

Patrícia Paulino Geisel

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE FUNCIONAL E METABOLISMO MUSCULAR EM
INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA COM E SEM DIABETES**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia ocupacional da UFMG

2018

Patrícia Paulino Geisel

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE FUNCIONAL E METABOLISMO MUSCULAR EM
INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA COM E SEM DIABETES**

Dissertação 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 Mestre em Ciências da Reabilitação.

Área de Concentração: Desempenho Funcional Humano

Linha de Pesquisa: Desempenho Cardiorrespiratório

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Aparecida Gomes Pereira

Coorientadora: Dra. Débora Pantuso Monteiro

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia ocupacional da UFMG

2018

G313a
2018

Geisel, Patrícia Paulino

Avaliação da capacidade funcional e metabolismo muscular em indivíduos com doença arterial periférica com e sem diabetes. [manuscrito] / Patrícia Paulino Geisel – 2018.

65 f.: il.

Orientadora: Danielle Aparecida Gomes Pereira

Co-Orientadora: Débora Pantuso Monteiro

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 47-51

1. Doença arterial periférica - Teses. 2. Diabetes - Teses. 3. Claudicação intermitente – Teses. 4. Espectroscopia de luz próxima ao infravermelho. I. Pereira, Danielle Aparecida Gomes. II. Monteiro, Débora Pantuso. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

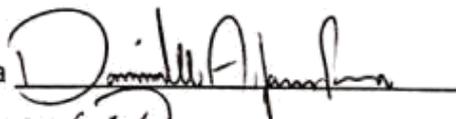
CDU: 616.13

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS EM REABILITAÇÃO
DEPARTAMENTOS DE FISIOTERAPIA E DE TERAPIA OCUPACIONALSITE: www.eeffto.ufmg.br/mreab E-MAIL: mreab@eeffto.ufmg.br FONE/FAX: (31) 3409-
4781/7395

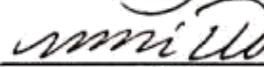
ATA DE NÚMERO 290 (DUZENTOS E NOVENTA) DA SESSÃO DE ARGUIÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO APRESENTADA PELA CANDIDATA **PATRÍCIA PAULINO GEISEL** DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO. -----

Aos 10 (dez) dias do mês de dezembro do ano de dois mil e dezoito, realizou-se na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, a sessão pública para apresentação e defesa da dissertação **"AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE FUNCIONAL E METABOLISMO MUSCULAR EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA COM E SEM DIABETES"**. A banca examinadora foi constituída pelos seguintes Professores Doutores: Danielle Aparecida Gomes Pereira, Raquel Rodrigues Britto e Giane Amorim Ribeiro Samora, sob a presidência da primeira. Os trabalhos iniciaram-se às 13h30min com apresentação oral da candidata, seguida de arguição dos membros da Comissão Examinadora. **Após avaliação, os examinadores consideraram a candidata aprovada e apta a receber o título de Mestre, após a entrega da versão definitiva da dissertação.** Nada mais havendo a tratar, o Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação dos Departamentos de Fisioterapia e de Terapia Ocupacional, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, lavra a presente Ata, que depois de lida e aprovada será assinada pelo mesmo e pelos membros da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 10 de dezembro de 2018. -----

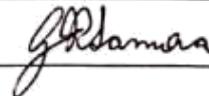
Professora Dra. Danielle Aparecida Gomes Pereira



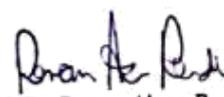
Professora Dra. Raquel Rodrigues Britto



Professora Dra. Giane Amorim Ribeiro Samora



Secretária do Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação.


Prof. Dr. Renan Alves Resende
Subcoordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Reabilitação-EEFFTO-UFMG
Inscrição UFMG 27771-1
Slape 1123296

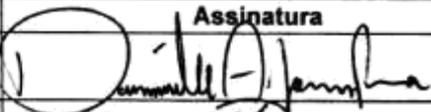
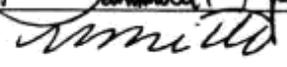
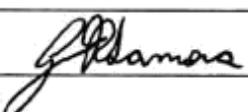
COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS EM REABILITAÇÃO
DEPARTAMENTOS DE FISIOTERAPIA E DE TERAPIA OCUPACIONAL

SITE: www.eeffto.ufmg.br/mreabE-MAIL: mreab@eeffto.ufmg.br

FONE/FAX: (31) 3409-4781

PARECER

Considerando que a dissertação de mestrado de **PATRÍCIA PAULINO GEISEL** intitulada **"AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE FUNCIONAL E METABOLISMO MUSCULAR EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA ARTERIAL PERIFÉRICA COM E SEM DIABETES"**, defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, nível mestrado, cumpriu sua função didática, atendendo a todos os critérios científicos, a Comissão Examinadora **APROVOU** a defesa de dissertação, conferindo-lhe as seguintes indicações:

Nome dos Professores/Banca	Aprovação	Assinatura
Professora Dra. Danielle Aparecida Gomes Pereira	APROVADA	
Professora Dra. Raquel Rodrigues Britto	APROVADA	
Professora Dra. Giane Amorim Ribeiro Samora	APROVADA	

Belo Horizonte, 10 de dezembro de 2018.

Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação/EEFFTO/UFMG.


Prof. Dr. Renan Alves Resende
 Subcoordenador do Programa de Pós-Graduação
 em Ciências da Reabilitação- EEFETO-UFMG
 Inscrição UFMG 27771-1
 Slape 1123298

“Deus nos concede, a cada dia, uma página de vida nova no livro do tempo. Aquilo que colocarmos nela, corre por nossa conta.”

Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tantas oportunidades de crescimento nesta vida, cercada de pessoas especiais!

À minha orientadora Danielle Gomes por ter me concedido essa oportunidade. Esse sonho só se tornou possível com seu apoio e incentivo. Muito obrigada pela confiança, por sua dedicação e disponibilidade em compartilhar conhecimentos. Me sinto privilegiada e grata pela nossa parceria todos esses anos na residência e agora na pesquisa. Levo para minha vida seus ensinamentos, nossa parceria e amizade.

À Débora Pantuso, minha coorientadora, querida amiga e parceira da UFMG, que trouxe renovação para nossa equipe. Obrigada pelo incentivo, pela generosidade em partilhar sua pesquisa, pelos ensinamentos, pela companhia e pela sua amizade.

Meu especial agradecimento à minha família. Ao meu pai Ernesto, que mesmo não estando mais presente, deixou guardado em nossos corações importantes lições de ética, comprometimento pessoal, sabedoria e amizade. À minha querida mãe Wanda, parceira de todos os momentos, exemplo de força, amor, dedicação à família e alegria.

Ao Marquinhos, meu grande companheiro, obrigada primeiramente pelo seu amor e por dividir comigo momentos tão especiais nesta vida. Pelo incentivo, cumplicidade e compreensão. Aos meus filhos Lucas e Tiago, pelo incentivo, pela ajuda com a tecnologia, pelo carinho e amor que me iluminam.

Minhas queridas irmãs Adriana e Márcia, pelo companheirismo, pelo apoio e amizade. Minhas lindas sobrinhas Monique, Mariana e Amanda pelo carinho e pelos momentos de alegria em família. Minha sogra Nilda, exemplo de amor, dedicação e perseverança.

Aos meus grandes amigos Bia, Luciana, Múcio e cunhada Fabiana, irmãos de coração, agradeço muito pelo estímulo, os momentos de lazer e a compreensão com minhas ausências.

À todos da minha família e amigos que torceram por esta conquista.

Agradeço muito minhas grandes amigas e companheiras de HC-UFMG, Míriam Ferreira, Dione Freitas, Sílvia Kalik e Caroline Duarte, por estarmos trabalhando juntas todos estes anos, com tanto ideal, dedicação e amizade. Tenho muito orgulho de vocês!

Às queridas residentes do HC-UFMG, da cardiovascular e saúde do idoso, por me inspirarem e servirem de estímulo para desenvolver um serviço de mais qualidade para nossos pacientes. Obrigada pela dedicação e por entenderem a importância de manter os ambulatórios que participo funcionando, mesmo na minha ausência temporária.

À todos os colegas da assistência da Unidade Multiprofissional, especialmente minha companheira de ambulatório e de pós-graduação Ronara Gróia, pelo apoio, troca de experiências e por partilharmos o mesmo ideal.

A todos os colegas do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, especialmente Isabella Nascimento e Alexandrina Nitz, pelos momentos de aprendizado, tensão e de amizade que passamos juntas.

Aos professores do Departamento de Fisioterapia que compartilharam experiências e conhecimentos, especialmente o Prof. Dr. Marcelo Velloso e Prof. Dra. Verônica F. Parreira, por participarem da avaliação do projeto e a Prof. Dra. Raquel R. Britto por ser a precursora da área de fisioterapia cardiovascular, que tanto me encanta. Obrigada a todos pela inspiração e pelas palavras de incentivo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Near-infrared spectroscopy - NIRS – funcionamento e aplicabilidade	13
2.2 Diabetes – Doença Arterial Periférica (DAP) / NIRS.....	21
3 JUSTIFICATIVA	25
4 OBJETIVOS.....	26
4.1 Objetivos primários	26
4.2 Objetivos secundários	26
5 MÉTODOS E RESULTADOS.....	27
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
REFERÊNCIAS	47
ANEXOS.....	52
Anexo A	53
Anexo B	54
Anexo C	55
APÊNDICES	56
Apêndice 1.....	57
Apêndice 2.....	63

PREFÁCIO

A presente dissertação foi elaborada no formato opcional segundo as normas estabelecidas pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. A mesma encontra-se formatada conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Sua estrutura compreende 6 sessões. A primeira contém a introdução que abrange a contextualização do tema. A segunda sessão é dividida em duas partes, sendo a primeira uma revisão de literatura sobre a espectroscopia de luz próxima ao infravermelho (NIRS), seu uso e aplicabilidade, e a segunda uma revisão sobre diabetes na doença arterial periférica e o uso da NIRS neste contexto. Na terceira sessão está descrita a justificativa do estudo. Na quarta sessão encontram-se os objetivos primários e secundários desta dissertação. A quinta sessão contém a metodologia e resultados no formato de artigo científico intitulado “Avaliação da Capacidade Funcional e Metabolismo Muscular em Indivíduos com Doença Arterial Periférica Com e Sem Diabetes”. O artigo foi redigido e formatado de acordo com as normas da revista *Diabetes & Vascular Disease Research*. Após apreciação da banca examinadora e devida adequação, o artigo será traduzido para língua inglesa e submetido ao respectivo periódico. Na sexta sessão estão as considerações finais desta dissertação. Em seguida estão incluídas as referências bibliográficas, os anexos e apêndices. Ao final encontra-se o mini-currículo da mestranda com as atividades desenvolvidas no período do mestrado.

RESUMO

A doença arterial periférica (DAP) é caracterizada por uma obstrução crônica do leito arterial distal dos membros inferiores tendo como principal causa a aterosclerose. Sua prevalência é estimada em torno de 3 a 10% na população geral aumentando para 15 a 20% em idosos. Dentre os fatores de risco destaca-se a diabetes que predispõe a DAP e aumenta a morbimortalidade. A principal manifestação da DAP é a claudicação intermitente (CI). A CI interfere na capacidade de deambulação, leva a piora da capacidade funcional, restringe as atividades de vida cotidiana e piora da qualidade de vida. Fatores como a gravidade da obstrução vascular causada pela placa aterosclerótica estão ligadas ao aparecimento da CI mas estudos recentes destacam a importância de fatores locais de fluxo vascular e metabolismo muscular que podem interferir na CI e no desempenho funcional. Este mecanismo ainda não está claramente definido na DAP, especialmente com condições associadas como diabetes. A espectroscopia de luz próxima ao infravermelho (NIRS) tem sido uma técnica utilizada para avaliação da oxigenação periférica tecidual e pode ser promissora no entendimento dos mecanismos teciduais locais associados à capacidade de deambulação em indivíduos com DAP. Assim, essa dissertação de mestrado tem dois objetivos complementares que são identificar as variáveis de metabolismo muscular e função vascular por meio do uso da NIRS e as possíveis associações com a capacidade funcional de indivíduos com DAP e verificar a diferença entre indivíduos com DAP com e sem diabetes com relação à capacidade funcional e ao comportamento da oxigenação periférica tecidual através do uso da NIRS. Foram recrutados adultos com DAP encaminhados para o Serviço Ambulatorial de Apoio a Pessoas com Doença Arterial Periférica do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Eles foram avaliados quanto à capacidade funcional pela distância total percorrida no teste em esteira com velocidade e inclinação constantes (3,2Km/h e 10%) e quanto às variáveis de função e metabolismo muscular pelo uso da NIRS em repouso e no teste em esteira. Foi realizado o coeficiente de correlação de Spearman para avaliar a existência de associação entre as variáveis e a análise de regressão linear múltipla considerando a distância total do teste como variável dependente. Para a comparação entre grupos foi realizado o teste t independente ou Mann Whitney-U quando indicado. O nível de significância de 5% foi adotado para todas as análises. Foram coletados dados de 40 voluntários para o projeto inicial, sendo um excluído neste estudo, por perda dos dados da NIRS. Dos 39 restantes, 28 eram homens, sendo 14 (35,9%) diabéticos e 25 (64,1%) não diabéticos. A idade foi em média $64,23 \pm 10,63$ anos, o índice de massa corpórea (IMC) de $27,03 \pm 4,64$, o ITB direito de $0,61 \pm 0,17$ e o ITB esquerdo de $0,62 \pm 0,17$. Da amostra total 89,7% apresentavam hipertensão, 30,8% eram tabagistas ativos, 53,8% ex-tabagistas e 15,4% nunca fumaram. As variáveis derivadas da NIRS taxa de desoxigenação na esteira, taxa de reoxigenação relativa e tempo de reoxigenação na oclusão explicaram 83% da variabilidade da capacidade funcional ($p < 0,001$) no primeiro modelo e as variáveis economia de caminhada em relação à FC ($m/\Delta FC$), taxa de desoxigenação na esteira e tempo de reoxigenação na oclusão que explicaram 60% da variabilidade ($p < 0,001$) no segundo modelo. Na comparação entre os grupos DAP com e sem diabetes o tempo de reoxigenação na oclusão apresentou diferença significativa ($p = 0,049$). Esses achados reforçam a hipótese que fatores periféricos ligados à função vascular e ao metabolismo muscular podem impactar na capacidade de deambulação na DAP e

que a disfunção microvascular está mais presente em indivíduos com DAP diabéticos.

Palavras-chave: Doença arterial periférica. Diabetes. Claudicação intermitente. Espectroscopia de luz próxima ao infravermelho.

ABSTRACT

The Peripheral Arterial Disease (PAD) is characterized by the chronic obstruction of the inferior limb's distal arterial bed, having atherosclerosis as its main cause. Its prevalence is estimated as being around 3 to 10% in general population, rising up to 15 to 20% in elderly people. Among the risk factors, diabetes is highlighted, for it predisposes PAD and increases its mortality. The main manifestation of PAD is Intermittent Claudication (IC). The IC interferes in walking capacity, leads to worsening of functional capacity, limits daily life activities, and makes quality of life worse. Factors such as gravity of vascular obstruction caused by the atherosclerotic plate are connected with the appearance of IC, but recent studies highlight the importance of local factors of vascular flow and muscular metabolism, which can interfere in IC and in functional performance. This mechanism isn't clearly defined in PAD yet, especially in associated conditions like diabetes. The Near-infrared spectroscopy (NIRS) technique has been used to assess tissue peripheral oxygenation, and can be promising in comprehending local tissue mechanisms associated with walking capacity in individuals with PAD. This way, this master's dissertation has two complementary objectives, which are to identify the muscular metabolism and vascular function variables using NIRS and the possible associations with functional capacity in individuals with PAD, and to verify the difference between individuals with PAD with and without diabetes in relation to functional capacity and the behavior of peripheral tissue oxygenation through the use of NIRS. There were recruited adults with PAD referred to the Outpatient Service of Support for People with Peripheral Arterial Disease of the Hospital das Clínicas from the Universidade Federal de Minas Gerais. They were assessed in relation to the functional capacity through the total distance walked in the treadmill test with constant velocity and inclination (3.2Km/h and 10%), and in relation to the function and muscular metabolism variables through the use of NIRS in rest and during the treadmill test. The Spearman correlation coefficient was made to assess the presence of association between variables, and the multiple linear regression analysis considering the test total distance as a dependent variable. For the assessment between groups, it was made the independent T Test or the Mann Whitney-U, when indicated. The significance level of 5% was adopted for all analysis. There were collected 40 volunteers for the initial project, one being excluded in this group because the NIRS data were lost. Of the remaining 39, 28 were men, being 14 (35.9%) diabetics and 25 (64.1%) non diabetics. The mean age was 64.23 ± 10.63 years, the body mass index (BMI) was 27.03 ± 4.64 , the right ankle-brachial index was 0.61 ± 0.17 and the left ankle-brachial index was 0.62 ± 0.17 . Of the total sample, 89.7% presented high blood pressure, 30.8% were active smokers, 53.8% ex-smokers, and 15.4% never smoked. The variables derived from the NIRS de-oxygenation rate in the treadmill, relative re-oxygenation rate, and time of re-oxygenation in occlusion explained 83% of the variability in functional capacity ($p < 0.001$) in the first model, and the walking economy in relation to heart rate ($m/\Delta FC$), de-oxygenation rate in the treadmill, and time of re-oxygenation in occlusion explained 60% of the variability ($p < 0.001$) in the second model. In the comparison between the groups PAD with and without diabetes, the time of re-oxygenation in occlusion presented a significant difference ($p = 0.049$). These findings reinforce the hypothesis that peripheral factors related to vascular function and

muscular metabolism can impact walking capacity in PAD, and that the microvascular dysfunction is more present in diabetic individuals with PAD.

Keywords: Peripheral arterial disease. Diabetes. Intermittent claudication. Near-Infrared Spectroscopy.

1 INTRODUÇÃO

A doença arterial periférica (DAP) é caracterizada por uma obstrução crônica do leito arterial distal dos membros inferiores (HIRSCH *et al.*, 2006; NORGREN *et al.*, 2007; GERHARD-HERMAN *et al.*, 2017). Diversos processos podem contribuir para a obstrução arterial, mas a aterosclerose permanece como fator causal mais comum (HIRSCH *et al.*, 2006).

Estima-se que aproximadamente 202 milhões de pessoas ao redor do mundo apresentem DAP (FOWKES *et al.*, 2013). Sua prevalência é em torno de 3 a 10 % na população geral aumentando para 15 a 20% na população idosa (NORGREN *et al.*, 2007). Em um estudo multicêntrico no Brasil foi encontrada uma prevalência de DAP de 10,5%, inferindo-se aproximadamente 6 milhões de indivíduos (MAKDISSE *et al.*, 2008).

A DAP está associada com aumento da morbimortalidade (GERHARD-HERMAN *et al.*, 2017) e é considerada a terceira causa de morbidade por doença aterosclerótica depois da síndrome coronariana e do acidente vascular cerebral (FOWKES *et al.*, 2013). Os fatores de risco para o seu desenvolvimento são os convencionalmente considerados em outros transtornos cardiovasculares como idade, tabagismo, diabetes, hipertensão, hiperlipidemia e história familiar (FOWKES *et al.*, 2013; GERHARD-HERMAN *et al.*, 2017). Indivíduos com diabetes apresentam quatro vezes mais chance de desenvolver DAP (NORMAN *et al.*, 2006) com aparecimento mais precoce da doença, geralmente mais agressiva e com maior incidência de amputação (MASCARENHAS *et al.*, 2014; THIRUVOIPATI *et al.*, 2015).

Inicialmente a maioria dos indivíduos com DAP são assintomáticos (MASCARENHAS *et al.*, 2014). As manifestações clínicas podem variar desde indivíduos assintomáticos (20-50%), dor atípica (40-50%), claudicação (10-35%) e isquemia crítica do membro (1-2%) (HIRSCH *et al.*, 2001; HIRSCH *et al.*, 2006; GERHARD-HERMAN *et al.*, 2017). A claudicação intermitente (CI) é a principal manifestação, sendo definida como fadiga, desconforto ou dor de origem vascular nos músculos dos membros inferiores que é consistentemente induzida pelo exercício e que alivia no repouso (GERHARD-HERMAN *et al.*, 2017). A dor isquêmica durante a deambulação, que caracteriza a CI, reflete o inadequado

aumento do fluxo sanguíneo muscular durante o exercício (HIRSCH *et al.*, 2006; HAMBURG e CREAGER, 2017).

Dentre os fatores que desencadeiam a CI na DAP destaca-se a lesão fluxo-limitante da placa aterosclerótica e sua gravidade como importante fator, mas estudos já indicam que a origem dos sintomas pode ter múltiplos determinantes como a disfunção vascular, alteração do metabolismo muscular com disfunção mitocondrial, prejuízo na angiogênese e ativação inflamatória sistêmica (MULLER *et al.*, 2013; HAMBURG e CREAGER, 2017).

O grupo de indivíduos com DAP diabéticos representa o maior número de casos assintomáticos, uma vez que a sensação de dor pode ser mascarada pela ocorrência da neuropatia periférica concomitante (NORMAN *et al.*, 2006; HAMBURG e CREAGER, 2017). Este fato, associado a uma maior disfunção metabólica tecidual, fazem com que esse grupo seja de maior risco para desfechos desfavoráveis como isquemia crítica do membro (NORMAN *et al.*, 2006; MASCARENHAS *et al.*, 2014; THIRUVOIPATI *et al.*, 2015; HAMBURG e CREAGER, 2017).

Indivíduos com DAP e CI apresentam prejuízo nas suas atividades cotidianas que envolvem a deambulação, com pior desempenho funcional, evidenciados por redução da velocidade de marcha, menor nível de atividade física, déficit de equilíbrio, com impacto na sua qualidade de vida (PATEL *et al.*, 2015; GERHARD-HERMAN *et al.*, 2017). A diminuição da capacidade funcional está associada a piores resultados clínicos, com maiores índices de eventos cardiovasculares e óbito (HAMBURG e CREAGER, 2017).

Rotineiramente indivíduos com DAP são avaliados por meio de testes funcionais como os de capacidade cardiorrespiratória, mas em alguns casos esses testes podem não ser conclusivos ou capazes de identificar os mecanismos específicos relacionados à limitação funcional periférica da DAP (JONES *et al.*, 2016).

Uma das medidas realizadas para o diagnóstico da DAP e também para se determinar o grau de acometimento é o Índice Tornozelo-Braço (ITB) (GERHARD-HERMAN *et al.*, 2017). O ITB verifica a severidade do acometimento pelo prejuízo que a obstrução gera no fluxo sanguíneo entre a aorta e o tornozelo, de forma que valores mais baixos de ITB refletem maior obstrução ao fluxo sanguíneo vascular (MCDERMOTT *et al.*, 2002; MANFREDINI *et al.*, 2009; HAMBURG e CREAGER,

2017). Já é bem estabelecido que indivíduos com DAP, com ITB menor que 0,9 apresentam diminuição da capacidade funcional quando comparados a indivíduos saudáveis (MCDERMOTT *et al.*, 1999; MCDERMOTT *et al.*, 2002). Mas o ITB não tem sido considerado um fator preditivo preciso para refletir a capacidade funcional em indivíduos com DAP, sendo encontrada modesta ou nenhuma associação entre o ITB e a capacidade de caminhar nestes indivíduos (LONG *et al.*, 2004; IZQUIERDO-PORRERA *et al.*, 2005; SZUBA *et al.*, 2006). Além disso, tem demonstrado ser insuficiente para refletir o declínio na capacidade de deambular com o tempo ou a melhora da distância caminhada após reabilitação (GARDNER *et al.*, 2004; MCDERMOTT *et al.*, 2009).

Neste sentido, na última década estudos têm sido desenvolvidos com a utilização da espectroscopia de luz próxima ao infravermelho ou *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) na tentativa de melhorar o entendimento acerca dos mecanismos locais envolvidos na sintomatologia periférica e suas repercussões na funcionalidade em indivíduos com DAP (BOEZEMAN *et al.*, 2016). Com o uso da NIRS é possível avaliar e identificar alterações locais referentes ao fluxo sanguíneo e ao metabolismo muscular (MANFREDINI *et al.*, 2009; MANFREDINI *et al.*, 2015; BOEZEMAN *et al.*, 2016).

A NIRS permite uma avaliação não invasiva da oxigenação e da hemodinâmica dos tecidos pela detecção local de mudanças na oxigenação tecidual através das variáveis oxihemoglobina (HbO_2), deoxihemoglobina (HHb) e saturação tecidual de oxigênio (StO_2) (VAN Beekvelt *et al.*, 2001; JONES *et al.*, 2016). Pode ser usada no repouso e durante o exercício ou em testes funcionais, possibilitando análise simultânea dos fatores relacionados ao fluxo sanguíneo, metabolismo muscular e capacidade funcional (MANFREDINI *et al.*, 2009). Dessa forma, parâmetros derivados da NIRS podem representar uma opção viável para a avaliação do comportamento tecidual local e suas adaptações dinâmicas durante atividades como a caminhada, permitindo um maior esclarecimento acerca dos fatores determinantes da capacidade funcional em indivíduos com DAP, especialmente aqueles com maiores alterações metabólicas, como no caso dos diabéticos (MALAGONI *et al.*, 2010).

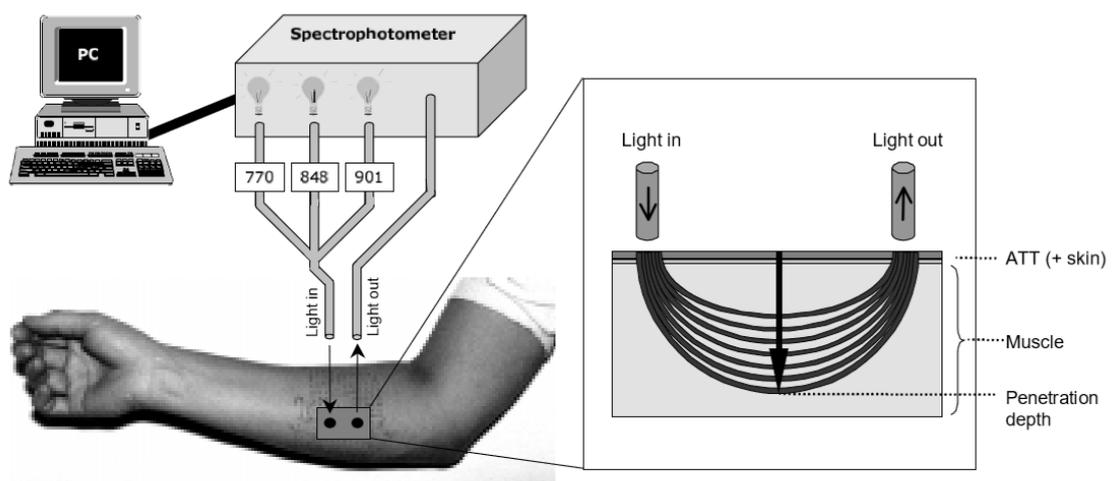
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Near-infrared spectroscopy - NIRS – funcionamento e aplicabilidade

A NIRS é uma técnica que vem sendo utilizada para avaliação e monitoramento da oxigenação periférica tecidual de forma não invasiva (BOEZEMAN *et al.*, 2016; JONES *et al.*, 2016). É baseada na capacidade de penetração da luz nos tecidos biológicos, em diferentes comprimentos de onda e suas propriedades de absorção, reflexão e dispersão (VAN BEEKVELT *et al.*, 2001; JONES *et al.*, 2016).

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 (VAN BEEKVELT, 2002). Dessa forma, a NIRS emite a luz em dois ou mais comprimentos de onda, que atravessam os tecidos de maneira curvilínea, penetram na pele, subcutâneo, tecido adiposo e muscular, são absorvidos, refletidos ou dispersos pelo tecido, retornando ao receptor (VAN BEEKVELT *et al.*, 2001; BOEZEMAN *et al.*, 2016; JONES *et al.*, 2016) (FIGURA 1).

Figura 1. Representação esquemática da NIRS emitindo 3 comprimentos de onda (770,848 e 901nm), o sinal sendo transmitido para o tecido e sendo detectado pelo receptor.



Fonte - Adaptado de (VAN BEEKVELT, 2002).

A água, a hemoglobina e a mioglobina são os principais componentes que absorvem luz na maioria dos tecidos, por meio de moléculas denominadas

cromóforos (Van BEEKVELT, 2002; LIMA e BAKKER, 2011). 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 (Mb), responsáveis pelo transporte de oxigênio no sangue e miócitos respectivamente (BOEZEMAN *et al.*, 2016; JONES *et al.*, 2016). O espectro de absorção entre elas é indistinguível, então os valores das concentrações são atribuídos as duas, com maior contribuição, em torno de 90% considerado pela hemoglobina (JONES *et al.*, 2016). A absorção de luz por essas moléculas depende se elas estiverem no estado oxigenado, oxiemoglobina (HbO₂) ou desoxigenado, deoxiemoglobina (HHb) (VAN BEEKVELT *et al.*, 2001; BOEZEMAN *et al.*, 2016; JONES *et al.*, 2016).

Dessa forma, através do sinal captado pelo receptor advindo do tecido, a NIRS fornece os valores de concentração relativa de HbO₂ e HHb e suas variações, sendo possível obter informações acerca da oxigenação tecidual (VAN BEEKVELT *et al.*, 2001; LIMA e BAKKER, 2011; BOEZEMAN *et al.*, 2016; JONES *et al.*, 2016). O sinal da HbO₂ e HHb e suas concentrações relativas representam a concentração da hemoglobina em vasos com diâmetro menor que um milímetro, uma vez que o sinal é completamente absorvido em vasos com diâmetros acima desse calibre. Geralmente é considerado que o sinal é proveniente de pequenos vasos, pequenas artérias, arteríolas, capilares e vênulas, sendo a maior parte derivado dos capilares, que compõe a maior parte do volume vascular do músculo esquelético (JONES *et al.*, 2016).

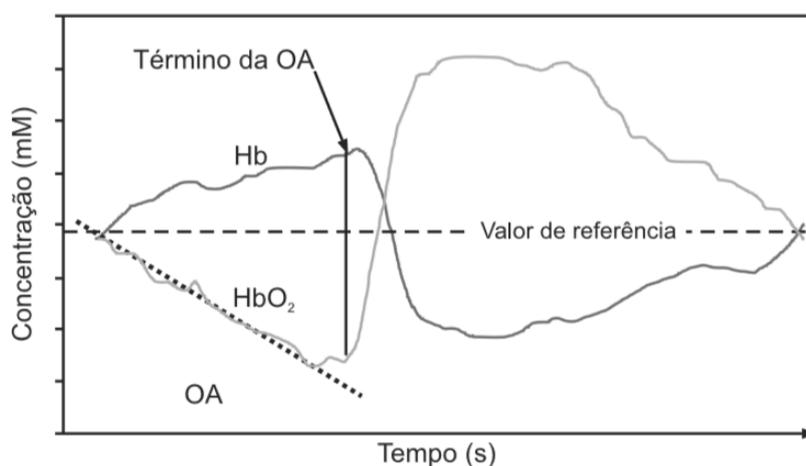
Os parâmetros obtidos pela NIRS podem ser extraídos de maneira direta pelo software ou indireta através de cálculos. Os valores de HbO₂ e HHb são fornecidos em unidades arbitrárias, a partir das alterações das concentrações teciduais partindo de um valor basal inicial. A saturação tecidual de O₂ (StO₂) é obtida baseado na relação das concentrações da HbO₂ e HHb, e é expressa em porcentagem (VAN BEEKVELT, 2002; LIMA e BAKKER, 2011; JONES *et al.*, 2016). A StO₂ é uma importante variável que reflete o equilíbrio entre a oferta e o consumo de O₂ tecidual (GARDNER *et al.*, 2008; LIMA e BAKKER, 2011).

As medidas calculadas indiretamente são obtidas aplicando-se intervenções fisiológicas para alterar a circulação no local da aferição, sendo as mais usadas a oclusão arterial e a oclusão venosa (CASAVOLA *et al.*, 2000; VAN BEEKVELT, 2002; LIMA e BAKKER, 2011). Deste modo, pode-se obter medidas quantitativas do

fluxo sanguíneo, bem como do consumo local de oxigênio (CASAVOLA *et al.*, 2000; VAN BEEKVELT, 2002).

Os procedimentos da oclusão arterial e venosa são realizados utilizando um manguito de esfigmomanômetro convencional na região a ser avaliada. Na oclusão venosa aplica-se uma pressão em torno de 50 mmHg. O retorno venoso fica bloqueado mas o fluxo arterial é mantido. Na oclusão arterial o manguito é insuflado 60 a 80 mmHg acima da pressão sistólica. O retorno venoso e o fluxo arterial são bloqueados na região em questão. A NIRS registra o comportamento das variáveis HbO₂, HHb e StO₂ teciduais durante a manobra (VAN BEEKVELT, 2002; JONES *et al.*, 2016). Durante a manobra de oclusão arterial (FIGURA 2) há uma diminuição da HbO₂ com concomitante aumento da HHb, o que mostra a conversão de HbO₂ em HHb decorrente da extração de oxigênio pelo músculo. Após o término da oclusão observa-se a recuperação da oxigenação tecidual com aumento da HbO₂ e normalização dos parâmetros. Ainda na Figura 2 é possível observar que a HbO₂ após o fim da manobra se eleva em valores acima dos basais, o que demonstra o fenômeno da hiperemia reativa (VAN BEEKVELT, 2002; LIMA e BAKKER, 2011; JONES *et al.*, 2016).

Figura 2. Exemplo de uma medida quantitativa da NIRS durante a oclusão arterial (OA). A diminuição dos níveis da oxiemoglobina (HbO₂) e o consequente aumento dos níveis da deoxiemoglobina (Hb) são resultado direto do deslocamento do oxigênio da hemoglobina, secundário ao consumo do oxigênio (linha pontilhada).

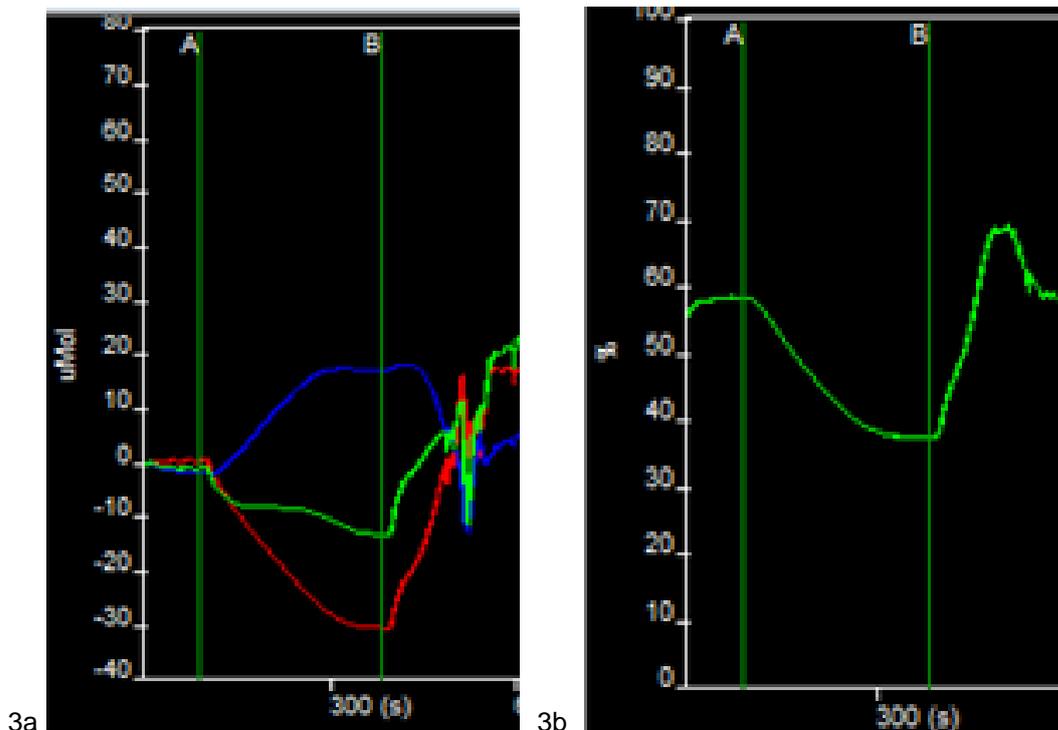


Fonte: (LIMA e BAKKER, 2011).

A figura 3 mostra registros da tela do computador da NIRS durante a manobra de oclusão arterial. A letra A no alto representa o início da oclusão e a letra B o final

da manobra. Na figura 3a, a linha vermelha, azul e verde são referentes aos valores de HbO_2 , HHb e Hb total respectivamente. A linha verde da figura 3b é referente a curva da StO_2 . Na figura é possível acompanhar o comportamento das variáveis durante a oclusão arterial conforme descrito anteriormente.

Figura 3. Imagens do registro da NIRS durante manobra de oclusão (tempo/ μ Mol). 3a representa comportamento das variáveis HbO_2 (linha vermelha), HHb (linha azul) e Hb total (linha verde). Figura 3b representa a StO_2 durante a manobra de oclusão.



Fonte – acervo pessoal.

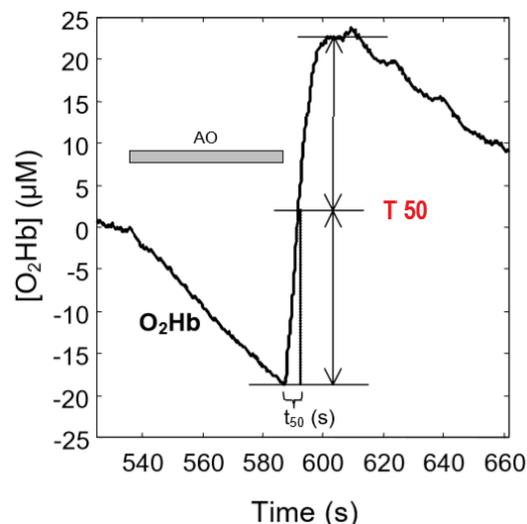
A partir da manobra de oclusão arterial obtém-se as seguintes variáveis (VAN BEEKVELT, 2002; MANFREDINI *et al.*, 2009; LIMA e BAKKER, 2011; JONES *et al.*, 2016):

- Variação ou delta da HbO_2 – diferença entre o valor inicial e final de HbO_2 ;
- Variação ou delta da HHb - diferença entre o valor inicial e final de HHb ;
- Variação ou delta da StO_2 – diferença entre a StO_2 do início da manobra de oclusão e o menor valor obtido durante a realização da manobra.
- Tempo de desoxigenação – tempo em segundos a partir da manobra de oclusão para atingir a menor StO_2 ;
- Taxa de desoxigenação - velocidade da queda da StO_2 durante a manobra de oclusão, expressa em %/min, calculada pelo delta da StO_2

dividido pelo tempo de desoxigenação em minutos; A diminuição dos níveis de StO_2 durante a manobra de oclusão e sua velocidade podem demonstrar a taxa de extração local do oxigênio na área examinada pela NIRS, podendo refletir o balanço entre a oferta e demanda de O_2 . Uma velocidade de desoxigenação maior corresponde a uma taxa de extração do oxigênio alta (LIMA e BAKKER, 2011).

- Tempo de reoxigenação - tempo entre o final da oclusão e o retorno aos valores basais ou ao valor máximo de HbO_2 ou StO_2 na hiperemia reativa;
- Tempo de reoxigenação 50% (*half-recovery*) - 50% do tempo entre o final da oclusão e o valor máximo de HbO_2 ou StO_2 na hiperemia reativa (FIGURA 4);

Figura 4. Desenho esquemático mostrando tempo de reoxigenação e tempo de reoxigenação 50% (T 50).



Fonte - Adaptado de (VAN BEEKVELT, 2002).

- 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 em segundos. Um tempo de reoxigenação longo ou uma taxa de reoxigenação baixa indicam uma alteração da microcirculação local (LIMA e BAKKER, 2011).
- Consumo de oxigênio (mVO_2) – O consumo local de oxigênio em repouso pode ser determinado usando a oclusão arterial ou venosa. Na oclusão arterial, com a obstrução do fluxo sanguíneo arterial e venoso, não há

mudança no volume sanguíneo. Nesta situação, os dados derivados da NIRS representam o balanço entre a oferta e o consumo de O₂ local. Dessa forma, a diminuição dos níveis de HbO₂ é resultado direto do mVO₂ muscular local e, conseqüentemente, do deslocamento do oxigênio da hemoglobina (VAN BEEKVELT, 2002; JONES *et al.*, 2016). A medida é realizada pela variação da HbO₂ (ΔHbO_2) nos primeiros 60 segundos da manobra de oclusão arterial, convertendo os valores de $\mu\text{M}\cdot\text{s}^{-1}$ em $\text{mlO}_2\cdot\text{min}\cdot 100\text{g}$, através da fórmula: $\text{mVO}_2 = \text{Abs}(((\Delta\text{HbO}_2 \times 60) / (10 \times 1.04)) \times 4) / 22,4 / 1000$; onde Abs representa os valores absolutos do delta da HbO₂ fornecido pelo equipamento. A medida do consumo de oxigênio (mVO₂) é de grande importância para avaliação do metabolismo muscular (VAN BEEKVELT, 2002). Permite quantificar a capacidade muscular de extração de oxigênio do sangue. Este parâmetro pode ser usado na prática clínica para avaliar a função muscular e detectar modificações após reabilitação. Na literatura os dados ainda são conflitantes acerca dos parâmetros de referência (MALAGONI *et al.*, 2010).

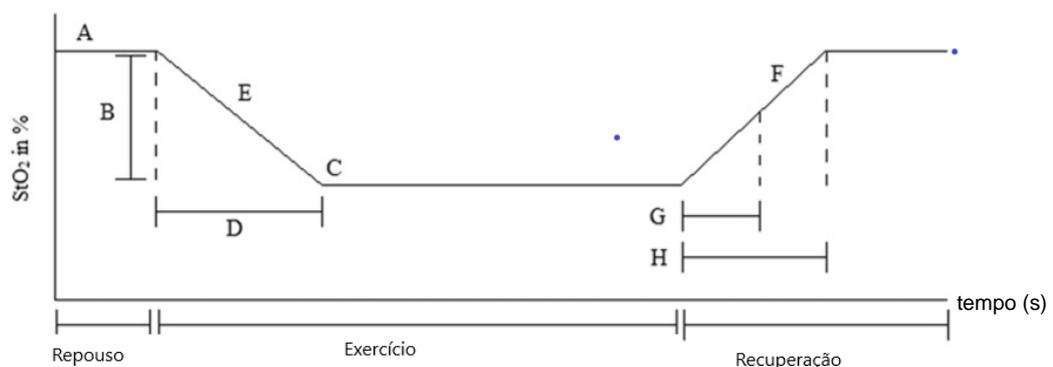
- Área sob a curva (AUC) – alguns autores descrevem o comportamento das variáveis da NIRS (HbO₂, HHb e StO₂) através do cálculo da área resultante do gráfico (MANFREDINI *et al.*, 2009; MANFREDINI *et al.*, 2015; SOARES e MURIAS, 2018). Esta análise pode ser realizada com os dados da manobra de oclusão como também em testes funcionais.

Além da avaliação do comportamento da oxigenação periférica durante manobras de oclusão, a NIRS permite a avaliação dinâmica durante o exercício (FIGURA 5). Algumas variáveis extraídas de testes de exercício são similares às da oclusão. Outras possibilitam a relação com o desempenho no teste. As seguintes variáveis podem ser analisadas (KOOIJMAN *et al.*, 1997; COMEROTA *et al.*, 2003; BAUER *et al.*, 2004; MANFREDINI *et al.*, 2009; BOEZEMAN *et al.*, 2016):

- Variação ou delta da HbO₂ – diferença entre o valor inicial e o final de HbO₂ durante o teste;
- Variação ou delta da HHb – diferença entre o valor inicial e o final de HHb durante o teste;
- Variação ou delta da StO₂ – diferença entre o valor inicial e o menor valor de StO₂ durante o teste.

- Tempo de desoxigenação: tempo do início do teste para atingir a menor StO_2 (em segundos);
- Tempo de resistência: tempo até o fim do teste (em segundos), após o indivíduo atingir a menor StO_2 ;
- Taxa de desoxigenação – relação entre o delta da StO_2 e o tempo de desoxigenação;
- Tempo de reoxigenação – tempo a partir do final do teste até o maior valor de StO_2 na hiperemia reativa;
- Tempo de reoxigenação 50% - calculado pela metade do tempo de reoxigenação total;
- Taxa de reoxigenação – medida pelo delta da StO_2 dividido pelo tempo de reoxigenação;

Figura 5. Parâmetros da curva da NIRS durante exercício. A = Valor basal de StO_2 ; B = Delta StO_2 ou desoxigenação; C = Menor valor de StO_2 ; D = Tempo para atingir a menor StO_2 ; E = Taxa de desoxigenação (B/D); F = Taxa de reoxigenação (B/H); G = Tempo de reoxigenação 50%; H = Tempo de reoxigenação.

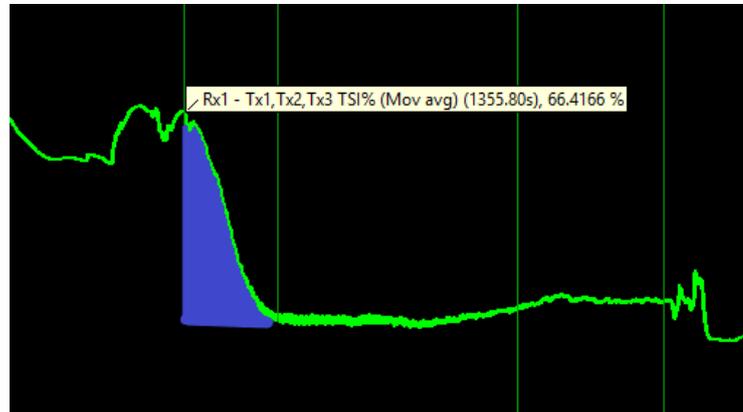


Fonte - Adaptado de (BOEZEMAN *et al.*, 2016).

- Economia de caminhada relativa a StO_2 (Metros/delta StO_2): verificada pela relação da distância percorrida para cada unidade de queda da StO_2 durante o teste;
- Área sob a curva (AUC) – análise do comportamento das variáveis durante o teste através do cálculo da área resultante do gráfico. Pode ser realizada em relação a HbO_2 , HHb ou StO_2 . Pode ser analisada a área da taxa de desoxigenação, reoxigenação ou mesmo a área total do teste. Essa medida é realizada através da transferência para um software específico ou mesmo disponível junto ao programa da NIRS. A figura 6

mostra um exemplo da área selecionada para cálculo, da taxa de desoxigenação durante um teste em esteira em indivíduos com DAP.

Figura 6. Imagem do registro da NIRS do teste em esteira. A linha verde é referente ao comportamento da StO_2 muscular. A área em azul corresponde à área (AUC) da taxa de desoxigenação.



Fonte-acervo pessoal.

A NIRS tem sido utilizada para estudo e monitorização da oxigenação muscular periférica em diversas condições como em doenças neuromusculares, vasculares e sistêmicas (VAN BEEKVELT, 2002; LIMA E BAKKER, 2011; BOEZEMAN *et al.*, 2016; SOARES E MURIAS, 2018). Na DAP, objeto de estudo dessa dissertação, estudos iniciais foram realizados comparando o comportamento da oxigenação e metabolismo tecidual entre indivíduos saudáveis e indivíduos com DAP.

Em estudos que avaliaram o comportamento das variáveis e curvas da NIRS durante o teste funcional em esteira foi verificado que indivíduos com claudicação intermitente apresentaram valores similares de StO_2 em repouso, com maior desoxigenação e menores valores de StO_2 durante o exercício comparado a indivíduos saudáveis (KOOIJMAN *et al.*, 1997; COMEROTA *et al.*, 2003; BAUER *et al.*, 2004; MANFREDINI *et al.*, 2009; MALAGONI *et al.*, 2010). Além disso, foi demonstrada uma reoxigenação mais longa em indivíduos com DAP, medida através do tempo de reoxigenação e do tempo de reoxigenação 50% (*half-recovery*) (KOOIJMAN *et al.*, 1997; COMEROTA *et al.*, 2003) apresentando correlação com ITB em alguns estudos (KOOIJMAN *et al.*, 1997; COMEROTA *et al.*, 2003; WATANABE *et al.*, 2004).

A análise da área sob a curva também demonstrou diferenças significativas na curva de desoxigenação da HbO_2 no teste incremental em esteira, de maneira

que indivíduos com DAP apresentavam maior desoxigenação, mesmo em velocidades iniciais quando comparados a saudáveis (MANFREDINI *et al.*, 2009). Este estudo ainda destaca diferenças entre os diversos níveis de gravidade da DAP (considerou valores de ITB: normal – 1 a 1,3; borderline – 0,8 a 0,99; moderado – 0,50 a 0,79; severo < 0,50) com maior desoxigenação nos indivíduos com menores valores de ITB.

Com relação à queixa de dor durante o teste em esteira foi verificada associação entre o tempo para alcançar o menor valor de StO₂ e a queixa de dor inicial e final, de forma que quanto menor o tempo para chegar a mínima StO₂ menor a distância caminhada livre de dor e a distância total (GARDNER *et al.*, 2008).

Apesar do mVO₂ ser considerado um dado interessante para avaliação do metabolismo local e da capacidade de extração do oxigênio, os resultados são conflitantes acerca de seus valores, não diferindo nos estudos entre indivíduos com DAP e saudáveis (KOOIJMAN *et al.*, 1997; MALAGONI *et al.*, 2010; MANFREDINI *et al.*, 2012). Uma justificativa para este fato é pela medida ser realizada em repouso, durante a manobra de oclusão venosa ou arterial.

A maioria dos estudos publicados com o uso da NIRS, compararam indivíduos com DAP e indivíduos saudáveis, mostrando um padrão característico da condição de maior desoxigenação tecidual durante o esforço e maior tempo de reoxigenação durante a recuperação (BOEZEMAN *et al.*, 2016). Ainda pouco se sabe sobre a influência deste padrão de comportamento da oxigenação local na capacidade funcional entre os indivíduos com DAP. Maiores estudos com a NIRS a este respeito podem ajudar a compreender o impacto de fatores como a disfunção vascular e a alteração do metabolismo muscular na capacidade funcional na DAP e ainda, esclarecer possíveis diferenças existentes em condições associadas como no caso de diabetes.

2.2 Diabetes – Doença Arterial Periférica (DAP) / NIRS

Diabetes mellitus é um importante fator de risco para doença aterosclerótica, que pode levar a complicações nos leitos vasculares, incluindo coronárias, carótidas e artérias de extremidades (CLARK *et al.*, 2003; THIRUVOIPATI *et al.*, 2015). A

prevalência de DAP em indivíduos diabéticos varia de 10 a 40% dependendo do método diagnóstico, sendo aproximadamente de 10% quando definido pela claudicação intermitente e aumenta para 40% quando definido pelo ITB(BOSEVSKI, 2012) Estima-se que 20 a 30% dos indivíduos com DAP sintomáticos são diabéticos. Essa prevalência pode estar subestimada pela grande porcentagem de indivíduos assintomáticos com DAP leve e pela menor percepção de sintoma isquêmico em casos de neuropatia diabética (CLARK *et al.*, 2003; THIRUVOIPATI *et al.*, 2015).

A literatura demonstra que a diabetes acelera o curso da DAP levando ao maior risco de isquemia crítica do membro (CLARK *et al.*, 2003). A doença vascular em diabetes afeta tanto a macrocirculação, médias e grandes artérias, quanto a microcirculação, arteríolas e capilares (MASCARENHAS *et al.*, 2014). A disfunção metabólica decorrente da diabetes, caracterizada por hiperglicemia crônica, dislipidemia e estado pró-trombótico resulta em alterações de estrutura e função das artérias, acelerando o processo de aterosclerose (CLARK *et al.*, 2003; MASCARENHAS *et al.*, 2014; THIRUVOIPATI *et al.*, 2015).

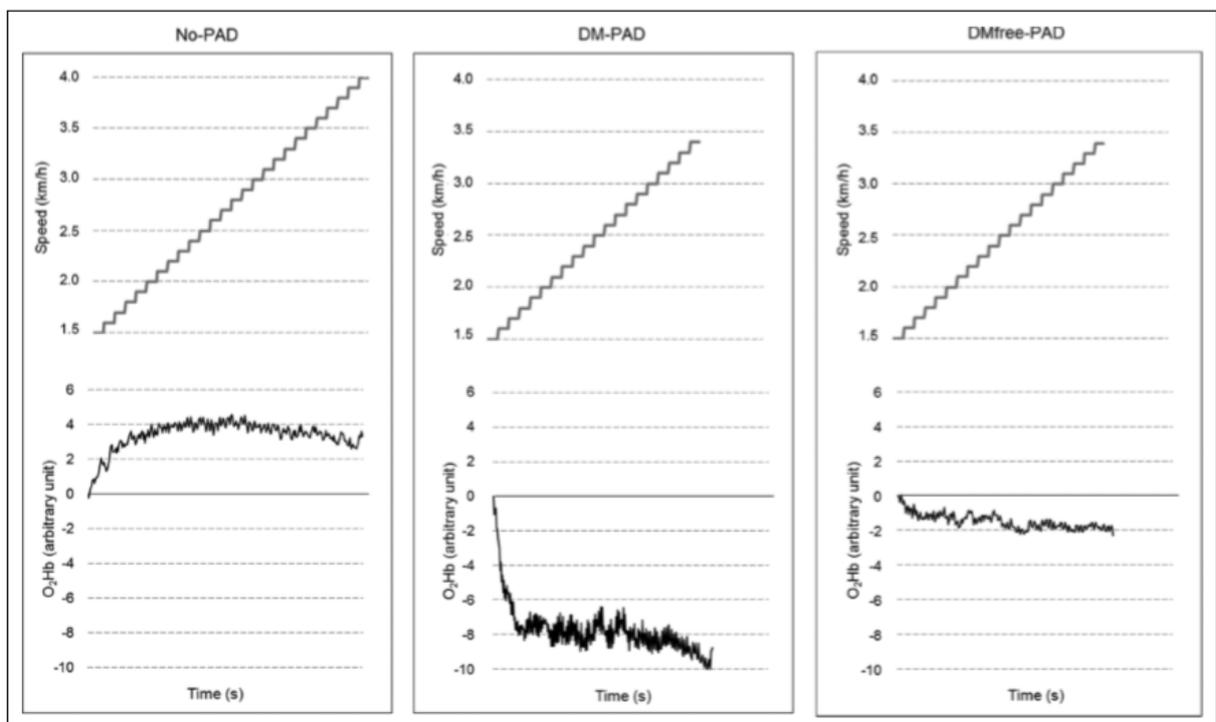
A hiperglicemia crônica é o fator que mais contribui para o desenvolvimento da inflamação vascular e da disfunção endotelial (CLARK *et al.*, 2003; MASCARENHAS *et al.*, 2014). Os mediadores da disfunção endotelial são diversos, mas a via final de acometimento é a diminuição da biodisponibilidade do óxido nítrico (NO), importante vasodilatador e controlador da função vascular (CLARK *et al.*, 2003; MASCARENHAS *et al.*, 2014). Além da alteração vasodilatadora, o descontrole glicêmico tem efeito no metabolismo lipídico com aumento de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e diminuição de lipoproteínas de alta densidade (HDL), resultando em dislipidemia aterogênica (MASCARENHAS *et al.*, 2014). Além desses fatores, o estado pró-trombótico, com aumento da atividade fibrinogênica e maior agregação plaquetária fazem com que a placa aterosclerótica seja mais instável, sujeita a formação de trombos e inflamação, acelerando o curso da doença (CLARK *et al.*, 2003; MASCARENHAS *et al.*, 2014; THIRUVOIPATI *et al.*, 2015).

Dessa forma, a presença de diabetes predispõe a DAP, aumenta a morbidade e mortalidade, estando os pacientes mais susceptíveis a eventos isquêmicos e maior comprometimento da capacidade funcional (CLARK *et al.*, 2003; MASCARENHAS *et al.*, 2014; THIRUVOIPATI *et al.*, 2015). O comprometimento da capacidade de deambulação na DAP restringe as atividades cotidianas e impacta na qualidade de

vida (BREEK *et al.*, 2002; CLARK *et al.*, 2003; MASCARENHAS *et al.*, 2014). Este fato ainda se torna mais expressivo em indivíduos com DAP associado à comorbidades como diabetes (BREEK *et al.*, 2002).

Estudos que avaliaram a influência da diabetes na disfunção metabólica, vascular e na capacidade funcional por meio da NIRS em indivíduos com DAP ainda são incipientes (MOHLER *et al.*, 2006 ; MANFREDINI *et al.*, 2015). Os resultados iniciais demonstram que indivíduos com DAP diabéticos podem apresentar maior nível de desoxigenação no teste de esforço, alcançando níveis mais baixos de StO_2 e de HbO_2 quando comparados a saudáveis e a indivíduos com DAP sem diabetes, como pode ser visto na figura 7 (MANFREDINI *et al.*, 2015).

Figura 7. Registro do teste incremental em esteira e traçado da NIRS correspondente à curva da HbO_2 , em indivíduos saudáveis (No-PAD), diabéticos com DAP (DM-PAD), e DAP sem diabetes (DMfree-PAD).



Fonte – (MANFREDINI *et al.*, 2015)

Neste mesmo estudo foi verificado que indivíduos com DAP diabéticos apresentaram dor inicial em valores mais baixos de oxigenação, refletindo um atraso no desencadeamento dos sintomas, que pode estar associado à presença de neuropatia periférica (MANFREDINI *et al.*, 2015).

Com relação à capacidade funcional, dados na literatura são conflitantes acerca da diferença de desempenho entre claudicantes diabéticos e não diabéticos, normalmente avaliados pela distância total percorrida ou tempo total do teste (MOHLER *et al.*, 2006 ; MANFREDINI *et al.*, 2015).

Indivíduos com diabetes tipo II geralmente apresentam menor tolerância na prática de exercícios (BAUER *et al.*, 2004; MOHLER *et al.*, 2006). Em estudos com o uso da NIRS foi verificado um prejuízo na resposta microvascular muscular durante a atividade, sem o aumento do fluxo sanguíneo local, quando comparados com indivíduos saudáveis ou com DAP sem diabetes (MOHLER *et al.*, 2006). Este déficit no aumento do fluxo muscular ou sua má distribuição durante o exercício é resultante da disfunção endotelial presente na diabetes, que leva a um prejuízo na oferta de oxigênio muscular e pode justificar a baixa capacidade física ou tolerância ao exercício nestes indivíduos (BAUER *et al.*, 2004; MOHLER *et al.*, 2006).

3 JUSTIFICATIVA

Atualmente existe um crescente reconhecimento da DAP como marcador da saúde cardiovascular, uma vez que é resultante ou expressa a aterosclerose sistêmica. Além disso, está associada com aumento da morbimortalidade, leva ao prejuízo da capacidade funcional e piora da qualidade de vida.

Estudos recentes demonstram que os fatores que desencadeiam a claudicação intermitente estão relacionados não somente à gravidade da lesão, mas a fatores teciduais locais que interfeririam na disponibilidade e capacidade de utilização do oxigênio, como a disfunção endotelial e a alteração do metabolismo muscular. Esses mecanismos ainda não estão totalmente esclarecidos na DAP, especialmente quando associada a outras condições como diabetes.

Este entendimento se torna relevante na medida em que possibilitaria um maior direcionamento no acompanhamento da evolução dos casos e nas abordagens terapêuticas, como na reabilitação vascular.

O uso da NIRS pode ser uma opção viável, prática, não invasiva para ajudar a esclarecer os mecanismos locais envolvidos com diminuição da capacidade funcional na DAP. Estudos iniciais compararam o comportamento da oxigenação tecidual entre indivíduos com DAP e saudáveis mas ainda não são suficientes para esclarecer as diferenças de desempenho com relação à capacidade funcional, entre os indivíduos com DAP, e aos fatores locais que estariam envolvidos neste contexto.

Tendo isso em vista e ao fato da NIRS ser uma tecnologia promissora mas de uso recente, são necessários novos estudos para investigar suas possibilidades na avaliação e acompanhamento das disfunções vasculares periféricas. A NIRS pode favorecer o entendimento das alterações teciduais locais dinâmicas de fluxo e metabolismo muscular e suas repercussões funcionais em indivíduos com DAP, incluindo os casos de maior comprometimento metabólico como no diabetes.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivos primários

- Analisar a associação entre as variáveis de metabolismo muscular e função vascular com a capacidade funcional de indivíduos com DAP.
- Comparar a capacidade funcional e o comportamento da oxigenação periférica tecidual entre indivíduos com DAP com e sem diabetes.

4.2 Objetivos secundários

- Verificar o comportamento da saturação tecidual de oxigênio (StO_2) durante a manobra de oclusão e teste funcional;
- Identificar as variáveis indiretas derivadas da NIRS por meio de cálculos matemáticos durante a manobra de oclusão e teste funcional;
- Verificar a capacidade funcional em termos de distância caminhada e distância relativa à variação da frequência cardíaca e variação da StO_2 ;

5 MÉTODOS E RESULTADOS

ARTIGO

Avaliação da Capacidade Funcional e Metabolismo Muscular em Indivíduos com Doença Arterial Periférica Com e Sem Diabetes

Abstract

Background: Peripheral arterial disease (PAD) is characterized by intermittent claudication (IC), which interferes in walking capacity and leads to worsening of functional capacity. This mechanism isn't clearly defined in PAD. Thus, the aim of this study is identify the muscular metabolism and vascular function variables using Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) and the possible associations with functional capacity in individuals with PAD, and to verify the difference between individuals with PAD with and without diabetes.

Methods: Patients (n=39) with IC were enrolled, 14 with diabetes. NIRS variables were measured in rest and in the treadmill test.

Results: The variables derived from the NIRS explained 84% of the variability in functional capacity ($p < 0.001$) in the first model, and the variables from the NIRS with walking economy ($m/\Delta FC$) explained 60% of the variability ($p < 0.001$) in the second model. In the comparison between the groups PAD with and without diabetes, the time of reoxygenation in occlusion presented a significant difference ($p = 0.049$).

Conclusion: These findings reinforce the hypothesis that peripheral factors related to vascular function and muscular metabolism can impact on walking capacity in PAD, and that the micro vascular dysfunction is more present in diabetic individuals with PAD.

Keywords: peripheral arterial disease, diabetes, intermittent claudication, Near-Infrared Spectroscopy.

INTRODUÇÃO

A doença arterial periférica (DAP) é atualmente reconhecida como um importante marcador da saúde cardiovascular, uma vez que é um marcador da aterosclerose sistêmica¹⁻³. Está associada ao aumento da morbimortalidade, leva ao prejuízo da capacidade funcional e piora da qualidade de vida^{1,4}. Sua prevalência tem aumentado em países de média-baixa renda, sendo estimada em 200 milhões de pessoas ao redor do mundo⁵.

A principal manifestação da DAP é a claudicação intermitente (CI) definida como fadiga, desconforto ou dor de origem isquêmica nos músculos dos membros inferiores que é consistentemente induzida pelo exercício e que alivia no repouso¹. A dor isquêmica durante a deambulação reflete o aumento inadequado do fluxo sanguíneo muscular durante o exercício^{2,6}.

Os fatores que desencadeiam a claudicação intermitente estão relacionados não somente à gravidade da lesão vascular, mas também a fatores teciduais locais que podem interferir na disponibilidade e capacidade de utilização do oxigênio, como a disfunção endotelial e a alteração do metabolismo muscular⁶⁻⁸. Esses mecanismos ainda não estão totalmente esclarecidos na DAP, especialmente quando associada a outras condições como diabetes. Este entendimento se torna relevante na medida em que possibilitaria um maior direcionamento no acompanhamento da evolução dos casos e nas abordagens terapêuticas, como na reabilitação cardiovascular^{6,7}.

Pacientes com diabetes apresentam quatro vezes mais chance de desenvolver DAP do que não diabéticos⁹. A doença se manifesta mais precocemente e geralmente é mais agressiva, ocorrendo maior incidência de amputação neste grupo^{10, 11}. Dessa forma, a presença de DM predispõe a DAP, aumenta a morbidade e mortalidade, estando os pacientes mais susceptíveis a eventos isquêmicos e maior comprometimento da capacidade funcional¹⁰⁻¹²

Estudos tem sido desenvolvidos com o uso da espectroscopia de luz próxima ao infravermelho ou *Near-Infrared Spectroscopy* (NIRS) na tentativa de melhorar o entendimento acerca dos mecanismos locais envolvidos com a sintomatologia periférica e suas repercussões na funcionalidade em indivíduos com DAP¹³. A NIRS permite uma avaliação não invasiva da oxigenação e da hemodinâmica dos tecidos pela detecção local de mudanças nas variáveis oxihemoglobina (HbO₂), deoxihemoglobina (HHb) e saturação tecidual de oxigênio (StO₂)^{14, 15}. Pode ser

usada no repouso e durante o exercício ou em testes funcionais, possibilitando análise simultânea dos fatores relacionados ao fluxo sanguíneo, metabolismo muscular e capacidade funcional ¹⁶.

Dessa forma, a NIRS pode favorecer o entendimento das alterações teciduais locais relacionadas à capacidade funcional de indivíduos com DAP, incluindo os casos de maior comprometimento metabólico como no diabetes. Tendo isso em vista, este estudo tem dois objetivos. O primeiro é analisar a associação entre as variáveis de metabolismo muscular e função vascular por meio do uso da NIRS com a capacidade funcional de indivíduos com DAP. O segundo é comparar a capacidade funcional e o comportamento da oxigenação periférica tecidual entre indivíduos com DAP com e sem diabetes.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo observacional exploratório com dados iniciais de uma pesquisa desenvolvida no Serviço de Apoio a Pessoas com Doença Arterial Periférica (SAP-DAP) do hospital universitário da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG (CAAE 51274515.4.0000.5149).

Foram recrutados adultos com DAP, de ambos os sexos, encaminhados para o Serviço Ambulatorial de Apoio a Pessoas com Doença Arterial Periférica do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) no período de fevereiro de 2016 a março de 2017. Para participar da pesquisa os indivíduos deveriam apresentar índice tornozelo-braço (ITB) de repouso menor que 0,9, queixa de claudicação intermitente, sem dor em repouso e ter adequado acompanhamento médico. Não foram elegíveis voluntários que apresentassem descompensação de doenças crônicas cardiopulmonares, problemas ortopédicos e neurológicos limitantes à realização dos testes, instabilidade clínica durante as avaliações e os que participassem de atividade física supervisionada nos últimos seis meses. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Dados clínicos e sociodemográficos foram coletados para caracterização da amostra. Antes de iniciar os testes foi realizado a medida do ITB de repouso, usando Doppler Vascular Portátil do tipo contínuo (DV-610B MEDMEGA ®) ¹. O ITB foi calculado bilateralmente pela divisão da maior pressão sistólica do tornozelo pela maior pressão sistólica braquial ⁵. Foi calculado o índice de massa corpórea (IMC)

pela medida da massa corporal e estatura dos indivíduos (Filizola Indústria Ltda, São Paulo, Brasil). Foram classificados como diabéticos aqueles com diagnóstico médico confirmado, em uso de hipoglicemiante oral ou insulina regular.

Em seguida foi adaptado o sensor da NIRS na porção medial do músculo gastrocnêmio da perna mais acometida, através do uso de filme plástico e faixa elástica com o indivíduo em decúbito dorsal ^{16, 17}. O primeiro teste realizado foi a manobra de oclusão arterial e posteriormente o teste em esteira, com velocidade e inclinação constantes (3,2 Km/h e 10% de inclinação), ambos com o registro da NIRS.

As medidas da NIRS foram 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, que correspondem a faixa de maior absorção pela HbO₂ e HHb e um canal receptor. A luz passa pelo tecido é absorvida ou refletida e retorna ao equipamento, sendo aferido as concentrações relativas de HbO₂ e HHb e suas derivações como a saturação tecidual de oxigênio (StO₂), sendo possível obter informações acerca da oxigenação tecidual ¹³⁻¹⁵. Os dados foram obtidos numa frequência de 0,1 Hz. Após os testes os dados da NIRS foram analisados por meio do software Oxysoft Artinis ®).

A manobra de oclusão arterial foi realizada utilizando um cuff pneumático posicionado na coxa, sendo insuflado a uma pressão de 250 mmHg e mantido por 5 minutos. Após o término da oclusão foi registrado o período de recuperação por 5 minutos ^{18, 19}. Em seguida foi realizado o teste em esteira com velocidade constante de 3,2 Km/h e inclinação de 10% ²⁰. Foi realizado um minuto de aquecimento na esteira, com aumento gradual da velocidade e inclinação até os valores estabelecidos. O indivíduo era orientado a caminhar o máximo de tempo possível até a dor claudicante máxima. Diante da sinalização de dor máxima foi realizado um desaquecimento com velocidade de 2 Km/h e 0% de inclinação por dois minutos, seguido do período de recuperação. Durante os dois testes os indivíduos foram monitorados com relação à frequência cardíaca (FC), nível de dor e parâmetros da NIRS.

Para avaliação da capacidade funcional foram registrados no teste em esteira os dados de distância total (Dt) do teste em metros (m), tempo total do teste (Tt) em minutos incluindo o período de aquecimento até o período de dor máxima. Para o

cálculo de eficiência de caminhada, entendida como a razão entre a distância percorrida e a variação da frequência cardíaca ($Dt/\Delta FC$) foi monitorada a FC ao início e fim do teste ²¹.

Os dados derivados da NIRS foram divididos em duas fases (figura 1), a fase 1 sendo considerada a desoxigenação (desox) durante os testes e a fase 2 a reoxigenação (reox) durante a recuperação dos testes ^{15, 22, 23}. Na fase 1 da manobra de oclusão o período de desoxigenação considerado foi do início do teste até o platô de estabilização da StO_2 . Neste período as variáveis analisadas foram o delta da StO_2 ($\Delta StO_{2\ ocl}$), diferença entre o valor inicial e o menor valor de StO_2 antes do platô; taxa de desoxigenação ($\Delta StO_{2\ ocl}/t_{min}$), razão entre a variação da StO_2 e tempo em minutos para chegar a este valor e o cálculo da área sob a curva (AUC) referente ao período de desoxigenação. A AUC tem sido utilizada para avaliar o ajuste da oxigenação tecidual em um período estabelecido ^{16, 24}. Foi calculada através do software Oxysoft Artinis ®. O consumo de oxigênio (VO_2) muscular em repouso foi calculado pela variação da HbO_2 nos primeiros 60 segundos da manobra de oclusão arterial, convertendo os valores de $\mu M.s^{-1}$ em $mLO_2min.100g$ ²².

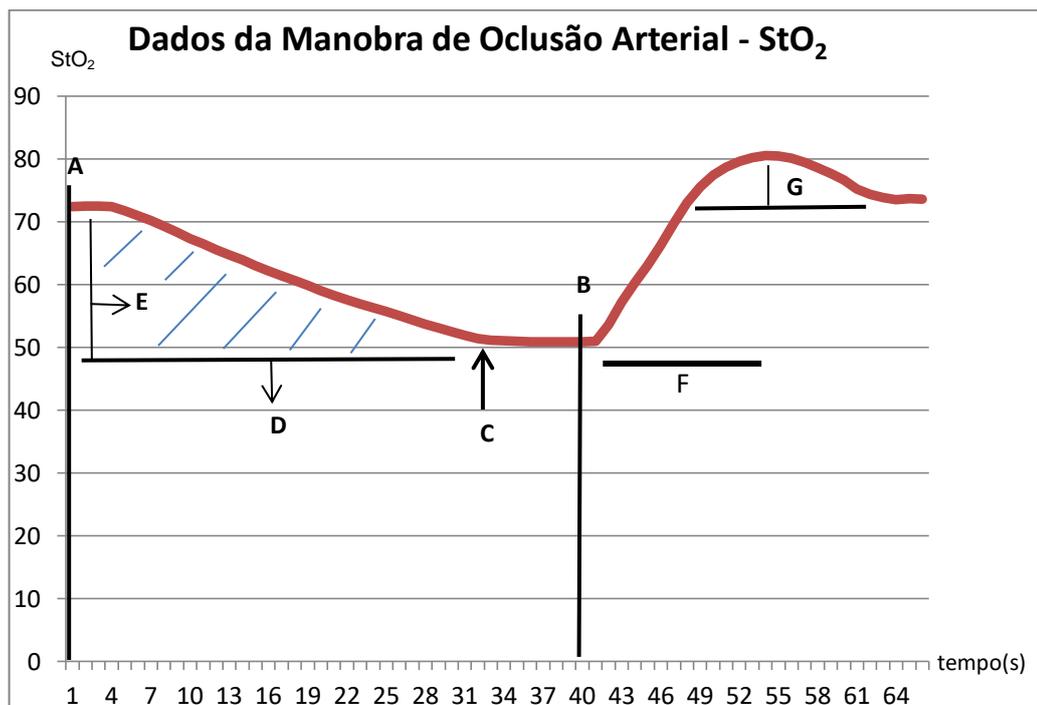


Figura 1. Ajustes da StO_2 na manobra de oclusão arterial (StO_2 /tempo), eixo X tempo (1-10seg). A- Início da manobra; B- final; C- início do platô; D- tempo até atingir o platô; E- $\Delta StO_{2\ ocl}$; F- tempo de reoxigenação; G- ΔStO_2 na hiperemia reativa; área listrada- AUC referente à desoxigenação.

A fase 2 da manobra de oclusão foi considerada do final da oclusão até cinco minutos na recuperação ¹⁹. As variáveis analisadas nesta fase foram o tempo de reoxigenação (T reox) da StO₂ aos valores iniciais em segundos; o tempo de reoxigenação 50% sendo a metade do tempo de reoxigenação incluindo a hiperemia reativa; o Δ StO₂ na reoxigenação considerando a hiperemia reativa; o Δ StO₂ da hiperemia reativa, diferença entre o valor inicial e o maior valor de StO₂ na hiperemia reativa e a AUC de todo o período de reoxigenação (final da oclusão até cinco minutos de recuperação).

No teste em esteira, a fase 1, ou seja, o período de desoxigenação foi considerado do início do teste até o menor valor de StO₂ atingido, incluindo o período de aquecimento. Nesta fase as variáveis analisadas foram o delta da StO₂ (Δ StO_{2 est}), diferença entre o valor inicial e o menor valor de StO₂; taxa de desoxigenação (Δ StO_{2 est}/t_{min}) razão entre a variação da StO₂ e tempo em minutos e AUC referente ao período de desoxigenação. Ainda foi calculado o tempo de resistência, definido como tempo no teste em que o indivíduo continua a caminhar após atingir o menor valor de StO₂, medido em segundos. Na fase 2 do teste em esteira foi calculado o tempo de reoxigenação, tempo do final do teste até a StO₂ voltar aos valores basais; a taxa de reoxigenação relativa, definida pela razão entre a variação da StO₂ (Δ StO_{2 est}) pelo tempo em minutos para sua recuperação aos valores basais, relativizado pelo tempo total do teste (Δ StO_{2 est}/(t_{min} / Tt))^{13, 15, 16, 25}.

As variáveis de capacidade funcional consideradas foram a Dt do teste, a economia de caminhada referente à FC (metros/ Δ FC) e a economia de caminhada referente à variação da StO₂ (metros/ Δ StO₂), entendidas como a distância percorrida em relação a variação da FC e ao Δ StO₂ do teste, respectivamente.

Para o primeiro objetivo do estudo foram realizadas análises relacionando as variáveis derivadas da NIRS com a capacidade funcional, considerando a Dt do teste em esteira. Para o segundo objetivo a amostra foi dividida em grupo com diabetes (DM) e grupo sem diabetes (não DM) e foram comparadas as variáveis entre os grupos.

ESTATÍSTICA

A normalidade dos dados foi analisada pelo teste de Shapiro-Wilk e histograma. Os dados estão apresentados em medidas de tendência central e dispersão. Para avaliar a existência de associação entre as variáveis de metabolismo muscular e função vascular e capacidade funcional foi realizado o coeficiente de correlação de Spearman. Para construção de um modelo de regressão linear múltipla para a variável dependente capacidade funcional, foram inseridas no modelo como variáveis independentes as variáveis significativamente correlacionadas com a variável dependente Dt do teste em esteira. Foram respeitados os pressupostos da análise de regressão de inexistência de multicolinearidade entre variáveis independentes e normalidade da distribuição dos resíduos do modelo. As comparações entre grupo com e sem diabetes foram realizadas por meio do teste t independente nos casos de variáveis paramétricas ou Mann Whitney-U para variáveis não paramétricas. O nível de significância de 5% foi adotado para todas as análises.

RESULTADOS

Foram coletados dados de 40 voluntários para o projeto inicial, sendo um excluído neste estudo, por perda dos dados da NIRS. Dos 39 restantes, 28 (72%) eram homens, sendo 14 (35,9%) diabéticos e 25 (64,1%) não diabéticos. A média da idade foi $64,23 \pm 10,63$ anos, o índice de massa corpórea (IMC) de $27,03 \pm 4,64$ Kg/m², o ITB direito de $0,61 \pm 0,17$ e o ITB esquerdo de $0,62 \pm 0,17$. Da amostra total 89,7% apresentavam hipertensão, 30,8% eram tabagistas ativos, 53,8% ex-tabagistas e 15,4% nunca fumaram.

Os dados de capacidade funcional no teste em esteira e de metabolismo e função vascular obtidos pela NIRS na manobra de oclusão e no esforço estão expressos em média e desvio-padrão ou media e intervalo interquartil na tabela 1.

Tabela 1 – Capacidade funcional, metabolismo e função vascular

	Variáveis	N	Média ± dp	Mediana (IQ)
Capacidade Funcional	Distância total (m)	39	-	146,40 (109,07- 303,74)
	Metros / Δ FC	39	-	4,81 (3,41 - 8,33)
	Metros / Δ StO ₂	39	-	7,06(13,81 – 3,05)
Oclusão	Δ StO ₂ desox	39	21,87 ± 10,71	-
	Taxa de desox	38	4,13 ± 1,4	-
	AUC desox	38	17914,24 ± 4071,26	-
	VO ₂ muscular	39	2,99 ± 1,73	-
	Tempo de reox	38	120,53 ± 82	-
	Tempo de reox 50%	39	77,51 ± 47,18	-
	Δ StO ₂ reox	38	28,33 ± 8,76	-
	Δ StO ₂ hiperemia	39	6,46 ± 3,19	-
AUC reox 5 min	35	19618,66 ± 1882,64	-	
Teste esteira	Δ StO ₂ desox	39	20,11 ± 7,8	-
	Taxa de desox	39	13,19 ± 8,39	-
	AUC desox	39	3845,28 ± 1699,83	-
	Tempo de reox	39	-	2,76 (2 – 6,08)
	Taxa de reox relativa	39	-	7,51 (17,18 - 3,20)
	T. de resistência (seg)	39	-	65 (32,5 - 155)

Δ FC=delta da frequência cardíaca; Δ StO₂=delta saturação tecidual de oxigênio; AUC=área sob a curva; VO₂=consumo de oxigênio; desox=desoxigenação; reox=reoxigenação. Dados apresentados como média e desvio padrão (dp) ou mediana e intervalo interquartil (IQ).

Após análise de correlação das variáveis com a distância percorrida no teste em esteira, foram selecionadas aquelas que apresentaram diferença significativa para o modelo de regressão linear múltipla. O tempo de reoxigenação na oclusão ($\rho = -0,33$; $p = 0,042$) e a taxa de desoxigenação na esteira ($\rho = -0,32$; $p = 0,044$) apresentaram correlação significativa e inversa com a distância percorrida no teste. A economia de caminhada referente à FC ($\rho = 0,81$; $p = 0,001$) e a taxa de reoxigenação relativa ($\rho = 0,89$; $p = 0,0001$) apresentaram correlação positiva com a distância do teste. Portanto essas variáveis foram incluídas na análise de regressão. Inicialmente foram realizados dois modelos de regressão linear múltipla uma vez que as variáveis taxa de reoxigenação relativa e economia de caminhada (m/ Δ FC) apresentaram multicolinearidade. Depois foi optado por realizar o modelo de

regressão linear simples com a variável taxa de reoxigenação relativa (modelo 3). Os resultados estão expressos na tabela 2.

Tabela 2 – Modelos de regressão linear múltipla e simples para a variável dependente distância no teste em esteira (n=39).

	Variáveis	p	R ² ajustado	Constante	Coefficiente B
Modelo 1	Taxa de desoxigenação na esteira	0,001	0,83	158,37	-5,11
	Taxa de reoxigenação relativa				7,53
	Tempo de reoxigenação na oclusão				0,2
Modelo 2	Metros / Δ FC	0,001	0,60	204,36	-0,25
	Taxa de desoxigenação na esteira				-3,38
	Tempo de reoxigenação na oclusão				13,81
Modelo 3	Taxa de reoxigenação relativa	0,001	0,80	112,79	7,75

Não foi encontrada diferença significativa na capacidade funcional entre indivíduos DAP com ou sem DM avaliado pela distância total do teste ($p = 0,619$), como também nas variáveis de desempenho m/Δ FC ($p=0,999$) e m/Δ StO₂ ($p=0,874$), conforme descrito na tabela 3. Dentre as variáveis derivadas da NIRS, o tempo de reoxigenação na oclusão apresentou diferença significativa ($p= 0,049$). As demais variáveis tanto da oclusão (ocl) como do teste em esteira (est), não apresentaram diferença significativa entre os grupos: Δ StO₂ na desoxigenação ocl ($p = 0,39$), est ($p = 0,632$); taxa de desoxigenação ocl ($p = 0,613$), est ($p = 0,917$); AUC desoxigenação ocl ($p = 0,199$), est ($0,865$); VO₂ ($p = 0,453$); tempo de reoxigenação est ($p = 0,728$); Δ StO₂ na reoxigenação e Δ StO₂ na hiperemia ($p = 0,939$) e ($p = 0,253$) respectivamente; AUC reoxigenação ($p = 0,877$); taxa de reoxigenação relativa ($p = 0,293$) e tempo de resistência ($p = 0,942$) conforme descrito na tabela 3.

Tabela 3 – Características clínicas, capacidade funcional e variáveis de metabolismo muscular obtidos pela NIRS na oclusão e esforço nos grupos DM e não DM

Variáveis	DM(n=14)	Não DM (n=25)	p
Idade (anos)	63,14 ± 7,78	64,84 ± 12,05	0,639
IMC (kg/m ²)	28,66 ± 4,37	26,13 ± 4,62	0,103
ITB D	0,64 ± 0,19	0,60 ± 0,17	0,590
ITB E	0,61 ± 0,16	0,63 ± 0,18	0,754
Capacidade Funcional			
Distância Total m (Dt)	167,47 (86,27 – 300,94)	133,60(109,07-340,27)	0,619
m/Δ FC	4,74 (3,07 – 8,83)	5,11 (3,46 – 8,25)	0,999
m/Δ StO ₂	7,57 (13,39 - 2,77)	5,23 (16,4 - 3,14)	0,874
Metabolismo Muscular			
Oclusão			
Δ StO ₂ na desox	23,78 ± 16,06	20,73 ± 5,69	0,390
Taxa de desox	3,97 ± 1,28	4,21 ± 1,47	0,613
AUC desox	19101,08 ± 3901,44	17297,08 ± 4096,71	0,199
VO ₂	3,27 ± 2,13	2,83 ± 1,49	0,453
Tempo de reox	143,57 ± 79,38	107,08 ± 59,52	0,049
Tempo de reox 50%	83,23 ± 62,74	74,32 ± 36,92	0,580
Δ StO ₂ na reox	28,17 ± 8,57	28,41 ± 9,03	0,939
Δ StO ₂ na hiperemia	5,63 ± 2,67	6,89 ± 3,41	0,253
AUC reox 5 min	19553,26 ± 1948,88	19657,30 ± 1887,82	0,877
Teste esteira			
Δ StO ₂ na desox	17,71 ± 7,00	19,05 ± 8,92	0,632
Taxa de desox	13,00 ± 8,51	13,30 ± 8,49	0,917
AUC desox	3908,47 ± 1470,66	3809,89 ± 1843,88	0,865
Tempo de reox	2,71 (1,96 - 8,13)	2,76 (2,02 - 5,10)	0,728
Taxa de reox relativa	5,15 (15,04 - 2,89)	10,17 (17,94 - 3,65)	0,293
Tempo de resistência	90,00 (30,00 – 175,00)	65,00 (35,00 – 155,00)	0,942

Δ FC=delta da frequência cardíaca; Δ StO₂=delta saturação tecidual de oxigênio; AUC=área sob a curva; VO₂=consumo de oxigênio; desox=desoxigenação; reox=reoxigenação; m=metros.

DISCUSSÃO

O presente estudo identificou por meio da NIRS variáveis de função vascular e metabolismo muscular que se associaram à capacidade funcional em indivíduos com DAP. O tempo de reoxigenação na oclusão, taxa de desoxigenação na esteira e taxa de reoxigenação relativa foram capazes de explicar 83% da variância da distância percorrida no teste em esteira. A inclusão da economia de caminhada (m/ΔFC) junto ao modelo 2, substituindo a taxa de reoxigenação relativa, explicou 60% da variabilidade encontrada no teste. No modelo de regressão simples a taxa

de reoxigenação relativa explica sozinha 80% dos resultados do teste. Em relação à comparação entre os grupos DAP com e sem diabetes foi verificada diferença significativa no tempo de reoxigenação na oclusão.

Os parâmetros da NIRS derivados da fase de recuperação tanto ao final de testes funcionais como após a manobra de oclusão reportam à capacidade de revascularização tecidual após um período isquêmico, estando relacionado à função endotelial^{15, 19, 23, 26}. Em um recente estudo com o uso da NIRS, em indivíduos saudáveis, McLay e colaboradores (2016) encontraram correlação moderada ($r=0,63$, $p=0,003$) entre a curva de reoxigenação da StO_2 , na fase de recuperação e o teste de dilatação mediada pelo fluxo, considerado padrão ouro na avaliação da vasodilatação mediada pelo endotélio¹⁹. Dessa forma, medidas do comportamento da StO_2 na fase de reoxigenação, feitas pela NIRS, podem refletir a reperfusão tecidual e fornece dados sobre a reatividade vascular e função endotelial¹⁹.

Na DAP, a insuficiência arterial é reflexo tanto da lesão obstrutiva fixa como também da redução dinâmica do fluxo sanguíneo, causada pela disfunção endotelial⁶⁻⁸. A disfunção endotelial é caracterizada por uma redução de vasodilatadores derivados do endotélio como o óxido nítrico e um aumento relativo da biodisponibilidade de vasoconstritores. Esse desequilíbrio prejudica a resposta hiperêmica ao exercício e à isquemia, sendo considerado um dos fatores que levam aos sintomas de membros inferiores e conseqüentemente piora da capacidade funcional na DAP²⁷.

Neste estudo, verificamos associação entre o tempo de reoxigenação na oclusão com a distância caminhada no teste, de forma que os indivíduos que levaram mais tempo para recuperar os valores de StO_2 a níveis basais, após a manobra de oclusão, portanto com maior prejuízo da atividade microvascular, foram os que caminharam menor distância no teste.

A recuperação após o teste funcional também comportou de maneira similar, ou seja, aqueles com uma reoxigenação mais lenta após o teste na esteira, foram os que apresentaram pior capacidade funcional. A taxa de reoxigenação relativa utilizada neste estudo foi a razão entre o delta da StO_2 na reoxigenação e o tempo de recuperação relativizado pelo tempo total do teste. Dessa forma, os indivíduos que apresentaram um tempo de recuperação da StO_2 longo, maior que o tempo total do teste, o tempo relativizado foi maior e a taxa de reoxigenação foi baixa. Por outro lado aqueles que tinham um tempo de recuperação curto, menor que o tempo total

do teste, o tempo relativizado foi menor e a taxa de reoxigenação foi alta. Foi optado por relativizar o tempo de recuperação pelo tempo total do teste uma vez que não foi determinado tempo máximo do teste e foi encontrado grande variação entre os participantes. A taxa de reoxigenação relativa reflete a velocidade de recuperação da StO_2 a níveis basais, de maneira que quanto melhor a dinâmica vascular, mais rápido é a recuperação da StO_2 . Ambos os resultados, das variáveis de reoxigenação refletiram o impacto da disfunção microvascular na recuperação e no desempenho durante teste.

Estudos com o uso da NIRS na DAP já evidenciavam que a resposta hiperêmica é menor, com a taxa de reoxigenação mais lenta e o tempo de reoxigenação mais longo quando comparado a saudáveis²⁸⁻³¹. Estes achados já demonstravam a capacidade da NIRS em verificar alterações na fase de recuperação ou reoxigenação tecidual após isquemia ou exercício em indivíduos com DAP quando comparados a saudáveis, remetendo às alterações da reatividade microvascular. Mas estes estudos não avaliaram qual impacto dessas alterações na capacidade funcional. Neste sentido, os resultados do presente estudo complementam os dados já reportados na literatura, uma vez que o maior tempo de reoxigenação na oclusão e menor taxa de reoxigenação relativa, dados referentes à fase de recuperação, foram associados ao pior distância percorrida no teste em esteira. Dessa forma, evidenciamos que fatores relacionados à função e reatividade microvascular estão relacionados à capacidade funcional em indivíduos com DAP e que essas alterações podem ser avaliadas adequadamente pela NIRS.

Além disso, verificamos também associação da taxa de desoxigenação na esteira com a capacidade funcional, ou seja, quanto mais rápida foi a queda da StO_2 durante o exercício menor distância caminhada no teste. Estudos prévios têm demonstrado que indivíduos com DAP apresentam maior e mais rápida desoxigenação do que indivíduos saudáveis durante testes funcionais^{13, 16}.

Uma vez que a NIRS possibilita o estudo do comportamento da StO_2 durante o esforço, refletindo o balanço entre a oferta e o consumo de oxigênio, podemos constatar que na DAP há um desequilíbrio nesta relação, com consequente diminuição da oferta de oxigênio para o músculo em atividade^{13, 16, 24}. Esta relação entre o prejuízo da oferta e capacidade de deambulação parece não estar relacionada somente à gravidade da lesão. Manfredini e colaboradores(2009) descreve diferenças na desoxigenação através da análise da área sob a curva com

maior desoxigenação na DAP, mas salienta diferentes padrões de comportamento dentro do mesmo nível de doença, graduado pelo ITB. Fatores como a presença de colaterais, extração periférica de oxigênio, função cardíaca e presença de comorbidades podem influenciar o resultado em situações dinâmicas ¹⁶.

Outro fator que pode interferir na capacidade funcional é o déficit no aumento do fluxo capilar muscular durante o exercício, que pode estar presente na DAP especialmente quando associado à diabetes. Isto foi evidenciado em alguns estudos com o uso da NIRS por uma maior taxa de desoxigenação, com rápido alcance do menor valor de StO₂ como também pelo comportamento da StO₂ no decorrer do teste ^{31, 32}. Mohler e colaboradores (2006) verificaram através da curva da StO₂ durante o exercício, um prejuízo na expansão do volume sanguíneo muscular em indivíduos diabéticos e atribuem este fato à presença da disfunção endotelial ³². Dessa forma, a taxa de desoxigenação durante o teste funcional pode fornecer informações acerca do metabolismo muscular, em termos do equilíbrio entre a oferta e o consumo de oxigênio, como também reflete o comportamento da dinâmica tecidual em termos da reatividade vascular ^{31, 32}.

Para avaliação da influência da resposta cardiovascular no desempenho do teste na esteira utilizamos a medida da economia de caminhada em relação à FC ($m/\Delta FC$) ²¹. Foi verificada associação significativa entre essa variável e a distância percorrida no teste em esteira de maneira que os indivíduos que tiveram melhor desempenho no teste foram os que apresentaram maior economia de caminhada e portanto, maior condicionamento cardiovascular. Manfredini et al (2009) detectaram maior aumento da FC entre indivíduos com DAP em comparação à saudáveis, mesmo em fases iniciais do teste de esforço ¹⁶ considerando que o aumento da FC foi crucial para o desempenho no teste. O aumento da FC, com consequente aumento do débito cardíaco favorece a oferta de oxigênio aos tecidos e pode ser uma adaptação cardiovascular presente na DAP durante o exercício ¹⁶.

Na análise do presente estudo, o modelo que melhor explicou a variância da distância caminhada no teste em esteira foi o que continha variáveis relacionadas ao comportamento tecidual periférico, no modelo 1. Quando a taxa de reoxigenação relativa foi substituída pela variável de condicionamento cardiovascular, no modelo 2, a capacidade de explicar a variabilidade do desempenho encontrado caiu de 83% para 60%. O modelo 3 reforça esses achados, uma vez que a taxa de reoxigenação relativa após o teste na esteira explicou sozinha 80% da variância encontrada.

Dessa forma, os achados deste estudo, reforçam a teoria de que a presença de CI e a diminuição da capacidade funcional na DAP tem origem multifatorial e estão relacionados não somente à presença ou gravidade da obstrução vascular, mas principalmente a fatores dinâmicos teciduais que interferem na disponibilidade e utilização de oxigênio, como as alterações metabólicas e a disfunção endotelial.

Com relação à comparação entre grupos, foi verificado que indivíduos com DAP diabéticos apresentaram maior tempo de reoxigenação na oclusão o que evidencia maior dificuldade na revascularização tecidual após a isquemia. Este fato pode estar relacionado à presença de disfunção endotelial e ao comprometimento da vasorregulação mais frequente neste grupo^{10, 12, 32}. O tempo de resistência apesar de não ter apresentado diferença estatística neste estudo, mostra que indivíduos com DAP diabéticos caminharam cerca de 30% a mais de tempo na esteira após atingir o menor valor de StO_2 do que os não diabéticos. Manfredini e colaboradores (2015), verificaram que indivíduos com DAP e diabetes apresentaram um atraso para reportar os sintomas isquêmicos, com níveis significativamente mais baixos de oxigenação tecidual que os com sujeitos com DAP mas sem diabetes. A presença de neuropatia periférica na diabetes pode afetar a percepção dos sintomas isquêmicos e assim atrasar a queixa de dor durante o exercício²⁴.

Não encontramos diferenças na capacidade funcional entre os grupos diabéticos e não diabéticos, com relação à distância caminhada, distância relativa à variação da frequência cardíaca e variação da StO_2 . Estudos anteriores também não evidenciaram diferenças da capacidade funcional entre indivíduos com DAP com ou sem diabetes apesar do maior comprometimento metabólico periférico e pela maior morbidade da condição^{24, 33}. Com relação à oxigenação tecidual avaliada pela NIRS, em testes funcionais em sujeitos com DAP e diabetes, estudos demonstram maior nível de desoxigenação^{24, 32, 33}, o que não foi verificado neste estudo.

O presente estudo apresenta algumas limitações visto que não foi possível obter informações precisas quanto ao tempo de diagnóstico da diabetes, que pode impactar no curso da doença e na comparação realizada entre grupos com e sem diabetes. Quanto ao tamanho da amostra, ela foi suficiente para definir a interferência de fatores periféricos na capacidade funcional na DAP mas limitada para a comparação entre grupos de todas as variáveis.

Os resultados deste estudo são limitados a indivíduos com DAP com e sem diabetes que apresentam claudicação intermitente, não sendo aplicados a indivíduos com DAP assintomáticos ou com sintomatologia atípica.

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que fatores periféricos relacionados à função vascular e ao metabolismo muscular estão associados à capacidade funcional de indivíduos com DAP, explicando grande parte da variabilidade encontrada na distância caminhada no teste em esteira. Além disso, foi verificada diferença no comportamento da oxigenação periférica, entre os indivíduos com DAP com e sem diabetes, no que se refere ao tempo de reoxigenação na oclusão, não sendo encontrada diferença na capacidade funcional. Esses achados reforçam os dados da literatura de que o comprometimento da capacidade funcional na DAP é resultado de vários fatores que impactam na capacidade de utilização do oxigênio muscular. Em indivíduos com DAP diabéticos as alterações da função microvascular podem ser mais evidentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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: 726-779. DOI: 10.1161/cir.0000000000000471.
2. Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzler NR, et al. ACC/AHA 2005 practice guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic) - A collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery,* Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, Society of Interventional Radiology, and the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for the Management of Patients with Peripheral Arterial Disease). *Circulation* 2006; 113: E463-E654. DOI: 10.1161/circulationaha.106.174526.
3. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, et al. Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II). *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 2007; 33: S5-S75. DOI: 10.1016/j.ejvs.2006.09.024.
4. Patel MR, Conte MS, Cutlip DE, 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* 2015; 65: 931-941. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.12.036.
5. Fowkes FGR, Rudan D, Rudan I, 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* 2013; 382: 1329-1340. DOI: 10.1016/s0140-6736(13)61249-0.
6. Hamburg NM and Creager MA. Pathophysiology of Intermittent Claudication in Peripheral Artery Disease. *Circ J* 2017; 81: 281-289. 2017/01/26. DOI: 10.1253/circj.CJ-16-1286.
7. Muller MD, Reed AB, Leuenberger UA, et al. Physiology in Medicine: Peripheral arterial disease. *Journal of Applied Physiology* 2013; 115: 1219-1226. DOI: 10.1152/jappphysiol.00885.2013.
8. Hafner F, Kieninger A, Meinitzer A, et al. Endothelial dysfunction and brachial intima-media thickness: long term cardiovascular risk with claudication related to peripheral arterial disease: a prospective analysis. *PLoS One* 2014; 9: e93357. 2014/04/16. DOI: 10.1371/journal.pone.0093357.
9. Norman PE, Davis WA, Bruce DG, et al. Peripheral arterial disease and risk of cardiac death in type 2 diabetes - The Fremantle Diabetes Study. *Diabetes Care* 2006; 29: 575-580. DOI: 10.2337/diacare.29.03.06.dc05-1567.
10. Mascarenhas JV, Albayati MA, Shearman CP, et al. Peripheral Arterial Disease. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America* 2014; 43: 149-+. DOI: 10.1016/j.ecl.2013.09.003.
11. Thiruvoipati T, Kielhorn CE and Armstrong EJ. Peripheral artery disease in patients with diabetes: Epidemiology, mechanisms, and outcomes. *World Journal of Diabetes* 2015; 6: 961-969. DOI: 10.4239/wjd.v6.i7.961.
12. Clark N, Sheehan P, Edmonds M, et al. Peripheral arterial disease in people with diabetes. *Diabetes Care* 2003; 26: 3333-3341.
13. Boezeman RP, Moll FL, Ünlü Ç, et al. Systematic review of clinical applications of monitoring muscle tissue oxygenation with near-infrared spectroscopy in vascular disease. *Microvasc Res* 2016; 104: 11-22. 2015/11/11. DOI: 10.1016/j.mvr.2015.11.004.

14. Van Beekvelt MC, Colier WN, Wevers RA, et al. Performance of near-infrared spectroscopy in measuring local O₂ consumption and blood flow in skeletal muscle. *J Appl Physiol (1985)* 2001; 90: 511-519. DOI: 10.1152/jappl.2001.90.2.511.
15. Jones S, Chiesa ST, Chaturvedi N, et al. Recent developments in near-infrared spectroscopy (NIRS) for the assessment of local skeletal muscle microvascular function and capacity to utilise oxygen. *Artery Res* 2016; 16: 25-33. DOI: 10.1016/j.artres.2016.09.001.
16. Manfredini F, Malagoni AM, Felisatti M, et al. A dynamic objective evaluation of peripheral arterial disease by near-infrared spectroscopy. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2009; 38: 441-448. 2009/07/21. DOI: 10.1016/j.ejvs.2009.06.011.
17. Quaresima V, Homma S, Azuma K, et al. Calf and shin muscle oxygenation patterns and femoral artery blood flow during dynamic plantar flexion exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 2001; 84: 387-394. DOI: 10.1007/s004210100390.
18. Ferrari M, Muthalib M and Quaresima V. The use of near-infrared spectroscopy in understanding skeletal muscle physiology: recent developments. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci* 2011; 369: 4577-4590. DOI: 10.1098/rsta.2011.0230.
19. McLay KM, Nederveen JP, Pogliaghi S, et al. Repeatability of vascular responsiveness measures derived from near-infrared spectroscopy. *Physiol Rep* 2016; 4. DOI: 10.14814/phy2.12772.
20. Nicolai SP, Viechtbauer W, Kruidenier LM, et al. Reliability of treadmill testing in peripheral arterial disease: a meta-regression analysis. *J Vasc Surg* 2009; 50: 322-329. DOI: 10.1016/j.jvs.2009.01.042.
21. Marek EM, Friz Y, Pohl W, et al. [Efficiency as a new parameter of physical fitness of patients in 6-minute-walk-test]. *Rehabilitation (Stuttg)* 2011; 50: 118-126. 2011/04/18. DOI: 10.1055/s-0030-1262846.
22. Van Beekvelt MCP. *Quantitative NEAR-Infrared Spectroscopy in Human Skeletal Muscle. Methodological Issues and Clinical Application*. University of Nijmegen 2002.
23. Lima A and Bakker J. Espectroscopia no infravermelho próximo para a monitorização da perfusão tecidual. *Rev Bras Ter Intensiva* 2011; 23: 341-351.
24. Manfredini F, Lamberti N, Malagoni AM, et al. Reliability of the Vascular Claudication Reporting in Diabetic Patients With Peripheral Arterial Disease: A Study With Near-Infrared Spectroscopy. *Angiology* 2015; 66: 365-374. DOI: 10.1177/0003319714534762.
25. Baker WB, Li Z, Schenkel SS, et al. Effects of exercise training on calf muscle oxygen extraction and blood flow in patients with peripheral artery disease. *J Appl Physiol (1985)* 2017; 123: 1599-1609. 2017/10/05. DOI: 10.1152/jappphysiol.00585.2017.
26. Lima A and Bakker J. Espectroscopia no infravermelho próximo para a monitorização da perfusão tecidual. *Near-infrared spectroscopy for monitoring peripheral tissue perfusion in critically ill patients*. *Rev Bras Ter Intensiva* 2011, p. 341-351.
27. Grenon SM, Chong K, Alley H, et al. Walking disability in patients with peripheral artery disease is associated with arterial endothelial function. *J Vasc Surg* 2014; 59: 1025-1034. 2014/01/11. DOI: 10.1016/j.jvs.2013.10.084.
28. Kooijman HM, Hopman MT, Colier WN, et al. Near infrared spectroscopy for noninvasive assessment of claudication. *J Surg Res* 1997; 72: 1-7. DOI: 10.1006/jsre.1997.5164.
29. Comerota AJ, Throm RC, Kelly P, et al. Tissue (muscle) oxygen saturation (StO₂): a new measure of symptomatic lower-extremity arterial disease. *J Vasc Surg* 2003; 38: 724-729.

30. Bauer TA, Brass EP and Hiatt WR. Impaired muscle oxygen use at onset of exercise in peripheral arterial disease. *J Vasc Surg* 2004; 40: 488-493. DOI: 10.1016/j.jvs.2004.06.025.
31. Gardner AW, Parker DE, Webb N, et al. Calf muscle hemoglobin oxygen saturation characteristics and exercise performance in patients with intermittent claudication. *J Vasc Surg* 2008; 48: 644-649. 2008/06/24. DOI: 10.1016/j.jvs.2008.04.005.
32. Mohler ER, Lech G, Supple G, et al. Impaired Exercise-Induced Blood Volume in Type 2 Diabetes With or Without Peripheral Arterial Disease Measured by Continuous-Wave Near-Infrared Spectroscopy. *Diabetes Care* 2006 29.
33. Komiyama T, Shigematsu H, Yasuhara H, et al. Near-infrared spectroscopy grades the severity of intermittent claudication in diabetics more accurately than ankle pressure measurement. *Br J Surg* 2000; 87: 459-466. DOI: 10.1046/j.1365-2168.2000.01381.x.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação foi realizada sob orientação da professora doutora Danielle Aparecida Gomes Pereira considerando a proposta pedagógica do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (PPGCR) da UFMG. A proposta deste estudo foi identificar fatores teciduais locais, através do uso da NIRS, que justificassem a capacidade funcional em indivíduos com DAP, especialmente quando associado à diabetes. Neste sentido, o primeiro desafio foi pesquisar na literatura sobre o funcionamento da NIRS, as variáveis diretas e indiretas mais utilizadas, seus significados e suas possibilidades de uso na DAP.

Os resultados deste estudo mostram que fatores periféricos teciduais relativos ao metabolismo e fluxo muscular têm grande importância na capacidade funcional na DAP. O comportamento da StO_2 especialmente na fase de reoxigenação, tanto na manobra de oclusão quanto após teste funcional, nos fornece dados acerca da reatividade microvascular, sendo um importante parâmetro para avaliação da disfunção endotelial. Nosso estudo evidenciou que a despeito da gravidade da obstrução vascular e sua restrição ao fluxo, a disfunção endotelial é um dos principais fatores que contribuem para a diminuição da capacidade funcional na DAP, especialmente em diabéticos. A NIRS é uma tecnologia de uso recente, que permite a avaliação da oxigenação tecidual de maneira não-invasiva e demonstra ser promissora para futuros estudos envolvendo intervenções como o exercício e suas repercussões à nível tecidual na DAP.

Com relação às experiências vividas no período do mestrado, me sinto muito grata e honrada por ter sido acolhida e integrada a uma linha de pesquisa tão importante e conduzida com muita dedicação e seriedade. Tive a oportunidade de adquirir novos conhecimentos, me dedicar à área da pesquisa e docência, conhecer pessoas e fazer novas amizades.

Estou muito feliz e realizada em estar concretizando esse sonho. Enquanto acadêmica tive a oportunidade de conhecer, vivenciar e valorizar o universo da pesquisa por ser bolsista de iniciação da querida e saudosa professora Maria Lúcia Paixão. Depois como profissional da assistência, por atuar como preceptora seja do estágio curricular ou da residência, sempre busquei as melhores evidências para a minha atuação profissional. Acredito que a prática baseada em evidências tem aproximado os profissionais da assistência à pesquisa clínica, na medida em que se

busca a melhor recomendação existente para cada caso. Sem pesquisa não há renovação do conhecimento e avanço no cuidado.

Não posso deixar de relatar aqui a importância do incentivo e da influência positiva da minha orientadora de mestrado, Prof. Dra. Danielle Gomes, que me fez acreditar que seria possível conciliar tantos afazeres pessoais e profissionais, e que a cada orientação de TCC ou aula ministrada para a residência me fez sentir capaz de buscar meus ideais e acreditar em novas possibilidades.

A oportunidade de ter feito o mestrado reforçou o meu gosto pela aquisição de novos conhecimentos, preencheu uma lacuna na minha formação acadêmica enquanto preceptora, e tenho certeza que essa oportunidade vai contribuir para futuras realizações pessoais e profissionais.

REFERÊNCIAS

BAUER, T. A.; BRASS, E. P.; HIATT, W. R. Impaired muscle oxygen use at onset of exercise in peripheral arterial disease. **J Vasc Surg**, v. 40, n. 3, p. 488-93, Sep 2004. ISSN 0741-5214. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15337878> >.

BOEZEMAN, R. P. *et al.* Systematic review of clinical applications of monitoring muscle tissue oxygenation with near-infrared spectroscopy in vascular disease. **Microvasc Res**, v. 104, p. 11-22, Mar 2016. ISSN 1095-9319. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26576829> >.

BOSEVSKI, M. Peripheral arterial disease and diabetes. **Prilozi**, v. 33, n. 1, p. 65-78, 2012. ISSN 0351-3254. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22952095> >.

BREEK, J. C. *et al.* The impact of walking impairment, cardiovascular risk factors, and comorbidity on quality of life in patients with intermittent claudication. **J Vasc Surg**, v. 36, n. 1, p. 94-9, Jul 2002. ISSN 0741-5214. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12096264> >.

CASAVOLA, C. *et al.* Blood flow and oxygen consumption with near-infrared spectroscopy and venous occlusion: spatial maps and the effect of time and pressure of inflation. **J Biomed Opt**, v. 5, n. 3, p. 269-76, Jul 2000. ISSN 1083-3668. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10958611> >.

CLARK, N. *et al.* Peripheral arterial disease in people with diabetes. **Diabetes Care**, v. 26, n. 12, p. 3333-3341, Dec 2003. ISSN 0149-5992. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000186724000023 >.

COMEROTA, A. J. *et al.* Tissue (muscle) oxygen saturation (StO₂): a new measure of symptomatic lower-extremity arterial disease. **J Vasc Surg**, v. 38, n. 4, p. 724-9, Oct 2003. ISSN 0741-5214. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14560221> >.

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**, v. 382, n. 9901, p. 1329-1340, Oct 19 2013. ISSN 0140-6736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000325975700023 >.

GARDNER, A. W.; MONTGOMERY, P. S.; KILLEWICH, L. A. Natural history of physical function in older men with intermittent claudication. **J Vasc Surg**, v. 40, n. 1, p. 73-8, Jul 2004. ISSN 0741-5214. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15218465> >.

GARDNER, A. W. *et al.* Calf muscle hemoglobin oxygen saturation characteristics and exercise performance in patients with intermittent claudication. **J Vasc Surg**, v. 48, n. 3, p. 644-9, Sep 2008. ISSN 1097-6809. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18572363> >.

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. 726-779, Mar 21 2017. ISSN 0009-7322. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000396733400002 >.

HAMBURG, N. M.; CREAGER, M. A. Pathophysiology of Intermittent Claudication in Peripheral Artery Disease. **Circ J**, v. 81, n. 3, p. 281-289, Feb 2017. ISSN 1347-4820. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28123169> >.

HIRSCH, A. T. *et al.* Peripheral arterial disease detection, awareness, and treatment in primary care. **JAMA**, v. 286, n. 11, p. 1317-24, Sep 2001. ISSN 0098-7484. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11560536> >.

_____. ACC/AHA 2005 practice guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic) - A collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery,* Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, Society of Interventional Radiology, and the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for the Management of Patients with Peripheral Arterial Disease). **Circulation**, v. 113, n. 11, p. E463-E654, Mar 21 2006. ISSN 0009-7322. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000236131700023 >.

IZQUIERDO-PORRERA, A. M. *et al.* Relationship between objective measures of peripheral arterial disease severity to self-reported quality of life in older adults with intermittent claudication. **J Vasc Surg**, v. 41, n. 4, p. 625-30, Apr 2005. ISSN 0741-5214. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15874926> >.

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 Res**, v. 16, p. 25-33, Dec 2016. ISSN 1872-9312. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27942271> >.

KOOIJMAN, H. M. *et al.* Near infrared spectroscopy for noninvasive assessment of claudication. **J Surg Res**, v. 72, n. 1, p. 1-7, Sep 1997. ISSN 0022-4804. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9344707> >.

LIMA, A.; BAKKER, J. Espectroscopia no infravermelho próximo para a monitorização da perfusão tecidual. **Rev Bras Ter Intensiva**, v. 23, p. 341-351, 2011.

LONG, J. *et al.* Correlation between ankle-brachial index, symptoms, and health-related quality of life in patients with peripheral vascular disease. **J Vasc Surg**, v. 39, n. 4, p. 723-7, Apr 2004. ISSN 0741-5214. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15071432> >.

MAKDISSE, M. *et al.* Prevalence and risk factors associated with peripheral arterial disease in the Hearts of Brazil Project. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 91, p. 402-414, 2008.

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. 530-6, Aug 2010. ISSN 1940-1574. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20395235> >.

MANFREDINI, F. *et al.* Reliability of the Vascular Claudication Reporting in Diabetic Patients With Peripheral Arterial Disease: A Study With Near-Infrared Spectroscopy. **Angiology**, v. 66, n. 4, p. 365-374, Apr 2015. ISSN 0003-3197. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000352783800010 >.

_____. A dynamic objective evaluation of peripheral arterial disease by near-infrared spectroscopy. **Eur J Vasc Endovasc Surg**, v. 38, n. 4, p. 441-8, Oct 2009. ISSN 1532-2165. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19625198> >.

_____. Near-infrared spectroscopy assessment following exercise training in patients with intermittent claudication and in untrained healthy participants. **Vasc Endovascular Surg**, v. 46, n. 4, p. 315-24, May 2012. ISSN 1938-9116. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22529160> >.

MASCARENHAS, J. V. *et al.* Peripheral Arterial Disease. **Endocrinology and Metabolism Clinics of North America**, v. 43, n. 1, p. 149+, Mar 2014. ISSN 0889-8529. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000333547400010 >.

MCDERMOTT, M. M. *et al.* Pathophysiological changes in calf muscle predict mobility loss at 2-year follow-up in men and women with peripheral arterial disease. **Circulation**, v. 120, n. 12, p. 1048-55, Sep 2009. ISSN 1524-4539. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19738138> >.

_____. The ankle brachial index and change in lower extremity functioning over time: the Women's Health and Aging Study. **J Am Geriatr Soc**, v. 50, n. 2, p. 238-46,

Feb 2002. ISSN 0002-8614. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12028204> >.

_____. Leg symptoms, the ankle-brachial index, and walking ability in patients with peripheral arterial disease. **J Gen Intern Med**, v. 14, n. 3, p. 173-81, Mar 1999. ISSN 0884-8734. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10203623> >.

MOHLER, E. R. *et al.* Impaired Exercise-Induced Blood Volume in Type 2 Diabetes With or Without Peripheral Arterial Disease Measured by Continuous-Wave Near-Infrared Spectroscopy. **Diabetes Care**, v. 29, 2006

MULLER, M. D. *et al.* Physiology in Medicine: Peripheral arterial disease. **Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 9, p. 1219-1226, Nov 2013. ISSN 8750-7587. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000326576000001 >.

NORGREN, L. *et al.* Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II). **European Journal of Vascular and Endovascular Surgery**, v. 33, p. S5-S75, 2007 2007. ISSN 1078-5884. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000243508800001 >.

NORMAN, P. E. *et al.* Peripheral arterial disease and risk of cardiac death in type 2 diabetes - The Fremantle Diabetes Study. **Diabetes Care**, v. 29, n. 3, p. 575-580, Mar 2006. ISSN 0149-5992. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000235764100016 >.

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**, v. 65, n. 9, p. 931-941, Mar 10 2015. ISSN 0735-1097. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000350216700011 >.

SOARES, R. N.; MURIAS, J. M. Near-infrared spectroscopy assessment of microvasculature detects difference in lower limb vascular responsiveness in obese compared to lean individuals. **Microvasc Res**, v. 118, p. 31-35, Jul 2018. ISSN 1095-9319. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29408423> >.

SZUBA, A. *et al.* Limb hemodynamics are not predictive of functional capacity in patients with PAD. **Vascular medicine**, v. 11, p. 155-163, 2006.

THIRUVOIPATI, T.; KIELHORN, C. E.; ARMSTRONG, E. J. Peripheral artery disease in patients with diabetes: Epidemiology, mechanisms, and outcomes. **World Journal of Diabetes**, v. 6, n. 7, p. 961-969, Jul 10 2015. ISSN 1948-9358. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000360989900007 >.

VAN BEEKVELT, M. C. *et al.* Performance of near-infrared spectroscopy in measuring local O₂ consumption and blood flow in skeletal muscle. **J Appl Physiol** (1985), v. 90, n. 2, p. 511-9, Feb 2001. ISSN 8750-7587. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11160049> >.

VAN BEEKVELT, M. C. P. **Quantitative NEAR-Infrared Spectroscopy in Human Skeletal Muscle. Methodological Issues and Clinical Application.** 2002. Department of Physiology University of Nijmegen

WATANABE, T. *et al.* Near-infrared spectroscopy with treadmill exercise to assess lower limb ischemia in patients with atherosclerotic occlusive disease. **Surg Today**, v. 34, n. 10, p. 849-54, 2004. ISSN 0941-1291. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15449155> >.

ANEXOS

Anexo A



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Projeto: CAAE – 51274515.4.0000.5149

Interessado(a): **Profa. Danielle Aparecida Gomes Pereira**
Departamento de Fisioterapia
EEFFTO- UFMG

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 23 de dezembro de 2015, a emenda abaixo relacionada, do projeto de pesquisa intitulado **"Tratamento fisioterápico modificado na doença arterial obstrutiva periférica: um ensaio clínico aleatorizado"**.

- Inclusão de nova metodologia: NearInfrared Spectroscopy (NIRS), Short Physical Performance Battery (SPPB), Heel-rise test (HRT)
- Extensão do prazo da pesquisa para 30 de dezembro de 2018.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto através da Plataforma Brasil.

Prof. Dra. Telma Campos Medeiros Lorentz
Coordenadora do COEP-UFMG

Anexo B

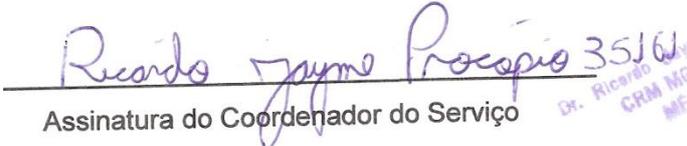
De:

Serviço de angiologia e cirurgia vascular do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais

Para:

Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP)

Venho informar que o Serviço de Angiologia e Cirurgia Vascular do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais (HC - UFMG) está de acordo com o recrutamento de pacientes com doença arterial obstrutiva crônica do ambulatório desse serviço para o projeto de pesquisa intitulado TRATAMENTO FISIOTERÁPICO MODIFICADO NA DOENÇA ARTERIAL OBSTRUTIVA PERIFÉRICA – UM ENSAIO CLÍNICO ALEATORIZADO da professora Danielle Aparecida Gomes Pereira, professora do Departamento de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).


Assinatura do Coordenador do Serviço

Dr. Ricardo Jayme Procopio
CRM MG 35161
MÉDICO

Anexo C



PARECER

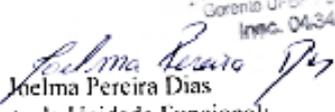
Referente ao projeto: "Tratamento fisioterápico modificado na doença arterial obstrutiva periférica (DAOP)- um ensaio clínico aleatorizado."

Pesquisadores (as): Prof^{as}: Dr.^a Danielle Aparecida Gomes Pereira

Estamos cientes e de acordo com a realização do referido projeto no Amb. Bias Fortes do HC/UFMG, sabendo que não necessitará de recursos adicionais além dos já existentes, no que se refere ao número de consultórios, pessoal de secretaria e materiais utilizados.

Atenciosamente,

Belo Horizonte, 13 de Novembro de 2015.


 Gerente da Unidade Funcional:
 Bias Fortes, Borges da Costa e Jenny Faria

Belo Horizonte, 13 de Novembro de 2015
 Gerente UFBBJ - 1201-107
 Inmca. 04-348

Gerente Unidade Funcional Bias Fortes
 Dr. Edgar Nunes de Moraes
 CRM 22.788 - CRM 148409
 CUS 9801628227252

De acordo,
 20/11/2015

APÊNDICES

Apêndice 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Obrigada pelo seu interesse em participar do estudo “**TRATAMENTO FISIOTERÁPICO MODIFICADO NA DOENÇA ARTERIAL OBSTRUTIVA PERIFÉRICA – UM ENSAIO CLÍNICO ALEATORIZADO**”.

Pesquisadora responsável: Débora Pantuso Monteiro

Justificativa e objetivo

Esta é uma pesquisa de importância para ajudar na definição de formas de tratamento que reduzam a dificuldade de caminhar de pessoas que têm a mesma doença que o Sr (a) tem (doença arterial obstrutiva periférica - DAOP). O objetivo deste estudo é avaliar os efeitos de um programa de treinamento modificado utilizando a caminhada juntamente ao uso de carga (caneleira) em indivíduos com doença arterial obstrutiva periférica (DAOP).

2. Descrição breve dos procedimentos a serem conduzidos:

a) O Sr (a) inicialmente fará uma avaliação com um fisioterapeuta e depois será sorteado para um dos dois grupos desta pesquisa: o tratamento com caminhada por 12 semanas ou tratamento também com caminhada, mas com colocação gradual de caneleira nas pernas (variando de 0,5 quilo a 2,0 quilos).

b) Na avaliação o Sr(a) vai fazer:

- Teste de avaliação da circulação: o Sr (a) ficará deitado de barriga pra 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.
- Teste de avaliação da oxigenação da perna: o Sr (a) permanecerá deitado de barriga pra 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 por 5 minutos. Após esse período o manguito será desinflado. O pequeno aparelho permanecerá em sua perna para realização dos quatro testes subsequentes.
- Teste de caminhada 1: O Sr (a) deverá caminhar o tempo que conseguir em uma esteira com velocidade constante. O Sr (a) utilizará uma máscara para a análise de gases da respiração. Além disso, haverá observação frequente da pressão arterial, da frequência cardíaca, do cansaço e da saturação de oxigênio.
- Teste de caminhada 2: Serão colocados dois cones numa distância de dez metros. O Sr (a) deverá caminhar de um cone a outro. Quando ouvir um sinal colocado pelo examinador, o Sr (a) terá que caminhar em direção ao outro cone até que o próximo sinal toque. O intervalo entre um sinal e outro irá diminuir e

você terá então que aumentar sua velocidade de caminhada. O teste será interrompido quando não chegar ao cone antes do sinal por duas vezes.

- Teste da ponta do pé: o Sr (a) deverá realizar o máximo de vezes que conseguir o movimento de ficar na ponta dos pés.

- Teste de equilíbrio e força das pernas: Será solicitado que o Sr(a) equilibre-se em pé em três posições diferentes, sente-se e levante-se de uma cadeira por cinco vezes sem parar e caminhe uma distância de quatro metros.

- O Sr (a) responderá a um questionário com questões que avaliarão a sua percepção de locomoção. Estas informações nos manterão informados sobre como a doença arterial periférica influencia na distância e velocidade de sua caminhada e na sua capacidade de subir escadas.

c) Após a avaliação você fará um dos dois tipos de treinamento durante 12 semanas: tratamento com caminhada no solo ou esteira ou tratamento também com caminhada no solo ou esteira, mas com colocação gradual de caneleira nas pernas (variando de 0,5 quilo a 2,0 quilos). Sempre seu pulso e sua pressão arterial serão monitorados antes, durante e após a sessão. O Sr (a) poderá interromper a caminhada caso alcance seu nível máximo de dor em panturrilha e seus dados vitais serão novamente aferidos, tendo que retornar a caminhar quando perceber alívio do sintoma. O tempo total de caminhada será dado pela soma das caminhadas. Sempre que precise parar, terá início uma nova

caminhada sendo medidos seu pulso e pressão, além do tempo de repouso necessário para alívio da dor. Também serão registrados o tempo de início da dor, o tempo máximo de caminhada e a distância total percorrida. A intensidade da caminhada será controlada pela observação do pulso e pela dor que o Sr (a) apresentar. Ao término do tempo de caminhada, que deve somar ao longo do tratamento 30 minutos, serão obtidos a distância percorrida, a velocidade média e novamente pulso e pressão.

3. Descrição de qualquer procedimento que possa causar desconforto ou inconveniência para o participante:

O Sr (a) poderá apresentar fadiga após a caminhada e sentir dor nas pernas durante o treinamento de caminhada.

4. Riscos esperados com esse estudo:

O estudo apresenta todos os riscos próprios da realização de atividade física, como queda, fadiga e dor muscular. Entretanto, esses riscos são riscos parecidos com aqueles que existem quando se caminha na rua ou em uma praça.

5. Benefícios esperados com esse estudo:

Um dos benefícios esperados com este estudo é demonstrar a aplicabilidade desta forma de tratamento modificado para pacientes com DAOP. Como esse tratamento utiliza duas formas de atividade física em conjunto (caminhada e fortalecimento), espera-se que o resultado observado na habilidade de caminhar com aumentos das distâncias caminhadas antes da claudicação máxima seja eficaz.

6. Uso dos resultados da pesquisa:

Os dados obtidos no estudo serão para fins de pesquisa, podendo ser apresentados em congressos e seminários e publicados em artigo científico; porém, a identidade do Sr (a) será mantida em absoluto sigilo.

DIREITOS DO PARTICIPANTE:

Ao participante será permitido se desligar a qualquer tempo do referido estudo, sem que isto lhe traga prejuízo moral ou financeiro. Sua participação é de caráter voluntário e gratuito.

A partir destas informações, se for se sua vontade participar deste estudo, favor preencher o consentimento abaixo:

CONSETIMENTO: Declaro que li e entendi a informação contida acima e que todas as dúvidas foram esclarecidas.

Desta forma, eu _____ concordo em participar deste estudo.

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador

Belo Horizonte, ___/___/_____

Telefones e endereços para contato:

- Professora Danielle Aparecida Gomes Pereira

Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha. Belo Horizonte. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Telefone: 3409 – 4793

- Débora Pantuso Monteiro

Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha. Belo Horizonte. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Telefone: 3241-1970 / 99173-4957

- Em caso de dúvida de caráter ético, entrar em contato Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP)

Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II – 2º andar. Campus Pampulha. Belo Horizonte.

Telefone: 3409-4592

Apêndice 2 - Mini Currículo

Dados pessoais

Nome: Patrícia Paulino Geisel

Nascimento: 18/04/1971

CPF: 787.060.766-53

Link para Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0839304801076122>

Formação acadêmica

2017 - Especialista em Fisioterapia Cardiovascular pela Assobrafir

2000 - Especialização em Fisioterapia, área de concentração Respiratória, UFMG.

1990 – 1994 : Graduação em Fisioterapia , UFMG.

Experiência Profissional

1995 – atual : Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Brasil.

Vínculo institucional: Servidor Público, Enquadramento Funcional: Fisioterapeuta.

2010 – atual : Preceptora da Residência Multiprofissional em Saúde Cardiovascular – Enfermaria e ambulatório. Hospital das Clínicas/UFMG.

2017 – atual : Preceptora da Residência Multiprofissional em Saúde do Idoso – Hospital das Clínicas/UFMG.

Produção Bibliográfica

ARAUJO, M.C, GEISEL, P.P, LAGES, A. C. R, ELMIRO, N. S, PEREIRA, D. A. G. . Fatores associados ao tempo de ventilação mecânica em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. **ASSOBRAFIR Ciência**, v. 6, p. 21-31, 2015.

Resumo Publicado em Anais

GEISEL,P.P, NEVES,V.R, MARCOLINO,M.S, MAIA,J.X, ALKMIM,M.B. M, RIBEIRO, A.L.P, SOUSA,L. Teleconsultation Service to Improve Access to Specialized Care in Physiotherapy: The Experience of the Telehealth Network of Minas Gerais, Brazil. In: Global Telemedicine and eHealth Uptodates: Knowledge Resources, 2013, Luxemburgo. Global Telemedicine and eHealth Uptodates: Knowledge Resources. Belgium: international Society for Telemedicine & eHealth, 2013. v. 6. p. 61-65.

Trabalhos apresentados e publicados em anais no período do mestrado:

GEISEL, P.P, MONTEIRO, D.P, BRITTO, R.R, PEREIRA, D.A.G. Capacidade Funcional E Metabolismo Muscular Periférico Em Indivíduos Com Doença Arterial Periférica Com E Sem Diabetes. Pôster Moderado. In: XIX Simpósio Internacional De Fisioterapia Cardiorrespiratória E Fisioterapia Em Terapia Intensiva, 2018, Manaus. Assobrafir Ciência – Suplemento 1 - Anais do XIX SIFR, 2018. V.9., p.72.

INÁCIO, M.C.G, STARKE,A.C, MARQUES,D.C, LOURES,J.B, MARCHIORI,M.P, GEISEL,P.P. Ambulatório De Acompanhamento Multiprofissional Em Saúde Cardiovascular. Pôster Temático. In: XIX Simpósio Internacional De Fisioterapia Cardiorrespiratória E Fisioterapia Em Terapia Intensiva, 2018, Manaus. Assobrafir Ciência – Suplemento 1 - Anais do XIX SIFR, 2018. V.9., p.300.

INÁCIO, M.C.G, STARKE,A.C, MARQUES,D.C, LOURES,J.B, MARCHIORI,M.P, GEISEL,P.P. Perfil Demográfico E Clínico De Pacientes Atendidos Na Enfermaria Cardiovascular De Um Hospital Público . Pôster Temático. In: XIX Simpósio Internacional De Fisioterapia Cardiorrespiratória E Fisioterapia Em Terapia Intensiva, 2018, Manaus. Assobrafir Ciência – Suplemento 1 - Anais do XIX SIFR, 2018. V.9., p.359.

LOURES,J.B, INÁCIO, M.C.G, MARCHIORI,M.P, MARQUES,D.C, STARKE,A.C, GEISEL,P.P. Perfil Demográfico E Clínico De Pacientes Acompanhados Em Um Ambulatório Multiprofissional De Saúde Cardiovascular. Pôster Temático. In: XIX Simpósio Internacional De Fisioterapia Cardiorrespiratória E Fisioterapia Em Terapia Intensiva, 2018, Manaus. Assobrafir Ciência – Suplemento 1 - Anais do XIX SIFR, 2018. V.9., p.358.

PRADO, A.C.O, GEISEL,P.P, PEREIRA, D.A.G, FÉLIX,C.M.M. Perfil De Risco Pré-Operatório E Sua Relação Com A Incidência De Complicações Pulmonares No Pós-Operatório De Cirurgia Cardiovascular Eletiva.Pôster Temático. In: XIX Simpósio Internacional De Fisioterapia Cardiorrespiratória E Fisioterapia Em Terapia Intensiva, 2018, Manaus. Assobrafir Ciência – Suplemento 1 - Anais do XIX SIFR, 2018. V.9., p.357.

Trabalhos apresentados no período do mestrado:

MARCHIORI,M.P, M.C.G, STARKE,A.C, MARQUES,D.C, LOURES,J.B, INÁCIO, M.C.G, GEISEL, P.P. A importância da fisioterapia no tratamento do paciente com miocardiopatia isquêmica e pneumonite por amiodarona: um relato de caso. 16º Congresso Sabincor de Cardiologia, 2018.

INÁCIO, M.C.G, STARKE,A.C, MARQUES,D.C, LOURES,J.B, MARCHIORI,M.P, GEISEL, P.P. Fisioterapia pré e pós transplante cardíaco em um paciente com pneumonite por amiodarona: um relato de caso. Painel. 16º Congresso Sabincor de Cardiologia, 2018.

LOURES, J.B, INÁCIO, M.C.G, MARCHIORI, M.P, MARQUES, D.C, STARKE, A.C, PEREIRA, D.A.G, GEISEL, P.P. Residência em fisioterapia na saúde cardiovascular do HC-UFMG: um relato de experiência sobre a atuação hospitalar . I Jornada De Fisioterapia Do Hospital Das Clínicas Da UFMG, 2017.

Orientações realizadas durante o período do mestrado:

ANA CAROLINA DE OLIVEIRA PRADO. Perfil de risco pré-operatório e sua relação com a incidência de complicações pulmonares no pós-operatório de cirurgia cardiovascular eletiva. Orientação de TCC da Residência de Fisioterapia em Saúde Cardiovascular do Hospital das Clínicas da UFMG, 2017.

Coorientações realizadas durante o período do mestrado:

MARIAN PAIVA MARCHIORI. Prescrição da frequência cardíaca de treinamento e seu impacto no resultado da reabilitação cardiovascular. Coorientação de TCC da Residência de Fisioterapia em Saúde Cardiovascular do Hospital das Clínicas da UFMG, 2018.

Participação em bancas de trabalhos de conclusão durante o período do mestrado:

CAROLINA MACHADO DE MELO FÉLIX. Resultados da reabilitação vascular não supervisionada em indivíduos com doença arterial periférica – um estudo retrospectivo. Banca do TCC da Residência de Fisioterapia em Saúde Cardiovascular do Hospital das Clínicas da UFMG, 2017.

RAQUEL FERREIRA SANTOS. Abordagem fisioterapêutica em paciente com quadro de isquemia crítica de membro inferior após angioplastia – relato de caso. Banca do TCC da Residência de Fisioterapia em Saúde Cardiovascular do Hospital das Clínicas da UFMG, 2017.

Participação em congressos no período do mestrado:

XIX Simpósio Internacional De Fisioterapia Cardiorrespiratória E Fisioterapia Em Terapia Intensiva, Manaus, 2018.

I Jornada De Fisioterapia Do Hospital Das Clínicas Da UFMG, como palestrante – História da Fisioterapia no HC/UFMG e perspectivas para o futuro. Belo Horizonte, 2017.

Premiação em congressos no período do mestrado:

Premiação em 2º lugar na categoria pôster moderado, na área Fisioterapia Cardiovascular, no XIX Simpósio Internacional De Fisioterapia Cardiorrespiratória E Fisioterapia Em Terapia Intensiva, Manaus, 2018. GEISEL, P.P, MONTEIRO, D.P, BRITTO, R.R, PEREIRA, D.A.G. Capacidade Funcional E Metabolismo Muscular Periférico Em Indivíduos Com Doença Arterial Periférica Com E Sem Diabetes.