

Análise da correlação entre desempenho muscular da panturrilha e ajustes metabólicos musculares em indivíduos com doença arterial periférica – um estudo observacional

Analysis of the correlation between calf muscle performance and muscle metabolic adjustments in individuals with peripheral arterial disease – an observational study

DINIZ, Ana Luiza Reis¹; SANTOS, Mariana da Silva¹; MONTEIRO, Débora Pantuso¹; PEREIRA, Danielle Aparecida Gomes¹.

Resumo

Introdução: O *heel-rise test* (HRT) é um teste utilizado para a avaliação da resistência muscular da panturrilha e tem se mostrado sensível na avaliação da capacidade funcional de indivíduos com doença arterial periférica (DAP). Contudo, é preciso, ainda, compreender se um melhor desempenho no HRT se associa a melhores ajustes metabólicos locais, durante a atividade de caminhada, a fim de se confirmar a relevância da avaliação muscular específica desses músculos nessa população. **Objetivo:** Analisar a correlação entre o desempenho muscular da panturrilha, verificado pelo HRT, e ajustes metabólicos locais, durante a atividade de caminhada em esteira, em indivíduos com DAP. **Métodos:** Estudo observacional exploratório, que avaliou indivíduos com DAP confirmada e presença de claudicação intermitente. A *Near-Infrared Spectroscopy* foi utilizada para a avaliação da capacidade tecidual oxidativa e metabolismo muscular, durante o teste da esteira a 3,2Km/h a 10% de inclinação. O HRT foi realizado conforme padronização sugerida pela literatura. Os testes foram realizados em ordem aleatória. As correlações entre as variáveis do HRT e os ajustes metabólicos, durante o teste de esteira, foram analisadas pelo coeficiente de correlação de Spearman. **Resultados:** Foram avaliados, 40 indivíduos com média de idade de $64,28 \pm 10,50$ anos, índice de massa corporal de $27,16 \pm 4,66$ Kg/m², índice tornozelo-braço de $0,62 \pm 0,17$ para o membro inferior esquerdo e $0,61 \pm 0,17$ para o membro inferior direito, sendo 28 do sexo masculino (70%). Houve correlação do número de repetições, no HRT, com as variáveis distância de caminhada e tempo de resistência, após atingir a menor StO₂, no teste em esteira ($r = 0,36$ e $r = 0,41$, respectivamente, $- p < 0,05$) **Conclusão:** O desempenho muscular da panturrilha, verificado pelo HRT, apresentou correlação, estatisticamente, significativa de fraca magnitude, com a distância de caminhada e com a resistência à isquemia, no teste da esteira, em indivíduos de DAP moderada.

Palavras-chave: Doença Arterial Periférica; Espectroscopia de Luz Próxima ao Infravermelho; Claudicação Intermitente; Isquemia.

¹ Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte (MG), Brasil.
Email: danielleufmg@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4400-2326>

Abstract

Introduction: The heel-rise test (HRT) is a test used to assess calf muscle endurance and is sensitive in assessing the functional capacity of individuals with peripheral arterial disease (PAD). However, it is still necessary to understand whether better HRT performance is associated with better local metabolic adjustments during walking activity. Thus, confirming the relevance of specific muscle evaluation of these muscles in this population. **Aim:** To analyze the association between HRT-selected calf muscle performance and local metabolic adjustments during treadmill walking activity in use with PAD. **Methods:** This is an exploratory observational study that analyzed confirmed PAD and the presence of intermittent claudication. Near-Infrared Spectroscopy was used to assess oxidative tissue capacity and muscle metabolism during treadmill tests at 3.2 km / h at 10% inclination. HRT was performed according to the standard suggested by the literature. The tests were performed in random order. Correlations between HRT variables and metabolic adjustments during the treadmill test were analyzed by Spearman's correlation coefficient. **Results:** We selected 40 individuals with a mean age of 64.28 ± 10.50 years, body mass index of 27.16 ± 4.66 kg / m², ankle-brachial index of 0.62 ± 0.17 for the left lower limb and 0.61 ± 0.17 for the right lower limb, 28 males (70%). There was a correlation between the number of repetitions in HRT and walking distance and resistance time after reaching the lowest StO₂ without treadmill test ($r = 0.36$ and $r = 0.41$, respectively - $p < 0.05$) **Conclusion:** HRT calf muscle performance was weakly correlated with walking distance and ischemia resistance on treadmill test in moderate PAD individuals.

Keywords: Peripheral Arterial Disease; Near-Infrared Spectroscopy; Ischemia; Intermittent claudication.

Introdução

A doença arterial periférica (DAP) caracteriza-se por um processo obstrutivo crônico dos leitos arteriais, reduzindo o fluxo sanguíneo local e a perfusão de oxigênio tecidual das extremidades, principalmente dos membros inferiores. A patogênese da doença está relacionada ao desenvolvimento e instalação, à parede das artérias, de uma placa aterosclerótica. Tal processo obstrutivo ocorre, na maioria das vezes, como consequência do tabagismo, hipertensão arterial sistêmica, dislipidemia e diabetes mellitus¹.

O principal sintoma relatado pelos indivíduos com diagnóstico de DAP é a claudicação intermitente. Esta, por sua vez, caracteriza-se por dor em queimação ou câimbra, durante a realização de exercícios físicos ou atividades comuns, que cessam, após o repouso, e que se caracterizam como uma importante limitação na rotina desses indivíduos². A dor é, comumente, relatada na panturrilha, como consequência da obstrução da artéria femoral superficial. Além deste sintoma, a sensação de fraqueza ou de peso nas pernas pode estar presente e contribuir para o surgimento de limitações funcionais³.

Além da presença de claudicação intermitente, a fisiopatologia da DAP está relacionada, também, a uma miopatia periférica causada pela reincidência de processos isquêmicos, durante a realização de exercício físico, como consequência do desequilíbrio entre a relação de oferta e demanda na distribuição de oxigênio⁴. A miopatia periférica, provocada pela isquemia, decorre de mudanças morfológicas na musculatura acometida. Entre eles, a denervação muscular e o aumento relativo de fibras de contração lenta (Tipo I) e diminuição das fibras de contração rápida (Tipo II)⁵. Mudanças na atividade enzimática e diminuição da velocidade de condução, também, contribuem para o desenvolvimento e progressão das alterações funcionais na musculatura acometida, como a redução da força e resistência⁶.

Tendo em vista que as mudanças morfológicas e estruturais da musculatura acometida são importantes fatores que contribuem para a limitação de atividades. Monteiro et al, em um de seus

estudos, ressaltam a importância da avaliação muscular específica da panturrilha (principal grupo muscular acometido) para a determinação da função, já que esta musculatura é importante para a realização de uma marcha funcional. O *heel-rise test* (HRT) é um teste clínico bastante utilizado na clínica vascular, para a avaliação muscular da panturrilha, em indivíduos com insuficiência venosa crônica e DAP, e tem se mostrado sensível na avaliação da capacidade funcional de indivíduos com claudicação intermitente⁷.

Contudo, sabendo da importância dos músculos da panturrilha, para um bom desempenho funcional, em indivíduos com DAP, é preciso compreender se um melhor desempenho no HRT se associa a melhores ajustes metabólicos locais, durante a atividade de caminhada, a fim de se confirmar a relevância da avaliação muscular específica desses músculos nessa população.

Este estudo apresenta, como objetivo, analisar a correlação entre o desempenho muscular da panturrilha, verificado pelo HRT, e ajustes metabólicos locais, durante a atividade de caminhada em esteira, em indivíduos com doença arterial periférica.

Métodos

Desenho do estudo

Trata-se de um estudo observacional exploratório, realizado através de análise de dados *baseline* do ensaio clínico Tratamento fisioterápico modificado na Doença Arterial Periférica – Um ensaio clínico aleatorizado, aprovado no Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais, CAAE 51274515400005149 e registrado em <http://www.isrctn.com> (ISRCTN 44928994). As coletas de dados foram realizadas no projeto de extensão Serviço de Apoio a Pessoas com DAP da Universidade Federal de Minas Gerais, no período de fevereiro de 2016 a março de 2017.

Participantes

Foram avaliados, 40 indivíduos, a partir do cálculo amostral do projeto principal. O cálculo amostral foi realizado a partir de um estudo piloto com 12 indivíduos, no qual, foi considerado, o menor tamanho de efeito para a estimativa do n amostral. Para realização do cálculo, foram considerados, um alfa de 5%, um poder de 0,80 e o tamanho de efeito, para cada variável do estudo. Foi considerado, o maior n encontrado, e verificada a necessidade de 36 participantes. Considerando possível perdas amostrais, o n final foi acrescido em 10% e a amostra total foi de 40 indivíduos.

Os critérios de inclusão do estudo consistiram em:

- Apresentar diagnóstico de DAP, confirmada pelo serviço laboratorial de angiologia e cirurgia vascular;
- Apresentar claudicação intermitente mediante o esforço;
- Ser estável clinicamente há, pelo menos, dois meses, antes do estudo;
- Ter índice tornozelo-braço (ITB) menor que 0,90;
- Não apresentar insuficiência cardíaca ou doenças pulmonares descompensadas, doenças inflamatórias em fase aguda, diabetes descompensada e/ou problemas ortopédicos;
- Estar em acompanhamento clínico regular e realizar, pelo menos, uma consulta médica, a cada seis meses;
- Assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
- Não apresentar, no dia da avaliação, condições de saúde passível de comprometer a viabilidade dos testes como: gripe, febre e outros;

- Indivíduos com idade igual ou superior a 60 anos, não apresentar sinais de comprometimento cognitivo detectado pelo Miniexame do Estado Mental, utilizando o ponto de corte de 13 para analfabetos, 18 para baixa e média escolaridades e 26 para alta escolaridade⁸.

Os critérios de exclusão consistiram em apresentar instabilidade clínica, durante o estudo, que impedisse a realização do exercício e ser incapaz de compreender e/ou realizar os testes. As características dos indivíduos selecionados para o estudo independeram de sexo, idade e etnia.

Procedimento de coleta de dados

Inicialmente, foi lido e entregue, aos voluntários, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Em seguida, foi realizada a avaliação para coleta de dados antropométricos, como idade, peso, altura, índice de massa corporal – IMC, índice cintura-quadril – ICQ e a *Near-Infrared Spectroscopy* (NIRS) foi utilizada para monitoramento dos dados relacionados às variáveis deoxihemoglobina (HHb), oxihemoglobina (HbO₂) e saturação periférica de oxigênio (StO₂). A NIRS foi posicionada no membro inferior sintomático, no músculo gastrocnêmio medial, com uma faixa elástica e envolta por um plástico filme. Os voluntários foram submetidos, também, à avaliação física inicial, para a coleta dos dados relacionados à pressão arterial, frequência respiratória e frequência cardíaca. Realizou-se, também, palpação dos pulsos arteriais dos membros inferiores bilateralmente. Por fim, ao final do exame físico e com o intuito de definir o valor basal ou o zero fisiológico de StO₂, foi realizada a oclusão arterial no membro inferior sintomático. Durante esse momento, foi possível observar o valor mínimo de saturação atingida, similar à atividade ou esforço físico. A manobra de oclusão arterial é realizada, inflando um manguito de nylon posicionado no membro inferior avaliado, no terço médio e distal da coxa, a uma pressão, que varia de 250mmHg a 280 mmHg, por cinco minutos, até a estabilização das variáveis avaliadas pela NIRS⁹⁻¹¹. Após a manobra de oclusão arterial, os voluntários permaneceram em repouso para estabilização dos dados de StO₂. Após o repouso, foram realizados, o HRT e o teste em esteira com velocidade constante, em ordem aleatória.

Heel-Rise Test

Teste clínico utilizado para avaliação da força e endurance do músculo tríceps sural. Realizado com o indivíduo em ortostatismo, descalço e em apoio bipodal^{12,13}. Utilizou-se um instrumento de medição, onde o voluntário realizou uma flexão plantar máxima inicial, para regular a altura da haste, e, em seguida, o mesmo foi orientado a realizar a maior quantidade de flexões plantares, em um curto espaço de tempo, até a fadiga voluntária, sempre atingindo a altura pré-determinada. Durante todo o teste, o voluntário permaneceu com os cotovelos semifletidos e apoiou a mão dominante sobre a parede à frente para manutenção do equilíbrio. O teste seria interrompido, caso o indivíduo não alcançasse a altura pré-determinada, por duas vezes consecutivas, ou apresentasse fadiga. A taxa de repetição ou cadência do teste foi determinada pelo número de flexões plantares realizadas dividido pelo tempo total do teste, em segundos.

Teste de Esteira com velocidade constante

O teste da esteira é utilizado, para avaliar a capacidade funcional dos indivíduos com doença arterial periférica. Foi realizado com inclinação a 10% e velocidade constante de 3,2Km/h¹⁴. Antes da realização do teste, o voluntário foi instruído quanto à sua posição na esteira e a comunicar o momento de início do surgimento de dor nos membros inferiores. Após, foram coletados, dados da frequência cardíaca e pressão arterial inicial. O teste seria interrompido, caso o voluntário não conseguisse prosseguir por dor limitante, relatasse algum outro sintoma ou atingisse a frequência cardíaca máxima. Ao final do teste, foram aferidos, novamente, a frequência cardíaca e pressão arterial finais. O tempo

total de teste, considerando e excluindo o momento de aquecimento e desaquecimento, foi observado, assim como a quantidade, em metros caminhados durante o teste, seguido pela aplicação da Escala Modificada de Borg.

Near-infrared Spectroscopy - NIRS

A NIRS é um equipamento portátil de pequenas dimensões (84x54x20 mm), com um microprocessador, que dispõe de um emissor de luz infravermelho e um receptor, para captar as informações provenientes dos tecidos, via um conversor óptico. Os dados são enviados e exportados para o computador, por meio de conexão bluetooth e um software¹⁵. O infravermelho próximo, cujo comprimento de onda varia entre 700 nm a 2500 nm, garante uma penetração tecidual de até seis centímetros, atingindo pele, músculos, tecido ósseo e cérebro¹⁶. Ao atingir os tecidos, a luz é absorvida por moléculas denominadas cromóforos, principalmente a hemoglobina (Hb) e mioglobina. Assim, este equipamento é capaz de capturar, qualitativa e quantitativamente de forma não invasiva, as variações relacionadas ao metabolismo oxidativo muscular, tanto em situações estáticas quanto dinâmicas¹⁷, por meio de ajustes nas variáveis de HbO₂, HHb e %StO₂.

A NIRS foi utilizada, para a avaliação da capacidade tecidual oxidativa e o metabolismo muscular da amostra. Para este estudo, foram consideradas, as seguintes variáveis:

- Taxa de desoxigenação: Caracterizada pela razão entre a variação da StO₂, durante o teste e o tempo dispendido para atingir o menor valor durante o exercício.
- Taxa de reoxigenação relativa: Caracteriza-se pela razão entre a variação da StO₂, durante o exercício e tempo de recuperação relativo ao teste da esteira.
- Tempo de resistência: Tempo, em segundos, que o indivíduo permanece no teste até o menor valor de saturação ser atingido;

Análise Estatística

Foi utilizado, o teste de Shapiro Wilk, para analisar a distribuição normal dos dados. Os dados de desempenho no HRT e teste em esteira e comportamento da NIRS, durante o teste da esteira, apresentaram distribuição não paramétrica, pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$), e foram reportados em mediana e intervalo interquartil (25-75%). As correlações entre as variáveis do HRT (número de repetições e taxa de repetição) e os ajustes metabólicos, durante o teste de esteira, foram analisadas pelo coeficiente de correlação de Spearman, de acordo com a distribuição dos dados. Foi considerado, para significância estatística, um valor de $p < 0,05$ e intervalo de confiança de 95%.

Resultados

Foram avaliados, 40 indivíduos com DAP claudicantes, com média de idade de $64,28 \pm 10,50$ anos, IMC de $27,16 \pm 4,66$ Kg/m², ITB de $0,62 \pm 0,17$, para o membro inferior esquerdo, e $0,61 \pm 0,17$, para o membro inferior direito, sendo 28 do sexo masculino (70%). Desses, 36 indivíduos apresentavam hipertensão arterial sistêmica e 15 diabetes mellitus. Quanto ao tabagismo, a amostra foi composta por 11 voluntários tabagistas, oito não tabagistas e 21 ex-tabagistas.

A Tabela 1 exhibe os dados relacionados ao desempenho no HRT, distância de caminhada no teste da esteira e as variáveis mensuradas pela NIRS, estas expressas como mediana e intervalo interquartil. A Tabela 2 exhibe os resultados da análise de correlação entre o desempenho no HRT e os ajustes metabólicos, avaliados pela NIRS, durante o teste em esteira.

Tabela 1 | Desempenho no HRT e comportamento da NIRS, durante o teste da esteira.

Variáveis	Mediana (25 - 75%)
HRT	
Repetições (n)	32 (24 - 44)
Tempo (segundos)	46 (40 - 60)
Taxa de repetição (n/segundo)	0,67 (0,51 - 0,88)
Teste em esteira	
Distância (metros)	157,7 (106,40 - 303,74)
NIRS	
Taxa de desoxigenação ($\Delta\text{StO}_2/\text{s}$)	5,32 (3,70 - 8,05)
Taxa de reoxigenação relativa ($\Delta\text{StO}_2/\text{s}$)	-7,52 (-16,18 - -3,12)
Tempo de resistência (segundos)	70 (30 - 160)

Legenda: Heel-Rise Test (HRT); Near-infrared Spectroscopy (NIRS); número (n); $\Delta\text{StO}_2/\text{s}$: Delta da saturação periférica de oxigênio/segundos.

Tabela 2 | Análise da correlação entre o desempenho no HRT e comportamento da NIRS no teste em esteira (n=40).

Variáveis	Distância teste em esteira	Taxa de desoxigenação	Taxa de reoxigenação relativa	Tempo de resistência
HRT (repetições)	rho = 0,36 p = 0,024*	rho = -0,16 p = 0,344	rho = -0,19 p = 0,309	rho = 0,41 p = 0,009*
Taxa de repetição do HRT (repetições/segundo)	rho = 0,20 p = 0,214	rho = -0,09 p = 0,599	rho = -0,25 p = 0,171	rho = 0,14 p = 0,396

Legenda: p < 0,05*; rho: coeficiente de correlação de Spearman; Heel Rise Test (HRT);

Discussão

Os resultados obtidos, neste estudo, em indivíduos com DAP sintomática, de gravidade moderada pela média do ITB e com sobrepeso, demonstram que a resistência muscular periférica, verificada pelo número de repetições no HRT, tem uma relação diretamente proporcional, estatisticamente, significativa de fraca magnitude com a distância de caminhada e o tempo de resistência, após atingir a menor StO_2 no teste em esteira. Tal resultado sugere que, em indivíduos que têm redução do fluxo sanguíneo com aumento do esforço, o melhor desempenho de resistência de musculatura da panturrilha está relacionado à melhor capacidade funcional e melhores adaptações metabólicas, em relação ao consumo e utilização do oxigênio.

Em contrapartida, não houve correlação entre as repetições do HRT e as variáveis da taxa de desoxigenação e reoxigenação relativas, avaliadas pela NIRS. Ou seja, o melhor desempenho muscular da panturrilha não apresentou relação com o tempo necessário, para que o indivíduo atinja a menor saturação ou retorne ao valor basal, após uma desoxigenação no teste da esteira. Além disso, não foi observada correlação entre a taxa de repetição do HRT e as variáveis: distância de caminhada e tempo de resistência no teste da esteira, taxa de desoxigenação e taxa de reoxigenação relativa, demonstrando que a velocidade com que as repetições são realizadas não se associam ao melhor metabolismo local ou à melhor capacidade funcional observada pelo teste da esteira.

Regensteiner et al.¹⁸ relataram que indivíduos com DAP apresentam redução da área de secção

transversa do músculo gastrocêmio causada por uma miopatia periférica. Adicionalmente, outros estudos demonstram a existência de alterações metabólicas associadas à gravidade da oclusão arterial, em relação ao número e atividade mitocondrial muscular¹⁹. Isto ocorre, pois, a redução do fluxo sanguíneo local prejudica a entrega de oxigênio às mitocôndrias, impossibilitando os processos de fosforilação e oxidação importantes para a contração muscular^{19,20,21}, evidenciando que os sujeitos acometidos por esta doença, quando em sua maioria inativos ou sedentários, apresentam uma disfunção mitocondrial tão importante, em relação à utilização do oxigênio, quanto a limitação do fluxo sanguíneo causada pela aterosclerose²². Além disso, a disfunção endotelial que, em exercícios de alta demanda metabólica, reduz o fluxo sanguíneo, devido à vasodilatação periférica prejudicada²³⁻²⁶, contribuem para o desencadear da dor, por meio da isquemia, e, conseqüentemente, leva à imobilidade ou à redução da atividade física, limitando a capacidade oxidativa muscular e agravando os sintomas da doença²⁷.

O treinamento físico tem sido associado à melhora metabólica, durante o esforço em pacientes com DAP²⁸. O aperfeiçoamento da capacidade oxidativa, devido ao aumento da atividade mitocondrial desses pacientes, é uma das causas associadas à melhora da capacidade funcional e redução da morbidade^{29,30}.

Monteiro 2016 observou que, após um programa de treinamento modificado com carga, durante a caminhada em indivíduos com doença arterial periférica, houve melhora da capacidade oxidativa muscular, identificada por meio da análise da variável economia de caminhada relativa à StO₂, verificando o aumento da distância percorrida pós-intervenção com uma mesma variação da StO₂³¹.

Wang et al., realizaram um estudo randomizado com 27 pacientes divididos em treinamento em grupo e grupo controle, para um protocolo de exercício de flexão plantar, em uma intensidade alta, considerando 80% do consumo de oxigênio (VO₂max). A flexão plantar era realizada em uma plataforma com o voluntário em supino e com o auxílio de um ergômetro. Cada repetição era realizada, individualmente, por cada membro inferior, em caso de acometimento bilateral. Neste estudo, observou-se um aumento significativo da capacidade funcional medida pela distância de caminhada, no teste da esteira, a 3,2Km/h, e melhor captação de oxigênio pelo VO₂ pico. Houve, ainda, melhora, em relação aos sintomas, onde os pacientes relataram que o fator limitante, durante o teste da esteira, referia-se à dificuldade para respirar e não a claudicação intermitente, indicando alterações centrais como um fator limitante da capacidade funcional, após o treinamento²².

McGuigan et al., em um dos seus estudos, investigaram as alterações em relação ao tipo de fibra muscular e capilarização, após um programa de treinamento resistido de 24 semanas, em indivíduos com DAP claudicantes. Neste estudo, foi observado que ocorreram mudanças, em relação ao aumento da área de secção transversa dos músculos flexores plantares, e modificações em relação ao tipo de fibra muscular. Além disso, observou-se que houve melhora da capilarização adjacente ao crescimento das fibras, culminando em melhora da distância de caminhada, em um teste de esteira progressivo, teste de caminhada de seis minutos, e aumento do tempo para início da dor claudicante nestes indivíduos, evidenciando alterações musculares e metabólicas, após o exercício, provenientes da melhora da entrega de oxigênio aos tecidos³².

Outro ponto importante a ser observado refere-se à taxa de repetição do HRT, em relação à distância de caminhada, evidenciando uma associação muito fraca entre essas duas variáveis. Isso demonstra que a velocidade de realização das flexões plantares não mantém correlação, estatisticamente, significativa com a capacidade funcional e resistência à isquemia. Isto pode ser comprovado pela própria definição de resistência, considerada uma propriedade musculoesquelética tempo-dependente. Dessa forma, as

adaptações relacionadas à resistência à fadiga das fibras musculares necessitam de maior quantidade de tempo para serem realizadas.

Os resultados do presente estudo demonstram que, durante um esforço aeróbio, a musculatura desoxigena e reoxigena, independente da resistência muscular local da panturrilha. Embora o número de repetições no HRT tenha fraca relação com o tempo de resistência à isquemia na esteira e à distância de caminhada, o fator determinante é que quanto maior a resistência da musculatura mais acometida pela isquemia na DAP (panturrilha), mais o indivíduo resiste à isquemia provocada pelo esforço. Apesar das limitações inerentes a um estudo observacional exploratório, é factível inferir que o treinamento muscular de resistência da panturrilha pode ser uma opção na prática clínica, devido à correlação positiva da resistência muscular com a capacidade funcional e resistência à isquemia nesses pacientes. Inclusive, essa possibilidade é aplicável na clínica, para indivíduos com DAP, que apresentem instabilidade hemodinâmica, ou que, por fatores musculoesqueléticos, não conseguem realizar o treinamento de caminhada até o sintoma claudicante, considerado padrão ouro para reabilitação em DAP³³.

Para a prática clínica, um achado relevante refere-se à taxa de repetição do HRT, demonstrando que a velocidade em que a flexão plantar é realizada não está associada ao tempo de resistência à isquemia. Desta forma, torna-se importante priorizar o número de repetições e não a velocidade em que estas são realizadas.

Por fim, este estudo apresenta limitações, em relação à amostra avaliada. Os resultados encontrados são pertinentes às pessoas com DAP moderada, não sendo possível identificar se os mesmos resultados seriam esperados em indivíduos com DAP leve ou grave. Adicionalmente, os resultados do presente estudo encontram relações relevantes que, futuramente, devem ser testadas em aplicação de intervenções. Assim, ensaios clínicos aleatorizados devem, efetivamente, testar se o treino de resistência da panturrilha é eficaz em promover resultados adicionais ao treino de caminhada.

Conclusão

O desempenho muscular da panturrilha, verificado pelo HRT, tem correlação, estatisticamente, significativa de fraca magnitude com a distância de caminhada e com a resistência à isquemia no teste da esteira. Embora o número de repetições no HRT tenha fraca correlação com o tempo de resistência à isquemia, a resistência de flexão plantar pode apresentar relevância, na prática clínica, na reabilitação de pacientes com DAP.

Agradecimentos

Agradecemos às pessoas que participaram, como colaboradores na pesquisa: Adeliene Vidal, Alessandra Arcanjo, Ana Cláudia Freitas, Andreza Gonçalves, Cíntia Halfeld, Daniele Soares, Kely Reis, Jussara Machado, Thayná de Rezende, Wilson Junior, Tályta Almeida e Ana Luiza Detomi. Por fim, agradecemos aos profissionais e pacientes do Serviço de Apoio às Pessoas com Doença Arterial Obstrutiva Periférica (SAP-DAOP), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

1. Muller MD, Reed AB, Leuenberger UA, Sinoway LI. Physiology in medicine: Peripheral arterial disease. *J Appl Physiol* (1985). 2013 Nov 1;115(9):1219-26. doi: 10.1152/jappphysiol.00885.2013. Epub 2013 Aug 22.
2. Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzler NR, Bakal CW, Creager MA, Halperin JL, et al. ACC/AHA 2005 Practice Guidelines for the Management of Patients with Peripheral Arterial Disease (Lower Extremity, Renal, Mesenteric, and Abdominal Aortic). *Circulation*. 2006 Mar 21;113(11):e463-654. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.174526.
3. Aronow H. Peripheral arterial disease in the elderly: Recognition and management. *Am J Cardiovasc Drugs*. 2008;8(6):353-64. doi: 10.2165/0129784-200808060-00002.
4. Lassen, NA., Kampp, M. Calf Muscle Blood Flow during Walking Studied by the Xe133 Method in Normals and in Patients with Intermittent Claudication. *Scand J Clin Lab Invest*. 1965;17(5):447-53. doi: 10.1080/00365516509075358.
5. Scott-Okafor HR, Silver KK, Parker J, Almy-Albert T, Gardner AW. Lower extremity strength deficits Pheripheral Arterial Occlusive Disease patients with intermittent claudication. *Angiology*. 2001 Jan;52(1):7-14. doi: 10.1177/000331970105200102.
6. Atkins LM, Gardner AW. The relationship between lower extremity functional strength and severity of peripheral arterial disease. *Angiology*. 2004 Jul-Aug;55(4):347-55. doi: 10.1177/000331970405500401.
7. Monteiro DP, Britto RR, Lages ACR, Basílio ML, Pires MCO, Carvalho MLV, et al. Heel-rise test in the assessment of individuals with peripheral arterial occlusive disease. *Vasc Health Risk Manag*. 2013;9:29-35. doi: 10.2147/VHRM.S39860. Epub 2013 Jan 23.
8. Bertolucci PHE, Brucki SMD, Campacci SR, Juliano Y. O Mini-Exame do Estado Mental em uma população geral: impacto da escolaridade. *Arq Neuro-Psiquiatr*. 1994;52(1):1-7. doi: <https://doi.org/10.1590/S0004-282X1994000100001>.
9. Crenshaw AG, Elcadi GH, Hellstrom F, Mathiassen SE. Reliability of near-infrared spectroscopy for measuring forearm and shoulder oxygenation in healthy males and females. *Eur J Appl Physiol*. 2012 Jul;112(7):2703-15. doi: 10.1007/s00421-011-2244-1. Epub 2011 Nov 23.
10. Martin DS, Levett DZH, Bezemer R, Montgomery HE, Grocott MPW, Caudwell Xtreme Everest Research Group. The use of skeletal muscle near infrared spectroscopy and a vascular occlusion test at high altitude. *High Alt Med Biol*. 2013 Sep;14(3):256-62. doi: 10.1089/ham.2012.1109.
11. McLay KM, Nederveen JP, Pogliaghi S, Paterson DH, Murias JM. Repeatability of vascular responsiveness measures derived from near-infrared spectroscopy. *Physiol Rep*. 2016 May;4(9):e12772. doi: 10.14814/phy2.12772.
12. Pereira DAG, Oliveira KL, Cruz JO, Souza CG, Cunha Filho IT. Reproducibility of functional tests in peripheral arterial disease. *Fisioter Pesqui*. 2008;15(3):228-34. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1809-29502008000300003>.
13. van Uden CJT, van der Vleuten CJM, Kooloos JGM, Haenen JH, Wollersheim H. Gait and calf muscle endurance in patients with chronic venous insufficiency. *Clin Rehabil*. 2005 May;19(3):339-44. doi: 10.1191/0269215505cr809oa.

14. Nicolai SPA, Viechtbauer W, Kruidenier LM, Candel MJJM, Prins MH, Teijink JAW. Reliability of treadmill testing in peripheral arterial disease: A meta-regression analysis. *J Vasc Surg.* 2009 Aug;50(2):322-9. doi: 10.1016/j.jvs.2009.01.042.
15. Jöbsis FF. Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science.* 1977 Dec 23;198(4323):1264-7. doi: 10.1126/science.929199.
16. Boushel R, Langberg H, Olesen J, Gonzales-Alonzo J, Bülow J, Kjær M. Monitoring tissue oxygen availability with near infrared spectroscopy (NIRS) in health and disease. *Scand J Med Sci Sports.* 2001 Aug;11(4):213-22. doi: 10.1034/j.1600-0838.2001.110404.x.
17. Lima A, Bakker J. Near-infrared spectroscopy for monitoring peripheral tissue perfusion in critically ill patients. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2011 July-Sept;23(3):341-51. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-507X2011000300013>.
18. Regensteiner JG, Wolfel EE, Brass EP, Carry MR, Ringel SP, Hargarten ME, et al. Chronic changes in skeletal muscle histology and function in peripheral arterial disease. *Circulation.* 1993 Feb;87(2):413-21. doi: 10.1161/01.cir.87.2.413.
19. Brass EP, Hiatt WR. Acquired skeletal muscle metabolic myopathy in atherosclerotic peripheral arterial disease. *Vasc Med.* 2000;5(1):55-9. doi: 10.1177/1358836X0000500109.
20. Pipinos II, Shepard AD, Anagnostopoulos PV, Katsamouris A, Boska MD. Phosphorus 31 nuclear magnetic resonance spectroscopy suggests a mitochondrial defect in claudicating skeletal muscle. *J Vasc Surg.* 2000 May;31(5):944-52. doi: 10.1067/mva.2000.106421.
21. Pipinos II, Sharov VG, Shepard AD, Anagnostopoulos PV, Katsamouris A, Todor A, et al. Abnormal mitochondrial respiration in skeletal muscle in patients with peripheral arterial disease. *J Vasc Surg.* 2003 Oct;38(4):827-32. doi: 10.1016/s0741-5214(03)00602-5.
22. Wang E, Hoff J, Loe H, Kaehler N, Helgerud J. Plantar flexion: An effective training for peripheral arterial disease. *Eur J Appl Physiol.* 2008 Nov;104(4):749-56. doi: 10.1007/s00421-008-0826-3. Epub 2008 Aug 23.
23. Joras M, Poredoš P. The association of acute exercise-induced ischaemia with systemic vasodilator function in patients with peripheral arterial disease. *Vasc Med.* 2008 Nov;13(4):255-62. doi: 10.1177/1358863X08096347.
24. Coutinho T, Rooke TW, Kullo IJ. Arterial dysfunction and functional performance in patients with peripheral artery disease: A review. *Vasc Med.* 2011 Jun;16(3):203-11. doi: 10.1177/1358863X11400935. Epub 2011 Mar 29.
25. Grenon SM, Chong K, Alley H, Nosova E, Gasper W, Hiramoto J, et al. Walking disability in patients with peripheral artery disease is associated with arterial endothelial function. *J Vasc Surg.* 2014 Apr;59(4):1025-34. doi: 10.1016/j.jvs.2013.10.084. Epub 2014 Jan 11.
26. Heinen Y, Stegemann E, Sansone R, Benedens K, Wagstaff R, Balzer J, et al. Local association between endothelial dysfunction and intimal hyperplasia: relevance in peripheral artery disease. *J Am Heart Assoc.* 2015 Feb 3;4(2):e001472. doi: 10.1161/JAHA.114.001472.
27. Wibom R, Hultman E, Johansson M, Matherei K, Constantin-Teodosiu D, Schantz PG. Adaptation of mitochondrial ATP production in human skeletal muscle to endurance training and detraining. *J Appl Physiol (1985).* 1992 Nov;73(5):2004-10. doi: 10.1152/jappl.1992.73.5.2004.

28. Holloszy JO, Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1984 Apr;56(4):831-8. doi: 10.1152/jappl.1984.56.4.831.
29. Hoppeler H, Lüthi P, Claassen H, Weibel ER, Howald H. The ultrastructure of the normal human skeletal muscle. A morphometric analysis on untrained men, women and well-trained orienteers. *Pflugers Arch.* 1973 Nov 28;344(3):217-32. doi: 10.1007/BF00588462.
30. Booth FW, Narahara KA. Vastus lateralis cytochrome oxidase activity and its relationship to maximal oxygen consumption in man. *Pflugers Arch.* 1974;349(4):319-24. doi: 10.1007/BF00588417.
31. Monteiro DP. Tratamento fisioterápico modificado na Doença Arterial Periférica: um ensaio clínico aleatorizado. [Tese de Doutorado em Desempenho Funcional Humano – Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia]. Belo Horizonte (MG): Universidade Federal de Minas Gerais; 2017.
32. McGuigan MR, Bronks R, Newton RU, Sharman MJ, Graham JC, Cody D V, Kraemer WJ. Resistance training in patients with peripheral arterial disease: Effects on myosin isoforms, fiber type distribution, and capillary supply to skeletal muscle. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2001 Jul;56(7):B302-10. doi: 10.1093/gerona/56.7.b302.
33. Gerhard-Herman MD, Gornik HL, Barrett C, Barshes NR, Corriere MA, Drachman DE, et al. 2016 AHA/ACC Guideline on the Management of Patients With Lower Extremity Peripheral Artery Disease: Executive Summary: A report of the American college of the cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation.* 2017 Mar 21;135(12):e686-e725. doi: 10.1161/CIR.0000000000000470. Epub 2016 Nov 13.

Submissão em: 26/09/2019

Aceito em: 20-/07/2020