

Métodos não Invasivos: Doppler Ultra-som e Pletismografia

Solange Seguro Meyge Evangelista

]

INTRODUÇÃO

Pacientes com queixas de dor, edema e úlcera de MMIIS são freqüentes nos consultórios e clínicas de angiologia. É necessário, então, saber se há acometimento venoso; se do sistema superficial, profundo ou ambos; se por oclusão, refluxo ou ambos. Informações quantitativas podem auxiliar no prognóstico e planejamento terapêutico. É preciso confirmar ou afastar a suspeita da doença venosa, verificar sua extensão anatômica e quantificar a alteração funcional do membro acometido.

O doppler de onda contínua e a pletismografia a ar (figura 1) acrescentam dados importantes para a resposta a essas questões, quando somados à história e ao exame físico. A pletismografia a ar está hoje se incorporando à rotina clínica. Trata-se de um exame não invasivo e de baixo custo, que permite completa análise hemodinâmica do membro. Além disso, é bem tolerada pelo

paciente e facilmente executada por examinador bem treinado. Nenhum método de diagnóstico isoladamente é capaz de nos fornecer as informações completas e necessárias ao entendimento da fisiopatologia da IVC, tornando-se necessário lançar mão de vários testes combinados que forneçam informações anatômicas e funcionais. Assim, a habilidade em conduzir uma abordagem apropriada dos portadores de IVC através dos diferentes métodos de avaliação, levando a um diagnóstico correto, e obtendo as informações necessárias nas decisões clínicas, depende do conhecimento das capacidades e limitações dos exames.



Figura 1 - Laboratório vascular com os aparelhos de doppler e pletismógrafo a ar. O pletismógrafo está conectado a um computador onde é registrado na tela o gráfico dos testes e a uma impressora para emissão dos laudos dos exames.

Embora a venografia e medida da pressão venosa ambulatorial (PVA) estejam estabelecidas na investigação da doença venosa, elas são invasivas, demoradas e de custo mais elevado.¹

Enormes avanços ocorreram recentemente nos métodos pletismográficos, em particular na pletismografia a ar através da utilização de recursos da informática. Esses métodos baseiam-se em detectar pequenas variações volumétricas no membro. Abordaremos os métodos pletismográficos para o estudo da doença venosa com ênfase para a pletismografia a ar, que é o método funcional que mais utilizamos no momento.

Sua aplicação no diagnóstico da doença venosa é baseada na premissa de que mudanças no volume do membro são quase sempre devidas a mudanças no conteúdo do sangue venoso. Embora essa técnica exista há muitas décadas, após Christopoulos e Nicolaides introduzirem o pletismógrafo a ar calibrado em 1980, este se tornou muito útil na avaliação venosa hemodinâmica. É atualmente calibrado de forma automática, associado aos avanços de informática em pletismógrafos desenvolvidos no Brasil. Essa técnica de avaliação, sua validação, reprodutibilidade e resultados em voluntários normais e em pacientes com doença venosa superficial ou profunda já foram apresentados em detalhes previamente^{2,3} (Tabela 1).

Tabela 1 - Reprodutibilidade das medidas da pletismografia a ar Christopoulos² et al 1988 e Yang³ et al 1997.

Item	Coeficientes de variação, %.	
	Christopoulos	Yang
VV, ml	10,8 a 12,5	7,0%
VFT90, sec.	8 a 11,5	8,96%
EV, ml.	6,7 a 9,4	10,30%
RV, ml.	6,2 a 12,0	8,09%
VFI, ml/sec.	5,3 a 7,9	13,40%
EF, %.	2,9 a 9,7	10,73%
RVF, %.	4,3 a 8,2	9,50%

Br J Surg 1988;75:352-56. J Vasc Surg 1997;26:638-42.

DOPPLER DE ONDA CONTÍNUA

É um método não invasivo transcutâneo de detecção do fluxo sanguíneo com o ultra-som, usando o efeito *doppler*. Este se aplica na mudança de frequência causada pela velocidade dos elementos figurados do sangue. O feixe de ultra-som é gerado por cristal piezelétrico e o feixe refletido, com frequência alterada pelo movimento das partículas, é captado por outro cristal semelhante. Os dois cristais são envolvidos numa haste e ligados ao aparelho.

É usado na rotina clínica logo após o exame físico, fazendo parte da avaliação inicial. Existem dois tipos de aparelho de *doppler*:

- Doppler* de onda pulsátil - Utiliza transdutor com apenas um cristal que emite e recebe alternadamente o feixe ultra-sônico.
- Doppler* de onda contínua - Há dois tipos: o direcional e o não-direcional. Sua frequência está entre 5 e 10 MHz. A frequência mais baixa tem maior poder de penetração nos tecidos, sendo, por isso, usada para estudo dos vasos mais profundos, como femorais e poplíteos. A frequência mais alta tem menor poder de

penetração mas melhor definição, sendo usada para vasos distais dos membros.

Doppler ultra-som na avaliação venosa

Método do exame. O paciente deve ser examinado em posição supina, com joelho levemente fletido e a coxa em rotação externa com o dorso elevado a 30 graus para intensificar o som (figura 2). O examinador escuta os sinais do *doppler* nas veias femoral comum, medial à artéria femoral, veia femoral superficial, poplítea e tibial posterior e veia safena interna ao nível maleolar, no terço médio da perna, no nível do joelho e terço médio da coxa, com a sonda formando um ângulo de 45° graus com a horizontal.



Figura 2 - Estudo com *doppler* da veia poplítea com sonda de 4 MHz. Observe o posicionamento do membro com abdução da coxa e discreta flexão do joelho.

Interpretação dos resultados

O fluxo venoso normal ao *doppler* de ondas contínuas produz um som espontâneo de baixa frequência, que lembra o vento soprando. Quando o sistema venoso está patente, livre de oclusões, este som venoso é espontâneo e fásico com os movimentos respiratórios, desaparecendo ou diminuindo com a inspiração devido ao aumento da pressão intra-abdominal e reaparecendo ou aumentando na expiração. Deve-se procurar posicionar a sonda de modo a conseguir o melhor sinal. Geralmente conseguimos melhor som com a sonda do aparelho inclinada a 45 graus com a horizontal.

O achado deste som fásico e que efetua um ciclo com os movimentos respiratórios de caráter espontâneo assegura que os

segmentos venosos proximais ao local avaliado estão pÉrvios funcionalmente. Quando o paciente realiza a manobra de valsalva, não detectamos refluxo nas veias avaliadas nem observamos um refluxo de curta duração até o fechamento valvar. Manobras de compressão manual e relaxamento são utilizadas. Ao se comprimir em direção distal ao ponto examinado, obtemos um aumento do som e, ao liberarmos a compressão, não ouviremos som se as válvulas estiverem competentes. Ao se comprimir em direção proximal ao ponto examinado, não ouviremos som se não houver refluxo e, ao liberarmos a compressão, não ouviremos som aumentado na ausência de oclusão. Essas manobras devem ser feitas com delicadeza e repetidas nos diversos pontos avaliados.

As veias tibiais posteriores e safenas devem ser estudadas com sonda de 8 a 10 MHz e as poplíteas e femorais com sonda de 4 ou 5 MHz. Os níveis e segmentos venosos pesquisados são os descritos anteriormente. É fundamental comparar estes pontos com o da mesma veia no membro contralateral.

Avaliamos o paciente em decúbito dorsal, como descrito acima, para pesquisar trombose venosa profunda. Em presença de obstrução, podemos encontrar com o *doppler*, alterações compatíveis com obstrução do segmento venoso subjacente ou segmento proximal ao local examinado:

- ausência de som espontâneo;
- perda do padrão de som fásico com os movimentos respiratórios para um padrão de som contínuo;
- som venoso espontâneo e aumentado em veias superficiais devido ao fluxo através dessas veias colaterais;
- alterações nas respostas às manobras de compressão mencionadas acima.

Se as veias superficiais e profundas estão pÉrvias, ou seja, livres de obstrução, pode ser determinado que:

- a) a manobra de valsalva diminui o fluxo venoso e o som no local da sonda, e o relaxamento da manobra aumenta;
- b) as manobras de compressão manual proximal ao sítio da sonda diminuem o fluxo e o relaxamento aumenta o som;
- c) as manobras de valsalva e compressão manual proximal à sonda aumentam a pressão e causam refluxo se houver válvulas incompetentes entre o local de compressão de maior pressão e o sítio da sonda do *doppler*;
- d) uma compressão distal ao segmento examinado causa aumento do fluxo.

Além de observar presença ou ausência de espontaneidade do som, fasicidade do fluxo e de realizar as manobras descritas, o examinador deve comparar os sinais na mesma localização nas duas extremidades, pois as mudanças ficam mais evidentes.⁴

São causas de erro no diagnóstico de TVP com *doppler*, levando a falso negativo: trombos distais, trombos semi-oclusivos, trombose prévia, duplicação de veia poplítea ou femoral, exame dificultado por edema ou obesidade, compressão extrínseca levando a falso positivo, trombo em apenas uma das veias tibiais posteriores, trombos isolados em veias inacessíveis (ilíaca interna femoral profunda, fibulares, soleares, gastrocnêmias). Um exame com o *duplex scan* deve então ser solicitado sempre que possível em casos de suspeita de TVP para confirmar ou afastar o diagnóstico.

Avaliação do refluxo venoso com o *doppler* de ondas contínuas

O *doppler* para informações sobre presença de refluxo na junção safeno-femoral e safeno-poplítea e no trajeto da veias safenas é realizado com o paciente na posição de pé. O membro a ser avaliado deve estar relaxado, o joelho semifletido e o peso do corpo apoiado no membro não avaliado. O paciente deve se apoiar em uma mesa ou um suporte.

Com a sonda do *doppler* posicionada na junção safeno-femoral, o paciente é solicitado a tossir ou a fazer manobra de valsalva e são realizadas manobras de compressão manual da coxa e panturrilha. Essas manobras produzem fluxo cefálico podendo ser constatado o refluxo quando a compressão manual é liberada rapidamente. Ausência de som detectável nessa liberação significa que não há refluxo na junção safeno-femoral. Se há refluxo, o som é detectável e as manobras de compressão na panturrilha e coxa são repetidas com um garrote colocado na coxa, 10 cm abaixo da junção safeno-femoral. Se o refluxo é assim abolido, significa refluxo da junção safeno femoral; a persistência desse indica refluxo em veia femoral. Na presença de válvula poplítea competente, esse refluxo é geralmente associado a perfurantes incompetentes na coxa.

A junção safeno-poplítea é pesquisada com o paciente de costas, apoiando-se na mesa com o joelho do lado a ser examinado flexionado para relaxar a fossa poplítea (peso no membro oposto). Posiciona-se a sonda do *doppler* na pele da fossa poplítea, ao nível da prega do joelho a um ângulo de 45 graus com a horizontal, quando se ouve também o som da artéria poplítea. Realizamos compressão da panturrilha e ajustamos a sonda para conseguir um bom som. Ausência de som à descompressão rápida da panturrilha significa que não há refluxo. A presença de fluxo distal, ao se aliviar a pressão, indica refluxo na safena externa ou veia poplítea.

O *doppler* responde claramente em mãos competentes se há refluxo na junção safeno-femoral e safeno-poplítea na maioria dos pacientes. Variações anatômicas da veia safena externa, bem como refluxo em veias gastrocnêmicas e na veia de Giacomini, podem ser interpretadas como refluxo safeno ou poplíteo, estando essas veias competentes. Tais deficiências podem ser investigadas pelo *duplex-scan*.

Examinando a veia safena com *doppler* ao nível maleolar, no terço médio da perna, no nível do joelho e terço médio da coxa, com a sonda

formando um ângulo de 45° graus com a horizontal, podemos constatar refluxo em toda a veia ou em segmentos desta. Baseado na localização e extensão encontrada, Koyano⁵ (1988), descreve cinco padrões de refluxo (figura 3):

- a) Tipo 0: safena normal;
- b) Tipo I: insuficiência em toda a extensão da veia;
- c) Tipo II: insuficiência da croça até a região do joelho;
- d) Tipo III: insuficiência da croça até terço superior ou médio da coxa;
- e) Tipo IV: insuficiência apenas da croça e suas tributárias;
- f) Tipo V: insuficiência segmentar entre o médio da coxa e terço superior da perna.

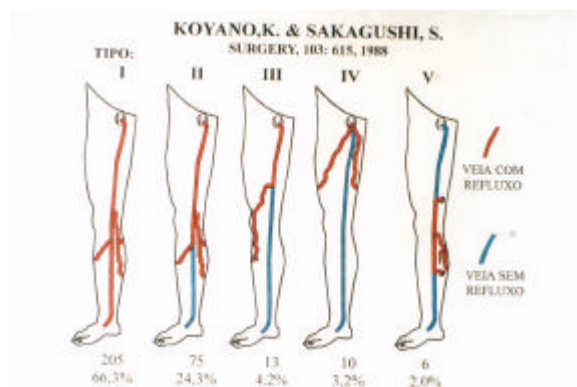


Figura 3 - Os cinco tipos de refluxo descritos por Koyano⁵ (1988); veia com refluxo em vermelho e sem refluxo em azul.

Em relação à avaliação da safena externa, foram descritos os seguintes tipos:

- a) Tipo 0: safena normal;
- b) Tipo I: insuficiência em toda a extensão da veia safena;
- c) Tipo II: insuficiência do terço proximal e médio;
- d) Tipo III: insuficiência apenas do terço proximal;
- e) Tipo IV: insuficiência apenas do terço distal.

Baseadas nesses padrões de refluxo, condutas para cirurgia de safena com preservação de parte ou de toda a veia podem ser planejadas.⁵ O *doppler* nesses casos assume grande importância, principalmente se o *duplex scan* não for possível de ser realizado.

Avaliação do paciente arterial com o *doppler* de ondas contínuas

Uma das aplicações do *doppler* é na avaliação do paciente arterial. A pressão dinâmica do sangue, resultante da contração do ventrículo esquerdo, constitui a energia potencial necessária para mover a massa sanguínea através da árvore vascular. A medida dessas pressões representa um estudo de grande valor do laboratório vascular.

As pressões de repouso devem ser avaliadas após o paciente ter repousado por pelo menos 15 minutos, evitando-se assim medidas após esforço. Devemos realizar as medidas em ambiente tranquilo para evitar elevações da pressão braquial. O segmento examinado deve estar no mesmo nível do coração; a temperatura do laboratório, em torno de 23 graus centígrados.

Pressões de tornozelo

São realizadas usando-se o detector de velocidade de fluxo *doppler* e um esfigmomanômetro com um manguito colocado proximal ao maléolo. O transdutor é posicionado na pele na projeção desta do vaso a ser examinado. Esse procedimento fornece dados no diagnóstico, prognóstico, planejamento terapêutico, na avaliação do tratamento e no acompanhamento dos pacientes.

Realizamos as medidas em artéria tibial posterior ao nível do tornozelo ou em artéria dorsal do pé (figura 4). A pressão não deve diferir mais do que 10mmHg nesses dois locais. Se uma dessas artérias não apresentar som, devemos pesquisar a artéria tarsica lateral, terminação da artéria fibular, anteriormente ao maléolo lateral sobre o osso navicular. A pressão maior obtida nesses

loais é considerada como a pressão de tornozelo. A pressão de tornozelo normal medida nas condições descritas é sempre maior que a pressão em artéria braquial.⁶



Figura 4 - Medida de pressão de tornozelo na artéria tarsica lateral, terminação da artéria fibular, anteriormente ao maléolo lateral. É importante que o examinador tenha o braço e mãos levemente apoiados para evitar erros provocados por pequenos deslocamentos da sonda do doppler.

Como a pressão de tornozelo varia com a sistêmica, emprega-se um índice, obtido dividindo-se o valor da pressão sistólica na artéria estudada pela pressão sistólica braquial. É denominado como índice de tornozelo. Esse parâmetro tem grande valor na avaliação e acompanhamento dos pacientes arteriais. Podemos observar na tabela 2 o índice pressórico em pacientes normais e nos portadores de doença arterial nos quatro diferentes graus.⁶

Tabela 2 - Índices pressóricos de tornozelo em indivíduos normais e em portadores de patologia arterial oclusiva nos quatro diferentes graus (Bonamigo,1991:204).

Situação	Índice pressóricos		
	Yao	Ouriel	Fonseca
Indivíduos jovens e sádios	1,11 (DP 0,1)	1,09 (EP 0,01)	-
Assintomáticos com evidências arteriográfica de doença arterial	-	1,05 (EP 0,04)	-
Claudicação intermitente	0,59 (DP 0,15)	0,65 (EP 0,02)	0,50* (DP 0,11)

			0,61** (DP 0,11)
Dor em repouso	0,26 (DP 0,13)	0,36 (EP 0,02)	-
Lesão isquêmica	0,05 (DP 0,08)	0,41 (EP 0,03)	0,38* (DP 0,13)
			0,51** (DP 0,14)

* Doentes sem diabetes mellitus

**Doentes com diabetes mellitus

Medidas de pressões segmentares

As pressões dos membros inferiores podem ser avaliadas em quatro níveis. Para medir as pressões abaixo do joelho e no tornozelo, usamos manguitos de 12,5 cm de largura por 40 cm de comprimento. Para avaliarmos as pressões acima do joelho e no terço proximal da coxa, empregamos manguito de 12,5 cm por 55 cm de comprimento. Em seguida, repetimos a medida de pressão em coxa alta com manguito de 17 cm por 66 cm de comprimento. A discrepância entre a largura do manguito e circunferência da coxa resulta em pressões falsamente elevadas. O comprimento deve ser igual ou maior que a circunferência do segmento avaliado.

Na maioria dos indivíduos normais, as pressões de coxa alta medidas de forma não invasiva excedem de 20 a 40 mmHg as pressões em artéria braquial. Valores menores sugerem oclusão ou estenose aórtica, ilíaca ou em artéria femoral comum. A oclusão concomitante de femoral superficial e profunda leva à diminuição da pressão de coxa alta, mas não à oclusão de femoral superficial isoladamente. Rutherford⁷ e colaboradores publicaram que o método de medidas das pressões segmentares (figura 5) apresentou uma acuidade de 86%.



Figura 5 - Avaliação das pressões segmentares. Os manguitos estão posicionados para medir nos níveis : tornozelo, abaixo e acima do joelho e coxa alta. O manguito para avaliação da pressão de hálux também está posicionado.

Para avaliarmos a doença arterial distal a esse segmento, as pressões segmentares são de grande valor (figura 6). Gradientes de pressão acima de 30mmHg entre coxa alta e acima do joelho indicam estenose além de 50% em artéria femoral superficial. Gradientes de pressão maiores que 30mmHg, entre acima e abaixo do joelho, indicam estenose em artéria femoral superficial ou poplítea. Entre abaixo do joelho e nível do tornozelo, indica doença oclusiva tíbio-fibular hemodinamicamente significativa.



Figura 6 - Medidas de pressão ao nível do tornozelo e abaixo do joelho. Gradiente elevado de pressão indica doença oclusiva tíbio-fibular hemodinamicamente significativa.

Na medida das pressões segmentares gradientes maiores que 30mmHg entre dois segmentos indica estenose ou oclusão significativa no segmento arterial avaliado. Entre 20 mmHg e 30 mmHg, indicam dúvida e valores menores não são significativos.

Valores medidos de pressões extremamente altas indicam calcificações das artérias.

Gradientes normais em membros com oclusão arterial significam estenoses que não são hemodinamicamente significativas.⁸

Pressões de artelhos (figuras 7a e 7b). A medida de pressão sistólica do hálux apresenta maior sensibilidade no prognóstico de cicatrização de lesões isquêmicas do que a pressão de tornozelo. As calcificações que provocam leitura de pressão falsamente elevada raramente ocorrem nos artelhos. Usamos o fotopletismógrafo para avaliar as pressões digitais. Ramsey e colaboradores encontraram índice hálux/braço de $0,72 \pm 0,19$ em membros assintomáticos, $0,35 \pm 0,15$ em claudicação intermitente e $0,11 \pm 0,10$ em membros com lesões isquêmicas ou dor de repouso. Definiram ainda as pressões sistólicas de artelho abaixo de 30mmHg como indicativas de não cicatrização de lesões isquêmicas ou submetidos a amputações digitais ou transmetatarsianas.⁹



Figura 7a - Avaliação da P de hálux usando a fotopletismografia e um manguito de pressão de 2,4cm de largura.



Figura 7b - Detalhe da foto 7a.



Figuras 8a - Registro fotoplestismográfico.

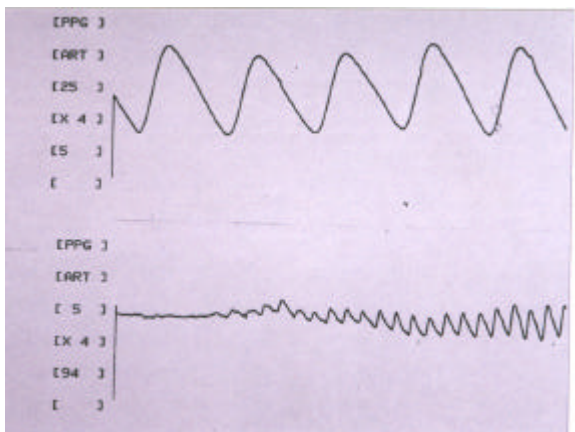


Figura 8b - Registro fotoplestismográfico; no primeiro traçado observa-se a fase de ascensão rápida da curva seguida de outra mais lenta, ondas de grande amplitude.

Diminuição do componente dicrotótico; no segundo traçado observamos a avaliação da P de hálux usando a fotoplestismografia. P de hálux=94mmHg, determinada no momento em que reaparecem as ondas. P em artéria braquial 150mmHg. Índice hálux E/braço 94/150=0,65.

Pressão sistólica do pênis. É importante na avaliação da circulação pélvica em pacientes com lesão aterosclerótica do segmento aorto-ilíaco. Para medirmos a pressão do pênis, devemos usar manguito de 2,5cm de diâmetro e *doppler* contínuo ou fotoplestismografia. Índices menores que 0,60 são compatíveis com impotência de origem vascular. Essa avaliação de pressão auxilia no planejamento de cirurgias do segmento aorto-ilíaco.

Análise das curvas de velocidade de fluxo

Podemos obter com o *doppler* de onda contínua, direcional e dotado de registro gráfico, traçados das curvas de velocidade do fluxo arterial. O transdutor é posicionado na artéria femoral na região inguinal, na artéria poplítea na fossa poplítea, na artéria tibial anterior na região retromaleolar interna e na artéria pediosa no dorso do pé (figura 9) Para avaliação da poplítea, o paciente faz leve rotação da coxa e pequena flexão do joelho. A morfologia normal dessas curvas é trifásica. A primeira fase é uma onda de grande amplitude ocasionada pela sístole do ventrículo esquerdo que imprime velocidade ao sangue. Quando a onda atinge a linha de velocidade zero, inicia-se a segunda fase da curva, que é negativa, indicando que o sangue reverte no vaso com o início da diástole. O fluxo reverso se deve ao fechamento das cúspides da aorta e contração elástica das grandes artérias após a distensão sistólica, no início da diástole. Ainda na diástole, o fluxo se torna anterógrado, dando origem à terceira fase da curva, que é positiva. A segunda e terceira fases tem amplitudes menores que a primeira fase. O examinador pode distinguir essas fases da curva pelo sinal de áudio.



Figura 9 - Avaliação para se obter traçados das curvas de velocidade do fluxo arterial com o doppler de onda contínua, bidirecional e dotado de registro gráfico. Transdutor posicionado na artéria tibial anterior direita, sonda de 8 MHz.

Uma obstrução dos diversos segmentos arteriais causa modificações no contorno da curva ou faz desaparecer a segunda fase. Em estenoses mais acentuadas, ao se examinar uma artéria em região distal à oclusão, onde o fluxo se deve ao reenchimento por colaterais, observamos que os movimentos de subida e descida da primeira fase da curva diminuem muito e se tornam arredondados, com desaparecimento da segunda e terceira fase. É a curva monofásica. A alta velocidade causada por uma estenose pode ainda dar origem a altas frequências e provocar o desaparecimento da segunda fase de fluxo reverso, dando origem à curva bifásica.

Distalmente a uma obstrução ou estenose hemodinamicamente significativa, a curva de velocidade será monofásica, de amplitude tanto mais baixa quanto maior a resistência da rede de circulação colateral (figura 10).

A análise das curvas de velocidade é, portanto, importante na determinação de presença ou ausência de lesão arteriais estenóticas.

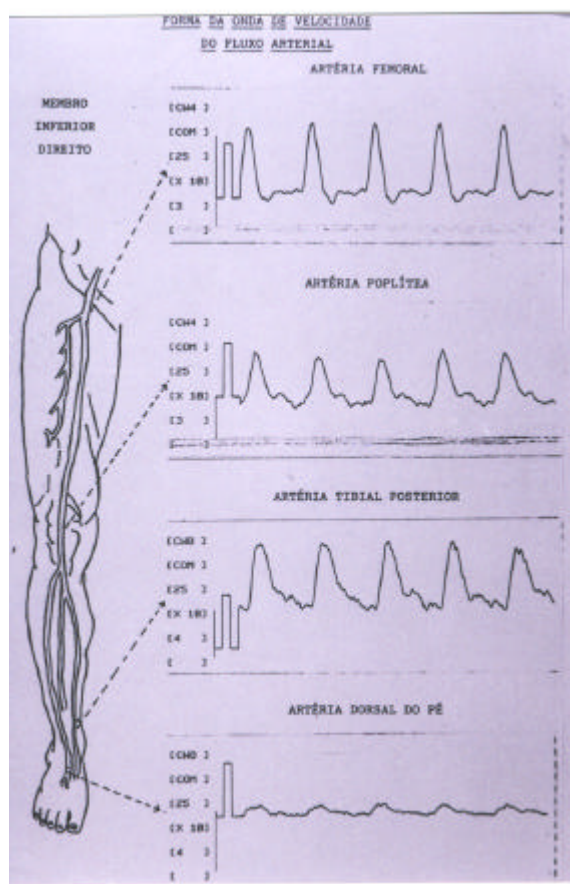


Figura 10 - Traçados das formas das ondas de velocidade do fluxo arterial obtidos com o doppler de onda contínua, bidirecional, em artérias do membro inferior direito. a) Artéria femoral comum com morfologia de onda trifásica, acentuado ângulo de subida e descida, segunda fase negativa e terceira fase novamente positiva. b) Artéria poplítea com discretas alterações de forma, com fase negativa retardada na diástole. c) Artéria tibial posterior com fluxo diastólico muito afastado da linha de base indicando baixa resistência ao fluxo arterial. d) Artéria dorsal do pé com onda monofásica, traçado achatado, amplitude baixa e pico arredondado.

PLETISMOGRAFIAS

O que é pletismografia a ar (PGA) e sua calibração

A pletismografia a ar mede, de forma não invasiva, as variações absolutas de volume sanguíneo na panturrilha em mililitros. O protocolo² desse exame foi desenvolvido por Christopoulos e Nicolaides na década de 80.

O pletismógrafo a ar utilizado consiste em um manguito de poliuretano de 35 cm de comprimento e aproximadamente 5 litros de capacidade, que envolve toda a extensão da

perna desde o joelho até o tornozelo. O manguito é inflado com ar automaticamente até uma pequena pressão de contato e está conectado a um transdutor de pressão, amplificador e registrador gráfico. A leitura do exame é realizada em uma curva de um gráfico que registra volume na ordenada e tempo na abscissa. O equipamento é calibrado para medir as variações absolutas de volume sanguíneo da perna em mililitros.¹⁰ Variações no volume da perna, como resultado do enchimento ou esvaziamento das veias com a mudança de postura ou exercício, produzem mudanças correspondentes no manguito de ar. A PGA registra essas variações de volume com exatidão.

O aparelho que utilizamos é o "SDV 3000" da marca "Angiotec". Atualmente, com a utilização de recurso da informática, esse sistema está automatizado em computadores com programas de última geração, facilitando a técnica do exame e aumentando a sua precisão.

Para a realização do exame, a temperatura do laboratório deve estar em torno de 23 graus centígrados. A maca de exame deve ter uma altura próxima de 55 cm para facilitar a mobilização do paciente da posição supina para ortostatismo. A realização dos testes requer cooperação do paciente e capacidade de fazer os exercícios padronizados.

Durante a realização do exame, deve-se observar o relaxamento muscular do membro avaliado na posição de pé e ter cuidado com o manguito para que não toque em objetos.

Como é a apresentação dos resultados dos testes e sua interpretação

Os resultados são visualizados na tela do computador e/ou impressos em um laudo. O computador realiza todos os cálculos necessários a partir de marcas que são colocadas nos gráficos. Os resultados e as curvas são armazenados no computador.

Avaliação hemodinâmica da IVC com a pletismografia a ar

A pletismografia a ar (PGA) é realizada com o paciente em posição supina, estando a perna elevada a 45° e o joelho levemente fletido para esvaziamento das veias. O pé é apoiado em um suporte. O manguito de ar é inflado automaticamente a uma pressão selecionada de 6 mmHg que permite um bom contato com a pele e mínima oclusão das veias. Um valor basal é obtido e então o paciente é solicitado a se levantar auxiliado pelo examinador, apoiando-se na posição de pé no membro não avaliado. Utiliza-se um andador no qual o paciente apoia as mãos (figura 11). O aumento do volume da perna é então observado até chegar a um platô, indicando que as veias estão cheias. A diferença entre o volume inicial e o volume no platô representa o volume venoso funcional (VV). O tempo gasto para se alcançar 90% desse enchimento foi definido como o tempo de enchimento venoso 90 (TEV 90). O índice de enchimento venoso (IEV) é obtido da fórmula: $IEV = 90\% VV / TEV 90$, expresso em ml/s. É a variação de volume produzida no membro dividida pelo tempo correspondente em segundos, na passagem da posição deitada para a posição de pé (figura 12).



Figura 11a - Manobras e métodos de se realizarem essas medidas de volume para registro. Na parte superior direita observa-se o aspecto gráfico da curva desta fase.



Figura 11b - Manobras e métodos de se realizarem essas medidas de volume para registro. Na parte superior direita observa-se o aspecto gráfico da curva desta fase.

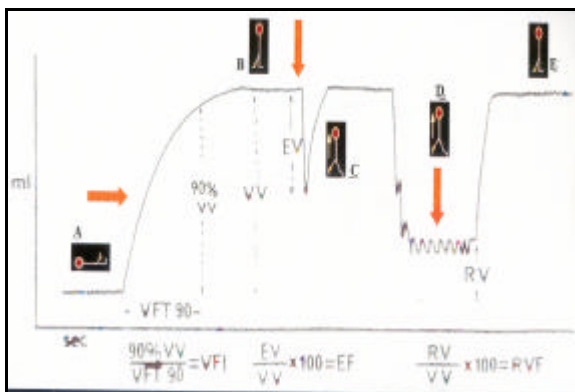


Figura 12 - Representação em diagrama de um registro típico de uma mudança de volume durante uma sequência padronizada de mudança de postura e exercício. a) Paciente em posição supina com pernas elevadas a 45 graus. b) Paciente de pé com apoio do peso no membro não avaliado. c) Paciente realizando uma flexão plantar. d) Realizando 10 movimentos de flexão. e) Retorna a posição de repouso de pé como em B. VV= volume venoso, VFT (TEV)= tempo de enchimento venoso, VFI (IEV)= índice de enchimento venoso, EV(VE)= volume ejetado, RV(VR)=volume residual, EF(FE)=fração de ejeção, RVF(FVR)=fração de volume residual Christopoulos et al, 1987.

A curva de um exame normal sobe lentamente pelo enchimento arterial e a curva do exame patológico sobe rápido, indicando enchimento

pelo refluxo. Essa fase do exame informa, portanto, presença ou ausência de refluxo venoso e quantifica a severidade deste.

Na sequência do exame, o paciente avaliado é solicitado a apoiar nos dois pés no chão, a realizar um movimento de flexão plantar, provocando a contração da musculatura da panturrilha, e a retornar ao repouso ou relaxamento do membro avaliado. A queda que se observa na curva é o volume ejetado (VE), resultado da contração muscular da panturrilha, Figura 12C. Após esse movimento, um novo platô é atingido, geralmente mais elevado que o inicial, e o paciente realiza 10 movimentos de flexão plantar, numa velocidade de um movimento por segundo, Figura 12D. O decréscimo de volume observado é também anotado. O volume residual (VR) é calculado a partir do valor basal final em relação ao volume restante ao término dos movimentos. A fração de ejeção (FE) é calculada a partir de: $EF = (VE/VV) \times 100$ e a fração de volume residual (FVR) a partir de: $FVR = (VR/VV) \times 100$. Figura 12E.

Há uma reprodutibilidade das medidas expressas em percentuais: IEV, FE, FVR, todas tendo um coeficiente de variação¹¹ menor que 10%.

Foi demonstrado que existe uma correlação linear entre a pressão venosa ambulatorial (PVA) e a FVR, indicando que uma estimativa da PVA pode ser obtida não invasivamente pela FVR com a plestismografia a ar.¹²

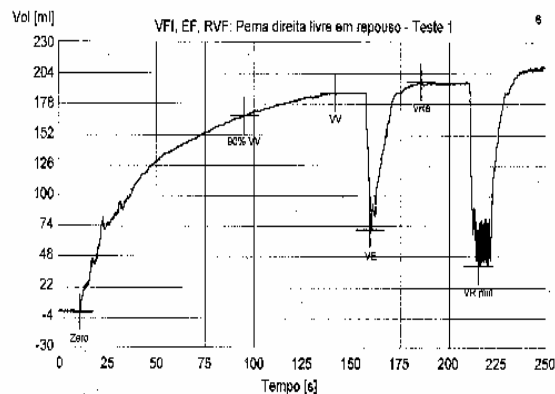


Figura 13 - Exemplo de um exame normal para as avaliações descritas acima.

As informações funcionais que são fornecidas nas diversas fases do teste descrito são importantes para a avaliação clínica e decisão terapêutica. Indicam a alteração hemodinâmica através dos parâmetros do teste conforme descrito a seguir:

- a) capacitância venosa;
- b) função valvar e refluxo;
- c) bomba muscular da panturrilha;
- d) hemodinâmica integral: eficiência da bomba muscular da panturrilha, refluxo, oclusão.

Capacitância venosa - Volume venoso (VV)

Com a pletismografia a ar, o volume venoso (VV) pode ser avaliado. As veias dos MMII podem dilatar e contrair, formando um sistema de capacitância o qual contém um volume de sangue variável de acordo com a posição do membro, a atividade da bomba muscular e integridade das valvas venosas e a totalidade do volume de sangue. O tamanho e a variabilidade desse reservatório podem ser estudados pela pletismografia a ar e assumem papel importante na disfunção venosa. Em pacientes pós-trombóticos pode estar diminuído. Aumenta nos pacientes com doença venosa conforme a severidade desta (100 a 350ml).^{2,13}

Função valvar - Índice de enchimento venoso. (I EV)

O IEV é uma medida da taxa de enchimento médio das veias expressa em ml/s. Este teste nos fornece uma idéia do grau de disfunção valvar que leva ao refluxo. Nos valores clássicos da literatura considerados normais, o VFI é menor que 2 ml/s em membros normais que se enchem lentamente pela circulação arterial. Aumenta em membros com refluxo, nos quais ele é maior que 2 ml/s.

Realizamos o exame bilateral e comparamos os resultados dos dois membros do paciente. Esse índice como um valor preditivo é importante no prognóstico do paciente.

A medida do índice de enchimento pode ser repetida após a colocação de um garrote posicionado acima do joelho, com a cunha de compressão no trajeto da veia safena, ou de um manguito de pressão de insuflação automática acoplado ao aparelho, impedindo o refluxo do sistema venoso superficial. Obtêm-se assim valores preditivos para a diminuição do refluxo com a cirurgia venosa superficial e uma previsão quantitativa do ganho hemodinâmico a ser alcançado com a cirurgia de varizes. A colocação de garrotes ou manguito de pressão tem a finalidade de bloquear o refluxo venoso superficial.

O IEV diminui com oclusão superficial em insuficiência de veia safena magna, de perforantes acima do torniquete ou ambas. Falhas nesta resposta em diminuir se devem à insuficiência do sistema venoso profundo, comunicantes abaixo do torniquete e ou insuficiência de parva. Essa avaliação é útil no pré-operatório da cirurgia de varizes de MMII para se predizer o benefício na alteração da hemodinâmica venosa com esse procedimento.

Capacidade de ejeção da bomba muscular da panturrilha - Fração de ejeção (FE)

A fração de ejeção fornece-nos uma idéia do retorno venoso durante a atividade física. Alterações como oclusão ou refluxo em veias profundas e/ou perforantes resultam em menos sangue ejetado.^{10,14}

Para entendermos melhor a avaliação funcional que nos é oferecida com o parâmetro da fração de ejeção pela pletismografia a ar, é requerido uma pequena revisão do funcionamento da bomba muscular da panturrilha. É necessário na eficiência deste funcionamento:

- a) válvulas venosas competentes superficiais e profundas;
- b) veias patentes;
- c) integridade neurológica e muscular;
- d) tendão, cápsula articular, ligamentos, cartilagem sem alterações limitantes;

- e) boa amplitude da articulação de tornozelo, o que é muito importante na fração de ejeção;
- f) volume venoso adequado.

Uma bomba muscular adequada auxilia o retorno venoso durante a atividade física. Este coração periférico que é a panturrilha, reduz a pressão hidrostática venosa do paciente de pé, parado, de 100 mmHg a valores próximos a 0-30mm Hg, ao ejetar o sangue durante o exercício. Essa redução cíclica de pressão com a contração no exercício permite uma melhor irrigação dos tecidos da perna. Uma falha nos fatores necessários ao funcionamento eficiente da bomba, provoca um regime de hipertensão venosa permanente. Em casos de refluxo, no início do quadro, o coração periférico tenta compensar a sobrecarga de volume das veias dilatadas ejetando um volume de sangue maior. Com o agravamento do refluxo, ocorre, após um tempo, uma deterioração da bomba que se torna insuficiente para promover essa redução cíclica para 0 a 30 de pressão. Instala-se, dessa forma, um quadro de hipertensão venosa crônica permanente e que se agrava, levando aos sinais e sintomas de insuficiência venosa. Essa pressão se transmite à microcirculação, gerando o seqüestro leucocitário dos capilares e as reações imunocitoquímicas que levam às lesões tróficas. Tal elevação da pressão venosa ambulatorial é prognóstica para ulceração. Para medidas de pressão menores que 30mmHg, temos 0% de ulceração e em maiores que 90mmHg, 100% de ulceração.¹¹

A fração de ejeção fornece-nos uma idéia deste retorno venoso durante a atividade física e das alterações que resultam em menos sangue ejetado.

A FE diminui na doença venosa, principalmente em oclusão profunda e quando há fatores que determinam uma diminuição da função de bomba da panturrilha. Uma fração de ejeção de 30 a 70% é observada em membros com veias varicosas primárias, e pode ser tão baixa como 10% na doença venosa profunda (Christopoulos et al., 1987). A incidência de

ulceração está também relacionada com a FE. Uma boa FE (>40%) está associada a uma baixa incidência de ulceração em membros com refluxo acentuado e uma baixa FE (<40%) pode determinar a ulceração em membros com mínimo refluxo.¹⁴ Nesse sentido, esta avaliação pode nos direcionar além da correção do refluxo, no propósito de melhorar a FE do paciente na conduta terapêutica.

Pressão venosa ambulatorial não invasiva: FVR

A combinação do efeito de oclusão venosa e/ou refluxo venoso e da bomba muscular da panturrilha, ou seja, dos fatores que determinam a pressão venosa são avaliadas pela medida do volume residual (VR) e da fração de volume residual (FVR).

Ao ser ejetado o sangue durante a atividade física, há uma redução da pressão venosa de ortostatismo que é em torno de 100 mmHg (paciente de pé pela coluna hidrostática) para valores próximos a 0 a 30 mmHg. Essa redução cíclica da pressão com a contração de exercício facilita a nutrição e circulação nos tecidos. A medida da FVR se correlaciona diretamente e de forma linear com a medida invasiva da pressão venosa ambulatorial, podendo esta ser estimada de maneira não invasiva. Correlaciona-se também com a incidência de ulceração, membros com a FVR<30% esta é zero, e uma incidência de ulceração de 88% para FVR>80%.¹⁵

O valor normal da FVR < 35% e do volume residual de 30-55ml correspondem ao da PVA<40mmHg.

Essas avaliações funcionais estão exemplificadas no caso clínico mostrado na figura 20.

Valor prognóstico da Pletismografia a Ar

A incidência de ulceração a que o paciente está submetido pode ser obtida através de um gráfico no exame da PGA que avalia o IEV (Função valvar) em relação à FE (função da bomba muscular). Podemos ainda fazer uma previsão no resultado do tratamento, calculando essa incidência com oclusão

superficial e uso de suporte elástico. Pacientes com aumento de valores de IEV e FE normal parecem ser melhores candidatos a procedimentos anti-refluxo. Em pacientes com úlcera e insuficiência venosa, podemos confirmar essa etiologia ao quantificar um refluxo que pode ser relacionado com a gravidade da doença e a incidência de úlcera (figuras 14, 15 e 16).

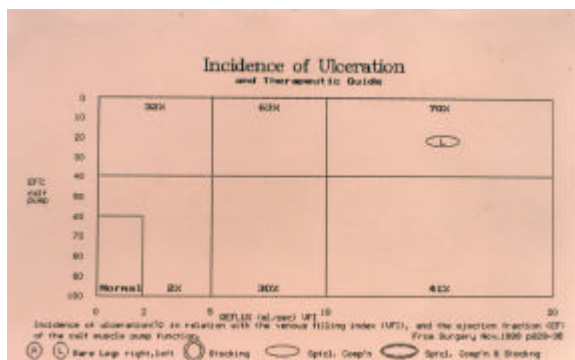


Figura 14 - Incidência de ulceração em relação ao índice de enchimento venoso (IEV) e a fração de ejeção (FE) da bomba muscular da panturrilha em 175 membros com problemas venosos. Nicolaides e Summer, 1991. Observar no gráfico que a incidência de ulceração aumenta com o refluxo e com um decréscimo na função de bomba.

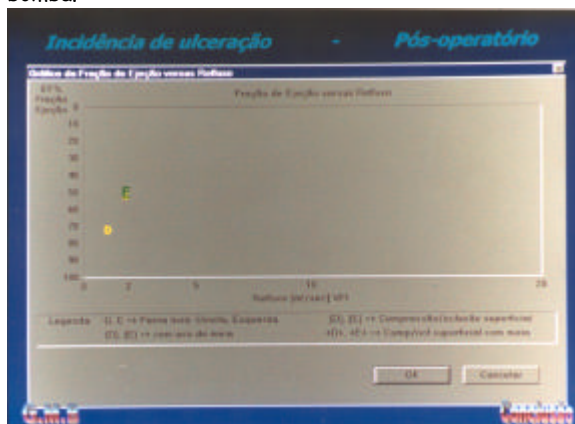


Figura 15 - Pré-operatório de cirurgia de varizes. Incidência de ulceração em MID e MIE. O MID se encontra dentro da faixa de normalidade. O MIE apresenta refluxo acima de 5ml/s e fração de ejeção menor que 40%. A incidência de ulceração é portanto de 63%.

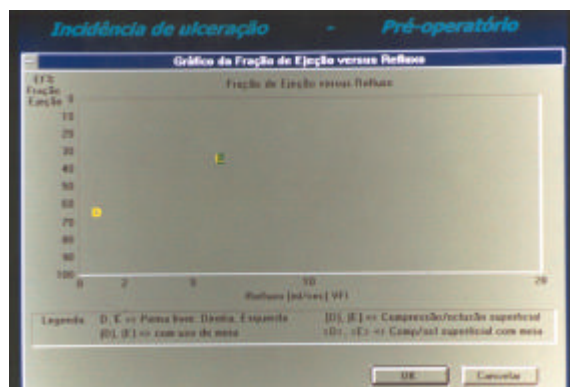


Figura 16 - Pós-operatório. A incidência de ulceração no MIE diminui para 2% com a correção do refluxo.

Os pacientes com refluxo acentuado e boa função de bomba apresentam menor incidência de ulceração que os com bomba inadequada.

Pletismografia a ar no diagnóstico e acompanhamento da TVP

Medida da fração de esvaziamento venoso (FEV)

Muitos testes são usados na investigação da obstrução ao esvaziamento venoso apenas em pesquisa ou em grandes centros interessados em fisiologia e cirurgia venosa.

O *duplex scan* é considerado como padrão ouro para diagnóstico da presença de doença e sua distribuição anatômica. A diferença de pressão pé-braço desenvolvida por Raju (1991) é um excelente teste para estudo da oclusão venosa, embora não seja de uso geral e apesar de seu caráter semi-invasivo. A pletismografia a ar ganha espaço nessa avaliação, com o teste da fração de esvaziamento venoso, devido a sua simples execução e caráter não invasivo.

A medida do esvaziamento venoso é obtida pela pletismografia a ar com o paciente em posição supina, para esvaziamento das veias, insuflando-se automaticamente um manguito no terço proximal da coxa, a uma pressão de 70 mmHg (figura 17). O volume sanguíneo aumenta até se estabilizar com o enchimento da perna pelo leito arterial, pois o manguito impede a drenagem venosa. Ao atingir a estabilização do volume sanguíneo no membro, observa-se um platô na curva que está sendo registrada. O manguito da coxa é então

rapidamente liberado e a curva de esvaziamento venoso é registrada. A rápida redução no volume é o resultado do esvaziamento venoso. Uma queda lenta na curva de esvaziamento significa oclusão.



Figura 17 - Posicionamento do paciente para avaliação do esvaziamento venoso. O torniquete acima do joelho foi utilizado na avaliação da drenagem venosa superficial no esvaziamento do membro.

A taxa do volume de sangue que deixa a perna no primeiro segundo (V1) pelo volume venoso total (VVT) multiplicado por cem é a fração de esvaziamento venoso (FEV), expressa em porcentagem ($FEV = V1 / VVT \times 100$). Ela representa a porcentagem de volume de sangue da perna drenado em um segundo. O procedimento pode ser repetido com oclusão da veia safena ou de outras veias superficiais.

A taxa de esvaziamento venoso é diretamente proporcional ao gradiente de pressão presente entre as veias da panturrilha e cava inferior. Usando este teste, Nicolaidis e Sumner, 1991, demonstraram que membros sem evidência de obstrução tem fração de esvaziamento (FEV) maior que 38% do volume venoso medido com o manguito de oclusão inflado, e maior que 35% quando se usa garroteamento superficial. Membros com oclusão moderada¹⁶ têm fração de 30 a 38%, e membros com oclusão severa têm fração de esvaziamento menor que 30% (figura 18).

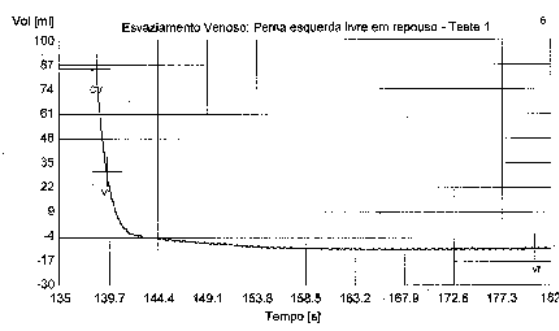


Figura 18 - Curva de um teste de pletismografia a ar para avaliar o esvaziamento venoso. Observar a queda brusca no gráfico após se liberar o manguito. Drenagem venosa normal.

A comparação dos resultados obtidos na FEV do membro acometido com o contralateral é muito importante, funcionando o membro não acometido do paciente como seu próprio controle.

No diagnóstico da TVP na fase aguda, a pletismografia está contra indicada por existir a possibilidade de se deslocar trombos devido à compressão pneumática das veias profundas. Esse teste apresenta diminuição da acuidade para trombos abaixo do joelho que não causam oclusão hemodinamicamente significativa.

Um grande valor da PGA está no acompanhamento da evolução dos pacientes com TVP crônica. Quantificar o grau de oclusão ao esvaziamento venoso, avaliando o fluxo venoso que deixa a perna, é necessário para determinar o impacto do componente obstrutivo na severidade da IVC. A monitorização temporal permite ainda o diagnóstico da retrombose pela diminuição não esperada desses valores numéricos percentuais. Isso é muito importante para se avaliar o resultado de diferentes tipos de tratamento e para entender as mudanças hemodinâmicas na IVC. Com o *duplex scan* em avaliações seriadas, passa a não haver grandes variações do exame com uma estabilização dos trombos antigos, o que dificulta uma avaliação quantitativa a longo prazo.

Na avaliação das seqüelas da TVP podemos detectar o refluxo venoso (IEV) superficial, profundo ou ambos. O teste para a FEV pode

ser feito e repetido com oclusão superficial, para definir o grau de participação das veias superficiais na drenagem venosa do membro. Em caso de drenagem predominantemente superficial, o cirurgião deve ser alertado para ter cautela na indicação cirúrgica da ressecção das veias dilatadas em pacientes com síndrome pós-trombótica.

Na interpretação dos teste é necessário conhecer as seguintes limitações:

- a) falso negativo - Trombos que não causam oclusão hemodinamicamente significativa como trombos isolados em veia femoral profunda, veia ilíaca interna e veias distais da panturrilha ou em casos de duplicação da veia femoral superficial e/ou poplítea com acometimento pelo trombo de apenas um dos ramos da duplicação.
- b) falso positivo - compressão extrínseca por tumor, hematoma, cisto de Baker, gravidez e outras causas fisiológicas ou patológicas de diminuição da drenagem do membro. Nos últimos meses de gestação, o exame deverá ser realizado com a paciente em decúbito lateral para se evitar falso positivo.

Resistência x Pressão

Um conceito introduzido por Raju é a medida da resistência (R) ao esvaziamento venoso. Realiza-se essa medida através da curva do esvaziamento venoso (fluxo) pela pletismografia a ar e uma curva de pressão medida diretamente pelo cateter no dorso do pé, simultaneamente com o manguito do pletismógrafo a ar em volta da perna. A resistência ($R = P/Q$) é calculada dividindo-se a pressão pelo fluxo correspondente em diversos pontos da curva de esvaziamento, sendo expressa em mmHg/ml/min. Ao realizar essa avaliação em um grande número de pacientes com diferentes graus de oclusão, Nicolaides e Sumner encontraram boa separação na curva de $P \times R$ nos vários graus de obstrução correspondente ao gradiente de pressão braço/pé.

Uma relação entre curvas de resistência ao esvaziamento e os graus de obstrução de I a IV foi determinada por Raju.¹⁶

Concluindo, é possível detectar de forma não invasiva a oclusão, verificar sua distribuição anatômica e quantificar sua severidade com o *doppler* contínuo, o *duplex scan* e a pletismografia a ar.

Avaliação da perfusão arterial pela pletismografia a ar

Uma possibilidade de uso da pletismografia a ar é para quantificar a perfusão arterial do membro através do teste de afluxo arterial. Esse teste pode ser utilizado na avaliação objetiva do fluxo sanguíneo para as extremidades e monitorização de resposta desse fluxo à terapêutica medicamentosa, a angioplastia percutânea ou ao *by-pass* fêmoro-poplíteo. Esta avaliação poderá vir a adicionar dados importantes no conhecimento dos pacientes com doença arterial oclusiva (Figura 19).

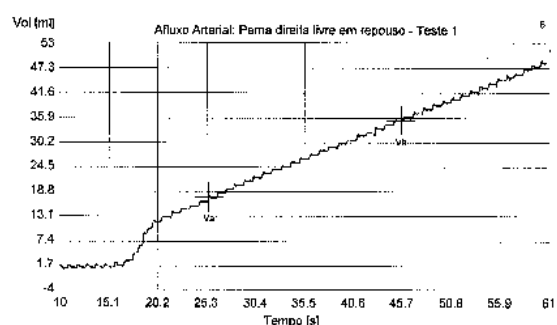


Figura 19 - Curva de um teste para avaliação do fluxo arterial com a pletismografia a ar.

Avaliação de pré e pós operatório de cirurgia de varizes de MMII

Nas figuras de 20 a 26 acompanhamos a avaliação de pré e pós-operatório com a pletismografia a ar de uma paciente portadora de varizes de MMII, dermatofibrose, edema e ulceração, classe 6 da classificação CEAP (Figura 20). Na curva do pré-operatório da figura 21, observa-se um enchimento venoso rápido pela ascendência brusca da curva, um VV aumentado, uma diminuição do VE e um aumento da FVR (quedas discretas na curva). Na avaliação

funcional estes dados demonstram refluxo severo, aumento da capacitância venosa, ineficiência da função de bomba e hipertensão venosa grave, respectivamente. A melhora hemodinâmica com a cirurgia é registrada na curva do pós-operatório, figura 22. Nessa figura observa-se diminuição do refluxo com um enchimento mais lento das veias, melhora da função de bomba pelo maior volume ejetado, e da hipertensão venosa pela diminuição da FVR. Observando a figura 23, constatamos o grande ganho hemodinâmico com a cirurgia através da variação quantitativa objetiva apresentada nos dados numéricos: diminuição do VV, queda acentuada do IEV, aumento do VE e da FE, e diminuição da FVR. No acompanhamento da evolução da paciente cerca de 9 meses depois, há uma melhora da hemodinâmica venosa ainda mais acentuada devido provavelmente ao aumento das atividades físicas e da amplitude da articulação do tornozelo, propiciados pela ausência da dor, edema e da ulceração. A documentação do caso com o *duplex scan* é mostrada nas figuras 24 e 25.



Figura 20 - Paciente portadora de varizes de MMII, dermatofibrose, edema e ulceração.

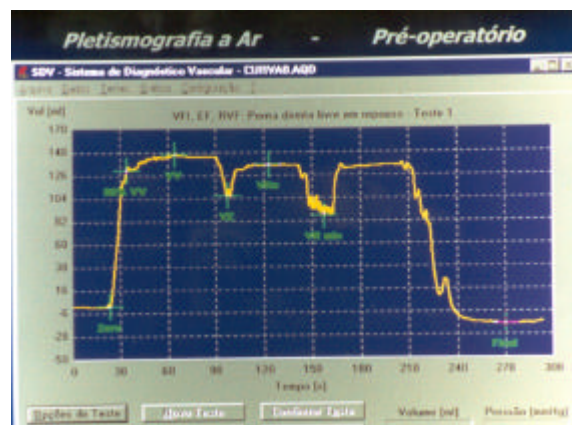


Figura 21 - Na curva do pré - operatório, observa-se um enchimento venoso rápido, um VV aumentado, uma diminuição do VE e um aumento da FVR.

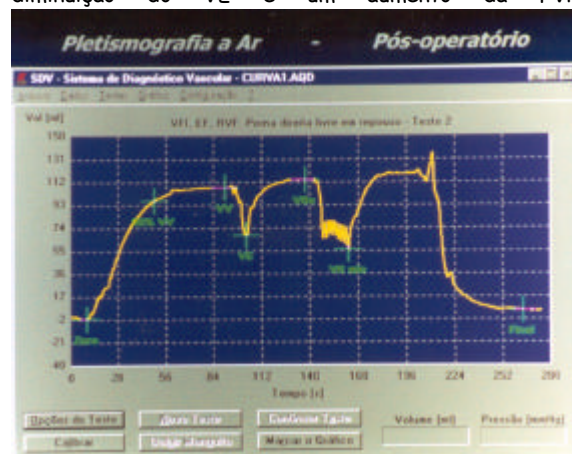


Figura 22 - A melhora hemodinâmica com a cirurgia é registrada na curva do pós operatório. Observa-se diminuição do refluxo com um enchimento mais lento das veias, maior volume ejetado, e melhora da hipertensão venosa pela diminuição da FVR.

Resultados no pré e pós-operatório dos exames de Plestimografia a Ar

	VV [ml]	VFI [ml/seg]	VE [ml]	FE [%]	FVR [%]
Pré-operatório (08/05/98)	146,0	12,12	29,7	20,3	72,0
Pós-operatório (08/06/98)	109,3	2,45	46,4	42,5	46,8
Pós-operatório (09/02/99)	77,1	2,36	58,9	77,7	33,6

Figura 23 - Tabela com os valores de pré e pós - operatório mostrando a melhora em valores numéricos.

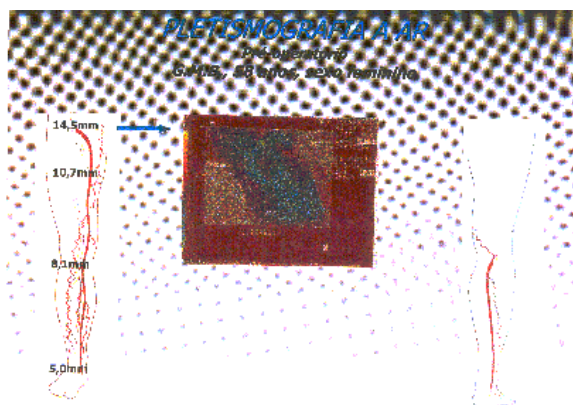


Figura 24 - Duplex pré-operatório mostrando refluxo em todo tronco da safena magna e uma tributária varicosa transferindo o refluxo para parva. Sistema venoso profundo normal.



Figura 25 - Após cirurgia de varizes com preservação da veia safena, trombos na parede da veia em um segmento da coxa. Sem refluxo na femoral no local da ligadura alta da safena.



Figura 26 - Aspecto do membro após a cirurgia.

Aplicações clínicas importantes da pletismografia a ar no auxílio ao angiologista e cirurgião vascular

O método por apresentar uma relação custo benefício favorável, quando comparado com outros exames e ser bem tolerado pelo paciente, é usado em pesquisas e também na rotina clínica propiciando informações importantes:

Oferece diagnóstico diferencial de edema periférico e ulceração: discrimina a insuficiência venosa de doenças cardíacas, arteriais, reumática, linfedema e celulites.¹⁷

Nas doenças combinadas arterial e venosa, pode-se avaliar precisamente, por meio desse exame, o grau de envolvimento venoso e arterial.

Membros com varizes primárias podem ser distinguidos de membros com varizes secundárias à doença venosa profunda. Pode-se determinar se as veias varicosas agem como canais de esvaziamento, realizando o teste com oclusão superficial.

Na doença venosa profunda e superficial combinadas, pode ser avaliada a contribuição na alteração venosa de cada sistema separadamente.¹⁴

A hipertensão venosa é geralmente resultante de oclusão, refluxo ou ambos e uma pobre ejeção da bomba. Pode-se determinar qual a contribuição de cada parâmetro desses e a intervenção cirúrgica apropriada pode ser considerada.

A pletismografia a ar permite uma análise completa da hemodinâmica venosa em todo o membro, somando-se ao *duplex scan* que detecta anormalidades em veias individualizadas.

É também usada na avaliação do pré-operatório da cirurgia de varizes e repetida no pós-operatório para se verificar o ganho hemodinâmico com a cirurgia realizada. Esse exame apresenta ainda a capacidade de prever a eficácia de cirurgias de varizes, e

de acompanhar a evolução do doente após a cirurgia.

Uma outra utilização se refere ao prognóstico da ulceração: prever a recorrência de úlceras de estase e outras seqüelas.

O manguito sensor da perna pode ser aplicado sobre uma meia elástica, determinando o efeito na hemodinâmica do uso da compressão elástica.

Tem aplicação no diagnóstico e acompanhamento da evolução do doente ou história natural da doença.

Fornece índices úteis da severidade das doenças venosas.

É empregada no diagnóstico da obstrução crônica e acompanhamento prolongado do doente. Mede a colaterização das veias superficiais. É também indicada para diagnóstico proximal da trombose venosa profunda.

Seleciona o melhor braço para a confecção de fístula arteriovenosa.

FOTOPLETISMOGRAFIA

A fotopletismografia (PPG) é um método não invasivo de avaliação da função venosa, de fácil execução, que não requer treinamento demorado do operador e que avalia o tempo de reenchimento venoso (TRV), fornecendo um parâmetro objetivo de quantificação do refluxo venoso.

Realizamos a PPG para acompanhar os indivíduos candidatos a cirurgia de varizes primárias tronculares de MMII no pré-operatório e no pós-operatório. Os valores absolutos encontrados nos exames de PPG no pré-operatório são uma medida quantitativa objetiva para verificação, ao se repetir o exame no pós-operatório, da mudança hemodinâmica venosa resultante da cirurgia de varizes. É uma medida quantitativa que informa se a cirurgia de varizes melhorou ou não a hemodinâmica do doente. Os doentes que não apresentam melhora quantitativa de

TRV após a cirurgia venosa devem ser investigados novamente, procurando-se por presença de veias perforantes não identificadas no pré-operatório.

Método

Com o auxílio do "Medacord PVL Enhanced" da "Medasonics Inc.", realizamos os exames de PPG, com o sensor que é posicionado na região posterior ao maléolo medial. Esse transdutor possui um diodo emissor de luz infravermelha e um sensor fotoelétrico que detecta a luz infravermelha refletida no sangue dos capilares da pele.

O doente é posicionado assentado com as pernas pendentes e solicitado a realizar cinco movimentos de dorso-flexão e flexão plantar (figura 27). Seguindo aos exercícios com o pé, o sangue da perna é ejetado e a luz refletida decresce.



Figura 27 - Paciente posicionado para a fotopletismografia, assentado com pernas pendentes.

O tempo de reenchimento venoso (TRV) é medido e registrado em uma curva a partir de uma linha de base. O valor do TRV é uma medida indireta do retorno venoso e da

incompetência de válvulas. Em casos de enchimento do sistema venoso através das válvulas incompetentes, há um retorno anormalmente rápido da curva do exame a linha de base inicial.

Incluimos em nosso método de exame a repetição do teste com a sonda posicionada no terço proximal da perna em sua face medial. O exame realizado com a sonda nas duas posições aumenta a sensibilidade do método¹⁸ para aproximadamente 90%. Consideramos o valor médio obtido após o registro de três curvas como o nosso resultado de exame.

Realizando-se ainda o exame após a colocação de garrotes ou de manguitos de pressão de insuflação automática acoplados ao aparelho, em posições que impedem o refluxo do sistema venoso superficial, obtêm-se valores preditivos para a diminuição do refluxo com a cirurgia venosa (figuras 28a e 28b e Figuras 29a e 29b).



Figura 28a - Membro com varicosidades originadas pela insuficiência da safena parva.



Figura 28b - Membro com varicosidades originadas pela insuficiência da safena parva.



Figura 29a - Curvas da fotoplestismografia no pré e pós-operatório.

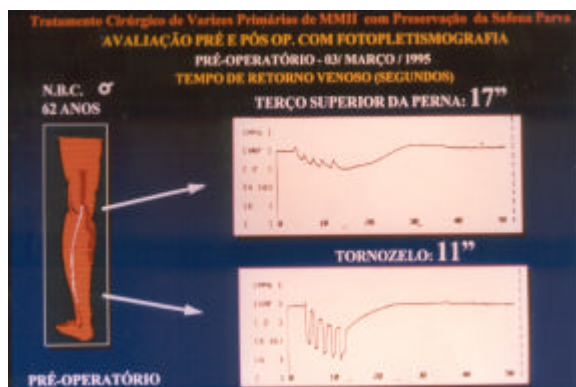


Figura 29b - Curvas da fotoplestismografia no pré e pós-operatório.

No caso apresentado na figura 28, observa-se refluxo em um segmento da parva, que tem diâmetro de 4,9 mm acima da prega poplíteia e recebe ramos varicosos; já abaixo da prega, onde não se observa refluxo, apresenta 1,9 mm de diâmetro. O refluxo vindo da parva altera os valores de TRV no maléolo (11 s.). Abaixo do joelho, o TRV é normal para o doente que tem safena magna competente, sem refluxo (17 s.). No pós-operatório, no exame com a sonda abaixo do joelho, permanecem os valores semelhantes aos encontrados no pré-operatório. Avaliado com a sonda no maléolo, o TRV muda para 18 segundos. Houve um ganho de +7 e melhora de sintomas clínicos.

Sarin¹⁹ compara curvas do exame de PPG com a clínica e com o exame de *duplex scan* em doentes com insuficiência venosa e constata uma boa correlação nos resultados observados: os doentes com insuficiência venosa superficial grave apresentam invariavelmente dados bastante alterados de TRV, sendo esse parâmetro de avaliação considerado confiável.

Conforme normatizado pelos comitês do capítulo norte americano da Sociedade Internacional de Cirurgia Cardiovascular e da Sociedade de Cirurgia Vascular²⁰, os doentes são classificados de acordo com a clínica e o TRV. Podemos utilizar a comparação dos valores de PPG encontrados no pré e pós-operatório e a melhora clínica, para classificar o ganho como resultado da cirurgia venosa. Esta quantificação do refluxo venoso para *avaliação de ganho* com a cirurgia

(aumento de TRV) é recomendada nos trabalhos de pesquisa de avaliação pós-operatória clínico-laboratorial:

- assintomáticos - sem sintomas, melhora laboratorial;
- melhora moderada - sintomas leves e melhora laboratorial;
- melhora leve - melhora laboratorial ou sintomática;
- inalterado;
- piora leve - piora clínica ou laboratorial;
- piora significativa - piora clínica e laboratorial;
- piora acentuada - aparecimento de claudicação venosa.

A PPG é útil para avaliar o refluxo do sistema venoso superficial nos doentes com SVP normal.²¹ A posição da sonda é crucial na avaliação pela PPG.

Observamos em cirurgia de varizes primárias com preservação da veia safena magna em toda a extensão ou em extensão significativa que os diâmetros desta veia diminuem significativamente no pós-operatório (menor pressão) e que essa diminuição de calibre é acompanhada de aumento do TRV no pós-operatório. A média dos maiores diâmetros das safenas no pré operatório foi de $6,0 \pm 2,2$ mm e a média no mesmo nível no pós-operatório foi de $3,6 \pm 1,5$ mm ($p < 0,001$). A média do TRV no pré-operatório foi de $12,3 \pm 3,9$ e após a cirurgia a média do TRV foi de $19,8 \pm 6,9$ ($p < 0,001$) (22).

A PPG baseia-se no esvaziamento venoso provocado por contrações na panturrilha em virtude da realização de exercícios para medir o refluxo, podendo ser afetada pelos seguintes fatores:

- obstruções em veias profundas podem impedir o esvaziamento da panturrilha, o que provocará um tempo de reenchimento reduzido e que será interpretado como refluxo.

b) a incapacidade do doente em realizar os movimentos com os pés de forma adequada (problemas neurológicos, artrite, anquilose, etc.) impede o esvaziamento da panturrilha, o que provocará um tempo de reenchimento reduzido e que será interpretado como refluxo. Nesses casos, o refluxo induzido apenas pela mudança de posição após a panturrilha ter sido esvaziada pela gravidade pode ser realizado com a APG.

c) Indivíduos com grandes níveis de hiperemia provocada por exercício apresentarão um TRV mais rápido que poderá parecer refluxo.

Pletismografia de *strain-gauge* e de impedância

A Pletismografia de *strain-gauge* é usada para diagnóstico e quantificação de oclusão venosa por fornecer informações quantitativas sobre a drenagem venosa VO e o grau de enchimento venoso VC. A pletismografia por mercúrio, embora quantitativa, fornece informações sobre um segmento não necessariamente representativo de toda a perna. Usamos este teste apenas para medida do esvaziamento venoso, porque mudanças de postura ou exercícios interferem muito nas medidas de avaliação de refluxo (figura 30)



Figura 30 - Pletismografia com strain-gauge; posicionamento do paciente.

A pletismografia de impedância usa eletrodos na pele para a detecção das variações de volume por alterações na corrente elétrica. Sendo o sangue um condutor de corrente elétrica, a impedância do segmento corpóreo estudado é diretamente proporcional ao volume de sangue nele contido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação à avaliação das doenças venosas, o teste ideal de diagnóstico para avaliar refluxo deve ser não invasivo, precisar a exata localização anatômica dos segmentos venosos incompetentes ou obstrução, medir o grau de refluxo ou obstrução em cada veia separadamente e quantificar, para o membro em questão, o efeito hemodinâmico global do refluxo, obstrução ou alteração da função de bomba. É preciso também ser tecnicamente simples de ser realizado e de baixo custo. Nenhum teste preenche, sozinho, todos esses parâmetros e vários destes estudos devem ser combinados de acordo com as questões de anatomia e função a serem respondidas em cada doente individualmente.

REFERÊNCIAS

1. Nicolaides AN, Zukowski A, Lewis P, Kyprianou P, Malouf M. The value of ambulatory venous pressure measurements. In: Bergan JJ, Yao JST, editors. Surgery of the veins. Orlando: Grune & Stratton; 1985. p. 111-9.
2. Christopoulos D, Nicolaides AN, Szendro G. Venous reflux: quantification and correlation with the clinical severity of chronic venous disease. Br J Surg 1988;75(4):352-6.
3. Yang D, Vandongen YK, Stacey MC. Variability and reliability of air plethysmographic measurements for the evaluation of chronic venous disease. J Vasc Surg 1997;26(4):638-42.
4. Fonseca FP. Diagnóstico da trombose venosa profunda: Doppler de onda contínua e pletismografia. Cir Vasc Angiol 1998;14:19-23.
5. Koyano K, Sakaguchi S. Selective stripping operation based on doppler findings for primary varicose veins

- of the lower extremities. *Surgery* 1988;103(6):615-619.
6. Fonseca FP, Evangelista SSM. Investigação n o-invasiva. In: Bonamigo TP, Burihan E, Cinelli JM, Ristow Av. Doen as da aorta e seus ramos diagnóstico e tratamento. São Paulo: Fundo Editorial Byk; 1991. p. 202.
 7. Rutherford RB, Lowenstein DH, Klein MF. Combining segmental systolic pressure and plethysmography to diagnose arterial occlusive disease of the legs. *Am J Surg* 1979;138(2):211-18.
 8. Rutherford RB. *Vascular Surgery*. 3rd edition. Philadelphia: Saunders; 1989.
 9. Ramsey DE, Manke DA, Summer DS. Toe blood pressure. A valuable adjunct to ankle pressure measurement for assessing peripheral arterial disease. *J Cardiovasc Surg* 1983;24(1):43-8.
 10. Christopoulos D, Nicolaides AN, Szendro G, Irvine AT, Bull ML, Eastcott HHG. Air plethysmography and the effect of elastic compression on the venous haemodynamics of the leg. *J Vasc Surg* 1987;5(1):148-159.
 11. Belcaro G, Nicolaides AN, Veller M. Assessment of the venous and lymphatic systems. In: Belcaro G, Nicolaides AN, editors. *Venous disorders: a manual of diagnosis and treatment*. Baltimore: Saunders; 1995:41.
 12. Rutherford RB. *Vascular Surgery*. 4th edition. Philadelphia: Saunders; 1995. p. 1772.
 13. Allan JC. Volume changes in the lower limb in a response to postural alterations and muscular exercise. *South Afr J Surg* 1964;2:75-90.
 14. Christopoulos D, Nicolaides AN, Cook A, Irvine A, Galloway GMD, Wilkinson A. Pathogenesis of venous ulceration in relation to the calf muscle pump function. *Surgery* 1989;106(5):829-35.
 15. Christopoulos D, Nicolaides AN. Air plethysmography. In: Raju S, Villavicencio JL. *Surgical management of venous disease*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1997. p. 93.
 16. Nicolaides AN, Summer DS: Investigation of Patients With Deep Vein Thrombosis and Chronic Venous Insufficiency. Los Angeles: Med-orion; 199. p. 9-61.
 17. Christopoulos D, Nicolaides AN. Noninvasive diagnosis and quantification of popliteal reflux in the swollen and ulcerated leg. *J Cardiovasc Surgery* 1988;29(5):535-39.
 18. Evangelista SSM, Fonseca FP. Fotoplestimografia not r o superior da perna no estudo de pacientes com varizes tronculares dos MMII: uma nova técnica. *Cir Vasc Angiol* 1996;12:77-80.
 19. Sarin S, Shields DA, Scurr JH, Coleridge Smith PD. Photoplethysmography: A valuable noninvasive tool in the assessment of venous dysfunction? *J Vasc Surg* 1992;16(2):154-62.
 20. Reporting standards in venous disease. Prepared by the Subcommittee on Reporting Standards in Venous Disease, Ad Hoc Committee on Reporting Standards, Society for Vascular Surgery/North American Chapter, International Society for Cardiovascular Surgery. *J Vasc Surg* 1988;8(2):172-81.
 21. Rosfors S. Venous photoplethysmography: Relationship between transducer position and regional distribution of venous insufficiency. *J Vasc Surg* 1990;11(3):436-40.
 22. Fonseca FP, Evangelista SSM, Sarquis AL. Surgery for primary troncular varicose veins without stripping the saphenous vein- pre and post-operative evaluation by duplex scan and photoplethysmography. *Phlebology*(1995)Suppl.1:419-42

Versão prévia publicada:
Nenhuma

Conflito de interesse:
Nenhum declarado.

Fontes de fomento:
Nenhuma declarada.

Data da última modificação:
13 de outubro de 2000.

Como citar este capítulo:
Evangelista SSM. Métodos não invasivos: Doppler ultra-som e plestimografia. In: Pitta GBB, Castro AA, Burihan E, editores. *Angiologia e cirurgia vascular: guia ilustrado*. Maceió: UNCISAL/ECMAL & LAVA; 2003. Disponível em: URL: <http://www.lava.med.br/livro>

Sobre a autora:



Solange Seguro Meyge Evangelista
Especialista em Angiologia e Cirurgia Vascular pela
Sociedade Brasileira de Angiologia e Cirurgia Vascular.
Belo Horizonte, Brasil.

Endereço para correspondência:

Solange Seguro Meyge Evangelista
Rua Felipe dos Santos 335, apt 301
30180-160 Belo Horizonte, MG
Correio eletrônico: evangelista@gold.com.br