

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

GUILHERME DE CASTRO SANTOS

**CORRELAÇÃO ENTRE O TEMPO DE ACELERAÇÃO PLANTAR, O ÍNDICE TORNOZELO
BRAQUIAL E OS ESCORES SVS-WIFI EM PACIENTES COM ISQUEMIA CRÔNICA
AMEAÇADORA DO MEMBRO**

BELO HORIZONTE 2021

Guilherme de Castro Santos

**CORRELAÇÃO ENTRE O TEMPO DE ACELERAÇÃO PLANTAR, O ÍNDICE TORNOZELO
BRAQUIAL E OS ESCORES SVS-WIFI EM PACIENTES COM ISQUEMIA CRÔNICA
AMEAÇADORA DO MEMBRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciências Aplicadas à Cirurgia e à Oftalmologia da
Faculdade de Medicina da Universidade Federal de
Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do
Título de Doutor

Área de Concentração: Cicatrização

Linha de Pesquisa: Repercussões Morfofuncionais a
Técnicas Minimamente Invasivas

Orientador: Túlio Pinho Navarro

BELO HORIZONTE

2021

Santos, Guilherme de Castro.
SA237c Correlação entre o Tempo de Aceleração Plantar, o Índice Tornozelo Braquial e os Escores SVS-Wifl em pacientes com Isquemia Crônica Ameaçadora do Membro [manuscrito]. / Guilherme de Castro Santos. - - Belo Horizonte: 2021.
60f.: il.
Orientador (a): Túlio Pinho Navarro.
Área de concentração: Cicatrização.
Tese (doutorado): Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.

1. Isquemia. 2. Diabetes Mellitus. 3. Diagnóstico por Imagem. 4. Fasciíte Plantar. 5. Índice Tornozelo-Braço. 6. Dissertação Acadêmica. I. Navarro, Túlio Pinho. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina. III. Título.

NLM: QZ 170

Bibliotecário responsável: Fabian Rodrigo dos Santos CRB-6/2697



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE MEDICINA
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS APLICADAS À CIRURGIA E À OFTALMOLOGIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

CORRELAÇÃO ENTRE O TEMPO DE ACELERAÇÃO PLANTAR, O ÍNDICE TORNOZELO BRAQUIAL E OS ESCORES SVS-WIFI EM PACIENTES COM ISQUEMIA CRÔNICA AMEAÇADORA DO MEMBRO

GUILHERME DE CASTRO SANTOS

Tese de Doutorado defendida e aprovada, no dia **onze de novembro de dois mil e vinte e um**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À CIRURGIA E À OFTALMOLOGIA da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

NELSON DE LUCCIA

USP

MELISSA ANDREA DE MORAES SILVA

UNIFESP

DANIEL MENDES PINTO

FCMMG

MARILIA DE ASSUNÇÃO RODRIGUES FERREIRA DOURADO

UNIVERSIDADE DE COIMBRA - PT

RONALD LUIZ GOMES FLUMIGNAN

UNIFESP

TULIO PINHO NAVARRO - Orientador

UFMG

Belo Horizonte, 11 de novembro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Marília De Assunção Rodrigues Ferreira Dourado, Usuário Externo**, em 12/11/2021, às 09:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ronald Luiz Gomes Flumignan, Usuário Externo**, em 12/11/2021, às 09:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Mendes Pinto, Usuário Externo**, em 12/11/2021, às 10:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Tulio Pinho Navarro, Professor do Magistério Superior**, em 12/11/2021, às 11:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nelson De Luccia, Usuário Externo**, em 16/11/2021, às 16:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Melissa Andrea de Moraes Silva, Usuário Externo**, em 17/11/2021, às 16:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_aceso_externo=0, informando o código verificador **1067143** e o código CRC **489C9FD6**.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Reitora: Profa. Sandra Regina Goulart Almeida

Vice-Reitor: Prof. Alessandro Fernandes Moreira

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Fabio Alves da Silva Junior

Pró-Reitor de Pesquisa: Prof. Mário Fernando Montenegro Campos

FACULDADE DE MEDICINA

Diretor da Faculdade de Medicina: Prof. Humberto José Alves

Vice-Diretora da Faculdade de Medicina: Profa. Alamanda Kfoury Pereira

Coordenador do Centro de Pós-Graduação: Prof. Tarcizo Afonso Nunes

Subcoordenadora do Centro de Pós-Graduação: Profa. Eli Iola Gurgel Andrade

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIRURGIA E OFTALMOLOGIA

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia e Oftalmologia: Prof.^a Vivian Resende

Subcoordenador do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia e Oftalmologia: Prof. Túlio Pinho Navarro

Chefe do Departamento de Cirurgia: Prof. Marco Antônio Gonçalves Rodrigues

Chefe do Departamento de Oftalmologia e Otorrinolaringologia: Prof. Flávio Barbosa Nunes

COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIRURGIA E OFTALMOLOGIA

Prof.^a Vivian Resende (Coordenadora)

Prof. Túlio Pinho Navarro (Subcoordenador)

Prof. Sebastião Cronemberger Sobrinho

Prof. Marcio Bittar Nehemy

Prof. Marco Antônio Percope

Representante Discente: Artur William Caldeira Abreu Veloso

A lei do universo é mudança

Bhagavad Gita. Séc IV a. C.

Em honra meus pais: José Osvaldo e Darci.

À Isabela, Matheus e Esther.

AGRADECIMENTOS

Ao Hospital Risoleta Tolentino Neves.

Aos colegas Cirurgiões Vasculares.

Aos colegas Ricardo Jayme Procópio e Camilo Meyge de Brito pelas sugestões.

Ao Professor Túlio Pinho Navarro pela orientação.

RESUMO

Introdução: A avaliação hemodinâmica dos membros pelo índice tornozelo-braquial (ITB) em pacientes diabéticos com isquemia crônica ameaçadora dos membros pode estar falsamente elevada devido à calcinose da camada média das artérias. Alternativas como medidas de pressão do dedo do pé, pressão transcutânea de oxigênio (TCPO₂) ou pletismografia não estão disponíveis na maioria das unidades vasculares no mundo. Uma nova abordagem diagnóstica por meio da análise espectral do fluxo ao Doppler na artéria plantar lateral do pé mostrou correlação com o grau de isquemia do membro e os estágios de risco de amputação do sistema de classificação (SVS-Wifl). **Objetivo:** Determinar a acurácia do Tempo de Aceleração Plantar (TAP) em relação ao Índice Tornozelo-Braquial (ITB) e os estágios de risco de amputação do sistema de classificação SVS-Wifl em pacientes com isquemia crônica ameaçadora do membro (Chronic Limb Threatening Ischemia-CLTI). **Métodos:** Estudo transversal realizado na Unidade de Cirurgia Vascular do Hospital Universitário Risoleta Tolentino Neves, Brasil, entre junho de 2019 e março de 2020, incluindo pacientes maiores de 18 anos, portadores de CLTI. Os dados coletados nos prontuários foram: dados demográficos, comorbidades, ITB e mensuração do TAP. Os indivíduos foram categorizados em três graus com base no ITB (ITB <0,8; ITB <0,6; ITB <0,4) e dois graus com base no risco de amputação (1-muito baixo e baixo; 2- moderado e alto), de acordo com a Classificação SVS-Wifl. A correlação do ITB e do risco de amputação com o TAP foi feita por meio da correlação de Spearman. Sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo, valor preditivo negativo e acurácia também foram calculados através das curvas ROC (Receiver Operator CharacCurves) **Resultados:** Cento e oitenta e quatro pacientes consecutivos (265 membros inferiores) foram encaminhados para exame de ultrassonografia vascular com Doppler do membro inferior. 141 pacientes (74 diabéticos e 67 não diabéticos), 198 membros inferiores

(104 diabéticos e 94 não diabéticos) atenderam aos critérios e foram incluídos para análise. O TAP correlacionou-se significativamente com o ITB e o risco de amputação ($P < 0,001$) em ambos os grupos. A acurácia do TAP para detectar $ITB < 0,8$ foi de até 91% no grupo diabético e 85% no grupo não diabético. Da mesma forma, para o diagnóstico de $ITB < 0,6$ em pacientes diabéticos, observamos uma acurácia de 79% e em não diabéticos essa acurácia foi de 85%. Para detectar um ITB inferior a 0,4, a acurácia atingiu 88% em pacientes diabéticos e 87% em não diabéticos. No grupo diabético e não diabético, a acurácia do PAT para detectar SVS de risco moderado e alto de amputação atingiu 77%. O TAP se correlacionou com precisão com o ITB e os escores SVS-WiFi.

Conclusões: O tempo de aceleração plantar demonstrou alta correlação com o ITB e os estágios de classificação de isquemia e risco de amputação do sistema de classificação SVS-WiFi com alta sensibilidade, especificidade e acurácia em pacientes com isquemia crônica com risco de membro.

Palavras-chave: Isquemia Crônica Ameaçadora do Membro, Diabetes, Diagnóstico por Imagem, Sistema de classificação SVS-WiFi, Tempo de Aceleração Plantar, Índice Tornozelo-Braquial

ABSTRACT

Introduction: Limb hemodynamic evaluation through ankle-brachial index (ABI) in diabetic patients with chronic limb threatening ischemia may be falsely elevated due to the calcinosis of the arteries media layer. Alternatives as toe pressure measurements, transcutaneous oxygen pressure (TCPO₂) or plethysmography are not readily available in most of the vascular units in the world. A new diagnostic approach through Spectral Doppler analysis of the flow in the lateral plantar artery of the foot has shown correlation with the grade of the limb ischemia and amputation risk stages of the Wound, Ischemia, and foot Infection (WIFI) classification system and ABI.

Objective: to determine the accuracy of Plantar Acceleration Time (TAP) compared to the Ankle-Brachial Index (ABI) and the amputation risk stages of the SVS-WIFI classification system in patients with chronic limb threatening ischemia (CLTI). **Methods:** a cross-sectional study at the Vascular Surgery Unit at the university Hospital Risoleta Tolentino Neves, in Brazil, between June 2019 and March 2020, included patients >18 years, with CLTI. Data collected from medical records were demographics, comorbidities, ABI and measurement of TAP. Individuals were categorized in three degrees based on their ABI (ABI < 0,8; ABI < 0,6; ABI < 0,4) and two degrees based on their amputation risk (1-very low and low; 2- moderate and high), according to SVS-WIFI classification. The correlation of ABI and amputation risk with TAP was made through Spearman's correlation. Sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and accuracy were also calculated using receiver operator characteristic (ROC) curves

Results: A hundred eighty-four consecutive patients (265 lower limbs) were referred to the vascular imaging unit for an arterial lower limb vascular ultrasound examination. 141 patients (74 diabetic and 67 non-diabetic), 198 lower limbs (104 diabetic and 94 non-diabetic) met the criteria and were included for analysis. Plantar Acceleration Time correlated significantly with ABI and

amputation risk ($P < 0.001$) in both groups. The accuracy of PAT to detect $ABI < 0.8$ was up to 91% in diabetic group and 85% in non-diabetic group. Likewise, for diagnosing $ABI < 0.6$ in diabetic patients, we observed an accuracy of 79% and in non-diabetics this accuracy was 85%. To detect an ABI lower than 0.4, the accuracy reached 88% in diabetic patients and 87% in non-diabetics. In the diabetic and non-diabetic group, the accuracy of PAT to detect moderate and high amputation risk Wifi SVS reached 77%. PAT accurately correlates with ABI and Wifi-SVS scores. Conclusions: Measurement of the Plantar Acceleration Time demonstrates high correlation with ABI and the Ischemia grading and amputation risk stages of the SVS-Wifi classification system with high sensitivity, specificity and accuracy in patients with chronic limb threatening ischemia.

Key-words: Chronic Limb Threatening Ischemia, Diabetes, Diagnostic Imaging, SVS-Wifi classification system, Plantar Acceleration Time, Ankle Brachial Index

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Classificação SVS-WIFI simplificada para avaliação do risco de amputação de membros inferiores (27).....	35
Figura 2. Risco de amputação em um ano baseado na classificação SVS-WIFI (27)	36
Figura 3. Estimativa do benefício ou da necessidade de revascularização baseada na classificação SVS-WIFI (27).....	37
Figura 4. A. Artéria Plantar Lateral (APL). B Ultrassonografia vascular com Doppler (UVD) da artéria plantar lateral. C. Tempo de aceleração da artéria plantar lateral (TAP)	38
Figura 5. Desenho do estudo. Diagrama de fluxo de pacientes	39
Figura 6. Desenho do estudo. Diagrama de fluxo de membros.....	40
Figura 7. A. Ultrassonografia vascular com Doppler pré-operatório mostrando oclusão da artéria poplítea (setas). B. tempo de aceleração na artéria plantar lateral de 0,283 s (equivalente ao IB<0,4)	41
Figura 8. A. Ultrassonografia vascular com Doppler pós operatório demonstrando angioplastia com Stent em artéria poplítea. B. Tempo de aceleração na artéria plantar lateral de 0,283 s	42
Figura 9. Ultrassonografia vascular com Doppler mostrando estenose grave em artéria poplítea. A. Aumentos das velocidades, VPS 575,9 cm/s. B. Imagem de <i>aliasing</i> (setas).	43
Figura 10. A. Ultrassonografia vascular com Doppler mostrando calcificações intensas em artéria tibial anterior. B Tempo de aceleração da artéria plantar lateral de 0,194s.....	44
Figura 11. A. Ultrassonografia vascular com Doppler pós operatório mostrando restabelecimento do fluxo em artéria femoral superficial após angioplastia. B. Tempo de aceleração da artéria plantar lateral de 0,056s (equivalente ao ITB>0,8).....	45

LISTA DOS GRÁFICOS

- Gráfico 1. Gráfico de dispersão mostrando a relação entre o Tempo de Aceleração Plantar (TAP) e o índice tornozelo-braquial (ITB) em pacientes diabéticos ($\rho = -0.8016$) e não diabéticos ($\rho = -0.8071$). $\rho =$ coeficiente de Spearman..... 46
- Gráfico 2. Gráfico de dispersão mostrando a relação entre o Tempo de Aceleração Plantar (TAP) e o índice tornozelo-braquial (ITB) em pacientes homens ($\rho = -0.8133$) e mulheres ($\rho = -0.7611$). $\rho =$ coeficiente de Spearman..... 47
- Gráfico 3. Curvas ROC comparando o tempo de aceleração plantar em diabéticos em três diferentes graus de isquemia de acordo com o sistema de classificação SVS-WiFi: grau 1: ITB < 0,8; grau 2: ITB < 0,6 e grau 3: ITB < 0,4 e estágios de risco de amputação (muito baixo e baixo; moderado e alto) de acordo com o sistema de classificação SVS-WiFi ITB= índice tornozelo braquial. AUC= área sob a curva. $P < 0,001$ para o grau 1, grau 2, grau 3 e para risco de amputação moderado e alto..... 48
- Gráfico 4. Curvas ROC comparando o tempo de aceleração plantar em não diabéticos em três diferentes graus de isquemia de acordo com o sistema de classificação SVS-WiFi: grau 1: ITB < 0,8; grau 2: ITB < 0,6 e grau 3: ITB < 0,4 e estágios de risco de amputação (muito baixo e baixo; moderado e alto) de acordo com o sistema de classificação SVS-WiFi ITB= índice tornozelo braquial. AUC= área sob a curva. $P < 0,001$ para o grau 1, grau 2, grau 3 e para risco de amputação moderado e alto..... 49

LISTA DAS TABELAS

Tabela 1. Demografia, comorbidades e principais fatores de risco dos pacientes diabéticos e não diabéticos.	50
Tabela 2. Tabela 1. Demografia, comorbidades e principais fatores de risco dos pacientes homens e mulheres.	51
Tabela 3. Estágios de risco de amputação de acordo com o sistema de classificação SVS-WIfI em 198 membros inferiores de pacientes diabéticos e não diabéticos.....	52
Tabela 4. Estágios de risco de amputação de acordo com o sistema de classificação SVS-WIfI em 198 membros inferiores de pacientes homens e mulheres.....	53
Tabela 5. Estágios de benefício de revascularização de acordo com o sistema de classificação SVS-WIfI em 198 membros inferiores de pacientes diabéticos e não diabéticos.	54
Tabela 6. Estágios de benefício de revascularização de acordo com o sistema de classificação SVS-WIfI em 198 membros inferiores de pacientes homens e mulheres	55
Tabela 7. Valores sugeridos de TAP em cada grau de isquemia de acordo com o sistema de classificação SVS-WIfI em 198 membros inferiores.....	56
Tabela 8. Valores sugeridos de TAP para os estágios de risco de amputação moderado e alto do sistema de classificação SVS-WIfI em 198 membros inferiores.....	57
Tabela 9. Porcentagem de ITB incompressível, status da APL e ITB em 228 membros com CLTI.	58

LISTA DE ABREVIACÕES

APL- artéria plantar lateral

CLTI – Isquemia crônica ameaçadora do membro

DAP- Doença arterial periférica

DM- Diabetes melitus

HRTN- Hospital Universitário Risoleta Neves

ITB- índice tornozelo braquial

Não DM- ausência de diabetes melitus

ROC- *Receiver Operator Characteristics*

SVS- WIfI- *The Society for Vascular Surgery Wound, Ischemia, and Foot Infection Classification*

TAP- Tempo de aceleração da artéria plantar lateral

TCPO2- pressão transcutânea de oxigênio

UVD- Ultrassonografia vascular com Doppler

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO	18
1.1	Isquemia Crônica Ameaçadora do Membro	18
1.2	Diagnóstico da Isquemia do Membro	18
1.3	Classificação SVS-WIFI (The Society for Vascular Surgery Wound, Ischemia, and Foot Infection Classification)	19
1.4	Tempo de Aceleração da Artéria Plantar (TAP).....	20
1.5	Objetivo.....	20
2.0	Método	21
2.1	População em estudo.....	21
2.2	Mensuração do Índice Tornozelo-Braquial (ITB)	21
2.3	Mensuração do Tempo de Aceleração da Artéria Plantar Lateral (TAP).....	22
2.4	Registro dos Dados	22
2.5	Análise estatística.....	23
3.0	Resultados	24
3.1	Pacientes	24
3.2	Classificação SVS-WIFI.....	25
3.3	Acurácia do Tempo de Aceleração da Artéria Plantar.....	25
4.0	Discussão	27
5.0	perspectivas futuras.....	33
6.0	Conclusão.....	34
	LISTA DE FIGURAS.....	35
	Lista de gráficos	46

LISTA DE TABELAS..... 50

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 Isquemia Crônica Ameaçadora do Membro

A isquemia crônica ameaçadora do membro (CLTI) é doença com mortalidade associada maior que o infarto agudo do miocárdio, o acidente vascular encefálico, o câncer de mama e o câncer colo retal (1)(2). Quando o paciente é submetido a uma amputação acima do tornozelo, esta mortalidade se assemelha ao câncer metastático, chegando a 85% em cinco anos (1). Estima-se que 200 milhões de pessoas em todo o mundo apresentem doença arterial periférica (3). Estratégias para salvamento dos membros dos pacientes com CLTI têm sido desenvolvidas nos últimos anos e visam não só a preservação funcional do membro acometido, mas também a redução da mortalidade. Além das inúmeras técnicas endovasculares para revascularização dos membros, com o uso de modernos dispositivos de reentrada, balões medicados e Stents com arquitetura dedicada, observamos a necessidade de ferramentas capazes de prever com exatidão quais pacientes se beneficiariam mais destes procedimentos. Existe a necessidade crescente de métodos diagnósticos com elevada acurácia, tanto para o diagnóstico quanto para o prognóstico destes pacientes.

1.2 Diagnóstico da Isquemia do Membro

A CLTI é diagnosticada quando paciente apresenta doença arterial periférica associada à dor contínua no membro e/ou ferida. A abordagem clínica de indivíduos com CLTI tem como objetivo a redução da dor, cicatrização de feridas e prevenção de grandes amputações. Estes fatores melhoram a funcionalidade e qualidade de vida. Envolve uma equipe multidisciplinar com instrumentos de avaliação e exames de imagem (4). Para determinar a perfusão arterial dos membros inferiores, existem vários métodos diferentes, alguns dos quais podem ser caros ou representar um risco para o paciente devido à radiação ou exposição nefrotóxica ao contraste (5).

O índice tornozelo-braquial (ITB) é amplamente utilizado e é considerado a ferramenta padrão para diagnosticar doença arterial periférica (DAP) e para determinar prognóstico e mortalidade. É considerado normal na faixa entre 0,9 e 1,3. No entanto, em pacientes com artérias não compressíveis, por exemplo, aqueles com CLTI e diabetes, bem como com doença renal e idosos, este método pode ser limitado devido às artérias calcificadas da camada média, elevando falsamente a pressão medida (6)(7). Em alguns pacientes o ITB oferece uma medida não confiável e em outros, a mensuração é impossível. Em estudos anteriores, as medidas ao Ultrassom Vascular com Doppler (DUS) se apresentaram como método alternativo para ITB (8)(9).

1.3 Classificação SVS-WIFI (The Society for Vascular Surgery Wound, Ischemia, and Foot Infection Classification)

O risco de amputação e o benefício da revascularização devem ser avaliados em conjunto com o grau de infecção e de perda tecidual, além da quantificação da isquemia. A possibilidade de prever a cicatrização das lesões e o risco de amputação é de especial importância em pacientes diabéticos. Entre as amputações não traumáticas, 50% a 70% ocorrem nesta população (10). A prevalência de amputações varia entre 1,3% a 7% da população de pacientes diabéticos (11).

Para melhor caracterizar o quadro clínico de pacientes com CLTI, foi criada a classificação SVS-WIFI, acrônimo de *Wound, Ischemia and Foot Infection* (Figura 1) e leva em consideração variáveis clínicas como o tamanho da úlcera isquêmica (W), grau de isquemia (I) e grau de infecção (FI). A partir destes dados foi criada uma estratificação a qual consegue prever o risco de amputação e o benefício da revascularização (Figuras 2 e 3) (12). Esta classificação foi validada por diversos autores e também é capaz de estimar o risco de mortalidade e de outros desfechos de importância clínica (12)(13)(14)

1.4 Tempo de Aceleração da Artéria Plantar (TAP)

Medidas ao ultrassom vascular com Doppler dos membros inferiores, como tempo de aceleração e pico de velocidade sistólica, são bem validadas e frequentemente utilizadas na prática clínica para medir o fluxo sanguíneo do membro inferior. Este exame também fornece detalhamento anatômico (5,15). A análise por Doppler pulsado da artéria plantar lateral fornece o tempo de aceleração plantar (TAP) (16). A relação entre o ITB e o TAP foi primeiramente demonstrada por Sommerset et al., em pacientes não diabéticos (9). Em estudo posterior, os mesmos autores descreveram casuística de pacientes diabéticos e com ITB não confiável e submetidos à revascularização. Observou-se uma redução do tempo de aceleração plantar em pacientes com revascularização bem sucedida (17). Entretanto, a acurácia do Tempo de Aceleração Plantar e o seu uso como auxiliar na classificação SVS-Wifl ainda não foram estudados. Portanto, a correlação entre as medidas do UVD e o ITB precisa ser mais estudada para que os profissionais de saúde possam ter outra ferramenta confiável para avaliar a perfusão arterial do membro em pacientes diabéticos (9).

1.5 Objetivo

O objetivo deste estudo é avaliar a acurácia do TAP comparado ao ITB e aos estágios de risco de amputação SVS Wifl em pacientes diabéticos e não diabéticos com CLTI.

2.0 MÉTODO

2.1 População em estudo.

Trata-se de um estudo transversal, baseado em prontuários. Pacientes consecutivos, maiores de 18 anos, homens ou mulheres, diabéticos e não diabéticos; com ou sem revascularização prévia submetidos a UVD no setor de Ultrassonografia Vascular do Hospital Universitário Risoleta Neves entre junho de 2019 a março de 2020 foram selecionados. Foram excluídos indivíduos cujos membros inferiores tinham sido diagnosticados nos últimos 30 dias com isquemia aguda, aneurismas periféricos e síndrome do dedo do dedo azul ou que apresentavam oclusão ou fluxo não pulsátil na artéria plantar lateral ou índice tornozelo-braquial elevado ($ITB > 1,4$) ou incompressível (Pressão arterial sistólica maior que 250 mmHg) no tornozelo. Os pacientes que atenderam aos critérios de inclusão foram classificados utilizando-se o sistema de classificação SVS-WiFl. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais sob o CAAE: 34091220.6.0000.5149

2.2 Mensuração do Índice Tornozelo-Braquial (ITB)

O ITB foi medido na admissão como a razão entre a pressão sistólica inframaleolar mais alta e a pressão sistólica mais alta nos braços usando dispositivo Doppler portátil de ondas contínuas com sonda de 8 MHz (DF 7001 Medpej ou DV610 Medmega) e manguito de pressão arterial de 12 cm calibrado com esfigmomanômetro aneróide. O ITB foi considerado não confiável se superior a 1,4 (18) ou se a pressão sistólica do tornozelo fosse incompressível (> 250 mmHg). De acordo com o sistema de classificação SVS-WiFl, a graduação da isquemia de membro foi a seguinte: grau 0, $ITB \geq 0,8$; grau 1, $ITB < 0,8$ e $\geq 0,6$; grau 2 $ITB < 0,6$ e ≥ 4 ; grau 3 $ITB < 0,4$. Os

membros também foram classificados de acordo com o sistema de classificação SVS-WIFI para os estágios de risco de amputação: 1- muito baixo, 2- baixo, 3-moderado, 4-alto.

2.3 Mensuração do Tempo de Aceleração da Artéria Plantar Lateral (TAP)

O ultrassom vascular com Doppler da artéria plantar lateral foi realizado por único Cirurgião Vascular treinado usando um transdutor de matriz linear (frequência 9-3 MHz) Sistema Toshiba Aplio XG US L9-3 (Toshiba Medical Systems, Tóquio, Japão). A onda espectral DUS foi obtida abaixo do maléolo medial, no eixo transversal, para avaliar a bifurcação da artéria tibial posterior. A Artéria Plantar Lateral foi encontrada, no eixo longo, na face média do pé, situada acima da marca óssea do metatarso (16,19,20). As imagens foram então coletadas no sistema de ultrassonografia apontando áreas de oclusão ou alterações no fluxo sanguíneo e realizada a mensuração do TAP. Uma série com 5 sístoles foi selecionada, otimizando a escala, de forma a reduzir os ruídos e interferências. A sístole de contornos mais bem definidas foi escolhida o TAP foi medido manualmente em segundos correspondendo à distância entre o início da fase sistólica e o pico de velocidade sistólica (Figuras 4A, 4B e 4C).

2.4 Registro dos Dados

Os dados demográficos coletados foram: idade, sexo, comorbidades, medicamentos em uso, índice de massa corporal, tabagismo, uso de estatina, níveis de creatinina, membros e artérias afetados pela doença arterial periférica. Tempo de aceleração plantar, índice tornozelo braquial e o grau, estágios de risco de amputação e estágios de benefício de revascularização do sistema de classificação SVS-WIFI (ferida, isquemia e infecção nos pés) também foram coletados. Todos os dados foram inseridos em planilha Excel.

2.5 Análise estatística

Os dados foram testados para normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. As características demográficas e clínicas foram apresentadas como média \pm desvio padrão para distribuição normal e porcentagens ou mediana e intervalo interquartil para distribuição não normal se não paramétricos. O risco relativo foi calculado como a razão de probabilidade de desfecho entre dois grupos. Para efeito de análise, cada membro inferior foi considerado uma unidade. O cálculo do tamanho da amostra foi determinado conforme Bujang; para alcançar o poder de 80% e p valor de $<0,05$ e utilizando uma prevalência estimada da doença de 70%, 153 membros inferiores foram suficientes (21).

Para a análise principal, a amostra foi dividida em dois grupos, diabéticos (DM) e não diabéticos (não DM). A análise de correlação de Spearman foi realizada entre os estágios de risco de amputação e ITB e TAP em cada grupo. Com base no sistema de classificação ABI e SVS-Wifl, os participantes foram divididos em 3 pontos de corte do ITB: ITB $<0,8$; ITB $<0,6$ e ITB $<0,4$ e dois graus com base em seus estágios de risco de amputação: 1-muito baixo e baixo; 2-moderado e alto. (1) (11) (6). Curvas ROC (Receiver Operator Curves) foram realizadas. Os valores de TAP com maior sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo, valor preditivo negativo e acurácia foram escolhidos considerando cada ponto de corte. Variáveis contínuas foram comparadas usando o teste t de Welch caso distribuição normal e Mann-Whitney caso distribuição não normal. Variáveis categóricas foram analisadas por meio do teste de qui-quadrado. Os testes foram realizados usando GraphPad Prism versão 8.4.2 para Mac OS, GraphPad Software, San Diego, Califórnia, EUA. O valor de p foi considerado estatisticamente significativo quando $<0,05$. Os riscos associados a este estudo transversal foram minimizados priorizando a confidencialidade dos participantes incluídos.

3.0 RESULTADOS

3.1 Pacientes

Foram selecionados cento e oitenta e quatro pacientes consecutivos (265 membros) submetidos a ultrassonografia vascular arterial com Doppler no período entre junho de 2019 e março de 2020. Destes pacientes, 141 (74 diabéticos e 67 não diabéticos) e 198 membros inferiores (104 diabéticos e 94 não diabéticos) atenderam aos critérios e foram incluídos para análise. (Figuras 5 e 6)

Variáveis demográficas, principais fatores de risco, comorbidades e níveis séricos de creatinina estão descritos em diversos subgrupos nas tabelas 1 e 2. Os pacientes diabéticos apresentavam idade mais baixa, com média de 66,8 anos, comparados a média de 72,3 anos nos pacientes não diabéticos ($p=0,001$). Trinta por cento dos pacientes com diabetes apresentava histórico de doença arterial coronariana, comparado com 13% nos pacientes não diabéticos ($p=0,0196$) (RR 1.501 95% CI 1,075-21,989). Quando estratificado por sexo, os homens apresentavam idade mais baixa, com média de 67,8 anos, comparado à média de 71,4 anos nas mulheres ($p=0,039$). Os homens apresentavam maior taxa de tabagismo, com 69% de tabagismo atual ou pregresso comparado a 69% no grupo masculino ($p=0,015$) (RR 1.567 95% CI 1.090-2.251).

Para correlacionar TAP e ITB, usamos a correlação de Spearman. Este teste visa avaliar a força da correlação entre duas variáveis de distribuição não normal. O TAP quando comparado ao ITB não agrupado apresentou correlação significativa nos grupos diabético, não diabético, homens e mulheres ($p<0,001$) (Gráficos 1 e 2). Quando o coeficiente Spearman está mais próximo do número 1, observamos uma forte correlação entre as variáveis. Coeficientes negativos representam uma correlação inversamente proporcional. O coeficiente Spearman demonstrou correlação forte

e inversamente entre TAP e ITB em diabético -0,8016 (IC 95% -0,8627 a -0,7174; $p < 0,001$); em não diabético, -0,8071 (IC 95% -0,8693 a -0,7198; $p < 0,001$); nos homens -0,8133 (IC 95% -0,8693 a -0,7368; $p < 0,001$) e nas mulheres -0,7611 (IC 95% -0,8397 a -0,6511; $p < 0,01$).

3.2 Classificação SVS-Wifl

De acordo com a classificação SVS-Wifl, 15% dos pacientes do grupo DM apresentavam baixo risco de amputação contra 29% do grupo não diabético ($p = 0,064$). Vinte e quatro por cento dos pacientes do grupo DM apresentavam alto risco de amputação em comparação a 15% no grupo não DM ($p = 0,10$). Entre as mulheres, 28% apresentavam baixo risco de amputação, entre os homens 17% apresentaram baixo risco de amputação ($p=0,02$). O benefício da revascularização não diferiu significativamente entre os grupos diabéticos e não-diabéticos. (Tabelas 2 e 3)

Conforme a classificação SVS-Wifl, não houve diferença significativa entre os grupos diabético e não diabético em relação ao benefício de revascularização. Trinta por cento das mulheres e 44% dos homens apresentavam muito baixo benefício de revascularização ($p=0,0407$). Vinte e cinco por cento das mulheres e 11% apresentavam benefício moderado de revascularização ($p=0,0060$) (Tabelas 3 e 4). Aparentemente os diabéticos e as mulheres apresentavam CLTI mais avançado.

3.3 Acurácia do Tempo de Aceleração da Artéria Plantar

Para estimar a sensibilidade e especificidade do TAP em relação ao ITB e à Classificação SVS-Wifl, utilizamos as curvas ROC. Os gráficos 3 e 4 mostram curvas ROC que traçam a sensibilidade em relação à especificidade comparando TAP e ITB $<0,8$; ITB $<0,6$; ITB $<0,4$ e TAP e o risco estimado de amputação conforme a classificação SVS-Wifl nos grupos diabético e não diabético. A área sob a curva (AUC) no grupo diabético foi menor que o grupo não diabético para

detectar $ABI < 0,6$. O AUC foi menor em grupo diabético para detectar risco moderado e alto de amputação conforme a classificação SVS Wifi.

A acurácia do TAP para detectar $ITB < 0,8$ foi de até 91% no grupo diabético e 85% no grupo não diabético. Da mesma forma, para o diagnóstico de $ITB < 0,6$ em pacientes diabéticos, observamos uma acurácia de 79% e em não diabéticos essa acurácia foi de 85%. Para detectar um ITB inferior a 0,4, a acurácia atingiu 88% em pacientes diabéticos e 87% em não diabéticos. Utilizando dados de curvas ROC, sugerimos valores TAP com maior sensibilidade e especificidade para diagnosticar isquemia de membros inferiores com base nos graus de classificação SVS-Wifi de isquemia (Tabela 7).

No grupo diabético e não diabético, a acurácia do TAP para detectar risco estimado de amputação moderado e alto conforme a classificação SVS-Wifi atingiu 77%. O TAP se correlacionou com precisão com o escores SVS-Wifi. Utilizando dados de curvas ROC, sugerimos valores de TAP com maior sensibilidade e especificidade para diagnosticar risco estimado de amputação moderado e alto conforme a classificação SVS-Wifi (Tabela 8).

4.0 DISCUSSÃO

Em pacientes com ITB falsamente elevado (ITB > 1,4 ou pressões incompressíveis no tornozelo) ou em pacientes com grandes feridas no tornozelo ou pé, uma técnica alternativa precisa, simples e rápida seria altamente desejável. O ITB é um teste validado para avaliar a perfusão dos membros inferiores, correlacionando-se com as taxas de amputação e mortalidade. Porém, em pacientes com vasos tibiais calcificados não compressíveis e ou dificuldade de acesso às artérias podálicas (úlceras extensas, necrose), a medida do ITB pode ser prejudicada e mal interpretada ou mesmo impossível de ser realizada (9)

Métodos alternativos como medição da pressão do dedo do pé, pletismografia e oximetria transcutânea são instrumentos validados e úteis em pacientes que não podem ter o ITB medido (12)(22). No entanto, essas ferramentas de diagnóstico não são distribuídas globalmente e não estão disponíveis em muitos países de baixa renda.

A medição do TAP oferece uma abordagem simples e não invasiva que pode ser realizada rapidamente, à beira do leito e em outros locais, como salas cirúrgicas ou angiográficas. Também permite a visualização direta em tempo real dos vasos e alterações hemodinâmicas do pé (9)(16). A medição do TAP demonstrou ser um método alternativo para determinar a perfusão do membro com alta sensibilidade, especificidade e acurácia em pacientes diabéticos e não diabéticos. Porém, atualmente são poucos os estudos utilizando as imagens de ultrassom Doppler vascular em artérias podálicas e sua relação com o ITB.

Sommerset et al. demonstraram a relação linear entre o tempo de aceleração da artéria plantar e o ITB em pacientes não diabéticos. Eles encontraram diferenças significativas entre as categorias clínicas de PAD e sugeriram valores de referência para TAP para diferentes graus de ITB, porém apenas em pacientes não diabéticos. Entretanto, a sensibilidade, especificidade,

acurácia, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo não foram calculados (9,16). Posteriormente, os mesmos autores, em estudo retrospectivo, avaliaram 73 membros com CLTI e ITB incompressível. Observou-se uma redução importante do TAP nos pacientes revascularizados. Nos pacientes que evoluíram para amputação, a alteração do TAP foi significativamente menor(17). Tongeren et al., encontraram uma relação linear entre a aceleração sistólica máxima derivada do Doppler da artéria dorsal do pé e o ITB em pacientes diabéticos e não diabéticos. Eles demonstraram um valor de acurácia de 90% com aceleração sistólica máxima derivada do Doppler $<6,45 \text{ m/s}^2$ para diagnosticar um ITB $<0,9$ e usaram isso como uma ferramenta de triagem. No entanto, não fizeram a correlação da aceleração sistólica máxima derivada do Doppler nas artérias podálicas e os graus e estágios da classificação SVS-WiFi(23).

O sistema de classificação da *Society for Vascular Surgery Wound, Ischemia and Foot Infection (SVS-WIFI)* é uma ferramenta importante para prever o risco de amputação e o benefício da revascularização. Este sistema prevê a cicatrização de feridas e a taxa de amputação e se correlaciona com os custos de cuidados para úlceras do pé diabético (14)(13). É recomendado para ser usado como uma ferramenta de classificação de triagem de rotina em pacientes com dor isquêmica em repouso ou feridas dentro do espectro do CLTI (12). Os três principais fatores que ameaçam a viabilidade do membro são: ferida, isquemia e infecção no pé. Cada fator é classificado em quatro categorias. Vários estudos sugerem que pacientes com ITB $> 0,8$ apresentam risco muito baixo de amputação e não precisam de revascularização. No entanto, pacientes com feridas graves e pressão arterial sistólica $<50 \text{ mmHg}$ ou ITB $<0,4$ têm grande probabilidade de necessitar de revascularização para promover a cicatrização de feridas e prevenir a perda do membro. Esses indivíduos são classificados como 3 na seção de isquemia do SVS-WIFI, o que está relacionado à diminuição das chances de salvamento de membros, principalmente sem revascularização.

Pacientes com ITB entre 0,4 e 0,6 apresentam risco intermediário de amputação, portanto outras variáveis como grau de ferida e infecção também devem ser consideradas na indicação de revascularização (12).

A medida do TAP mostrou sensibilidade, especificidade e acurácia um pouco menores no grupo diabético para SVS-WIFI isquemia grau 2 (ITB <0,6). Por outro lado, a medida de TAP teve maior sensibilidade, especificidade e acurácia em pacientes diabéticos para SVS-WIFI isquemia grau 3 (ITB <0,4) e grau 1 (ITB <0,8). O valor de corte do TAP > 0,096s demonstrou uma sensibilidade de 98% para ITB <0,8. Isso indica que 98% dos pacientes com ITB <0,8 seriam devidamente diagnosticados para DAP. Por outro lado, se o valor de corte do TAP > 0,204s fosse usado para diagnosticar a isquemia SVS-WIFI grau 3 (ITB <0,4), um valor de especificidade de 88% seria alcançado. Isso indica que 88% dos pacientes com ITB > 0,4 seriam devidamente diagnosticados para DAP grave. Altos valores de especificidade são importantes se o diagnóstico puder levar a abordagens invasivas não isentas de complicações, como procedimentos de revascularização.

Os valores de TAP se correlacionam com os estágios de risco de amputação do Sistema de Classificação SVS WIFI. Houve uma boa correlação em pacientes diabéticos e não diabéticos, conforme demonstrado pelo coeficiente de Spearman. As curvas ROC demonstraram valor de corte do TAP > 0,135s com sensibilidade de 80% para risco moderado e alto de amputação em pacientes diabéticos. Isso indica que 80% dos pacientes com risco moderado e alto de amputação seriam diagnosticados. Ideia semelhante em paciente não diabéticos seria feita com valor de corte > 0,145 mostrando sensibilidade de 81% para risco moderado e alto de amputação. Esta ferramenta pode estimar rapidamente o risco de amputação em pacientes diabéticos e não diabéticos CLTI.

A medição do TAP pode ser útil em pacientes com pressão sistólica incompressível no tornozelo ou ITB falsamente elevado ou maior que 1,4. A medida do TAP poderia estimar o ITB e, portanto, auxiliar na decisão clínica de indicar ou não o procedimento de revascularização. A medida do TAP também poderia ser utilizada para avaliar o sucesso do procedimento de revascularização, uma vez que, quando é bem-sucedido, há tendência de redução do TAP (17).

Em pacientes sem DM, a medida do TAP pode estimar o ITB com acurácia superior a 83% em todos os graus de isquemia dos sistemas de classificação SVS-WIFI (graus 1 a 3). Embora o ITB incompressível seja mais comum em pacientes diabéticos, cerca de 2% de ITB incompressível também foram encontrados em pacientes não diabéticos. Resultados semelhantes foram mostrados por Aboyand e colegas, que encontraram dois indivíduos com pressões sistólicas incompressíveis no tornozelo em 158 pacientes não diabéticos (1,3%) (24).

Indivíduos não diabéticos tendem a adquirir DAP mais velhos do que pacientes diabéticos. Neste trabalho, os pacientes diabéticos apresentavam mais doença arterial coronariana (Tabela 1). Os homens apresentam CLTI mais jovens e têm uma prevalência maior de tabagismo. Diabéticos e mulheres parecem apresentar CLTI mais avançada, com maior risco de amputação. Estes dados são corroborados na literatura(4,12,25,26).

Neste estudo, a prevalência de ITB $<0,9$ foi de 70%. Segundo Bujang (21), utilizando a medida do TAP como método diagnóstico em comparação ao ITB, com poder de 80% e valor de p de 0,04, com essa prevalência, o tamanho mínimo da amostra deveria ser de 153 membros (Este estudo teve 198 membros, sendo 136 membros com ITB $<0,9$ (membros positivos). Portanto, nossa amostra apresentou poder estatístico suficiente.

A medição TAP não deve ser uma ferramenta para substituir ou invalidar o ITB, mas sim uma abordagem útil para auxiliar situações em que o ITB não pode ser medido com precisão, como

pressão sistólica incompressível no tornozelo, ITB falsamente elevado, ITB > 1,4 e úlceras extensas ou necrose na perna ou pé proximal. A estratificação do TAP conforme a classificação SVS-WiFl, poderia auxiliar os pacientes com ITB incompressível, os quais estão impossibilitados de realizar a classificação da isquemia pelo ITB. O uso do TAP correspondente, poderia estimar o risco de amputação e o benefício de revascularização para estes pacientes.

A prevalência de oclusão foi de 5,2% e de fluxo não pulsátil de 3,5% na artéria plantar lateral, totalizando 8,7% dos membros em que não foi possível realizar a mensuração do TAP. A mensuração do TAP foi impossível em 10,4% dos membros de pacientes diabéticos (13 membros: 9 com APL ocluída e 4 com fluxo não pulsátil) e em 6,7% dos membros dos pacientes não diabéticos (3 membros com APL ocluída e 4 membros com fluxo não pulsátil). Sessenta por cento dos membros com ITB incompressível apresentaram TAP correspondendo ao ITB <0,8. Dessa forma, podemos observar a importância desta ferramenta. Como já observado em outras artérias distais, a prevalência de oclusão da artéria plantar lateral é maior em pacientes diabéticos, limitando esta ferramenta para esses pacientes (11)(4). Não foi possível a correlação entre o PAT e o ITB em 16,8% dos membros em pacientes diabéticos (21 membros: 9 com oclusão da APL, 4 com fluxo não pulsátil e 8 com ITB incompressível) e em 8,7% dos membros de pacientes não diabéticos (9 membros: 3 com oclusão da APL, 4 com fluxo não pulsátil e 2 com ITB incompressível) (tabela 9)

Este estudo apresenta uma série de limitações. Trata-se estudo em centro único, com único examinador. Não foram avaliados desfechos clínicos, restringindo-se ao domínio diagnóstico. Como sugestão para estudos futuros, a medida do TAP poderia ser usada para avaliar o sucesso da revascularização e estimar os riscos de mortalidade cardiovascular e sobrevida. Considerando a

correlação do ITB com os riscos de amputação e mortalidade, seria relevante investigar se a medida do TAP tem o mesmo valor (18).

5.0 PERSPECTIVAS FUTURAS

Como já sugerido por Sommerset et al (Sommerset 2021), espera-se que o tempo de aceleração da artéria plantar lateral reduza após revascularizações bem sucedidas. O TAP, pode ser ferramenta importante, sobretudo nos pacientes com ITB incompressível ou não confiável. Serão apresentados alguns exemplos em que o desfecho foi influenciado pelas medidas do TAP.

Caso clínico 1. Paciente diabético com sintomas de isquemia crônica no membro, necrose do hálux e ITB incompressível. Ultrassonografia vascular com Doppler revelou oclusão da artéria poplítea (Figura 7A) e um tempo de aceleração plantar de 0,203s (Corresponde ao ITB <0,4) (Figura 7B). O mesmo paciente após angioplastia com Stent em artéria poplítea (8A). O ITB manteve-se incompressível, porém o tempo de aceleração da artéria plantar caiu para 0,075s (corresponde ao ITB >0,8) (Figura 8B).

Caso clínico 2. Paciente diabético com ITB=0,52 e úlcera extensa em região do tendão calcâneo. Estenose grave em artéria femoral superficial (Figuras 9A e 9B). Calcificações com difícil análise espectral em artérias tibial posterior (Figura 10A). Tempo de aceleração plantar de 0,194 s (Figura 10B). Após angioplastia com cateter balão em artéria femoral superficial (Figura 11A), o ITB tornou-se incompressível e houve redução do tempo de aceleração da artéria plantar para 0,056s (equivalente ao ITB>0,8). Ambos os casos clínicos ilustram situações em que o TAP auxilia na conduta dos pacientes com CLTI e ITB incompressível, seja em pré como em pós operatório. Como perspectivas futuras, o TAP pode ser associado aos desfechos clínicos de mortalidade, amputação maior e sucesso de revascularização em outros trabalhos científicos.

6.0 CONCLUSÃO

O tempo de aceleração plantar demonstrou alta correlação com os estágios de ITB e risco de amputação e tem alta sensibilidade, especificidade e acurácia para os graus de isquemia do sistema de classificação SVS-Wifl.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Classificação SVS-WIFI simplificada para avaliação do risco de amputação de membros inferiores (27)

Componente	Índice	Descrição		
W (<i>wound</i>)	0	Ausência de úlceras (dor isquêmica em repouso)		
	1	Úlcera superficial e pequena distal na perna ou no pé, sem gangrena		
	2	Úlcera profunda com exposição óssea, da articulação ou de tendões ou gangrena limitada aos pododáctilos		
	3	Úlcera profunda extensa ou úlcera em toda a espessura da pele do calcâneo ou gangrena extensa		
I (<i>ischemia</i>)		ITB	Pressão de tornozelo (mmHg)	Pressão de hálux ou TcPO ₂ (mmHg)
	0	≥ 0,80	> 100	≥ 60
	1	0,60 – 0,79	70 – 100	40 – 59
	2	0,40 – 0,59	50 – 70	30 – 39
	3	< 0,40	< 50	< 30
FI (<i>foot infection</i>)	0	Sem sintomas ou sinais de infecção		
	1	Infecção local envolvendo somente pele e tecido subcutâneo		
	2	Infecção local envolvendo maior profundidade que a pele ou tecido subcutâneo		
	3	Síndrome de resposta inflamatória sistêmica		

ITB: índice tornozelo/braço. TcPO₂: pressão transcutânea de oxigênio. W: *wound*, ferida. I: *ischemia*, isquemia. FI: *foot infection*, infecção do pé. Adaptada de Mills et al. □

Figura 2. Risco de amputação em um ano baseado na classificação SVS-WIFI (27)

	Isquemia 0				Isquemia 1				Isquemia 2				Isquemia 3			
W0	VL	VL	L	M	VL	L	M	H	L	L	M	H	L	M	M	H
W1	VL	VL	L	M	VL	L	M	H	L	M	H	H	M	M	H	H
W2	L	L	M	H	M	M	H	H	M	H	H	H	H	H	H	H
W3	M	M	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3

W: *wound*, ferida. VL: *very low*, muito baixo. L: *low*, baixo. M: *moderate*, moderado. H: *high*, alto. FI: *foot infection*, infecção do pé. Adaptada de Mills et al. □

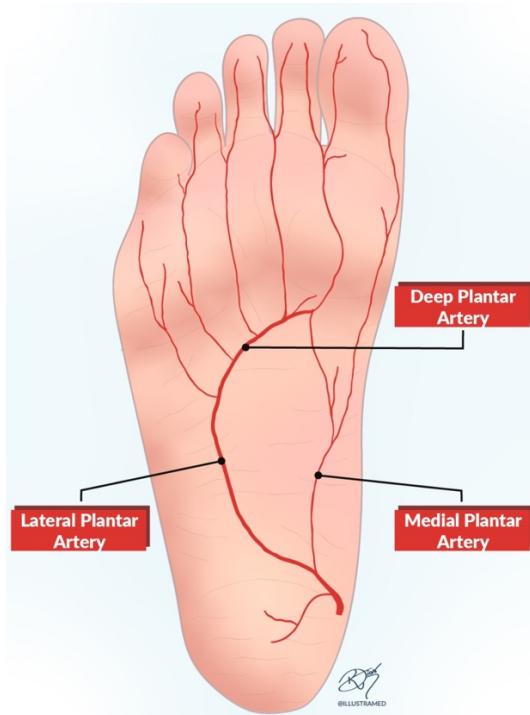
Figura 3. Estimativa do benefício ou da necessidade de revascularização baseada na classificação SVS-WIFI (27)

	Isquemia 0				Isquemia 1				Isquemia 2				Isquemia 3			
W0	VL	VL	VL	VL	VL	L	L	M	L	L	M	M	M	H	H	H
W1	VL	VL	VL	VL	L	M	M	M	M	H	H	H	H	H	H	H
W2	VL	VL	VL	VL	M	M	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
W3	VL	VL	VL	VL	M	M	M	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI	FI
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3

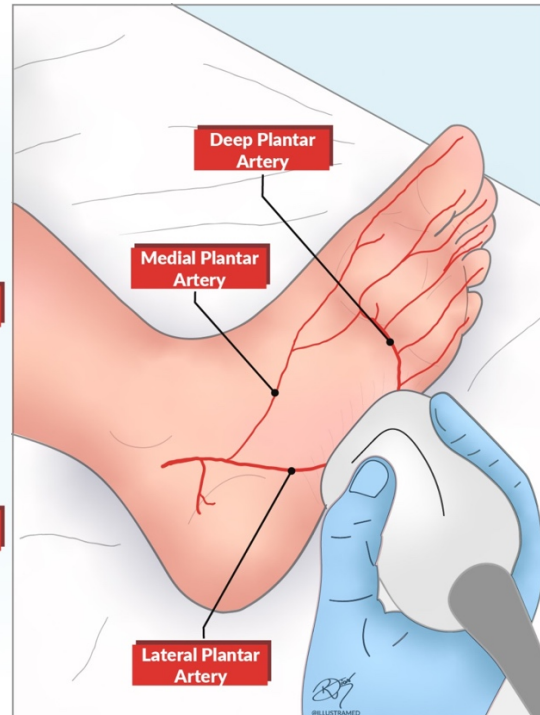
W: wound, ferida. VL: very low, muito baixo. L: low, baixo. M: moderate, moderado. H: high, alto. FI: foot infection, infecção do pé. Adaptada de Mills et al. □

Figura 4. A. Artéria Plantar Lateral (APL). B Ultrassonografia vascular com Doppler (UVD) da artéria plantar lateral. C. Tempo de aceleração da artéria plantar lateral (TAP)

A



B



C.

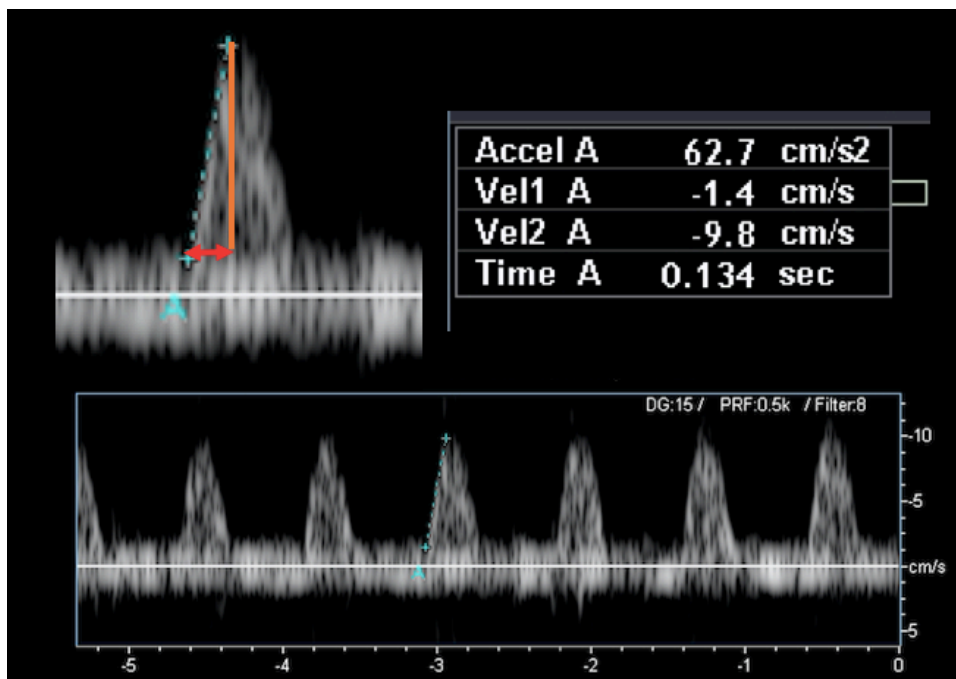


Figura 5. Desenho do estudo. Diagrama de fluxo de pacientes

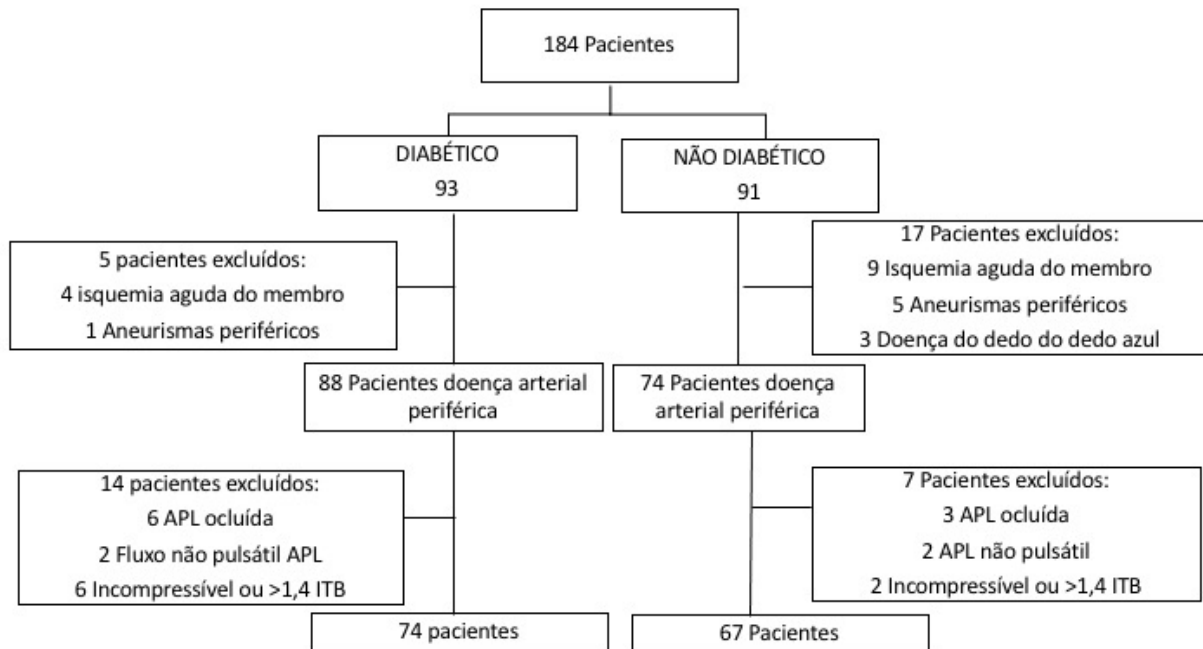


Figura 6. Desenho do estudo. Diagrama de fluxo de membros.

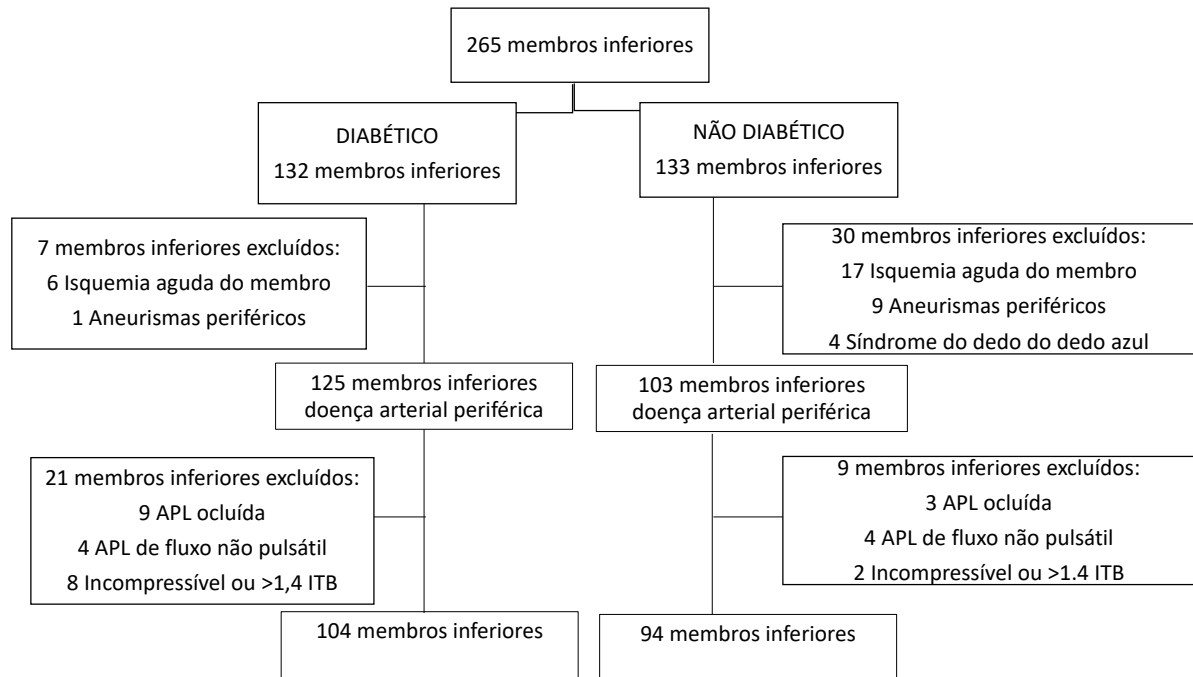
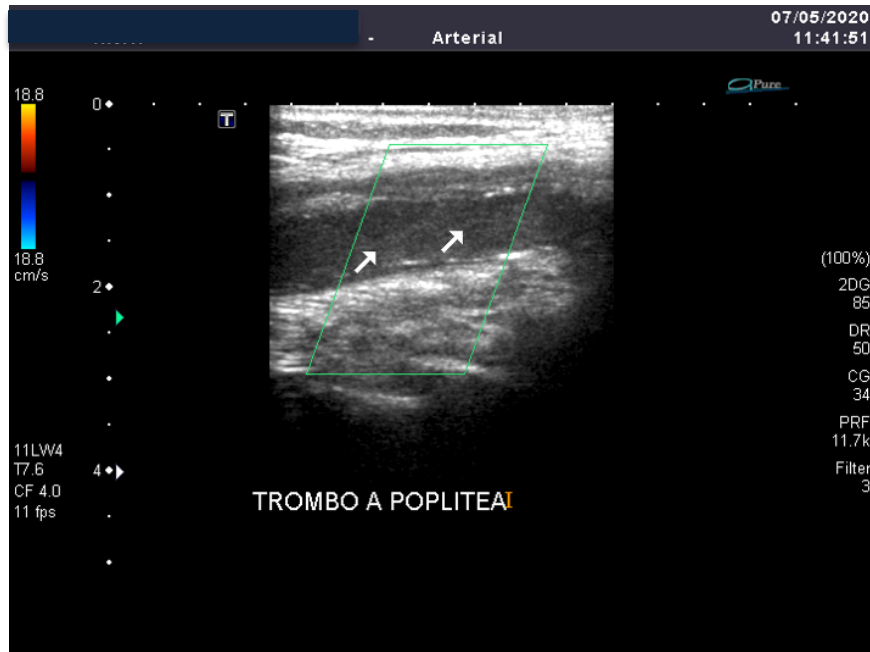


Figura 7. A. Ultrassonografia vascular com Doppler pré-operatório mostrando oclusão da artéria poplitea (setas). B. tempo de aceleração na artéria plantar lateral de 0,283 s (equivalente ao IB<0,4)

A



B

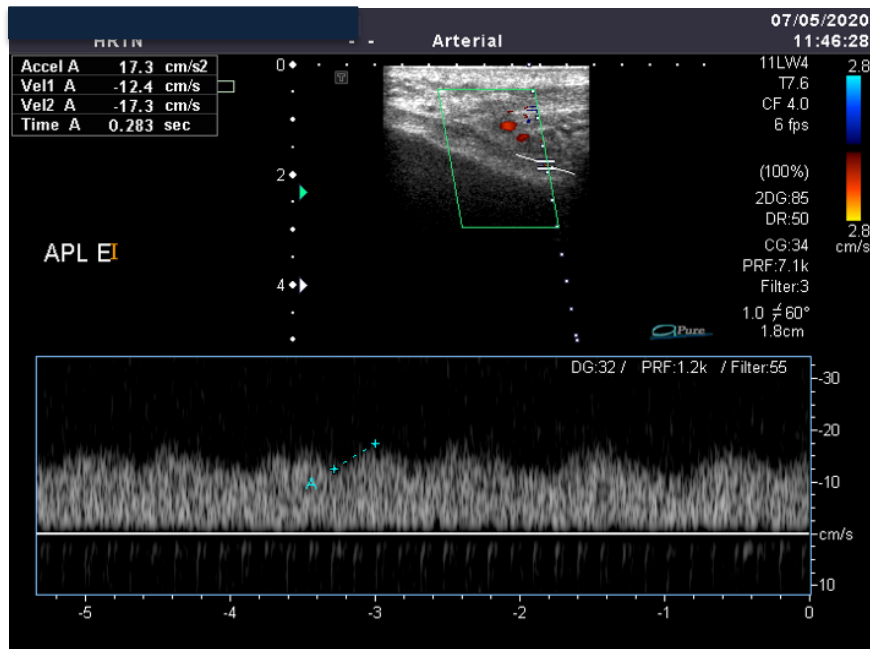
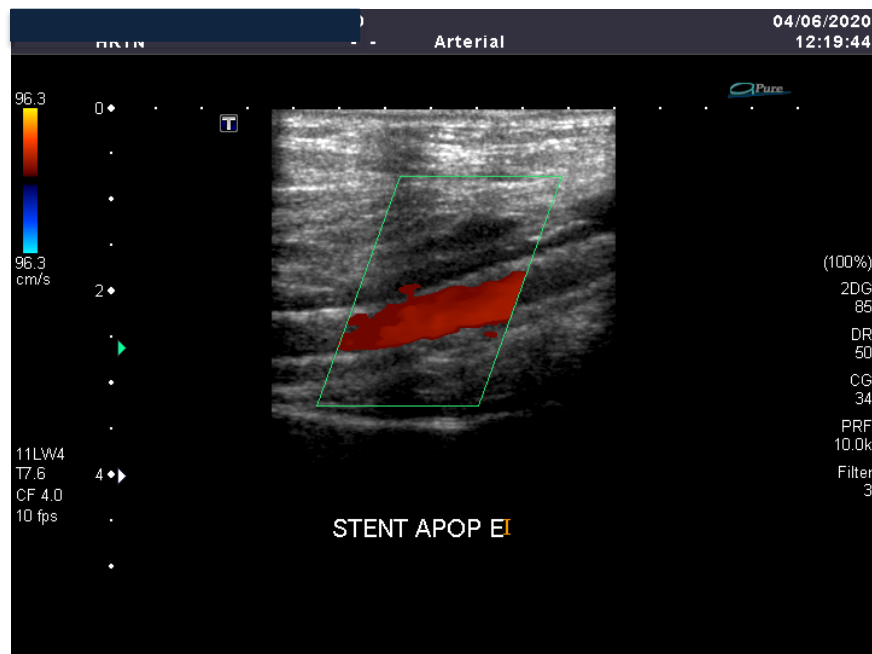


Figura 8. A. Ultrassonografia vascular com Doppler pós operatório demonstrando angioplastia com Stent em artéria poplítea. B. Tempo de aceleração na artéria plantar lateral de 0,283 s

A



B

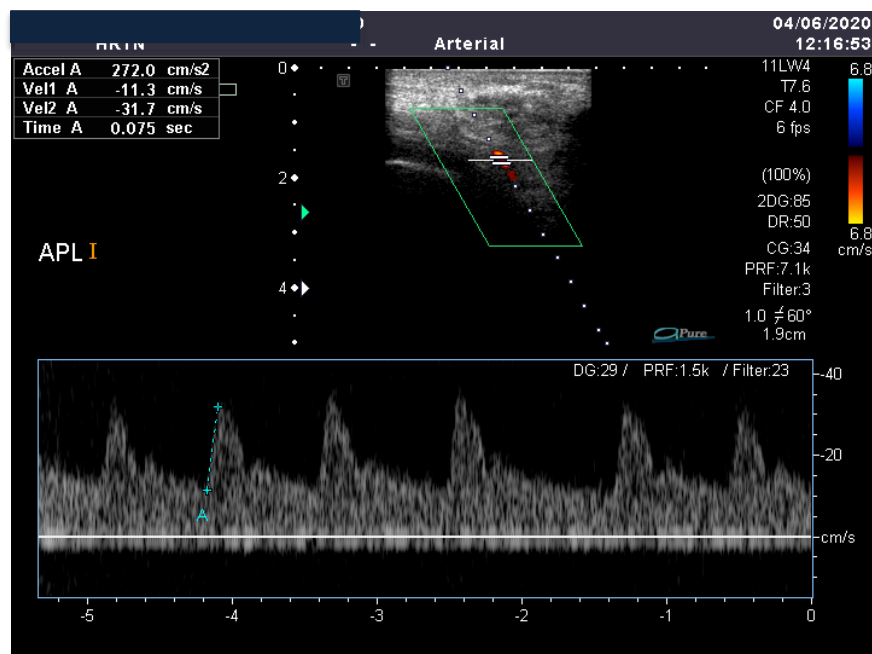
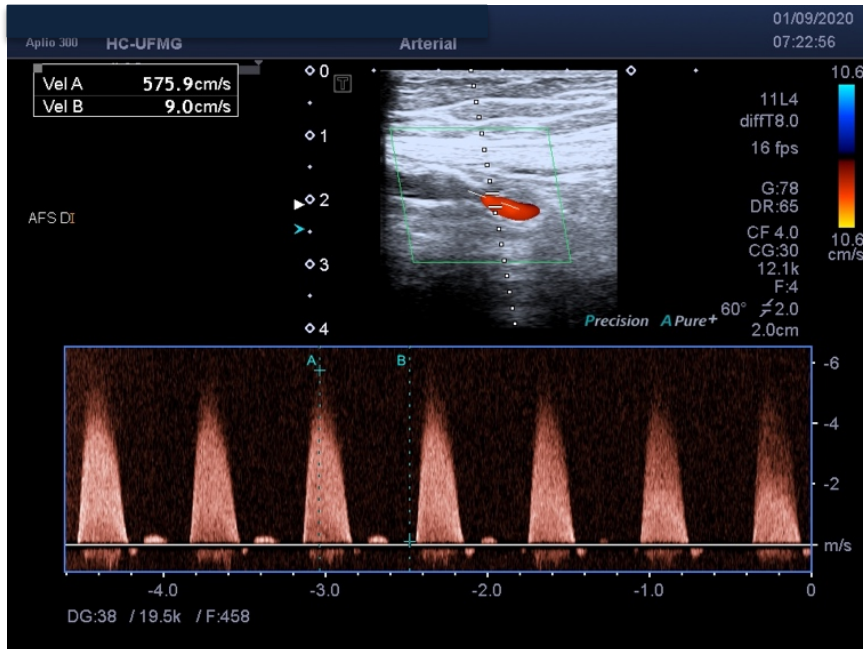


Figura 9. Ultrassonografia vascular com Doppler mostrando estenose grave em artéria poplíteia. A. Aumentos das velocidades, VPS 575,9 cm/s. B. Imagem de *aliasing* (setas).

A



B

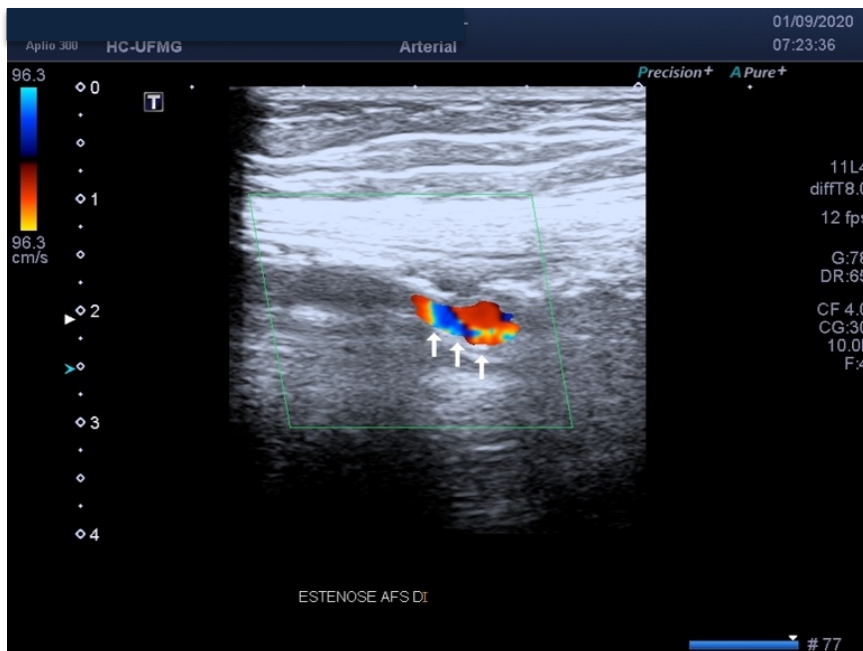


Figura 10. A. Ultrassonografia vascular com Doppler mostrando calcificações intensas em artéria tibial anterior. B Tempo de aceleração da artéria plantar lateral de 0,194s

A



B

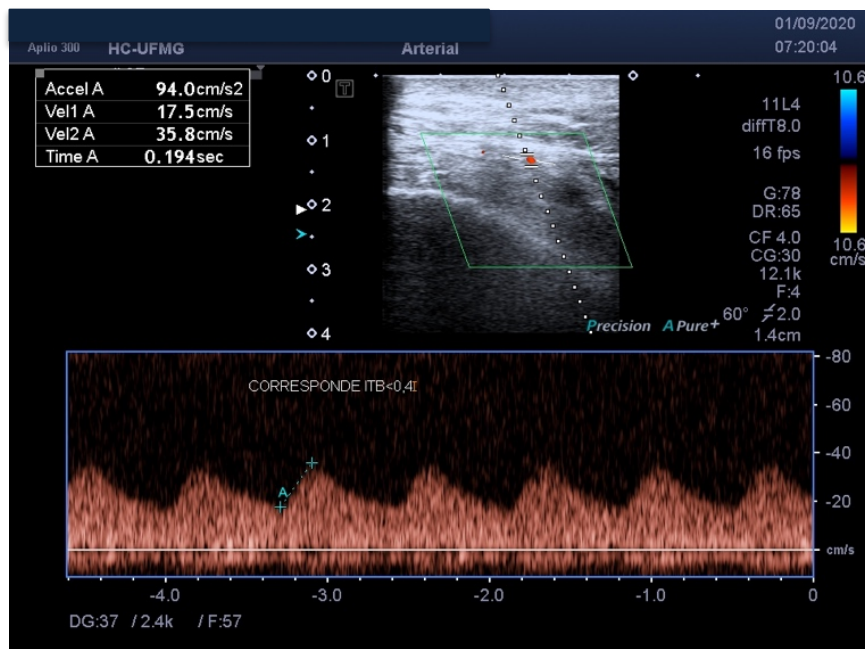
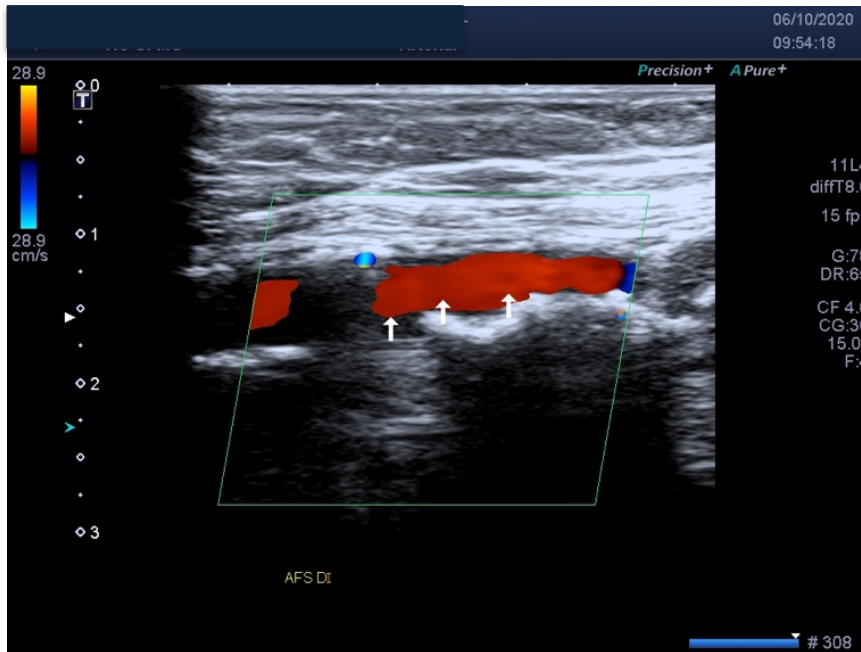
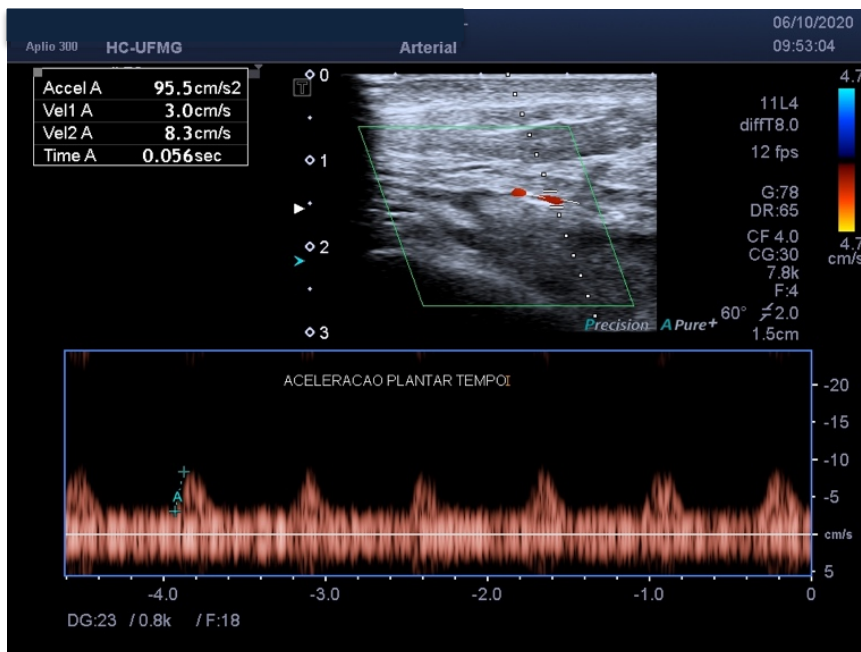


Figura 11. A. Ultrassonografia vascular com Doppler pós operatório mostrando restabelecimento do fluxo em artéria femoral superficial após angioplastia. B. Tempo de aceleração da artéria plantar lateral de 0,056s (equivalente ao ITB>0,8)

A



B



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Gráfico de dispersão mostrando a relação entre o Tempo de Aceleração Plantar (TAP) e o índice tornozelo-braquial (ITB) em pacientes diabéticos ($\rho = -0.8016$) e não diabéticos ($\rho = -0.8071$). $\rho =$ coeficiente de Spearman

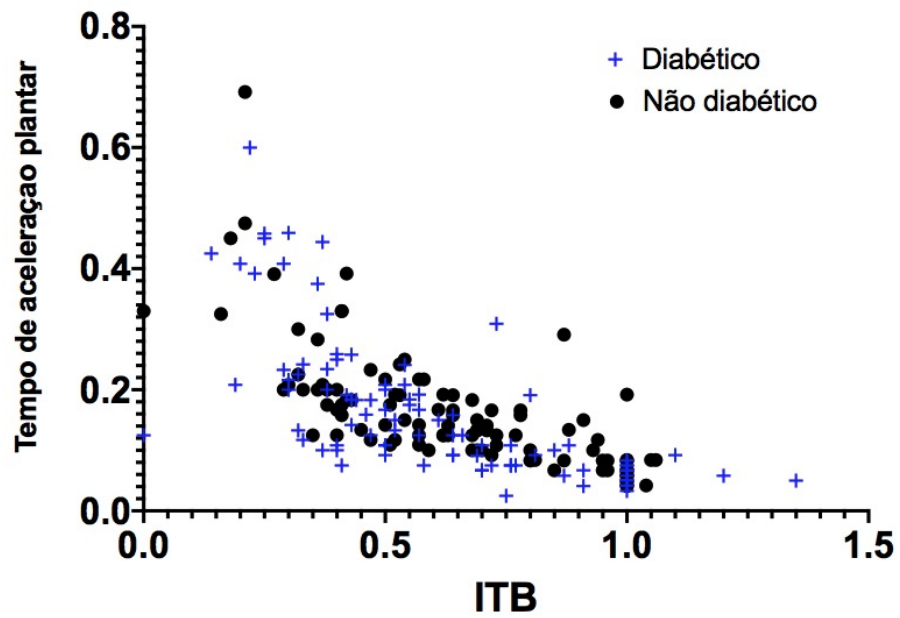


Gráfico 2. Gráfico de dispersão mostrando a relação entre o Tempo de Aceleração Plantar (TAP) e o índice tornozelo-braquial (ITB) em pacientes homens ($\rho = -0.8133$) e mulheres ($\rho = -0.7611$).

ρ = coeficiente de Spearman

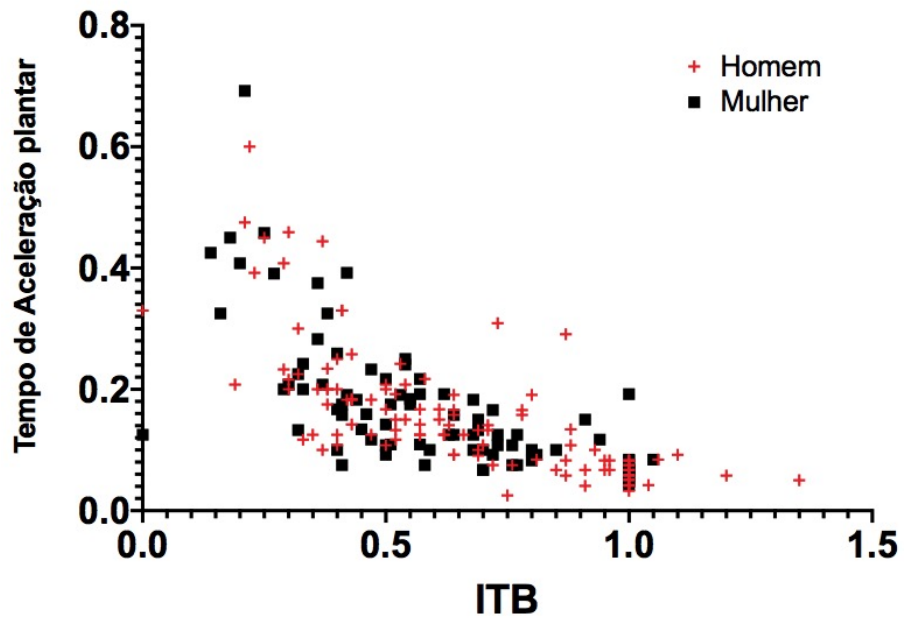


Gráfico 3. Curvas ROC comparando o tempo de aceleração plantar em diabéticos em três diferentes graus de isquemia de acordo com o sistema de classificação SVS-Wifi: grau 1: ITB<0,8; grau 2: ITB<0,6 e grau 3: ITB <0,4 e estágios de risco de amputação (muito baixo e baixo; moderado e alto) de acordo com o sistema de classificação SVS-Wifi ITB= índice tornozelo braquial. AUC= área sob a curva. P<0,001 para o grau 1, grau 2, grau 3 e para risco de amputação moderado e alto.

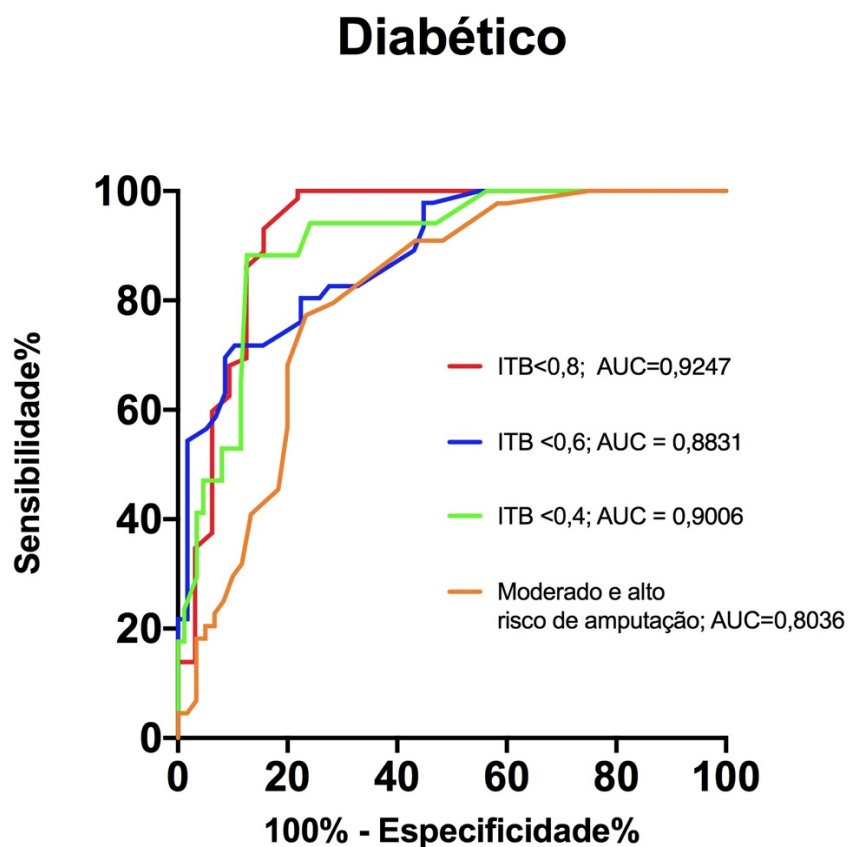
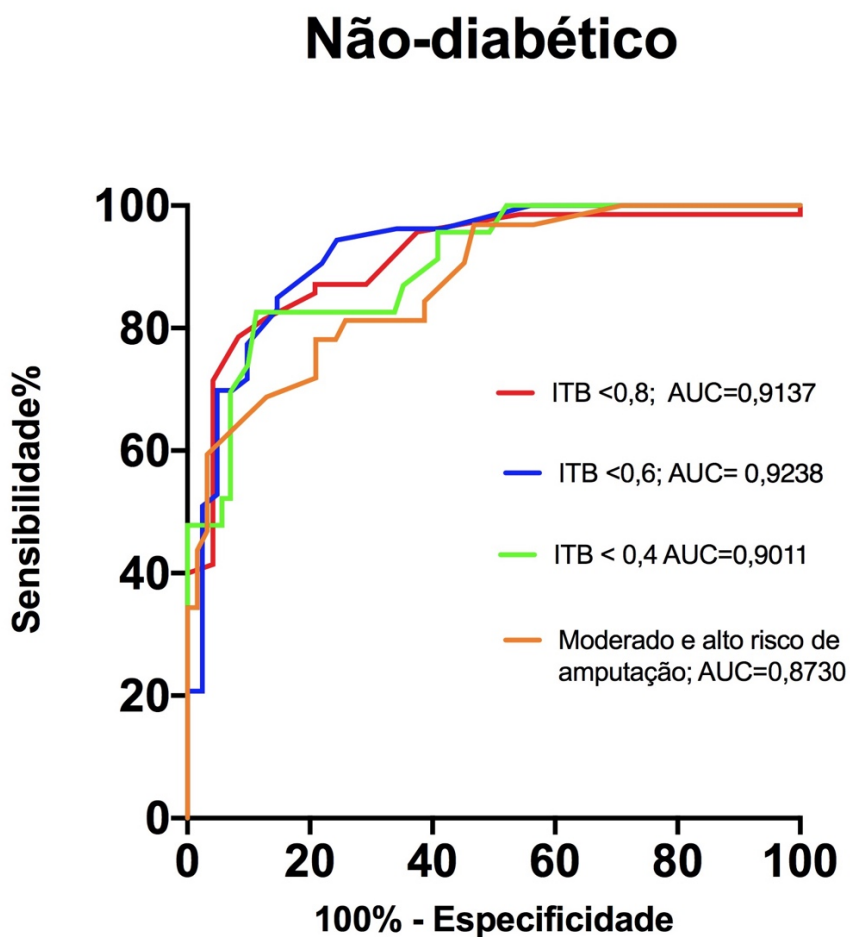


Gráfico 4. Curvas ROC comparando o tempo de aceleração plantar em não diabéticos em três diferentes graus de isquemia de acordo com o sistema de classificação SVS-Wifi: grau 1: ITB<0,8; grau 2: ITB<0.6 e grau 3: ITB <0.4 e estágios de risco de amputação (muito baixo e baixo; moderado e alto) de acordo com o sistema de classificação SVS-Wifi ITB= índice tornozelo braquial. AUC= área sob a curva. P<0,001 para o grau 1, grau 2, grau 3 e para risco de amputação moderado e alto.



LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Demografia, comorbidades e principais fatores de risco dos pacientes diabéticos e não diabéticos.

	Total (n= 141)	Diabético (n= 74)	Não diabético (n= 67)	Valor P
Idade,média (min-máximo)	69.4 (44-92)	66.8 (44-89)	72.3 (52-92)	0.001*
Homens, n	78 (55)	37 (50)	41 (61)	0.1818
Tabagismo atual ou pregresso, n	85 (60)	40 (54)	45 (67)	0.1121
Hipertensão, n	120 (85)	67 (90.5)	53 (79)	0.0568
Doença coronariana, n	31 (22)	22 (30)	9 (13)	0.0196*
Diabetes, n	74 (52)	74 (100)	-	-
Uso de estatina, n	49 (35)	25 (34)	24 (36)	0.7997
Creatinina, média	1.06 (0.51)	1.15 (0.57)	0.96 (0.42)	0.1237
ITB mediana ITB	0.62 (0.42-0.89)	0.64 (0.43-0.87)	0.57 (0.40-0.91)	0.47
TAP Mediana TAP	0.134 (0.083-0.200)	0.141 (0.090-0.194)	0.125 (0.075-0.208)	0.4678

ITB=Índice tornozelo-braquial. TAP= Tempo de aceleração plantar.

Tabela 2. Tabela 1. Demografia, comorbidades e principais fatores de risco dos pacientes homens e mulheres.

	Total (n= 141)	Mulher (n= 63)	Homens (n= 78)	Valor P
Idade,média (min-máximo)	69.4 (44-92)	71.4 (44-91)	67.8 (44-92)	0.039*
Homens, n	78 (55)	0	78 (100)	-
Tabagismo atual ou pregresso, n	85 (60)	31 (49)	54 (69)	0.015*
Hipertensão, n	120 (85)	56 (89)	64 (82)	0.256
Doença coronariana, n	31 (22)	17 (27)	14 (18)	0.197
Diabetes, n	74 (52)	37 (59)	37 (47)	0.181
Uso de estatina, n	49 (35)	23 (36)	26 (33)	0.693
Creatinina, média	1.06 (0.51)	0.96 (0.35)	1.14 (0.6)	0.109
ITB	0.62	0.55	0.64	0.231
mediana ITB	(0.42-0.89)	(0.41-0.81)	(0.43-0.97)	
TAP	0.134	0.125	0.137	0.667
Mediana TAP	(0.083-0.200)	(0.084-0.200)	(0.075-0.200)	

ITB=Índice tornozelo-braquial. TAP= Tempo de aceleração plantar.

Tabela 3. Estágios de risco de amputação de acordo com o sistema de classificação SVS-Wifl em 198 membros inferiores de pacientes diabéticos e não diabéticos.

Estimativa de risco de amputação	Total (198 membros)	Diabético (104 membros)	Não diabético (94 membros)	Valor P
Muito Baixo, n (%)	79 (40%)	44 (42%)	35 (37%)	0.06
Baixo, n (%)	43 (22%)	16 (15%)	27 (29%)	0.06
Moderado, n (%)	37 (18%)	19 (18%)	18 (19%)	0.73
Alto, n (%)	39 (20%)	25 (24%)	14 (15%)	>0.99

Tabela 4. Estágios de risco de amputação de acordo com o sistema de classificação SVS-Wifl em 198 membros inferiores de pacientes homens e mulheres.

Estimativa de risco de amputação	Total (198 membros)	Mulheres (86 membros)	Homens (112 membros)	Valor P
Muito Baixo, n (%)	79 (40%)	28 (32%)	51 (46%)	0.46
Baixo, n (%)	43 (22%)	24 (28%)	19 (17%)	0.02*
Moderate, n (%)	37 (18%)	17 (20%)	20 (18%)	0.87
Alto, n (%)	39 (20%)	17 (20%)	22 (20%)	0.1

Tabela 5. Estágios de benefício de revascularização de acordo com o sistema de classificação SVS-WIFI em 198 membros inferiores de pacientes diabéticos e não diabéticos.

Benefício da revascularização	Total (198 membros)	Diabético (104 membros)	Não diabético (94 membros)	Valor P
Muito Baixo, n (%)	76 (38%)	41 (39%)	35 (37%)	0.75
Baixo, n (%)	22 (11%)	10 (10%)	12 (13%)	0.48
Moderado, n (%)	34 (17%)	17 (16%)	17 (18%)	0.74
Alto, n (%)	66 (33%)	36 (35%)	30 (32%)	0.68

Tabela 6. Estágios de benefício de revascularização de acordo com o sistema de classificação SVS-Wifl em 198 membros inferiores de pacientes homens e mulheres

Benefício da revascularização	Total (198 membros)	Mulheres (86 membros)	Homens (112 membros)	Valor P
Muito Baixo, n (%)	76 (38%)	26 (30%)	50 (44%)	0.04*
Baixo, n (%)	22 (11%)	11 (12%)	11 (10%)	0.06
Moderado, n (%)	34 (17%)	22 (25%)	12 (11%)	0.006*
Alto, n (%)	66 (33%)	27 (31%)	39 (35%)	0.61

Tabela 7. Valores sugeridos de TAP em cada grau de isquemia de acordo com o sistema de classificação SVS-Wifl em 198 membros inferiores.

		Diabético						Não diabético								
		S	E	VPP	VPN	Ac	RV			S	E	VPP	VPN	Ac	RV	
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)				(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
	TAP (s)							ITB	TAP (s)							
Grau 1	> 0.096	98	78	88	96	91	4,45		> 0.079	87	70	87	69	82	2,90	
(ITB <0,8)	> 0.104	93	84	92	86	90	5,18	<0.8	> 0.087	87	79	92	70	85	4,14	
	> 0.108	92	84	92	83	89	5,75		> 0.091	86	79	92	67	83	4,10	
	TAP (s)							ITB	TAP (s)							
Grau 2	> 0.137	80	74	69	83	77	3,08		> 0.096	94	76	80	92	85	3,92	
(ITB <0,6)	> 0.141	80	78	73	84	79	3,64	<0.6	> 0.104	91	78	82	88	85	4,14	
	> 0.146	79	77	73	82	78	3,43		> 0.113	85	85	88	81	85	5,67	
	TAP (s)							ITB	TAP (s)							
Grau 3	> 0.191	88	84	50	97	84	3,08		> 0.191	82	87	69	94	86	3,92	
(ITB <0,4)	> 0.196	88	87	57	97	88	3,64	<0.4	> 0.196	83	89	72	94	87	4,14	
	> 0.204	65	88	60	90	83	3,43		> 0.204	74	90	75	90	85	5,67	

Legenda: SVS-Wifl= *The Society for Vascular Surgery Wound, Ischemia, and Foot Infection Classification*; ITB= índice tornozelo-braquial; TAP= tempo de aceleração plantar mostrado em segundos (s); VPP= valor preditivo positivo; VPN= valor preditivo negativo; S= sensibilidade; E= Especificidade Ac=Acurácia; RV= razão de verossimilhança

Tabela 8. Valores sugeridos de TAP para os estágios de risco de amputação moderado e alto do sistema de classificação SVS-WIFI em 198 membros inferiores.

TAP (s)	Diabético						TAP(s)	Não diabético					
	S (%)	E (%)	VPP (%)	VPN (%)	Ac (%)	RV		S (%)	E (%)	VPP (%)	VPN (%)	Ac (%)	RV
>0.135	80	72	65	84	75	6,31	>0.145	81	74	60	89	76	3,12
>0.145	77	77	71	82	77	7,55	>0.155	78	76	61	88	77	3,25
>0.155	73	78	73	78	76	7,40	>0.165	78	79	66	87	79	3,71

Legenda: SVS-WIFI= *The Society for Vascular Surgery Wound, Ischemia, and Foot Infection Classification*; ITB= índice tornozelo-braquial; TAP= tempo de aceleração plantar mostrado em segundos (s); VPP= valor preditivo positivo; VPN= valor preditivo negativo; S= sensibilidade; E= Especificidade
Ac=Acurácia; RV= razão de verossimilhança

Tabela 9. Porcentagem de ITB incompressível, status da APL e ITB em 228 membros com CLTI.

	Total (228 membros)	Diabético (125 membros)	Não diabético (103 membros)	Valor P	Mulher (102 membros)	Homens (126 membros)	Valor P
Pressão sistólica							
incompressível do tornozelo ou ITB>1,4 (%)	10 (4.3%)	8 (6.4%)	2 (1.9%)	0.102	3 (3%)	7 (5%)	0.3378
APL ocluída, n(%)	12 (5.2%)	9 (7.2%)	3 (2.9%)	0.149	8 (8%)	4 (3%)	0.1165
Fluxo não pulsátil APL, n (%)	8 (3.5%)	4 (3%)	4 (2.5%)	0.0781	5 (5%)	3 (2%)	0.4720

Legenda: APL= artéria plantar lateral; ITB = índice tornozelo-braquial, CLTI=isquemia crônica ameaçadora do membro.

REFERÊNCIAS

1. Mueller T, Hinterreiter F, Luft C, Poelz W, Haltmayer M, Dieplinger B. Mortality rates and mortality predictors in patients with symptomatic peripheral artery disease stratified according to age and diabetes. *J Vasc Surg.* 2014;59(5):1291–9.
2. U.S. Mortality Data, 1969-2019 [Internet]. U.S. Department of Health and Human Services. National Institutes of Health. National Cancer Institute. 2021 [acessado em setembro de 2021]. Available from: <https://seer.cancer.gov/mortality/>
3. Fowkes FG, Rudan D, Rudan I, Aboyans V, Denenberg JO, McDermott MM, 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(9901):1329–40.
4. Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, White J V, Dick F, Fitridge R, et al. Global Vascular Guidelines on the Management of Chronic Limb-Threatening Ischemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2019;58(1S):S1-S109.e33.
5. Crawford JD, Robbins NG, Harry LA, Wilson DG, McLafferty RB, Mitchell EL, et al. Characterization of tibial velocities by duplex ultrasound in severe peripheral arterial disease and controls. *J Vasc Surg.* 2016;63(3):646–51.
6. Hyun S, Forbang NI, Allison MA, Denenberg JO, Criqui MH, Ix JH. Ankle-brachial index, toe-brachial index, and cardiovascular mortality in persons with and without diabetes mellitus. *J Vasc Surg.* 2014;60(2):390–5.
7. Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzner 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): a collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Sur. *Circulation*. 2006;113(11):e463-654.
8. Moneta GL. Tibial artery velocities in the diagnosis and follow-up of peripheral arterial disease. *Semin Vasc Surg*. 2020;33(3-4):65-8.
 9. Sommerset J, Karmy-Jones R, Dally M, Feliciano B, Veal Y, Teso D. Plantar Acceleration Time: A Novel Technique to Evaluate Arterial Flow to the Foot. *Ann Vasc Surg*. 2019;60:308-14.
 10. Hinchliffe RJ, Brownrigg JR, Andros G, Apelqvist J, Boyko EJ, Fitrige R, et al. Effectiveness of revascularization of the ulcerated foot in patients with diabetes and peripheral artery disease: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev*. 2016;32 Suppl 1:136-44.
 11. Boulton AJ, Vileikyte L, Ragnarson-Tennvall G, Apelqvist J. The global burden of diabetic foot disease. *Lancet*. 2005;366(9498):1719-24.
 12. Mills JL, Conte MS, Armstrong DG, Pomposelli FB, Schanzer A, Sidawy AN, et al. The Society for Vascular Surgery Lower Extremity Threatened Limb Classification System: risk stratification based on wound, ischemia, and foot infection (WIFI). *J Vasc Surg*. 2014;59(1):220-2.
 13. Hicks CW, Canner JK, Karagozlu H, Mathioudakis N, Sherman RL, Black JH, et al. The Society for Vascular Surgery Wound, Ischemia, and foot Infection (WIFI) classification system correlates with cost of care for diabetic foot ulcers treated in a multidisciplinary

- setting. *J Vasc Surg.* 2018;67(5):1455–62.
14. Weaver ML, Hicks CW, Canner JK, Sherman RL, Hines KF, Mathioudakis N, et al. The Society for Vascular Surgery Wound, Ischemia, and foot Infection (WIFI) classification system predicts wound healing better than direct angiosome perfusion in diabetic foot wounds. *J Vasc Surg.* 2018;68(5):1473–81.
 15. Wilson DG, Harris SK, Barton C, Crawford JD, Azarbal AF, Jung E, et al. Tibial artery duplex ultrasound-derived peak systolic velocities may be an objective performance measure after above-knee endovascular therapy for arterial stenosis. *J Vasc Surg.* 2018;68(2):481–6.
 16. Sommerset J, Teso D, Feliciano B, Veal Y, Sentman M, Zimmerman N, et al. Innovative arterial duplex examination: A guide to evaluate flow in the foot using pedal acceleration time. Vol. 41. *Journal for Vascular Ultrasound*; 2019. p. 11–7.
 17. Teso D, Sommerset J, Dally M, Feliciano B, Veal Y, Jones RK. Pedal Acceleration Time (PAT): A Novel Predictor of Limb Salvage. *Ann Vasc Surg.* 2021;75:189–93.
 18. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FG, et al. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg.* 2007;45 Suppl S:S5-67.
 19. Hamada N, Ikuta Y, Ikeda A. Arteriographic study of the arterial supply of the foot in one hundred cadaver feet. *Acta Anat.* 1994;151(3):198–206.
 20. Whelan JH, Lazowitz JP, Kiser C, Vardaxis V. Location of the Deep Plantar Artery: A Cadaveric Study. *J Am Pod Med Assoc.* 2020;110(6).

21. Bujang MA, Adnan TH. Requirements for Minimum Sample Size for Sensitivity and Specificity Analysis. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(10):YE01–6.
22. Mills JL. Update and validation of the Society for Vascular Surgery wound, ischemia, and foot infection threatened limb classification system. *Semin Vasc Surg.* 2014;27(1):16–22.
23. Van Tongeren RB, Bastiaansen AJ, Van Wissen RC, Le Cessie S, Hamming JF, Van Bockel JH. A comparison of the Doppler-derived maximal systolic acceleration versus the ankle-brachial pressure index or detecting and quantifying peripheral arterial occlusive disease in diabetic patients. *J Cardiovasc Surg.* 2010;51(3):391–8.
24. Aboyans V, Ho E, Denenberg JO, Ho LA, Natarajan L, Criqui MH. The association between elevated ankle systolic pressures and peripheral occlusive arterial disease in diabetic and nondiabetic subjects. *J Vasc Surg.* 2008;48(5):1197–203.
25. Hirsch AT, Allison MA, Gomes AS, Corriere MA, Duval S, Ershow AG, et al. A call to action: women and peripheral artery disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2012;125(11):1449–72.
26. Duncan BB, Cousin E, Naghavi M, Afshin A, França EB, Passos VMA, et al. The burden of diabetes and hyperglycemia in Brazil: a global burden of disease study 2017. *Popul Heal Metr.* 2020;18(Suppl 1):9.
27. Mendes-Pinto D. Valor prognóstico do índice de rigidez arterial em pacientes com isquemia crítica dos membros inferiores. Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em ciências aplicadas à Oftalmologia e Cirurgia. Universidade Federal de Minas Gerais; 2019.

