**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**
**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional**
**Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação**

Patrícia Paulino Geisel

# AVALIAÇÃO DA OXIGENAÇÃO MUSCULAR DE TRÍCEPS SURAL EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA: estudos de comparação entre testes funcionais e diferentes modalidades de reabilitação

Belo Horizonte
2025

Patrícia Paulino Geisel

# AVALIAÇÃO DA OXIGENAÇÃO MUSCULAR DE TRÍCEPS SURAL EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA: estudos de comparação entre testes funcionais e diferentes modalidades de reabilitação

Tese apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de doutora em Ciências da Reabilitação.

Área de Concentração: Desempenho Funcional Humano

Linha de Pesquisa: Desempenho Cardiorrespiratório

Orientadora: Profª. Dra. Danielle Aparecida Gomes Pereira

Belo Horizonte

2025

G313a 2025

Geisel, Patrícia Paulino
Avaliação da oxigenação muscular de tríceps sural em indivíduos com doença arterial periférica [recurso eletrônico] : estudos de comparação entre testes funcionais e diferentes modalidades de reabilitação / Patrícia Paulino Geisel. – 2025.
1 recurso online (149 f. : il.) : pdf.

Orientadora: Danielle Aparecida Gomes Pereira

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Inclui bibliografia.

1. Doença arterial periférica – Teses. 2. Claudicação intermitente – Teses. 3. Exercícios terapêuticos – Teses. I. Pereira, Danielle Aparecida Gomes. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 615.8

**Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Sheila Margareth Teixeira Adão, CRB 6: n° 2106, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO**

FOLHA DE APROVAÇÃO

# AVALIAÇÃO DA OXIGENAÇÃO MUSCULAR DE TRÍCEPS SURAL EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA: ESTUDOS DE COMPARAÇÃO ENTRE TESTES FUNCIONAIS E DIFERENTES MODALIDADES DE REABILITAÇÃO

## PATRICIA PAULINO GEISEL

Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO, como requisito para obtenção do grau de Doutor em CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO, área de concentração DESEMPENHO FUNCIONAL HUMANO.

Aprovada em 05 de setembro de 2025, pela banca constituída pelos membros:

Documento assinado digitalmente
gov.br DANIELLE APARECIDA GOMES PEREIRA
Data: 08/09/2025 08:28:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof(a). Danielle Aparecida Gomes Pereira - Orientador
Universidade Federal de Minas Gerais

Documento assinado digitalmente
gov.br LUCIANO FONSECA LEMOS DE OLIVEIRA
Data: 09/09/2025 16:55:02-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof(a). Luciano Fonseca Lemos de Oliveira
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Documento assinado digitalmente
gov.br MARCELO VELLOSO
Data: 10/09/2025 20:02:04-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof(a). Marcelo Velloso
Universidade Federal de Minas Gerais

Documento assinado digitalmente
gov.br LILIANE PATRICIA DE SOUZA MENDES
Data: 12/09/2025 06:45:43-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof(a). Liliane Patricia de Souza Mendes
Universidade Federal de Minas Gerais

Documento assinado digitalmente
gov.br RAFAELA PEDROSA
Data: 12/09/2025 16:07:27-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof(a). Rafaela Pedrosa
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Belo Horizonte, 5 de setembro de 2025.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO**

# ATA DA DEFESA DE TESE DA ALUNA

# PATRICIA PAULINO GEISEL

Realizou-se, no dia 05 de setembro de 2025, às 08:30 horas, no Auditório Maria Lúcia Paixão, da Universidade Federal de Minas Gerais, a defesa de tese, intitulada ***AVALIAÇÃO DA OXIGENAÇÃO MUSCULAR DE TRÍCEPS SURAL EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA: ESTUDOS DE COMPARAÇÃO ENTRE TESTES FUNCIONAIS E DIFERENTES MODALIDADES DE REABILITAÇÃO***, apresentada por PATRICIA PAULINO GEISEL, número de registro 2022686602, graduada no curso de FISIOTERAPIA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Danielle Aparecida Gomes Pereira - Orientador (Universidade Federal de Minas Gerais), Prof(a). Luciano Fonseca Lemos de Oliveira (Universidade Federal do Triângulo Mineiro), Prof(a). Marcelo Velloso (Universidade Federal de Minas Gerais), Prof(a). Liliane Patricia de Souza Mendes (Universidade Federal de Minas Gerais), Prof(a). Rafaela Pedrosa (Universidade Federal da Paraíba (UFPB)).

A Comissão considerou a tese:

[X] Aprovada

( ) Reprovada

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.
Belo Horizonte, 05 de setembro de 2025.

Prof(a). Danielle Aparecida Gomes Pereira ( Doutora )

Prof(a). Luciano Fonseca Lemos de Oliveira ( Doutor )

Prof(a). Marcelo Velloso ( Doutor )

Prof(a). Liliane Patricia de Souza Mendes ( Doutora )

Prof(a). Rafaela Pedrosa ( Doutora )

“Não espere por circunstâncias ideais, elas nunca chegarão, comece onde você está, use o que você tem e faça o que você pode” (Arthur Ashe).

## AGRADECIMENTOS

Finalizo a escrita desta tese com um sentimento profundo de gratidão pelas oportunidades de crescimento pessoal e profissional que venho encontrando ao longo de minha vida. Trabalhar na área da saúde, acho que especialmente no serviço público, é um exercício diário de entrega, empatia, resiliência e de agradecimento por tudo que a vida nos proporciona. Por isso, agradeço primeiramente a Deus pela minha vida e pelas pessoas queridas ao meu redor.

Agradeço especialmente a minha orientadora, professora Danielle Aparecida Gomes Pereira, pela sua generosidade, pela parceria de anos, pelo incentivo e por acreditar no meu potencial. Obrigada pelo aprendizado, pela oportunidade de conviver com você, pela sua amizade e confiança. Da mesma forma, agradeço de coração à Isabella, colega de pós-graduação desde o mestrado, que sempre me incentivou e se tornou minha amiga da vida. Obrigada pela confiança em compartilhar este projeto comigo, pela oportunidade de participar desta pesquisa com vocês.

Aos meus familiares e amigos próximos que sempre me apoiam e acreditam no caminho que escolho percorrer. Aos meus pais que sempre foram exemplos de amor e dedicação. À minha mãe Wanda, mulher forte, à frente de seu tempo, sempre com olhar de amor, admiração e orgulho. Ao meu marido Marcos, pelo companheirismo de uma vida, pelo carinho e compreensão. Aos meus filhos queridos, Lucas e Tiago, que me ensinaram o que é o amor incondicional, que sempre me incentivam, atualizam e me fazem uma pessoa melhor. Ao meu genro João e nora Mariana, que aumentaram a nossa família com muito amor e alegria. Às minhas irmãs queridas Márcia e Adriana, pela amizade e companheirismo de sempre. Às minhas sobrinhas Monique, Mariana e Amanda, pelos momentos de lazer e distração com os pequenos da família.

Meus agradecimentos à toda equipe envolvida na pesquisa! Pela aprendizagem mútua, pela confiança, pela convivência, pela troca durante esses dois anos de coleta. Obrigada meus queridos residentes que se tornaram meus colegas da pós-graduação participantes desse projeto, Ana Flávia Ferreira, Gisela Przybysz, Tiago Nogueira e Carolina Félix. Como foi bom reencontrar e conviver com vocês neste período.

Obrigada a todos os alunos de graduação, Gustavo da Silva, Luiza Santos, Lorena de Paula, Lívia Lins, Letícia dos Santos, Marina Machado, Raimundo dos Santos, Bruno Gomes, Pollyanne Cruz, Driely Amaral e Lídia Pinho, que foram essenciais para a concretização deste projeto. Agradeço especialmente a cada participante da equipe avaliação, pela parceria, pelos enfrentamentos dos desafios, pelo comprometimento, pelas tardes que passamos juntos na coleta, pelos apertos, risadas e lanches deliciosos. Especialmente à Gisela, minha grande parceira de coleta com a NIRS. Vocês foram fundamentais!

Meus agradecimentos aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação que de forma direta ou indireta colaboraram para minha formação e na execução deste projeto, especialmente aos professores Marcelo Velloso e Patrícia Trevizan. Agradeço também à Maira, pela ajuda nas tardes de coleta no Labcare. À minha grande amiga e servidora da EEFFTO, Débora Pantuso, por estar sempre presente, pelo incentivo na minha qualificação profissional, por ajudar com os pacientes que chegavam antes do programado e por ser sempre essa amiga tão querida. A todos os alunos da pós-graduação que dividiram comigo o espaço do Labcare.

Agradeço aos profissionais do Hospital das Clínicas que ajudaram a viabilizar esta pesquisa, em especial à Dra. Isabel Pereira, do serviço de cirurgia vascular. Agradeço a todos os meus colegas de trabalho do HC, em especial minhas amigas, Dione, Míriam, Carol e Carmem, pelo incentivo, por me cobrirem nas minhas ausências, pela compreensão e parceria de anos de trabalho e amizade. Finalmente agradeço aos pacientes participantes da pesquisa pela confiança e por acreditarem no nosso trabalho. A pesquisa tem muito mais valor quando tem seus objetivos traçados a partir de necessidades reais da prática clínica.

## RESUMO

A doença arterial periférica (DAP) tem como principal sintoma a claudicação intermitente, que leva a redução progressiva da capacidade de caminhar, com prejuízo da capacidade funcional, impacto nas atividades do cotidiano e piora na qualidade de vida. A instituição de programas supervisionados de exercícios é considerada abordagem de primeira linha no tratamento da DAP, em conjunto com controle clínico e mudanças no estilo de vida. Eles são considerados eficazes para o aumento da distância total percorrida, na distância percorrida livre de dor, na capacidade de caminhada autorrelatada e na melhora da qualidade de vida. Do ponto de vista fisiológico, o treinamento de caminhada ocasiona mudanças periféricas no metabolismo muscular e na função microvascular, que melhoram o equilíbrio entre a oferta e o consumo de oxigênio local. Em estudos que avaliam a oxigenação muscular de tríceps sural, em indivíduos com DAP claudicantes, é descrita a melhora dos padrões de desoxigenação e reoxigenação muscular no esforço, após a reabilitação, que reflete as adaptações periféricas teciduais decorrentes do treinamento. Apesar de todas as evidências, esta modalidade de intervenção ainda é subutilizada na prática clínica e as principais barreiras descritas são a ineficiência do sistema de saúde, em relação ao financiamento e a falta de serviços de reabilitação específicos para esta população, como também relacionados aos pacientes, por dificuldades de transporte, baixo interesse e adesão. Neste sentido, programas domiciliares de exercícios (PDE) surgem como uma opção para ampliar o acesso ao tratamento. Em relação à avaliação para a reabilitação, o teste em esteira é o mais utilizado para avaliação da capacidade funcional na DAP. Existe uma discussão atual, que em estudos que avaliam a efetividade da reabilitação domiciliar o mais adequado seria o uso de testes em solo, que pode refletir melhor a capacidade de caminhada do cotidiano. Poucos estudos foram desenvolvidos neste sentido, como também para verificar a resposta da oxigenação tecidual após o PDE em indivíduos com DAP, em uso de diferentes testes funcionais, incluindo os de solo. Tendo isto em vista, o objetivo geral desta tese foi comparar os efeitos do PDE, com o programa de reabilitação presencial ambulatorial (PRPA), na resposta da oxigenação muscular de tríceps sural e capacidade funcional, avaliados por meio do teste em esteira e do Incremental Shuttle Walking Test (ISWT), em indivíduos com DAP claudicantes, encaminhados para um ambulatório de reabilitação cardiovascular de um hospital público universitário. Para isto foram desenvolvidos dois estudos: um estudo transversal e um ensaio clínico aleatorizado, representados nesta tese por dois artigos. O primeiro estudo, visto pelo artigo 1, teve por objetivo verificar o comportamento da oxigenação tecidual muscular de tríceps sural no esforço, em um teste incremental em solo, o ISWT, e comparar com o teste em esteira convencional. Além disso, correlacionar os resultados das variáveis da espectroscopia de luz ao infravermelho próximo (NIRS) durante ambos os testes em indivíduos com DAP. Foram utilizados dados da avaliação inicial de dois ensaios clínicos realizados pelo mesmo grupo de pesquisa, com a mesma metodologia de avaliação, com uso da NIRS. Foram analisados os dados de 60 participantes. Foi verificado que no ISWT ocorre o mesmo padrão de desoxigenação acentuada e rápida no início do esforço com reoxigenação lenta ao final do teste, similar ao do teste em esteira, descrito na literatura como característico da DAP. Houve diferença significativa entre os testes, no delta ou variação da saturação tecidual de oxigênio no esforço, de 1,51 %, e na taxa de reoxigenação após o teste, de 1,44%/m. Todas as variáveis de desoxigenação

e reoxigenação teciduais apresentaram correlação significativa e diretamente proporcional ($p<0,0001$), demonstrando similaridade no comportamento da oxigenação tecidual durante a realização dos dois testes. Portanto, concluímos que a oxigenação tecidual em indivíduos com DAP pode ser avaliada durante o ISWT. O ISWT é eficiente em impor intensidade que induz uma resposta isquêmica da mesma forma que o teste em esteira convencional, abrindo novas possibilidades na avaliação de indivíduos com DAP, especialmente nos casos em que o objetivo é avaliar a oxigenação tecidual em situações mais próximas da vida cotidiana. O segundo estudo, descrito no artigo 2, é a análise secundária de um ensaio clínico aleatorizado que comparou os resultados do PDE com o PRPA na capacidade funcional e qualidade de vida em indivíduos com DAP claudicantes, após 12 semanas de intervenção. Neste estudo de análise secundária, o objetivo foi comparar os efeitos do PDE nas respostas da oxigenação tecidual muscular de tríceps sural, associadas à melhora da capacidade funcional nesta mesma população. O PRPA foi composto de exercícios de caminhada presenciais em solo ou esteira por 30 minutos, guiados pelo sintoma claudicante moderado, três vezes na semana, por 12 semanas. O PDE consistiu no mesmo treino de caminhada em solo, realizado em domicílio ou na comunidade. Os participantes tiveram uma sessão de treinamento presencial e retornos mensais para orientações e prática de caminhada presencial, totalizando quatro encontros. Além disso, recebiam ligações telefônicas semanais de acompanhamento, usaram um relógio de monitoramento e um diário para registro do treino. Foram analisados dados de 39 participantes. As duas abordagens de intervenção apresentaram resultados similares no teste em esteira, com aumento significativo do tempo de resistência ($p=0,003$), ou seja, tempo em que o participante caminha no teste, mesmo com níveis baixos de saturação tecidual de oxigênio ($StO_2$), aumento do delta da desoxihemoglobina ($p=0,001$) sem alteração correspondente da oxihemoglobina e aumento do delta da hiperemia da $StO_2$ na recuperação após o teste ($p=0,026$). Verificamos a tendência de uma desoxigenação mais lenta, 78% no PRPA e 15% no PDE e uma reoxigenação mais rápida, 31% no PRPA e 9% no PDE, sem significância estatística, sendo essas alterações frequentemente reportadas após intervenções por exercícios na DAP. Não houve alterações significativas dos dados de oxigenação em repouso e no ISWT. Houve aumento da distância percorrida nos dois testes em ambos os grupos. O grupo PRPA apresentou melhora mais expressiva, caminhando 120 metros a mais no teste em esteira e o dobro do tempo no ISWT, que o PDE. Neste estudo, as duas abordagens apresentaram resultados similares, mas o grupo PRPA teve uma tendência a resultados mais expressivos, clinicamente relevantes, tanto na melhora da resposta da oxigenação tecidual muscular no esforço, como na capacidade de caminhada dos participantes. Consideramos que o PDE é uma opção de abordagem viável e efetiva, frente às barreiras existentes para adesão ao atendimento presencial. Talvez possa ser uma estratégia para uso em conjunto com a presencial em modelos híbridos.

Palavras-chaves: Doença Arterial Periférica; Claudicação Intermitente; Terapia por Exercício; Tratamento Domiciliar; Espectroscopia de Luz ao Infravermelho Próximo.

## ABSTRACT

Peripheral arterial disease (PAD) main symptom is intermittent claudication, which causes a progressive reduction in walking ability, impairment of functional capacity, impact on daily activities, and worsening of quality of life. Supervised exercise programs are considered the primary approach to treatment for PAD, alongside clinical monitoring and lifestyle changes. These programs are effective in increasing the total and pain-free distances walked and improving self-reported walking ability and quality of life. From a physiological standpoint, walking training induces changes in muscle metabolism and microvascular function at the peripheral level, thereby improving the balance between local oxygen supply and consumption. Studies on muscle oxygenation in the triceps surae of individuals with claudicant PAD show improvements in muscle deoxygenation and reoxygenation patterns during exercise after rehabilitation. These patterns reflect peripheral tissue adaptations resulting from training. Despite the ample evidence, this type of intervention remains underutilized in clinical practice. The main barriers described are the inefficiency of the healthcare system in terms of financing, the lack of specific rehabilitation services for this population, and patient-related barriers such as transportation difficulties, low interest, and poor adherence. In this sense, home exercise programs (HEPs) are a promising option for increasing access to treatment. The treadmill test is generally the most widely used to assess functional capacity in PAD. There is an current discussion about which tests are most appropriate for evaluating the effectiveness of home rehabilitation. Ground tests are considered the best option because they more accurately reflect the ability to walk in everyday life. Few studies have been conducted in this regard or to verify tissue oxygenation responses after PDE in individuals with PAD using different functional tests, including ground tests. Considering this, the general objective of this thesis was to compare the effects of the HEP with the outpatient rehabilitation program (PRPA) on muscle oxygenation response in the triceps surae and functional capacity. This was evaluated using the treadmill test and the incremental shuttle walking test (ISWT) in individuals with PAD and claudication who had been referred to the cardiovascular rehabilitation outpatient clinic of a public university hospital. To achieve this aim, two studies were conducted: a cross-sectional study and a randomized clinical trial. These studies are presented in two articles included in this thesis. The first study, presented in Article 1, aimed to verify the behavior of muscle tissue oxygenation in the triceps surae during an incremental test on the ground, ISWT, and to compare it with the conventional treadmill test. Additionally, it aimed to correlate the results of the NIRS variables during both tests in individuals with PAD. Data from the initial evaluation of two clinical trials, conducted by the same research group using the same methodology and near-infrared spectroscopy (NIRS), were used. Data from 60 participants were analyzed. The ISWT was found to have a pattern of sharp and rapid deoxygenation at the beginning of exercise and slow reoxygenation at the end of the test. This pattern is similar to that of the treadmill test and is described in the literature as characteristic of PAD. However, there were differences between the tests: a 1.51% difference in tissue oxygen saturation delta during exercise and a difference in reoxygenation rate after the test, of 1.44%/m. All tissue deoxygenation and reoxygenation variables showed significant, direct proportionality ($p<0.0001$), demonstrating similarity in tissue oxygenation behavior during the two tests. Therefore, we conclude that tissue oxygenation in individuals with PAD can be assessed during ISWT. ISWT efficiently imposes an intensity that induces an ischemic response similar to that of conventional treadmill testing. This opens new

possibilities for evaluating individuals with PAD, especially when the objective is to evaluate tissue oxygenation in situations closer to daily life. The second study, described in Article 2, is a secondary analysis of a randomized clinical trial that compared the effects of PDE and PRPA on functional capacity and quality of life in individuals with claudicant PAD after 12 weeks of intervention. The objective of this secondary analysis was to compare the effects of PDE on muscle tissue oxygenation responses in the triceps surae associated with improved functional capacity in this population. The PRPA group performed 30 minutes of walking exercises, guided by moderate claudication symptoms, on the ground or treadmill, three times a week. PDE consisted of the same overground walking training performed at home or in the community. Participants attended an initial in-person training session and received monthly guidance and walking practice sessions in person, for a total of four meetings. Additionally, they received weekly follow-up phone calls, wore a monitoring watch, and kept a diary to record their training. Data from 39 participants were analyzed. The two intervention approaches showed similar results in the treadmill test, with a significant increase in resistance time (p=0.003), i.e., the time the participant walks during the test, even with low levels of tissue oxygen saturation ($StO_2$), increased in delta deoxyhemoglobin (p=0.001) without corresponding change in oxyhemoglobin, and an increase in delta hyperemia of $StO_2$ during recovery after the test (p=0.026). We observed a tendency towards slower deoxygenation, 78% in PRPA and 15% in PDE, and faster reoxygenation, 31% in PRPA and 9% in PDE, without statistical significance, with these changes being frequently reported after exercise interventions in DAP. There were no significant changes in oxygenation data at rest or in the ISWT. There was an increase in the distance covered in both tests in both groups. The PRPA group showed a more significant improvement, walking 120 meters more on the treadmill test and twice as long on the ISWT than the PDE group. In this study, the two approaches showed similar results, but the PRPA group had a tendency to have more significant, clinically relevant results, both in improving the response of muscle tissue oxygenation during exercise and in the walking capacity of the participants. We believe that the PDE is a viable and effective approach option, given the existing barriers to adherence to face-to-face rehabilitation. It may be a strategy for use in conjunction with face-to-face rehabilitation in hybrid models.

Keywords: Peripheral Arterial Disease; Intermittent Claudication; Exercise Therapy; Home Treatment; Near-Infrared Spectroscopy.

# PREFÁCIO

A presente tese faz parte de um projeto guarda-chuva denominado “Efetividade da reabilitação domiciliar em comparação com a reabilitação presencial em indivíduos com doença arterial periférica: um ensaio clínico aleatorizado”, aprovado pelo COEP em 2022. O protocolo foi publicado na revista BMJ Open em 2024 com o título *“Comparison of home- based rehabilitation and a centre- based exercise in terms of functional capacity, muscle oxygenation and quality of life in people with peripheral arterial disease: a protocol for a randomised controlled trial”*[1]. Este projeto foi contemplado pelo Edital Universal CNPq 2021, chamada CNPq/MCTI/FNDCT Nº 18/2021 – UNIVERSAL. O financiamento viabilizou seu desenvolvimento, com o custeio de bolsa de iniciação científica e da aquisição e desenvolvimento dos materiais da pesquisa, incluindo a cartilha de orientações e equipamentos tecnológicos para o monitoramento e a minimização dos riscos da reabilitação vascular realizada a distância.

A tese foi redigida em formato opcional conforme as normas estabelecidas pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Foi formatada de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Sua estrutura compreende sete capítulos. O primeiro capítulo contém a introdução com a contextualização do tema de estudo. O segundo capítulo apresenta uma revisão de literatura sobre a doença arterial periférica, tratamento clínico e intervenções por exercícios, e avaliação das respostas ao treinamento com uso da espectroscopia de luz ao infravermelho próximo. O terceiro capítulo contém a justificativa do estudo. No quarto estão descritos o objetivo geral e os específicos. No quinto capítulo está descrita a hipótese da tese. No sexto capítulo estão descritos o método e resultados em forma de dois artigos. O primeiro artigo intitulado *”Incremental shuttle walking test for calf muscle oxygenation assessment in peripheral arterial disease: a cross-sectional study”* foi publicado na revista *Scientific Reports* em janeiro de 2025. Está disponível em https://doi.org/10.1038/s41598-024-84662-z . O segundo artigo intitulado “Oxigenação muscular de tríceps sural e capacidade funcional em indivíduos com doença arterial periférica após 12 semanas de treinamento supervisionado ou domiciliar: um ensaio clínico aleatorizado” foi redigido segundo as normas da revista *Journal of Vascular Surgery.* Após apreciação da banca examinadora e adequações

será submetido ao periódico. No sétimo capítulo estão descritas as considerações finais. Em sequência estão as referências, anexos e apêndices. Foi adicionado um apêndice com descrição detalhada de materiais e métodos empregados na pesquisa. Ao final, o minicurrículo da doutoranda com as atividades e produção científica desenvolvidas no período do doutorado.

**SUMÁRIO**

**1 INTRODUÇÃO ..... 15**
2.1 Doença arterial periférica ..... 20
2.2 Tratamento clínico e intervenção por exercício na DAP ..... 24
2.3 Avaliação das respostas de oxigenação teciduais após a reabilitação com o uso da NIRS ..... 33
**3 JUSTIFICATIVA ..... 42**
**4 OBJETIVOS ..... 43**
4.1 Objetivos gerais ..... 43
4.2 Objetivos específicos ..... 43
**5 HIPÓTESE ..... 44**
**6 MÉTODOS E RESULTADOS ..... 45**
6.1 Artigo 1 ..... 45
6.2 Artigo 2 ..... 52
**7 CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 85**
**REFERÊNCIAS ..... 88**
**ANEXOS ..... 95**
Anexo A ..... 95
Anexo B ..... 100
Anexo C ..... 101
Anexo D ..... 105
Anexo E ..... 107
**APÊNDICES ..... 108**
Apêndice 1 ..... 108
Apêndice 2 ..... 117
Apêndice 3 ..... 119
Apêndice 4 ..... 119
Apêndice 5 ..... 121
Apêndice 6 ..... 122
Apêndice 7 ..... 123
**MINICURRÍCULO ..... 141**

## 1 INTRODUÇÃO

A doença arterial periférica (DAP) é considerada uma das apresentações clínicas mais prevalentes da doença aterosclerótica sistêmica, sendo a terceira causa de morbidade cardiovascular após a doença arterial coronariana e o acidente vascular cerebral (Fowkes *et al.,* 2017; Mazzolai *et al.,* 2024; Song *et al.,* 2019). Sua prevalência global é estimada em 5,6% da população acima de 25 anos, cerca de 236 milhões de pessoas (Song *et al.,* 2019). Entre os anos de 2000 e 2015 houve aumento dos casos, especialmente em países de baixa e média renda, estimado em torno de 58% (Aday; Matsushita, 2021; Song *et al.,* 2019).

O sintoma clássico da DAP é a claudicação intermitente (CI), caracterizada por dor ou fadiga nos membros inferiores induzida pelo esforço e aliviada com o repouso, que ocorre principalmente na região da panturrilha (Aday; Matsushita, 2021; Gerhard-Herman *et al*., 2017; Golledge, 2022; Mazzolai *et al*., 2024). A CI prejudica diretamente a capacidade de caminhar, com redução gradual da distância percorrida, diminuição da velocidade de marcha e perda de força muscular, com consequente declínio funcional ao longo do tempo e piora da qualidade de vida relacionada à saúde (Gardner *et al*., 2020; Golledge, 2022; Hamburg; Creager, 2017; Hiatt *et al*., 2015; M. M. McDermott *et al*., 2011; M. M. G. McDermott, 2015). Estudos ainda apontam que, em geral, os indivíduos com CI evitam atividade física, tornam-se sedentários, com consequente aumento do risco cardiovascular (Mazzolai *et al*., 2024).

A reabilitação cardiovascular tem um papel crucial no tratamento de indivíduos com DAP claudicantes. Programas de exercícios supervisionados são extensivamente recomendados como abordagem de primeira linha no tratamento da CI (Aboyans *et al*., 2018; de Carvalho *et al*., 2020; Gerhard-Herman *et al*., 2017; Jansen *et al*., 2020; Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; Peñín-Grandes *et al*., 2024). A modalidade de exercício mais recomendada é o treino de caminhada em solo ou esteira, com intensidade que induza o sintoma claudicante moderado a máximo, no mínimo três vezes na semana por 30 minutos e duração do programa de 12 a 24 semanas (Aboyans *et al*., 2018; Gerhard-Herman *et al*., 2017; Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; Patel *et al*., 2015; Peñín-Grandes *et al*.,

2024). Os programas de exercício supervisionados são considerados efetivos para melhora da capacidade funcional, padrão e qualidade da marcha, capacidade de caminhada autorrelatada e qualidade de vida (Aboyans *et al*., 2018; Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; Patel *et al*., 2015; Treat-Jacobson *et al*., 2019). Além disso, traz benefícios globais para a saúde cardiovascular uma vez que combate o sedentarismo (Aboyans *et al*., 2018; Mazzolai *et al*., 2024; Peñín-Grandes *et al*., 2024).

Do ponto de vista fisiológico, os mecanismos teciduais envolvidos na melhora da funcionalidade em indivíduos com CI, após a intervenção, ainda não são totalmente compreendidos e são temas frequentes de estudo (Golledge, 2022; Hamburg; Creager, 2017; M. M. McDermott, Dayanidhi, *et al*., 2021; M. M. G. McDermott, 2015). O treinamento físico não ocasiona mudança na patência arterial, medida pelo índice tornozelo-braquial (ITB). Assim, a melhora funcional é atribuída ao melhor equilíbrio entre a oferta e o consumo de oxigênio decorrente de alterações periféricas microvasculares e de metabolismo muscular (Hamburg; Creager, 2017; Treat-Jacobson *et al*., 2019). Algumas alterações teciduais são descritas após o treinamento com exercícios tais como, aumento da densidade capilar, melhora da função endotelial, redução da inflamação e melhora da capacidade oxidativa muscular. Dessa forma, o exercício induz a adaptações musculares e de remodelamento vascular que estão associadas a melhora da capacidade funcional na DAP (Baker *et al*., 2017; Mazzolai *et al*., 2024; M. M. G. McDermott, 2015; Peñín-Grandes *et al*., 2024).

Nesse sentido, estudos têm sido realizados com o uso da espectroscopia de luz ao infravermelho próximo ou *near-infrared spectroscopy (NIRS)*, para avaliação do comportamento da oxigenação muscular periférica na DAP em resposta à reabilitação. A NIRS pode ser uma ferramenta útil pois permite que a avaliação seja realizada em situações dinâmicas, como em testes funcionais. Estudos sugerem que programas de exercício podem melhorar os padrões de desoxigenação e reoxigenação muscular em pacientes com CI durante o esforço (Baker *et al*., 2017; Cornelis *et al*., 2021; Gardner *et al*., 2008; Manfredini *et al*., 2020; Monteiro *et al*., 2019).

As medidas da saturação tecidual muscular ($StO_2$) em repouso não apresentam mudanças após o treinamento físico, como também o nível de desoxigenação tecidual

durante o esforço. Apesar disso, a maioria dos estudos demonstra a diminuição da velocidade da queda da $StO_2$, indicando que o paciente é capaz de caminhar por mais tempo antes da desoxigenação máxima ocorrer. Esse comportamento de desoxigenação pode estar correlacionado com o aumento do tempo máximo de caminhada após o tratamento (Baker *et al*., 2017; Cornelis *et al*., 2021; Monteiro *et al*., 2019).

Além disso, verifica-se uma maior tolerância de tempo de caminhada mesmo com níveis baixos de $StO_2$ (Cornelis *et al*., 2021; Monteiro *et al*., 2019). Com relação ao período de recuperação, após o esforço, alguns estudos descrevem uma tendência de reoxigenação mais rápida após a reabilitação, que pode indicar melhora da reatividade microvascular (Cornelis *et al*., 2021; Jones *et al*., 2016; McLay *et al*., 2016). Poucos estudos apontam aumento dos valores de consumo de oxigênio muscular após a intervenção (Cornelis *et al*., 2021; Manfredini *et al*., 2012).

Apesar das evidências reforçarem fortemente a importância do desenvolvimento de programas de exercícios supervisionados para o tratamento da DAP, atualmente, ainda existe número limitado de serviços de reabilitação disponíveis para esta população e pouco investimento, não se tornando uma realidade na prática clínica (Dua *et al*., 2020; Harwood, Cayton, *et al*., 2016; Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017). Este fato é descrito nos países em geral, com mais estudos realizados em países de alta renda. Mesmo em locais em que há disponibilidade do serviço, diversas barreiras são descritas para a subutilização, como dificuldades para o transporte, necessidade de um familiar acompanhar pela questão da perda de mobilidade, custo financeiro alto, falta de financiamento do sistema de saúde e baixa adesão ao tratamento (Dua *et al*., 2020; Mazzolai *et al*., 2024; M. M. McDermott, 2018; Treat-Jacobson *et al*., 2019).

Uma possível alternativa que vem sendo investigada para ampliar o acesso ao tratamento é a instituição de programas domiciliares de exercício (Hageman *et al*., 2018; M. M. McDermott ; Polonsky, 2016; Treat-Jacobson *et al*., 2019; Twomey ; Khan, 2023; van den Houten *et al*., 2019). Esta modalidade é considerada segura para indivíduos com CI e usualmente tem sido recomendada por diretrizes quando a reabilitação presencial não é viável ou possível (Hageman *et al*., 2018; M. M.

McDermott ; Polonsky, 2016; Treat-Jacobson *et al*., 2019; Twomey ; Khan, 2023; van den Houten *et al*., 2019). Estudos apontam que exercícios domiciliares podem melhorar a capacidade funcional e qualidade de vida, embora não apresentem resultados tão significativos no aumento da distância máxima caminhada em comparação com a reabilitação presencial (M. M. McDermott ; Polonsky, 2016; Peñín-Grandes *et al*., 2024; Treat-Jacobson *et al*., 2019; Twomey ; Khan, 2023; van den Houten *et al*., 2019).

Diferentes abordagens de acompanhamento à distância são estudadas, mas ainda não existem evidências bem estabelecidas com relação à sua efetividade e ao melhor formato a ser desenvolvido. Em geral, são descritas variações entre tipos de protocolos de intervenção, uso de dispositivos móveis para registros das atividades realizadas e com relação ao suporte e encorajamento profissional (Chan *et al*., 2021; Dua *et al*., 2020; Hageman *et al*., 2018; M. M. McDermott ; Polonsky, 2016; Twomey ; Khan, 2023). Sabe-se que a instituição de um programa estruturado de exercícios domiciliares, com supervisão de profissional habilitado tem resultados superiores à tradicional recomendação “realize caminhadas em casa”, com ganhos mais expressivos na capacidade de caminhada e adesão dos participantes (Dua *et al*., 2020; Hageman *et al*., 2018; Treat-Jacobson *et al*., 2019; Twomey ; Khan, 2023).

Com relação às medidas de capacidade funcional na DAP, a maioria dos estudos de intervenção utilizam o teste em esteira, contínuo ou incremental, sendo que ambos são aceitos internacionalmente e apresentam boas medidas de reprodutibilidade (Aboyans *et al*., 2018; Mazzolai *et al*., 2024; Nicolaï *et al*., 2009; Treat-Jacobson *et al*., 2019). Existe uma tendência atual de acrescentar testes de caminhada em solo, como o Teste de Caminhada de 6 Minutos e o *Incremental Shuttle Walking Test,* especialmente em estudos de intervenção que empregam programas domiciliares de exercícios (Dixit *et al*., 2015; Hiatt *et al*., 2014; M. M. McDermott *et al*., 2014; Zwierska *et al*., 2004). Esses testes podem refletir de maneira mais precisa a capacidade de caminhada do cotidiano (Hageman *et al*., 2018). Além disso, o uso do teste em esteira pode favorecer o grupo de intervenção que utiliza este recurso no treinamento cotidiano e, portanto, possui maior familiaridade com o método (Dixit *et al*., 2015; Hiatt *et al*., 2014; M. M. McDermott *et al*., 2014; Zwierska *et al*., 2004).

Em uma recente revisão sistemática publicada em 2023, fica evidente a necessidade de se desenvolver estudos que abordem modalidades de tratamento com uso de exercícios domiciliares na DAP, que sejam mais robustos, com metodologia adequada e sistematização do protocolo de intervenção (Twomey ; Khan, 2023). Destaca-se especialmente a necessidade de estudos em países de baixa e média renda, como o Brasil, tendo em vista o aumento do número de casos nos últimos quinze anos, representando 58% do aumento mundial dos casos de DAP (Aday ; Matsushita, 2021; Twomey ; Khan, 2023).

Dessa forma, este estudo de doutorado visa primariamente avaliar os efeitos de um programa estruturado de exercícios domiciliares, em indivíduos com DAP sintomática, com relação à melhora dos dados de oxigenação muscular periférica e capacidade funcional, em comparação ao atendimento convencional presencial. Secundariamente, tem por objetivo verificar e comparar o comportamento da oxigenação muscular periférica na DAP em um teste incremental em solo, o *Incremental Shuttle Walking Test (ISWT),* com o tradicionalmente usado em esteira.

# 2 REVISÃO DE LITERATURA

## 2.1 Doença arterial periférica

A DAP é um termo designado para as doenças obstrutivas do leito arterial, em geral de origem aterosclerótica, com exceção das artérias coronárias e aorta (Aboyans *et al*., 2018; Gerhard-Herman *et al*., 2017). O acometimento de membros inferiores é o mais frequente, e, por isso, o termo usualmente é utilizado para esta condição, podendo ser visto também como doença arterial de membros inferiores (Aboyans *et al*., 2018). Existem outras causas não ateroscleróticas de doença arterial de membros inferiores, como por exemplo vasculite, displasia fibromuscular, síndromes de aprisionamento fisiológico, doença adventícia cística entre outros (Gerhard-Herman *et al*., 2017). Como objeto deste estudo, o termo DAP será usado para designar o acometimento de membros inferiores de origem aterosclerótica.

A DAP é caracterizada pela redução gradual e progressiva do lúmen arterial, pela placa aterosclerótica, com diminuição do fluxo sanguíneo para o membro inferior acometido, distal à lesão (Aboyans *et al*., 2018; Gerhard-Herman *et al*., 2017). A obstrução pode ocorrer desde o segmento aortoilíaco até as artérias que irrigam os pés. De acordo com a sua localização, a obstrução arterial é classificada como sendo do segmento arterial aortoilíaco, femoropoplíteo e/ou infrapoplíteo (Fowkes *et al*., 2017; Gerhard-Herman *et al*., 2017; Mazzolai *et al*., 2024; Patel *et al*., 2015).

O diagnóstico de DAP é primariamente realizado através da medida do ITB. O ITB é um teste não invasivo, utilizado tanto para diagnóstico como monitoramento da DAP (Aboyans *et al*., 2018; Gerhard-Herman *et al*., 2017). O ITB de repouso é obtido medindo-se a pressão arterial sistólica nos braços (artérias braquiais) e tornozelos (artérias pediosa e tibial posterior), em decúbito dorsal, utilizando um aparelho doppler. Ele é calculado realizando a divisão da maior pressão obtida na perna pela maior pressão arterial do braço. De acordo com o resultado, o ITB é classificado como alterado se inferior ou igual a 0,90 (ITB ≤ 0,90), limítrofes (ITB 0,91–0,99), normais (1,00–1,40) ou vasos não compressíveis (ITB > 1,40) (Aboyans *et al*., 2018; Gerhard-Herman *et al*., 2017). O diagnóstico de DAP é definido se o ITB de repouso for ≤ 0,90.

O ITB é considerado o teste de primeira linha para o diagnóstico de DAP em indivíduos sintomáticos, sendo usado tanto para estudos epidemiológicos como na prática clínica. (Aboyans *et al*., 2018; Fowkes *et al*., 2017; Gerhard-Herman *et al*., 2017).

Dados recentes indicam que a prevalência da DAP está em contínuo crescimento no mundo, em paralelo com o envelhecimento populacional e com o aumento da incidência dos fatores de risco ateroscleróticos da população (Song *et al*., 2019). Em uma revisão sistemática publicada em 2019, foi estimado uma prevalência global de 5,6%, referente ao ano de 2015, com cerca de 236 milhões de adultos com DAP em todo o mundo. Na faixa etária acima de 80 anos, esta estimativa aumenta alcançando 18% da população (Song *et al*., 2019). No Brasil a prevalência é estimada em torno de 10,5% da população adulta (Makdisse *et al*.,2010).

A prevalência é maior em países de alta renda do que em países de baixa e média renda (7,4% versus 5,1%). Porém, considerando-se o tamanho da população nos países analisados, a maioria dos indivíduos com DAP, cerca de 73% dos casos, estão em países de baixa e média renda. Houve aumento dos casos mundialmente, estimado em 17%, no período de 2010 a 2015, sendo que o aumento dos casos se deu de maneira desigual entre os países, em torno de 13% em países de alta renda e de 29% nos de baixa e média renda (Fowkes *et al*., 2017; Song *et al*., 2019). Aday ; Matsushita (2021) apontam que, de 2000 a 2015, a prevalência da DAP aumentou em aproximadamente 45% em todo mundo, cerca de 18% em países de alta renda e de 58% em países de baixa e média renda (Aday ; Matsushita, 2021).

Dentre os fatores que podem contribuir para essa transição epidemiológica são destacados o aumento da expectativa de vida com o envelhecimento populacional, que predispõe ao aparecimento de doenças crônicas junto ao aumento dos fatores de risco cardiovascular (Fowkes *et al*., 2017; Song *et al*., 2019). Outros fatores apontados que podem influenciar o aumento na prevalência da DAP são a pobreza, processo de industrialização, mudança dos hábitos de vida e fatores étnicos (Fowkes *et al*., 2017).

Os fatores de risco considerados para o desenvolvimento da DAP são os convencionalmente destacados para doenças cardiovasculares como, idade, tabagismo, diabetes, dislipidemia e hipertensão (Aday ; Matsushita, 2021; Fowkes *et*

*al*., 2017; Golledge, 2022; Mazzolai *et al*., 2024; Song *et al*., 2019). O tabagismo e a diabetes são considerados os fatores de risco mais relevantes. O tabagismo está associado a um risco de duas a três vezes maior de desenvolver DAP, enquanto o diabetes aumenta o risco em duas vezes (Aday ; Matsushita, 2021). É importante ressaltar que o diabetes está particularmente associado a uma forma mais grave de DAP, com piores desfechos. A presença de inflamação sistêmica, obesidade, aumento da ativação plaquetária e doença microvascular também são apontados como possíveis fatores que aumentem o risco de desenvolvimento de DAP (Aday ; Matsushita, 2021; Fowkes *et al*., 2017; Golledge, 2022; Mazzolai *et al*., 2024). A presença de inflamação, detectada pelo aumento nos níveis basais de proteína C reativa, está sendo considerada um importante marcador de aterosclerose sistêmica. Estudos associam biomarcadores de inflamação à incidência de DAP (Aday ; Matsushita, 2021; Mazzolai *et al*., 2024). Alguns estudos também têm reconhecido que a doença microvascular pode desempenhar um papel importante no desenvolvimento e progressão da DAP (Aday ; Matsushita, 2021; Golledge, 2022; Mazzolai *et al*., 2024).

O sintoma clássico da DAP é a claudicação intermitente (CI), definida como dor, desconforto ou fadiga, principalmente na região da panturrilha, que aparece durante o esforço e alivia com o repouso (Golledge, 2022; Mazzolai *et al*., 2024). Estima-se que a CI ocorra em cerca de 10 a 30% dos casos de DAP (Fowkes *et al*., 2017; Hamburg; Creager, 2017). Além desse sintoma típico, os indivíduos podem ser assintomáticos ou apresentar sintomas atípicos nos membros induzidos pelo exercício (Fowkes *et al*., 2017; Golledge, 2022; Mazzolai *et al*., 2024).

A CI é resultado do desequilíbrio entre a oferta e consumo de oxigênio muscular local durante o esforço. Sua origem é considerada multifatorial, envolvendo tanto mecanismos relacionados à isquemia decorrente da obstrução vascular quanto à capacidade reduzida de utilizar o oxigênio disponível, por alterações no metabolismo muscular e da função microvascular (Gardner *et al*., 2020; Golledge, 2022; Hamburg; Creager, 2017; Hiatt *et al*., 2015; M. M. G. McDermott, 2015; Muller *et al*., 2013). Publicações acerca deste tema indicam que múltiplos determinantes podem estar envolvidos na origem dos sintomas na DAP (Hamburg; Creager, 2017; M. M. G. McDermott, 2015). A insuficiência arterial é resultante de alterações fixas e dinâmicas do fluxo sanguíneo na região acometida. A obstrução da luz arterial, que leva à

perfusão muscular inadequada no esforço, é considerada um importante fator. Entretanto, a gravidade anatômica da obstrução, avaliada pelo ITB, não é um bom preditor da capacidade de caminhada em indivíduos com CI. Isto indica que outros fatores periféricos podem estar associados a limitação funcional (Golledge, 2022; Hamburg; Creager, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; M. M. G. McDermott, 2015). Neste sentido, a disfunção do endotélio vascular parece contribuir para a redução dinâmica do fluxo vascular na DAP (Hamburg; Creager, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; Vita ; Hamburg, 2010).

O endotélio vascular saudável produz diversas substâncias vasodilatadoras, incluindo o óxido nítrico, que traz benefícios vasculares, como inibição plaquetária, redução da proliferação do músculo liso, prevenção da adesão leucocitária e a promoção da angiogênese (Hamburg; Creager, 2017). A diminuição da disponibilidade do óxido nítrico compromete as adaptações musculares ao esforço, dificultando a vasodilatação muscular periférica induzida pelo exercício (Hamburg; Creager, 2017; Mazzolai *et al*., 2024). Dessa forma, a disfunção vascular a nível tecidual na DAP é caracterizada pela redução da disponibilidade de óxido nítrico, diminuição da vasodilatação periférica mediada pelo esforço, aumento do estresse oxidativo, diminuição do fluxo microvascular com comprometimento na angiogênese e da circulação colateral (Golledge, 2022; Hamburg; Creager, 2017; Mazzolai *et al*., 2024). Todos esses fatores em conjunto ao processo obstrutivo aterosclerótico são considerados os mecanismos que levam aos sintomas de membros inferiores e a piora da funcionalidade na DAP (Hamburg; Creager, 2017; M. M. McDermott, Dayanidhi, *et al*., 2021; M. M. G. McDermott, 2015; Polonsky ; McDermott, 2021).

Estudos já verificaram a associação da disfunção endotelial com a diminuição da capacidade funcional na DAP (Golledge, 2022). Alterações da função microvascular, com baixa resposta de hiperemia reativa, no teste de dilatação mediada pelo fluxo da artéria braquial, foram associadas a piores desfechos de capacidade funcional (Golledge, 2022; Grenon *et al*., 2014). A musculatura esquelética dos membros inferiores também fica comprometida com a isquemia crônica (Mazzolai *et al*., 2024; M. M. McDermott, Dayanidhi, *et al*., 2021). Ocorre diminuição da massa muscular, especialmente de panturrilha em indivíduos acometidos, alteração do tipo de fibra e

mudança da composição muscular, com menor densidade de músculo e maior teor de gordura, que impactam na sua função (M. M. McDermott, Dayanidhi, *et al*., 2021).

Do ponto de vista funcional, a CI prejudica diretamente a capacidade de deambulação, sendo descritos os efeitos adversos de redução da distância caminhada livre de dor, redução da força muscular, déficit de equilíbrio, alteração do padrão da marcha, menor velocidade de marcha, comprometimento do metabolismo muscular, neuropatia periférica isquêmica, declínio funcional, perda de mobilidade e diminuição da qualidade de vida (Gardner *et al*., 2020; Golledge, 2022; Hamburg; Creager, 2017; Hiatt *et al*., 2015; M. M. McDermott *et al*., 2011; M. M. G. McDermott, 2015). A redução da capacidade de deambulação está associada a desfechos clínicos desfavoráveis. Indivíduos com DAP claudicantes com níveis baixos de atividade física apresentam maior e mais rápido declínio funcional e maiores taxas de mortalidade do que aqueles mais ativos fisicamente (M. M. McDermott, Applegate, *et al*., 2013; M. M. McDermott *et al*., 2011; M. M. G. McDermott *et al*., 2002). Estudos ainda apontam que, em geral, esses indivíduos evitam atividade física, tornam-se sedentários, com consequente aumento do risco cardiovascular (Golledge, 2022; Mazzolai *et al*., 2024).

## 2.2 Tratamento clínico e intervenção por exercício na DAP

O tratamento primário de indivíduos com DAP claudicantes engloba a abordagem conservadora, com adoção de estratégias para redução do risco cardiovascular, melhora da capacidade de deambulação e prevenção do declínio funcional (M. M. McDermott, 2018). Neste sentido, são utilizadas medicações como a terapia antiplaquetária, estatinas de alta potência e medicações específicas para controle da hipertensão arterial sistêmica e diabetes, se existentes. Para os fumantes, medidas para a cessação do tabagismo devem ser realizadas, com aconselhamento e farmacoterapia (Aboyans *et al*., 2018; Golledge, 2022; Hamburg; Creager, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; M. M. McDermott, 2018; Parmenter *et al*., 2015; Polonsky ; McDermott, 2021; Treat-Jacobson *et al*., 2019). Com relação à funcionalidade, tanto na abordagem da CI como na prevenção do declínio funcional, diversos ensaios clínicos randomizados demonstraram a eficácia da instituição de programas de exercícios supervisionados (Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; M. M. McDermott, 2018; Parmenter *et al*., 2015; Peñín-Grandes *et al*., 2024).

Os programas de exercícios supervisionados ocorrem geralmente em hospitais ou ambientes de saúde comunitário, são conduzidos por profissionais de saúde habilitados e envolvem um plano estruturado de exercícios (Twomey ; Khan, 2023). O treino de caminhada supervisionada é considerado a principal abordagem em indivíduos com DAP claudicantes, com forte nível de recomendação pelas principais diretrizes em todo o mundo (de Carvalho *et al*., 2020; Gornik *et al*., 2024; Jansen *et al*., 2020; Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; Peñín-Grandes *et al*., 2024). Os principais desfechos descritos são a melhora da capacidade funcional, com aumento da distância e tempo máximos de caminhada, aumento da distância e tempo de caminhada livre de dor, melhora da capacidade de caminhada autorrelatada, da capacidade aeróbica, da força muscular de membros inferiores e da qualidade de vida relacionada à saúde (Gornik *et al*., 2024; Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; Peñín-Grandes *et al*., 2024; Treat-Jacobson *et al*., 2019).

Duas revisões sistemáticas reportam os resultados em termos da capacidade funcional, obtidos pelo teste em esteira, de programas de exercícios supervisionados em relação ao cuidado usual na DAP (Fakhry *et al*., 2012; Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017). Lane *et al* descreveram o aumento na distância máxima caminhada de 120 metros (IC 95% 50,79 a 189,92) e melhora da distância caminhada livre de dor de 82,11 metros (IC 95% 71,73 a 92,48). Nesta mesma publicação foi descrita a porcentagem de mudança na distância máxima caminhada, sendo de 40,25% (28,64 a 51,86, $p < 0.00001$), com dados de 656 pacientes. O uso da variação percentual de melhora pode possibilitar a compreensão mais abrangente das mudanças ocorridas após a intervenção, diante de uma população heterogênea. Em estudos na DAP, é descrito um perfil heterogêneo dos participantes, tanto em relação à capacidade funcional, média da distância percorrida, como também ao perfil de melhora após o tratamento (Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017). Na outra revisão sistemática, Fakhry *et al* descreveram resultados superiores, com aumento na distância máxima de 180 metros (IC 95%130 a 238) e na distância livre de dor de 128 metros (IC 95% 92 a 165) após a intervenção (Fakhry *et al*., 2012).

A modalidade de treinamento mais indicada é o de caminhada intermitente em solo ou esteira, guiado pelo sintoma claudicante, sendo que os melhores resultados são obtidos quando a caminhada é realizada até induzir o sintoma claudicante moderado a máximo, pontuado como 4 a 5 pela escala Likert para dor claudicante ou acima de 7 pela Escala Visual da Dor (Fassora *et al*., 2022; Mazzolai *et al*., 2024; M. M. McDermott, Spring, *et al*., 2021). Dessa forma, é recomendado que o ajuste da sobrecarga seja realizado de forma que o início do sintoma claudicante ocorra entre três e cinco minutos de exercício e a claudicação moderada a máxima entre oito e 10 minutos, seguido por período de repouso para alívio do sintoma (Mazzolai *et al*., 2024; Treat-Jacobson *et al*., 2019). O ciclo de exercício/repouso deve ser repetido ao longo de uma sessão de 30 a 60 minutos de duração. A frequência das sessões deve ser de três vezes na semana, por um período de 12 a 24 semanas (Aboyans *et al*., 2018; Fassora *et al*., 2022; Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; Treat-Jacobson *et al*., 2019).

A literatura aponta que modificações no treinamento podem ser realizadas para indivíduos com baixa tolerância à dor, com o objetivo de promover maior adesão (Mazzolai *et al*., 2024). Nestes casos, a caminhada pode ser realizada sem a presença de sintomas ou guiada pela presença de dor leve a moderada. À medida que o ocorre a adaptação ao treinamento a intensidade deve ser aumentada (Mazzolai *et al*., 2024). Adicionalmente, outras modalidades de treinamento podem ser aplicadas quando não é possível realizar o treino de caminhada, como uso do cicloergômetro convencional ou de membros superiores, treino de força muscular e exercícios multimodais (Jansen *et al*., 2020; Lauret *et al*., 2014).

Apesar das evidências de forte magnitude que apoiam a instituição de programas de exercícios supervisionados na DAP, historicamente essa abordagem vem sendo subutilizada. Existem poucos centros de reabilitação cardiovascular específicos para DAP e quando disponíveis, ocorre baixa adesão dos participantes (Mazzolai *et al*., 2024; Pymer *et al*., 2021; Treat-Jacobson *et al*., 2019; Twomey ; Khan, 2023).

Em um estudo multicêntrico chamado *PORTRAIT (Patient-Centered Outcomes Related to Treatment Practices in Peripheral Arterial Disease: Investigating Trajectories)*, foi investigada o cumprimento às quatro principais recomendações na

abordagem da DAP sintomática, segundo *American Heart Association* (2016): 1- uso de estatina, 2- uso de antiagregante plaquetário, 3- medidas antitabagismo e 4- encaminhamento para programas de exercícios supervisionados (Saxon *et al*., 2020). Foram acompanhados 16 centros de cirurgia vascular, sendo dez nos EUA, um na Austrália e cinco na Holanda. Dos 1275 novos casos de DAP ou de indivíduos com exacerbação de sintomas, 1104 (89%) receberam prescrição de medicamentos antiplaquetários, 1055 (82,7%) receberam prescrição de estatina e 280 (23,3%) foram encaminhados para programas de exercícios supervisionados. Dos 455 (35,7%) fumantes, 342 (75,2%) foram abordados sobre a cessação do tabagismo. Pode-se notar altas taxas de prescrição de medidas farmacoterapêuticas (89% e 83%) e baixa taxa de encaminhamento para a reabilitação (23%). Houve uma diferença na porcentagem de encaminhamentos para reabilitação entre os países analisados neste estudo. Na Holanda, 90% dos pacientes diagnosticados com DAP foram referenciados para centros de reabilitação, enquanto nos EUA houve pouca indicação desta abordagem. Uma razão postulada para esta diferença foi a falta de financiamento do sistema de saúde dos EUA, que autorizou o reembolso de 36 sessões de reabilitação para DAP somente em 2017 (Saxon *et al*., 2020).

Os primeiros resultados desta mudança no financiamento do sistema de saúde nos EUA, com o reembolso das sessões de reabilitação, foram publicados por Divakaran *et al* (2021), com dados de junho de 2017 a dezembro de 2018 (Divakaran *et al*., 2021). Eles verificaram baixas taxas de encaminhamentos médicos para centros de reabilitação cardiovascular, mesmo após a pactuação. Dos quase 130 mil pacientes com DAP claudicantes acompanhados, apenas 1.735 (1,3%) foram incluídos em programas de exercícios supervisionados. Além disso, dos que foram encaminhados, apenas 5% concluíram as 36 sessões presenciais programadas (Divakaran *et al*., 2021).

Dua *et al* (2019) também reportam a baixa adesão aos programas de exercícios supervisionados nos EUA (Dua *et al*., 2020). Em seu estudo, que compreendia um questionário para a equipe médica, cirurgiões vasculares e cardiologistas, 49% dos médicos relataram nunca ter encaminhado um paciente com DAP para exercícios supervisionados e 54% relataram não ter acesso a programas de exercícios supervisionados para DAP. Isto evidencia tanto a falta de encaminhamento por parte

da equipe médica, como também o número reduzido de serviços disponíveis para a reabilitação vascular. Foi descrito que cerca de 36% dos centros de reabilitação na DAP funcionam junto com a reabilitação cardíaca (Dua *et al*., 2020).

Em relação aos participantes, Harwood *et al* (2016) em um estudo com 1473 pacientes com DAP, reporta que dos casos elegíveis, somente cerca de 30% aceitam participar de programas presenciais de reabilitação (Harwood, Cayton, *et al*., 2016). As principais causas de não adesão foram a falta de interesse e motivação, presença de outras comorbidades que impactavam na realização do exercício e a longa distância para deslocamento ao centro de reabilitação (Harwood, Smith, *et al*., 2016).

Dessa forma, as principais barreiras descritas para a participação em programas presenciais de reabilitação são a falta de encaminhamento da equipe médica, dificuldade de acesso a centros específicos de reabilitação vascular por indisponibilidade do serviço, dificuldades com o transporte/viagem, falta de reembolso pelo sistema de saúde, falta de motivação e interesse por parte dos participantes (Divakaran *et al*., 2021; Dua *et al*., 2020; Harwood, Smith, *et al*., 2016; Saxon *et al*., 2020).

Neste sentido, desde a década de 1990 tem sido discutido a instituição de programas domiciliares de exercícios, com o intuito de aumentar o acesso ao tratamento de indivíduos com DAP sintomáticos. No entanto, as evidências sobre essa abordagem ainda são modestas (M. M. McDermott ; Polonsky, 2016). Na maioria dos estudos, programas de exercícios supervisionados são considerados mais efetivos do que programas domiciliares de exercícios para a melhora da capacidade funcional na DAP (Hageman *et al*., 2018; M. M. McDermott ; Polonsky, 2016; van den Houten *et al*., 2019). Em uma revisão sistemática publicada por Hageman *et al* (2018), foi descrito que exercícios de caminhada supervisionados proporcionam melhores resultados, em termos da distância máxima percorrida no teste em esteira, em comparação com exercícios de caminhada domiciliares, com uma diferença de 120 metros entre os grupos. Não foi observado diferença entre exercício domiciliar versus controle, sem exercício (Hageman *et al*., 2018).

Outras revisões sistemáticas também apontaram as mesmas conclusões, sendo indicado exercícios domiciliares somente quando a reabilitação presencial não for uma

abordagem possível (Peñín-Grandes *et al*., 2024; Twomey ; Khan, 2023; van den Houten *et al*., 2019). A maioria dos estudos incluídos nas revisões datam do ano de 1997 a 2014 (Hageman *et al*., 2018; Peñín-Grandes *et al*., 2024; Twomey ; Khan, 2023; van den Houten *et al*., 2019). Todos esses estudos são ensaios clínicos randomizados que possuem pelo menos dois grupos de intervenção, sendo um considerado reabilitação presencial e o outro a realização de exercícios domiciliares. A característica mais importante dos estudos, que pode fazer diferença nos desfechos, é o tipo de abordagem nas intervenções. Com relação ao grupo presencial, todos basicamente relatam o atendimento convencional, supervisionado por profissional habilitado, com uso de caminhada em solo ou esteira com intensidade até o sintoma claudicante moderado a máximo, por 30 minutos, três vezes na semana (Hageman *et al*., 2018; Peñín-Grandes *et al*., 2024; Twomey ; Khan, 2023; van den Houten *et al*., 2019).

Com relação ao grupo de reabilitação domiciliar até o ano de 2010, a abordagem consistia em orientações pouco estruturadas ou mesmo um aconselhamento durante a consulta médica sobre a realização de caminhada por 30 minutos, três vezes na semana (Hageman *et al*., 2018; van den Houten *et al*., 2019). O acompanhamento era periódico, variando de contatos semanais ou até mensais, realizados por telefone ou em retorno médico, podendo ser realizado pela equipe de enfermagem do serviço. Alguns estudos utilizaram material educativo sobre a condição de saúde e diário de registro dos exercícios realizados. Os resultados desses estudos demonstravam a superioridade da abordagem presencial em relação a domiciliar (Hageman *et al*., 2018; van den Houten *et al*., 2019).

A partir de 2011, pelo menos sete ensaios clínicos para avaliação da efetividade de exercícios domiciliares na DAP foram publicados (Polonsky ; McDermott, 2021), mas ainda com os resultados heterogêneos. Os estudos de Gardner (2011 e 2014) e McDermott (2013) trazem uma mudança na abordagem dos participantes do grupo domiciliar de exercícios, com consequente melhora nos resultados dos estudos, que apontam benefícios de programas domiciliares estruturados de exercícios na capacidade funcional e qualidade de vida em indivíduos com DAP (Gardner *et al*., 2011, 2014; M. M. McDermott, Liu, *et al*., 2013).

Nos dois estudos publicados por Gardner, a prescrição de exercícios domiciliares passou a ser realizada de uma maneira mais estruturada, sistematizada, individualizada, com uso de monitoramento por meio de dispositivo externo vestível, retornos presenciais periódicos com a equipe de reabilitação a cada duas ou quatro semanas, com ajustes na intensidade e duração dos treinos (Gardner *et al*., 2011, 2014). Eles descrevem melhora da distância percorrida no teste em esteira para os dois grupos de intervenção, presencial e domiciliar, com diferença significativa no desempenho quando comparado ao grupo controle sem exercícios (Gardner *et al*., 2011, 2014).

O estudo de McDermott, denominado *Group Oriented Arterial Leg Study (GOALS)*, utilizou a terapia cognitivo comportamental (TCC) como ferramenta para melhorar a adesão de pacientes no programa domiciliar de exercícios. Neste estudo a abordagem era híbrida, com um atendimento presencial semanal de 90 minutos, dividido em duas partes, sendo 45 minutos de treino de caminhada e 45 minutos de TCC, com orientação de caminhada em domicílio nos outros dias da semana. Houve melhora da distância caminhada de 53,5 metros no teste de caminhada de seis minutos no grupo intervenção comparado ao grupo controle, de cuidados usuais sem exercícios (M. M. McDermott, Liu, *et al*., 2013).

No estudo de Collins *et al* (2011), em indivíduos com diabetes e DAP, não foi verificada a melhora na distância percorrida, no teste em esteira, no grupo de exercícios domiciliares em comparação ao grupo controle de cuidados usuais, sem exercícios. Eles descrevem melhora da velocidade de caminhada, avaliada pelo *Walking Impairment Questionnaire*, e da qualidade de vida. A abordagem inicial foi uma atividade educativa para todos os participantes, seguida de sessões de caminhada semanais presenciais para o grupo intervenção, com orientação de três dias de caminhada em domicílio (Collins *et al*., 2011).

Em outro estudo com indivíduos afro-americanos, Collins *et al* (2019) verificou que a abordagem de entrevista motivacional por ligação telefônica, não foi eficaz para melhorar a distância percorrida, avaliada pelo teste de caminhada de seis minutos (Collins *et al*., 2019). McDermott *et al* (2018) verificou que a intervenção de exercícios domiciliares com um monitor de atividade vestível e orientação por telefone, sem

retornos presenciais, não foi efetiva para melhora da capacidade funcional após nove meses de acompanhamento, em comparação com os cuidados habituais (M. M. McDermott *et al*., 2018) .

Em um estudo recente, publicado por McDermott *et al* (2021), foi demonstrado que exercícios domiciliares realizados com intensidade sintoma claudicante moderado a máximo também foram mais eficazes comparados ao treinamento realizado com sintomas de leve intensidade e ao grupo controle, sem exercícios. O grupo de intervenção de maior intensidade apresentou melhora da distância caminhada de 40,9 metros ($p<0,001$) em relação ao de baixa intensidade, e de 49,6 metros ($p<0,001$) em relação ao grupo controle, no teste de caminhada de seis minutos. O grupo de baixa intensidade não apresentou melhora em relação ao grupo controle. Dessa forma, o nível da intensidade do exercício prescrito em programas domiciliares parece ser um fator importante na melhora da capacidade de caminhada dos indivíduos com DAP (M. M. McDermott, Spring, *et al*., 2021) .

Bearne *et al* (2022) relata aumento de 16,7 metros (IC 95%, 4,2 a 29,2) na distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos, no grupo de intervenção com exercícios domiciliares em comparação a um grupo de pacientes com cuidados usuais. Seu estudo foi um ensaio clínico randomizado multicêntrico, com 190 pacientes acompanhados por 12 semanas, em que a abordagem domiciliar era composta de dois encontros presenciais de 60 minutos com a prática da caminhada orientada, seguidos por duas entrevistas motivacionais realizadas por ligações telefônicas. O efeito da intervenção foi considerado consistente com uma melhora estatisticamente significativa, mas modesta (Bearne *et al*., 2022).

Portanto, pelo exposto acima, podemos concluir que estudos de intervenções de exercícios domiciliares para pacientes com DAP apresentam resultados heterogêneos, com diferentes abordagens, diferentes modalidades de acompanhamento, sejam por atividades educativas, aconselhamento presencial ou por ligações telefônicas, retornos presenciais com a realização de atividade física ou somente realização de caminhada em domicílio, como também grande variação no tempo e frequência de retorno presencial (M. M. McDermott, 2022). Existe uma tendência de melhores desfechos quando os participantes são acompanhados de

maneira mais próxima, com suporte mais frequente pelo profissional de referência (M. M. McDermott, 2022; Pymer *et al*., 2021; Twomey ; Khan, 2023).

Todas essas variações podem impactar nos resultados, especialmente quando os estudos são analisados em conjunto nas revisões sistemáticas. Em geral, os programas supervisionados seguem uma rotina já bem estabelecida pelas diretrizes, sem grande variação da frequência de supervisão, intensidade de exercício e tempo de acompanhamento (Hageman *et al*., 2018; Mazzolai *et al*., 2024; Pymer *et al*., 2021; van den Houten *et al*., 2019). Sendo assim, é descrito uma superioridade em termos de resultados, no desfecho de capacidade funcional, na reabilitação presencial em comparação à domiciliar. A literatura aponta a necessidade de mais estudos a respeito, descrevendo claramente o formato da intervenção domiciliar, incluindo o suporte e encorajamento profissionais, a frequência dos retornos, a intensidade do treino, assim como o uso de monitoramento das atividades por dispositivos externos (Twomey ; Khan, 2023).

As diretrizes atuais recomendam a realização de consulta médica prévia ao início do programa de exercícios, independente se o programa vai ser presencial ou domiciliar, com o objetivo de identificar contraindicações ao esforço, realizar ajustes de medicações e solicitar exames complementares, se necessário (Mazzolai *et al*., 2024; Treat-Jacobson *et al*., 2019). Em indivíduos com DAP associado a doença arterial coronariana é necessária uma avaliação cardiológica, com a prescrição de exercícios baseada em parâmetros de segurança em intensidade abaixo do limiar isquêmico após teste ergométrico ou cardiopulmonar (Mazzolai *et al*., 2024).

Medidas de capacidade funcional e da qualidade de vida devem ser realizadas no início e final da reabilitação na DAP, para determinar a resposta do indivíduo ao treinamento físico (Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; Peñín-Grandes *et al*., 2024; Treat-Jacobson *et al*., 2019). Dentre os testes funcionais, o teste em esteira é o mais utilizado para avaliação da distância máxima percorrida e da distância percorrida livre de dor. Existem dois protocolos de teste em esteira aceitos internacionalmente para DAP, um contínuo, com carga de trabalho constante, realizado com velocidade de 3,2 Km/h e uma inclinação de 10 a 12% e o outro incremental, com velocidade constante de 2 Km/h e aumento da inclinação de 2% a

cada dois minutos do teste. Ambos apresentam boa reprodutibilidade e são indicados para uso em ensaios clínicos (Aboyans *et al*., 2018; Mazzolai *et al*., 2024; Nicolaï *et al*., 2009; Treat-Jacobson *et al*., 2019).

Além do teste em esteira, estudos também utilizam testes de caminhada em solo, para avaliação da capacidade funcional, como o teste de caminhada de seis minutos e o *Incremental Shuttle Walking Test (ISWT)* (Dixit *et al*., 2015; Hiatt *et al*., 2014; M. M. McDermott *et al*., 2014; Zwierska *et al*., 2004). Testes de caminhada em solo são importantes para avaliação de resultados, pois podem refletir de maneira mais precisa a capacidade de caminhar na vida cotidiana, assim como são alternativas para indivíduos sem familiaridade com a esteira ergométrica e em casos de avaliação de tratamentos realizados em domicílio (Hageman *et al*., 2018). Para avaliação da qualidade de vida o questionário SF 36 é o instrumento mais utilizado nesta população (Hageman *et al*., 2018; Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017).

## 2.3 Avaliação das respostas de oxigenação teciduais após a reabilitação com o uso da NIRS

Após anos de pesquisas, a literatura traz com clareza a importância da prática de exercícios de caminhada, que induzam o sintoma claudicante, para a abordagem de indivíduos com DAP sintomática, para a melhora da capacidade de caminhada e prevenção do declínio funcional (Golledge, 2022; Hamburg; Creager, 2017; Lane, Harwood, Watson; Leng, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; Treat-Jacobson *et al*., 2019). Apesar disso, os mecanismos envolvidos nesta melhora ainda não são totalmente compreendidos. O treino de caminhada não ocasiona mudança do ITB, assim, as evidências atualmente disponíveis sugerem que alterações adaptativas teciduais, decorrentes da isquemia durante o esforço, podem ter papel relevante na melhora da capacidade funcional na DAP (Golledge, 2022; Hamburg; Creager, 2017; Mazzolai *et al*., 2024; M. M. McDermott, Dayanidhi, *et al*., 2021; Treat-Jacobson *et al*., 2019).

Dentre as adaptações teciduais citadas, estão alterações positivas na função microvascular, com o aumento do fluxo colateral, melhora da perfusão e da função endotelial, assim como adaptações da musculatura esquelética com mudança da composição das células musculares e melhora da capacidade oxidativa mitocondrial

(Mazzolai *et al*., 2024; M. M. McDermott, Dayanidhi, *et al*., 2021; Treat-Jacobson *et al*., 2019). Esses mecanismos podem melhorar a extração e utilização do oxigênio, com maior equilíbrio entre a oferta e consumo de oxigênio da musculatura acometida durante o esforço (M. M. McDermott, 2018; M. M. McDermott, Dayanidhi, *et al*., 2021; Polonsky ; McDermott, 2021; Treat-Jacobson *et al*., 2019).

Neste sentido, a NIRS tem sido utilizada para avaliação do comportamento da oxigenação muscular periférica na DAP, com o objetivo de compreender melhor os mecanismos teciduais locais subjacentes aos sintomas de CI, suas repercussões na funcionalidade (Boezeman *et al*., 2016; Jones *et al*., 2016) e as adaptações periféricas resultantes da reabilitação por exercícios (Cornelis *et al*., 2021).

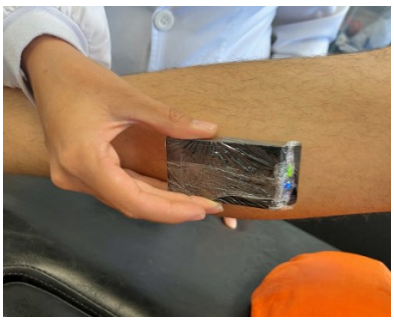
A NIRS é uma técnica baseada na capacidade de penetração da luz nos tecidos biológicos, em diferentes comprimentos de onda e suas propriedades de absorção, reflexão e dispersão (Boezeman *et al*., 2016; Van Beekvelt *et al*., 2001). O equipamento utiliza a espectroscopia por infravermelho próximo com o espectro de luz de 650 a 1000 nm que corresponde ao de absorção pelos cromóforos hemoglobina (Hb) e mioglobina (Mg). Dessa forma, através do sinal captado pelo receptor advindo do tecido, a NIRS fornece os valores de concentração relativa da hemoglobina oxigenada, oxihemoglobina ($HbO_2$), da hemoglobina desoxigenada, desoxihemoglobina (HHb) e da hemoglobina total. Os valores de $HbO_2$ e HHb são fornecidos em unidades arbitrárias, a partir das alterações das concentrações teciduais partindo de um valor basal inicial. A saturação tecidual de $O_2$ ($StO_2$) é obtida baseado na relação das concentrações da $HbO_2$ e HHb, pela fórmula [$HbO_2$/ ($HbO_2$ + HHb)] x100 e é expressa em porcentagem. A $StO_2$ é considerada uma importante variável que reflete o equilíbrio entre a oferta e o consumo de $O_2$ tecidual (Boezeman *et al*., 2016; Gardner *et al*., 2008; Jones *et al*., 2016; Van Beekvelt *et al*., 2001).

A NIRS pode ser utilizada em repouso para verificação dos valores basais de oxigenação e durante situações dinâmicas como em testes funcionais (figuras 1a, 1b e 2a). Em estudos na DAP o sensor da NIRS é posicionado na região da panturrilha por ser o local de maior acometimento muscular (Boezeman *et al*., 2016; Jones *et al*., 2016; Manfredini *et al*., 2009a). O sensor deve ser fixado com uma faixa elástica escura para evitar a interferência da luz externa. Os parâmetros obtidos pela NIRS

podem ser extraídos de maneira direta pelo software ou indireta através de cálculos pela análise gráfica (figura 2b) (Artinis Medical Systems BV, 2011; Van Beekvelt *et al*., 2001).

**Figuras 1a e 1b -** Colocação do sensor da NIRS na região da panturrilha e fixação com faixa elástica escura. Fonte: acervo pessoal.

**1a**



**1b**

**Figuras 2a e 2b –** Uso da NIRS em testes funcionais. Registros diretos dos parâmetros no computador. Fonte: acervo pessoal.

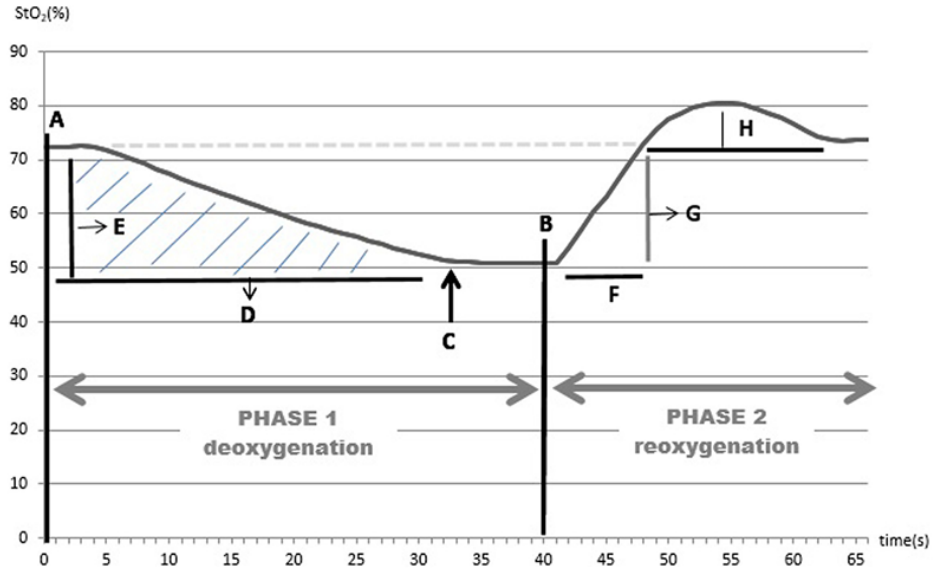
**2a**

**2b**

A literatura já demonstrou que indivíduos com DAP apresentam valores basais de $StO_2$, em repouso, similares aos de indivíduos saudáveis (Boezeman *et al*., 2016; Cornelis *et al*., 2021; Jones *et al*., 2016). Isto sugere que o fluxo sanguíneo muscular em repouso é suficiente para o metabolismo muscular adequado, com equilíbrio entre a oferta e consumo de oxigênio local (Cornelis *et al*., 2021). Ainda em repouso pode ser realizada a manobra de oclusão arterial (MOA). A MOA é realizada através do uso

de um manguito pneumático, que é insuflado até que ocorra a oclusão arterial do membro examinado. Ela permite a avaliação do comportamento da oxigenação durante a isquemia máxima, com a obtenção dos valores individuais de $StO_2$ mínimos nesta circunstância. Além disso, através da MOA pode-se obter os valores estimados de consumo de oxigênio muscular em repouso ($mVO_2$) (Boezeman *et al*., 2016; Malagoni *et al*., 2010; Manfredini *et al*., 2009a, 2020). Após o manguito ser desinsuflado, ocorre o retorno da $StO_2$ aos valores basais, ou acima dos basais, na hiperemia reativa (figura 3). Essa etapa é chamada de fase de reoxigenação tecidual, sendo considerada importante por alguns estudos por poder trazer informações acerca da função endotelial (Boezeman *et al*., 2016; McLay *et al*., 2016). McLay (2016) encontrou forte correlação entre as medidas da curva de reoxigenação na MOA, com o teste de dilatação mediada pelo fluxo, considerado padrão ouro para avaliação da função endotelial (McLay *et al*., 2016). Dessa forma, dados da NIRS na fase de reoxigenação refletem a reperfusão tecidual e podem fornecer informações acerca da reatividade vascular e função endotelial (Boezeman *et al*., 2016; Jones *et al*., 2016).

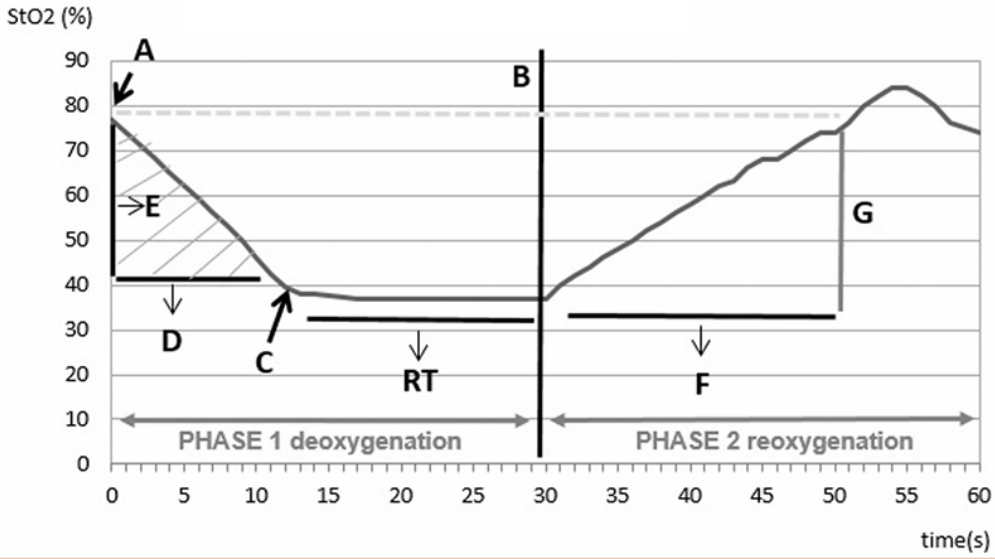
**Figura 3– Registros da saturação de oxigênio ($StO_2$) durante a manobra de oclusão arterial**




A - Início da manobra; B - fim da fase de desoxigenação; C - início do platô; D - tempo necessário para atingir o platô; E - variação ou delta da $StO_2$ na oclusão; F- tempo de reoxigenação (T100); G – delta da reoxigenação; H – delta na hiperemia reativa. Fonte: adaptado de Paulino Geisel *et al*., 2022.

Os registros dos dados da NIRS durante o esforço podem ser divididos em duas fases: a fase de desoxigenação, que vai do início até o final do teste, e a fase de reoxigenação, que é após o final do teste (figura 4) (Paulino Geisel *et al*., 2022). Na DAP, durante os testes funcionais de caminhada, usualmente realizados em esteira, é descrito um padrão típico de comportamento da $StO_2$ tecidual, com rápida desoxigenação, atingindo níveis baixos de $StO_2$, que demonstra a isquemia tecidual induzida pelo esforço, resultante da redução do fluxo sanguíneo muscular e do desequilíbrio entre a oferta e consumo de oxigênio local (Boezeman *et al*., 2016; Jones *et al*., 2016; Manfredini *et al*., 2009b, 2012). Verifica-se essa desoxigenação durante o esforço, independentemente do valor de ITB, ou seja, da gravidade de obstrução arterial. Na fase de reoxigenação os valores de $HbO_2$, HHb e $StO_2$ retornam aos valores próximos aos basais. Na DAP**,** também é descrita desoxigenação mais acentuada e rápida no esforço e reoxigenação mais lenta, quando comparada a saudáveis. Além disso, a literatura indica que a velocidade de desoxigenação é um fator preditivo de comprometimento funcional (Boezeman *et al*., 2016; Jones *et al*., 2016; Manfredini *et al*., 2009b, 2012).

**Figura 4– Registros da saturação de oxigênio ($StO_2$) durante o teste em esteira**




A - Início do teste; B - o fim da fase 1; C - o início do platô; D – tempo até menor $StO_2$; E – delta da $StO_2$; F- tempo de reoxigenação (T100); G – delta reoxigenação; Tempo de resistência. Fonte: adaptado de Paulino Geisel *et al*., 2022.

Estudos sugerem que programas de exercícios supervisionados na DAP podem alterar os padrões de desoxigenação e reoxigenação teciduais após o treinamento (Cornelis *et al*., 2021). A primeira revisão sistemática sobre esse tema foi publicada em 2021 por Cornelis et a al, com achados referentes a 11 estudos, publicados entre 2009 e 2020, envolvendo um total de 666 participantes. Todos utilizaram a NIRS para verificar as mudanças da oxigenação periférica após a intervenção, através de um grupo de pacientes submetidos ao treino de exercício de caminhada supervisionada. Os grupos de comparação foram muito diversificados, incluindo cuidado médico usual (1), indivíduos submetidos a angioplastia (1), treino alternativo com uso de peso em membros inferiores (2), treino resistido (1), exercícios domiciliares (2), grupo com suplementação de nitrato (1), sem grupo controle (2) e grupo com atividade física guiada pela NIRS (1) (Cornelis *et al*., 2021).

Os principais achados desta revisão indicam que as medidas de $StO_2$ em repouso não apresentam mudanças após o treinamento com exercícios e nem com o tratamento por angioplastia. Isso pode sugerir que o fluxo sanguíneo em repouso é geralmente suficiente para a oxigenação muscular adequada, ocorrendo o desequilíbrio entre oferta e o consumo de oxigênio apenas durante o esforço, o que se assemelha à sintomatologia da CI (Cornelis *et al*., 2021). Dois estudos observaram um aumento no $mVO_2$ em repouso após o treinamento de caminhada em comparação com os cuidados usuais (Baker *et al*., 2017; Manfredini *et al*., 2012). Nenhum estudo observou mudanças na fase de reoxigenação tecidual após as manobras de oclusão arterial ou venosa no repouso (Cornelis *et al*., 2021).

Com relação às mudanças do comportamento da oxigenação muscular durante o teste em esteira, após o treinamento, os estudos verificaram que não ocorreram mudanças na variação ou delta da $StO_2$, ou seja, os indivíduos continuam apresentando o mesmo nível de desoxigenação no esforço, indicando isquemia semelhante. No entanto, o tempo até atingir a menor $StO_2$ aumenta, o que significa que eles conseguem caminhar por mais tempo antes que a desoxigenação máxima ocorra (Cornelis *et al*., 2021). Outro achado é que, mesmo sem mudanças no delta da desoxigenação, eles conseguiram sustentar a caminhada por mais tempo, com valores baixos de $StO_2$, refletindo um aumento do tempo de resistência à isquemia (Monteiro *et al*., 2019). Gardner *et al* (2014) verificaram que a diminuição de

velocidade da desoxigenação apresentou correlação significativa com a melhora do tempo máximo de caminhada, tanto em indivíduos submetidos ao programa de exercícios supervisionados como no programa domiciliar de exercícios (Gardner *et al*., 2014). Na fase de recuperação, após o final do teste, estudos descrevem uma tendência a uma reoxigenação mais rápida, com uma diminuição do tempo de retorno da $StO_2$ aos valores basais (Cornelis *et al*., 2021). Apenas o estudo de Bekitt *et al* (2012) verificaram resultados estatisticamente significativos (Beckitt *et al*., 2012). Estudos anteriores já descreveram que tempo de reoxigenação tem associação com a capacidade de caminhada na DAP, de forma que quanto mais rápida a reoxigenação, melhores os resultados funcionais (Gardner *et al*., 2008).

Estudos com uso da NIRS, para comparação dos resultados entre programas supervisionados e domiciliares de exercícios na DAP, ainda são escassos. Manfredini *et al* (2012) compararam os resultados da oxigenação tecidual após intervenção entre três grupos: programa estruturado de exercícios domiciliares, com prescrição de caminhada guiada pelo sintoma claudicante moderado, caminhada livre sem deflagar sintomas nas pernas e o grupo controle com indivíduos saudáveis (Manfredini *et al*., 2012). Eles verificaram melhora significativa, na perfusão muscular durante o esforço e na distância máxima caminhada, no grupo de exercícios estruturados. Foi descrito uma menor desoxigenação, evidenciada pela diminuição da área de $HbO_2$ no gráfico, associado a um aumento na distância máxima percorrida no teste de caminhada de 6 minutos de aproximadamente 30 metros (Manfredini *et al*., 2012).

Em um outro estudo, Gardner *et al* (2014) randomizaram 180 pacientes com DAP sintomática em três grupos: controle com exercícios leves de resistência muscular, programa de caminhada supervisionada e programa domiciliar de exercícios. O treinamento supervisionado era no formato convencional, com treino de caminhada em esteira guiado pelo sintoma claudicante leve a moderado, por 45 minutos, três vezes na semana por 12 semanas. O programa domiciliar de exercícios era estruturado, composto pelo mesmo tipo de treinamento que o presencial, três vezes na semana, por 45 minutos, com uso de um monitor externo para contagem de passos. O paciente retornava mensalmente para análise e ajuste do treino com um profissional de saúde. Eles verificaram aumento significativo no tempo de caminhada livre de dor e no tempo máximo do teste em esteira, nos dois grupos de intervenção,

sendo de 17, 170 e 104 segundos (p<0,001) e de 22, 192, 110 segundos (p<0,001) nos grupos controle, supervisionado e domiciliar respectivamente. O grupo supervisionado apresentou melhora mais expressiva no tempo de caminhada livre de dor do que o grupo domiciliar. No teste de caminhada de seis minutos, o grupo domiciliar apresentou aumento significativo (p=0,028) na distância percorrida (45 metros) em comparação com o grupo supervisionado (15 metros) e o controle (4 metros). Com relação às variáveis da NIRS, após o tratamento, eles verificaram melhora nos padrões de desoxigenação e reoxigenação teciduais em ambos os grupos de intervenção, em relação ao grupo controle, com aumento do tempo até a menor $StO_2$ (MD - 27, 142, 146 segundos - p<0,001) e redução do tempo de reoxigenação após o teste (MD- 4, 71, 76 segundos, p<0,001), nos grupos controle, supervisionado e domiciliar respectivamente (Gardner *et al*., 2014).

Os autores concluem que os dois programas de intervenção utilizados foram eficazes na melhora da capacidade funcional e na função microvascular de membros inferiores, avaliada pelo uso da NIRS. A melhora da função microvascular foi observada pelo aumento do tempo até a menor $StO_2$ no teste, indicando que a desoxigenação induzida pelo esforço foi menos pronunciada nos dois grupos de tratamento, como também pela reoxigenação mais rápida ao final do teste. Eles ressaltam que este é um possível mecanismo fisiológico para a melhora da capacidade de caminhada após o treinamento por exercícios na DAP(Gardner *et al*., 2014).

Cornelis *et al* (2022), em um estudo secundário do *PROSECO-IC (Determinants of PROgression after Supervised ExerCise training through techn*Ology *in patients with Intermittent Claudication),* avaliou os efeitos de um programa híbrido de caminhada na oxigenação muscular periférica, com o uso da NIRS (Cornelis *et al*., 2022). A intervenção consistiu na realização do treino de caminhada supervisionada, em esteira, uma vez na semana, e no treino de caminhada em solo no domicílio, duas vezes na semana, com uso de um relógio de monitoramento externo. O treino foi de caminhada intermitente, guiado pelo sintoma claudicante moderado, por cerca de 50 minutos. Nas sessões presenciais eram realizados orientações, monitoramento e feedback, permitindo um aumento objetivo e progressivo no volume e na intensidade do treino realizado em casa. Foram realizados testes máximos e submáximos em esteira e o teste de caminhada de seis minutos antes e após 12 semanas de

intervenção. Foi verificado aumento significativo na distância máxima percorrida (156 metros, p<0,001) e na distância percorrida livre de dor (121 metros, p<0,001) pelo teste máximo na esteira. Nos outros testes foram verificados um aumento da capacidade de caminhada livre de dor (1 Km/h, p = 0,005) no teste submáximo em esteira e um aumento da distância (18 metros, p<0,001) no teste de caminhada de seis minutos. Com relação às variáveis da NIRS, no teste submáximo foi verificado uma tendência a menor variação da $HbO_2$ (p=0,04) e HHb (p=0,06), avaliada pela área sob a curva referente ao mesmo período do teste, indicando uma melhora na utilização do oxigênio no esforço submáximo após o treinamento. No teste máximo em esteira, foi verificado aumento do tempo até a menor $StO_2$ (38 segundos, p<0,001) e reoxigenação mais rápida (26 segundos, p=0,045). Os autores também concluem que a melhora dos padrões de desoxigenação e reoxigenação teciduais após a intervenção por exercícios híbridos, podem sugerir adaptações teciduais locais ao esforço, que possibilitam a melhora da relação entre a oferta e consumo de oxigênio muscular na DAP, entre elas a melhora da função microvascular com aumento do fornecimento de oxigênio durante o exercício, maior eficiência na utilização do oxigênio, melhora da função mitocondrial e melhora da função endotelial (Cornelis *et al.*, 2022).

## 3 JUSTIFICATIVA

A instituição de programas de reabilitação é de extrema importância para o tratamento de doenças cardiovasculares, incluindo a DAP, com o objetivo de melhora dos sintomas, da mobilidade, da funcionalidade, da inserção social, da capacidade cardiorrespiratória e para mudança de hábitos de vida saudáveis.

Infelizmente, no contexto mundial e principalmente em países de baixa e média renda esta realidade está longe de ser alcançada, especialmente por barreiras financeiras, individuais e coletivas. Torna-se necessário pensar em alternativas que favoreçam o acesso da população ao tratamento, seja através do investimento em novos centros de reabilitação ou de desenvolver estratégias eficazes, mas que sejam ao mesmo tempo flexíveis e que possam atender às necessidades da população.

Neste sentido, programas de exercícios domiciliares podem ser uma alternativa promissora no tratamento de indivíduos com DAP claudicantes. Os estudos existentes ainda são controversos em relação à sua efetividade, como também quanto ao melhor formato e estrutura de abordagem. Dessa forma, faz-se necessário o desenvolvimento de mais estudos de intervenção a esse respeito, no intuito de verificar o impacto na capacidade de caminhada em indivíduos com DAP e seus efeitos à nível tecidual periférico.

# 4 OBJETIVOS

## 4.1 Objetivos gerais

- Investigar os efeitos de um programa domiciliar de exercícios (PDE) em indivíduos com DAP claudicantes, em relação a oxigenação muscular periférica e capacidade funcional, comparado ao programa de reabilitação presencial ambulatorial (PRPA).
- Avaliar o comportamento da oxigenação muscular periférica na DAP com o uso do *Incremental Shuttle Walking Test (ISWT)*.

## 4.2 Objetivos específicos

- Verificar e comparar os efeitos da reabilitação no comportamento da oxigenação muscular periférica de tríceps sural, em repouso, no teste em esteira e no teste incremental em solo (ISWT), nos dois protocolos instituídos, PDE e PRPA.
- Investigar se houve melhora da capacidade funcional no grupo PDE, após a intervenção, em comparação com o PRPA.
- Verificar e comparar as mudanças na oxigenação muscular periférica em relação à responsividade da capacidade funcional após as intervenções.

## 5 HIPÓTESE

O PDE terá efeito similar ao PRPA convencional na resposta da oxigenação muscular periférica no esforço e capacidade funcional em indivíduos com DAP claudicantes, após a reabilitação.

## 6 MÉTODOS E RESULTADOS

6.1 Artigo 1

https://doi.org/10.1038/s41598-024-84662-z

www.nature.com/scientificreports

scientific reports

Check for updates

OPEN

# Incremental shuttle walking test for calf muscle oxygenation assessment in peripheral arterial disease: a cross-sectional study

Patrícia Paulino Geisel[1], Isabella de Oliveira Nascimento[1], Marina Mendonça Gonçalves Machado[2], Raimundo Lucas Gomes Mateus dos Santos[2], Bruno Rafael Nézio Gomes[2], Gisela Maria Pontes Przybysz[1], Isabel de Figueiredo Magalhães Pereira[3] & Danielle Aparecida Gomes Pereira[1,2]✉

**People with peripheral arterial disease (PAD) and intermittent claudication (IC) experience impaired walking due to an imbalance between muscle oxygen supply and demand during exercise. Studies with near-infrared spectroscopy (NIRS) during treadmill tests reveal notable tissue deoxygenation with slow recovery. This cross-sectional study aimed to compare behavior of calf muscle oxygenation during the incremental shuttle walking test (ISWT) with a continuous treadmill test (3.2 km/h, 10% incline) and to correlate NIRS results between tests in PAD patients. Sixty individuals with IC, 37 men (61.7%), mean age 66.25 ± 10.35 years participated in the study. Both tests were performed on the same day with a 30-minute rest, in randomized order. NIRS-derived calf muscle tissue oxygenation variables were measured at rest and during exercise. Typical PAD tissue oxygenation patterns were observed in both tests, with significant differences ($p < 0.05$) in oxygenation values during exercise for the variables delta of tissue oxygen saturation ($\Delta StO_2$) and reoxygenation rates. All tissue oxygenation variables analyzed, except reoxygenation rate, showed a significant and directly proportional correlation between the two tests. These results suggest that NIRS during ISWT could be a viable method for assessing tissue oxygenation in PAD.**

**Keywords** Peripheral arterial disease, Intermittent claudication, Incremental shuttle walking test, Near infrared spectroscopy, Tissue oxygenation, Calf muscle tissue oxygenation

Peripheral arterial disease (PAD) is a cardiovascular disease defined by the narrowing and progressive obstruction of the arterial lumen, mainly in the lower limbs, of atherosclerotic origin[1–3]. Reduced muscle blood flow can lead to intermittent claudication (IC), a typical symptom of PAD that occurs in approximately 10–30% of cases and reflects the imbalance between muscular oxygen supply and consumption during walking[4,5]. IC directly impairs walking ability and reduces functional capacity and health-related quality of life[5–7]. Individuals avoid physical activity and become sedentary, with increased cardiovascular risk[8].

Chronic muscle ischemia associated with physical inactivity can lead to peripheral myopathy with changes in muscle morphology and metabolism, such as muscle fiber type shift, reduced capillary density, and mitochondrial dysfunction[9,10]. In addition, increased blood viscosity and local endothelial dysfunction further compromise optimal oxygen delivery[5,9]. Therefore, the decline in exercise capacity in PAD results from vascular insufficiency and reduced ability to utilize delivered oxygen[11]. In this sense, studies have used near-infrared spectroscopy (NIRS) to understand the local mechanisms involved in the decline of exercise capacity in PAD. NIRS allows the assessment of tissue perfusion and metabolism at rest and during functional testing by analyzing the behavior of muscle tissue oxygenation[12–16]. Previous studies show a typical pattern in PAD, with resting oxygenation levels like healthy individuals, rapid tissue deoxygenation during exercise, reaching low oxygenation levels, and

[1]Graduate Program in Rehabilitation Sciences, Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte CEP 31270-901, MG, Brazil. [2]Department of Physical Therapy, Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte CEP 31270-901, MG, Brazil. [3]Vascular Surgery, Hospital das Clínicas EBSERH/UFMG, Avenida Professor Alfredo Balena, 110 - Santa Efigênia, Belo Horizonte CEP 30130-100, MG, Brazil. ✉email: danielleufmg@gmail.com

slow reoxygenation[13,16–18]. These findings demonstrate exercise-induced muscle ischemia resulting from the imbalance between supply and consumption of local oxygen[12,13].

Functional testing using NIRS is performed frequently on a treadmill, with constant load protocols or graded exercise testing[11,13,16]. The objective is to verify the distance walked until the maximum pain symptom while recording the behavior of tissue oxygenation. Despite their widespread use, treadmill tests may have limitations. Some patients are unable or unwilling to perform a treadmill test, especially the elderly, due to a lack of familiarity with the method, balance impairment, the presence of other comorbidities that limit walking ability, and those with greater clinical severity[11,19,20]. The test may be interrupted by another symptom other than lower limb IC. Furthermore, walking on a treadmill may not be correlated with walking ability in daily life[20–24]. Especially in intervention studies comparing different treatment modalities, such as home-based exercise, treadmill testing may overestimate the results of one group[22,23].

In this sense, field walking tests, such as the six-minute walk test (6MWT) and the incremental walk test (ISWT), may be an alternative[19–22]. Both can be used to assess functional capacity in PAD[19]. Although the 6MWT is more widely used in the evaluation, it also has some limitations in execution, such as the requirement of a 30-meter corridor[25], which is not feasible in every clinical setting[19]. In addition, the test speed is continuous and self-selected, which may create a ceiling effect in this population, limiting the assessment of responses to interventions[22,23]. Because of its incremental nature, the ISWT may be more effective than the 6MWT in producing the maximum limping symptom and thus in assessing ambulatory limitation in PAD[19]. In a study conducted in the Brazilian population, the ISWT was a valid and reliable test for assessing functional capacity in PAD[26]. The ISWT may have limitations when used to evaluate the ability to walk for a long time or long distances at a constant speed[20].

NIRS was used in field walking tests. The 6MWT was used in in interventional research evaluating the effect of a hybrid exercise program on PAD[27]. In this study, there was an increase in walking distance in both the treadmill test and the 6MWT, along with an improvement in muscle oxygenation measurements[27]. The ISWT can also be considered an alternative or complementary test to the treadmill test to assess functional capacity in PAD, especially in relation to the ability to walk on the ground[19,20]. However, there are no studies that simultaneously evaluated muscle oxygenation during the ISWT. Therefore, this study aimed to compare the behavior of calf muscle oxygenation during the ISWT with the treadmill test and correlate the results of NIRS variables during both tests in individuals with PAD. We hypothesize that tissue oxygenation has similar behavior during effort in both tests, enabling the use of ISWT for this purpose.

## Methods

### Study design and setting

This is a cross-sectional study conducted at the Cardiovascular Rehabilitation Outpatient Clinic of the Federal University of Minas Gerais (UFMG), in Belo Horizonte, Brazil.

The data were derived from baseline evaluation of two clinical trials carried out by the same research team, duly registered and approved by the Research Ethics Committee of the Federal University of Minas Gerais (CAAE 51274515.4.0000.5149 and CAAE 51042621.5.0000.5149), with the same evaluation protocol[28,29]. Data was collected between February 2016 and March 2017, January 2023 and July 2024. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki. All participants signed a Free and Informed Consent Form.

### Participants

Patients with PAD were recruited from the vascular surgery service of the university hospital. Inclusion criteria were a resting ABI of $<0.9$, complaint of IC, no ischemic symptoms at rest, stable clinical condition, ability to perform both treadmill and ISWT tests. Subjects with other comorbidities were excluded, such as orthopedic and respiratory conditions that may limit exercise capacity, and those with cognitive deficits and/or difficulty understanding the procedures[28,29]. Subjects were also excluded if the NIRS recording was lost, either due to technical problems or internet failure.

### Procedures

The physical assessments and data collection were performed by a team of three researchers specializing in cardiovascular physiotherapy, who were specifically trained to perform the assessment protocol, functional testing, and evaluation using NIRS.

The assessment began with an interview and physical examination, including measurement of blood pressure, heart rate, peripheral oxygen saturation, capillary blood glucose (in diabetics), triceps surae plycometry, and weight and height. Study participants underwent both tests, along with NIRS, on the same day, in a randomized order, with a thirty-minute rest period in between, and after oxygenation levels had returned to baseline.

### Near-infrared spectroscopy

NIRS measurements were collected using the portable continuous wave system (PortaMon, Artinis Medical Systems, The Netherlands), which has two channels for light emission at wavelengths of 760 and 850 nm and a receiver channel. After testing, the NIRS data were analyzed using Oxysoft software (Artinis Medical Systems)[30]. The data were exported to an MS Excel spreadsheet using a 1-second moving average filter with a downsampling factor of 100, i.e., one measurement every 10 s. The NIRS variables were collected according to a standardized manual developed by the research group based on the manufacturer's manual[30]. The values of the variables and their variations were obtained from the Excel spreadsheet generated after the tests. Other data extracted from the graphs were analyzed by the software using the calculate function.

The NIRS sensor was positioned with the participant resting in the supine position, in the medial portion of the gastrocnemius muscle of the most affected leg, at the level of the largest circumference, with plastic film and

an elastic dark band[28,31]. The evaluator performed trichotomy if necessary. The baseline values of oxyhemoglobin ($HbO_2$), deoxyhemoglobin (HHb) and tissue oxygen saturation ($StO_2$) were obtained after two minutes of stabilization of the curves, considering for the analysis the average values of the 30 s prior to the tests[28,29]. $StO_2$ is defined as [$HbO_2$/ ($HbO_2$ + HHb)] x100 and was used as a primary parameter in this study[16].

Before starting the tests, initial NIRS data on tissue oxygenation were collected in a standing position. During both tests, tissue deoxygenation and reoxygenation curves were verified. According to the typical pattern of tissue oxygenation assessed by NIRS during the treadmill test[13,16], the following variables were established for comparison between the two tests: initial $StO_2$ (average of the final 30 s of pre-test rest), minimum $StO_2$ value during the test before the plateau ($StO_2$ min), delta $StO_2$ ($\Delta StO_2$ - %), time to minimum $StO_2$ (TTM) in seconds, deoxygenation rate ($\Delta StO_2$/TTM), test average saturation ($AVGStO_2$), recovery time to initial values in seconds (T100) and reoxygenation rate ($\Delta StO_2$/T100). The time of deoxygenation and reoxygenation rates were converted per minute.

### Incremental shuttle walking test (ISWT)

The ISWT is a field walking test, demarcated by two cones 10 m apart. The subject has to go back and forth, going around the cones, following an external sound signal, which controls the speed of the test. It consists of 12 stages, 1 per minute. The speed of the first stage is 30 m per minute (m/min) increases by 10 m/min at each stage[32]. It is considered valid and reliable for evaluating the functional capacity of individuals with PAD[26].

After monitoring vital data, the subjects were instructed to start walking towards the opposite cone, after hearing the first sound signal. If patients arrived before the next sound, they were required to wait for it before walking back. They were instructed to maintain an adequate speed so as not to miss the next cone[32]. The test was interrupted due to maximum leg pain, consecutive loss of two cones, or reaching the heart rate defined for the test (85% of age-predicted maximum heart rate)[28,29]. The variables of total test time (TT) and total distance (TD) covered were recorded.

### Treadmill test

The treadmill test carried out was constant-load, with a fixed speed of 3.2 km/h and an inclination of 10% [11,33]. A 1-minute warm-up was performed, with a gradual increase in speed and inclination. The initial speed was 1.4 km/h, with an increase of 0.6 km/h every 18 s, followed by adjustment of the inclination until it reached 10% at the end of the first minute of the test. The participants were instructed to walk as much as possible until reaching the maximum claudication symptoms. The test was interrupted due to maximum leg pain, reaching 85% of the age-predicted maximum heart rate[28,29]. Oxygenation data were recorded by NIRS throughout the test, including the warm-up period. The total test time (TT) and total distance (TD) covered were recorded.

### Sample size calculation

The sample size calculated by GPower 3.1.9.7 was 60 subjects, considering an arbitrary minimum correlation of 0.35 for a power of 80% and an alpha of 5%[34]. A conservative value of 0.35 was defined to avoid generating a limited sample size and to have sufficient power to prove the associations made in this study[34]. Additionally, a posteriori sample size calculation for the comparative analyses between ISWT and treadmill test from an arbitrary conservative effect size of 0.4 for the same power and alpha values was 54 subjects[34]. Then, the minimum sample required was 60.

### Statistical analysis

Data normality was analyzed using the Shapiro-Wilk test. Descriptive data of sample characterization are reported as mean ± standard deviation. Treadmill test and NIRS data are reported as median and interquartile range. Comparisons between tests was performed by Wilcoxon Test. The Spearman's Correlation Coefficient contrasted oxygenation data collected by NIRS in the ISWT and the treadmill test to test the validity of the measurement. An alpha of 5% was set for statistical significance.

## Results

### Sample characterization and test results

Of the 72 subjects referred by the vascular surgery service, four were not clinically stable, three were unable to walk on the treadmill, and 65 were eligible for the study. Of the 65, three were excluded because of inconsistencies in the NIRS data due to registration problems. Two were considered outliers due to an anomalous NIRS response and were excluded from the analysis. Therefore, the remaining 60 participants were included in the study. Of these 37 (61.7%) were men, with a mean age of 66.25 ± 10.35 years, body mass index of 27.08 ± 5.03 kg/m$^2$, right ABI 0.66 ± 0.18, left ABI 0.64 ± 0.17. Regarding comorbidities, the majority had hypertension 51 (85%), 20 (33.3%) had diabetes and 20 (33.3%) had coronary artery disease. About smoking, 17 (28.3%) were active smokers, 36 (60%) were ex-smokers and 7 (11.7%) had never smoked.

The median total distance walked was 126.47 (83.80-226.17) meters in the treadmill test and 210 (177.50-272.50) in the ISWT.

### Tissue oxygenation: NIRS variables

The graph of $StO_2$ during effort in treadmill and ISWT tests for most participants is shown in Fig. 1. In both tests, the graph shows a rapid drop in tissue $StO_2$ after the beginning of the test, with recovery to initial values after the end. This pattern of oxygenation behavior during exercise was seen in 53 of the 60 participants, or approximately 88% of the sample. The remaining 7 showed a linear decline in oxygenation, reaching a minimum at the end of the test.

The results of the tissue oxygenation variables from both tests are reported in Table 1.

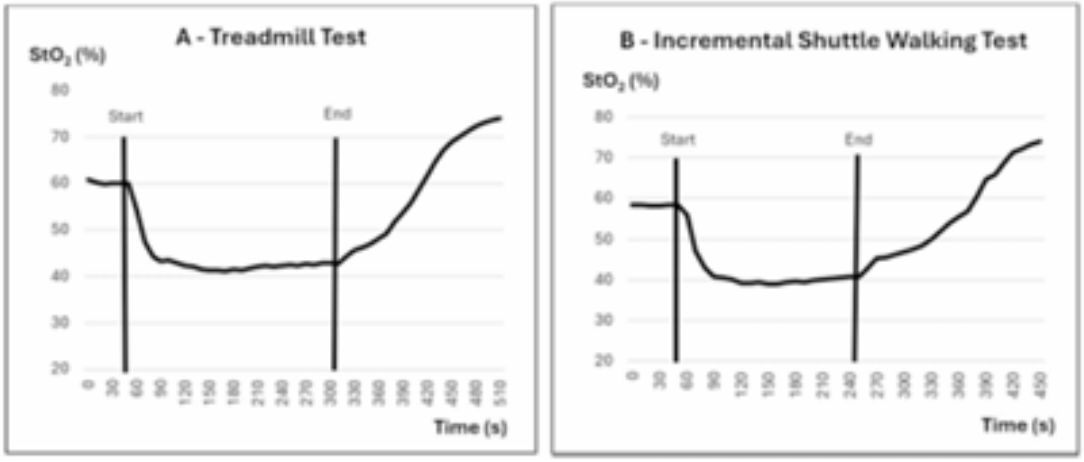



**Fig. 1**. $StO_2$ graph during treadmill and ISWT test. Images of a study subject tests. Own collection. (**A**) $StO_2$ behavior during the treadmill test. (**B**) $StO_2$ behavior during ISWT. The first perpendicular line indicates the beginning of the test and the second the end of the test.

| NIRS variables | Treadmill test | ISWT | *p* value Wilcoxon | rho* | *p* value correlation |
|---|---|---|---|---|---|
| Initial $StO_2$ (%) | 67.76 (63.63–70.55) | 67.27 (63.23–78.66) | 0.39 | 0.76 | <0.0001 |
| $StO_2$ min (%) | 48.17 (42.81–54.48) | 50.85 (37.97–75.57) | 0.05 | 0.83 | <0.0001 |
| $\Delta StO_2$ (%) | 16.74 (10.22–22.76) | 15.23 (9.30–20.14) | 0.02 | 0.72 | <0.0001 |
| TTM (s) | 58.85 (49.42–73.92) | 50.85 (37.97–75.57) | 0.59 | 0.33 | 0.01 |
| Deoxygenation rate— $\Delta StO_2$/TTM (m) | 16.35 (9.88–24.68) | 13.60 (8.00–23.18) | 0.09 | 0.53 | <0.0001 |
| $AVGStO_2$ (%) | 54.83 (46.77–59.22) | 53.61 (46.07–58.87) | 0.18 | 0.71 | <0.0001 |
| Recovery time—T100 (s) | 126.60 (88.75–197.62) | 140.05 (90.57–210.42) | 0.79 | 0.54 | <0.0001 |
| Reoxygenation Rate—$\Delta StO_2$/T100(m) | 6.97 (4.51–11.32) | 5.53 (4.34–9.41) | 0.04 | 0.42 | 0.032 |

**Table 1**. NIRS variables in the treadmill test and ISWT, comparison and correlation between tests ($n = 60$). Data presented as median (interquartile range); * Spearman correlation coefficient; $StO_2$ min: minimum $StO_2$ value; $\Delta StO_2$: delta $StO_2$; TTM: time to minimum $StO_2$; s: seconds; m: minute; $AVGStO_2$: average saturation; T100: recovery time.

The minimum $StO_2$ value and $\Delta StO_2$ achieved during effort were significantly correlated in both tests, as shown in Fig. 2.

## Discussion

From this study, we verified that the behavior of calf muscle tissue oxygenation of individuals with PAD was not similar in the two tests analyzed, considering the delta of tissue deoxygenation during exercise and post-exercise reoxygenation rate. The tests start with similar saturation values at baseline. In the treadmill test, there was a greater decrease in $StO_2$, about 1.51%. Despite this difference, we observed similar values for the average saturation during the tests (AVGStO2), in the time to minimum $StO_2$ and the deoxygenation rate. The reoxygenation rate was faster after the treadmill test, although there were no differences in reoxygenation time (T100). Apart from the reoxygenation rate, all deoxygenation and reoxygenation variables used in this study to compare tissue oxygenation patterns between the two tests showed a significant and directly proportional correlation, demonstrating behavior in the same direction[34].

Based on the results described above, the treadmill test, although continuous, probably imposed a higher exercise intensity earlier, resulting in greater deoxygenation. From the first minute, the speed is already 3.2 KM/h with a 10% incline. In ISWT, there is a progressive increase in intensity by increasing the walking speed every minute. It starts at a speed of 30 m/min, or 1.8 km/h, with an increase of 10 m for each minute of the test. Thus, after about three minutes of testing, the speed of the ISWT was equal to that of the treadmill. This fact may partially explain the significant difference found in the $\Delta StO_2$ between tests.

It is worth noting that the NIRS recorded graphs may show small fluctuations in values. The resting $HbO_2$ and HHb graphic signals show a synchronous pattern of cardiac pulsation[12]. This reflects a variation in values

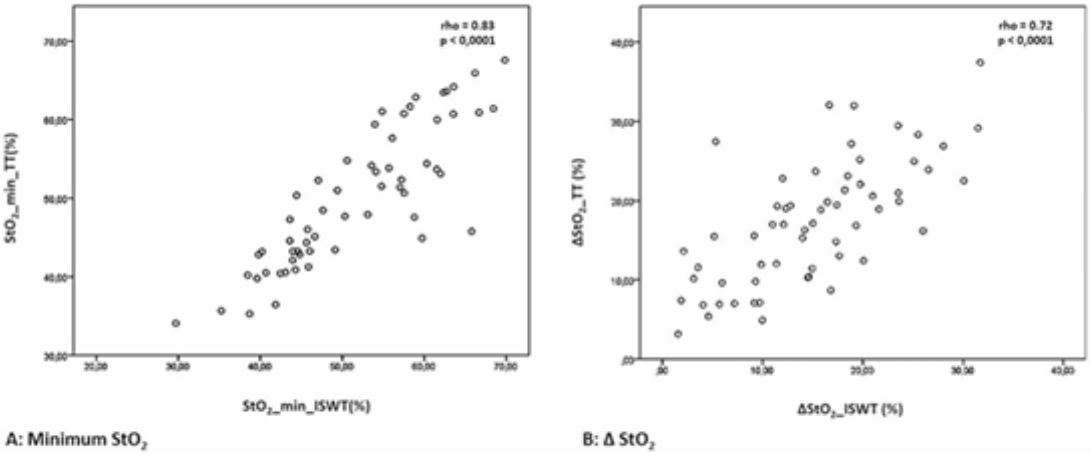



**Fig. 2**. Scatter plots of minimum $StO_2$ (**A**) and $\Delta StO_2$ (**B**) between treadmill test and ISWT ($n = 60$). $StO_2$_min_ISWT: minimum $StO_2$ value in the ISWT; $StO_2$_min_TT: minimum $StO_2$ value in the treadmill test; $\Delta StO_2$_ISWT: delta $StO_2$ in the ISWT; $\Delta StO_2$_TT: delta $StO_2$ in the treadmill test.

of less than 0.5 μM[12]. Although the $StO_2$ recording is considered more stable, without large variations in the amplitude of the wave, small variations can be detected by body movement or muscle contraction[12] without reflecting a behavioral tendency. This fact can be seen in published graphs[35,36]. Furthermore studies comparing differences in $StO_2$ between individuals with PAD and healthy individuals describe a difference in delta of more than 20% of $StO_2$ during exercise[13,37,38]. Therefore, it is feasible to consider the delta difference between the tests (1.51%) is not clinically relevant, despite the statistical difference.

Furthermore, the other variables that also reflect tissue deoxygenation, AVGStO2 and deoxygenation rate, did not show a significant difference between the tests and also showed a good correlation coefficient[34]. This fact shows that the ISWT, being an incremental field test, may lead to tissue deoxygenation behavior similar to the conventionally used treadmill test. The deoxygenation rate indicates the speed at which tissue $StO_2$ falls during effort[13,16]. It can be quantified by the downward slope of the $StO_2$ graph, also referred to as slope 1 in some studies[13,14,28]. In this study it was expressed as a percentage per minute and was calculated considering the time to minimum $StO_2$ when there is stabilization of the minimum $StO_2$ values during effort[28]. Studies using NIRS show that individuals with IC experience greater and faster calf muscle deoxygenation during exercise than healthy individuals[13,17,18]. This is due to an imbalance between oxygen delivery and consumption, with a decrease in oxygen delivery relative to muscle demand during walking[13,16,31].

The average tissue oxygenation values throughout the test, represented by the variable $AVGStO_2$ showed no significant difference between the tests, with a strong correlation. This may indicate that the same level of deoxygenation occurs during exercise in both the treadmill test and the ISWT and that this level is maintained throughout the test. This reflects the ability of ISWT to impose an intensity in the assessment of walking capacity, an important characteristic in the assessment of individuals with PAD[20]. In this sense, the ISWT can induce maximal claudication pain[19] and is considered an important tool to evaluate the maximum distance walked in PAD patients in order not to underestimate the ability to walk[19,20,26].

Deoxygenation time, represented by the variable TTM, showed a weak correlation between tests. The difference in the initial load increment between the two tests may explain this result. The ISWT starts at a low speed, with a progressive increase in effort every 1 min[32]. The treadmill test reaches maximum speed and inclines in the first minute of test[28,29]. Even so, in both tests, the lowest saturation was reached in less than 1 min and with a difference time of 8 s, on average, what we can consider not clinically important.

Regarding the tissue reoxygenation variables, the reoxygenation rate was not similar and did not show a significant correlation between tests. It indicates the speed of tissue reoxygenation after exercise. There was a faster recovery of tissue oxygenation after the treadmill test. Oxygenation recovery time to baseline (T100) was similar between tests and showed a moderate correlation. After a period of deoxygenation during exercise, individuals with PAD experience a return of oxygenation to baseline or above baseline with reactive hyperemia[13,16]. These variables indicate the capacity for tissue revascularization after an ischemic period, may reflect tissue reperfusion, and provide data on vascular reactivity and endothelial function[12,14]. PAD reoxygenation curves are generally longer in patients with intermittent claudication compared to healthy controls[12,13].

All these findings describing the pattern of tissue oxygenation behavior during exercise in PAD can be visualized in the NIRS graph, as shown in Fig. 1. There is a sharp drop in $StO_2$ at the beginning of the exercise in both the treadmill test and the ISWT. Oxygenation remained at lower levels throughout the test and returned to baseline during the recovery period at the end of the test. This is the typical pattern of muscle oxygenation during exercise in PAD that has been extensively discussed in literature[13,16,31]. In this study we verified this typical pattern of deoxygenation in 88% of cases.

The present study had some limitations. Participants were recruited from a single vascular surgery service at a university hospital. Most patients had significant walking limitations due to IC, with a reduction in the maximum walking distance, an average of 126 m in the treadmill test. Therefore, the results of this study are directed to individuals with PAD and CI with significant walking limitations, and generalization to other populations should be done with caution. Another limitation may be the smaller number of female participants, which limited the analysis between genders[39]. Another point to emphasize is using two tests with distinct characteristics, one with constant velocity and another incremental field test. However, despite this difference, tissue deoxygenation in PAD during exercise has been described in previous studies with the same pattern of behavior, regardless of whether the treadmill test performed is constant or incremental[13,15,16,28,31].

Therefore, in this study, we demonstrated that it is possible to assess tissue oxygenation in individuals with PAD during an incremental walking test, the ISWT. It was possible to detect tissue deoxygenation during exercise and reoxygenation during recovery. The ISWT was not comparable to the treadmill test considering $\Delta StO_2$ and reoxygenation rate values. However, it proved efficient in imposing an intensity in the walking test that induces an ischemic response in the same way as the conventional treadmill test. This is important because it opens a new possibility in the evaluation of individuals with PAD, especially in cases where the goal is to evaluate tissue oxygenation in situations closer to everyday life. Future studies should be developed to verify whether the use of NIRS during ISWT is valid for detecting changes in tissue oxygenation after intervention.

## Data availability

The datasets generated during and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Received: 10 July 2024; Accepted: 25 December 2024
Published online: 02 January 2025

## References

1. Gerhard-Herman, M. D. et al. 2016 AHA/ACC guideline on the management of patients with lower extremity peripheral artery disease: A report of the American college of cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* **135**, e726–e779. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000471 (2017).
2. Norgren, L. et al. Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II). *J. Vasc. Surg.* **45**. https://doi.org/10.1016/j.jvs.2006.12.037 (2007).
3. Hirsch, A. T. et al. ACC/AHA 2005 practice guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (Lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic). *Circulation* **113**, e463–e654. https://doi.org/10.1161/Circulationaha.106.174526 (2006).
4. Fowkes, F. G. R. et al. Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: a systematic review and analysis. *Lancet* **382**, 1329–1340 (2013).
5. Hamburg, N. M. & Creager, M. A. Pathophysiology of intermittent claudication in peripheral artery disease. Circ. J. **81** 281–289 Preprint at (2017). https://doi.org/10.1253/circj.CJ-16-1286
6. McDermott, M. M. Exercise rehabilitation for peripheral artery disease. *J. Cardiopulm. Rehabilit. Prev.* **38**, 63–69. https://doi.org/10.1097/HCR.0000000000000343 (2018).
7. McDermott, M. M. G. et al. Functional decline in peripheral arterial disease: Associations with the ankle brachial index and leg symptoms. *JAMA* **292**, 453–461 (2004).
8. Peñín-Grandes, S. et al. Winners do what they fear: Exercise and peripheral arterial disease—An umbrella review. *Eur. J. Prev. Cardiol.* **31**, 380–388 (2024).
9. Muller, M. D., Reed, A. B. & Leuenberger, U. A. Sinoway, L. I. Physiology in medicine: Peripheral arterial disease. *J. Appl. Physiol.* **115**, 1219–1226 (2013).
10. Harwood, A. E., Cayton, T., Sarvanandan, R., Lane, R. & Chetter, I. A review of the potential local mechanisms by which exercise improves functional outcomes in intermittent claudication. *Ann. Vasc. Surg.* **30**, 312–320 (2016).
11. Mazzolai, L. et al. Exercise therapy for chronic symptomatic peripheral artery disease. *Eur. Heart J.* **45**, 1303–1321 (2024).
12. Jones, S., Chiesa, S. T., Chaturvedi, N. & Hughes, A. D. Recent developments in near-infrared spectroscopy (NIRS) for the assessment of local skeletal muscle microvascular function and capacity to utilise oxygen. *Artery Res.* **16**, 25–33. https://doi.org/10.1016/j.artres.2016.09.001 (2016).
13. Boezeman, R. P. E., Moll, F. L., Ünlü, Ç. & de Vries, J. P. P. M. Systematic review of clinical applications of monitoring muscle tissue oxygenation with near-infrared spectroscopy in vascular disease. *Microvasc. Res.* **104**, 11–22. https://doi.org/10.1016/j.mvr.2015.11.004 (2016).
14. McLay, K. M. et al. Vascular responsiveness determined by near-infrared spectroscopy measures of oxygen saturation. *Exp. Physiol.* **101**, 34–40 (2016).
15. Manfredini, F. et al. Biomarkers of muscle metabolism in peripheral artery disease: A dynamic NIRS-assisted study to detect adaptations following revascularization and exercise training. *Diagnostics* **10** (2020).
16. Cornelis, N. et al. The use of near infrared spectroscopy to evaluate the effect of exercise on peripheral muscle oxygenation in patients with lower extremity artery disease: A systematic review. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* **61**, 837–847. https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2021.02.008 (2021).
17. Gardner, A. W. et al. Calf muscle hemoglobin oxygen saturation characteristics and exercise performance in patients with intermittent claudication. *J. Vasc. Surg.* **48**, 644–649 (2008).
18. Fuglestad, M. A. et al. A low-cost, wireless near-infrared spectroscopy device detects the presence of lower extremity atherosclerosis as measured by computed tomographic angiography and characterizes walking impairment in peripheral artery disease. *J. Vasc. Surg.* **71**, 946–957 (2020).
19. Dixit, S., Chakravarthy, K., Reddy, R. & Tedla, J. Comparison of two walk tests in determining the claudication distance in patients suffering from peripheral arterial occlusive disease. *Adv. Biomed. Res.* **4**, 123 (2015).
20. Zwierska, I. et al. Treadmill versus shuttle walk tests of walking ability in intermittent claudication. *Med. Sci. Sports Exerc.* **36**, 1835–1840 (2004).
21. Lane, R., Harwood, A., Watson, L. & Leng, G. C. Exercise for intermittent claudication. *Cochrane Database Syst. Rev.* **2017**. https://doi.org/10.1002/14651858.CD000990.pub4 (2017).
22. Jansen, S. C. P. et al. Modes of exercise training for intermittent claudication. *Cochrane Database Syst. Rev* **2020**. https://doi.org/10.1002/14651858.CD009638.pub3 (2020).

23. Hageman, D., Fokkenrood, H. J. P., Gommans, L. N. M., van den Houten, M. M. L. & Teijink, J. A. W. Supervised exercise therapy versus home-based exercise therapy versus walking advice for intermittent claudication. *Cochrane Database Syst. Rev.* **2018**. https://doi.org/10.1002/14651858.CD005263.pub4 (2018).
24. Gommans, L. N. M. et al. Minimal correlation between physical exercise capacity and daily activity in patients with intermittent claudication. *J. Vasc. Surg.* **63**, 983–989 (2016).
25. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: Guidelines for the six-minute walk test. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* **166**, 111–117 (2002).
26. Cunha-Filho, T. D., Danielle, I. & Gomes Pereira, A. I. Reliability of walking tests in claudicating patients: A pilot study. *II Phys. Ther. Spec. III Angiol. IV Phys. Ther. Corresp. J. Vasc. Bras.* **7** (2008).
27. Cornelis, N. et al. Near infrared spectroscopy to evaluate the effect of a hybrid exercise programme on peripheral muscle metabolism in patients with intermittent claudication: an exploratory PROSECO-IC sub study. *J. Sports Sci.* **40**, 1031–1041 (2022).
28. Monteiro, D. P., Ribeiro-Samora, G. A., Britto, R. R. & Pereira, D. A. G. Effects of modified aerobic training on muscle metabolism in individuals with peripheral arterial disease: A randomized clinical trial. *Sci. Rep.* **9** (2019).
29. de Nascimento, O. I. et al. Comparison of home-based rehabilitation and a centre-based exercise in terms of functional capacity, muscle oxygenation and quality of life in people with peripheral arterial disease: A protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open* **14** (2024).
30. Walburg, S. Optical Imaging Made Easy PortaMon—User Manual PortaMon Artinis Medical Systems BV.
31. Manfredini, F. et al. A dynamic objective evaluation of peripheral arterial disease by near-infrared spectroscopy. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* **38**, 441–448 (2009).
32. Singh, S. J., Morgan, M. D. L., Scott, S., Walters, D. & Hardman, A. E. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax* **47** (1992).
33. Labs, K. H., Jaeger, K. A., Nehler, M. R., Roessner, M. & Hiatt, W. R. Reliability of treadmill testing in peripheral arterial disease: A comparison of a constant load with a graded load treadmill protocol. *Vasc. Med.* **4**, 239–246 (1999).
34. Portney, L. & Gross *Foundations of Clinical Research: Applications to Evidence-Based Practice* (F.A. Davis Company, 2020).
35. Mesquita, R. C. et al. Diffuse optical characterization of an exercising patient group with peripheral artery disease. *J. Biomed. Opt.* **18**, 057007 (2013).
36. Beckitt, T. A., Day, J., Morgan, M. & Lamont, P. M. Calf muscle oxygen saturation and the effects of supervised exercise training for intermittent claudication. *J. Vasc. Surg.* **56**, 470–475 (2012).
37. Comerota, A. J., Throm, R. C., Kelly, P. & Jaff, M. Tissue (muscle) oxygen saturation ($StO_2$): A new measure of symptomatic lower-extremity arterial disease. *J. Vasc. Surg.* **38**, 724–729 (2003).
38. Barstow, T. J. Understanding near infrared spectroscopy and its application to skeletal muscle research. *Rev. Cores Reproducibility Physiol. J. Appl. Physiol.* **126**, 1360–1376 (2019).
39. Kao, W. L. & Sun, C. W. Gender-related effect in oxygenation dynamics by using far-infrared intervention with near-infrared spectroscopy measurement: A gender differences controlled trial. *PLoS ONE* **10** (2015).



## Acknowledgements
This study received financial support from Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq/MCTI/FNDCT no 18/2021–UNIVERSAL.


## Author contributions
PPG conceived and designed research, was responsible for implementation of the study, wrote the first version of the manuscript and approved the final version of the manuscript. ION was responsible for implementation of the study, reviewed the manuscript and approved the final version of the manuscript. MMGM, RLGMS, BRNG, and GMPP were responsible for data acquisition, reviewed the manuscript and approved the final version of the manuscript. IFMP reviewed the manuscript and approved the final version of the manuscript. DAGP conceived and designed research, analyzed data, reviewed the manuscript, and approved the final version of the manuscript.

## Declarations

## Competing interests
The authors declare no competing interests.

## Additional information
**Correspondence** and requests for materials should be addressed to D.A.G.P.

**Reprints and permissions information** is available at www.nature.com/reprints.

**Publisher's note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.


**Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License, which permits any non-commercial use, sharing, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if you modified the licensed material. You do not have permission under this licence to share adapted material derived from this article or parts of it. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/.

© The Author(s) 2024

## 6.2 Artigo 2

Foi redigido nas normas da revista *Journal of Vascular Surgery* , na qual o artigo será submetido.

**Título**: “Oxigenação muscular de tríceps sural e capacidade funcional em indivíduos com doença arterial periférica após 12 semanas de treinamento supervisionado ou domiciliar: um ensaio clínico aleatorizado”

## RESUMO

**Introdução:** Este ensaio clínico aleatorizado comparou os efeitos do programa domiciliar de exercícios (PDE) com o programa de reabilitação presencial ambulatorial (PRPA), na oxigenação muscular periférica e capacidade funcional de indivíduos com doença arterial periférica (DAP) claudicantes. **Métodos:** Trinta e nove adultos com DAP foram randomizados para PRPA ou PDE e acompanhados por 12 semanas. Ambos os protocolos consistiam no treino de caminhada por 30 minutos, guiado pelo sintoma claudicante moderado. O grupo PDE teve monitorização semanal por ligações telefônicas e um retorno presencial mensal. A saturação tecidual de oxigênio muscular ($StO_2$) de panturrilha foi avaliada com uso da *Near-infrared spectroscopy* (NIRS). Para desfecho primário foram analisados os dados da NIRS durante o teste contínuo em esteira (TE) a 3,2Km/h e 10% de inclinação e para os desfechos secundários foram usados os dados em repouso e durante o *Incremental Shuttle Walking Test* (ISWT). A capacidade funcional foi avaliada pela distância percorrida nos dois testes. **Resultados:** Após a reabilitação, os dois grupos apresentaram mudanças na oxigenação muscular no TE, sem diferenças entre eles, com aumento significativo do tempo de resistência, conseguindo caminhar por mais tempo com níveis baixos de $StO_2$ (p=0,003), aumento do delta da desoxihemoglobina (p=0,001) e aumento do delta da hiperemia da $StO_2$ na recuperação após o teste (p=0,026). Houve aumento da distância percorrida no TE (p=0,003), 162,24 (97,91 – 226,56) metros no PRPA e 42,4 (-33,7 – 118,51) no PDE, sem diferenças entre os grupos (p=0,074) e no ISWT (p=0,015), 33,81 (25,3 – 42,32) metros no PRPA e 14,45 (5,26 – 23,63) no PDE, sem diferenças entre eles (p=0,312). Houve tendência a uma desoxigenação mais lenta, 78% no PRPA e 15% no PDE, assim como a uma reoxigenação mais rápida, 31% no PRPA e 9% no PDE, após a intervenção, sem significância estatística. Não houve diferença nos dados de oxigenação em repouso e no ISWT após as intervenções. Os participantes que obtiveram melhores resultados, com aumento maior ou igual a 40% da distância caminhada após a reabilitação, independente do grupo de alocação, foram os que conseguiram caminhar por mais tempo com níveis baixos de $StO_2$, tiveram uma $StO_2$ média mais baixa durante a reavaliação e tiveram uma taxa de adesão aos programas de exercícios em torno de 80%. **Conclusão:** Os dois grupos de intervenção apresentaram resultados similares nas respostas da oxigenação muscular no esforço e melhora da capacidade funcional. O PRPA apresentou tendência a resultados mais expressivos.

**Registro do estudo:** https://ensaiosclinicos.gov.br/rg/RBR-97vy9n7 on April 14, 2022.

**Palavras-chaves:** doença arterial periférica; claudicação intermitente; terapia por exercício; tratamento domiciliar; *Near-infrared spectroscopy* .

**Destaques do artigo**

**Tipo de estudo:** Ensaio clínico aleatorizado, paralelo, simples-cego, prospectivo, de centro único.

**Principais descobertas:** Trinta e nove indivíduos com doença arterial periférica sintomáticos submetidos a exercícios presenciais ou domiciliares apresentaram resposta similar da oxigenação muscular e capacidade funcional, com aumento do tempo de resistência, aumento do delta da desoxihemoglobina e da resposta hiperêmica após o esforço. O grupo presencial aumentou 120 metros a mais na distância caminhada.

**Mensagem:** Programas de exercícios domiciliares podem levar a resultados similares na resposta da oxigenação muscular periférica e capacidade funcional, com uma tendência a resultados menos expressivos quando comparado ao grupo presencial.

## INTRODUÇÃO

A doença arterial periférica (DAP) é caracterizada pela obstrução progressiva da luz arterial de membros inferiores, de origem aterosclerótica, com redução do fluxo sanguíneo distal[1,2]. Sua prevalência global tem aumentado, especialmente em países de baixa e média renda, representando hoje cerca de 73% dos casos mundiais[3,4]. A claudicação intermitente (CI), seu sintoma clássico, é decorrente do desequilíbrio entre a oferta e consumo de oxigênio muscular durante o esforço, causado tanto pela isquemia resultante da obstrução vascular quanto pela capacidade reduzida de utilizar o oxigênio disponível, por alterações no metabolismo muscular e função vascular[5–8]. A CI prejudica a capacidade de caminhar, com consequente declínio funcional, piora da qualidade de vida relacionada à saúde e aumento do risco cardiovascular[5,6,8–10].

Programas de exercícios supervisionados são recomendados como abordagem de primeira linha no tratamento de indivíduos com DAP claudicantes[2,10–12]por serem considerados efetivos na melhora da capacidade funcional, padrão e qualidade da marcha, capacidade de caminhada autorrelatada e qualidade de vida[10,12,13], além de trazerem benefícios globais para a saúde cardiovascular, por combaterem o sedentarismo[1,10,11]. Do ponto de vista fisiológico, o treinamento de caminhada ocasiona adaptações teciduais locais, tais como melhora da capacidade oxidativa muscular e remodelamento do sistema vascular, com aumento da densidade capilar e melhora da função endotelial, que podem ter papel relevante na melhora da capacidade funcional[6,10]. Neste sentido, alguns estudos já demonstraram mudanças dos padrões de oxigenação muscular de panturrilha no esforço, associadas à maior capacidade de caminhada, que sugerem adaptações musculares e microvasculares locais, resultantes do treinamento[14–17] . Esses mecanismos ainda não são totalmente compreendidos e são temas frequentes de estudo[6,18].

Apesar das evidências disponíveis, o treinamento supervisionado ainda é subutilizado e associado a diversas barreiras, tanto referente à ineficiência do sistema de saúde, como em relação aos pacientes, como dificuldades de acesso e falta de motivação[19–22]. A instituição de programas domiciliares de exercícios (PDE) pode ser uma alternativa neste cenário, mas evidências sua efetividade ainda são modestas e apresentam resultados heterogêneos[13,23–28]. Na maioria dos estudos, programas de exercícios supervisionados são considerados mais efetivos do que PDE para a melhora da capacidade funcional na DAP[24,29,30]. Sabe-se que PDE estruturados e com acompanhamento mais próximo por profissional qualificado são mais efetivos que o cuidado usual[10,12,27,28]. Poucos estudos verificaram seu efeito na oxigenação muscular de panturrilha, frente à isquemia no esforço, associado a melhora da capacidade funcional[14,17,31,32].

Neste sentido, esse estudo teve por objetivo principal verificar os efeitos do PDE na resposta da oxigenação muscular periférica no esforço, em indivíduos com DAP claudicantes, após 12 semanas de intervenção, comparado ao programa de reabilitação presencial ambulatorial (PRPA). Os objetivos secundários foram comparar os efeitos das intervenções na capacidade funcional, na oxigenação muscular em repouso e em um teste de caminhada em solo. Além disso, verificar as diferenças entre participantes responsivos e não responsivos às intervenções. Nossa hipótese é que o PDE vai promover adaptações no comportamento da oxigenação muscular periférica no esforço e melhora da capacidade funcional, com resultados similares ao PRPA.

## MÉTODOS

### Desenho do estudo e aspectos éticos

O presente estudo é uma análise secundária de um ensaio clínico randomizado que teve por objetivo verificar os efeitos do PDE, em comparação ao PRPA, na capacidade funcional e qualidade de vida de indivíduos com DAP claudicantes[33]. Trata-se de um ensaio clínico

randomizado, paralelo, simples-cego, composto por dois grupos de intervenção, PDE e PRPA, com protocolo do estudo publicado[33]. Foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (Registro CAEE: 51042621.5.0000.5149) e registrada no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC) sob o número RBR-97vy9n7. Todos os participantes foram informados sobre o estudo, inclusive sobre os possíveis riscos e benefícios e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)[33].

**Participantes**

No período de março de 2023 a março de 2024, foram recrutados adultos com DAP e claudicação intermitente, encaminhados pelo ambulatório de cirurgia vascular do Hospital das Clínicas da UFMG. Foram elegíveis indivíduos acima de 18 anos com diagnóstico de DAP, queixa de claudicação intermitente, sem dor em repouso, com estabilidade clínica (ausência de internação nos últimos três meses) e possibilidade de contato via serviço telefônico[33]. O diagnóstico de DAP foi realizado por cirurgião vascular, através de exame clínico e medida do índice tornozelo-braquial (ITB) de repouso, sendo considerado para diagnóstico o ITB < 0,90[2,10].

Os critérios de exclusão considerados para o estudo foram apresentar limitação da caminhada por outras condições de saúde, como problemas ortopédicos, neurológicos ou respiratórios, ter alguma condição clínica que contraindicasse a realização de exercícios (infecção ativa, isquemia ameaçadora dos membros, angina instável, insuficiência cardíaca descompensada ou malignidade ativa), apresentar doença arterial coronariana de alto risco para prática de atividade física[10,34] (fração de ejeção <40%; sobreviventes de parada cardíaca ou morte súbita; arritmias ventriculares complexas; choque cardiogênico; insuficiência cardíaca congestiva), ter comprometimento cognitivo avaliado pelo Mini Exame do Estado Mental[35] e/ou incapacidade de compreender e realizar os procedimentos[33].

**Randomização e cegamento**

Os participantes foram randomizados para um dos grupos de intervenção PDE ou PRPA, na proporção 1:1[33]. A sequência da alocação foi gerada por um pesquisador independente, não envolvido com a avaliação e nem com a intervenção, em blocos de quatro, pelo site (http://www.jerrydallal.com/random/random_block_size_r.htm). A sequência da randomização foi mantida em local seguro e em envelopes opacos lacrados numerados sequencialmente[33]. Os envelopes foram abertos pelo fisioterapeuta da equipe intervenção, junto ao participante, no primeiro dia do treinamento. Não foi possível realizar o cegamento da equipe intervenção e nem dos participantes, pela natureza distinta das intervenções. A equipe avaliação foi cegada sobre a alocação dos participantes nos grupos PRPA e PDE, assim como o pesquisador responsável pela análise dos dados[33].

**Intervenções**

Ambos os protocolos de intervenção tiveram a duração de 12 semanas, foram conduzidos pela mesma equipe, composta de fisioterapeutas treinados e foram realizadas no ambulatório de reabilitação cardiovascular do Serviço de Apoio a Pessoas com DAP – UFMG. Todos os participantes foram envolvidos em uma atividade educativa inicial, com informações sobre a DAP, abordagens terapêuticas e importância de exercícios de caminhada. Além disso receberam uma cartilha impressa e o diário de treinamento para serem utilizados durante o período de intervenção.

**Programa de reabilitação presencial ambulatorial – PRPA**

No PRPA foi realizado o treino de caminhada presencial, três vezes na semana, com 30 minutos de duração efetiva, desconsiderando as interrupções, guiado pelo sintoma claudicante moderado a máximo [33]. Foi iniciado com a caminhada em solo, com progressão para esteira assim que o participante conseguisse caminhar por 30 minutos sem interrupção. O treino em esteira foi sem inclinação, com aumento progressivo da velocidade em 0,2 Km/h

conforme tolerância[33]. A prescrição do treino respeitou o limite de 85% da frequência cardíaca máxima prevista para a idade ou foi conforme o limite estabelecido pelo teste ergométrico, em casos de coronariopatas[33]. Os participantes foram incentivados a realizar dois dias extras de caminhada em domicílio sem supervisão, totalizando cinco dias de exercícios na semana.

Os dados do treinamento como número de interrupções, distância e tempo de caminhada, dados vitais e escala de percepção de esforço de Borg foram registrados no prontuário institucional a cada sessão. Foi solicitado que fizessem o registro dos treinos realizados em casa, no diário de treinamento[33].

**Programa domiciliar de exercícios - PDE**

No PDE os participantes foram orientados a realizar a caminhada em domicílio ou ao ar livre na comunidade, no mínimo três vezes na semana, com alvo total de cinco vezes, com duração de 30 minutos de caminhada efetiva, guiado pelo sintoma claudicante moderado a máximo[33]. Os participantes receberam ligação telefônica semanal realizada pelo fisioterapeuta, com objetivo de acompanhar o treinamento, incentivar o participante e realizar a progressão do treino caso possível. Além disso, foram realizadas quatro sessões mensais, presenciais, no ambulatório de reabilitação, para a prática de caminhada supervisionada e orientação guiada aos participantes quanto aos registros e progressão do treino. A progressão foi feita pelo aumento do tempo de caminhada para até 45 minutos e a prescrição respeitou os mesmos critérios do grupo PRPA[33].

Os participantes receberam um dispositivo vestível de pulso, Xiaomi Mi Smart Band 5® (Xiaomi, Beijing, China) para usar durante a caminhada com objetivo de monitorar a frequência cardíaca. Além disso eles foram orientados a registrar as sessões de caminhada no diário de treinamento, com a data, percepção do esforço, frequência cardíaca, número de interrupções da caminhada, tempo total de caminhada e eventuais eventos adversos[33].

**Medidas**

A avaliação inicial e reavaliação após 12 semanas foram conduzidas pela equipe avaliação, no Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare) da UFMG. Foram compostas de anamnese, exame físico, monitorização da oxigenação muscular da panturrilha em repouso e durante testes funcionais. Informações acerca de dados clínicos e sociodemográficos foram obtidas através de entrevista e registros médicos nos prontuários. Os participantes identificaram seu grupo racial ou étnico a partir de categorias descritas em um questionário. As medidas do índice de massa corporal (IMC) e a plicometria de tríceps sural (PTS) foram realizadas na avaliação inicial. A medida de PTS foi realizada na perna apontada pelo participante como a mais sintomática e foi considerado o valor intermediário em três medidas consecutivas[36].

**Oxigenação muscular periférica**

Para avaliação da oxigenação muscular periférica foi utilizado a *Near-infrared spectroscopy* (NIRS), que consiste em um o sistema portátil de ondas contínuas (Artinis®, sistema Portamon, Holanda)[37], que possui dois canais para a emissão de luz em comprimentos de onda de 760 e 850 nm e um canal receptor. O sensor da NIRS foi posicionado na perna mais sintomática, relatada pelo participante, na porção medial do músculo gastrocnêmio, na altura da maior circunferência, protegida por filme plástico e fixada por faixa elástica escura, estando o participante em decúbito dorsal[15,38]. Foi realizado a tricotomia quando necessário. Os valores basais da oxihemoglobina ($HbO_2$), desoxihemoglobina (HHb) e saturação tecidual de oxigênio muscular ($StO_2$) foram obtidos após dois minutos de estabilização das curvas, antes da realização dos testes.

Após a fixação do sensor e a obtenção dos valores de baseline, foi realizada a manobra de oclusão arterial (MOA), para obtenção dos valores de consumo de $O_2$ ($mVO_2$)[38,39]. Foi usado um manguito pneumático na região da coxa que foi insuflado com a pressão de 250 a 280

mmHg e mantido com essa pressão por cinco minutos. Após esse período, foi desinsuflado e o participante mantido em repouso, por 10 minutos[38,39]. Durante todo o tempo da MOA, foram monitorados os dados vitais e a tolerância, sendo a manobra interrompida em caso de solicitação pelo participante. Em seguida o participante foi conduzido para realização dos testes funcionais, com registro concomitante da oxigenação tecidual pela NIRS.

Ao final da coleta, os dados das coletas da NIRS foram exportados para uma planilha do MS Excel usando filtro de média móvel de 1 segundo com fator de redução de amostragem de 100, ou seja, uma medição a cada 10 segundos, e foram analisados por meio do *software* Oxysoft Artinis ®.

**Testes funcionais**

Os testes de caminhada realizados foram o teste contínuo em esteira com velocidade de 3,2 Km/h e 10% de inclinação[13,40] e o *Incremental Shuttle Walking Test (ISWT)*[41–43]. Os testes foram realizados em uma ordem aleatória, por meio de uma lista de sorteio eletrônico, em um mesmo dia, com um intervalo de 20 minutos entre eles. A mesma ordem foi seguida na avaliação inicial e na reavaliação. Os participantes foram orientados a caminhar o maior tempo possível até a dor claudicante máxima e a informar o momento de início do sintoma[33]. Durante os testes foi realizada a monitorização contínua com uso da NIRS até 10 minutos após o final dos testes.

**Desfecho primário**

Foi considerado como desfecho primário do estudo o comportamento das variáveis de oxigenação muscular obtidas pela NIRS durante o teste em esteira[14,15,38]. Foram avaliadas as seguintes variáveis: $StO_2$ inicial do teste ($StO_2I$), verificada após 2 minutos de estabilização das curvas com o indivíduo em ortostatismo; delta da $StO_2$, $HbO_2$ e HHb ($\Delta StO_2$, $\Delta HbO_2$ e $\Delta$HHb), diferença entre valores finais e iniciais no teste; mínima $StO_2$ durante o teste ($MinStO_2$), menor valor de $StO_2$ antes do platô de desoxigenação; tempo até $MinStO_2$ (TTM), tempo do teste até

o valor de mínima $StO_2$; tempo de resistência (TR), tempo em que o participante caminhou com valores baixos de $StO_2$; $StO_2$ média do teste; tempo de reoxigenação (T100), tempo de reoxigenação até os valores basais; tempo de reoxigenação relativizado pelo tempo total do teste (T100R) calculado pela relação entre o T100 e o tempo total do teste em minutos x100; e delta da $StO_2$ na hiperemia reativa ($\Delta StO_2Hip$), variação da $StO_2$ até o pico da hiperemia após atingir os valores basais na reoxigenação. O T100R leva em conta o tempo de duração do teste e mostra quanto tempo em porcentagem o indivíduo leva para reoxigenar, em relação ao tempo total do teste.

**Desfechos secundários**

*Capacidade funcional no teste em esteira*

A capacidade funcional foi mensurada pela distância máxima percorrida, tempo total do teste e tempo de caminhada livre de dor, avaliados pelo teste em esteira a 3,2 Km/h e 10% de inclinação.

*Oxigenação muscular em repouso e na MOA*

Foram avaliadas em repouso a $StO_2$ no baseline, o consumo de $O_2$ ($mVO_2$) e variáveis de reoxigenação teciduais: T100, taxa de reoxigenação de 10 segundos e $\Delta StO_2$ na hiperemia reativa.

*Capacidade funcional e oxigenação muscular periférica no ISWT*

Para avaliação da capacidade funcional foi considerado a distância máxima percorrida no ISWT. As variáveis da NIRS avaliadas durante o ISWT foram as mesmas do teste em esteira, além do delta da $HbO_2$ e HHb do primeiro ($\Delta HbO_2$1min, $\Delta$HHb1min) e segundo minutos do teste ($\Delta HbO_2$2min, $\Delta$HHb2min).

*Adesão*

A adesão foi mensurada pela porcentagem de participação nas 60 sessões propostas, considerando as sessões presenciais e as realizadas em domicílio. No PRPA foram consideradas

36 sessões presenciais e 24 registros no diário de treinamento, enquanto no PDE foram 4 sessões presenciais e 56 registros[33].

*Comparação entre participantes responsivos e não-responsivos à intervenção*

Diante do comportamento heterogêneo na DAP em relação a capacidade funcional e à resposta à intervenção[12], os participantes foram divididos para uma análise secundária em dois grupos, de acordo com a melhora da distância percorrida no teste em esteira, na reavaliação após 12 semanas, independente do grupo PRPA ou PDE. Consideramos como responsivos à intervenção, aqueles que aumentaram em 40% ou mais da distância máxima percorrida em relação ao baseline (Gr ≥40%) e como não responsivos, aqueles que aumentaram menos de 40% (Gr <40%)[12]. As variáveis analisadas entre os grupos foram: características clínicas e sociodemográficas, variáveis da NIRS e adesão à intervenção. A comparação foi em relação ao delta da mudança na reavaliação versus baseline em cada variável por grupo.

**Cálculo amostral**

O cálculo amostral foi realizado pelo software G-Power a partir de dados de estudos similares [14,17]. Foi calculado para as seguintes variáveis a partir dos dados do teste em esteira: tempo para mínima $StO_2$ (TTM), tempo de reoxigenação (T50) e tempo total do teste em esteira, considerando o tamanho de efeito da diferença dos desfechos, poder de 80% e alfa de 5% para todas as variáveis.

Para o TTM o tamanho de efeito da diferença foi de 0,62, indicando um N de 11 participantes por grupo. Para o T50 o tamanho de efeito da diferença foi de 0,53, indicando um N de 15 participantes por grupo e para o tempo total do teste o tamanho de efeito foi de 0,57, indicando um N de 14 participantes por grupo. Portanto, consideramos o maior valor de N necessário, somado a 30% de possíveis perdas, totalizando amostra aproximada de 40 participantes.

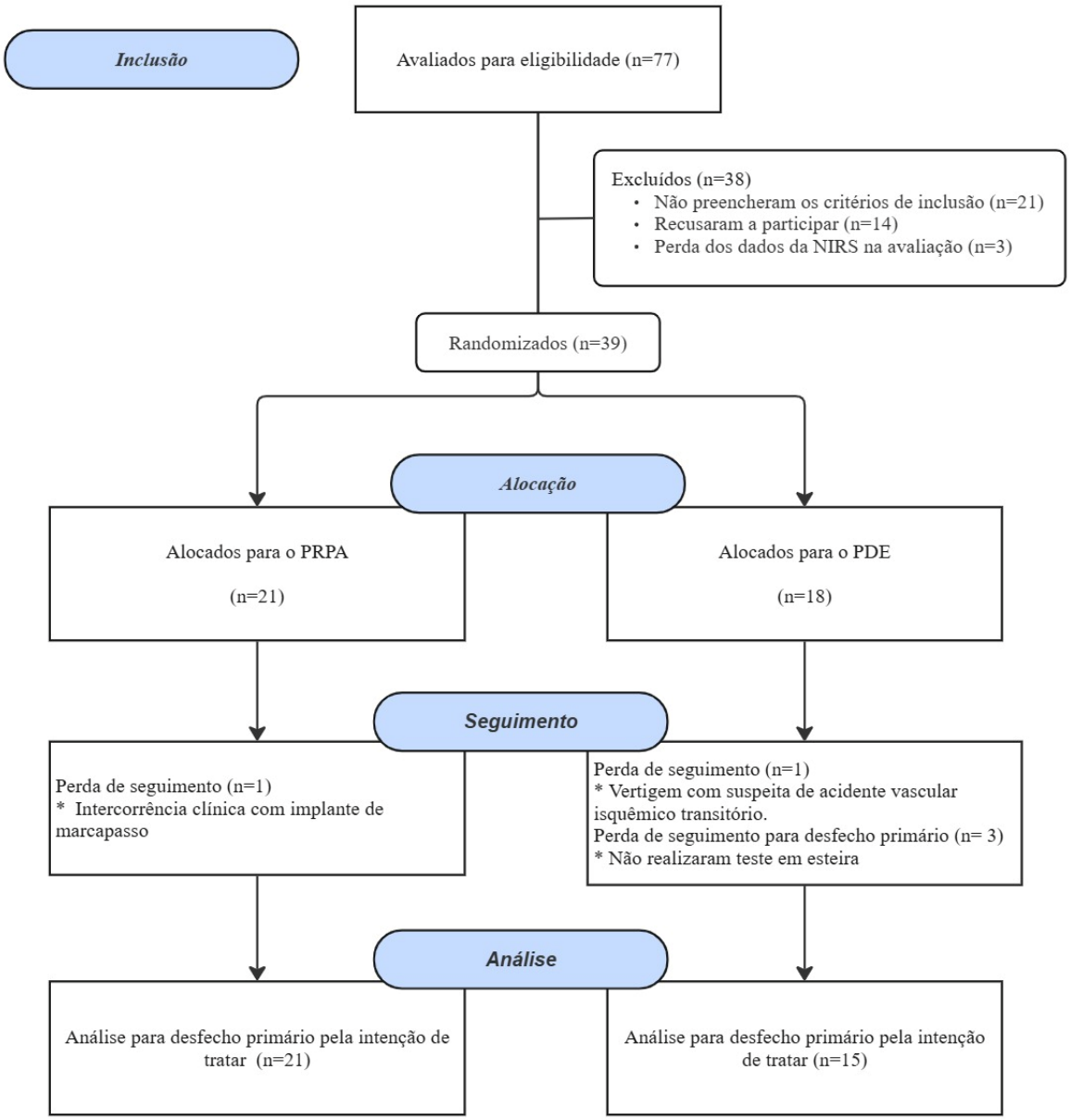
**Análise estatística**

Todos os participantes foram incluídos na análise seguindo o princípio da intenção de tratar pelo método *Last Observation Carried Forward*. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk. A análise descritiva dos dados e os resultados foram apresentadas como média e desvio padrão ou intervalo de confiança de 95% para dados contínuos e como frequências absoluta e relativa para variáveis categóricas. Para comparar as características sociodemográficas e clínicas entre os grupos, foram realizados testes t independente ou qui-quadrado a depender da natureza do dado. A comparação dos dados de desfechos entre as avaliações pré e pós-intervenção e entre grupos foi realizada por análise de variância mista (ANOVA 2x2). As comparações *post hoc* foram realizadas pelo teste de Bonferroni. A análise da diferença entre os Gr ≥ 40% e Gr < 40% foi realizada pela análise do delta de cada variável através do teste t independente. O valor de alfa de 5% foi considerado para significância estatística.

**RESULTADOS**

Foram recrutados 77 indivíduos elegíveis para o estudo, de março de 2023 a março de 2024. Destes, 42 preencheram os critérios de inclusão e aceitaram participar do estudo primário, sendo randomizados para os dois grupos de intervenção, PRPA e PDE. Houve perda dos dados da NIRS em três participantes, por falha na captura do sinal e registro das curvas de oxigenação, permanecendo para este estudo, 39 participantes, 21 no PRPA e 18 no PDE (figura 1). Duas perdas ocorreram no decorrer do estudo por intercorrências clínicas não relacionadas à intervenção. Além disso, três participantes se recusaram a realizar o teste em esteira por falta de familiaridade com o método, sendo excluídos da análise do desfecho primário e da capacidade funcional em esteira. No total, 37 participantes completaram a intervenção que finalizou em julho de 2024 (figura 1). Não houve a ocorrência de eventos adversos relativos às intervenções em nenhum dos dois grupos.

**Figura 1-** Fluxograma do estudo



Os dados sociodemográficos e clínicos iniciais por grupo estão dispostos na tabela 1. Não houve diferença significativa nas características iniciais entre os participantes dos grupos ($p<0,05$).

**Tabela 1.** Características sociodemográficas e clínicas iniciais dos participantes por grupo.

| Variável | | PRPA (n=21) | PDE (n=18) | Valor de p |
|---|---|---|---|---|
| **Sociodemográfica** | | | | |
| Sexo, n (%) | masculino<br>feminino | 10 (47,6)<br>11 (52,4) | 6 (33,3)<br>12 (66,7) | 0,366 |
| Idade (anos) | | 68,00 ± 9,05 | 68,56 ± 9,47 | 0,853 |
| Raça | branca<br>preta<br>parda<br>outros<br>preferiu não informar | 1 (4,8)<br>9 (42,9)<br>8 (38,1)<br>2 (9,6)<br>1 (4,8) | 4 (22,2)<br>4 (22,2)<br>9 (50)<br>0<br>1 (5,6) | 0,349 |
| Escolaridade, n (%) | nunca estudou<br>F. incompleto<br>F. completo<br>EM incompleto<br>EM completo<br>superior | 5 (23,8)<br>10 (47,6)<br>2 (9,5)<br>3 (14,3)<br>1 (4,8)<br>- | 2 (11,1)<br>10 (55,6)<br>3 (16,7)<br>-<br>2 (11,1)<br>1 (5,6) | 0,345 |
| **Clínica** | | | | |
| Índice tornozelo braquial | direito<br>esquerdo | 0,63 ± 0,18<br>0,70 ± 0,22 | 0,68 ± 0,20<br>0,68 ± 0,16 | 0,374<br>0,785 |
| Índice de massa corporal ($Kg/m^2$) | | 26,21 ± 4,56 | 28,27 ± 5,68 | 0,217 |
| Plicometria (mm) | | 12,28 ± 5,05 | 12,64 ± 5,53 | 0,829 |
| Tabagista, n (%) | sim<br>não<br>ex-tabagista | 5 (23,8)<br>2 (9,5)<br>14 (66,7) | 3 (16,7)<br>4 (22,2)<br>11 (61,1) | 0,521 |
| Diabetes, n (%) | sim | 8 (38,1) | 8 (44,4) | 0,688 |
| Hipertensão arterial sistêmica, n (%) | sim | 19 (90,5) | 15 (83,3) | 0,647 |
| Dislipidemia, n (%) | sim | 4 (19,0) | 9 (50) | 0,087 |
| DPOC, n (%) | sim | 3 (14,3) | 1 (5,6) | 0,609 |
| DAC, n (%) | sim | 5 (23,8) | 8 (44,4) | 0,196 |
| AVC, n (%) | sim | 7 (33,3) | 2 (11,1) | 0,139 |
| Revascularização de membros inferiores, n (%) | sim | 5 (23,8) | 4 (22,2) | 1,000 |
| Uso de cilostazol, n (%) | sim | 7 (33,3) | 6 (33,3) | 1,000 |
| Uso de betabloqueador, n (%) | sim | 9 (42,9) | 8 (44,4) | 0,921 |

Os dados são apresentados como média ± desvio padrão, ou como frequência absoluta e relativa (%). $Kg/m^2$: quilograma por metro quadrado, mm: milímetros. DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica. DAC: doença arterial coronariana. AVC: acidente vascular cerebral. Nenhuma diferença significativa foi observada entre os grupos (considerou-se o nível de significância de $p<0,05$).

Os grupos foram semelhantes para todas as medidas de desfecho no início do estudo (p>0,05). Os desfechos primários e secundários pré e pós-intervenção estão demonstradas nas tabelas 2 e 3 por análise de intenção de tratar.

Com relação ao desfecho primário do estudo (tabela 2), não houve diferença significativa após a intervenção das variáveis $StO_2I$, $MinStO_2$ e $\Delta StO_2$ durante o teste em esteira, nos dois grupos e nem entre eles. Houve aumento significativo do ΔHHb nos dois grupos, sem alterações significativas no $\Delta HbO_2$, sem diferenças entre eles. Houve aumento significativo no TR nos dois grupos sem diferença entre eles, sendo a média de 109,88 segundos maior no grupo PRPA (123% de aumento em relação ao inicial) e 97,26 segundos no PDE (65% de aumento em relação ao inicial). Não houve diferença na $StO_2$ média durante o teste com tendência a queda dos valores na reavaliação. Houve tendência de aumento do TTM, 56,3 segundos (78,51%) no PRPA e 12,04 (15,10%) no PDE (p=0,269). Com relação às variáveis de reoxigenação, houve aumento significativo do $\Delta StO_2Hip$ nos dois grupos, sem diferenças entre eles. Não houve diferenças significativas no T100 e no T100R, mas o grupo PRPA necessitou de menos tempo para reoxigenar após intervenção, cerca de 31%, enquanto o tempo para o grupo PDE foi menor em 9%, pelo T100R.

Com relação aos desfechos secundários relativos à NIRS (tabela 2), não houve mudanças significativas nas variáveis em repouso e no ISWT, pré e pós-intervenção, nos dois grupos. Não houve mudanças nos valores de $StO_2$ baseline, $mVO_2$ e nas variáveis de reoxigenação teciduais após a MOA. No ISWT também não houve mudanças na desoxigenação tecidual no esforço, com valores de $\Delta StO_2$ similares pré e pós-intervenção. Houve aumento do TR em ambos os grupos, aproximadamente de 20 segundos (p=0,099). O grupo PRPA teve tendência de aumento do TTM de 37,75 segundos (61,18%). Houve diferença significativa, com comportamentos antagônicos entre os dois grupos nas variáveis $\Delta HbO_2$ e ΔHHb após a intervenção, que não persistiu quando a análise foi feita pelo mesmo tempo do teste, no 1º e 2º

minutos de desoxigenação. Com relação à reoxigenação tecidual após o ISWT, os dois grupos apresentaram comportamentos diferentes (p=0,046), com redução do T100 no grupo PDE (≅ 15 segundos) e aumento do T100 no PRPA (≅24 segundos), mas essa diferença também desaparece com a relativização pelo tempo do teste, visto pelo T100R.

**Tabela 2.** Comparação das mudanças nos desfechos primários e secundários das variáveis da NIRS, antes e após a intervenção por grupo, análise de intenção de tratar (IT)

| Variável | PRPA | | | PDE | | | Efeito intragrupos Valor de p | Poder intragrupos | Efeito interação Valor de p | Poder interação |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n | Pré-intervenção | Pós-intervenção | n | Pré-intervenção | Pós-intervenção | | | | |
| ***NIRS* – Manobra de oclusão** | | | | | | | | | | |
| $StO_2$ Baseline | 18 | 64,31 (61,94 – 66,68) | 64,97 (61,45 – 68,50) | 14 | 65,05 (62,36 – 67,74) | 64,68 (60,68 – 68,68) | 0,891 | 0,052 | 0,628 | 0,076 |
| Consumo de $O_2$ ($mVO_2$) | 21 | 2,94 (2,07 – 3,81) | 3,55 (2,47 – 4,63) | 18 | 2,66 (1,64 – 3,68) | 2,49 (1,22 – 3,76) | 0,491 | 0,104 | 0,232 | 0,219 |
| Tempo de reoxigenação (T100) (s) | 18 | 75,77 (48,90 – 102,63) | 74,69 (50,25 – 99,14) | 14 | 89,91 (59,45 – 120,37) | 82,25 (54,53 – 109,97) | 0,659 | 0,072 | 0,739 | 0,062 |
| Taxa reoxigenação 10s | 18 | 3,08 (1,80 – 4,35) | 3,17 (1,66 – 4,68) | 12 | 2,90 (1,33 – 4,46) | 3,66 (1,80 – 5,51) | 0,164 | 0,281 | 0,279 | 0,187 |
| Delta $StO_2$ hiperemia (%) | 15 | 7,44 (4,78 – 10,11) | 7,80 (5,27 – 10,33) | 11 | 7,04 (3,93 – 10,16) | 7,60 (4,64 – 10,56) | 0,304 | 0,172 | 0,819 | 0,056 |
| **NIRS – Teste em esteira** | | | | | | | | | | |
| $StO_2$ inicial (%) | 21 | 65,37 (63,14 – 67,60) | 65,23 (62,12 – 68,34) | 15 | 65,92 (63,29 – 68,56) | 63,55 (59,88 – 67,23) | 0,274 | 0,191 | 0,329 | 0,161 |
| Mínima $StO_2$ (%) | 21 | 51,19 (47,11 – 55,27) | 49,03 (43,80 – 54,27) | 15 | 50,24 (45,41 – 55,07) | 48,50 (42,31 – 54,69) | 0,176 | 0,269 | 0,884 | 0,052 |
| Delta $StO_2$ (%) | 21 | -14,08 (-10,89 – -17,26) | -16,20 (-12,89 – -19,51) | 15 | -15,69 (-11,92 – -19,45) | -15,03 (-11,12 – -18,95) | 0,442 | 0,118 | 0,151 | 0,298 |
| Delta HHb (ua) | 21 | 10,99 (6,51 – 15,46) | 14,63* (10,27 – 19) | 15 | 8,16 (2,87 – 13,46) | 12,61* (7,49 – 17,77) | 0,001 | 0,929 | 0,729 | 0,063 |
| Delta $HbO_2$ (ua) | 21 | -18,76 (-23,34 – -14,17) | -20,18 (-25,05 – -15,31) | 15 | -16,91 (-22,33 – -11,48) | -16,53 (-22,30 – -10,77) | 0,597 | 0,81 | 0,370 | 0,143 |
| Tempo mínima $StO_2$ (s) | 21 | 71,71 (55,52 – 87,90) | 128,01 (41,95 – 214,07) | 15 | 79,74 (60,58 – 98,90) | 91,78 (-10,04 – 193,60) | 0,269 | 0,194 | 0,472 | 0,109 |
| Tempo de resistência (s) | 17 | 89,48 (42,85 – 136,11) | 199,36* (89,16 – 309,56) | 10 | 150,26 (89,46 – 211,06) | 247,85* (104,17 – 391,54) | 0,003 | 0,891 | 0,846 | 0,054 |
| $StO_2$ média no teste (%) | 21 | 56,26 (52,61 – 59,92) | 52,97 (48,25 – 57,68) | 15 | 55,01 (50,69 – 59,34) | 53,44 (47,85 – 59,02) | 0,076 | 0,428 | 0,523 | 0,096 |
| Tempo de reoxigenação (T100) (s) | 21 | 134,70 (76,73 – 192,66) | 156,67 (100,43 – 212,91) | 15 | 180,03 (111,44 – 248,61) | 182,31 (115,77 – 248,86) | 0,587 | 0,083 | 0,659 | 0,072 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T100 relativizado pelo tempo total do teste | 21 | 106,19 (58,65 – 153,74) | 74,70 (42,07 – 107,33) | 15 | 127,07 (70,82 – 183,32) | 117,93 (79,31 – 156,54) | 0,166 | 0,280 | 0,422 | 0,118 |
| Delta $StO_2$ hiperemia (%) | 17 | 5,97 (4,19 – 7,76) | 7,87* (5,35 – 10,38) | 9 | 7,67 (5,22 – 10,12) | 10,18* (6,66 – 13,58) | 0,026 | 0,624 | 0,764 | 0,060 |
| ***NIRS - Incremental shuttle walk test (ISWT)*** | | | | | | | | | | |
| $StO_2$ inicial (%) | 21 | 62,91 (60,18 – 65,63) | 63,36 (59,94 – 66,79) | 18 | 63,48 (60,54 – 66,43) | 64,56 (60,87 – 68,26) | 0,466 | 0,111 | 0,766 | 0,060 |
| Mínima $StO_2$ (%) | 21 | 50,56 (46,28 – 54,83) | 49,43 (44,27 – 54,58) | 18 | 51,53 (46,91 – 56,15) | 52,33 (46,76 – 57,91) | 0,906 | 0,052 | 0,487 | 0,105 |
| Delta $StO_2$ (%) | 21 | -12,35 (-15,53 – -9,17) | -13,94 (-17,40 – -10,48) | 18 | -11,96 (-15,39 – -8,53) | -12,23 (-15,97 – -8,49) | 0,246 | 0,210 | 0,411 | 0,128 |
| Delta HHb (ua) | 21 | 10,51 (5,82 – 15,20) | 13,03# (8,60 – 17,45) | 18 | 10,17 (5,11 – 15,24) | 7,58 (2,80 – 12,36) | 0,963 | 0,050 | 0,003 | 0,874 |
| Delta HHb 1 min (ua) | 20 | 7,03 (3,11 – 10,42) | 8,44 (4,87 – 12,02) | 17 | 5,96 (1,71 – 10,21) | 5,07 (1,18 – 8,95) | 0,704 | 0,066 | 0,100 | 0,377 |
| Delta HHb (ua) 2 min | 19 | 8,62 (4,13 – 13,12) | 9,59 (5,58 – 13,60) | 16 | 7,36 (2,46 – 12,26) | 5,99 (1,62 – 10,36) | 0,796 | 0,057 | 0,142 | 0,309 |
| Delta $HbO_2$ (ua) | 21 | -13,15 (-17,19 – -9,11) | -15,95# (-20,87 – -11,03) | 18 | -14,65 (-19,01 – -10,29) | -12,11 (-17,43 – -6,79) | 0,911 | 0,051 | 0,029 | 0,598 |
| Delta $HbO_2$ 2 min (ua) | 19 | -13,88 (-18,47 – -9,29) | -15,41 (-21,26 – -9,55) | 16 | -12,83 (-17,83 – -7,83) | -13,53 (-19,90 – -7,15) | 0,421 | 0,124 | 0,761 | 0,060 |
| Tempo mínima $StO_2$ (s) | 18 | 61,70 (46,12 – 77,28) | 99,45 (60,07 – 138,83) | 12 | 63,09 (44,01 – 82,18) | 53,54 (5,31 – 101,77) | 0,350 | 0,151 | 0,122 | 0,338 |
| Tempo de resistência (s) | 18 | 186,44 (155,50 – 217,39) | 206,44 (162,14 – 250,74) | 12 | 191,15 (153,25 – 229,05) | 214,37 (160,12 – 268,63) | 0,099 | 0,378 | 0,899 | 0,052 |
| $StO_2$ média no teste (%) | 21 | 53,43 (49,84 – 57,38) | 52,41 (47,35 – 57,48) | 18 | 53,54 (49,28 – 57,80) | 55,43 (49,95 – 60,90) | 0,736 | 0,063 | 0,263 | 0,198 |
| Tempo de reoxigenação (T100) (s) | 20 | 99,47 (69,74 – 129,19) | 123,25# (91,38 – 155,11) | 18 | 132,21 (100,87 – 163,54) | 117,49 (83,90 – 151,08) | 0,629 | 0,76 | 0,046 | 0522 |
| T100 relativizado pelo tempo total do teste | 20 | 43,40 (28,24 – 58,56) | 51,36 (36,50 – 66,22) | 18 | 60,05 (44,08 – 76,03) | 50,95 (35,29 – 66,61) | 0,898 | 0,052 | 0,063 | 0,463 |

Os dados são apresentados como média (IC 95%). %: valores expressos em percentuais; s : segundos. ua: unidades arbitrárias. PRPA: programa e reabilitação presencial ambulatorial; PDE: programa domiciliar de exercícios; *: $p < 0,05$ para comparação entre pré e pós-intervenção; # : $p < 0,05$ para comparação entre os grupos.

Os participantes dos dois grupos apresentaram melhora significativa nos testes funcionais pré e pós-intervenção, sem diferença entre eles (tabela 3). Apesar disso, o grupo PRPA apresentou melhoras mais expressivas de capacidade funcional. A média da diferença na distância máxima percorrida na esteira foi de 162,24 metros no PRPA e de 42,40 no PDE; no tempo total do teste foi de 2,82 minutos no PRPA e de 0,84 no PDE, no tempo do teste livre de dor foi de 0,77 minutos no PRPA e de 0,15 no PDE, e na distância máxima do ISWT foi de 33,81 metros no PRPA e 14,45 no PDE.

Não houve diferença significativa entre os grupos PRPA e PDE em relação a adesão à intervenção proposta (p=0,945), sendo que o grupo PRPA apresentou uma adesão de 71,08% das sessões (53,48 – 88,68) e o PDE de 71,96% (51,55 – 92,37), o que corresponde a uma média de 42,65 (32,09 – 53,21) sessões realizadas em 60 para o PRPA e de 43,18 (30,93 – 55,42) para o grupo PDE.

**Tabela 3** - Comparação das mudanças na capacidade funcional, antes e após a intervenção por grupo, análise de intenção de tratar (IT).

| Variável | n | PRPA Pré-intervenção | Pós-intervenção | n | PDE Pré-intervenção | Pós-intervenção | Efeito intragrupos Valor de p | Poder intragrupos | Efeito interação Valor de p | Poder interação |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Teste em esteira** | | | | | | | | | | |
| Distância máxima (m) | 21 | 109,52 (68,41 – 150,64) | 271,76* (166,32 – 377,20) | 15 | 165,33 (116,68 – 213,98) | 207,73* (82,98 – 332,49) | 0,003 | 0,863 | 0,074 | 0,432 |
| Tempo total de teste (min) | 21 | 2,35 (1,59 – 3,12) | 5,17* (3,21 – 7,14) | 15 | 3,42 (2,51 – 4,33) | 4,26* (1,93 – 6,58) | 0,005 | 0,826 | 0,116 | 0,348 |
| Tempo livre de dor (min) | 18 | 1,49 (1,17 – 1,81) | 2,26* (1,85 – 2,68) | 10 | 1,47 (1,04 – 1,90) | 1,62* (1,05 – 2,18) | 0,007 | 0,799 | 0,49 | 0,578 |
| **ISWT** | | | | | | | | | | |
| Distância máxima (m) | 21 | 190,48 (160,11 – 220,84) | 224,29* (185,41 – 263,16) | 18 | 176,11 (143,31 – 208,91) | 190,56* (148,57 – 232,54) | 0,015 | 0,701 | 0,312 | 0,170 |

Os dados são apresentados como média (IC 95%). m: metros. min: minutos. PRPA: programa e reabilitação presencial ambulatorial; PDE: programa domiciliar de exercícios; *: $p < 0,05$ para comparação entre pré e pós-intervenção; # : $p < 0,05$ para comparação entre os grupos.

Os dados relativos à comparação entre os participantes responsivos e não-responsivos à intervenção, estão dispostos na tabela 4. Não houve diferença significativa entre eles nos dados de caracterização e avaliação inicial. Foi verificado que o Gr ≥40% aumentaram em média 225,63 metros (121,04 – 330,23) enquanto o Gr <40% tiveram redução em média de -14,35 metros (-33,48 – 4,76). A maioria dos participantes classificados como Gr ≥40% eram do PRPA (73,68%). Com relação às variáveis da NIRS de comparação entre os grupos, Gr ≥40% apresentaram maior TR, ou seja, mantiveram a caminhada por cerca de 199 segundos a mais, com baixos índices de $StO_2$. Neste grupo, ainda foi verificado que a $StO_2$ média durante o esforço apresentou menores valores que no Gr <40%. Os participantes com DAP que tiveram a maior desoxigenação no esforço foram os que mais caminharam. As demais variáveis de desoxigenação e de reoxigenação não apresentaram diferenças significativas entre os grupos. No T100R o Gr ≥ 40% tiveram tendência a reoxigenar mais rápido com redução de cerca de 33% do tempo em relação a avaliação, enquanto o Gr<40% reduziram cerca de 9%, ambos sem significância estatística. A adesão foi diferente entre os grupos, sendo os melhores resultados encontrados no Gr ≥40%, que fizeram em média 80% das sessões propostas.

**Tabela 4** - Características iniciais e comparação das mudanças entre grupos reponsivos (≥40%) e não responsivos (<40%) à intervenção.

| Variável | Grupo < 40% (n=17) | Grupo ≥ 40% (n=19) | p |
|---|---|---|---|
| ***Características iniciais*** | | | |
| **Idade** | 65,53 ± 10,44 | 69,53 ± 7,40 | 0,190 |
| **ITB D** | 0,66 ± 0,15 | 0,66 ± 0,22 | 0,981 |
| **ITB E** | 0,68 ±0,18 | 0,70 ± 0,22 | 0,790 |
| **Índice de massa corporal (Kg/m$^2$)** | 27,14 ± 5,96 | 26,46 ± 3,75 | 0,680 |
| **Sexo – masculino** | 7 (41%) | 9 (47%) | 0,709 |
| **feminino** | 10 (59%) | 10 (53%) | |
| ***Dados iniciais da avaliação – Teste em esteira*** | | | |
| **$StO_2$ inicial do teste (%)** | 65,89 (63,31 – 68,47) | 65,34 (62,92 – 67,77) | 0,747 |
| **Distância máxima percorrida (m)** | 138,24 (93,04 – 183,43) | 127,89 (77,74 – 178,05) | 0,751 |
| ***Dados de comparação após intervenção*** | | | |
| **Delta da distância em metros** | -14,35 (-33,47 – 4,76) | 225,63 (121,04 – 330,23) | <0,0001* |
| **Grupo de intervenção** | | | |
| **PRPA** | 7 (33,3%) | 14 (66,67%) | |
| **PDE** | 10 (66,67%) | 5 (33,3%) | |
| ***Delta das variáveis da NIRS*** | | | |
| **Delta tempo menor $StO_2$ (s)** | 4,02 (-3,12 – 11,15) | 4,13 (-12,73 – 20,98) | 0,346 |
| **Delta menor $StO_2$ (%)** | 0,07 (-2,88 – 3,02) | 2,23 (-1,27 – 5,74) | 0,158 |
| **Delta Tempo de resistência (s)** | -3,29 (-15,75 – 9,16) | 199,22 (103,96 – 280,48) | <0,0001* |
| **Delta $StO_2$ média (%)** | 0,48 (-2,18 – 5,15) | -5,64 (-10,37 – -2,91) | 0,045* |
| **Delta T100 (s)** | -43,25 (-105,08 – 18,54) | 67,27 (-0,42 – 134,97) | 0,128 |
| **Delta T100 relativizado (s)** | -9,87 (-44,58 – 24,85) | -33,20 (-80,32 – 13,92) | 0,416 |
| **Delta HHb (ua)** | 2,20 (-0,81 – 5,21) | 5,57 (2,13 – 9,01) | 0,412 |
| **Delta $HbO_2$ (ua)** | -1,56 (-4,81 – 1,70) | 0,11 (-2,50 – 2,72) | 0,134 |
| ***Adesão*** | | | |
| **Adesão (%)** | 60,42 (40,15 – 80,73) | 83,42 (77,15 – 109,70) | 0,047* |

**Os dados são apresentados como média ± desvio padrão, ou como frequência absoluta e relativa (%). %: valores expressos em percentuais. s: segundos. ua: unidades arbitrárias. Kg/m$^2$ : quilograma por metro quadrado. * p < 0,05 para comparação entre os grupos.**

## DISCUSSÃO

Neste estudo, indivíduos com DAP submetidos ao PDE apresentaram resultados similares aos do grupo PRPA em relação ao comportamento da oxigenação muscular periférica durante o esforço, após a intervenção, que sugerem adaptações teciduais locais secundárias ao treinamento por exercícios. Além disso, apresentaram melhora da capacidade funcional, com aumento da distância percorrida no teste em esteira e no ISWT, sem diferenças significativas em relação ao PRPA. Apesar disso, o PRPA apresentou melhoras mais expressivas e clinicamente significativas, especialmente em termos do aumento da capacidade de caminhada dos participantes.

Como já descrito na literatura[14], não houve diferenças nos valores basais de $StO_2$ após a intervenção, assim como, no nível de desoxigenação tecidual, detectado pelo $\Delta StO_2$ no teste em esteira, que reflete a isquemia tecidual induzida pelo esforço. Apesar disso, ambos os grupos apresentaram aumento significativo do TR, sem diferença entre eles, sendo a média de 109,88 segundos maior no grupo PRPA (123%) e 97,26 segundos no PDE (65%). Isto mostra que após a intervenção, os participantes conseguiram caminhar por mais tempo na esteira mesmo com níveis baixos de $StO_2$ muscular[14,15].

Além disso, houve melhora na utilização do oxigênio muscular, frente ao tempo maior de caminhada no teste, com aumento significativo do ΔHHb e preservação da $HbO_2$. Este achado vem ao encontro do descrito na literatura de maior preservação da $HbO_2$ em testes submáximos, após o treinamento por exercícios na DAP[31,32]. Isto pode refletir adaptações teciduais secundárias ao treinamento, com melhora da função microvascular, aumento da disponibilidade de oxigênio durante o esforço e maior eficiência na utilização do oxigênio[32].

Na fase de reoxigenação tecidual após o teste em esteira foi verificado aumento do $\Delta StO_2Hip$ nos dois grupos, que representa o aumento da $StO_2$ acima dos valores basais na curva de hiperemia após o esforço. Isto indica que os dois grupos apresentaram uma resposta

hiperêmica maior, frente a isquemia gerada no teste, após o tratamento. Alterações da curva de reoxigenação com aumento da velocidade de reoxigenação ou aumento da área de hiperemia, podem refletir a melhora da função microvascular tecidual[14,32,44].

Não houve diferenças significativas pré e pós-intervenção e nem entre grupos no TTM e no T100, frequentemente reportados na literatura[14,15,17,32]. O aumento do TTM, ou seja, a desoxigenação mais lenta, é descrito como sinal de melhora após o treinamento por exercícios na DAP, pois indica a capacidade de caminhar por mais tempo até que a desoxigenação máxima ocorra, com melhora na relação entre oferta e consumo de oxigênio no esforço[14,17,32]. Houve essa tendência de aumento do TTM, quase cinco vezes maior que o inicial no grupo PRPA, 56,3 segundos (78,51%), do que no PDE, 12,04 segundos (15,10%), mas sem significância estatística. Gardner *et al* (2014) descrevem um aumento no TTM de cerca de 140 segundos nos dois grupos de intervenção, domiciliar e supervisionado, com diferença significativa do controle de cuidado usual, indicando que a desoxigenação induzida pelo exercício foi mais lenta após ambas as intervenções[17]. Essa diferença entre os dois estudos pode ser explicada pela pior capacidade funcional dos indivíduos recrutados para o presente estudo, com tempo total do teste em esteira inicial de cerca de 2,35 minutos, em comparação com os descritos por Gardner *et al* de cerca de 6 minutos[17].

Da mesma forma, também não encontramos diferenças no T100 e no T100R, com tendência de recuperação mais rápida nos dois grupos, PRPA 31% mais rápido e PDE 9%, visto pelo T100R. As variáveis de reoxigenação tecidual após um período de isquemia podem trazer informações acerca da reatividade da microcirculação, de forma que os estudos descrevem a tendência de reoxigenação mais rápida após o treinamento por exercícios na DAP, com redução no T100 ou T50[14,17,32,44] como também da recuperação relativa (relação entre T100 e a duração total do teste em esteira)[32]. Entretanto, nem todos os estudos encontram resultados significativos após o tratamento[14,15,45].

Com relação à capacidade funcional, ambos os grupos apresentaram melhora da distância caminhada no teste em esteira e no ISWT, assim como, no tempo total do teste e no tempo de teste livre de dor em esteira. Apesar de não haver diferença estatisticamente significativa, o grupo PRPA apresentou aumento mais pronunciado destas variáveis. Hageman *et al* apontam que em geral indivíduos submetidos a programas de exercícios supervisionados apresentam ganho de 37% a mais na distância caminhada, cerca de 120 metros, do que os acompanhados em domicílio[29]. No presente estudo, o grupo PRPA teve aumento de 26% a mais na distância máxima em esteira, cerca de 120 metros, do que o PDE. Ainda neste sentido, de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo estudo de Gardner *et al* (2018)[46], é possível afirmar que ambos os grupos obtiveram a diferença clínica minimamente relevante para o aumento do tempo total de caminhada na esteira (pequenas mudanças: 0,5 a 1 minuto, moderadas a grandes mudanças: 1,5 a 2,5 minutos) após a intervenção, sendo que foi considerado grande para o PRPA e pequeno para o PDE[46].

Com relação ao ISWT, houve aumento da distância caminhada em ambos, mais expressivas no PRPA (33,81 metros) que no PDE (14,45 metros). Não houve diferenças significativas nas variáveis de oxigenação tecidual. Foi verificado tendência do aumento do TR em ambos os grupos e do TTM somente no grupo PRPA (61,18%). Alguns estudos descrevem tendência a maior preservação da $HbO_2$ em testes submáximos de esforço, após instituição de programas domiciliares de exercícios[32]. Inicialmente verificamos diferença significativa entre os grupos no ISWT para os parâmetros de $\Delta HbO_2$ e $\Delta HHb$, indicando maior preservação das variáveis no grupo PDE. Porém, quando se observa o delta das variáveis pelo mesmo tempo de teste, no 1º e 2º minutos de desoxigenação, essa diferença não foi confirmada, de forma que não é possível afirmar que ela reflita melhora metabólica do grupo PDE ou maior demanda para o grupo PRPA por ter caminhado o dobro da distância no teste.

A adesão ao tratamento foi similar entre os grupos PRPA e PDE (71%). A literatura aponta taxas de adesão para programas supervisionados de exercícios de 75%[19]e em estudos mistos, que incluem programas domiciliares, taxas de 80 a 85%[17,47,48]. As razões descritas para a má adesão aos programas supervisionados são a falta de motivação do paciente, presença de outras comorbidades que impactam no treinamento, o fato do treino de caminhada induzir a dor isquêmica, além de questões familiares e problemas de acesso e transporte[19].

A literatura aponta que a população de indivíduos com DAP claudicantes é heterogênea em relação a capacidade funcional como também nas respostas à intervenção[12]. Tendo isso em vista esse panorama, os participantes deste estudo foram estratificados em dois grupos (Gr<40% e Gr≥40%), a partir da melhora da distância caminhada no teste em esteira após a intervenção. O ponto corte de 40% foi definido por ser a porcentagem de melhora apontada por Lane *et al* (2017) na revisão sistemática a respeito da intervenção por exercícios na DAP[12]. Não houve diferenças significativas entre os grupos nos dados clínicos e sociodemográficos iniciais. O Gr ≥40% apresentaram maior TR, menor $StO_2$ média durante o teste, indicando que os indivíduos que têm maior queda dos índices de oxigenação tecidual ao longo do teste, que persistem caminhando apesar dos valores baixos de $StO_2$, durante a isquemia induzida pelo exercício, são os que tem maior ganho em termos da distância máxima percorrida. Este achado pode reforçar o fato de que a intensidade de treinamento, que induza os sintomas isquêmicos, possa ser um fator importante na melhora da capacidade funcional na DAP[49,50]. A maioria dos participantes classificados no Gr ≥40% foram do grupo de intervenção presencial (73,68%), o que reforça a superioridade desta modalidade em termos de ganho de capacidade funcional em relação a abordagem domiciliar[29]. A adesão ao tratamento também foi um fator importante. O grupo Gr ≥40%, apresentou uma maior adesão às sessões propostas, cerca de 80%, contando os atendimentos presenciais e as caminhadas realizadas em domicílio, o que pode ter colaborado para os melhores resultados.

Este estudo tem algumas limitações. A amostra foi recrutada de um único centro de referência de cirurgia vascular de um hospital público universitário. A interpretação dos dados frente à validade externa deve considerar que a amostra foi composta de indivíduos com DAP claudicantes, a maioria com limitação da capacidade de caminhar, cerca de 120 metros de distância caminhada inicial, e a maioria com baixa escolaridade. Além disso, os indivíduos recrutados tiveram interesse em participar do estudo, independente do grupo de alocação, indicando que os selecionados foram aqueles com maior interesse, mais acesso ao transporte e com melhores condições de saúde do que aqueles que não aceitaram.

## CONCLUSÃO

Este é o primeiro ensaio clínico latino-americano, realizado no Brasil, país considerado de baixa a média renda, a reportar os resultados de pesquisa comparando a abordagem domiciliar com o treinamento supervisionado convencional na DAP com análise de dados relativos à oxigenação muscular periférica. As duas abordagens apresentarem resultados similares, com tendência de resultados mais expressivos no PRPA, tanto na melhora da resposta da oxigenação tecidual muscular no esforço como na capacidade de caminhada dos participantes. Consideramos que o PDE é uma opção de abordagem viável e efetiva, frente às barreiras existentes para adesão ao atendimento presencial. Talvez possa ser uma estratégia para uso em conjunto com a presencial em modelos híbridos.

## REFERÊNCIAS


1. Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MLEL, *et al*. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur Heart J*. 2018;39(9):763-816. doi:10.1093/eurheartj/ehx095

2. Gerhard-Herman MD, Gornik HL, Barrett C, *et al*. 2016 AHA/ACC guideline on the management of patients with lower extremity peripheral artery disease: A report of the American college of cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2017;135(12):e726-e779. doi:10.1161/CIR.0000000000000471

3. Song P, Rudan D, Zhu Y, *et al*. Global, regional, and national prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2015: an updated systematic review and analysis. *Lancet Glob Health*. 2019;7(8):e1020-e1030. doi:10.1016/S2214-109X(19)30255-4

4. Fowkes FGR, Aboyans V, Fowkes FJI, McDermott MM, Sampson UKA, Criqui MH. Peripheral artery disease: Epidemiology and global perspectives. *Nat Rev Cardiol*. 2017;14(3):156-170. doi:10.1038/nrcardio.2016.179

5. Golledge J. Update on the pathophysiology and medical treatment of peripheral artery disease. *Nat Rev Cardiol*. 2022;19(7):456-474. doi:10.1038/s41569-021-00663-9

6. Hamburg NM, Creager MA. Pathophysiology of intermittent claudication in peripheral artery disease. *Circulation Journal*. 2017;81(3):281-289. doi:10.1253/circj.CJ-16-1286

7. Hiatt WR, Armstrong EJ, Larson CJ, Brass EP. Pathogenesis of the Limb Manifestations and Exercise Limitations in Peripheral Artery Disease. *Circ Res*. 2015;116(9):1527-1539. doi:10.1161/CIRCRESAHA.116.303566

8. McDermott MMG. Lower Extremity Manifestations of Peripheral Artery Disease: The Pathophysiologic and Functional Implications of Leg Ischemia. *Circ Res*. 2015;116(9):1540-1550. doi:10.1161/CIRCRESAHA.114.303517

9. McDermott MM, Liu K, Ferrucci L, *et al*. Decline in functional performance predicts later increased mobility loss and mortality in peripheral arterial disease. *J Am Coll Cardiol*. 2011;57(8):962-970. doi:10.1016/j.jacc.2010.09.053

10. Mazzolai L, Belch J, Venermo M, *et al*. Exercise therapy for chronic symptomatic peripheral artery disease. *Eur Heart J*. 2024;45(15):1303-1321. doi:10.1093/eurheartj/ehad734

11. Peñín-Grandes S, López-Ortiz S, Maroto-Izquierdo S, *et al*. Winners do what they fear: exercise and peripheral arterial disease—an umbrella review. *Eur J Prev Cardiol*. 2024;31(4):380-388. doi:10.1093/eurjpc/zwad261

12. Lane R, Harwood A, Watson L, Leng GC. Exercise for intermittent claudication. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2017;2017(12). doi:10.1002/14651858.CD000990.pub4

13. Treat-Jacobson D, McDermott MM, Bronas UG, *et al*. Optimal Exercise Programs for Patients with Peripheral Artery Disease: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2019;139(4):E10-E33. doi:10.1161/CIR.0000000000000623

14. Cornelis N, Chatzinikolaou P, Buys R, Fourneau I, Claes J, Cornelissen V. The Use of Near Infrared Spectroscopy to Evaluate the Effect of Exercise on Peripheral Muscle Oxygenation in Patients with Lower Extremity Artery Disease: A Systematic Review. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 2021;61(5):837-847. doi:10.1016/j.ejvs.2021.02.008

15. Monteiro DP, Ribeiro-Samora GA, Britto RR, Pereira DAG. Effects of modified aerobic training on muscle metabolism in individuals with peripheral arterial disease: a randomized clinical trial. *Sci Rep*. 2019;9(1). doi:10.1038/s41598-019-52428-7

16. Gardner AW, Montgomery PS, Wang M, Shen B. Association between calf muscle oxygen saturation with ambulatory function and quality of life in symptomatic patients with peripheral artery disease. *J Vasc Surg*. 2020;72(2):632-642. doi:10.1016/j.jvs.2019.09.057

17. Gardner AW, Parker DE, Montgomery PS, Blevins SM. Step-monitored home exercise improves ambulation, vascular function, and inflammation in symptomatic patients with peripheral artery disease: A randomized controlled trial. *J Am Heart Assoc*. 2014;3(5). doi:10.1161/JAHA.114.001107

18. Parmenter BJ, Dieberg G, Smart NA. Exercise Training for Management of Peripheral Arterial Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 2015;45(2):231-244. doi:10.1007/s40279-014-0261-z

19. Harwood AE, Smith GE, Cayton T, Broadbent E, Chetter IC. A systematic review of the uptake and adherence rates to supervised exercise programs in patients with intermittent claudication. *Ann Vasc Surg*. 2016;34:280-289. doi:10.1016/j.avsg.2016.02.009

20. Dua A, Gologorsky R, Savage D, *et al*. National assessment of availability, awareness, and utilization of supervised exercise therapy for peripheral artery disease patients with intermittent claudication. In: *Journal of Vascular Surgery*. Vol 71. Mosby Inc.; 2020:1702-1707. doi:10.1016/j.jvs.2019.08.238

21. Saxon JT, Safley DM, Mena-Hurtado C, *et al*. Adherence to Guideline-Recommended Therapy—Including Supervised Exercise Therapy Referral—Across Peripheral Artery Disease Specialty Clinics: Insights From the International PORTRAIT Registry. *J Am Heart Assoc*. 2020;9(3). doi:10.1161/JAHA.119.012541

22. Divakaran S, Carroll BJ, Chen S, Shen C, Bonaca MP, Secemsky EA. Supervised Exercise Therapy for Symptomatic Peripheral Artery Disease among Medicare Beneficiaries between 2017 and 2018: Participation Rates and Outcomes. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2021;14(8):E007953. doi:10.1161/CIRCOUTCOMES.121.007953

23. McDermott MM. Home-Based Walking Exercise for Peripheral Artery Disease. *JAMA* . 2022;327(12):1339-1340.

24. McDermott MM, Polonsky TS. Home-Based Exercise: A Therapeutic Option for Peripheral Artery Disease. *Circulation*. 2016;134(16):1127-1129. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023691

25. McDermott MM, Dayanidhi S, Kosmac K, *et al*. Walking Exercise Therapy Effects on Lower Extremity Skeletal Muscle in Peripheral Artery Disease. *Circ Res*. 2021;128(12):1851-1867. doi:10.1161/CIRCRESAHA.121.318242

26. McDermott MM, Spring B, Berger JS, Treat-Jacobson D, Conte MS, Creager MA *et al*. Effect of a Home-Based Exercise Intervention of Wearable Technology and Telephone Coaching on Walking Performance in Peripheral Artery Disease: The HONOR Randomized Clinical Trial. *J Vasc Surg*. 2018;68(3):933.

27. Pymer S, Ibeggazene S, Palmer J, *et al*. An updated systematic review and meta-analysis of home-based exercise programs for individuals with intermittent claudication. *J Vasc Surg*. 2021;74(6):2076-2085.e20. doi:10.1016/j.jvs.2021.03.063

28. Twomey A, Khan Z. Home-Based Exercise Therapy in the Management of Intermittent Claudication: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. Published online May 19, 2023. doi:10.7759/cureus.39206

29. Hageman D, Fokkenrood HJP, Gommans LNM, van den Houten MML, Teijink JAW. Supervised exercise therapy versus home-based exercise therapy versus walking advice for intermittent claudication. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018;2018(4). doi:10.1002/14651858.CD005263.pub4

30. van den Houten MML, Hageman D, Gommans LNM, Kleijnen J, Scheltinga MRM, Teijink JAW. The Effect of Supervised Exercise, Home Based Exercise and Endovascular Revascularisation on Physical Activity in Patients With Intermittent Claudication: A Network Meta-analysis. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 2019;58(3):383-392. doi:10.1016/j.ejvs.2018.12.023

31. Manfredini F, Malagoni AM, Mandini S, *et al*. Near-infrared spectroscopy assessment following exercise training in patients with intermittent claudication and in untrained healthy participants. *Vasc Endovascular Surg*. 2012;46(4):315-324. doi:10.1177/1538574412443318

32. Cornelis N, Chatzinikolaou PN, Buys R, *et al*. Near infrared spectroscopy to evaluate the effect of a hybrid exercise programme on peripheral muscle metabolism in patients with intermittent claudication: an exploratory PROSECO-IC sub study. *J Sports Sci*. 2022;40(9):1031-1041. doi:10.1080/02640414.2022.2045062

33. de Oliveira Nascimento I, Geisel PP, de Faria VC, *et al*. Comparison of home-based rehabilitation and a centre-based exercise in terms of functional capacity, muscle oxygenation and quality of life in people with peripheral arterial disease: a protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2024;14(3). doi:10.1136/bmjopen-2023-080071

34. de Carvalho T, Milani M, Ferraz AS, *et al*. Brazilian cardiovascular rehabilitation guideline – 2020. *Arq Bras Cardiol*. 2020;114(5):943-987. doi:10.36660/abc.20200407

35. Bertolucci PHF, Brucki SMD, Campacci SR, Juliano Y. *O MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL EM UMA POPULAÇÃO GERAL IMPACTO DA ESCOLARIDADE*.

36. Norton, K. I. Standards for Anthropometry Assessment. in *Kinanthropometry and Exercise Physiology* 68–137 (Routledge, 2019). doi:10.4324/9781315385662-4.

37. Artinis Medical Systems BV. Optical imaging made easy; Manual PortaMon. 2011;59:0-132. www.artinis.com

38. Paulino Geisel P, Pantuso Monteiro D, de Oliveira Nascimento I, Gomes Pereira DA. Evaluation of functional capacity and muscle metabolism in individuals with peripheral arterial disease with and without diabetes. *J Vasc Surg*. 2022;75(2):671-679. doi:10.1016/j.jvs.2021.08.082

39. Van Beekvelt MCP, Colier WNJM, Wevers RA, Van Engelen BGM. Performance of near-infrared spectroscopy in measuring local O 2 consumption and blood flow in skeletal muscle. *J Appl Physiol*. 2001;90(2):511-519. doi:10.1152/jappl.2001.90.2.511

40. Nicolaï SPA, Viechtbauer W, Kruidenier LM, Candel MJJM, Prins MH, Teijink JAW. Reliability of treadmill testing in peripheral arterial disease: A meta-regression analysis. *J Vasc Surg*. 2009;50(2):322-329. doi:10.1016/j.jvs.2009.01.042

41. Dixit S, Chakravarthy K, Reddy R, Tedla J. Comparison of two walk tests in determining the claudication distance in patients suffering from peripheral arterial occlusive disease. *Adv Biomed Res*. 2015;4(1):123. doi:10.4103/2277-9175.158036

42. Singh SJ, Morgan MDL, Scott S, Walters D, Hardman AE. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax*. 1992;47(12):1019-1024.

43. Da Cunha-Filho IT, Pereira DAG, De Carvalho AMB, Campedeli L, Soares M, De Sousa Freitas J. The reliability of walking tests in people with claudication. *Am J Phys Med Rehabil*. 2007;86(7):574-582. doi:10.1097/PHM.0b013e31806de721

44. McLay KM, Fontana FY, Nederveen JP, *et al*. Vascular responsiveness determined by near-infrared spectroscopy measures of oxygen saturation. *Exp Physiol*. 2016;101(1):34-40. doi:10.1113/EP085406

45. Beckitt TA, Day J, Morgan M, Lamont PM. Calf muscle oxygen saturation and the effects of supervised exercise training for intermittent claudication. *J Vasc Surg*. 2012;56(2):470-475. doi:10.1016/j.jvs.2011.11.140

46. Gardner AW, Montgomery PS, Wang M. Minimal clinically important differences in treadmill, 6-minute walk, and patient-based outcomes following supervised and home-based exercise in peripheral artery disease. *Vascular Medicine (United Kingdom)*. 2018;23(4):349-357. doi:10.1177/1358863X18762599

47. Gardner AW, Parker DE, Montgomery PS, Scott KJ, Blevins SM. Efficacy of quantified home-based exercise and supervised exercise in patients with intermittent claudication: A randomized controlled trial. *Circulation*. 2011;123(5):491-498. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.110.963066

48. McDermott MM, Liu K, Guralnik JM, *et al*. Home-based walking exercise intervention in peripheral artery disease: A randomized clinical trial. *JAMA*. 2013;310(1):57-65. doi:10.1001/jama.2013.7231

49. Polonsky TS, McDermott MM. Lower extremity peripheral artery disease without chronic limb-threatening ischemia: A review. *JAMA - Journal of the American Medical Association*. 2021;325(21):2188-2198. doi:10.1001/jama.2021.2126

50. McDermott MM, Spring B, Tian L, *et al*. Effect of Low-Intensity vs High-Intensity Home-Based Walking Exercise on Walk Distance in Patients with Peripheral Artery Disease: The LITE Randomized Clinical Trial. *JAMA - Journal of the American Medical Association*. 2021;325(13):1266-1276. doi:10.1001/jama.2021.2536

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese foi desenvolvida sob a orientação da professora doutora Danielle Aparecida Gomes Pereira, na linha de pesquisa de desempenho cardiorrespiratório, na área de concentração de desenvolvimento funcional humano do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da UFMG. A ideia do projeto surgiu em tempos de pandemia, quando os atendimentos ambulatoriais presenciais foram suspensos e foi necessária uma adequação de todo sistema de saúde para não desassistir os pacientes. Poucos estudos na Fisioterapia, em geral, abordavam a questão da reabilitação à distância e modelos híbridos de intervenção. Na maioria dos estudos, é clássico o modelo de assistência presencial, três vezes por semana, por 12 semanas.

O projeto inicial, desenvolvido por uma colega, doutoranda da pós-graduação, se tornou guarda-chuva, por sua dimensão e complexidade. Por se tratar de um ensaio clínico aleatorizado, simples cego, tinha a necessidade de duas equipes distintas, uma para avaliar e reavaliar, e outra, para executar a intervenção. Neste cenário que entrei para o doutorado. No mestrado, tive experiência com o estudo da oxigenação muscular com uso da NIRS, na doença arterial periférica. Dessa forma, fui compor a equipe avaliação, que seria responsável por fazer os testes com uso concomitante da NIRS. Meu estudo seria uma parte do projeto maior, com o foco de verificar os efeitos do programa domiciliar na oxigenação muscular periférica de indivíduos com DAP. Pessoalmente, eu me interessei muito pela ideia do projeto, pois independente da pandemia, vivencio as dificuldades de acesso dos pacientes, aos serviços de reabilitação, na minha vida profissional. Trabalho no ambulatório do Hospital das Clínicas, onde temos que adequar o ideal ao que é possível. A maioria dos pacientes não consegue frequentar a Fisioterapia três vezes na semana, seja por questões financeiras ou por necessitarem de ajuda para o transporte. Nem por isso podem ficar sem assistência. Encontrar um caminho em que possamos alinhar resultados efetivos, com uma certa flexibilidade, seria uma boa estratégia. Além disso, realizar a coleta dos dados com uso da NIRS em testes funcionais, seria uma experiência nova, que complementaria meus conhecimentos e habilidades desenvolvidas no mestrado.

De uma forma global, os resultados do estudo evidenciaram que a reabilitação domiciliar, acompanhada por retornos periódicos e monitorização próxima de

profissional, é uma abordagem viável de ser implementada na prática clínica, por trazer resultados significativos e similares, quando comparado com a presencial, na melhora da capacidade funcional e na resposta da oxigenação muscular periférica no esforço. Apesar disso, os participantes do grupo presencial obtiveram melhoras mais expressivas, clinicamente relevantes, especialmente na melhora da capacidade de caminhada, vista pelo aumento da distância total percorrida nos dois testes funcionais. Isto corrobora com o descrito na literatura e serve como base para a recomendação dos guidelines, que consideram a abordagem domiciliar efetiva, mas que deve ser utilizada quando a reabilitação presencial não for uma alternativa viável. Talvez uma abordagem híbrida, com retornos mais frequentes, possa ser uma opção neste sentido. O estudo foi inovador em utilizar a avaliação da oxigenação muscular periférica durante o *Incremental Shuttle Walking Test* (ISWT). Verificamos que o ISWT pode ser usado neste sentido e assim abrimos novas possibilidades de avaliação desta população e de estudos futuros. O ISWT é um teste de fácil utilização, de baixo investimento financeiro, que pode favorecer o acesso desta população a uma avaliação sistematizada de qualidade, ampliando o cuidado e assistência.

Formamos uma equipe de trabalho grande, composta por doutorandos, mestrandos, alunos de iniciação científica e alunos voluntários. Todos muito envolvidos e empenhados para o desenvolvimento da pesquisa. Passamos por muitos desafios, mas acredito que comuns, a pesquisas deste porte. Tive a oportunidade de liderar a equipe avaliação, treinar os membros e a gratidão de conviver com a mesma equipe por longas tardes de coleta na semana, por um ano e meio. Momentos de desafios, aprendizagem e muito companheirismo. Todos focados no propósito de desenvolver a pesquisa e de atender bem o usuário. Tive a oportunidade de vivenciar na prática os desafios da pesquisa clínica, ver de perto dificuldades inimagináveis, muitas vezes relativas ao nosso perfil de pacientes.

Durante o período de doutorado participei de um simpósio internacional de grande relevância na área “XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia Respiratória, Cardiovascular e Terapia Intensiva - SIFR. 2024”, realizado em Brasília. Apresentei um poster, como primeira autora, intitulado “Efeitos do treinamento físico presencial versus domiciliar na oxigenação muscular periférica e capacidade funcional de indivíduos com DAP: dados preliminares de um ensaio clínico randomizado“ com os

dados iniciais da pesquisa, que foi publicado na sessão de anais do congresso. Fui coautora de outros trabalhos de pesquisa do grupo, e, fiquei muito grata de poder coorientar os trabalhos apresentados pelos alunos de iniciação científica. Destes, dois foram premiados em segundo e terceiro lugares, na categoria poster da área de Fisioterapia Cardiovascular. Além disso, integrei uma equipe de fisioterapeutas especialistas da área de Fisioterapia Cardiovascular, em uma força tarefa da SOCESP para redação e publicação de uma diretriz para prescrição de exercícios aeróbicos nas doenças cardiovasculares, publicada em julho 2025, com o título “Desafios e perspectivas do treinamento aeróbico nas doenças cardiovasculares: da UTI à reabilitação ambulatorial”.

Tive a oportunidade de participar do Projeto de Extensão “Serviço de Apoio e Pessoas com Doença Arterial Obstrutiva Periférica”, realizado no Hospital das Clínicas da UFMG e de ver de perto a importância da união do ensino com a prática clínica, como ferramenta de melhoria assistencial e capacitação dos profissionais. Neste mesmo ambulatório cursei a disciplina de prática docente II e ajudei a supervisionar o estágio prático dos alunos de graduação, que considero uma importante atividade de formação do aluno de doutorado, para experimentar o mundo acadêmico.

Não posso deixar de destacar a qualidade do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, composto por professores dedicados e empenhados para o desenvolvimento de pesquisa e formação de novos pesquisadores, mesmo em situações adversas de baixo investimento no país. Acredito que aproveitei ao máximo as oportunidades de fazer parte deste programa, desenvolvi habilidades, aprimorei conhecimentos, cresci profissionalmente e como pesquisadora.  Muita gratidão a todo o processo de formação. Tenho certeza de que os conhecimentos adquiridos vão agregar qualidade na minha atuação profissional.

# REFERÊNCIAS


ABOYANS, V. *et al.* Measurement and interpretation of the ankle-brachial index: A scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 126, n. 24, p. 2890–2909, 11 dez. 2012.

ABOYANS, V. *et al.* 2017 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of peripheral arterial diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS). **European Heart Journal**, v. 39, p. 763–821, 2018.

ADAY, A.W.; MATSUSHITA, K. Epidemiology of Peripheral Artery Disease and Polyvascular Disease. **Circulation Research**, v. 128, n. 12, p. 1818–1832, 11 jun. 2021.

ARTINIS MEDICAL SYSTEMS BV. Optical imaging made easy; **Manual PortaMon.** v. 59, p. 0–132, 2011.

BAKER, W. B. *et al.* Effects of exercise training on calf muscle oxygen extraction and blood flow in patients with peripheral artery disease. **J Appl Physiol**, v. 123, p. 1599–1609, 2017.

BEARNE, L.M. *et al.* Effect of a Home-Based, Walking Exercise Behavior Change Intervention vs Usual Care on Walking in Adults With Peripheral Artery Disease The MOSAIC Randomized Clinical Trial. JAMA - **Journal of the American Medical Association**, v. 327, n. 14, p. 1344–1355, 12 abr. 2022.

BECKITT, T. A. *et al.* Calf muscle oxygen saturation and the effects of supervised exercise training for intermittent claudication. **Journal of Vascular Surgery**, v. 56, n. 2, p. 470–475, ago. 2012.

BERTOLUCCI, P. H. F. *et al.* **O MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL EM UMA POPULAÇÃO GERAL IMPACTO DA ESCOLARIDADE**.

BOEZEMAN, R.P. E. *et al.* Systematic review of clinical applications of monitoring muscle tissue oxygenation with near-infrared spectroscopy in vascular disease. **Microvascular Research Academic** Press Inc., , 2016.

BORG, G. A. V. psychophysical_bases_of_perceived_exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14(5), p. 377–381, jun. 1982.

CHAN, C. *et al.* Wearable Activity Monitors in Home Based Exercise Therapy for Patients with Intermittent Claudication: A Systematic Review. **European Journal of Vascular and Endovascular Surgery**. Saunders Ltd, , 1 abr. 2021.

COLLINS, T.C. *et al.* Effects of a home-based walking intervention on mobility and quality of life in people with diabetes and peripheral arterial disease: A randomized controlled trial. **Diabetes Care**, v. 34, n. 10, p. 2174–2179, 2011.

COLLINS, T. C. *et al.* Efficacy of Community-Based Exercise Therapy among African American Patients with Peripheral Artery Disease: A Randomized Clinical Trial. **JAMA** Network Open, v. 2, n. 2, 1 fev. 2019.

CORNELIS, N. *et al.* The Use of Near Infrared Spectroscopy to Evaluate the Effect of Exercise on Peripheral Muscle Oxygenation in Patients with Lower Extremity Artery Disease: A Systematic Review. **European Journal of Vascular and Endovascular Surgery** W.B. Saunders Ltd, , 1 maio 2021.

CORNELIS, N. *et al.* Near infrared spectroscopy to evaluate the effect of a hybrid exercise programme on peripheral muscle metabolism in patients with intermittent claudication: an exploratory PROSECO-IC sub study. **Journal of Sports Sciences**, v. 40, n. 9, p. 1031–1041, 2022.

CARVALHO, T. de *et al.* Brazilian cardiovascular rehabilitation guideline – 2020. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 114, n. 5, p. 943–987, 1 maio 2020.

NASCIMENTO, I. de Oliveira *et al.* Comparison of home-based rehabilitation and a centre-based exercise in terms of functional capacity, muscle oxygenation and quality of life in people with peripheral arterial disease: a protocol for a randomised controlled trial. **BMJ Open**, v. 14, n. 3, 29 mar. 2024.

DIVAKARAN, S. *et al.* Supervised Exercise Therapy for Symptomatic Peripheral Artery Disease among Medicare Beneficiaries between 2017 and 2018: Participation Rates and Outcomes. **Circulation**: Cardiovascular Quality and OutcomesLippincott Williams and Wilkins, , 1 ago. 2021.

DIXIT, S. *et al.* Comparison of two walk tests in determining the claudication distance in patients suffering from peripheral arterial occlusive disease. **Advanced Biomedical Research**, v. 4, n. 1, p. 123, 2015.

DUA, A. *et al.* National assessment of availability, awareness, and utilization of supervised exercise therapy for peripheral artery disease patients with intermittent claudication. **Journal of Vascular Surgery**, v. 71, n. 5, p. 1702–1707, 1 maio 2020.

FAKHRY, F. *et al.* Supervised walking therapy in patients with intermittent claudication. **Journal of Vascular Surgery,** 56(4), 1132–1142, out. 2012.

FASSORA, M. *et al.* Intensity-dependent effects of exercise therapy on walking performance and aerobic fitness in symptomatic patients with lower-extremity peripheral artery disease: A systematic review and meta-analysis. **Vascular Medicine** (United Kingdom)SAGE Publications Ltd, , 1 abr. 2022.

FOWKES, F. *et al.* Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: A systematic review and analysis. **The Lancet**, v. 382, n. 9901, p. 1329–1340, 2013.

FOWKES, F. *et al.* Peripheral artery disease: Epidemiology and global perspectives. **Nature Reviews** CardiologyNature Publishing Group, , 1 mar. 2017.

GARDNER, A.W. *et al.* Calf muscle hemoglobin oxygen saturation characteristics and exercise performance in patients with intermittent claudication. **Journal of Vascular Surgery**, v. 48, n. 3, p. 644–649, 2008.

GARDNER, A.W. *et al.* Efficacy of quantified home-based exercise and supervised exercise in patients with intermittent claudication: A randomized controlled trial. **Circulation,** v. 123, n. 5, p. 491–498, 8 fev. 2011.

GARDNER, A.W. *et al.* Step-monitored home exercise improves ambulation, vascular function, and inflammation in symptomatic patients with peripheral artery disease: A randomized controlled trial. **Journal of the American Heart Association**, v. 3, n. 5, 2014.

GARDNER, A.W.*et al*. Changes in vascular and inflammatory biomarkers after exercise rehabilitation in patients with symptomatic peripheral artery disease. **Journal of Vascular Surgery**, v. 70, n. 4, p. 1280–1290, 1 out. 2019.

GARDNER, A.W. *et al.* Association between calf muscle oxygen saturation with ambulatory function and quality of life in symptomatic patients with peripheral artery disease. **Journal of Vascular Surgery**, v. 72, n. 2, p. 632–642, 1 ago. 2020.

GERHARD-HERMAN, M.D. *et al.* 2016 AHA/ACC guideline on the management of patients with lower extremity peripheral artery disease: A report of the American college of cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. . **Circulation**, v. 135, n. 12, p. e726–e779, 2017.

GOLLEDGE, J. Update on the pathophysiology and medical treatment of peripheral artery disease. **Nature Reviews** CardiologyNature Research, , 1 jul. 2022.

Gommans, L. N. M. *et al.* Minimal correlation between physical exercise capacity and daily activity in patients with intermittent claudication. **J Vasc Surg** 63, 983–989 (2016).

GORNIK, H. 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** , 11 jun. 2024.

GRENON, S. M. *et al.* Walking disability in patients with peripheral artery disease is associated with arterial endothelial function. **Journal of Vascular Surgery**, v. 59, n. 4, p. 1025–1034, 2014.

HAGEMAN, David *et al.* Supervised exercise therapy versus home-based exercise therapy versus walking advice for intermittent claudication. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, 6 abr. 2018.

HAMBURG, N. M. ; CREAGER, M. A. Pathophysiology of intermittent claudication in peripheral artery disease. **Circulation Journal** vol. 81 281–289.

HARWOOD, A.*et al.* A Review of the Potential Local Mechanisms by Which Exercise Improves Functional Outcomes in Intermittent Claudication. **Annals of Vascular Surgery**, v. 30, p. 312–320, 1 jan. 2016.

HIATT, W.R. *et al.* Pathogenesis of the Limb Manifestations and Exercise Limitations in Peripheral Artery Disease. **Circulation Research**, v. 116, n. 9, p. 1527–1539, 24 abr. 2015.

HIATT, W. *et al* The treadmill is a better functional test than the 6-minute walk test in therapeutic trials of patients with peripheral artery disease. **Circulation**, v. 130, n. 1, p. 69–78, 1 jul. 2014.

Hirsch, A. T. *et al.* ACC/AHA 2005 practice guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (Lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic). **Circulation** vol. 113, 2006.

JANSEN, S. C. P. *et al.* Modes of exercise training for intermittent claudication. **Cochrane Database of Systematic Reviews,** ago. 2020.

JONES, S. *et al.* Recent developments in near-infrared spectroscopy (NIRS) for the assessment of local skeletal muscle microvascular function and capacity to utilise oxygen. **Artery Research**, v. 16, p. 25–33, 2016.

LABS, K. H. *et al.* Reliability of treadmill testing in peripheral arterial disease: a comparison of a constant load with a graded load treadmill protocol. **Vascular Medicine**, v. 4, n. 4, p. 239–246, 1 nov. 1999.

LANE, R. *et al.* Exercise for intermittent claudication. **Cochrane Database of Systematic Reviews,** dez 2017.

LAURET, G. *et al.* Modes of exercise training for intermittent claudication. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 2014, n. 7, 2014.

MAKDISSE, M. *et al*. Prevalência e fatores de risco associados à doença arterial periférica no projeto corações do Brasil. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 91(6)

MALAGONI, A.M. *et al.* Resting muscle oxygen consumption by near-infrared spectroscopy in peripheral arterial disease: A parameter to be considered in a clinical setting? **Angiology,** v. 61, n. 6, p. 530–536, 2010.

MANFREDINI, F. *et al.* A Dynamic Objective Evaluation of Peripheral Arterial Disease by Near-Infrared Spectroscopy. **European Journal of Vascular and Endovascular Surgery**, v. 38, n. 4, p. 441–448, 2009.

MANFREDINI, F. *et al.* Near-infrared spectroscopy assessment following exercise training in patients with intermittent claudication and in untrained healthy participants. **Vascular and Endovascular Surgery**, v. 46, n. 4, p. 315–324, 2012.

MANFREDINI, F. *et al.* Biomarkers of muscle metabolism in peripheral artery disease: A dynamic NIRS-assisted study to detect adaptations following revascularization and exercise training. **Diagnostics,** v. 10, n. 5, 1 maio 2020.

MAZZOLAI, L. *et al.* Exercise therapy for chronic symptomatic peripheral artery disease. **European Heart Journal**, v. 45, n. 15, p. 1303–1321, 14 abr. 2024.

MCDERMOTT, M. M. *et al.* Effect of a Home-Based Exercise Intervention of Wearable Technology and Telephone Coaching on Walking Performance in Peripheral Artery Disease: The HONOR Randomized Clinical Trial. **Journal of Vascular Surgery**, v. 68, n. 3, p. 933, 2018.

MCDERMOTT, M. M. *et al.* Decline in functional performance predicts later increased mobility loss and mortality in peripheral arterial disease. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 57, n. 8, p. 962–970, 22 fev. 2011.

MCDERMOTT, M. M. *et al.* Ankle brachial index values, leg symptoms, and functional performance among community-dwelling older men and women in the lifestyle interventions and independence for elders study. **Journal of the American Heart Association**, v. 2, n. 6, 2013.

MCDERMOTT, M. M. *et al.* Home-based walking exercise intervention in peripheral artery disease: A randomized clinical trial. **JAMA**, v. 310, n. 1, p. 57–65, 3 jul. 2013.

MCDERMOTT, M. M. *et al.* Six-minute walk is a better outcome measure than treadmill walking tests in therapeutic trials of patients with peripheral artery disease. **Circulation**, v. 130, n. 1, p. 61–68, 2014.

MCDERMOTT, M. M. Exercise rehabilitation for peripheral artery disease. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, 2018.

MCDERMOTT, M. M. *et al.* Effect of Low-Intensity vs High-Intensity Home-Based Walking Exercise on Walk Distance in Patients with Peripheral Artery Disease: The LITE Randomized Clinical Trial. **JAMA** - Journal of the American Medical Association, v. 325, n. 13, p. 1266–1276, 6 abr. 2021a.

MCDERMOTT, M.M. *et al.* Walking Exercise Therapy Effects on Lower Extremity Skeletal Muscle in Peripheral Artery Disease. **Circulation Research**, v. 128, n. 12, p. 1851–1867, 11 jun. 2021b.

MCDERMOTT, M.M.; POLONSKY, T.S. Home-Based Exercise: A Therapeutic Option for Peripheral Artery Disease. **Circulation,** out 2016.

MCDERMOTT, M.M. *et al.* The ankle brachial index and change in lower extremity functioning over time: The women's health and aging study. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 50, n. 2, p. 238–246, 2002.

MCDERMOTT, M. Mc Grae. Lower Extremity Manifestations of Peripheral Artery Disease: The Pathophysiologic and Functional Implications of Leg Ischemia. Circulation Research, v. 116, n. 9, p. 1540–1550, 24 abr. 2015.

MCDERMOTT, MD, MM. Home-Based Walking Exercise for Peripheral Artery Disease. **JAMA** , v. 327, n. 12, p. 1339–1340, abr. 2022.

MCLAY, K.M. *et al.* Vascular responsiveness determined by near-infrared spectroscopy measures of oxygen saturation. **Experimental Physiology**, v. 101, n. 1, p. 34–40, 2016.

MONTEIRO, D.P. *et al.* Effects of modified aerobic training on muscle metabolism in individuals with peripheral arterial disease: a randomized clinical trial. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 1 dez. 2019.

MULLER, M. D. *et al.* Physiology in medicine: Peripheral arterial disease. **Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 9, p. 1219–1226, 2013.

NICOLAÏ, S. P. A. *et al.* Reliability of treadmill testing in peripheral arterial disease: A meta-regression analysis. **Journal of Vascular Surgery**, v. 50, n. 2, p. 322–329, ago. 2009.

NOBLE, B.J. clinical_applications_of_perceived_exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14(5), p. 406–411, 1982.

Norgren, L. *et al.* Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). **Journal of Vascular Surgery** vol. 45, 2007.

PATEL, M.R. *et al.* Evaluation and treatment of patients with lower extremity peripheral artery disease: Consensus definitions from peripheral academic research consortium (PARC). **Journal of the American College of Cardiology** mar. 2015.

PAULINO GEISEL, P. *et al.* Evaluation of functional capacity and muscle metabolism in individuals with peripheral arterial disease with and without diabetes. **Journal of Vascular Surgery,** v. 75, n. 2, p. 671–679, 1 fev. 2022.

PEÑÍN-GRANDES, S. *et al.* Winners do what they fear: exercise and peripheral arterial disease—an umbrella review. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 31, n. 4, p. 380–388, 1 mar. 2024.

POLONSKY, T. *et al* Lower extremity peripheral artery disease without chronic limb-threatening ischemia: A review. **JAMA** - Journal of the American Medical AssociationAmerican Medical Association, , 1 jun. 2021.

PYMER, S. *et al.* An updated systematic review and meta-analysis of home-based exercise programs for individuals with intermittent claudication. **Journal of Vascular Surgery** dez. 2021.

SAXON, J. T. *et al.* Adherence to Guideline-Recommended Therapy—Including Supervised Exercise Therapy Referral—Across Peripheral Artery Disease Specialty Clinics: Insights From the International PORTRAIT Registry. **Journal of the American Heart Association**, v. 9, n. 3, 4 fev. 2020.

Singh, S. J. *et al*. *Development of a Shuttle Walking Test of Disability in Patients with Chronic Airways Obstruction*. **Thorax** vol. 47 (1992).

SONG, P.*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.

Teixeira Da Cunha-Filho, I. *et al*. Reliability of Walking Tests in Claudicating Patients: A Pilot Study. **J Vasc Bras** vol. 7 (2008).

TREAT-JACOBSON, D.*et al.* Optimal Exercise Programs for Patients with Peripheral Artery Disease: A Scientific Statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 139, n. 4, p. E10–E33, 22 jan. 2019.

TWOMEY, A. *et al*. Home-Based Exercise Therapy in the Management of Intermittent Claudication: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Cureus**, 19 maio 2023.

VAN BEEKVELT, M. C. P. *et al.* Performance of near-infrared spectroscopy in measuring local O 2 consumption and blood flow in skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 2, p. 511–519, 2001.

VAN DEN HOUTEN, M. M. L. *et al.* The Effect of Supervised Exercise, Home Based Exercise and Endovascular Revascularisation on Physical Activity in Patients With Intermittent Claudication: A Network Meta-analysis. **European Journal of Vascular and Endovascular Surgery** 1 set. 2019.

VITA, J. *et al*. Does endothelial dysfunction contribute to the clinical status of patients with peripheral arterial disease? **Canadian Journal of Cardiology**, v. 26, n. SUPPLA, p. 45A-50A, 2010.

WALBURG, St. Optical imaging made easy PortaMon O P T I C A L I M A G I N G M A D E E A S Y User Manual PortaMon Artinis Medical Systems BV. *[S.d.].* Walburg, S. Optical imaging made easy PortaMon O P T I C A L I M A G I N G M A D E E A S Y User Manual PortaMon Artinis Medical Systems BV.

ZWIERSKA, I. *et al.* Treadmill versus shuttle walk tests of walking ability in intermittent claudication. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 11, p. 1835–1840, nov. 2004.

# ANEXOS

Anexo A

## PARECER DE APROVAÇÃO NO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Plataforma Brasil

### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

**DADOS DA EMENDA**

**Título da Pesquisa:** EFETIVIDADE DA REABILITAÇÃO DOMICILIAR EM COMPARAÇÃO COM A REABILITAÇÃO PRESENCIAL EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA: UM ENSAIO CLÍNICO ALEATORIZADO.

**Pesquisador:** Danielle Aparecida Gomes Pereira

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 51042621.5.0000.5149

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Minas Gerais

**Patrocinador Principal:** Universidade Federal de Minas Gerais

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 5.735.650

**Apresentação do Projeto:**

Segundo os autores, A doença arterial periférica (DAP) é uma condição cardiovascular que acomete mais de 236 milhões de pessoas em todo o mundo e cuja incidência aumenta consistentemente com o avançar da idade. Nos países de baixa e média renda, a perda econômica total devido a doenças cardiovasculares foi estimada em US$ 3,7 trilhões entre 2011 e 2015, representando aproximadamente metade da carga econômica das doenças não transmissíveis e 2% do produto interno bruto dessas localidades.

Os programas de exercícios supervisionados são baseados em treinos de caminhada intermitente em ambiente clínico, uma opção relativamente barata e de baixo risco comparados às terapias invasivas, mas que persistem subutilizados. Apesar dos benefícios comprovados dos programas de exercícios supervisionados amplamente descritos na literatura, ainda é limitada a compreensão dos mecanismos subjacentes ao exercício na perfusão muscular e são baixas a disponibilidade de serviços de reabilitação, as taxas de participação e adesão.

Recentemente, a pandemia mundial pelo novo coronavírus (COVID-19) chegou subitamente, desafiou a prestação de cuidados e ampliou as barreiras aos programas de exercícios supervisionados. Como medida para tentar limitar a exposição ao vírus, controlar a propagação da doença e prevenir o colapso dos sistemas de saúde, as autoridades orientaram o distanciamento social. Neste cenário, tornou-se muito importante a avaliação detalhada da efetividade de

**Endereço:** Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 ¿ 2º. Andar ¿ Sala 2005 ¿ Campus Pampulha
**Bairro:** Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE
**Telefone:** (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

processos de reabilitação domiciliar para pacientes com DAP, em comparação com procedimentos padrão de reabilitação presencial, conforme proposto por este projeto de pesquisa.

**Objetivo da Pesquisa:**

A coordenadora do projeto solicitou a modificação do termo "eficácia" por "efetividade" no objetivo principal do projeto:

"Investigar a efetividade de um programa domiciliar de exercícios (PDE) na capacidade funcional, oxigenação muscular periférica e qualidade de vida dos indivíduos com DAP, comparados com o programa de reabilitação presencial ambulatorial (PRPA), em um país de baixa e média renda."

Os objetivos específicos permaneceram os mesmos:

Objetivos específicos

- Avaliar se o PDE melhora a capacidade funcional em indivíduos com DAP;
- Explorar os efeitos do PDE na oxigenação muscular periférica de indivíduos com DAP;
- Investigar o impacto do PDE na qualidade de vida de indivíduos com DAP;
- Analisar se os protocolos influenciam no comprometimento funcional autorrelatado pelos indivíduos com DAP;
- Averiguar os efeitos dos protocolos no gerenciamento dos fatores de risco cardiovasculares e na morbidade em indivíduos com DAP;
- Comparar o nível de atividade física entre os indivíduos com DAP de ambos protocolos;
- Verificar a adesão dos participantes aos diferentes protocolos;
- Compreender as percepções dos participantes sobre o PDE no que tange a aceitabilidade e satisfação.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

De acordo com relatoria do projeto original, e de acordo com a emenda agora encaminhada, os riscos e benefícios envolvidos continuam os mesmos:

Riscos:

Os teste de capacidade funcional, teste de caminhada na esteira e o teste de caminhada no solo, são exames de baixo risco e, caso a equipe de saúde julgue que para o indivíduo o risco é muito alto, ele nem será incluído no estudo. No entanto, pelo menos teoricamente, qualquer teste de exercício tem algum risco potencial: arritmias, elevação da pressão arterial, síncope e, em raríssimas circunstâncias, parada cardiorrespiratória. Porém, o sujeito estará monitorizado o

tempo todo e os testes serão acompanhados por médicos e fisioterapeutas treinados para atender caso aconteça qualquer emergência. Durante a realização as sessões de exercícios os riscos decorrente da pesquisa são os riscos próprios da realização de atividade física, como fadiga, dor muscular e queda. Entretanto, esses riscos são semelhantes com aqueles que existem quando se caminha em atividades habituais, na rua ou em uma praça. Durante os exercícios realizados em sua casa, caso aconteça qualquer evento grave, como infarto, arritmia ou parada cardiorrespiratória, o atendimento emergencial será feito pelo SAMU. A equipe de fisioterapeutas estará acompanhando por meio de ligações telefônicas semanais eventuais eventos adversos que contraindiquem a continuidade do participante no treinamento a distância, e também se coloca a disposição para eventuais esclarecimentos independentemente do horário e dia da semana.

Benefícios:
Ao participar deste estudo, independente do grupo selecionado, o voluntário estará se beneficiando da realização do exercício físico que é importante para sua condição de saúde. Além disso, espera-se que os resultados desse estudo possam comprovar a aplicabilidade dessa forma de tratamento, o que favorece a participação de mais pessoas na reabilitação vascular, tanto em localidades que não possuam essa terapia como também nos casos em que as pessoas deixam de realizá-la por dificuldades de deslocamento, tempo ou financeiras.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**
O projeto de pesquisa é relevante, especialmente considerando-se a prevalência da DAP, sua importância e morbidade associada, e a necessidade de desenvolvimento de projetos de reabilitação a distância em períodos de isolamento social (como a pandemia de COVID-19), mas que podem ser utilizados também como ferramentas em outros contextos, na impossibilidade de comparecimento dos pacientes às sessões presenciais.

Na presente emenda, os pesquisadores solicitam meramente correções textuais, com a troca da palavra eficácia por efetividade, no título do projeto e nos objetivos, além de modificação de fabricantes e modelos dos equipamentos para monitorização objetiva da atividade física e para monitorização de frequência cardíaca (frequencímetro). Tais modificações textuais foram solicitadas pela banca que participou da avaliação do projeto (qualificação) e em resposta às mudanças de equipamentos utilizados, para os mesmos fins anteriormente propostos.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**
A documentação necessária, de acordo com as normas de apreciação ética da pesquisa clínica,

foram apresentados adequadamente.

**Recomendações:**

Somos a favor, S.M.J., de aprovação da emenda.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Emenda aprovada.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o CEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|---|---|---|---|---|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1984487_E1.pdf | 15/07/2022 20:49:21 | | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | PROJETO_Emenda_COEP.pdf | 15/07/2022 20:38:20 | ISABELLA DE OLIVEIRA NASCIMENTO | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_Emenda_COEP.pdf | 15/07/2022 20:34:46 | ISABELLA DE OLIVEIRA NASCIMENTO | Aceito |
| Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável | Carta_Emenda_COEP.pdf | 15/07/2022 20:32:52 | ISABELLA DE OLIVEIRA NASCIMENTO | Aceito |
| Solicitação registrada pelo CEP | Termo_de_Compromisso_TCUD.pdf | 28/10/2021 11:56:19 | ISABELLA DE OLIVEIRA NASCIMENTO | Aceito |
| Outros | Carta_resposta_a_diligencia.pdf | 28/10/2021 11:52:07 | ISABELLA DE OLIVEIRA NASCIMENTO | Aceito |
| Declaração de concordância | ANUENCIA_HC_EBSERH.pdf | 11/08/2021 10:20:33 | ISABELLA DE OLIVEIRA NASCIMENTO | Aceito |
| Folha de Rosto | FOLHA_DE_ROSTO_ASSINADA.pdf | 12/04/2021 | ISABELLA DE | Aceito |

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Continuação do Parecer: 5.735.650

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Folha de Rosto | FOLHA_DE_ROSTO_ASSINADA.pdf | 22:48:42 | OLIVEIRA NASCIMENTO | Aceito |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura | PARECER_CAMARA_DEPARTAMENTAL.pdf | 07/04/2021 10:09:22 | ISABELLA DE OLIVEIRA NASCIMENTO | Aceito |
| Declaração de Pesquisadores | DECLARACAO_PESQUISADORES.pdf | 23/03/2021 18:05:04 | ISABELLA DE OLIVEIRA NASCIMENTO | Aceito |
| Orçamento | ORCAMENTO.pdf | 19/03/2021 12:14:29 | ISABELLA DE OLIVEIRA NASCIMENTO | Aceito |
| Cronograma | CRONOGRAMA.pdf | 19/03/2021 12:12:18 | ISABELLA DE OLIVEIRA NASCIMENTO | Aceito |

**Situação do Parecer:**
Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**
Não

BELO HORIZONTE, 02 de Novembro de 2022

**Assinado por:**
**Críssia Carem Paiva Fontainha**
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 ¿ 2º. Andar ¿ Sala 2005 ¿ Campus Pampulha
**Bairro:** Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE
**Telefone:** (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

Anexo B

# ANUÊNCIA HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA UFMG



UFMG HC | EBSERH

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Avenida Professor Alfredo Balena, nº 110 - Bairro Santa Efigênia
Belo Horizonte-MG, CEP 30130-100
- http://hc-ufmg.ebserh.gov.br

**Carta - SEI nº 8/2021/SGPIT/GEP/HC-UFMG-EBSERH**

Belo Horizonte, 09 de agosto de 2021.

## CARTA DE ANUÊNCIA

1. Informo para os devidos fins e efeitos legais, objetivando atender as exigências para a obtenção de parecer do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, e como representante legal da Instituição, estar ciente do projeto de pesquisa: **"EFICÁCIA DA REABILITAÇÃO DOMICILIAR EM COMPARAÇÃO COM A REABILITAÇÃO PRESENCIAL EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA: UM ENSAIO CLÍNICO ALEATORIZADO."**, sob a responsabilidade da Pesquisadora Principal **ISABELLA DE OLIVEIRA NASCIMENTO.**

2. Declaro ainda conhecer e cumprir as orientações e determinações fixadas na Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde e demais legislações complementares.

3. No caso de não cumprimento, por parte do pesquisador, das determinações éticas e legais, a Gerência de Ensino e Pesquisa tem a liberdade de retirar a anuência a qualquer momento da pesquisa sem penalização alguma.

4. Considerando que esta Instituição tem condição para o desenvolvimento deste projeto, autorizo a sua execução nos termos propostos mediante a plena aprovação do CEP competente.

(assinado eletronicamente)
ANTONIO LUIZ PINHO RIBEIRO
CHEFE DO SETOR DE GESTÃO DE PESQUISA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

(assinado eletronicamente)
FABIANA MARIA KAKEHASI
GERENTE DE ENSINO E PESQUISA

Documento assinado eletronicamente por **Antonio Luiz Pinho Ribeiro, Chefe de Unidade**, em 09/08/2021, às 11:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Fabiana Maria Kakehasi, Gerente**, em 09/08/2021, às 12:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ebserh.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **15427467** e o código CRC **AC6AFBD6**.

Anexo C

## ANUÊNCIA DO SETOR MULTIPROFISSIONAL E REABILITAÇÃO

EBSERH
HOSPITAIS UNIVERSITÁRIOS FEDERAIS

90 ANOS HC-UFMG

UFMG

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA UFMG

### PARECER DA UNIDADE /SETOR

| |
|---|
| **UNIDADE FUNCIONAL: Unidade Multiprofissional e Reabilitação** |
| **1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO** |
| 1.1 Título: **EFICÁCIA DA REABILITAÇÃO DOMICILIAR EM COMPARAÇÃO COM A REABILITAÇÃO \PRESENCIAL EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA UM ENSAIO CLÍNICO ALEATORIZADO** |
| **1.2. Pesquisador Principal: Isabella de Oliveira Nascimento** |
| **1.3. Período previsto de vigência da pesquisa:**<br>**Ano de início: 2021 Ano de previsão de término: 2022** |
| **1.4. Lugar do hospital onde o Projeto de Pesquisa será desenvolvido:**<br>Como proposto pelo pesquisador teremos dois estudos em comparação. Um deles será realizado em formato presencial, nas dependências do Ambulatório Jenny de Andrade Farias e o outro será desenvolvido a distância, por meio de telemonitoramento junto aos pacientes selecionados para a amostra. A amostra é composta por pacientes maiores de 18 anos, com queixa identificada de doença arterial periférica, oriundos da clinica de doenças cardiovasculares periféricas, portanto, a unidade responsável pelo Serviço de Cirurgia Vascular do Hospital das Clínicas (HC) também precisará dar ciência para sua realização. |
| **1.5 O Projeto de Pesquisa demanda recursos do hospital?**<br>O objetivo desse projeto de pesquisa é investigar a eficácia de um programa domiciliar de exercícios na capacidade funcional, oxigenação muscular periférica e qualidade de vida dos indivíduos com DAP. Nesse caso utilizará a telerreabilitação como ferramenta de intervenção a distância e irá comparar os resultados alcançados com os dados do programa de reabilitação presencial ambulatorial, realizado nas dependências do Ginásio de Fisioterapia, no Ambulatório Jenny de Andrade Faria.<br>Segundo declarado no projeto, os custos diretos serão submetidos a órgãos de fomento à pesquisa, para aquisição de todos os equipamentos e materiais necessários à sua realização. No caso da inoperância dessa via, a pesquisadora declara assumir os custos de realização do projeto. Em se tratando dos custos indiretos |

EBSERH

90 ANOS HC-UFMG

UFMG

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA UFMG

é necessário esclarecer qual será a participação de funcionários fisioterapeutas na execução de parte do projeto. A infraestrutura física é de responsabilidade da Unidade de Ambulatórios e como tal declara não haver ônus para o hospital.

( ) Informática ( ) Área física ( x )RH ( ) Outros

- Em caso afirmativo, especifique quais são os recursos:

Os funcionários da Unidade Multiprofissional participarão da pesquisa.

- Esses recursos estão disponíveis?

( x ) Sim ( ) Não

**2. INFORMAÇÕES FINANCEIRAS**

2.1 Este Projeto de Pesquisa vai gerar custos para a instituição?

( x ) Sim ( x ) Não

- Em caso afirmativo, especifique quais são os custos adicionais que serão gerados:

Participação de profissionais do Serviço de Fisioterapia dentro de seu horário de trabalho.

2.2 No caso de custos qual tipo de fomento será utilizado?

( x ) Sem fomento externo ( ) Público Nacional ( ) Público Internacional

( ) Privado Nacional ( ) Privado Transnacional

- Especifique a agência de fomento:

**3. AVALIAÇÃO: o prazo para emissão do parecer é de 15 dias.**

EBSERH

90 ANOS HC-UFMG

UFMG

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA UFMG

**3.1 Parecer de viabilidade econômica e logística na unidade ou setor:**

O projeto será desenvolvido nas dependências do Hospital das Clínicas, UFMG, EBSERH, em pacientes com DAOP. Trata-se de projeto com dois tipos de pesquisa: um primeiro com desenho do tipo ensaio clínico-experimental e outro do tipo observacional exploratório. Os pacientes serão acompanhados em parte, por meio do projeto de extensão desenvolvido pela orientadora Profa. Dra. Danielle Gomes. Os pacientes são provenientes do Serviço de Serviço de Cirurgia Vascular do Hospital das Clínicas/UFMG, EBSERH e são encaminhados por interconsultas.

A infraestrutura física já existe no Ambulatório Jenny de Andrade Farias e atende a essa clientela. Os insumos (materiais e equipamentos) serão de responsabilidade da pesquisadora se não houver financiamento de agências de fomento. Consideramos que a participação dos funcionários do Serviço de Fisioterapia deva se dar dentro das atividades já desenvolvidas em seus processos de trabalho, sem gerar ônus aos pacientes, aos funcionários ou aos serviços envolvidos. Considero viável econômica e logisticamente.

**3.2 Avaliação de mérito (apenas para projetos que não foram avaliados na Faculdade de Medicina da UFMG):**

Trata-se de um projeto de pesquisa quali-quantitativo, desenhado por meio de dois estudos. O primeiro será um ensaio clínico aleatorizado paralelo do tipo simples cego, composto por dois grupos: um grupo testado por meio de programa domiciliar de exercícios que utilizará a telerreabilitação (PDET) e protocolos de análise do efeito da atividade física na capacidade funcional, oxigenação muscular periférica e qualidade de vida dos indivíduos com DOAP e o outro grupo será submetido ao programa de reabilitação presencial ambulatorial (PRPA). O segundo estudo será do tipo qualitativo com a proposta de avaliar características sociodemográficas e variáveis de interveniência no estudo do tipo adesão ao protocolo de intervenção.

A amostra será composta de pacientes encaminhados ao atendimento ambulatorial em reabilitação fisioterápica de doenças cardiovasculares periféricas, já acompanhados pela orientadora em projeto de extensão de número 400896 - Serviço de Apoio às Pessoas com Doença Arterial Obstrutiva Periférica" (SAP-DAOP), já aprovado pela GEPE, por meio do CENEX/HC/UFMG, EBSERH.

A literatura citada pela pesquisadora recomenda a utilização de programas de exercícios

EBSERH HOSPITAIS UNIVERSITÁRIOS FEDERAIS

90 ANOS HC-UFMG

UFMG

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA UFMG

| |
|---|
| supervisionados como forma de melhorar a performance cardiovascular periférica. Os principais problemas estão relacionados a baixa adesividade ao programa e a baixa evidência sobre a efetividade das atividades realizadas "em casa". O estudo é uma oportunidade de testar a efetividade e o impacto de um programa de exercícios em pacientes com DAOP se comparado ao programa de atividades físicas já desenvolvido no projeto de extensão em curso. |
| **3.3 Voto: Somos salvo melhor juízo favoráveis à execução do projeto desde que atendidas as recomendações finais.** |
| **3.4 Recomendações finais:**<br>Trata-se de pacientes com doenças arteriais periféricas, assim sugeriríamos aumentar a frequência dos acompanhamentos domiciliares, em virtude dos riscos envolvidos. Recomendamos também que a unidade responsável pelo Serviço de Cirurgia Vascular do Hospital das Clínicas emita parecer de viabilidade, pois os pacientes são encaminhados internamente, por esse serviço.<br>Os pacientes são regulados pelo Sistema Único de Saúde, como tal deverão ter agendamento eletrônico. A pesquisadora deverá também utilizar do prontuário institucional do paciente, para registro dos atendimentos realizados e declaração de estatística registradas para o Serviço de Fisioterapia do HC/UFMG, EBSERH. Os registros serão providenciados para o pesquisador ou para seu orientador. |

Belo Horizonte, 05 de Julho de 2021

Liane Morais Amaral
Chefe de Unidade Funcional
Insc. UFMG 2194282

**Chefe da Unidade Funcional/Setor**

**Coordenação Técnica**

Anexo D

**ANUÊNCIA DO**

**SERVIÇO DE APOIO ÀS PESSOAS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA**

Hospital das Clínicas
Universidade Federal de Minas Gerais

*Serviço de Apoio às Pessoas com Doença Arterial Obstrutiva Periférica (SAP-DAOP)*

**Carta de Anuência**

Venho informar que o Serviço de Apoio às Pessoas com Doença Arterial Obstrutiva Periférica (SAP-DAOP), projeto de extensão que funciona no Instituto Jenny de Andrade Faria do Hospital das Clínicas da UFMG está de acordo com a realização do projeto de pesquisa intitulado "EFICÁCIA DA REABILITAÇÃO DOMICILIAR EM COMPARAÇÃO COM A REABILITAÇÃO PRESENCIAL EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA: UM ENSAIO CLÍNICO ALEATORIZADO", vinculado às atividades do projeto.

Este estudo será desenvolvido pela doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Isabella de Oliveira Nascimento, sob minha orientação Profª. Danielle Aparecida Gomes Pereira do Departamento de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG, coordenadora do SAP-DAOP.

Trata-se de um ensaio clínico que objetiva investigar a eficácia de um programa domiciliar de exercícios que utiliza a telerreabilitação na capacidade funcional, oxigenação muscular periférica e qualidade de vida dos indivíduos com doença arterial periférica (DAP), comparados com o programa de reabilitação presencial ambulatorial. Esse último corresponde a prática usual da reabilitação vascular desenvolvida no projeto de extensão SAP-DAOP. O grupo domiciliar realizará os exercícios com supervisão a distância, com sessões domiciliares monitoradas por pedômetro, cardiofrequencímetro e percepção subjetiva do esforço, terão os exercícios registrados em diário de treinamento e serão acompanhados por ligações telefônicas. A realização do estudo não implicará em gasto adicional para esta instituição. Todo material necessário para o estudo será custeado por mim, pesquisadora responsável.

Os pacientes serão convidados a participar do estudo e somente aqueles que assinarem o termo de consentimento livre esclarecido serão incluídos.

Belo Horizonte, 12 de abril de 2021

Profª. Danielle Aparecida Gomes Pereira
Coordenadora do Serviço de Apoio a Pessoas com DAOP
Professora do Departamento de Fisioterapia da UFMG – Matrícula UFMG 22409-X

Anexo E

## MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL

### MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL
(Folstein, Folstein & McHugh, 1.975)

Paciente: _____

Data da Avaliação: ____/____/____ Avaliador: _____

**ORIENTAÇÃO**
- Dia da semana (1 ponto) ..... (  )
- Dia do mês (1 ponto) ..... (  )
- Mês (1 ponto) ..... (  )
- Ano (1 ponto) ..... (  )
- Hora aproximada (1 ponto) ..... (  )
- Local específico (aposento ou setor) (1 ponto) ..... (  )
- Instituição (residência, hospital, clínica) (1 ponto) ..... (  )
- Bairro ou rua próxima (1 ponto) ..... (  )
- Cidade (1 ponto) ..... (  )
- Estado (1 ponto) ..... (  )

**MEMÓRIA IMEDIATA**
- Fale 3 palavras não relacionadas. Posteriormente pergunte ao paciente pelas 3 palavras. Dê 1 ponto para cada resposta correta ..... (  )

  Depois repita as palavras e certifique-se de que o paciente as aprendeu, pois mais adiante você irá perguntá-las novamente.

**ATENÇÃO E CÁLCULO**
- (100 - 7) sucessivos, 5 vezes sucessivamente (1 ponto para cada cálculo correto) ..... (  )

  (alternativamente, soletrar MUNDO de trás para frente)

**EVOCAÇÃO**
- Pergunte pelas 3 palavras ditas anteriormente (1 ponto por palavra) ..... (  )

**LINGUAGEM**
- Nomear um relógio e uma caneta (2 pontos) ..... (  )
- Repetir "nem aqui, nem ali, nem lá) (1 ponto) ..... (  )
- Comando: "pegue este papel com a mão direita dobre ao meio e coloque no chão ( 3 ptos) ..... (  )
- Ler e obedecer: "feche os olhos" (1 ponto) ..... (  )
- Escrever uma frase (1 ponto) ..... (  )
- Copiar um desenho (1 ponto) ..... (  )

**ESCORE: (____/30)**

# APÊNDICES

Apêndice 1

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(A) Sr.(a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa **"EFICÁCIA DA REABILITAÇÃO DOMICILIAR EM COMPARAÇÃO COM A REABILITAÇÃO PRESENCIAL EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA: UM ENSAIO CLÍNICO ALEATORIZADO".**

Os avanços nesta área ocorrem através de estudos como este, por isso a sua participação é importante. Este estudo tem o objetivo investigar se o fato de fazer exercício físico em casa utilizando dois equipamentos, um que conta os passos e outro que acompanha as batidas do seu coração, é capaz de proporcionar os mesmos benefícios que são alcançados com os exercícios realizados dentro do centro de reabilitação sob supervisão direta do fisioterapeuta, como por exemplo aumentar a distância e o tempo que o(a) Sr(a) consegue caminhar sem que a dor atrapalhe.

Acreditamos que realizar o exercício em casa com a ajuda desses equipamentos e a supervisão do fisioterapeuta a distância possa ter resultados tão bons quanto fazer os exercícios na presença do fisioterapeuta. Se isso for comprovado, muitas pessoas que têm a mesma doença que o(a) Sr(a), doença arterial periférica, poderão se beneficiar dos exercícios físicos sem precisarem se deslocar até um centro especializado, economizando tempo e dinheiro e obtendo os mesmos benefícios.

**COMO SERÁ REALIZADO O ESTUDO?**

Rubrica do sujeito de pesquisa

Rubrica do pesquisador

**1 – Avaliação Médica**

No primeiro dia, o(a) Sr(a) passará por uma consulta detalhada com o médico do serviço de reabilitação cardiovascular. Ele irá solicitar que o(a) senhor(a) realize exames de sangue que incluirão colesterol total, glicemia de jejum e glicohemoglobina, e, eventualmente, poderá solicitar a realização de algum outro exame que julgar necessário para a segurança do(a) Sr(a), como por exemplo um teste de esforço físico na esteira no caso de apresentar também doença cardíaca. Estes são exames de rotinas que normalmente são realizados pelos pacientes que recebem tratamento no centro de reabilitação cardiovascular. Todos os exames serão realizados, em um outro dia, no Hospital das Clínicas.

**2 – Avaliação Fisioterapêutica**

Após a avaliação médica, o(a) Sr(a) fará uma avaliação com um fisioterapeuta participante do estudo que poderá ser realizada no mesmo dia da avaliação médica ou outro dia agendado, no caso da necessidade de resultados de exames específicos. Inicialmente algumas informações sobre sua saúde lhe serão questionadas e/ou extraídas dos prontuários médicos incluindo atitudes de risco, outras doenças e resultados de exames.

Nesta avaliação, o(a) Sr(a) será pesado, e terá a altura e circunferência da cintura medidos, e realizará:

- <u>Teste de avaliação da circulação</u>: o(a) Sr(a) ficará deitado de barriga para cima por 5 minutos, e o examinador irá medir a pressão das suas pernas e braços. Será usado um aparelho que tem a capacidade de escutar o barulho do sangue circulando em suas artérias.

Rubrica do sujeito de pesquisa

Rubrica do pesquisador

- Teste de avaliação da oxigenação da perna: O(A) Sr(a) permanecerá deitado de barriga para cima para colocação de um pequeno aparelho, chamado NIRS, em sua perna. Em seguida, será colocado um manguito, igual ao do aparelho de medir pressão, em sua coxa que será inflado e mantido por 5 minutos. Após esse período, o manguito será desinflado. O pequeno aparelho permanecerá em sua perna para realização de dois testes.

- Teste de caminhada na esteira: O(A) Sr(a) deverá caminhar o maior tempo que conseguir em uma esteira com a velocidade constante. O examinador irá avaliar frequente a pressão arterial, a frequência cardíaca, o cansaço e a saturação de oxigênio do(a) Sr(a).

- Teste de caminhada no solo: Serão colocados dois cones numa distância de dez metros. O(A) Sr(a) deverá caminhar de um cone a outro. Durante o teste ouvirá um sinal sonoro indicando que o(a) Sr(a) terá que caminhar em direção ao outro cone onde irá aguardar até que o próximo sinal toque. O intervalo entre um sinal e outro irá diminuir e você será incentivado a aumentar sua velocidade de caminhada para alcançar o cone a tempo. O teste será interrompido quando não chegar ao cone antes do sinal por duas vezes.

O(A) Sr(a) também será solicitado(a) a responder dois questionários:

Questionário 1: O(A) Sr(a) responderá questões sobre a sua saúde, como você se sente e quão bem é capaz de realizar atividades do dia-a-dia,

Questionário 2: O(A) Sr(a) responderá questões que avaliarão a sua percepção sobre a capacidade para caminhar, e como a condição de saúde do(a) Sr(a) influencia na distância e velocidade de caminhada e na sua capacidade de subir escadas.

Rubrica do sujeito de pesquisa

Rubrica do pesquisador

**3- Atribuição do grupo**

Após essas avaliações iniciais, ocorrerá uma espécie de sorteio que determinará se o tratamento do(a) Sr(a) será realizado presencialmente no ambulatório de reabilitação vascular do Hospital das Clínicas ou em sua casa. Somente após o sorteio saberemos para qual grupo você será selecionado.

**4-Sessões de Exercício**

Após a avaliação e a atribuição, você fará um dos dois tipos de treinamento durante 12 semanas:

a) Presencial no ambulatório de reabilitação vascular do Hospital das Clínicas: Os pacientes que farão o treinamento no ambulatório do Hospital das Clínicas terão que comparecer ao Centro de Reabilitação 3 vezes por semana. Os dias da semana em que os exercícios não forem realizados no Centro de Reabilitação, o paciente deverá fazer o exercício em casa seguindo a mesma prescrição. Essa rotina é a que normalmente é realizada por todos os pacientes que recebem tratamento no serviço de reabilitação vascular.

b) Em casa, com acompanhamento a distância: Os pacientes que farão exercícios em casa, com supervisão à distância, deverão comparecer ao Centro de Reabilitação para a realização de uma primeira sessão presencial para aprenderem a manusear os equipamentos que utilizarão nas futuras sessões domiciliares. Nas próximas semanas os pacientes não mais deverão comparecer ao Centro de Reabilitação para fazer o exercício, eles deverão realizar os exercícios em casa com os equipamentos monitorando o número de passos e as batidas do coração por pelo menos 3 vezes na semana. Os pacientes deste grupo receberão ligações telefônicas 1 vez por semana para esclarecimentos e orientações. Além disso, terão que comparecer no Centro de

Rubrica do sujeito de pesquisa

Rubrica do pesquisador

Reabilitação outras 2 vezes para breves reuniões, de aproximadamente 15 minutos, com o fisioterapeuta para retornarem seus diários de treinamento e discutirem as evoluções e possíveis dúvidas.

Os participantes que realizarem o tratamento em casa serão convidados a participar de uma entrevista que será realizada presencialmente, a fim de que se possa compreender como as pessoas que fazem reabilitação a distância, como foi o seu caso, percebem esse tratamento. Ou seja, o(a) Sr(a) responderá perguntas sobre o que achou do programa de reabilitação a distância, o relato de sua experiência, o que foi bom e ruim na reabilitação não presencial, o que você teve de dificuldade ou o que foi fácil, se você teve resultados, se gostou ou não dessa forma de tratamento, enfim, se ficou ou não satisfeito e o porquê. Não há respostas certas ou erradas, o importante é a sua opinião e o(a) Sr(a) pode se recusar a responder qualquer questão que lhe traga constrangimento. Suas informações na entrevista serão gravadas em áudio e utilizadas exclusivamente pelo pesquisador que posteriormente irá transcrever todo o áudio e destruir o conteúdo gravado. A transcrição da entrevista será encaminhada para a aprovação final do(a) Sr(a).

**LOCAL E DURAÇÃO:** As avaliações médica e fisioterapêutica, bem como as sessões presenciais e entrevistas, ocorrerão no ambulatório de reabilitação cardiovascular do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais (HC-UFMG), localizado no Instituto Jenny de Andrade Faria. A avaliação médica terá um tempo estimado de 30 minutos e a avaliação fisioterapêutica aproximadamente uma hora. A sessões de reabilitação terão duração de uma hora cada. E as entrevistas despenderão de aproximadamente 40 minutos.

Rubrica do sujeito de pesquisa

Rubrica do pesquisador

**RISCOS:** O teste de caminhada na esteira e o teste de caminhada no solo são exames de baixo risco e, caso a equipe de saúde julgue que para o(a) Sr(a) o risco é muito alto, você nem será incluído no estudo. No entanto, pelo menos teoricamente, qualquer teste de exercício tem algum risco potencial: batimentos errados do coração, pressão alta, tonturas e, em raríssimas circunstâncias, parada cardiorrespiratória. Porém, seu coração estará monitorizado o tempo todo e os seus testes serão acompanhados por médicos e fisioterapeutas treinados para atendê-lo caso aconteça qualquer emergência

Durante a realização as sessões de exercícios os riscos decorrentes de sua participação na pesquisa são os riscos próprios da realização de atividade física, como fadiga, dor muscular e queda. Entretanto, esses riscos são semelhantes com aqueles que existem quando se caminha na rua ou em uma praça. Durante os exercícios realizados em sua casa, caso aconteça qualquer evento grave, como infarto, arritmia ou parada cardiorrespiratória, o atendimento emergencial será feito pelo SAMU. A equipe de fisioterapeutas estará acompanhando por meio de ligações telefônicas semanais eventuais eventos adversos que contraindiquem a continuidade do(a) Sr(a) no treinamento a distância, e também se coloca a disposição para eventuais esclarecimentos independentemente do horário e dia da semana. Em caso de intercorrências, a equipe de pesquisa acompanhará o(a) senhor(a) e será garantida a orientação para assistência médica de possíveis danos decorrentes da realização das atividades propostas.

Os riscos decorrentes de sua participação na entrevista são mínimos, e podem decorrer de possível desconforto ou constrangimento ao responder a alguma questão específica; riscos estes minimizados pois o(a) senhor(a) pode se recusar a responder

Rubrica do sujeito de pesquisa

Rubrica do pesquisador

qualquer questão que lhe traga constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o(a) senhor(a). Essa decisão não vai interferir caso venha a precisar do serviço de reabilitação. Os pesquisadores serão os únicos a ter acesso aos dados fornecidos durante a entrevista e tomarão todas as providências necessárias para manter o sigilo, mas sempre existe a remota possibilidade da quebra do sigilo, mesmo que involuntário e não intencional, cujas consequências serão tratadas nos termos da lei.

**BENEFÍCIOS**: Ao participar deste estudo, independente do grupo em que você for selecionado, você estará se beneficiando da realização do exercício físico que é importante para sua condição de saúde. Além disso, espera-se que os resultados desse estudo possam comprovar a aplicabilidade dessa forma de tratamento, o que favorece a participação de mais pessoas na reabilitação vascular, tanto em localidades que não possuam essa terapia como também nos casos em que as pessoas deixam de realizá-la por dificuldades de deslocamento, tempo ou financeiras.

**NATUREZA VOLUNTÁRIA DO ESTUDO/LIBERDADE PARA SE RETIRAR**: A sua participação é voluntária e o(a) Sr(a) tem o direito de se recusar a participar por qualquer razão. É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento. Você poderá deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na instituição.

**DESPESAS E COMPENSAÇÕES**: Não há despesas para o participante com exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Despesas de transporte poderão ser ressarcidas, se necessário. Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos ou tratamentos propostos neste

Rubrica do sujeito de pesquisa

Rubrica do pesquisador

estudo (nexo causal comprovado), o participante tem direito a tratamento médico na instituição, bem como às indenizações legalmente estabelecidas.

**GARANTIA DE ACESSO E CONFIDENCIALIDADE**: Você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas em qualquer momento do estudo. Você dispõe de total liberdade para esclarecer qualquer dúvida que possa surgir durante o estudo com as pesquisadoras: Isabella de Oliveira Nascimento: (31)988502022 (bellaon@hotmail.com), ou Danielle Aparecida Gomes Pereira: (31)3409-4793 (danielleufmg@gmail.com). Você também poderá obter informações sobre os aspectos éticos da pesquisa com o Comitê de Ética e Pesquisa da UFMG no telefone (31) 3409-4592 e endereço Av. Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º. Andar, sala 2005 – Campus Pampulha, onde esse trabalho foi aprovado.

Você tem direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas quando houver, bem como saber de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores. Ao final do estudo, caso a reabilitação presencial demonstre resultados superiores essa abordagem será disponibilizada àqueles inicialmente sorteados para realizar os exercícios domiciliares.

Todos dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda e responsabilidade da pesquisadora Isabella de Oliveira Nascimento em arquivo físico no Departamento de Fisioterapia da UFMG e digital no computador da pesquisadora por um período de cinco anos, após esse período serão destruídos, incluindo as gravações e transcrições das entrevistas.

Rubrica do sujeito de pesquisa

Rubrica do pesquisador

Todos os seus dados são confidenciais, sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma As informações obtidas serão analisadas pelos pesquisadores e poderão ser usadas apenas para fins de pesquisa e de publicações científicas.

Você também receberá uma via deste Termo de Consentimento e, se quiser, antes de assiná-lo, poderá consultar alguém de sua confiança.

**TERMO DE CONSENTIMENTO**

Eu,_____

voluntariamente aceito participar desta pesquisa. Portanto, concordo com tudo que foi exposto acima e dou o meu consentimento.

Belo Horizonte, _____ de _____ de _____.

Assinatura do voluntário: _____

Assinatura do pesquisador: _____

Testemunha _____

Testemunha _____

**Termo registrado no Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG**
**Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II**
**2ºandar/Sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte/MG**
**Telefone: (31) 3409-4592**

Apêndice 2

# PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO

## PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO

**Projeto de Pesquisa**: Eficácia da reabilitação domiciliar em comparação com a reabilitação presencial em indivíduos com doença arterial periférica: um ensaio clínico aleatorizado

**Avaliador:** _____

**Data:** ___/___/___

## Identificação

Nº de Identificação Participante: _____ Nº prontuário: _____

Nome: _____

Sexo: ( ) F ( ) M Idade: _____ anos Data de nascimento: ____/____/____ Raça:_____

Estado civil: _____ Escolaridade:_____ Renda familiar: R$ _____

Profissão/ocupação: _____ Ativo: ( ) Sim ( ) Não

Endereço: _____

Tel: (___) _____/ (___) _____ contato: _____

Qual o melhor dia e horário para receber ligações telefônica? _____

## Anamnese

**Diagnóstico**: _____

**Queixa principal**: _____

**Queixa funcional** (duas atividades que tem dificuldade e dar nota para a dificuldade de 0 a 10):

Atividade 1: _____ Dificuldade (0-10): _____

Atividade 2: _____ Dificuldade (0-10): _____

**História atual da doença**: _____

_____

_____

_____

_____

**Sinais e sintomas** (relato do paciente):

Claudicação Intermitente: Direito ( ) Sim ( ) Não Esquerdo ( ) Sim ( ) Não

Situação em que CI ocorre: _____

Dor em repouso: Direito ( ) Sim ( ) Não Esquerdo ( ) Sim ( ) Não

Úlcera: Direito ( ) Sim ( ) Não Esquerdo ( ) Sim ( ) Não

**História pregressa**: _____

_____

_____

Internações e cirurgias anteriores (motivo/ data): _____

_____

**Fatores de risco cardiovasculares e comorbidades:**

Tabagismo? S( ) N( ) Número de cigarros/dia:_____ ex-tabagista ( ) tempo:_____

COVID-19? S( ) N( ) data:____/____/____ severidade: _____

Outros: ( ) HAS ( ) Diabetes tipo ( ) 1 ( ) 2 ( ) Dislipidemia ( ) Doença Cardíaca

( ) Hereditariedade ( ) Doença renal ( ) Doença respiratória ( ) Neuropatia

( ) Obesidade ( ) Sedentarismo ( ) Etilismo ( ) Estresse

**Medicamentos**:

| Medicamentos | Dosagem | x/dia | Medicamentos | Dosagem | x/dia |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

**Exames complementares:** data: _____/_____/_____

Qual?

_____

_____

_____

_____

_____

_____

**Nível Obstrução**: ( ) aorto-ilíaco ( ) femoro-popliteo

| | Data exame | Resultado |
|---|---|---|
| Glicemia de jejum | | mg/dL |
| Hemoglobina glicada | | % |
| Colesterol total | | mg/dL |
| HDL | | mg/dL |
| LDL | | mg/dL |
| Triglicerídeos | | mg/dL |
| Hemoglobina | | g/dL |
| Hematócrito | | % |

## Exame físico

PA: _____/_____ mmHg FC: _____ bpm $SpO_2$: _____%

Altura: _____m Peso: _____Kg IMC: _____ $Kg/m^2$

Circunferência abdominal: _____ cm Circunferência panturrilha: _____ cm

Prega cutânea panturrilha medial: _____ mm

ITB: direito _____ esquerdo_____ Acoplamento da NIRS: ( )Direita ( )Esquerda

| **PULSOS** (presente, diminuído ou ausente) | **DIREITO** | **ESQUERDO** | **CARACTERÍSTICA DOS MEMBROS** | **DIREITO** | **ESQUERDO** |
|---|---|---|---|---|---|
| Femural | | | Cianótico | | |
| Poplíteo | | | Pálido | | |
| Tibial Posterior | | | Corado | | |
| Tibial Anterior | | | Perfusão da extremidade | | |

Apêndice 3

# MODELO DE REGISTRO DO TESTE EM ESTEIRA

## MODELO REGISTRO – TESTE EM ESTEIRA

FC máxima prevista para o teste _____

Valores basais: PA_____ FC _____ $StO_2$ _____ BORG_____

Valores final do teste: PA_____ FC _____ $StO_2$_____ BORG_____

Tempo de dor inicial _____ Distância dor inicial _____

Tempo total do teste _____ Distância total do teste_____

Teste interrompido: ( ) aquecimento ( )Teste ( )Abrupto por sintomas ( )Fez desaquecimento

Causa da interrupção:_____

Sintomas? _____

Recuperação 1 min: PA _____ FC _____ $StO_2$_____ BORG _____

Recuperação 5 min: PA _____ FC _____ $StO_2$ _____ BORG _____

Apêndice 4

# MODELO REGISTRO ISWT

## MODELO REGISTRO – INCREMENTAL SHUTTLE WALKING TEST

Data avaliação: _____ Avaliador responsável: _____

Nome:_____

FC máxima prevista (220-idade): _____ 85% FC máxima prevista: _____

FC máxima do TE:_____ FC máxima prevista: _____

PA inicial: _____ PA final: _____

FC inicial: _____ FC final: _____

Saturação inicial: _____ Saturação final: _____

Tempo de dor inicial: _____

Motivo da finalização:_____

Presença de sinais e sintomas? _____ Quais? _____

Escala de Borg final: _____ Tempo total teste: _____

Recuperação 1 min: PA _____ FC _____ StO2_____ Borg _____

Recuperação 5 min: PA _____ FC _____ StO2_____ Borg _____

Estágio de interrupção: _____ (percurso: _____)

Distância percorrida: _____ metros

Velocidade máxima alcançada: _____ (metros/minuto)

| **Estágio** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° de percursos | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| N° de percursos completos | | | | | | | | | | | | |
| FC | | | | | | | | | | | | |

**Para facilitar registro dos percursos:**

**Estágio 1** □ □ □ ..... FC: _____ bpm

**Estágio 2** □ □ □ □ ..... FC: _____ bpm

**Estágio 3** □ □ □ □ □ ..... FC: _____ bpm

**Estágio 4** □ □ □ □ □ □ ..... FC: _____ bpm

**Estágio 5** □ □ □ □ □ □ □ ..... FC: _____ bpm

**Estágio 6** □ □ □ □ □ □ □ □ ..... FC: _____ bpm

**Estágio 7** □ □ □ □ □ □ □ □ □ ..... FC: _____ bpm

**Estágio 8** □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ ..... FC: _____ bpm

**Estágio 9** □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ ..... FC: _____ bpm

**Estágio 10** □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ ..... FC: _____ bpm

**Estágio 11** □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ ..... FC: _____ bpm

**Estágio 12** □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ ..... FC: _____ bpm

Apêndice 5

## DIÁRIO DE TREINAMENTO

**DIÁRIO DE TREINAMENTO**

Nome: _____

Nº total de sessões realizadas: _____

Este é o seu diário de treinamento, preencha adequadamente abaixo sempre que realizar a sessão de exercício físico

| Data | Frequência Cardíaca | | Borg | Número de interrupções | Duração do exercício | Número de passos | Observação/ Sintomas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Antes do exercício | Após o exercício | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Apêndice 6

**CARTILHA**

https://drive.google.com/file/d/1z4hlTE58gRwMGl-_zUT_LDYVz5oef2X/view?usp=sharing

Apêndice 7

## MATERIAIS E MÉTODOS DO ESTUDO
## (Formato estendido apresentado na qualificação)

### Desenho do estudo

Trata-se de um ensaio clínico aleatorizado paralelo do tipo simples cego, constituído por dois grupos de intervenção: PDE e PRPA.

### Aspectos éticos

Esta pesquisa será desenvolvida de acordo com as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Ética envolvendo pesquisa com seres humanos. O projeto foi registrado na Plataforma Brasil e aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais sob o protocolo número CAEE: 51042621.5.0000.5149, com anuência da instituição e dos departamentos locais envolvidos. O protocolo do estudo foi registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC) sob o número RBR-97vy9n7 e foi publicado na revista BMJ Open (De Oliveira Nascimento *et al*., 2024). Os participantes serão devidamente informados sobre o estudo, inclusive sobre possíveis riscos e benefícios, e aqueles que aceitarem participar deverão assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

### Local de realização

O estudo será desenvolvido em dois locais distintos. As avaliações pré e pós-intervenção serão realizadas no Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare), localizado na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG. A intervenção será realizada no Serviço de Apoio a Pessoas com DAP, localizado no Instituto Jenny de Andrade Faria do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais (HC/UFMG). Trata-se de uma instituição pública de saúde pertencente a um hospital universitário federal. Ambos estão localizados em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

**Amostra**

**Participantes**

Trata-se de uma amostra não probabilística. Os participantes serão recrutados a partir do projeto de extensão “Serviço de Apoio às pessoas com DAP”, desenvolvido no Hospital das Clínicas (HC) /UFMG e por encaminhamentos da equipe médica de cirurgia vascular da mesma instituição.

**Critérios de inclusão**

- Indivíduos com idade acima de 18 anos, independente de sexo e etnia, com diagnóstico de DAP confirmado pelo serviço de cirurgia vascular, com medida do ITB de repouso < 0,90.
- Queixa de claudicação intermitente, sem dor em repouso.
- Ser classificado como baixo ou moderado risco cardiovascular para a prática de atividade física, de acordo com a estratificação de risco da Diretriz Brasileira de Reabilitação Cardiovascular (De Carvalho *et al*., 2020).
- Estabilidade clínica atestada pelo médico cardiologista ou cirurgião vascular, sem descompensação com necessidade de ida a pronto atendimento ou internação nos últimos três meses.
- Possibilidade de contato via ligação telefônica.

**Critérios de exclusão**

- Presença de limitação da caminhada por outras condições de saúde, como problemas respiratórios, ortopédicos e neurológicos.
- Quadro clínico agudo ou condição clínica com contraindicação ao exercício, como por exemplo infecção ativa, isquemia ameaçadora dos membros, angina instável, insuficiência cardíaca descompensada ou malignidade ativa.
- Comprometimento cognitivo avaliado pelo Miniexame do Estado Mental (MEEM) e/ou aqueles que sejam incapazes de compreender e realizar os procedimentos. O ponto de corte a ser considerado no MEEM será de 13 para analfabetos, 18 para baixa e média escolaridade e 26 para alta escolaridade, considerando indivíduos acima de 60 anos (Bertolucci *et al*.) .

- Indivíduos que não forem capazes ou se recusarem a realizar o teste em esteira e aqueles cujos registros dos gráficos do NIRS forem perdidos, seja por problemas técnicos, falha do sinal ou de internet.

**Instrumentos e medidas**

**Formulário de avaliação**

Os dados sociodemográficos, clínicos e resultados de exames serão coletados através de anamnese padronizada na avaliação presencial e pelo prontuário eletrônico da instituição, HC\UFMG e serão registrados via Research Electronic Data Capture (REDCap).

Para registro dos dados sociodemográficos, os participantes serão questionados com relação a raça/etnia, escolaridade, renda familiar, profissão/ocupação e condição atual da atividade, se aposentado, ativo, afastado ou ativo com restrição.

Na anamnese, os dados clínicos pesquisados levam em consideração a história e evolução da DAP, presença dos fatores de risco e comorbidades associadas, medicações em uso, as principais queixas, sintomas e demandas funcionais.

Os exames complementares a serem coletados no início e ao final do estudo são os de sangue de rotina, que incluem a glicemia de jejum, hemoglobina glicada, níveis de colesterol e triglicerídeos. Outros exames, como teste ergométrico, ecocardiograma, duplex scan de membros inferiores, entre outros, serão registrados, caso o participante possua ou seja solicitado pelo cardiologista.

**Antropometria**

Serão realizadas as medidas de massa corporal, estatura, circunferência abdominal e plicometria do tríceps sural dos participantes. Será utilizada a balança Filizola® (São Paulo-SP, Brasil) pertencente ao laboratório de avaliação (LabCare). Através dessas medidas será calculado o índice de massa corporal (IMC) dos participantes (“Diretrizes Brasileiras de Obesidade 2016 4a edição”). A circunferência abdominal será medida com uso de fita métrica, na região de 2,5 cm acima da borda superior da crista ilíaca. A plicometria do tríceps sural será realizada na região de maior diâmetro do tríceps com uso do equipamento Cescorf®. Será ser considerado o valor intermediário de três medidas consecutivas.

***Near-Infrared Spectroscopy (NIRS)***

A espectroscopia de luz ao infravermelho próximo ou *Near-Infrared Spectroscopy* (NIRS) é uma técnica que vem sendo utilizada para avaliação da oxigenação periférica tecidual de forma não invasiva (Boezeman *et al*., 2016; Jones *et al*., 2016; Manfredini *et al*., 2009). É baseada na capacidade de penetração da luz nos tecidos biológicos, em diferentes comprimentos de onda e suas propriedades de absorção, reflexão e dispersão (Boezeman *et al*., 2016; Jones *et al*., 2016; Manfredini *et al*., 2009; Van Beekvelt, 2002).

O equipamento consiste em um pequeno microprocessador que possui uma fonte emissora de luz e um canal receptor para captar as informações advindas do tecido. Os dados são enviados e exportados para o computador para um software específico, por meio de conexão *wireless* via *bluetooth* (Van Beekvelt, 2002). Dessa forma, a NIRS fornece os valores de concentração relativa da hemoglobina oxigenada, oxihemoglobina ($HbO_2$), e da hemoglobina desoxigenada, desoxihemoglobina (HHb). Os valores de $HbO_2$ e HHb são fornecidos em unidades arbitrárias, a partir das alterações das concentrações teciduais partindo de um valor basal inicial. A saturação tecidual de $O_2$ ($StO_2$) é obtida baseado na relação das concentrações da $HbO_2$ e HHb, pela fórmula [HbO2/ (HbO2 + HHb)] x100 e é expressa em porcentagem (Boezeman *et al*., 2016; Gardner *et al*., 2020; Jones *et al*., 2016; Manfredini *et al*., 2009; Van Beekvelt, 2002). A $StO_2$ é considerada uma importante variável que reflete o equilíbrio entre a oferta e o consumo de $O_2$ tecidual (Baker *et al*., 2017; Boezeman *et al*., 2016). Sendo assim, é a variável de escolha deste estudo para análise do comportamento da oxigenação tecidual nos testes, antes após a intervenção.

As medidas da NIRS serão obtidas com o uso do sistema portátil de onda contínua (Artinis®, sistema Portamon, Holanda). Esse sistema possui dois canais para a emissão de luz em comprimentos de onda de 760 e 850 nm. O sensor da NIRS será posicionado na perna mais sintomática relatada pelo participante, na região da porção medial do músculo gastrocnêmio, na altura da maior circunferência, protegida por filme plástico e fixada por faixa elástica escura, estando o participante em decúbito dorsal (De Oliveira Nascimento *et al*., 2024; Monteiro *et al*., 2019). O avaliador realizará tricotomia se necessário. Os valores basais de $HbO_2$, HHb e $StO_2$ serão obtidos após dois minutos de estabilização das curvas. As variáveis da NIRS serão coletadas em repouso, na manobra de oclusão arterial e durante os testes funcionais.

Os dados serão exportados com uma frequência de 0,1 Hz. Após os testes os dados da NIRS serão analisados por meio do *software* Oxysoft Artinis ®)

**Manobra de oclusão arterial (MOA)**

A manobra de oclusão arterial (MOA) será o primeiro procedimento a ser realizado após a fixação da NIRS. Ela será realizada com o participante posicionado em decúbito dorsal, com o membro a ser examinado em posição neutra. Após a estabilização inicial das variáveis da NIRS, por um período de repouso de dois minutos, será coletado os valores basais de $HbO_2$, HHb e $StO_2$. A seguir a MOA será realizada através do uso de um torniquete, constituído de braçadeira confeccionada em nylon acoplado a um dispositivo pneumático, específico para sua realização. O torniquete será posicionado entre o terço médio e distal da coxa do indivíduo, será inflado acima de 250 mmHg até 280 mmHg e mantido assim pelo período de cinco minutos (Jones *et al*., 2016; Van Beekvelt, 2002). Após esse período, o manguito será desinsuflado e o indivíduo deverá permanecer em repouso por 10 minutos, com registro ininterrupto da NIRS.

Durante todo o tempo da MOA, a frequência cardíaca (FC) e a tolerância do indivíduo serão monitoradas, sendo a manobra interrompida em caso de solicitação do participante. As fases da MOA serão devidamente demarcadas no software do computador, no momento de realização do teste, sendo considerados o início da oclusão, final da oclusão e final da recuperação após os 10 minutos.

**Teste de caminhada em esteira**

O teste de caminhada em esteira tem sido utilizado amplamente e é o mais recomendado pela literatura para avaliar a capacidade de caminhada de indivíduos com DAP (ESC CardioMed, 2018; Labs *et al*., 1999; Mazzolai *et al*., 2024; Treat-Jacobson *et al*., 2019). Ele é considerado seguro e eficaz na avaliação da DAP e para detectar mudanças da distância caminhada após a reabilitação (Aboyans *et al*., 2018; ESC CardioMed, 2018; Hageman *et al*., 2018; Hiatt; Rogers; Brass, 2014; Labs *et al*., 1999; Mazzolai *et al*., 2024; Nicolaï *et al*., 2009). O teste pode ser realizado com o protocolo incremental ou contínuo. O protocolo incremental é realizado com velocidade constante, variando a inclinação da esteira com o decorrer do tempo (Labs *et al*., 1999; Nicolaï *et al*., 2009). No protocolo de carga constante, os testes são realizados com velocidade e inclinação fixas, em geral de 2–4 km/h e 10 a 12% de

inclinação respectivamente. Em ambos os protocolos o teste é interrompido quando o indivíduo não consegue caminhar mais por causa da dor nas pernas, sendo definido a distância máxima ou tempo máximo do teste (Labs *et al*., 1999; Mazzolai *et al*., 2024; Nicolaï *et al*., 2009).

Neste estudo, o protocolo a ser utilizado no teste em esteira será o contínuo, com velocidade de 3,2 Km/h e inclinação de 10% (De Oliveira Nascimento *et al*., 2024). A velocidade inicial será de 1,4 Km/h, sendo aumentada de maneira padronizada até 3,2 Km/h, seguida do ajuste da inclinação, atingindo os valores contínuos no primeiro minuto de teste. O teste será submáximo, limitado a 85% da FC máxima estimada pela idade ou 95% da FC máxima no caso de o participante ter feito o teste ergométrico.

O participante será instruído a caminhar o maior tempo possível no teste e a relatar o momento de início da dor. O critério de interrupção será pela solicitação do participante por qualquer sintoma limitante, especialmente a dor claudicante máxima ao esforço ou quando a FC atingir os parâmetros estabelecidos previamente. Será realizada a monitorização da pressão arterial (PA) e da percepção subjetiva do esforço pela escala de Borg, antes e após o teste. A FC e a saturação periférica de oxigênio ($SpO_2$) serão monitoradas continuamente durante o teste através do uso de cardiofrequencímetro da marca Polar®, e do oxímetro de pulso G-TECH® respectivamente. No decorrer do teste serão registrados o tempo e a distância até a dor inicial, o tempo até dor máxima e a distância máxima percorrida.

***Incremental Shuttle Walking Test (ISWT)***

*Incremental Shuttle Walking Test* (ISWT) é um teste de caminhada incremental em solo, considerado válido e confiável na avaliação da capacidade funcional de indivíduos com DAP (Dixit *et al*., 2015; Teixeira Da Cunha-Filho; Danielle; Gomes Pereira, 2008). Consiste em um teste bidirecional delimitado por cones, com distância de 10 metros entre eles. O teste é controlado por sinais sonoros que orientam o paciente a iniciar a caminhada em direção ao outro cone e indicam a mudança de velocidade a cada estágio. São 12 estágios ao total, com duração de um minuto. O teste inicia com uma velocidade de 30 metros por minuto, com aumento de 10 metros a cada mudança de estágio (Singh *et al*., 1992). A frequência cardíaca é monitorada durante todo o teste e registrada ao final de cada estágio. Serão considerados parâmetros de interrupção do teste se o participante for incapaz de manter a

velocidade, ou seja, não alcançar o cone por duas vezes consecutivas, atingir a FC submáxima estipulada para o teste ou por solicitação do participante na presença de algum sintoma como dor limitante. Será realizado a monitorização da pressão arterial (PA) e da percepção subjetiva do esforço pela escala de Borg, antes e após o teste. A FC e a $SpO_2$ serão monitoradas continuamente durante o teste através do uso de cardiofrequencímetro, da marca Polar e do oxímetro de pulso respectivamente. No decorrer do teste serão registrados o tempo de início da dor, o tempo total e a distância máxima do teste.

**Escala de percepção subjetiva de esforço de Borg**

A escala de Borg é um instrumento de avaliação subjetiva usado para medir a autopercepção de intensidade de esforço durante a atividade física (Noble, 1982). É amplamente utilizado nos serviços de reabilitação cardiovascular para prescrição e monitoramento do exercício físico (De Carvalho *et al*., 2020; Mazzolai *et al*., 2024). Neste estudo será utilizada a escala de Borg modificada, que atribui uma classificação numérica que varia de 0 (repouso) e 10 (percepção de esforço máximo) para indicar a intensidade do esforço experimentado pelo indivíduo (Borg, 1982). Ela será utilizada durante a realização dos testes funcionais na avaliação inicial e final e durante as intervenções, na prática dos exercícios físicos ambulatoriais e domiciliares.

**Cartilha educativa**

A cartilha educativa “Prevenir e viver bem com doença arterial periférica - Orientações e formas de cuidado” foi desenvolvida para este projeto de pesquisa e será entregue no primeiro dia de intervenção para todos os participantes (https://drive.google.com/file/d/18E21Uzzfg6edjIhCvPEhihLZAcBZhnHU/view?usp=sharing). Ela contém informações acerca da condição de saúde - DAP, sobre a gestão dos fatores de risco, sintomas e orientações sobre tratamento e a prática do exercício físico regular.

**Diário de treinamento**

Para o acompanhamento das sessões de exercício realizado à distância, tanto para o grupo PDE como para o PRPA, será utilizado um diário de treinamento. Ele está disposto nas últimas páginas da cartilha educativa e o participante deverá

registrar as sessões de exercício realizadas com as seguintes informações: data da realização do exercício, percepção do esforço pela escala de Borg, FC, número de interrupções da caminhada durante a sessão e tempo total de caminhada. Além desses dados, a presença de sinais e sintomas adversos durante os exercícios devem ser anotados na planilha. Os participantes do grupo PDE deverão levar as anotações do diário a cada retorno presencial mensal para o fisioterapeuta com objetivo de mostrar as anotações e tirar as dúvidas que aparecerem.

**Procedimentos**

**Protocolo de avaliação**

Os participantes do estudo serão recrutados a partir do serviço de reabilitação cardiovascular do HC/UFMG. Assim que verificado a eligibilidade para o estudo, os possíveis voluntários vão ser abordados quanto à sua participação no estudo, serão esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos e, caso aceitem participar do mesmo, assinarão o TCLE.

Inicialmente vão ser submetidos a uma consulta com o médico do serviço de reabilitação cardiovascular, que solicitará exames de sangue e, eventualmente, algum outro exame que julgar necessário, como teste de esforço cardiopulmonar. Somente após a liberação do médico, o participante será encaminhado para o agendamento da avaliação inicial, realizada por outro pesquisador, componente da equipe de avaliação, a ser realizada no Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare), no campus Pampulha da UFMG.

A avaliação inicial será realizada em um mesmo dia. Inicialmente será feita a anamnese com a coleta de dados sociodemográficos, clínicos, lista dos medicamentos atualizada, comorbidades, fatores de risco e resultados de exames laboratoriais dos participantes. Na sequência, será realizado o exame físico com verificação de dados vitais e tomada das medidas antropométricas.

Após o exame físico, será fixado o sensor da NIRS no membro que o participante informar que é mais sintomático e este sensor permanecerá posicionado até o final da avaliação. Será realizada a MOA com registro dos dados da NIRS e após os 10 minutos de recuperação o participante será encaminhado para os testes funcionais em esteira e ISWT, em ordem aleatória entre eles. Haverá um período de repouso entre os testes funcionais de 20 minutos. Durante os testes será realizado o registro concomitante dos dados de oxigenação tecidual através da NIRS, sendo feito

a marcação no software do computador das fases dos testes, assim consideradas: início do teste, final do teste e final da recuperação após 10 minutos de interrupção do teste.

Os participantes serão adequadamente monitorados com relação a dados vitais e percepção subjetiva do esforço, antes, durante e após os testes. Todos os dados da avaliação serão registrados na plataforma REDCap.

Após a avaliação inicial o participante será encaminhado para um pesquisador da equipe intervenção, para início de tratamento no Ambulatório Jenny de Andrade Faria, no campus saúde do Hospital das Clínicas/UFMG.

**Protocolo de intervenção**

No primeiro dia de intervenção, todos os participantes receberão a cartilha educativa padrão impressa. As explicações da cartilha serão repassadas pelo pesquisador do grupo intervenção, com objetivo de orientar e sanar dúvidas. Dessa maneira, independentemente do grupo que serão alocados, os voluntários receberão orientações sobre a importância da prática do exercício físico e da necessidade da autogestão de sua condição de saúde.

Após essa abordagem inicial, os participantes serão aleatorizados para um dos grupos: PDE ou PRPA. A sequência de randomização será gerada por computador por um pesquisador independente usando o site //www.jerrydallal.com/random/random_block_size_r.htm. A randomização será feita em blocos de quatro voluntários por vez: para cada quatro voluntários, dois poderão ser alocados aleatoriamente no grupo PDE e dois no grupo PRPA. As alocações serão mantidas em envelopes opacos, lacrados e numerados sequencialmente que serão abertos após a avaliação, no primeiro dia de intervenção pelo fisioterapeuta, na presença do participante e após sua identificação de inscrição no estudo.

O período de intervenção será de 12 semanas para os dois grupos, sendo que em ambos os participantes serão acompanhados por fisioterapeutas e acadêmicos de fisioterapia previamente treinados. Devido à natureza da intervenção, participantes e profissionais responsáveis não serão cegos para a alocação do tratamento.

Os participantes serão reavaliados após 12 semanas de intervenção pela mesma equipe de pesquisadores do grupo avaliação, seguindo a mesma ordem anteriormente aleatorizada com relação a anamnese, exame físico e realização dos

testes. Essa equipe vai ser responsável pelo registro dos dados e desfechos no banco de dados do REDCap.

**Programa de reabilitação presencial ambulatorial (PRPA)**

No grupo PRPA os participantes serão acompanhados presencialmente, em sessões de exercícios físicos, pela equipe de fisioterapia, conforme a prática usual do ambulatório de reabilitação vascular do HC/UFMG. O treinamento será composto por treinamento aeróbico de caminhada por 30 minutos, com intensidade que induza o sintoma claudicante máximo. Ele é precedido por cinco minutos de aquecimento e, ao final, por cinco minutos de resfriamento. O treinamento será realizado três vezes por semana durante 12 semanas. A prescrição vai respeitar o limite de 85% da FC máxima prevista para idade ou será de acordo com o limite estabelecido pelo teste ergométrico, em casos de coronariopatas.

Na fase inicial do treinamento, a caminhada de 30 minutos será realizada em solo. Naqueles casos em que o participante não conseguir realizar os 30 minutos de caminhada sem parar, por sintoma, ele poderá interromper o exercício e retornar assim que o sintoma cessar, de forma que o tempo total caminhado deverá perfazer 30 minutos desconsiderando as pausas.

Por outro lado, naqueles casos em que a caminhada inicial em solo de 30 minutos não chegar na intensidade do sintoma claudicante máximo, na sessão seguinte, o indivíduo iniciará o treinamento de caminhada na esteira, sem inclinação e com a mesma velocidade média corresponde a da última sessão no solo. Um aumento progressivo de 0,2 Km/h na velocidade da esteira será imposto a cada sessão que o participante tolerar cumprir a caminhada por 30 minutos sem atingir o sintoma limitante.

Em todas as sessões serão monitorados os dados vitais e percepção subjetiva do esforço pela escala de Borg, antes, durante e após e treinamento. Em participantes com diabetes, a glicemia também será mensurada antes e após o exercício. Além disso, serão documentados o tempo para o início da dor, tempo para o aparecimento da dor máxima, tempo de repouso necessário para desaparecer os sintomas e a distância total caminhada em cada sessão. O registro dos atendimentos será documentado no prontuário institucional do paciente.

Os participantes do PRPA serão orientados a realizar, além das sessões presenciais, exercícios adicionais em casa nos demais dias da semana, perfazendo o

alvo total de cinco dias de atividade física, em uma intensidade de esforço moderada de acordo com a escala de Borg e a FC estipulada para treinamento. Eles serão orientados a preencher o diário de treinamento ao final do exercício.

**Programa domiciliar de exercícios (PDE)**

No grupo PDE os participantes serão inseridos em um programa de exercícios domiciliares, com supervisão à distância semanal e uma sessão presencial mensal, realizada pelo mesmo grupo de fisioterapeutas do grupo da intervenção.

Inicialmente será realizada uma sessão de reabilitação presencial a fim de treinar os participantes com relação ao exercício a ser realizado em casa, assim como orientar em relação a FC de treinamento, escala de Borg, tirar dúvidas e para serem instruídos no manejo das ferramentas de monitorização em domicílio.

Após essa sessão, os participantes serão acompanhados por 12 semanas, sendo que serão contactados uma vez por semana através de ligação telefônica e uma vez por mês deverão comparecer ao ambulatório de reabilitação para realizar a sessão de exercícios, totalizando quatro sessões presenciais ao final das 12 semanas. A ligação telefônica tem o objetivo de acompanhar o treinamento em domicílio e tirar as dúvidas que surgirem entre os participantes desse grupo.

O treinamento também será composto por exercícios de caminhada no solo por 30 minutos ininterruptos, com intensidade ao sintoma claudicante máximo. Eles serão orientados a fazer cinco minutos de aquecimento e cinco minutos de resfriamento ao final da caminhada. A duração total do tempo de caminhada começará em 30 minutos, desconsiderando os períodos de interrupção, nas duas primeiras semanas. Será incentivado o aumento de tempo progressivamente, com incremento de cinco minutos a cada sessão que conseguir realizar a caminhada de forma ininterrupta, até um total de 45 minutos. O participante será orientado a fazer o treinamento de três a cinco vezes por semana, no mínimo três vezes com alvo total de cinco, em domicílio ou ao ar livre na comunidade.

Uma vez que a caminhada em solo pressupõe um ritmo autosselecionado pelo participante, diferente do treino realizado em esteira, foi estabelecido que o incremento do treino no grupo PDE seria pelo aumento total do tempo de caminhada, com aumento gradual de cinco minutos a cada sessão sem interrupção, até chegar em 45 minutos ao total (Gardner *et al*., 2011).

Os participantes receberão um dispositivo vestível de pulso Xiaomi Mi Smart Band 5® (Xiaomi, Beijing, China) para verificar a FC durante o treino e deverão registrar as sessões no diário de treinamento, da mesma forma que descrito para o grupo PRPA.

**Variáveis**

**Variáveis relacionadas aos desfechos primários**

**Oxigenação muscular periférica**

As variáveis primárias de oxigenação muscular periférica serão obtidas com o uso da NIRS, coletadas em repouso, durante a manobra de oclusão e durante o teste em esteira.

As seguintes variáveis serão consideradas para análise do comportamento da oxigenação tecidual pré e pós-intervenção:

**Variáveis da manobra de oclusão**

- Saturação tecidual ($StO_2$) basal em repouso (%);
- Menor $StO_2$ durante a oclusão arterial (%);
- Delta da $StO_2$ da manobra de oclusão – diferença entre a $StO_2$ inicial e a final do teste;
- Delta da $HbO_2$ – diferença entre valores iniciais e finais de $HbO_2$;
- Delta da HHb – diferença entre valores iniciais e finais de HHb;
- Consumo de oxigênio muscular em repouso ($mVO_2$) – calculado considerando a variação da $HbO_2$ nos primeiros 60 segundos da desoxigenação na MOA, convertendo os valores de $\mu M.s^{-1}$ em $mlO_2min.100g$, calculado através da fórmula: $mVO_2=Abs(((\Delta HbO_2x60)/(10x1.04))x4)x22,4/1000$; onde Abs representa os valores absolutos do delta da $HbO_2$ fornecido pelo equipamento (Van Beekvelt, 2002).
- Tempo de desoxigenação – tempo em segundos a partir do início da manobra de oclusão até atingir a menor $StO_2$;

- Taxa de desoxigenação - velocidade da queda da $StO_2$ durante a manobra de oclusão, expressa em %/s, calculada pelo delta da $StO_2$ dividido pelo tempo de desoxigenação em segundos;
- Tempo de reoxigenação T 100 - tempo entre o final da oclusão e o retorno aos valores basais de $StO_2$.
- Taxa de reoxigenação – velocidade de reoxigenação tecidual, expressa em porcentagem de $StO_2$ pelo tempo em segundos ($\%s^{-1}$). Calculada a partir do final da oclusão pelo delta da $StO_2$ dividido pelo tempo de reoxigenação em segundos.
- Taxa de reoxigenação 10 segundos – Velocidade de reoxigenação tecidual nos primeiros 10 segundos após final da MOA (McLay *et al*., 2016).
- Presença de hiperemia reativa – sim ou não.
- Delta da $StO_2$ na hiperemia reativa.

**Variáveis da NIRS durante o teste em esteira**

As seguintes variáveis serão coletadas durante o teste em esteira (Boezeman *et al*., 2016; Cornelis *et al*., 2021):

- Saturação tecidual inicial, antes de iniciar o teste - $StO_2$IN (%);
- Saturação tecidual ao final do teste – ($StO_2$F%);
- Delta da $StO_2$ – diferença entre os valores iniciais e finais de $StO_2$ dos testes;
- Menor valor de $StO_2$ ao atingir o platô de desoxigenação ($StO_2$PL);
- Delta de $StO_2$ platô – diferença entre o valor de $StO_2$ inicial e $SatO_2$ do platô de desoxigenação;
- Variação ou delta da $HbO_2$ - diferença entre o valor inicial e o final de $HbO_2$ durante o teste;
- Variação ou delta da HHb - diferença entre o valor inicial e o final de HHb durante o teste;
- Tempo de desoxigenação: tempo do início do teste até atingir o menor valor de $StO_2$ no platô de desoxigenação (em segundos);
- Taxa de desoxigenação – velocidade da queda da $StO_2$ durante o teste funcional, expressa em %/segundos, calculada pelo delta da $StO_2$ platô dividido pelo tempo de desoxigenação em segundos;

- Tempo de resistência: tempo até o fim do teste (em segundos), após o indivíduo atingir a menor $StO_2$ no platô de desoxigenação;
- Média dos valores de $StO_2$ durante os testes;
- Tempo de reoxigenação T 100 - tempo entre o final do teste e o retorno aos valores basais de $StO_2$ em segundos.
- Tempo de reoxigenação T50 - 50% do tempo entre o final do teste e o retorno aos valores basais de $StO_2$.
- Taxa de reoxigenação **–** velocidade de reoxigenação tecidual, expressa em porcentagem de $StO_2$ pelo tempo em segundos ($\%s^{-1}$). Calculada a partir do final do teste pelo delta da $StO_2$ dividido pelo tempo em segundos.
- Presença de hiperemia reativa – sim ou não.
- Delta da $StO_2$ na hiperemia reativa.

A figura 1 abaixo ilustra a descrição das variáveis:

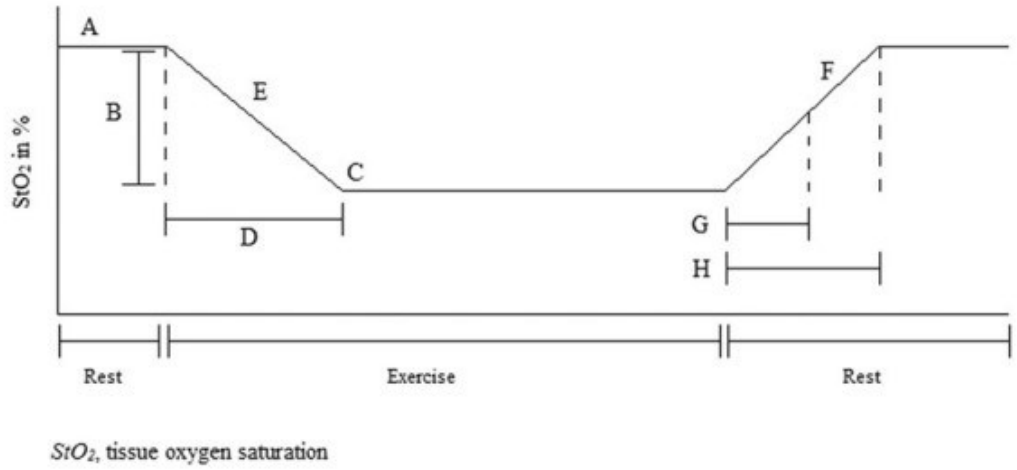



Figura 1 – Ilustração esquemática gráfica das variáveis da NIRS.

Legenda: A= $StO_2$IN (%); B= Delta da $StO_2$; C= $StO_2$PL; D= Tempo de desoxigenação; E= Taxa de desoxigenação; F= Taxa de reoxigenação; G=T50; H= T100. Adaptado de Boezeman *et al*.

**Capacidade funcional**

Os desfechos relativos à capacidade funcional deste estudo serão a distância total percorrida em metros, o tempo total do teste em minutos e a distância e tempo de dor inicial durante o teste em esteira.

**Variáveis relacionadas aos desfechos secundários**

**Oxigenação muscular periférica durante ISWT**

As variáveis secundárias de oxigenação muscular periférica serão aquelas coletadas durante o ISWT, na avaliação do baseline. Elas seguem o mesmo raciocínio e descrição das definidas durante o teste em esteira e serão utilizadas para descrever e comparar o comportamento da oxigenação muscular periférica na DAP durante um teste incremental em solo, o ISWT, objetivo secundário deste projeto.

**Adesão**

A adesão dos participantes aos dois grupos de tratamentos será mensurada pela porcentagem de participação nas sessões propostas, considerando o comparecimento às sessões presenciais e os registros no diário de treinamento.

Serão consideradas ao total 60 sessões para os dois grupos. No PRPA serão consideradas 36 sessões presenciais e 24 registros no diário de treinamento. Para o grupo PDE, serão consideradas as mesmas 60 sessões, contando as quatro presenciais, somadas com as realizadas em domicílio e registradas no diário.

O número de todas as sessões realizadas vai ser relativizado por 60, para uma análise de comparação simples entre os grupos. O número de sessões presenciais vai ser relativizado por 36, em uma análise a parte para o grupo PRPA.

**Procedimentos estatísticos**

**Cálculo amostral**

O cálculo amostral foi realizado pelo software G-Power a partir de dados de outros estudos similares descritos na literatura (Gardner *et al*., 2014), considerando o tamanho de efeito da diferença dos desfechos, poder de 80% e alfa de 5% para todas as variáveis.

Foi calculado para as seguintes variáveis:

- Capacidade funcional – tempo total do teste - tamanho de efeito 0,57. N=14 por grupo.
- Variáveis da NIRS: - tempo para menor $StO_2$ platô no teste em esteira – tamanho de efeito 0,62. N =11 por grupo.
- Variável da NIRS: T50 na recuperação do teste em esteira – tamanho de efeito 0,53. N=15 por grupo.

## Análise estatística

A normalidade dos dados será verificada pelo teste Shapiro-Wilk. Será realizada a análise descritiva dos dados e os resultados serão expressos como medidas de tendência central e dispersão ou frequências absolutas e relativas. A comparação dos dados de desfechos entre as avaliações pré e pós-intervenção e entre grupos será realizada por análise de variância mista (ANOVA 2x2). As comparações *post hoc* serão realizadas pelo teste de Bonferroni. Para o objetivo secundário de verificar a correlação entre a mudança das variáveis de oxigenação muscular periférica e a melhora da capacidade funcional após reabilitação será usado o coeficiente de correlação de Pearson ou Spearman, dependendo da normalidade da amostra. O valor de alfa de 5% será considerado para significância estatística. No caso de perdas, análises de intenção de tratar serão consideradas.

## Referências

ABOYANS, Victor *et al.* **2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS)**. **European Heart Journal**Oxford University Press, , 1 mar. 2018.

BAKER, Wesley B. *et al.* Effects of exercise training on calf muscle oxygen extraction and blood flow in patients with peripheral artery disease. **J Appl Physiol**, v. 123, p. 1599–1609, 2017.

BERTOLUCCI, Paulo H. F. *et al.* **O MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL EM UMA POPULAÇÃO GERAL IMPACTO DA ESCOLARIDADE**. *[S.l.: S.n.]*.

BOEZEMAN, Reinout P. E. *et al.* **Systematic review of clinical applications of monitoring muscle tissue oxygenation with near-infrared spectroscopy in vascular disease**. **Microvascular Research**Academic Press Inc., , 2016.

BORG, Gunnar A. V. psychophysical_bases_of_perceived_exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14(5), p. 377–381, jun. 1982.

CORNELIS, Nils *et al.* **The Use of Near Infrared Spectroscopy to Evaluate the Effect of Exercise on Peripheral Muscle Oxygenation in Patients with Lower Extremity Artery Disease: A Systematic Review**. **European Journal of Vascular and Endovascular Surgery**W.B. Saunders Ltd, , 1 maio 2021.

DE CARVALHO, Tales *et al.* Brazilian cardiovascular rehabilitation guideline – 2020. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 114, n. 5, p. 943–987, 1 maio 2020.

DE OLIVEIRA NASCIMENTO, Isabella *et al.* Comparison of home-based rehabilitation and a centre-based exercise in terms of functional capacity, muscle oxygenation and quality of life in people with peripheral arterial disease: a protocol for a randomised controlled trial. **BMJ Open**, v. 14, n. 3, 29 mar. 2024.

**Diretrizes Brasileiras de Obesidade 2016 4ª edição**. . *[S.l.: S.n.]*.

DIXIT, Snehil *et al.* Comparison of two walk tests in determining the claudication distance in patients suffering from peripheral arterial occlusive disease. **Advanced Biomedical Research**, v. 4, n. 1, p. 123, 2015.

**ESC CardioMed**. *[S.l.]*: Oxford University Press, 2018.

GARDNER, Andrew W. *et al.* Efficacy of quantified home-based exercise and supervised exercise in patients with intermittent claudication: A randomized controlled trial. **Circulation**, v. 123, n. 5, p. 491–498, 8 fev. 2011.

GARDNER, Andrew W. *et al.* Step-monitored home exercise improves ambulation, vascular function, and inflammation in symptomatic patients with peripheral artery disease: A randomized controlled trial. **Journal of the American Heart Association**, v. 3, n. 5, 2014.

GARDNER, Andrew W. *et al.* Association between calf muscle oxygen saturation with ambulatory function and quality of life in symptomatic patients with peripheral artery disease. **Journal of Vascular Surgery**, v. 72, n. 2, p. 632–642, 1 ago. 2020.

HAGEMAN, David *et al.* **Supervised exercise therapy versus home-based exercise therapy versus walking advice for intermittent claudication**. **Cochrane Database of Systematic Reviews**John Wiley and Sons Ltd, , 6 abr. 2018.

HIATT, William R.; ROGERS, R. Kevin; BRASS, Eric P. The treadmill is a better functional test than the 6-minute walk test in therapeutic trials of patients with peripheral artery disease. **Circulation**, v. 130, n. 1, p. 69–78, 1 jul. 2014.

JONES, Siana *et al.* **Recent developments in near-infrared spectroscopy (NIRS) for the assessment of local skeletal muscle microvascular function and capacity to utilise oxygen**. **Artery Research**Elsevier Ltd, , 1 dez. 2016.

LABS, K. H. *et al.* Reliability of treadmill testing in peripheral arterial disease: a comparison of a constant load with a graded load treadmill protocol. **Vascular Medicine**, v. 4, n. 4, p. 239–246, 1 nov. 1999.

MANFREDINI, F. *et al.* A Dynamic Objective Evaluation of Peripheral Arterial Disease by Near-Infrared Spectroscopy. **European Journal of Vascular and Endovascular Surgery**, v. 38, n. 4, p. 441–448, out. 2009.

MAZZOLAI, Lucia *et al.* Exercise therapy for chronic symptomatic peripheral artery disease. **European Heart Journal**, v. 45, n. 15, p. 1303–1321, 14 abr. 2024.

MCLAY, Kaitlin M. *et al.* Vascular responsiveness determined by near-infrared spectroscopy measures of oxygen saturation. **Experimental Physiology**, v. 101, n. 1, p. 34–40, 2016.

MONTEIRO, Débora Pantuso *et al.* Effects of modified aerobic training on muscle metabolism in individuals with peripheral arterial disease: a randomized clinical trial. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 1 dez. 2019.

NICOLAÏ, Saskia P. A. *et al.* Reliability of treadmill testing in peripheral arterial disease: A meta-regression analysis. **Journal of Vascular Surgery**, v. 50, n. 2, p. 322–329, ago. 2009.

NOBLE, Bruce J. clinical_applications_of_perceived_exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14(5), p. 406–411, 1982.

SINGH, Sally J. *et al.* **Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstructionThorax**. *[S.l.: S.n.]*.

TEIXEIRA DA CUNHA-FILHO, Inácio; DANIELLE, I.;.; GOMES PEREIRA, Aparecida. **Reliability of walking tests in claudicating patients: a pilot studyII Physical therapist. Specialist. III Angiologist. IV Physical therapist. Correspondence J Vasc Bras**. *[S.l.: S.n.]*.

TREAT-JACOBSON, Diane *et al.* Optimal Exercise Programs for Patients with Peripheral Artery Disease: A Scientific Statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 139, n. 4, p. E10–E33, 22 jan. 2019.

VAN BEEKVELT, Mireille C. P. **QUANTITATIVE NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY IN HUMAN SKELETAL MUSCLE METHODOLOGICAL ISSUES AND CLINICAL APPLICATION**. *[S.l.: S.n.]*.

WALBURG, St. Optical imaging made easy PortaMon O P T I C A L I M A G I N G M A D E E A S Y User Manual PortaMon Artinis Medical Systems BV. *[S.d.]*.

# MINICURRÍCULO

**Dados pessoais**

**Nome:** Patrícia Paulino Geisel
**Nascimento:** 18/04/1971
**CPF:** 787.060.766-53
**E-mail:** patriciapgeisel@gmail.com

**Formação acadêmica**

**2022 – Atual:** Doutorado em andamento em Ciências da Reabilitação, área de concentração Desempenho Funcional Humano, Linha de pesquisa Desempenho Cardiorrespiratório. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Brasil.

**2017 – 2019:** Mestrado em Ciências da Reabilitação, área de concentração Desempenho Funcional Humano, Linha de pesquisa Desempenho Cardiorrespiratório, Universidade Federal de Minas Gerais.
**Título: "**Avaliação da capacidade funcional e metabolismo muscular em indivíduos com doença arterial periférica com e sem diabetes"
**Orientador:** Profa. Dra. Danielle Aparecida Gomes Pereira
**Coorientador:** Dra. Débora Pantuso Monteiro

**2000:** Especialização em Fisioterapia, área de concentração Respiratória, Universidade Federal de Minas Gerais.

**1990 – 1994:** Graduação em Fisioterapia. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Brasil.

**Experiência profissional**

**1995 – Atual**: Servidora técnico-administrativa em educação da Universidade Federal de Minas Gerais, ocupante do cargo de Fisioterapeuta, lotada no Hospital das Clínicas da UFMG.
Vínculo: Servidor Público, Enquadramento Funcional: Fisioterapeuta

**2010 – Atual:** Preceptoria da Residência Multiprofissional em Saúde Cardiovascular do Hospital das Clínicas/ UFMG

**Atividades desenvolvidas no período do doutoramento**

**Artigos completos publicados em periódicos**

1. Nascimento I de O, Geisel PP, de Faria VC, Ferreira AP, Passos BR, Prado D, *et al*. Comparison of home-based rehabilitation and a centre-based exercise in terms of functional capacity, muscle oxygenation and quality of life in people with peripheral arterial disease: a protocol for a randomised controlled trial. BMJ Open [Internet]. 2024 Mar;14(3): 080071. Available from: http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2023-080071.

2. Paulino Geisel P, de Oliveira Nascimento I, Mendonça Gonçalves Machado M, Lucas Gomes Mateus dos Santos R, Nézio Gomes BR, Pontes Przybysz GM, *et al*. Incremental shuttle walking test for calf muscle oxygenation assessment in peripheral arterial disease: a cross-sectional study. Scientific Reports [Internet]. 2025 Jan 2;15(1). Available from: http://dx.doi.org/10.1038/s41598-024-84662-z .

3. Reis, Michel ; Rocco, Isadora ; Farias, Hugo ; Fenley, Alexandre ; Van Bavel, Diogo ; Floriano, Rafael ; Regufe, Victor ; Mèdeiros, Bruno ; Jaenisch, Rodrigo ; Neves, Victor ; Gomes, Diego ; Machado, Wallace ; Silva, Lilian ; Sant, Maurício ; Heubel, Alessandro ; Mendes, Renata ; Trevizan, Patricia ; Geisel, Patrícia ; Aparecida, Danielle ; Catai, Aparecida. Desafios e perspectivas do treinamento aeróbico nas doenças cardiovasculares: da UTI à reabilitação ambulatorial. Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo – Supl – 2025;35(2):212-22. Available from: http://dx.doi.org/10.29381/0103-8559/20253502212-22 .

**Participação em eventos e congressos**

XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia Respiratória, Cardiovascular e Terapia Intensiva - SIFR. 2024. (Simpósio)

**Trabalhos apresentados e publicados em anais:**

1. Patricia Paulino Geisel; Isabella De Oliveira Nascimento; Gisela Maria Pontes Przybysz; Tiago Da Silva Nogueira; Marina Mendonça G Machado; Raimundo Lucas Gomes Mateus Dos Santos; Bruno Rafael Nézio Gomes; Danielle Aparecida Gomes Pereira. Efeitos do treinamento físico presencial versus domiciliar na oxigenação muscular periférica e capacidade funcional de indivíduos com DAP: dados preliminares de um ensaio clínico randomizado. XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia Respiratória, Cardiovascular e Terapia Intensiva – SIFR, Brasília-DF.

2. Isabella De Oliveira Nascimento; Patricia Paulino Geisel; Tiago Da Silva Nogueira; Luiza Carolina De Azevedo Santos; Gustavo Arantes Ricaldoni Da Silva; Lorena Cardoso De Paula; Lívia Destéfani Lins; Danielle Aparecida Gomes Pereira. Efetividade da reabilitação domiciliar na capacidade funcional e na qualidade de vida de pessoas com doença arterial periférica: resultados preliminares de um ensaio clínico randomizado. Apresentação oral no XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia Respiratória, Cardiovascular e Terapia Intensiva – SIFR, 2024, Brasília-DF.

3. Isabella De Oliveira Nascimento; Patricia Paulino Geisel; Gisela Maria Pontes Przybysz; Carolina Machado De Melo Felix; Gustavo Arantes Ricaldoni Da Silva; Letícia Rebecca Martins Dos Santos; Patricia Fernandes Trevisan; Danielle Aparecida Gomes Pereira. Adesão de indivíduos com doença arterial periférica submetidos aos programas de reabilitação presencial e domiciliar: resultados preliminares. XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia Respiratória, Cardiovascular e Terapia Intensiva – SIFR, 2024, Brasília-DF.

4. Gustavo Arantes Ricaldoni Da Silva; Isabella De Oliveira Nascimento; Patricia Paulino Geisel; Tiago Da Silva Nogueira; Lorena Cardoso De Paula; Carolina Machado De Melo Felix; Marcelo Velloso; Danielle Aparecida Gomes Pereira. O sensewear armband é sensível em diferenciar níveis distintos de capacidade funcional em indivíduos com doença arterial periférica? XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia Respiratória, Cardiovascular e Terapia Intensiva – SIFR, 2024, Brasília-DF.

5. Marina Mendonça G Machado; Raimundo Lucas Gomes Mateus Dos Santos; Patricia Paulino Geisel; Bruno Rafael Nézio Gomes; Gisela Maria Pontes Przybysz; Driely Silva Amaral; Isabella De Oliveira Nascimento; Danielle Aparecida Gomes Pereira. Comparação da resposta da oxigenação muscular de panturrilha ao esforço em teste incremental entre indivíduos com doença arterial periférica e aparentemente saudáveis. XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia Respiratória, Cardiovascular e Terapia Intensiva – SIFR, 2024, Brasília-DF.

6. Raimundo Lucas Gomes Mateus Dos Santos; Marina Mendonça G Machado; Patricia Paulino Geisel; Gisela Maria Pontes Przybysz; Bruno Rafael Nézio Gomes; Isabella De Oliveira Nascimento; Danielle Aparecida Gomes Pereira. Comportamento da oxigenação muscular periférica durante o incremental shuttle walking test (iswt) em indivíduos com doença arterial periférica. XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia Respiratória, Cardiovascular e Terapia Intensiva – SIFR, Brasília-DF.

7. Bruno Rafael Nézio Gomes; Patricia Paulino Geisel; Gisela Maria Pontes Przybysz; Marina Mendonça G Machado; Raimundo Lucas Gomes Mateus Dos Santos; Isabella De Oliveira Nascimento; Danielle Aparecida Gomes Pereira. Qualidade de vida e capacidade funcional em indivíduos com DAP em um ambulatório público de saúde XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia Respiratória, Cardiovascular e Terapia Intensiva – SIFR, Brasília-DF.

**Trabalho premiado**

1. Segundo lugar categoria pôster - Fisioterapia Cardiovascular, XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia Respiratória, Cardiovascular e Terapia Intensiva – ASSOBRAFIR. 2024
Título: Comparação da resposta da oxigenação muscular de panturrilha ao esforço em teste incremental entre indivíduos com doença arterial periférica e aparentemente saudáveis.
Autores: Marina Mendonça G Machado; Raimundo Lucas Gomes Mateus Dos Santos; Patricia Paulino Geisel; Bruno Rafael Nézio Gomes; Gisela Maria Pontes Przybysz;

Driely Silva Amaral; Isabella De Oliveira Nascimento; Danielle Aparecida Gomes Pereira.

2. Terceiro lugar categoria pôster - Fisioterapia Cardiovascular, XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia Respiratória, Cardiovascular e Terapia Intensiva – ASSOBRAFIR.2024
Título: O SenseWear Armband é sensível em diferenciar níveis distintos de capacidade funcional em indivíduos com doença arterial periférica?
Autores: Gustavo Arantes Ricaldoni Da Silva; Isabella De Oliveira Nascimento; Patricia Paulino Geisel; Tiago Da Silva Nogueira; Lorena Cardoso De Paula; Carolina Machado De Melo Felix; Marcelo Velloso; Danielle Aparecida Gomes Pereira.

**Orientações:**

1. GABRIELA MONTEIRO VECCHI. Efeitos do treinamento de Leg Press na reabilitação de idosos pós-artroplastia total de joelho: revisão integrativa de literatura. Trabalho de conclusão de residência Integrada Multiprofissional do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2025. Hospital das Clínicas da UFMG/Ebserh.

2. DRIELY SILVA AMARAL e ANGELO JORGE COUTO. A importância da reabilitação na COVID longa: série de casos. Orientação de trabalho de conclusão de curso de graduação em fisioterapia, 2023, UFMG.

**Coorientações:**

1. MARINA MENDONÇA GONÇALVES MACHADO. Comportamento da oxigenação muscular periférica durante o esforço progressivo em solo em indivíduos com doença arterial periférica: um estudo exploratório. Coorientação de trabalho de conclusão de curso de graduação em fisioterapia, 2024, UFMG.

2. RAIMUNDO LUCAS GOMES MATEUS DOS SANTOS. Comportamento da desoxigenação e reoxigenação muscular durante o incremental shuttle walking test em indivíduos com doença arterial periférica. Coorientação de trabalho de conclusão de curso de graduação em fisioterapia, 2025, UFMG.

**Demais tipos de produção técnica:**

1. Revisão do manual prático da *Near infrared spectroscopy*, 2025, UFMG.

2. Treinamento para manuseio da near-infrared spectroscopy para a professora Rafaela Pedrosa da UFPB, 2024.

3. Participação no Projeto de Extensão Serviço de Apoio e Pessoas com Doença Arterial Obstrutiva Periférica, 2023.

**Participação em bancas de trabalhos de conclusão:**

1. LETÍCIA DE ALMEIDA RESENDE. Capacidade funcional pós reabilitação cardiovascular em Indivíduos com doença arterial periférica em uso de Betabloqueador: um estudo quasi experimental. Trabalho de conclusão de residência Integrada Multiprofissional do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2023. Hospital das Clínicas da UFMG/Ebserh.

2. PRISCILA TRINDADE CAETANO POEIRAS. Aspectos da fragilidade em idosos com osteoartrite submetidos a artroplastia total de quadril e joelho e desfechos pós-operatórios: revisão de literatura. Trabalho de conclusão de residência Integrada Multiprofissional do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2023. Hospital das Clínicas da UFMG/Ebserh.

3. NATÁLIA BERNARDINA OLIVEIRA FERREIRA MAGELA. Impacto da covid-19 na realização do transplante cardíaco e na reabilitação cardíaca fase i em um hospital público universitário. Trabalho de conclusão de residência Integrada Multiprofissional do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2022. Hospital das Clínicas da UFMG/Ebserh.