trabalho desde o início. Cada ensinamento e incentivo foram fundamentais para minha formação acadêmica e profissional.

Este estudo foi desenvolvido com base em projeto de pesquisa financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº [2022/14412-8]. O apoio da FAPESP foi fundamental para a concepção, desenvolvimento e execução da pesquisa. À Universidade Nove de Julho, por proporcionar o ambiente acadêmico necessário para o desenvolvimento desta pesquisa. À CAPES, pelo apoio concedido. Ao Instituto Dante Pazzanese e ao Hospital das Clínicas, pelo acolhimento deste projeto.

À minha família, que é o alicerce da minha existência e a razão de cada conquista alcançada. À minha mãe, Glauciene Faria, por ser sinônimo de amor incondicional, por sua força silenciosa e por sempre me ouvir, mesmo nos momentos mais difíceis. Ao meu pai, João Conceição, pelo exemplo de perseverança, pelos ensinamentos que levarei por toda a vida e pelo apoio constante. Aos meus irmãos, cunhado e avó Teresa, pela presença, pelo carinho e por serem parte essencial da minha história, tornando cada etapa mais leve e significativa.

Aos meus amigos Marcília, Beatriz, Edilene e Guilherme, que foram muito mais do que companhia ao longo dessa jornada. Obrigada pela escuta, pelo acolhimento nos dias difíceis, pelas risadas que aliviaram o peso das responsabilidades e por nunca me deixarem desistir. A amizade de vocês foi refúgio, força e inspiração.

Aos meus colegas de grupo, Renan Massena, Renan Faria, Wallace, Jessika, Max e Adão Luiz, por compartilharem comigo não apenas o ambiente acadêmico, mas também desafios, aprendizados, inseguranças e conquistas. O companheirismo de vocês transformou essa caminhada em uma experiência mais humana, colaborativa e enriquecedora. Cada troca, cada discussão e cada momento dividido contribuíram de forma significativa para a minha formação e para a construção deste trabalho.

RESUMO

A doença arterial periférica (DAP) é caracterizada pela obstrução das artérias dos membros inferiores, causando dor durante a caminhada. O exercício em ergômetro de braço (EB) pode melhorar a caminhada, porém seus mecanismos ainda são pouco esclarecidos. Este estudo teve como objetivo analisar os efeitos agudos do exercício em EB sobre a saturação muscular (StO_2) da perna em indivíduos com DAP. Participaram 24 indivíduos (68 ± 7 anos; 50 % homens; índice tornozelo-braço $0,62 \pm 0,14$) e sintomas de claudicação intermitente. A sessão de exercício em EB consistiu em 15 séries compostas por 2 minutos de ativos e 2 minutos de descanso, mantendo percepção subjetiva de esforço entre 13 e 15 da escala de Borg. Foram obtidos dados de StO_2 , oxihemoglobina, desoxihemoglobina e hemoglobina total, por meio da espectrometria por infravermelho próximo, em repouso e durante o exercício. Observou-se aumento significativo da StO_2 , oxihemoglobina e hemoglobina total durante o exercício em comparação ao repouso ($p < 0,005$). A desoxihemoglobina apresentou redução na primeira série ($p = 0,019$) e aumento no pico do exercício ($p < 0,001$). A percepção subjetiva de esforço correlacionou-se positivamente com a oxihemoglobina ($\rho = 0,208$; $p < 0,001$) e com a hemoglobina total ($\rho = 0,181$; $p < 0,001$). Houve correlação negativa entre a gravidade da doença e a oxihemoglobina ($\rho = -0,420$; $p = 0,041$), sem outras associações significativas. Conclui-se que o EB é bem tolerado e capaz de melhorar a oxigenação muscular, mesmo em membros acometidos pela DAP.

Palavras-chave: claudicação intermitente; exercício físico; saturação de oxigênio; dor.

ABSTRACT

Peripheral artery disease (PAD) is characterized by obstruction of the lower-limb arteries, leading to pain during walking. Arm-crank ergometry (ACE) exercise may improve walking performance; however, its underlying mechanisms remain poorly understood. This study aimed to analyze the acute effects of ACE exercise on leg muscle oxygen saturation (StO_2) in individuals with PAD. Twenty-four participants (68 ± 7 years; 50% men; ankle-brachial index 0.62 ± 0.14) with intermittent claudication symptoms were included. The ACE session consisted of 15 sets of 2 minutes of exercise followed by 2 minutes of rest, maintaining a rating of perceived exertion (RPE) between 13 and 15 on the Borg scale. StO_2 , oxyhemoglobin, deoxyhemoglobin, and total hemoglobin were assessed using near-infrared spectroscopy at rest and during exercise. Significant increases in StO_2 , oxyhemoglobin, and total hemoglobin were observed during exercise compared with rest ($p < 0.005$). Deoxyhemoglobin decreased during the first set ($p = 0.019$) and increased at peak exercise ($p < 0.001$). RPE was positively correlated with oxyhemoglobin ($\rho = 0.208$; $p < 0.001$) and total hemoglobin ($\rho = 0.181$; $p < 0.001$). A negative correlation was observed between disease severity and oxyhemoglobin variation ($\rho = -0.420$; $p = 0.041$), with no other significant associations. In conclusion, ACE exercise is well tolerated and capable of improving muscle oxygenation, even in limbs affected by PAD.

Keywords: intermittent claudication; exercise; oxygen saturation; pain.

SUMÁRIO

1.CONTEXTUALIZAÇÃO	12
2.OBJETIVO	20
2.1-Objetivo Geral	20
2.2-Objetivos Específicos	20
3.MÉTODO	21
3.1-Questões Éticas	21
3.2 Participantes	21
3.2.1 População e recrutamento	21
3.3-Coletas de Dados	22
3.3.1-Avaliação	22
3.3.2-Índice Tornozelo Braço	23
3.3.3-Perfil Sociodemográfico e Histórico de Comorbidades	23
3.4-Protocolo Experimental	24
3.5-Análise dos sinais	26
3.6-Análise estatística	27
4.RESULTADOS	28
5. DISCUSSÃO	36
6.CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
7.REFERÊNCIAS	41
8.ARTIGO SUBMETIDO	47
9.ANEXOS	48
9.1-Ficha de Dados Clínicos	48
9.2-Ficha de Intervenção	49
9.3-Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	50
9.4- Documento de Aprovação do Comitê de Ética em pesquisa	53

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Estudos sobre efeito do ergômetro de braço na Doença Arterial Periférica.....	13
Tabela 1: Características gerais da amostra.....	28
Tabela 2: Valores brutos e máxima extração de oxigênio.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comportamento da saturação durante um teste de caminhada em pacientes com Doença Arterial Periférica.....	17
Figura 2: Adaptação da NIRS.....	23
Figura 3: Desenho da sessão experimental.....	24
Figura 4: Gravação da NIRS no protocolo de ergômetro de braço.....	25
Figura 5: Fluxograma de recrutamento.....	27
Figura 6: Comportamento da saturação muscular na panturrilha na sessão de exercício.....	29
Figura 7: Comportamento da oxihemoglobina, desoxihemoglobina e hemoglobina total durante sessão de exercício com ergômetro de braço....	29
Figura 8: Comportamento de oxigenação muscular nos momentos de repouso, exercícios e pico de exercício.....	31
Figura 9: Percepção subjetiva de esforço e dor durante o exercício.....	32
Figura 10: Percepção subjetiva de esforço em relação aos parâmetros de oxigenação.....	33
Figura 11: Relação entre ITB e parâmetros de oxigenação.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS

AUC-Área sob a Curva
DAP- Doença arterial periférica
EB-Ergômetro de braço
HHb-Desoxihemoglobina
ITB-Índice tornozelo braço
NIRS-Espectrometria por Infravermelho Próximo
O2Hb-Oxihemoglobina
PAD-Pressão arterial diastólica
PA-Pressão arterial
PAS-Pressão arterial sistólica
PSE-Percepção subjetiva de esforço
STO2-Saturação Muscular de Oxigênio
THb-Hemoglobina Total

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A doença arterial periférica (DAP) é uma manifestação clínica onde ocorre o estreitamento ou a oclusão ocasionada por acúmulo de placa no lúmen arterial (SHAMAKI *et al.*, 2022). A prevalência de DAP no mundo é de 237 milhões de pessoas, sendo mais prevalente no sexo feminino, em indivíduos acima de 25 anos (SONG *et al.*, 2019). Dados do DataSUS de 2025, mostram que no Brasil foram internadas 3.237 pessoas com doenças arteriais (“Morbidade Hospitalar do SUS - por local de internação - Notas Técnicas”, [S.d.]). Dentre essas, a maior prevalência, é na região Sudeste com 1353 internações (“Morbidade Hospitalar do SUS - por local de internação - Notas Técnicas”, [S.d.]).

Os fatores de risco da DAP incluem tabagismo, diabetes, hipertensão, envelhecimento da população e dislipidemia, tendo a fisiopatologia semelhante à das doenças arteriais ateroscleróticas em outros locais (AGNELLI *et al.*, 2020). A prevalência de impacto dos fatores de risco varia de acordo com regiões geográficas e entre os sexos, onde, a mortalidade está frequentemente relacionada a indivíduos do sexo masculino (CONSORTIUM, 2023).

O diagnóstico da DAP é estabelecido através da história clínica, avaliação de sinais e sintomas, e de exames complementares (ABOYANS *et al.*, 2012). Nesse contexto, o índice tornozelo braço (ITB) é um método não invasivo comumente utilizado no diagnóstico. Para o seu cálculo são obtidas a pressão arterial sistólica dos membros inferiores e superiores e calculada a razão entre a pressão dos membros inferiores e a maior pressão do membro superior (DOOBAY; ANAND, 2005). Valores abaixo de 0,90 sugerem a presença de aterosclerose limitante de fluxo em uma artéria periférica (ABOYANS *et al.*, 2012). No qual, quanto menor o valor do ITB maior o risco de morte por doenças cardiovasculares (AGNELLI *et al.*, 2020).

Após o diagnóstico de DAP os pacientes são classificados de acordo com o comprometimento da doença (MAGALHÃES, THAÍS RODRIGUES *et al.*, 2022). As classificações mais utilizadas são a de Fontaine e a de Rutherford, onde quanto maior o estágio ou categoria do paciente, pior o estado da doença (MAGALHÃES, THAÍS RODRIGUES *et al.*, 2022). O estágio II na classificação de Fontaine, corresponde ao paciente que apresenta sintomas limitantes na

caminhada (dor, fadiga, em perna e glúteos) com melhora ao repouso (HARDMAN *et al.*, 2014). O estágio II é subdividido de acordo com a capacidade de caminhada e a distância percorrida em relação à dor limitante; no qual o estágio II-A, a dor limitante possui uma distância maior que 200 metros e o II-B, a distância é menor que 200 metros (HARDMAN *et al.*, 2014).

O comprometimento da caminhada reduz o nível de atividade física, dificulta a realização de atividades de vida diária é importante salientar, que devido a redução da funcionalidade ocorre, perda de massa muscular por inutilização, presença ou aumento de sarcopenia (associada a redução de quantidade de fibras musculares do tipo II) (AGNELLI *et al.*, 2020), piora das doenças cardiovasculares, risco de perda do membro e mortalidade (GUALANO *et al.*, 2010).

O exercício físico de caminhada supervisionado ou não supervisionado é recomendado no tratamento de pacientes com DAP (ERZINGER *et al.*, 2024). Recomenda-se a realização da caminhada de 30 a 60 minutos, de 3 a 5 sessões por semana, com dor de moderada a máxima (GORNIK *et al.*, 2024). Esse tipo de treinamento melhora a distância da caminhada (VEMULAPALLI *et al.*, 2015), a melhora a qualidade de vida; (LANZI *et al.*, 2021) e os, parâmetros cardiovasculares, (RITTI-DIAS *et al.*, 2019), aumenta de fluxo sanguíneo (ENGLUND *et al.*, 2022), angiogênese muscular e aumento de fibras musculares do tipo I (DA SILVA, NATAN D. *et al.*, 2022).

Todavia, ao seguir as recomendações de exercícios de caminhada os pacientes sentem dor, o que pode reduzir a aderência ao exercício físico. De fato, a dor da claudicação intermitente tem sido apontada como a principal barreira dos pacientes com DAP para praticar atividade física (BARBOSA *et al.*, 2015). Nesse contexto, estratégias alternativas de exercícios têm sido investigadas. Uma dessas estratégias é o exercício em ergômetro de braço (EB), exercício realizado utilizando manivelas manuais que permitem rotação dos membros superiores. Trata-se de exercício predominantemente aeróbio, utilizado em pessoas que tem impossibilidade de realização de exercícios com os membros inferiores (MAGALHÃES, SANDRA *et al.*, 2024; TREAT-JACOBSON; BRONAS; LEON, 2009; WALKER *et al.*, 2000; ZWIERSKA *et al.*, 2005).

Em pacientes com DAP esse tipo de exercício tem demonstrado promover melhora da capacidade de caminhada (MAGALHÃES, SANDRA *et al.*, 2024) e aumento da distância máxima de percorrida (ZWIERSKA *et al.*, 2005) além de melhorar o consumo de oxigênio (VO_2) no início da claudicação, e do VO_2 no limiar ventilatório (BRONAS; TREAT-JACOBSON; LEON, 2011a). No quadro 1 são apresentados os estudos que analisaram os efeitos do treinamento em EB em pacientes com DAP.

Quadro 1. Síntese dos estudos que analisaram os efeitos do treinamento com ergômetro de braço em pacientes com doença arterial periférica

Autor	N	Duração da intervenção	Prescrição utilizada	Resultados encontrados
Walker 2000 (WALKER <i>et al.</i> , 2000)	26	6 semanas	2 vezes semanais de EB de forma intervalada 2 minutos de EB e 2 minutos de descanso	Aumento na distância de caminhada em cerca de 122%
Treat Jacobson 2009(TREA T- JACOBSON; BRONAS; LEON, 2009)	8	12 semanas	Treino intervalado de 2 minutos ativos e 2 minutos de descanso por 60 minutos com incremento de um minuto de treino após duas semanas podendo chegar até 5 minutos	Aumento progressivo no momento da dor na caminhada em 82%, e em distância máxima de 53%
Tew 2009(TEW <i>et al.</i> , 2009)	27	12 semanas	2 vezes semanais 2 minutos ativos e 2 minutos de descanso com rotação de 50 rpm por 40 minutos	Aumento na distância máxima de caminhada, aumento de VO2 máximo e aumento do tempo mínimo de saturação após treinamento

Continuação do Quadro 1. Síntese dos estudos que analisaram os efeitos do treinamento com ergômetro de braço em pacientes com doença arterial periférica

Autor	N	Duração da intervenção	Prescrição utilizada	Resultados encontrados
Saxton 2011(SAXTON <i>et al.</i> , 2011)	104	24 semanas	40 minutos intervalos com 2 minutos ativos e 2 minutos de descanso Mantendo 50 rotações por minuto	Melhora qualidade de vida Melhora distancia de caminhada
Bronas 2011 (BRONAS; TREAT-JACOBSON; LEON, 2011b)	28	12 semanas	Intervalado 2 min ativos 2 minutos de descanso de EB Intensidade de 50 rpm e 10 w abaixo do máximo no teste de ergometria inicial Aumento progressivo semanal até 5 minutos contínuo com 1 de intervalo	Melhora no consumo do oxigênio no início da claudicação e no limiar ventilatório Melhora na capacidade de caminhada

Continuação do Quadro 1. Síntese dos estudos que analisaram os efeitos do treinamento com ergômetro de braço em pacientes com doença arterial periférica

Autor	N	Duração da intervenção	Prescrição utilizada	Resultados encontrados
Kirk 2018(KIRK; BROWN; TREAT-JACOBSON, 2018)	11	12 semanas	60 minutos de EB, 3 vezes na semana	Aumento na distância máxima da caminhada
Costa 2023(COSTA <i>et al.</i> , 2024)	32	12 semanas	30 min do EB de forma intervalada com progressão de aumento de 1 de EB a cada 3 semanas	Redução na PA diastólica de 24 horas e de vigília
Magalhães 2024(MAGALHÃES, SANDRA <i>et al.</i> , 2024)	56	12 semanas	50 a 60% VO ₂ pico 12 a 15 repetições mantendo BORG 12 a 13, com aumento progressivo semanalmente	Aumento significativo VO ₂ pico Aumento na distância percorrida a pé e na distância percorrida autorrelatada

Como pode ser observado no quadro 1, os estudos que investigaram os efeitos desse treinamento em pacientes com DAP observaram efeitos em diferentes desfechos em saúde. Especificamente com relação a capacidade de caminhada, demonstra-se que treinamentos entre 6 e 24 semanas com EB, promovem aumentos na capacidade de caminhada (BRONAS; TREAT-

JACOBSON; LEON, 2011b; KIRK; BROWN; TREAT-JACOBSON, 2018; MAGALHÃES, SANDRA *et al.*, 2024; SAXTON *et al.*, 2011; TEW *et al.*, 2009; WALKER *et al.*, 2000) e aumenta a distância no momento de dor na claudicação (TREAT-JACOBSON; BRONAS; LEON, 2009)

Apesar do potencial do exercício de EB para pacientes com DAP, dúvidas existem quanto aos mecanismos envolvidos nos seus efeitos. Em 2009 um estudo investigou como o treinamento com EB melhora a saturação na perna em um teste de capacidade de caminhada (TEW *et al.*, 2009). Os resultados mostraram que cronicamente treinamento com EB promoveu melhoria na saturação de oxigênio (StO_2) da musculatura da perna durante a caminhada. Para tanto, os parâmetros de oxigenação foram avaliados pela Espectroscopia por Infravermelho Próximo (NIRS), que capta através de aplicação de ondas luz vermelha diferentes componentes moleculares como a saturação, oxiemoglobina e hemoglobina total (LIMA; BAKKER, 2011).

É interessante observar que ao contrário do que acontece com indivíduos saudáveis em que a StO_2 dos músculos ativos se mantém constante durante o exercício, nos pacientes com DAP e sintomas de claudicação apresenta padrão alterado, conforme apresentado na figura 1.

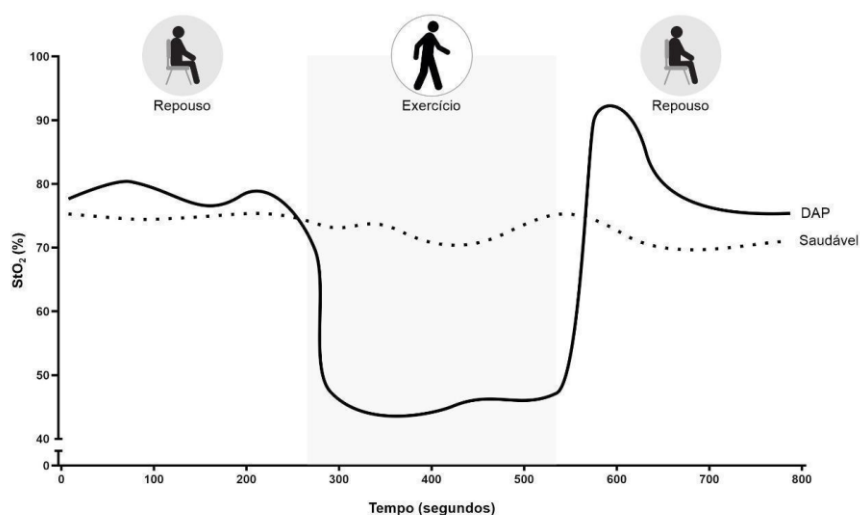


Figura 1. Comportamento da StO_2 durante um teste de caminhada em pacientes com doença arterial periférica.

Ao contrário de indivíduos saudáveis em que a StO_2 muscular permanece estável durante o exercício, em pacientes com DAP ocorre redução da StO_2 muscular durante a caminhada que permanece reduzida até a interrupção do

exercício, quando ela retorna aos valores basais após uma breve exacerbação. Estudos têm mostrado que o comportamento da StO_2 durante o teste está diretamente relacionado com a capacidade de caminhada dos pacientes DAP (ANDRADE-LIMA *et al.*, 2018). Assim, modificações no padrão de redução da StO_2 muscular parecem explicar, pelo menos em parte, os aumentos da capacidade de caminhada nesses pacientes. No entanto, como o exercício com os braços poderia melhorar a StO_2 muscular da perna ainda permanece desconhecido.

Os efeitos crônicos do treinamento físico são decorrentes da somatória dos sucessivos estímulos agudos que fornecem gatilhos para gerar adaptações nos diferentes parâmetros (DA NOBREGA, 2005). Assim, a análise das respostas durante uma única sessão de exercício pode fornecer informações valiosas para entender os efeitos crônicos dos programas de treinamento físico. Interessante notar que até o presente apenas um estudo analisou as respostas da StO_2 muscular da perna durante a realização do exercício em EB em pacientes com DAP (OGATA; YUNOKI; YANO, 2002). Estudos em indivíduos saudáveis tem mostrado que durante o exercício nos membros superiores ocorre uma vasoconstrição na musculatura que não está ativa, o que permite o direcionamento do débito cardíaco para a musculatura ativa (DELOREY; CLIFFORD, 2022; VOLIANITIS; SECHER, 2002). Embora os exercícios com EB tenham demonstrado melhorar a capacidade de caminhada em pacientes com DAP, os mecanismos fisiológicos relacionados a esse benefício ainda não estão completamente esclarecidos.

Acredita-se que no momento do exercício de ergômetros de braço, haja uma redução dos parâmetros de oxigenação nas pernas, piorando a isquemia e a dor isquêmica na panturrilha, e isso ocorre devido a resposta de vasoconstrição dos membros inativos durante os exercícios para que haja um direcionamento de fluxo para o membro ativo, e que esse fenômeno possa ser avaliado através da NIRS.

2. OBJETIVO

2.1-Objetivo Geral

Analisar os efeitos durante o exercício em EB na StO₂ da perna afetada pela DAP.

2.2-Objetivos Específicos

- Descrever a intensidade dos sintomas de dor na perna durante a realização do exercício em EB;
- Descrever a intensidade do esforço durante as series de exercícios
- Relacionar as respostas dos parâmetros de oxigenação muscular durante os exercícios de EB com a percepção de esforço
- Relacionar a gravidade da doença com a resposta dos parâmetros de oxigenação muscular

3. MÉTODOS

3.1-Questões Éticas

Trata-se de um estudo transversal realizado na Universidade Nove de Julho, aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CAAE :80383124.30000.5511) e registrado no Clinical Trials (NTC06491810). Todos os participantes foram esclarecidos a respeito dos procedimentos, dos riscos e dos benefícios, e aqueles que concordaram em participar da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento livre e esclarecido.

3.2 Participantes

3.2.1 População e recrutamento

O estudo foi composto por participantes diagnosticados com DAP de ambos os sexos, o recrutamento foi realizado por conveniência; após o aceite da participação da pesquisa os participantes foram submetidos a avaliações clínicas, de perfil sociodemográfico, histórico de comorbidade, uso de medicamentos e ao protocolo de exercício.

O recrutamento dos participantes com Doença Arterial Periférica, foi realizado por conveniência, abordando os participantes que participavam dos projetos de pesquisa do Grupo de Pesquisa em Intervenções Clínicas em Doenças Cardiovasculares da Universidade Nove de Julho e por divulgação em Hospitais da cidade de São Paulo e mídias sociais (WhatsApp ou Instagram). Foram incluídos no estudo participantes que atendiam aos seguintes critérios:

- Idade acima de 40 anos de ambos os sexos;
- Diagnóstico de DAP confirmados através do índice braço tornozelo (ITB) abaixo de 0,9 (NEWMAN *et al.*, 1993).
- Sintomas de claudicação intermitente durante a caminhada;
- Dobra cutânea da panturrilha inferiores a 20 mm;
- Liberação médica para realização de exercícios;
- Não apresentar dores limitantes em exercícios que incapacite a realização do exercício.

3.3-Coletas de Dados

As coletas de dados do protocolo experimental ocorreram no período diurno na Universidade Nove de Julho. Após aceitação da participação no estudo, os participantes eram contatados e orientados a usar suas medicações de rotina, a se alimentarem e a não realizarem exercícios ou ingerir bebida alcoólica 24 horas antes da coleta.

3.3.1-Avaliação

Ao chegarem ao laboratório, os participantes foram submetidos a aferição do peso e da altura, através de uma balança digital antropométrica (Welmy, São Paulo, Brasil). Foi solicitado aos participantes que retirassem os tênis e usassem roupas leves para que não houvesse interferências nos dados, que subisse na balança e se posicionasse no centro da mesma, mantivessem os braços relaxados ao lado do corpo e os pés em paralelos na balança, para que a distribuição do peso sejam igualitárias, nesse momento foi adaptado o medidor de altura e foram anotados os dados obtidos.

Em seguida, os participantes foram posicionados sentados em uma cadeira e permaneceram em repouso por 10 minutos, período em que foi realizada uma entrevista para a obtenção dos dados clínicos e sociodemográficos. Os dados obtidos foram idade, gênero, fatores de risco cardiovasculares, uso de medicamentos, tabagismo, tempo de abstinência do cigarro (caso já tenha sido fumante); diagnóstico prévio de doenças e episódios de queda no último semestre.

Após aplicação dos questionários, foi realizado a aferição da pressão arterial no braço do participante, em ambiente silencioso, por meio de um monitor automático (HEM-742, Omron Healthcare, Japão). O participante se mantinha na posição sentada, com pernas relaxadas e descruzadas, e pés apoiados no chão, com tronco encostado em cadeira e braços apoiados na altura do coração e com a palma da mão direcionada para cima. O manguito foi posicionado acima da fossa cubital e de forma centralizada. Para medida pré intervenção, foram realizadas medições consecutivas, com um minuto de intervalo, até que a diferença de duas medidas fosse inferior a 4 mmHg conforme a Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. (“Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial 2025 REALIZAÇÃO”, [S.d.])

3.3.2-Índice Tornozelo Braço

Os participantes foram posicionados em uma maca para a confirmação do diagnóstico da DAP foi realizada a medida do ITB por meio das pressões arteriais sistólicas do braço e do tornozelo nos dois membros medidas em triplicata. A aferição da pressão arterial foi realizada com o uso de um doppler vascular (DV610, Medmega, Brasil) e um esfigmomanômetro aneróide devidamente calibrado. Após posicionar o doppler sobre a artéria braquial (para a medida no braço) e sobre as artérias pediosa e tibial posterior (no tornozelo), o manguito foi inflado até 20 mmHg acima do nível estimado da pressão arterial sistólica. A determinação da pressão arterial sistólica foi feita no momento do aparecimento do primeiro som (fase I de Korotkoff). As medidas no braço e no tornozelo foram realizadas por um único avaliador. Em posse desses dados, foi calculado o índice tornozelo braço de cada lado do corpo por meio da divisão da pressão arterial sistólica do tornozelo (maior pressão arterial sistólica entre os dois pontos anatômicos medidos) pela pressão arterial sistólica do braço (maior pressão arterial sistólica entre os dois braços).

Após a avaliação com paciente sentado em cadeira, com joelho fletido em 90°, foi realizada a avaliação da prega cutânea da panturrilha com menor ITB, utilizando o adaptômetro (Cescorf, Rio Grande do Sul, Brasil) e utilizando a padronização sugerida pela Internacional Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) (DA SILVA, VLADIMIR SCHUINDT; VIEIRA, 2020). Foram realizadas 3 medidas na parte interna da panturrilha, e o resultado da mediana foi registrado.

3.3.3-Perfil Sociodemográfico e Histórico de Comorbidades

Foi utilizado um questionário próprio para avaliação sociodemográfica aplicado pelo pesquisador aos participantes. Ele era composto por informações sobre identidade de gênero, data de nascimento, idade em anos, estado civil, escolaridade, trabalho atual, endereço, contatos, fatores de risco cardiovasculares, uso de medicamentos, tabagismo, tempo de abstinência do cigarro (caso já tenha sido fumante); diagnóstico prévio de doenças e episódios de queda no último semestre.

3.4-Protocolo Experimental

Para a realização do protocolo experimental os participantes se mantinham sentados com joelho a 90 graus com o NIRS posicionado medialmente na panturrilha da e fixado com filme plástico e faixa elástica, conforme apresentado na Figura 2. O equipamento foi programado para registro contínuo durante toda sessão experimental, obtendo-se dados de oxihemoglobina (O₂Hb), desoxihemoglobina (HHb), saturação muscular de oxigênio (StO₂) e hemoglobina total (tHb).



Figura 2: Colocação da NIRS. Fonte própria.

Após isso foi fixado o sensor do aparelho *Near-infrared Spectroscopy* (Artinis, sistema Portamon, Holanda) na perna com menor ITB nos participantes e iniciaram as coletas de dados da NIRS; no momento basal, na máxima extração (oclusão), no protocolo experimental de exercícios com ergômetro de braço e no repouso. No período do exercício foram coletados dados de distância percorrida no ergômetro de braço, tolerância ao esforço através da escala de BORG. (Escala de Borg – 6 a 20) (CABRAL *et al.*, 2017), e queixas algicas nos membros inferiores através da Escala de dor Wong-Baker Faces Pain Rating (0 a 5) (“Repositório Científico da Escola Superior de Enfermagem de Coimbra”, [S.d.]).

A sessão experimental tem início com o paciente em repouso. Após dois minutos de repouso, inicia-se o processo de calibração fisiológica. Para tanto, um esfigmomanômetro foi posicionado na coxa da perna com menor ITB sendo inflado até atingir 50 mmHg acima da pressão arterial sistólica do participante, o qual permanece inflado por 5 minutos. Ao final dos 5 minutos o manguito era

desinflado e o paciente permanecia em repouso por 15 minutos para coleta de valores de saturação no momento da recuperação.

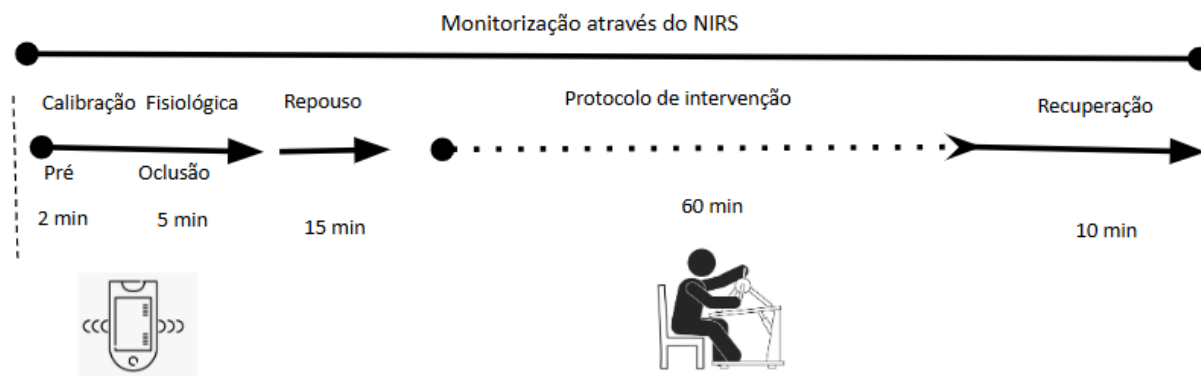


Figura 3: Desenho da sessão experimental.

Após 15 minutos da manobra de calibração era iniciado o protocolo de exercício. Para tanto, o paciente era posicionado sentado em frente uma mesa, onde estava o cicloergômetro de braço. A sessão de exercício consistia na realização de 15 ciclos (C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10,C11,C12,C13,C14,C15), sendo dois minutos ativos e dois minutos de recuperação passiva, totalizando 60 minutos (30 minutos ativos) de intervenção. Para a realização do exercício, o paciente foi orientado a realizar de 60 a 70 rotações por minuto e a intensidade do exercício foi mantida entre 13-15 (intensidade moderada) na escala de percepção subjetiva de esforço de Borg (ESTON, 2012). Ao final de cada ciclo foram coletadas a percepção de dor na perna por meio da escala de Dor *Wong-Baker Faces Pain Rating*, a percepção subjetiva de esforço (PSE), e a distância percorrida através do *count* fornecido pelo EB. Durante o protocolo de exercício foram obtidos a StO₂, a O₂Hb, a HHb e a tHb.

3.5-Análise dos sinais

Durante a coleta foram obtidos os seguintes parâmetros dessas variáveis: alteração absoluta e relativa em cada série, valores máximos e mínimos em cada série, tempo até os valores máximos e mínimos em cada série, resposta após o intervalo de recuperação, comportamento ao longo das séries de exercício e comportamento durante a recuperação da sessão de exercício.

Para análise, o sinal foi segmentado de acordo com os momentos específicos do protocolo experimental. Foram extraídos os valores correspondentes ao período de repouso e às séries do exercício. Para fins de apresentação dos dados, foram considerados os valores da 1^a, 5^a, 10^a e 15^a séries, por representarem o início, o momento intermediário e o final da sessão de exercício. Em cada um desses momentos, foi considerado o valor médio do sinal dentro do respectivo intervalo de análise.

Adicionalmente, foi identificado o maior valor observado durante todo o período de exercício, considerado como a resposta de pico para cada variável analisada. Dessa forma, foi possível caracterizar o comportamento das variáveis de oxigenação muscular e do volume sanguíneo local ao longo das séries do exercício e no momento de maior resposta fisiológica durante a tarefa.

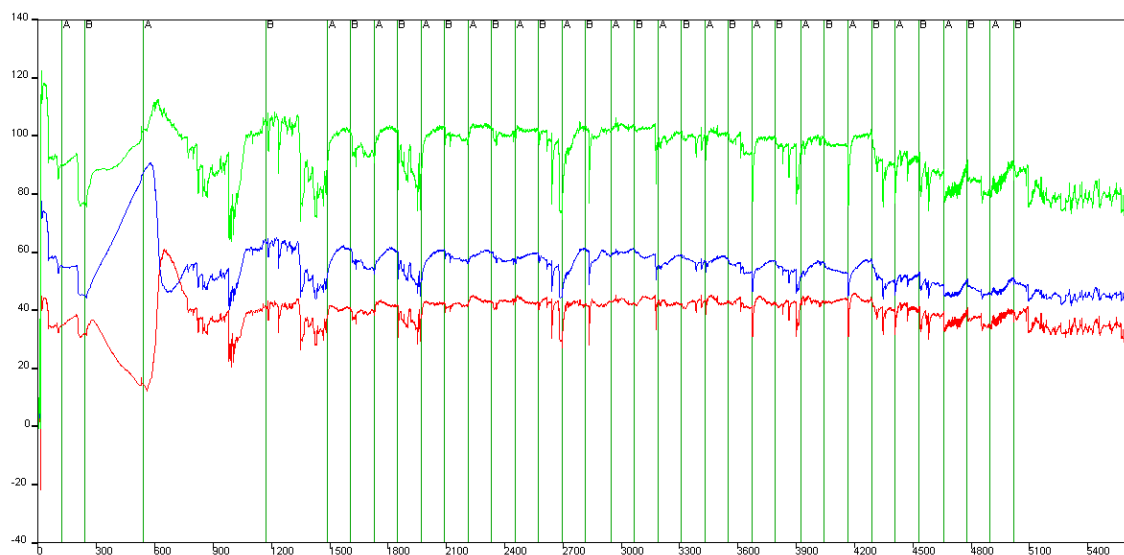


Figura 4. Gravação da NIRS no protocolo com ergômetro de braço. Fonte própria.

3.6-Análise estatística

As análises de normalidade e homogeneidade de variância foram realizadas por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Os dados foram apresentados como mediana e intervalo interquartil. Para avaliar o efeito do exercício em comparação ao momento basal, utilizou-se o teste de Friedman; quando identificadas diferenças significativas, realizou-se a comparação par a par por meio do pós-hoc de Wilcoxon com correção apropriada. Para a comparação entre o momento de repouso e os valores de

pico durante o exercício, aplicou-se o teste de Wilcoxon. A relação entre as variações dos parâmetros de oxigenação muscular durante o exercício e o EB, a percepção de esforço e o índice tornozelo-braço foi analisada pelo coeficiente de correlação de Spearman. Em todas as análises, considerou-se significativa $P < 0,05$.

4. RESULTADOS

O fluxograma de recrutamento dos participantes pode ser visto na figura 5.

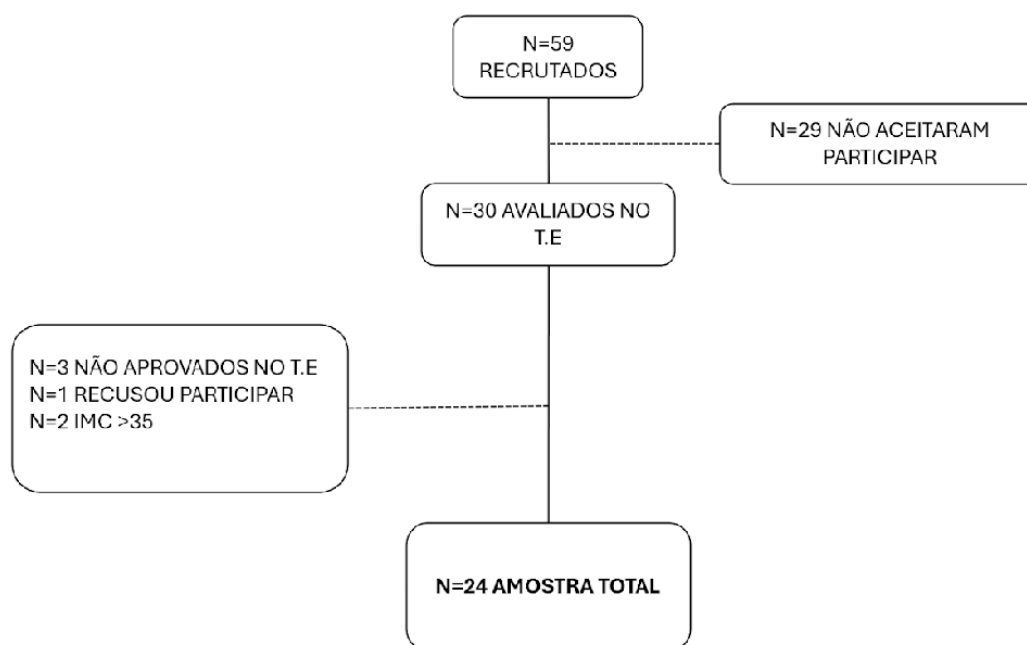


Figura 5. Fluxograma da amostra total, TE (Teste Ergométrico)

Cinquenta e nove pacientes foram recrutados e trinta participantes realizaram o teste de esforço, sendo que três participantes não foram aprovados no teste, um recusou a participação, porque o horário de trabalho não permitia e dois foram excluídos por ter IMC maior que 35 kg/m². A coleta foi realizada entre abril de 2024 até janeiro de 2026, no qual, a amostra final foi composta por 24 participantes elegíveis para o estudo. A maior parte dos participantes eram do sexo masculino, com média de idade de 68±7 anos e ITB de 0,62±14, dislipidêmicos (n=19), hipertensos (n=17) e diabéticos (n=12). Os medicamentos mais utilizados pelos participantes foram estatinas (n=22), bloqueador de angiotensina II (n=11), betabloqueador (n=15) e antiagregante plaquetário (n=14). As características da amostra estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características gerais da amostra (n= 24).

Característica	Valores
Sexo, homens (%)	12 (50%)
Idade, anos	68 ± 7
Índice tornozelo-braço	0,62 ± 0,14
Peso, kg	71,0 ± 18,2
Estatura, m	1,63 ± 8,0
Índice de massa corporal, kg/m ²	26,5 ± 4,9
Dobra cutânea da panturrilha, mm	10,6 ± 2,8
Pressão arterial sistólica, mmHg	126 ± 22
Pressão arterial diastólica, mmHg	70 ± 10
Frequência cardíaca, bpm	74 ± 17,2
Tabagismo, n (%)	7 (29%)
<u>Escolaridade, n (%)</u>	
Nenhum estudo ou fundamental incompleto	4 (17%)
Fundamental completo	6 (25%)
Médio incompleto	3 (13%)
Médio completo / superior incompleto	9 (37%)
Superior completo / pós-graduação	2 (8%)
<u>Estado civil</u>	
Solteiro	7 (28%)
Casado	10 (45%)
Divorciado	4 (17%)
Viúvo	3 (13%)
<u>Comorbidades, n (%)</u>	
Hipertensão	17 (71%)
Doença arterial coronariana	9 (38%)
Dislipidemia	19 (78%)
Diabetes	12 (50%)
COVID-19	10 (41%)
<u>Medicamentos, n (%)</u>	
Bloqueador de canal cálcio	3 (13%)
Bloqueador de receptor de angiotensina II	11 (45%)
Diurético	9 (38%)
Vasodilatador	4 (16%)
Beta bloqueador	15 (63%)
Antiagregante plaquetário	14 (58%)
Estatina	22 (92%)
Antidepressivo	3 (13%)
Antidiabético	10 (42%)

Valores apresentados em média ± desvio padrão e valores absolutos (relativos).

As Figuras 6 e 7 ilustram o comportamento geral das variáveis de oxigenação muscular da panturrilha ao longo da sessão de exercício de EB.

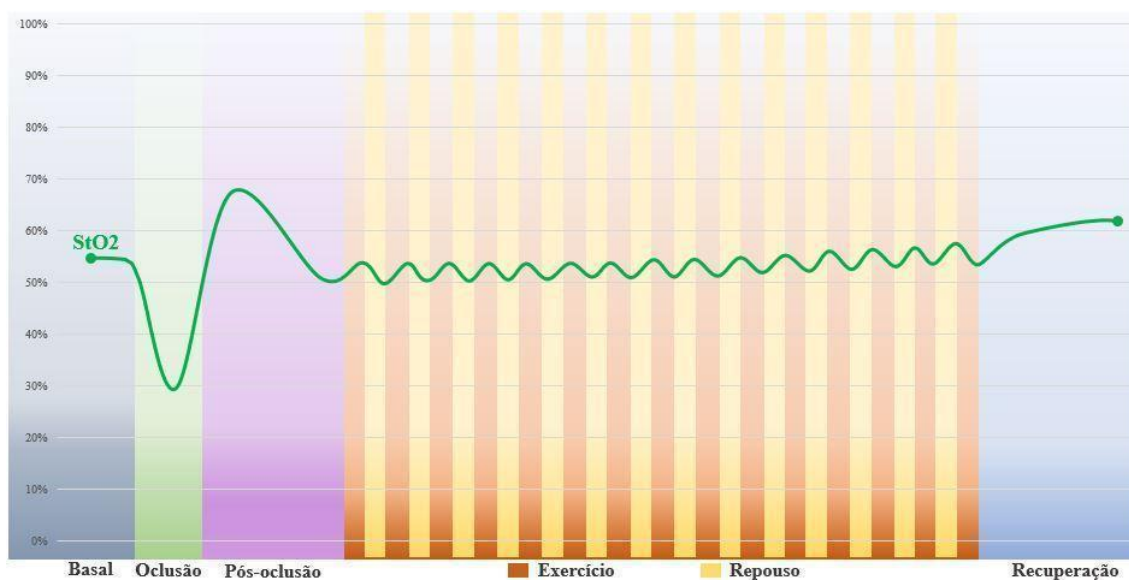


Figura 6. Comportamento da saturação de oxigênio (StO2) durante uma sessão com exercício com EB em pacientes com doença arterial periférica, incluindo a manobra de máxima extração de oxigênio e período de recuperação.

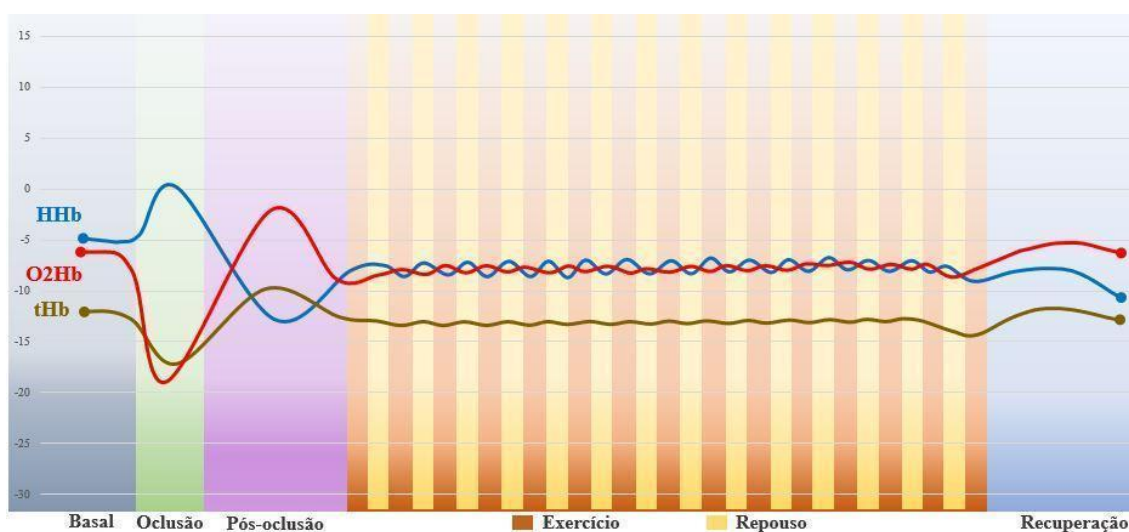


Figura 7. Comportamento da oxihemoglobina (O2Hb), desoxihemoglobina (HHb) e hemoglobina total (tHb) durante uma sessão com exercício em ergômetro de braço em pacientes com doença arterial periférica, incluindo a manobra de máxima extração de oxigênio e período de recuperação.

A tabela 2 descreve os valores brutos para calibração e correção dos dados durante a manobra de máxima extração de oxigênio para a oxihemoglobina, desoxihemoglobina e hemoglobina total do músculo da panturrilha da perna mais acometida pela doença arterial periférica, indicada pelo menor índice tornozelo-braço.

Tabela 2. Oxigenação do músculo da panturrilha de pacientes com doença arterial periférica durante manobra de calibração do aparelho de máxima extração de oxigênio (n= 24).

Variáveis	Valores
StO₂, %	
Basal	57,1 (6,8)
Valor mínimo durante a oclusão	43,1 (19,0)
O₂Hb, μM	
Basal bruto	10,3 (29,5)
Valor mínimo durante a oclusão	4,8 (41,2)
Basal corrigido pela manobra de oclusão	8,3 (37,2)
tHb, μM	
Basal bruto	29,4 (87,0)
Valor mínimo durante a oclusão	32,0 (84,0)
Basal corrigido pela manobra de oclusão	-0,1 (5,8)
HHb, μM	
Basal bruto	16,6 (56,1)
Valor máximo durante a oclusão	41,7 (57,5)
Basal corrigido pela manobra de oclusão	22,7 (15,7)

Valores apresentados em mediana (amplitude interquartil). StO₂: Índice de Saturação de Oxigênio Tecidual; O₂Hb: Oxihemoglobina; HHb: Desoxihemoglobina; tHb: Hemoglobina total;

A Figura 8 demonstra o comportamento da StO₂, oxihemoglobina, desoxihemoglobina e hemoglobina total no período de repouso, durante as séries 1, 5, 10 e 15 do exercício com EB, bem como o maior valor observado durante o exercício (pico).

A StO₂ apresentou aumento progressivo ao longo das séries de exercício ($p < 0,001$). Em comparação ao repouso, foram observadas diferenças significativas nas séries 1, 5, 10, 15 e no pico ($p < 0,001$; *). Além disso, a StO₂ foi maior nas séries 5, 10 e 15 em comparação à 1ª série do exercício ($p < 0,007$; #). Também houve aumento significativo nas séries 10 e 15 quando comparadas à 5ª série ($p < 0,001$; †). Não houve diferença significativa entre as séries 10 e 15 ($p = 0,291$).

A oxihemoglobina aumentou progressivamente ao longo das séries ($p < 0,001$). Em relação ao repouso, observou-se aumento significativo nas séries 1, 5, 10 e 15 e no pico ($p < 0,001$; *). Em comparação à 1ª série, houve diferença significativa nas séries 5, 10 e 15 ($p < 0,001$; #). Adicionalmente, as séries 10 e 15 apresentaram valores superiores à 5ª série ($p < 0,006$; †). Não houve diferença significativa entre as séries 10 e 15 ($p = 0,290$).

A hemoglobina total aumentou durante o exercício com EB ($p < 0,001$). Comparada ao repouso, apresentou aumento nas séries 1, 5, 10, 15 e no pico ($p < 0,001$; *). Em relação à 1ª série, houve aumento nas séries 5, 10 e 15 ($p < 0,043$; #). Não houve diferença estatística entre as séries 5, 10 e 15 ($p > 0,052$), nem entre as séries 10 e 15 ($p = 0,668$).

A desoxihemoglobina apresentou diferenças entre os momentos analisados ($p < 0,001$). Em comparação ao repouso, houve redução significativa na 1ª série ($p = 0,019$; *) e aumento significativo no pico ($p < 0,001$; *), sem diferenças nas séries 5, 10 e 15. Em relação à 1ª série, houve diferença significativa nas séries 5, 10 e 15 ($p < 0,006$; #). Comparada à 5ª série, a 15ª série apresentou aumento. Não houve diferença significativa entre as séries 5 e 10 ($p = 0,116$) e entre as séries 10 e 15 ($p = 0,153$).

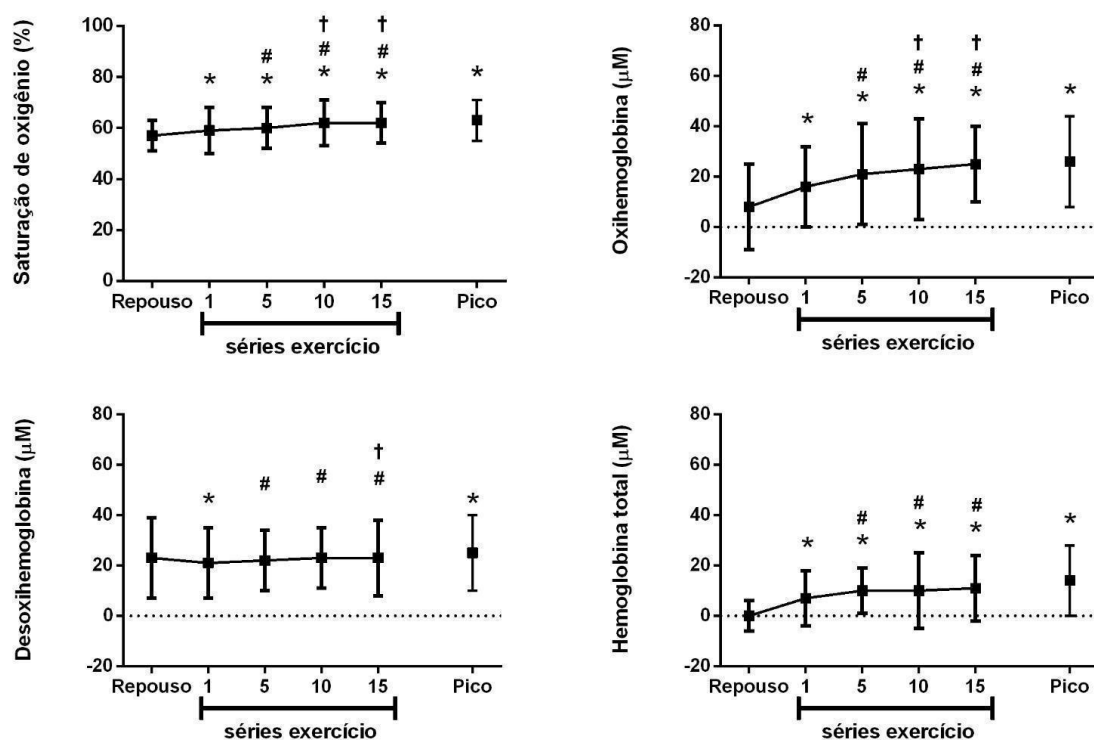


Figura 8. Comportamento da StO₂, oxihemoglobina, desoxihemoglobina e hemoglobina total, durante o exercício de ergômetro de braços no músculo da panturrilha da perna mais acometida pela doença arterial periférica. * Diferença em relação ao momento de repouso; # Diferença em relação à 1ª série de exercício; † Diferença em relação à 5ª série de exercício.

Na Figura 9 estão demonstradas a PSE e a dor durante as séries 1, 5, 10 e 15 do exercício com EB. Observa-se que os participantes alcançaram a intensidade pretendida do exercício, situando-se entre 13 e 15 na escala de PSE de Borg (6–20). Houve um aumento progressivo da PSE ao longo do exercício ($p < 0,001$). Em comparação à 1ª série, observaram-se diferenças nas séries 5, 10 e 15 ($p < 0,001$; #). Em comparação à 5ª série, houve aumento nas séries 10 e 15 ($p < 0,019$; †). Não houve diferença significativa entre as séries 10 e 15 ($p = 0,754$).

Os dados gerais demonstraram que, em média, não houve dor de claudicação na panturrilha ao longo da sessão em EB (0 ± 0). No entanto, quatro participantes relataram dor leve (escores 1–3), que se manteve estável durante toda a sessão.

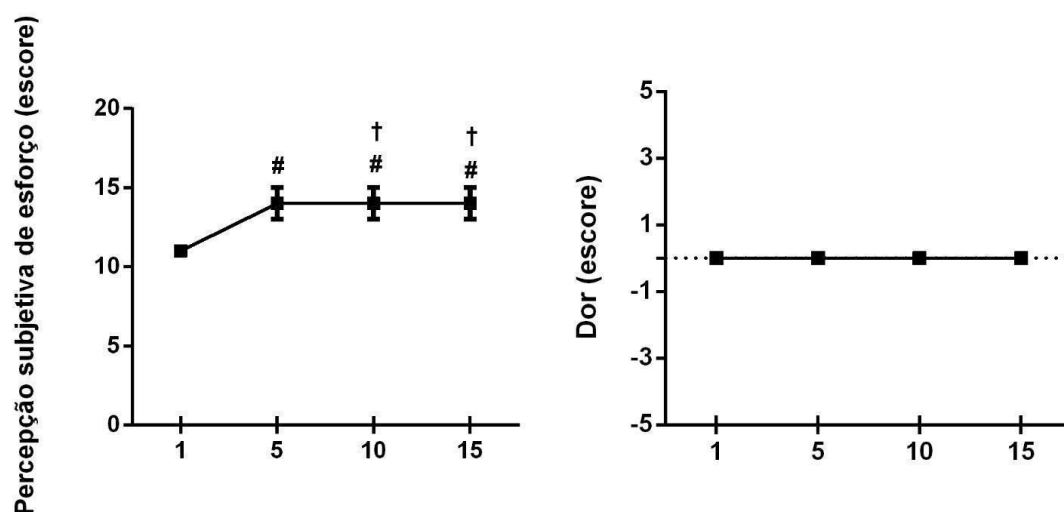


Figura 9. Percepção subjetiva de esforço e dor durante exercício com EB em pacientes com doença arterial periférica ($n = 24$). # Diferença em relação à 1ª série de exercício; † Diferença em relação à 5ª série de exercício.

A Figura 10 apresenta a relação entre a PSE e os parâmetros de oxigenação muscular ao longo das 15 séries de exercício com EB ($n = 360$). Observou-se correlação positiva entre a PSE e a oxihemoglobina ($\rho = 0,208$; $p < 0,001$) e entre a PSE e a hemoglobina total ($\rho = 0,181$; $p < 0,001$). Não foram identificadas correlações significativas entre a PSE e a StO_2 ($\rho = 0,082$; $p = 0,120$) nem entre a PSE e a desoxihemoglobina ($\rho = -0,008$; $p = 0,885$).

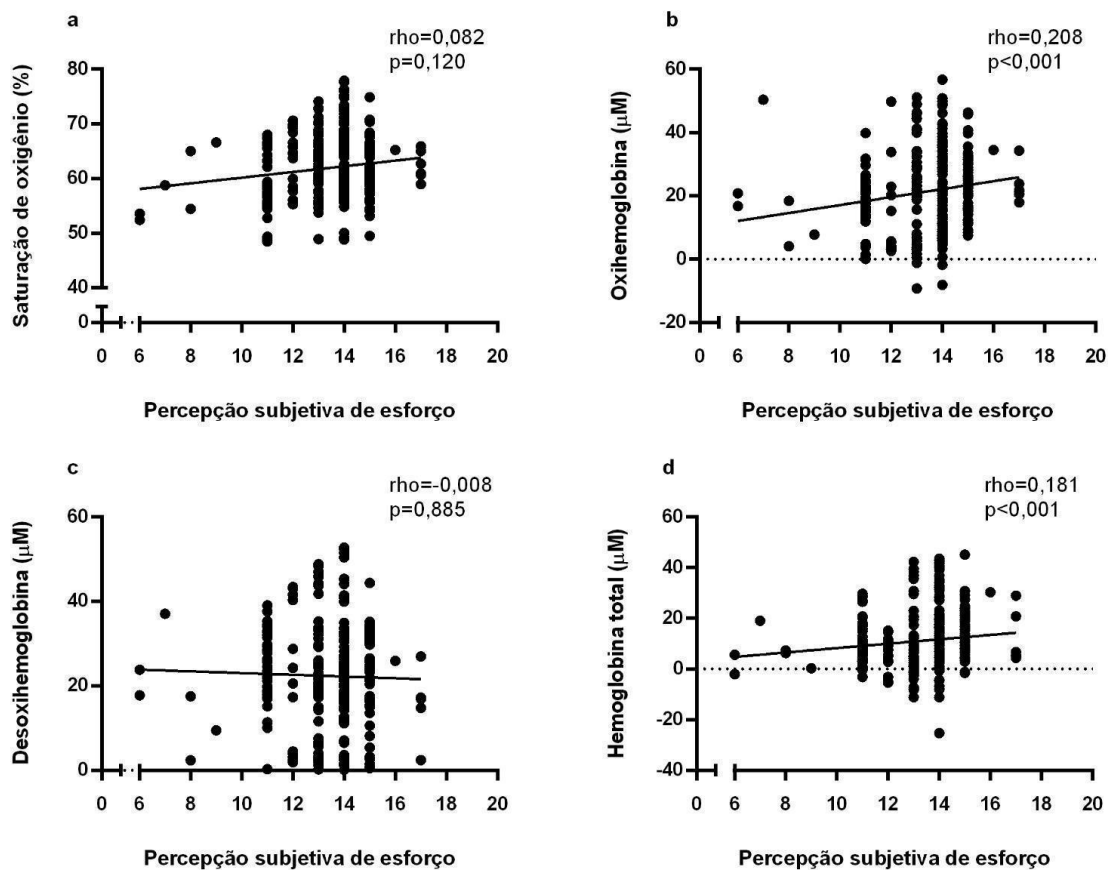


Figura 10. Relação entre a percepção subjetiva de esforço e os parâmetros de oxigenação muscular (StO_2 , oxihemoglobina, desoxihemoglobina e hemoglobina total) ao longo das 15 séries de exercício com EB.

A Figura 11 apresenta a relação entre a gravidade da doença, avaliada pelo ITB, e a variação dos parâmetros de oxigenação muscular (Δ = maior valor durante o exercício – valor de repouso). Observou-se correlação negativa entre o ITB e a variação da oxihemoglobina ($\rho = -0,420$; $p = 0,041$). Não foram identificadas correlações significativas entre o ITB e as variações dos demais parâmetros ($p > 0,143$).

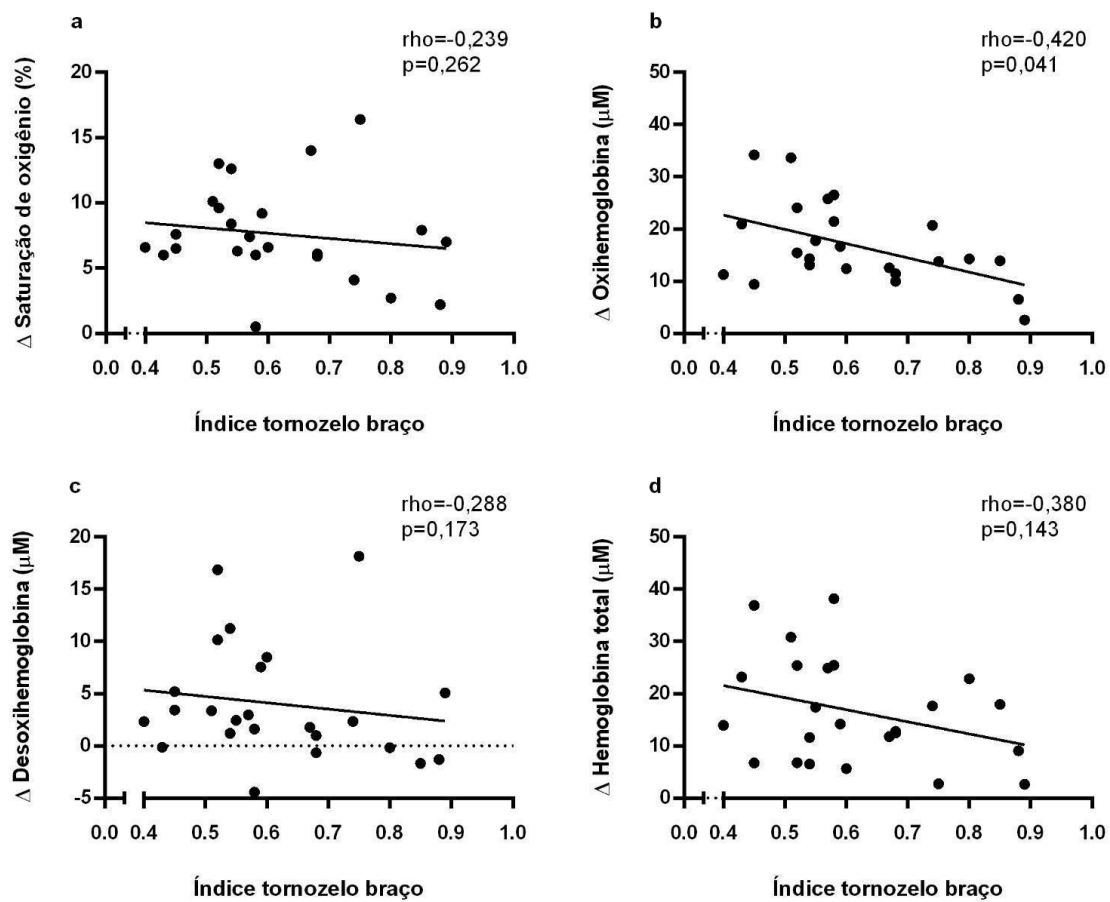


Figura 11. Relação entre o índice tornozelo braço e a variação dos parâmetros de oxigenação muscular (StO_2 , oxihemoglobina, desoxihemoglobina e hemoglobina total) ao longo das 15 séries de exercício com EB. Δ = Maior valor durante o exercício – Valores de repouso.

5. DISCUSSÃO

O presente estudo investigou a resposta de oxigenação muscular durante exercícios de ergômetro de braço em indivíduos com doença arterial periférica em participantes com dor claudicante.

As alterações observadas neste estudo foi que o EB aumenta os parâmetros de oxigenação muscular na perna mais afetada em pacientes com DAP, observou-se aumento da saturação, da oxihemoglobina e da hemoglobina total, principalmente nos últimos ciclos de exercícios, nos quais os participantes apresentavam uma percepção de esforço entre 13 e 15 na escala de BORG.

Nas correlações entre esforço e parâmetros de oxigenação, observou-se valores significativos na comparação da oxihemoglobina e hemoglobina total, além de valores inversamente significativos na comparação da gravidade da doença através do ITB e do oxihemoglobina.

O aumento da oxihemoglobina muscular foi ao contrário da nossa hipótese inicial, o qual acreditava que devido aos mecanismos de adaptação sistêmica ao exercício, reduziria os parâmetros de oxigenação em músculos não ativos de forma compensatória. Uma hipótese plausível, é que a vasoconstrição periférica de membros inferiores não foi suficiente para compensar o aumento do débito cardíaco, além de que, o participante sentado, não recruta a musculatura da panturrilha e aumenta o volume de sangue microvascular para o membro inferior.

O comportamento da desoxihemoglobina nas primeiras séries do exercício de braço foi inesperado, uma vez que essa variável reflete o metabolismo muscular local.(ADAMI *et al.*, 2015a) Uma interpretação mais plausível para esse achado é que a redução, seguido da manutenção dos valores observado esteja relacionado a uma maior quantidade de sangue dessaturado acumulado no compartimento venoso do membro, o qual foi detectado pela NIRS(ADAMI *et al.*, 2015b). Essa hipótese é adicionalmente sustentada pelos aumentos concomitantes na oxihemoglobina e a saturação de oxigênio muscular tecidual.

Além disso, a resposta progressiva da oxihemoglobina e hemoglobina total ao exercício, sugere uma maior extração de oxigênio aos longos do esforço gerado pelos exercícios, no qual mecanismos compensatórios microvasculares

são ativados durante o aumento das demandas metabólicas.(ADAMI *et al.*, 2015a)

Esses achados são corroborados pelo incremento progressivo da oxihemoglobina e da hemoglobina total ao longo das séries de exercício, em paralelo ao aumento da percepção de esforço. A elevação do débito cardíaco pode contribuir para uma maior entrega de sangue aos membros inferiores. Adicionalmente, a ausência da bomba muscular, associada à posição sentada, pode ter favorecido o acúmulo venoso tecidual(KOIRALA; CONCAS; *et al.*, 2021), possivelmente decorrente do represamento de sangue na circulação colateral, conforme descrito na literatura (HAAS *et al.*, 2012a). Ademais, a correlação observada entre a percepção de esforço e os aumentos da oxihemoglobina e da hemoglobina total sugere que essas variáveis apresentam comportamento dependente da intensidade do exercício(HAAS *et al.*, 2012b).

Por outro lado, não foi observada correlação entre a percepção subjetiva de esforço (PSE) e a desoxihemoglobina, o que sugere que, apesar do pico desse parâmetro ao longo das séries de exercício, sua resposta não ocorreu de forma proporcional à intensidade do esforço. Esse fenômeno pode ser atribuído ao fato de que o aumento da desoxihemoglobina no compartimento venoso é relativamente menor quando comparado ao incremento da oxihemoglobina induzido pelo exercício de membros superiores, resultando, consequentemente, em elevação da saturação de oxigênio tecidual. Além disso, a desoxihemoglobina é influenciada por múltiplos processos fisiológicos, como a saturação microvascular, a extração de oxigênio, a distribuição do fluxo sanguíneo entre compartimentos capilares e venosos, bem como o fluxo sanguíneo local, os quais podem não variar de forma sincronizada com a percepção subjetiva de esforço.(KOIRALA; CONCAS; *et al.*, 2021; KOIRALA; SAIDEL; *et al.*, 2021)

Valores reduzidos do índice tornozelo-braquial (ITB) em pacientes com doença arterial periférica estão associados à diminuição do fluxo sanguíneo e à maior gravidade da doença nos membros inferiores, contribuindo para menor tolerância ao exercício e maior limitação funcional, especialmente durante a caminhada (AGNELLI *et al.*, 2020; BRASS *et al.*, 2013; GARDNER *et al.*, 2008; HIATT *et al.*, 1995). De forma consistente, observa-se uma associação inversa entre a oxihemoglobina e os valores de ITB, de modo que, quanto maior a gravidade da doença (menor ITB), maior é o aumento da oxihemoglobina nos

músculos inativos durante o exercício de membros superiores, particularmente no membro mais acometido. sugerindo que essa modalidade de exercício impõe baixo estresse metabólico aos músculos dos membros inferiores. Esses resultados apontam para um possível papel terapêutico, visto que quanto menor o ITB,(AGNELLI *et al.*, 2020) maior risco de mortalidade, contudo, estudos adicionais são necessários para confirmar essa hipótese.

Os resultados indicam que o exercício em ergometria de membros superiores desencadeia uma resposta metabólica distinta daquela observada durante a caminhada, a qual, no momento do esforço, está associada à redução da saturação muscular nos membros inferiores e ao desenvolvimento de isquemia(ANDRADE-LIMA *et al.*, 2018; GARDNER *et al.*, 2008, 2012; SCHMIDT-TRUCKSÄSS, 2011). Em contrapartida, o exercício de membros superiores não promove isquemia nem dor nos músculos inativos das pernas. Adicionalmente, o aumento inicial da oxihemoglobina e da desoxihemoglobina sugere a manutenção do fluxo sanguíneo e da oferta de oxigênio no membro afetado, independentemente da intensidade do exercício.

O presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Primeiramente, foi utilizada apenas uma sonda NIRS posicionada sobre o músculo gastrocnêmio medial, o que restringe a generalização dos achados para outros grupos musculares dos membros inferiores. No entanto, esse músculo foi selecionado por ser frequentemente referido pelos pacientes como o principal local de dor. Além disso, os sinais obtidos por meio da NIRS refletem alterações combinadas no volume sanguíneo, na oferta e na extração de oxigênio na microvasculatura, podendo também ser influenciados pelo acúmulo venoso. Esse fator é particularmente relevante considerando que as coletas foram realizadas com os participantes na posição sentada, o que pode favorecer o acúmulo venoso local e, conseqüentemente, limitar a precisão na interpretação dos dados.

Adicionalmente, o fluxo sanguíneo para os membros inferiores não foi mensurado de forma simultânea, o que impede a confirmação direta de que as alterações observadas nos parâmetros de oxigenação sejam decorrentes de modificações na perfusão tecidual. Por fim, o protocolo de exercício foi conduzido em intensidade moderada, não sendo possível observar se respostas semelhantes ocorreriam em intensidades mais elevadas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Hipotetizava-se que o exercício em ergômetro de braço (EB) poderia reduzir a saturação de oxigênio no membro inferior, em decorrência de uma possível redistribuição do fluxo sanguíneo, levando ao aparecimento de sinais de isquemia nos músculos inativos. No entanto, os resultados do presente estudo demonstraram o oposto: o exercício de membros superiores promoveu aumentos progressivos na oxigenação muscular dos membros inferiores em pacientes com DAP sintomática, evidenciados por elevações concomitantes de oxihemoglobina e desoxihemoglobina ao longo da sessão, sem indícios de isquemia ou dor nos músculos inativos das pernas.

Adicionalmente, observou-se que o aumento da oxihemoglobina foi mais pronunciado em indivíduos com maior gravidade da doença, sugerindo uma resposta fisiológica diferenciada nessa população. Esses achados oferecem novas perspectivas sobre o comportamento da oxigenação muscular periférica durante o exercício de membros superiores em pacientes com DAP.

Inicialmente, considerava-se que a StO_2 seria a variável mais sensível do estudo. Entretanto, as análises de correlação indicaram que a oxihemoglobina apresentou maior responsividade ao longo da intervenção, destacando-se como um marcador mais sensível às alterações promovidas pelo exercício.

Outro aspecto relevante refere-se à hipótese de que o exercício em EB, por apresentar menor exigência funcional e ser realizado em intensidade moderada, poderia não gerar adaptações significativas. Contudo, os resultados obtidos refutam essa suposição, demonstrando que mesmo em níveis moderados de intensidade, o EB é capaz de promover alterações fisiológicas relevantes.

Dessa forma, o presente estudo contribui para evidenciar a efetividade do exercício em ergômetro de braço em intensidade moderada para pacientes com DAP, desmistificando a necessidade de realização de exercícios de caminhada até o limiar de dor para obtenção de benefícios.

Para investigações futuras, sugere-se avaliar diferentes estratégias de prescrição do exercício, como intensidades mais elevadas ou maior duração da intervenção. Além disso, a influência da postura (sentado versus em pé) e da prescrição baseada em parâmetros individualizados, como a frequência cardíaca

máxima obtida em teste ergométrico, pode proporcionar novas interpretações sobre as respostas da oxigenação muscular, especialmente da desoxihemoglobina.

7.REFERÊNCIAS

ABOYANS, Victor *et al.* Measurement and Interpretation of the Ankle-Brachial Index. *Circulation*, v. 126, n. 24, p. 2890–2909, 11 dez. 2012. Disponível em: <[doi/pdf/10.1161/CIR.0b013e318276fbcf?download=true](https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e318276fbcf?download=true)>. Acesso em: 29 out. 2025.

ADAMI, Alessandra *et al.* Changes in whole tissue heme concentration dissociates muscle deoxygenation from muscle oxygen extraction during passive head-up tilt. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00918.2014>, v. 118, n. 9, p. 1091–1099, 1 maio 2015a. Disponível em: <[doi/pdf/10.1152/jappphysiol.00918.2014?download=true](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00918.2014?download=true)>. Acesso em: 24 maio 2026.

ADAMI, Alessandra *et al.* Changes in whole tissue heme concentration dissociates muscle deoxygenation from muscle oxygen extraction during passive head-up tilt. *Journal of Applied Physiology*, v. 118, n. 9, p. 1091–1099, 1 maio 2015b. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/272184988_Changes_in_whole_tissue_heme_concentration_dissociates_muscle_deoxygenation_from_muscle_oxygen_extraction_during_passive_head-up_tilt>. Acesso em: 23 abr. 2026.

AGNELLI, Giancarlo *et al.* Morbidity and mortality associated with atherosclerotic peripheral artery disease: A systematic review. *Atherosclerosis*, v. 293, p. 94–100, 1 jan. 2020. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31606132/>>. Acesso em: 29 out. 2025.

ANDRADE-LIMA, Aluísio *et al.* Calf Muscle Oxygen Saturation during 6-Minute Walk Test and Its Relationship with Walking Impairment in Symptomatic Peripheral Artery Disease. *Annals of Vascular Surgery*, v. 52, p. 147–152, 1 out. 2018. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29793014/>>. Acesso em: 5 jan. 2026.

BARBOSA, João Paulo *et al.* Barriers to Physical Activity in Patients with Intermittent Claudication. *International Journal of Behavioral Medicine*, v. 22, n. 1, p. 70–76, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12529-014-9408-4>>.

BRASS, Eric P. *et al.* Association of clinical attributes and treadmill walking performance in patients with claudication due to peripheral artery disease. *Journal of Vascular Surgery*, v. 58, n. 2, p. 396–403, ago. 2013. Acesso em: 23 abr. 2026.

BRONAS, Ulf Gunnar; TREAT-JACOBSON, Diane; LEON, Arthur S. Comparison of the effect of upper body-ergometry aerobic training vs treadmill training on central cardiorespiratory improvement and walking distance in patients with claudication. *Journal of Vascular Surgery*, v. 53, n. 6, p. 1557–1564, 1 jun. 2011a. Disponível em: <<https://www.jvascsurg.org/action/showFullText?pii=S0741521411002941>>. Acesso em: 8 nov. 2025.

BRONAS, Ulf Gunnar; TREAT-JACOBSON, Diane; LEON, Arthur S. Comparison of the effect of upper body-ergometry aerobic training vs treadmill training on central cardiorespiratory improvement and walking distance in patients with claudication. *Journal of Vascular Surgery*, v. 53, n. 6, p. 1557–1564, 1 jun. 2011b. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0741521411002941>>. Acesso em: 12 maio 2025.

CABRAL, Luana Loss *et al.* A SYSTEMATIC REVIEW OF CROSS-CULTURAL ADAPTATION AND VALIDATION OF BORG'S RATING OF PERCEIVED EXERTION SCALE. *Journal of Physical Education*, v. 28, n. 1, p. 2853, 2017. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/jpe/a/rwwRmWFzLvzJX8XQ9gCvbwS/?lang=en>>. Acesso em: 30 out. 2025.

CONSORTIUM, The Global Cardiovascular Risk. Global Effect of Modifiable Risk Factors on Cardiovascular Disease and Mortality. *New England Journal of Medicine*, v. 389, n. 14, p. 1273–1285, 5 out. 2023. Disponível em: <<https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMoa2206916>>. Acesso em: 2 out. 2025.

COSTA, Renan Massena *et al.* Arm Crank Exercise Training Improves Ambulatory Blood Pressure in Patients With Symptomatic Peripheral Artery Disease: Randomized Controlled Trial. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, v. 44, n. 2, p. 145–147, 1 mar. 2024. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38032247/>>. Acesso em: 2 dez. 2025.

DA NOBREGA, Antonio Claudio Lucas. The subacute effects of exercise: concept, characteristics, and clinical implications. *Exercise and sport sciences reviews*, v. 33, n. 2, p. 84–87, abr. 2005. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15821429/>>. Acesso em: 5 jan. 2026.

DA SILVA, Natan D. *et al.* Walking Training Increases microRNA-126 Expression and Muscle Capillarization in Patients with Peripheral Artery Disease. *Genes*, v. 14, n. 1, p. 101, 1 jan. 2022. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9858623/>>. Acesso em: 15 nov. 2025.

DA SILVA, Vladimir Schuindt; VIEIRA, Maria Filomena Soares. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) Global: international accreditation scheme of the competent anthropometrist. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, v. 22, p. e70517, 3 abr. 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcdh/a/wnxqYZCNbHc4NgwcC9kWGWP/>>. Acesso em: 12 maio 2025.

DELOREY, Darren S.; CLIFFORD, Philip S. Does sympathetic vasoconstriction contribute to metabolism: Perfusion matching in exercising skeletal muscle? *Frontiers in Physiology*, v. 13, p. 980524, 12 set. 2022. Acesso em: 16 jan. 2026.

Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial 2025 REALIZAÇÃO. [S.d.]. Acesso em: 24 maio 2026.

DOOBAY, Anand V.; ANAND, Sonia S. Sensitivity and specificity of the ankle-brachial index to predict future cardiovascular outcomes: A systematic review. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, v. 25, n. 7, p. 1463–1469, 1 jul. 2005. Disponível em: <doi/pdf/10.1161/01.ATV.0000168911.78624.b7?download=true>. Acesso em: 30 ago. 2025.

ENGLUND, Erin K. *et al.* Impact of supervised exercise on skeletal muscle blood flow and vascular function measured with MRI in patients with peripheral artery disease. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, v. 323, n. 3, p. H388, 1 set. 2022. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9359664/>>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ERZINGER, Fabiano Luiz *et al.* Diretrizes sobre doença arterial periférica da Sociedade Brasileira de Angiologia e Cirurgia Vascular. *Jornal Vascular Brasileiro*, v. 23, 2024. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-54492024000101104&tlng=pt>.

ESTON, Roger. Use of ratings of perceived exertion in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 7, n. 2, p. 175–182, 2012. Acesso em: 9 nov. 2025.

GARDNER, Andrew W. *et al.* Calf Muscle Hemoglobin Oxygen Saturation Characteristics and Exercise Performance in Patients with Intermittent Claudication. *Journal of vascular surgery: official publication, the Society for Vascular Surgery [and] International Society for Cardiovascular Surgery, North American Chapter*, v. 48, n. 3, p. 644, set. 2008. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2759322/>>. Acesso em: 23 abr. 2026.

GARDNER, Andrew W. *et al.* CALF MUSCLE HEMOGLOBIN OXYGEN SATURATION IN PATIENTS WITH PERIPHERAL ARTERY DISEASE WHO HAVE DIFFERENT TYPES OF EXERTIONAL LEG PAIN. *Journal of Vascular Surgery*, v. 55, n. 6, p. 1654, jun. 2012. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3358574/>>. Acesso em: 23 abr. 2026.

GORNIK, Heather L. *et al.* 2024 ACC/AHA/AACVPR/APMA/ABC/SCAI/SVM/SVN/SVS/SIR/VESS Guideline for the Management of Lower Extremity Peripheral Artery Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*, v. 149, n. 24, p. e1313–e1410, 11 jun. 2024. Disponível em: <doi/pdf/10.1161/CIR.0000000000001251?download=true>. Acesso em: 17 jul. 2025.

GUALANO, Bruno *et al.* Efeitos da suplementação de creatina sobre força e hipertrofia muscular: atualizações. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 16, n. 3, p. 219–223, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbme/a/mmQrVRgg9cqRxGwVC54kR6D/>>. Acesso em: 12 maio 2025.

HAAS, Tara L. *et al.* Exercise Training and Peripheral Arterial Disease. *Comprehensive Physiology*, v. 2, n. 4, p. 2933, 2012a. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3767482/>>. Acesso em: 22 abr. 2026.

HAAS, Tara L. *et al.* Exercise Training and Peripheral Arterial Disease. *Comprehensive Physiology*, v. 2, n. 4, p. 2933, 2012b. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3767482/>>. Acesso em: 22 abr. 2026.

HARDMAN, Rulon L. *et al.* Overview of Classification Systems in Peripheral Artery Disease. *Seminars in Interventional Radiology*, v. 31, n. 4, p. 378, 2014. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4232437/>>. Acesso em: 2 out. 2025.

HIATT, William R. *et al.* Clinical trials for claudication: Assessment of exercise performance, functional status, and clinical end points. *Circulation*, v. 92, n. 3, p. 614–621, 1 ago. 1995. Disponível em: <<https://experts.umn.edu/en/publications/clinical-trials-for-claudication-assessment-of-exercise-performan/>>. Acesso em: 23 abr. 2026.

KIRK, Laura N.; BROWN, Rebecca; TREAT-JACOBSON, Diane. Long-term outcomes of supervised exercise in peripheral artery disease: Impact of differing modes of exercise 1–4 years after intervention. *Journal of Vascular Nursing*, v. 36, n. 3, p. 121–128, 1 set. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1062030318300256?via%3Dihub>>. Acesso em: 26 dez. 2025.

KOIRALA, B.; CONCAS, A.; *et al.* Blood volume versus deoxygenated NIRS signal: computational analysis of the effects muscle O2 delivery and blood volume on the NIRS

signals. *Journal of Applied Physiology*, v. 131, n. 5, p. 1418, 1 nov. 2021. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8906537/>>. Acesso em: 23 abr. 2026.

KOIRALA, B.; SAIDEL, G. M.; *et al.* Effect of Blood Flow on Hemoglobin and Myoglobin Oxygenation in Contracting Muscle Using Near-Infrared Spectroscopy. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, v. 1269, p. 367–372, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-48238-1_58>. Acesso em: 23 abr. 2026.

LANZI, Stefano *et al.* Improvement in 6-Minute Walking Distance after Supervised Exercise Training Is Related to Changes in Quality of Life in Patients with Lower Extremity Peripheral Artery Disease. *Journal of Clinical Medicine*, v. 10, n. 15, p. 3330, 1 ago. 2021. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8348496/>>. Acesso em: 15 nov. 2025.

LIMA, Alexandre; BAKKER, Jan. Espectroscopia no infravermelho próximo para a monitorização da perfusão tecidual. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, v. 23, n. 3, p. 341–351, set. 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbti/a/xc9QJDdzqt9th4j8RTMLRVh/?format=html>>. Acesso em: 17 maio 2025.

MAGALHÃES, Sandra *et al.* Effect of Arm-Ergometry Versus Treadmill Supervised Exercise on Cardiorespiratory Fitness and Walking Distances in Patients With Peripheral Artery Disease: The ARMEX Randomized Clinical Trial. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, v. 44, n. 5, p. 353–360, 1 set. 2024. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38995626/>>. Acesso em: 9 nov. 2025.

MAGALHÃES, Thaís Rodrigues *et al.* Doença arterial obstrutiva periférica: um estudo comparativo entre revascularizações abertas e endovasculares realizadas em caráter de urgência no sistema público de saúde do Brasil entre 2010 e 2020. *Jornal Vascular Brasileiro*, v. 21, p. e20220016, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/vb/a/wGZykXBqNqrh5G6G7dM9zhj/?format=html&lang=pt>>. Acesso em: 30 ago. 2025.

Morbidade Hospitalar do SUS - por local de internação - Notas Técnicas. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/sih/Nldescr.htm>>. Acesso em: 29 out. 2025.

NEWMAN, A B *et al.* Ankle-arm index as a marker of atherosclerosis in the Cardiovascular Health Study. Cardiovascular Heart Study (CHS) Collaborative Research Group. *Circulation*, v. 88, n. 3, p. 837–845, set. 1993. Disponível em: <[doi/pdf/10.1161/01.CIR.88.3.837?download=true](https://doi.org/10.1161/01.CIR.88.3.837?download=true)>. Acesso em: 17 jul. 2025.

OGATA, H.; YUNOKI, T.; YANO, T. Effect of arm cranking on the NIRS-determined blood volume and oxygenation of human inactive and exercising vastus lateralis muscle. *European journal of applied physiology*, v. 86, n. 3, p. 191–195, 2002. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11990725/>>. Acesso em: 24 maio 2026.

Repositório Científico da Escola Superior de Enfermagem de Coimbra. Disponível em: <<https://repositorio.esenfc.pt/rc/>>. Acesso em: 30 out. 2025.

RITTI-DIAS, Raphael Mendes *et al.* Exercise as a therapeutic approach to improve blood pressure in patients with peripheral arterial disease: current literature and future directions. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*, v. 17, n. 1, p. 65–73, 2 jan. 2019. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14779072.2019.1553676>>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SAXTON, John M. *et al.* Upper- versus lower-limb aerobic exercise training on health-related quality of life in patients with symptomatic peripheral arterial disease. *Journal of Vascular Surgery*, v. 53, n. 5, p. 1265–1273, 1 maio 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0741521410026236>>. Acesso em: 17 nov. 2025.

SCHMIDT-TRUCKSÄSS, Arno. Exercise training in peripheral arterial disease. *International SportMed Journal*, v. 12, n. 4, p. 150–155, 1 out. 2011. Disponível em: </doi/pdf/10.1002/j.2040-4603.2012.tb00473.x>. Acesso em: 3 jun. 2026.

SHAMAKI, Garba Rimamskep *et al.* Peripheral Artery Disease: A Comprehensive Updated Review. *Current Problems in Cardiology*, v. 47, n. 11, p. 101082, 1 nov. 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0146280621002905?via%3Dihub>>. Acesso em: 30 ago. 2025.

SONG, Peige *et al.* Global, regional, and national prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2015: an updated systematic review and analysis. *The Lancet Global Health*, v. 7, n. 8, p. e1020–e1030, 1 ago. 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214109X19302554>>. Acesso em: 30 ago. 2025.

TEW, Garry *et al.* Limb-specific and cross-transfer effects of arm-crank exercise training in patients with symptomatic peripheral arterial disease. *Clinical Science*, v. 117, n. 12, p. 405–413, 2009. Acesso em: 8 nov. 2025.

TREAT-JACOBSON, Diane; BRONAS, Ulf G.; LEON, Arthur S. Efficacy of arm-ergometry versus treadmill exercise training to improve walking distance in patients with claudication. *Vascular Medicine*, v. 14, n. 3, p. 203–213, 2009.

VEMULAPALLI, Sreekanth *et al.* Supervised vs unsupervised exercise for intermittent claudication: A systematic review and meta-analysis. *American Heart Journal*, v. 169, n. 6, p. 924–937.e3, 1 jun. 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0002870315001799>>. Acesso em: 13 jan. 2026.

VOLIANITIS, S.; SECHER, N. H. Arm blood flow and metabolism during arm and combined arm and leg exercise in humans. *The Journal of Physiology*, v. 544, n. Pt 3, p. 977, 1 nov. 2002. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2290626/>>. Acesso em: 16 jan. 2026.

WALKER, Richard D. *et al.* Influence of upper- and lower-limb exercise training on cardiovascular function and walking distances in patients with intermittent claudication. *Journal of Vascular Surgery*, v. 31, n. 4, p. 662–669, 1 abr. 2000. Disponível em: <<https://www.jvascsurg.org/action/showFullText?pii=S0741521400064120>>. Acesso em: 26 dez. 2025.

ZWIERSKA, Irena *et al.* Upper- vs lower-limb aerobic exercise rehabilitation in patients with symptomatic peripheral arterial disease: A randomized controlled trial. *Journal of Vascular Surgery*, v. 42, n. 6, p. 1122–1130, 1 dez. 2005. Disponível em: <<https://www.jvascsurg.org/action/showFullText?pii=S0741521405012826>>. Acesso em: 8 nov. 2025.

8.ARTIGO SUBMETIDO

European Journal of Vascular & Endovascular Surgery
Lower-Limb Muscle Oxygenation During Arm-Crank Exercise in Patients with
Peripheral Artery Disease
 --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Article Type:	Original Article-Other
Keywords:	intermittent claudication; exercise; oxygen saturation
Corresponding Author:	Marilia Almeida Correia, Ph.D. Universidade Nove de Julho Sao Paulo, SP BRAZIL
First Author:	Glauceny Concecio, BSc
Order of Authors:	Glauceny Concecio, BSc Max Duarte Oliveira, MSc Jéssika Silva, MSc Nelson Wolosker, PhD Gabriel Grizzo Cucato, PhD Hécio Kanegusuku, PhD Raphael Mendes Ritti-Dias, PhD Marilia Almeida Correia, Ph.D.
Abstract:	Objective/Background: Ar-crank (AC) exercise is a pain-free alternative for patients with peripheral artery disease (PAD) and has been shown to improve walking capacity. However, the mechanisms underlying these benefits remain unclear. This study aimed to investigate the effects of AC exercise on lower-limb muscle oxygen saturation (StO₂) in patients with PAD. Design: Prospective, single-arm study. Methods: Twenty-four patients with PAD and intermittent claudication symptoms performed a single AC session consisting of 15 bouts of 2 minutes at a perceived exertion of 13–15. During exercise, lower-limb muscle oxygenation was continuously assessed in the most affected leg using near-infrared spectroscopy, including measures of StO₂, oxyhemoglobin, deoxyhemoglobin, and total hemoglobin, along with perceived exertion and pain. Changes over time were analyzed using the Friedman test with Wilcoxon post hoc comparisons. Differences between rest and peak exercise were assessed using the Wilcoxon test. Associations between changes in muscle oxygenation, perceived exertion, and ankle-brachial index were evaluated using Spearman correlation. Results: During AC exercise, there is a progressive increase in lower limb muscle StO₂, oxyhemoglobin, and deoxyhemoglobin, with greater responses observed in the final sets of the exercise session ($p < 0.001$). The total hemoglobin reduced initially, followed by increase during peak exercise ($p < 0.001$). Most patients did not report leg pain. There is a correlation between the increases in lower limb muscle oxyhemoglobin ($\rho = .208$; $p < 0.001$) and hemoglobin ($\rho = .181$; $p < 0.001$) with RPE during exercise session, and an inverse relationship between changes in oxyhemoglobin and the PAD severity ($\rho = -.420$; $p = 0.041$). Conclusion: AC exercise promotes progressive increases in lower limb muscle oxygenation and deoxyhemoglobin without evidence of ischemia and pain in the inactive leg muscles. In addition, the magnitude of the increase in oxyhemoglobin was greater in patients with more severe disease.

Nome do avaliador(a)

9.2-Ficha de Intervenção



FICHA DE INTERVENÇÃO - 03 MES

ID	Data	HORA	PERNA AVALIADA: () Esquerda () Direita	DOENÇA COTRÔNEA DA PERNA AVALIADA: <table border="1"> <tr> <td>1°</td> <td>2°</td> <td>3°</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1°	2°	3°			
1°	2°	3°								
FORNECIU OS MEDICAMENTOS? () Sim () Não	FORNECIU SERVIÇOS ALGODONARIA NAS ÚLTIMAS 24HS () Sim () Não	REALIZOU EXERCÍCIO FÍSICO NAS ÚLTIMAS 24HS? () Sim () Não	MÉDIA:							

MEDIDAS BÁSICAS | Hora do início: _____

PAE	1°	2°	3°	4°	5°	MANOBRA DE MÁXIMA EXTRAÇÃO DE OXIGÊNIO: ROSOL 20ml () Oxigênio 5ml () Recuperação 15 min () etc
PAO	1°	2°	3°	4°	5°	
PC	1°	2°	3°	4°	5°	

MEDIDAS DURANTE A INTERVENÇÃO | Hora do início: _____

C I C L O	ESFORÇO DOER	ESCALA DE DOER	DISTÂNCIA DOER	INTERFERÊNCIA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Nome do avaliador(a)

9.3-Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TCLE - Termo de Consentimento para Participação em Pesquisa Clínica

Nome do participante: _____
 Endereço: _____
 Cidade: _____ CEP: _____ Telefone _____ para
 contato: _____
 E-mail: _____

1. Título do Trabalho Experimental: Saturação de oxigênio na musculatura da perna afetada pela doença arterial periférica durante o exercício em ergômetro de braço.

2. Objetivo: Analisar os efeitos do exercício realizados com braços na oxigenação muscular da perna de pacientes com a doença arterial periférica.

3. Justificativa: Alguns estudos têm demonstrado que os exercícios realizados com braços em um aparelho que se parece com uma bicicleta de braços (ergômetro de braços – EB) trazem benefícios na dor que a pessoa com doença arterial periférica sente ao caminhar. No entanto, ainda não foi investigado como esse benefício é alcançado. Por isso, estamos realizando essa pesquisa, para saber o que acontece na oxigenação da perna durante o exercício com os braços.

4. Procedimentos da Fase Experimental: Você está sendo convidado a fazer parte de um projeto de pesquisa. Um dos responsáveis lhe explicará detalhadamente todos os procedimentos no primeiro contato. Se você está sendo convidado, significa que está apto a realizar um protocolo de exercícios. Sendo assim, se você aceitar participar, será submetido aos procedimentos especificados a seguir.

Você participará indo ao laboratório Universidade Nove de Julho – Unidade Vergueiro em apenas uma visita. Esta visita durará cerca de uma hora e quarenta minutos, composta pelos exames pré-experimentais (30 minutos), exercício (60 minutos) e exames pós-experimentais (10 minutos). Ao chegar ao laboratório, serão realizadas as seguintes medidas e avaliações:

- Mediremos sua pressão arterial apenas para assegurar a realização do exercício neste dia;
- Será fixado com uma fita adesiva um aparelho com cerca de 7 centímetros na sua perna para medir o quanto de oxigênio (em percentual) que chega no músculo da sua perna. Para isso uma braçadeira de medida de pressão arterial que estará na sua coxa será inflada e mantida inflada por 5 minutos apertando sua coxa. Após esses 5 minutos de “bloqueio” da passagem de sangue para a sua perna, essa braçadeira será liberada e você terá o seu fluxo de sangue normal restabelecido.
- Após esse momento, você realizará exercício em ergômetro de braço (EB): Essa é a intervenção que estamos testando. Você realizará 30 minutos de exercícios no EB em 15 séries (ciclos) de 2 minutos com intensidade ajustada para que você se sinta de ligeiramente cansado. Isso significa que você vai começar a realizar o exercício e o profissional de Educação Física, experiente e capaz de prescrever exercícios, vai ajustar a intensidade para que você se exercite na intensidade alvo. Haverá intervalos para descanso de 2 minutos. Você será estimulado(a) a completar um total de 30 minutos de exercício.
- Durante o período que você estiver se exercitando vamos medir: a) o percentual de oxigênio que chega no músculo da sua perna através do equipamento fixado com uma fita na sua panturrilha; b) também iremos perguntar se você está sentindo ou não dor nas suas pernas durante o exercício com braços.
- Após o exercício, continuaremos medindo o percentual de oxigênio que chega no músculo da sua perna por mais 10 minutos. Logo após esse procedimento, você será liberado.

5. Desconforto ou Riscos Esperados:

Todos os exames desta pesquisa são seguros e bem tolerados. A visita será monitorada por pesquisadores da área da saúde, experientes e capacitados para cada medida. Entretanto, alguns desconfortos podem ocorrer. De maneira geral, pode-se esperar:

- Durante o exercício, poderá haver cansaço típico para sua realização.

- Na medida da pressão arterial a braçadeira (manguito do aparelho que mede pressão) poderá apertar um pouco, no entanto essa medida não será diferente das que você mede normalmente quando vai a algum consultório.
- As medidas do percentual de oxigênio na panturrilha podem causar desconforto na coxa, principalmente no início, enquanto a braçadeira estiver inflada, no entanto esse exame costuma ser bem tolerado pelos participantes com a sua doença.
- Você poderá se sentir um pouco constrangido ao expor a perna para avaliação.
- Algumas sessões poderão durar um pouco mais de 1 hora e 40 minutos, a depender da dificuldade de algumas medidas com o aparelho, o que pode causar um pouco de cansaço.

6. Medidas protetivas aos riscos:

Todas as medidas serão realizadas em uma sala reservada.

Em qualquer momento da visita, inclusive durante o exercício, você poderá pedir para parar ou descansar que nós interromperemos o processo.

Por serem profissionais da saúde, todos os protocolos serão realizados com toda a recomendação sanitária necessária.

Em caso de eventuais intercorrências que vierem a surgir no momento das coletas, os pesquisadores tomarão as medidas necessárias para auxiliá-lo. Se necessário, em caso de urgências, o pesquisador ativar o pronto atendimento para seu encaminhamento.

7. Benefícios da Pesquisa: Não há benefícios diretos para você ao participar desta pesquisa.

8. Métodos Alternativos Existentes: Não se aplica.

9. Retirada do Consentimento: Você pode retirar seu consentimento e desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na sua instituição de costume.

10. Garantia do Sigilo: As informações obtidas nesta pesquisa serão analisadas em conjunto com as de outros participantes, não sendo divulgado sua identificação em nenhum momento. Você poderá, quando quiser, ter acesso às informações constantes nesta declaração ou a qualquer outra informação que deseje sobre este estudo, incluindo os resultados de seus exames. Os dados coletados serão utilizados exclusivamente para os fins desta pesquisa.

11. Formas de Ressarcimento das Despesas decorrentes da Participação na Pesquisa: Não há nenhum tipo de custos para você relacionado aos exames e consultas deste projeto. A equipe dessa pesquisa garante o ressarcimento de possíveis despesas pessoais, como transporte e lanche, suas e de seus acompanhantes, decorrentes da participação nesse estudo.

12. Local da Pesquisa: A pesquisa será desenvolvida na Universidade Nove de Julho – Unidade Vergueiro. Rua. Vergueiro nº 235/249 – 1º subsolo – Liberdade – São Paulo – SP CEP. 01504-001.

13. Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é um colegiado interdisciplinar e independente, que deve existir nas instituições que realizam pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil, criado para defender os interesses dos participantes de pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos (Normas e Diretrizes Regulamentadoras da Pesquisa envolvendo Seres Humanos – Res. CNS nº 466/12 e Res. CNS 510/2016). O Comitê de Ética é responsável pela avaliação e acompanhamento dos protocolos de pesquisa no que corresponde aos aspectos éticos.

Endereço do Comitê de Ética da Uninove: Rua. Vergueiro nº 235/249 – 12º andar – Liberdade – São Paulo – SP CEP. 01504-001 Fone: 3385-9010

comitedeetica@uninove.br

Horários de atendimento do Comitê de Ética: segunda-feira a sexta-feira – Das 11h30 às 13h00 e Das 15h30 às 19h00

14. Nome Completo e telefones dos Pesquisadores (Orientador e Alunos) para Contato: Profa. Dra. Marília Correia (11) 999711669, Prof. Dr. Raphael Mendes Ritti Dias - (19) 999406878, Jessika Tavares (81) 996628892.

15. Eventuais intercorrências que vierem a surgir no decorrer da pesquisa poderão ser discutidas pelos meios próprios.

16. Consentimento Pós-Informação:

Eu, _____, após leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, entendo que minha participação é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmo que recebi uma via deste termo de consentimento, e autorizo a realização do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos somente neste estudo no meio científico.

Assinatura do Participante

(Todas as folhas devem ser rubricadas pelo participante da pesquisa)

17. Eu, _____ (Pesquisador responsável), certifico que:

- a) Esta pesquisa só terá início após a aprovação do referido Comitê de Ética em Pesquisa o qual o projeto foi submetido.
- b) Considerando que a ética em pesquisa implica o respeito pela dignidade humana e a proteção devida aos participantes das pesquisas científicas envolvendo seres humanos;
- c) Este estudo tem mérito científico e a equipe de profissionais devidamente citados neste termo é treinada, capacitada e competente para executar os procedimentos descritos neste termo;

Assinatura do Pesquisador Responsável

São Paulo, de de

9.4- Documento de Aprovação do Comitê de Ética em pesquisa

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE 												
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP												
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA Título da Pesquisa: Saturação de oxigênio na musculatura da perna afetada pela doença arterial periférica durante o exercício em ergômetro de braço Pesquisador: MARILIA DE ALMEIDA CORREIA Área Temática: Versão: 1 CAAE: 80383124.3.0000.5511 Instituição Proponente: ASSOCIACAO EDUCACIONAL NOVE DE JULHO Patrocinador Principal: Financiamento Próprio DADOS DA NOTIFICAÇÃO Tipo de Notificação: Envio de Relatório Parcial Detalhe: Justificativa: Envio de relatório parcial 07/11/2024. Data do Envio: 07/11/2024 Situação da Notificação: Parecer Consubstanciado Emitido DADOS DO PARECER Número do Parecer: 7.231.707 Apresentação da Notificação: Trata-se de Relatório Parcial do projeto „Saturação de oxigênio na musculatura da perna afetada pela doença arterial periférica durante o exercício em ergômetro de braço * enviado no dia „07/11/2024„. Resumo apresentado no relatório: INTRODUÇÃO: Estudos com treinamento em ergômetro de braço (EB) têm demonstrado trazer benefícios na capacidade funcional de pacientes com a doença arterial periférica (DAP) contornando a principal barreira para a prática de exercício nesses pacientes, a dor durante a caminhada. O único estudo que se propôs investigar o mecanismo envolvido nessa adaptação observou que cronicamente treinamento com EB promoveu melhoria na saturação de oxigênio (StO2) da musculatura da perna durante a caminhada. No entanto, como o exercício com os braços poderia melhorar a StO2 muscular da perna ainda permanece desconhecido. OBJETIVO:												
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">Endereço: VERQUEIRO nº 235/245 12º andar sala 02</td> <td>CEP: 01.504-001</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Bairro: LIBERDADE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UF: SP</td> <td colspan="2">Município: SAO PAULO</td> </tr> <tr> <td>Telefone: (11)3385-8010</td> <td colspan="2">E-mail: comitedestica@uninove.br</td> </tr> </table>	Endereço: VERQUEIRO nº 235/245 12º andar sala 02		CEP: 01.504-001	Bairro: LIBERDADE			UF: SP	Município: SAO PAULO		Telefone: (11)3385-8010	E-mail: comitedestica@uninove.br	
Endereço: VERQUEIRO nº 235/245 12º andar sala 02		CEP: 01.504-001										
Bairro: LIBERDADE												
UF: SP	Município: SAO PAULO											
Telefone: (11)3385-8010	E-mail: comitedestica@uninove.br											

Continuação do Parecer: 7.231.707

Analisar os efeitos durante o exercício em EB na StO₂ da perna afetada pela DAP. Os objetivos secundários são descrever a intensidade dos sintomas de dor na perna durante a realização do exercício em EB e analisar a relação da StO₂ com a severidade da DAP. MÉTODOS: Serão recrutados 24 pacientes com DAP e sintomas de claudicação intermitente. A sessão de exercício será composta por 15 séries de 2 minutos de exercício em EB com a intensidade equivalente à 13-15 na escala de percepção subjetiva de esforço de Borg. Durante o exercício será avaliada a StO₂ no membro mais afetado pela doença, além da percepção subjetiva de esforço e respostas afetivas. Assumindo-se a normalidade dos dados, as modificações nos parâmetros de StO₂ muscular no exercício em comparação ao repouso serão comparados pelo teste t pareado. A relação entre as alterações na StO₂ muscular, a percepção de dor e o índice tornozelo-braço será analisada pelo coeficiente de correlação de Pearson. Para todas as análises será considerado significativo o valor de $P < 0,05$.

Objetivo da Notificação:

Relatório parcial

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não se aplica.

Comentários e Considerações sobre a Notificação:

Desenvolvimento do projeto

2. Quais as etapas do projeto já cumpridas? Favor destacar local de realização das atividades, quantos participantes já se envolveram no estudo, se as condições para realização do estudo são as mesmas que esperava quando submeteram o projeto.

Dentre as etapas planejadas, estamos na fase de recrutamento e coleta de dados que estão ocorrendo nos Laboratórios dos PPGs de Saúde da UNINOVE na Vergueiro. As condições são as mesmas que esperávamos quando submetemos o projeto.

3. Informar o número de participantes da pesquisa, por categoria ou grupos de participantes. Se houver mais de um grupo, especificar quantos em cada grupo já participaram. Informar quantos participantes foram recrutados, quantos foram incluídos, quanto estão em andamento e

Endereço: VERGUEIRO nº 235/240 12º andar sala 02**Bairro:** LIBERDADE**CEP:** 01.504-001**UF:** SP**Município:** SÃO PAULO**Telefone:** (11)3385-9010**E-mail:** comitedestica@uninove.br

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE



Continuação do Parecer: 7.231.707

quantos

finalizaram o estudo. O número de participantes pretendidos é o mesmo proposto no projeto inicial? Caso tenha ocorrido inclusão ou exclusão de participante, é necessário justificar.

Até agora, onze participantes foram recrutados e se envolveram no estudo e por ser um estudo de sessão única, estes já finalizaram sua participação. O número de participantes pretendidos é o mesmo do projeto inicial, ou seja, 24 participantes.

4. Houve ocorrência de desconfortos físicos, emocionais ou morais, imediatos ou tardios, que comprometeram os participantes?

É importante destacar que as notificações de eventos adversos graves devem ser comunicadas em formulários próprios disponíveis pela CONEP na Plataforma Brasil. Este relato não dispensa a comunicação de eventos adversos sérios.

Não houve nenhum desconforto físico, emocional ou moral.

5. Houve necessidade de alteração ou adequação de algum aspecto do projeto? Qual? Detalhar e justificar as alterações.

Não houve modificação em nenhum aspecto do projeto até o momento.

6. Há necessidade de prorrogação do prazo para finalização do projeto ou para apresentação do relatório final? Caso haja necessidade, justifique indicando o tempo que precisa a mais.

Até o presente momento, não haverá necessidade de prorrogação do cronograma do projeto.

7. Outras informações que julgar necessário:

Não há.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Notificação enviada nos modelos requeridos.

Recomendações:

Manter envio de relatórios semestrais e enviar o relatório final assim que houver a finalização do estudo.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Notificação aprovada.

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: VERGUEIRO nº 235/240 12º andar sala 02

Bairro: LIBERDADE

CEP: 01.504-001

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3385-0010

E-mail: comitedeetica@uninove.br

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE



Continuação do Parecer: 7.231.707

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Envio de Relatório Parcial	Relatorio_Parcial.pdf	07/11/2024 10:29:58	MARILIA DE ALMEIDA CORREIA	Postado

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SÃO PAULO, 18 de Novembro de 2024

Assinado por:

Anna Carolina Ratto Tempestini Horliana
(Coordenador(a))

Endereço: VERGUEIRO nº 238/240 12º andar sala 02

Bairro: LIBERDADE

CEP: 01.504-001

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3385-8010

E-mail: comitedestica@uninove.br