

Avaliação da variabilidade inter e intraoperador em dispositivo de medição da velocidade da onda de pulso

Ana Costa¹, Ana Silva¹, Filipe Fernandes^{2,4}, Gilda Cunha³, Virgínia Fonseca², João Lobato², Valentina Vassilenko⁴, João Goyri-O'Neill^{4,5}

1. Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, Portugal.
2. Departamento das Ciências e Tecnologias das Radiações e Biosinais da Saúde, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, Portugal. filipe.fernandes@estesl.ipl.pt
3. Departamento das Ciências Naturais e Exatas, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, Portugal.
4. Departamento de Física, LIBPhys – UNL, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal.
5. Departamento de Anatomia, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal.

RESUMO: Introdução – Os dispositivos de medição da velocidade de onda de pulso (VOP) são instrumentos valiosos na determinação do risco cardiovascular de cada indivíduo, sendo a VOP um dos parâmetros a aferir segundo as *guidelines* de avaliação da HTA. Para os dispositivos serem validados é necessária a verificação da sua reprodutibilidade, através da avaliação da variabilidade inter e intraoperador. O objetivo deste estudo foi classificar estas variabilidades no dispositivo de medição da VOP, *Complior*® SP. **Metodologia** – Estudo observacional descritivo e transversal numa amostra de 38 indivíduos com idades entre os 18 e os 30 anos de idade, sem fatores de risco cardiovasculares, realizado na Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa. O procedimento para a obtenção de dados foi adaptado do protocolo da sociedade ARTERY em 2010 para validação de dispositivos de medição da VOP. Para avaliar a reprodutibilidade do dispositivo foram comparados os valores médios obtidos por dois operadores. A precisão do dispositivo classifica-se em excelente se a diferença dos valores médios for $<0,5\text{m/s}$ com desvio-padrão (DP) $\leq 0,8\text{m/s}$, aceitável se for $<1,0\text{m/s}$ e DP $\leq 1,5\text{m/s}$ e fraca se for $\geq 1,0\text{m/s}$ ou DP $>1,5\text{m/s}$. **Resultados** – Amostra constituída por 25 indivíduos do sexo feminino e 13 do sexo masculino com média de idades de $22,6 \pm 2,79$ anos. Para o operador A ($p=0,863$), os valores médios da VOP foram de $6,018 \pm 0,88\text{m/s}$ e para o operador B ($p=0,587$) de $6,155 \pm 1,03\text{m/s}$. A diferença de valores médios e do DP da VOP dos operadores A e B foi de $0,137 \pm 0,15\text{m/s}$ ($p=0,245$). **Considerações finais** – O dispositivo de medição *Complior*® SP possui uma excelente reprodutibilidade e reduzida variabilidade, tanto inter como intraoperador, considerando-se um dispositivo validado para avaliação do risco cardiovascular.

Palavras-chave: Variabilidade interoperador; Variabilidade intraoperador; Velocidade da onda de pulso; Rigidez arterial; Validação de dispositivo

Evaluation of inter- and intra-operator variability in a pulse wave velocity assessment device

ABSTRACT: Background – Pulsed wave velocity (PWV) assessment devices are valuable instruments for the determination of cardiovascular risk of each individual. PWV is one of the existing parameters in the guidelines for management of hypertension. It's important to evaluate inter and intra-operator variability so the devices can increase their value. This study aims to classify inter and intra-operator variability of PWV assessment device, *Complior*® SP. **Methods** – Observational descriptive and transversal study was performed with a sample of 38 individuals aged between 18 and 30 years old, with no cardiovascular risk factors. The data collection was performed at the Lisbon School of Health Technology. The procedure was adapted from the ARTERY society protocol

for the PWV measurement devices validation. To evaluate the reproducibility of the device, the mean values obtained by two operators were compared. The device precision is classified as excellent if the difference of the mean values is $<0.5\text{m/s}$ with standard deviation (SD) $\leq 0.8\text{m/s}$, acceptable if $<1.0\text{m/s}$ and SD $\leq 1.5\text{m/s}$ and poor if $\geq 1.0\text{m/s}$ or SD $> 1.5\text{m/s}$. **Results** – Twenty-five female and 13 male individuals took part in this study with mean age of 22.6 ± 2.79 years old. For operator A ($p=0.863$) the mean values of PWV were $6.018 \pm 0.88\text{m/s}$ and for operator B were $6.115 \pm 1.03\text{m/s}$. The PWV mean difference values between and SD between operators was $0.137 \pm 0.15\text{m/s}$ ($p=0.245$). **Conclusion** – The *Complior*[®] SP has excellent reproducibility and reduced intra and inter-operator variability, being considered valid for cardiovascular risk assessment.

Keywords: Inter-operator variability; Intra-operator variability; Pulsed wave velocity; Device validation

Introdução

A incidência e a prevalência de fatores de risco cardiovasculares têm vindo a aumentar exponencialmente, com especial evidência nos países desenvolvidos, aumentando a importância e a pertinência dos métodos de quantificação do risco cardiovascular. A medição da velocidade da onda de pulso (VOP) é o principal método de aferição da distensibilidade/rigidez arterial e encontra-se descrita como um dos parâmetros de avaliação do risco cardiovascular nas *guidelines* de tratamento da hipertensão arterial (HTA) de 2013¹. A sua ainda restrita aplicação na prática clínica, muito devido à falta de conhecimento da técnica e ao acesso limitado aos dispositivos, determina que a sua utilização esteja mais associada à investigação, apesar da comprovada importância e relevante informação que este indicador fornece¹⁻⁴. Uma recente meta-análise de dados observacionais prospetivos envolvendo mais de 17.635 indivíduos concluiu que a VOP aperfeiçoa o ajuste e a reclassificação do risco individual para futuros eventos cardiovasculares em modelos que incluem fatores de risco padrão, permitindo ainda uma melhor identificação de populações de alto risco que podem beneficiar de um tratamento mais agressivo dos seus fatores de risco⁵. Em 2010, valores de referência da VOP em indivíduos saudáveis foram publicados, congregando dados de diversos países europeus⁶. Adicionalmente, o Projeto EDIVA permitiu estabelecer critérios de referência para a VOP na população portuguesa, considerando-se a importância fundamental do envelhecimento ao nível da deterioração da função vascular das grandes artérias elásticas⁷.

A onda de pulso é originada através da contração ventricular e a VOP é caracterizada como o tempo de propagação da onda de pulso entre as artérias carótida e femoral, território correspondente às grandes artérias elásticas⁸. O *Complior*[®] SP, dispositivo utilizado neste estudo, obtém os sinais carotídeo e femoral de forma simultânea, através de transdutores de pressão colocados à superfície da pele sobre os locais de palpação destas artérias. Para o cálculo da VOP, o dispositivo mede o tempo que decorre entre os pontos de deflexão máxima da curva dos sinais da artéria carótida e da artéria femoral obtidos pelos transdutores de pressão³.

A medição da VOP tem a grande vantagem de ser uma técnica não invasiva, sendo calculada através da seguinte fórmula⁹:

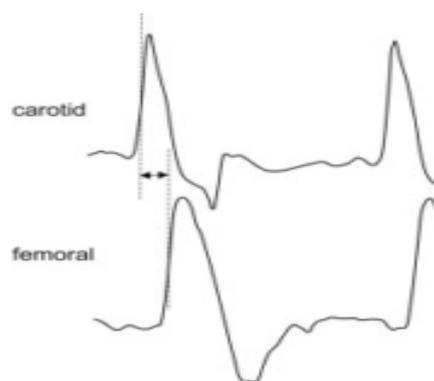


Figura 1. Medição da VOP (adaptação)²⁷.

$$VOP = \frac{(\text{distância percorrida pela onda de pulso})}{(\text{tempo que demora a percorrer essa distância})} \quad (\text{metros por segundo})$$

A distância percorrida pela onda de pulso é estimada através da distância medida com uma fita antropométrica, à superfície do corpo, entre a artéria carótida direita e a artéria femoral direita⁹, considerando-se 80% do valor efetivamente obtido entre estes pontos, conforme recomendado em 2012 por Van Bortel e colaboradores na avaliação de estudos comparativos com imagens de ressonância magnética⁸. Já o estudo de Bossuyt e colaboradores acrescenta ainda que a realização das medições deveria consistir no lado direito pelo menor enviesamento dos resultados e proximidade com as reais distâncias obtidas à superfície corporal¹⁰.

Existem atualmente no mercado diversos dispositivos de medição da VOP que foram utilizados em vários estudos para se avaliar a sua precisão, constatando-se que apresentavam resultados equivalentes para a medição da VOP¹⁰⁻¹⁵. O *Complior*[®] SP funciona através de transdutores de pressão para a obtenção da VOP tendo obtido a sua validação em 1995 após diversos estudos realizados¹⁶⁻¹⁸. Este dispositivo foi utilizado em diversos estudos epidemiológicos que estabeleceram a VOP como marcador de risco cardiovascular^{9,19-20}.

A precisão dos parâmetros obtidos através deste tipo de dispositivos torna-se fundamental para a determinação do

risco cardiovascular; no entanto, é sabida a possível existência de diferenças de resultados entre operadores devido à intervenção destes na obtenção dos sinais. Torna-se, assim, pertinente estudar a reprodutibilidade dos mesmos, sendo o objetivo deste estudo avaliar a variabilidade inter e intraoperador dos valores da VOP obtidos com recurso ao dispositivo *Complior*® SP.

Material e Métodos

Este estudo incidiu sobre indivíduos com idades compreendidas entre os 18 e os 30 anos e ausência de fatores de risco cardiovasculares, num tipo de estudo observacional descritivo e transversal, com amostragem por seleção racional. Dos critérios de exclusão contaram o $IMC > 30 \text{ kg/m}^2$, gravidez, estenose femoral ou carótida conhecida, arritmias cardíacas e inadequada obtenção de pulso ou sinal nas artérias femoral e/ou carótida direitas. A recolha de dados para cada sujeito da amostra foi realizada num só momento e decorreu entre maio e julho de 2014, nos laboratórios de Cardiopneumologia da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa. Como instrumento de recolha e registo de dados foi utilizado um formulário, no qual foram registadas as múltiplas variáveis dependentes e independentes referentes a cada indivíduo.

O procedimento utilizado para a obtenção de dados baseou-se numa adaptação do protocolo de validação de dispositivos de medição da VOP, descrito pela sociedade ARTERY em 2010, tendo-se avaliado simultaneamente as ondas de pulso da artéria carótida direita e da artéria femoral ipsilateral²¹.

Por forma a obterem-se os dados da variabilidade inter e intraoperador foram realizadas medições da VOP por dois operadores principais de forma alternada, treinados e supervisionados por um observador experiente, tendo sido mantidos «cegos» para os resultados obtidos, de modo a evitar o seu enviesamento. Cada sinal possuiu a duração mínima de 15 segundos para ser considerado válido e incluir assim cerca de 10 ciclos cardíacos. Foram aguardados 15 minutos antes de iniciar o procedimento com vista à estabilização dos valores tensionais por forma a evitar que a medição da pressão arterial fosse sobrevalorizada e influenciasse os valores da VOP²¹. A pressão arterial (PA) foi medida de igual modo no final do procedimento, pois a existência de alterações significativas dos valores tensionais em relação à PA pré-procedimento poderia explicar possíveis discrepâncias nos valores da VOP. A pressão arterial foi obtida preferencialmente no braço esquerdo, na ausência de diferença relevante comparativamente ao braço direito, permitindo que a braçadeira se mantivesse colocada e acessível sem dificultar as medições da VOP. Utilizou-se um esfigmomanómetro digital da marca OMRON®, validado em 2012 e devidamente calibrado²², usando-se para o efeito uma braçadeira ajustada à circunferência do braço do participante.

No dia da avaliação foi pedido aos voluntários que não ingerissem alimentos ou bebidas estimulantes como o café, pelo menos uma hora antes do procedimento²¹. Antes de iniciar o protocolo foi obtida uma declaração de consentimento

informado de cada voluntário, mantendo-se confidenciais os dados passíveis de identificar os participantes.

A sequência dos procedimentos realizados consistiu no seguinte:

1. Apresentação dos investigadores, familiarização com o ambiente e com o dispositivo de medição da VOP e explicação do procedimento;
2. Obtenção da declaração de consentimento informado;
3. Medição da altura, peso e cálculo do IMC;
4. Repouso do participante durante 15 minutos em posição supina, enquanto se procede ao posicionamento do pescoço (ligeira extensão e rotação à esquerda da cabeça) e perna direita (ligeira rotação externa), palpação das artérias carótida e femoral à direita e identificação dos locais de aquisição dos sinais;
5. Medição da PA imediatamente antes do início do procedimento (dupla medição) e frequência cardíaca (FC);
6. Realização de seis registos sequenciais e alternados da VOP entre operadores (três registos por cada operador) com um máximo de três tentativas para a obtenção de um registo aceitável, sendo a aquisição realizada sempre manualmente ao nível carotídeo e femoral, sem recurso a instrumentos de suporte mecânico;
7. Medir a PA e a FC duas vezes após o procedimento para verificar possíveis alterações significativas em relação ao obtido antes da medição da VOP;
8. A qualidade e aceitabilidade das curvas de VOP foram avaliadas por um operador experiente na técnica, de acordo com a amplitude, estabilidade e sequenciamento das curvas carotídeas e femorais.

Conforme o indicado pelo documento criado pela sociedade ARTERY em 2010²¹, a reprodutibilidade inter e intraoperador dos dispositivos de medição da VOP pode ser determinada através da diferença dos valores médios dos dados obtidos. Consoante esta diferença, a reprodutibilidade do dispositivo pode ser classificada em excelente (com diferença dos valores médios $< 0,5 \text{ m/s}$ e com desvio-padrão (DP) $\leq 0,8 \text{ m/s}$), aceitável (diferença dos valores médios entre $0,5$ e $1,0 \text{ m/s}$ e $DP \leq 1,5 \text{ m/s}$) ou fraca (diferença dos valores médios $\geq 1,0 \text{ m/s}$ ou com $DP > 1,5 \text{ m/s}$).

Para a análise estatística dos dados da amostra recolhidos utilizou-se o programa *Statistical Package for Social Sciences*® (SPSS) para Windows®, versão 22. Foi testada a normalidade da distribuição das variáveis usando o teste de *Shapiro-Wilk* e para a homogeneidade das variâncias das raças foi usado o teste de *Levene*. As estatísticas descritivas foram usadas para caracterizar a amostra e a distribuição das variáveis²³. Em todos os testes estatísticos fixou-se para o nível de significância o valor de $p < 0,05$ para um intervalo de confiança de 95%. Aplicaram-se testes paramétricos e não paramétricos de acordo com o tipo de variáveis e a verificação das condições de aplicabilidade, nomeadamente: *Mann-Whitney*, os testes para a significância estatística dos coeficientes de correlação de *Pearson* e *Spearman* (r) e teste de *Friedman*.

Resultados

A amostra deste estudo foi constituída por 38 indivíduos encontrando-se a estatística descritiva resumida na Tabela 1. Relativamente aos valores médios da VOP carótida-femoral, para o operador A, estes variaram entre 4,47 a 8,13m/s com uma média de $6,018 \pm 0,88$ m/s, enquanto para o operador B variaram entre 4,67 a 9,73m/s com uma média de $6,155 \pm 1,03$ m/s. Foi ainda calculada a diferença de valores médios e do desvio-padrão da VOP dos operadores A e B, tendo-se obtido uma diferença de $0,137 \pm 0,15$ m/s.

Tabela 1. Características da amostra

Variáveis	Valores (média; desvio padrão)	Amplitude dos dados
Sexo (n, M/F)	38 (13/25)	-
Idade, anos	22,6($\pm 2,79$)	18-30
Peso, kg	63,83 ($\pm 13,05$)	47-100
Altura, m	1,69 ($\pm 0,092$)	1,55-1,91
IMC, kg/m ²	22,1 ($\pm 3,17$)	17,9-29,6
PAS, mmHg	111,36 ($\pm 11,98$)	90-133
PAD, mmHg	67,68 ($\pm 6,76$)	55-81
FC, bpm	66,30 ($\pm 12,87$)	49-109
Raça (n, caucasiana/negra/asiática)	38 (31/6/1)	-
VOP operador A, m/s	6,018 ($\pm 0,88$)	4,47-8,13
VOP operador B, m/s	6,155 ($\pm 1,03$)	4,67-9,73
Diferença de valores médios	0,137 ($\pm 0,15$)	-

Variabilidade intraoperador

Foi utilizado o teste de *Friedman* para avaliar a variabilidade intraoperador, pois foram consideradas três amostras emparelhadas (primeira, segunda e terceira medições da VOP). Realizou-se um teste de hipóteses considerando-se H_0 =Não há diferenças significativas entre os valores médios de cada indivíduo no operador A e H_1 =Há diferenças significativas entre os valores médios de cada indivíduo no operador A. Uma vez que não se rejeita H_0 com valor de $p=0,863$, verificou-se a não existência de diferenças significativas na avaliação intraoperador das medições do operador A. Realizou-se o mesmo teste para o operador B verificando-se igualmente a não existência de diferenças significativas ($p=0,587$) entre os valores médios obtidos.

Numa avaliação equiparável aos procedimentos de *Bland-Altman* foram realizadas cartas de controlo para avaliar os valores médios da VOP de cada operador. No gráfico A da Figura 2, referente ao operador A, verifica-se que os dados estão situados na zona estável e não violam nenhuma regra, pois a maioria está entre os 2 sigma, com um intervalo de confiança de 95%, sendo um processo estável.

No gráfico B da Figura 2, referente ao operador B, verifica-se que os dados estão maioritariamente situados na zona estável. No entanto, existe um valor que está acima dos

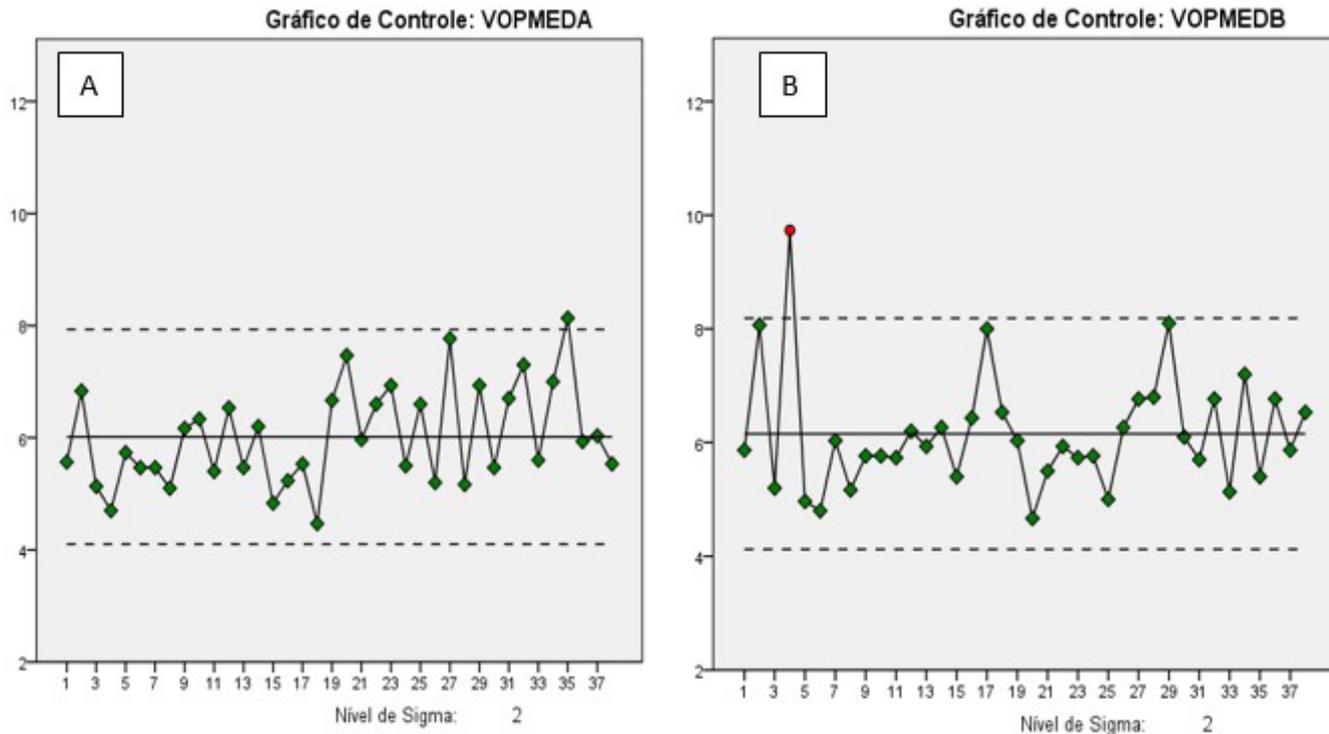


Figura 2. À esquerda está representado o gráfico (carta de controlo) referente à média de valores dos valores de VOP e do sigma (desvio-padrão) do operador A e o gráfico da direita (carta de controlo) é referente à média de valores de VOP e do sigma do operador B. A referência 0 representa a média dos resultados, os limites a tracejado representam 2 sigma.

3 sigma, exigindo a verificação desta ocorrência. Verificou-se que, não constituindo um erro na medição, se optaria por não rejeitar este dado.

Variabilidade interoperador

Recorreu-se ao teste não paramétrico de *Wilcoxon* para verificar se existiam diferenças significativas entre os valores da VOP medidos para os mesmos indivíduos por ambos os operadores. Aplicaram-se testes de hipóteses, verificando-se não existirem diferenças significativas entre as medições do operador A e do operador B ($p=0,245$).

Ao calcular a diferença dos valores médios dos dois operadores verificou-se que essa diferença é de $0,137\text{m/s}$ ($\leq 0,5\text{m/s}$) e de que o DP é de $0,15\text{m/s}$ ($\leq 0,8\text{m/s}$). Estes valores obtidos permitem classificar a reprodutibilidade interoperador do *Complior*[®] SP de excelente, não existindo diferenças significativas dos valores médios obtidos por cada um dos operadores na amostra considerada.

A partir da análise da Figura 3 é possível verificar que existe uma correlação forte, positiva e significativa ($R=0,73$) entre os valores médios da VOP obtidos pelo operador A e pelo operador B.

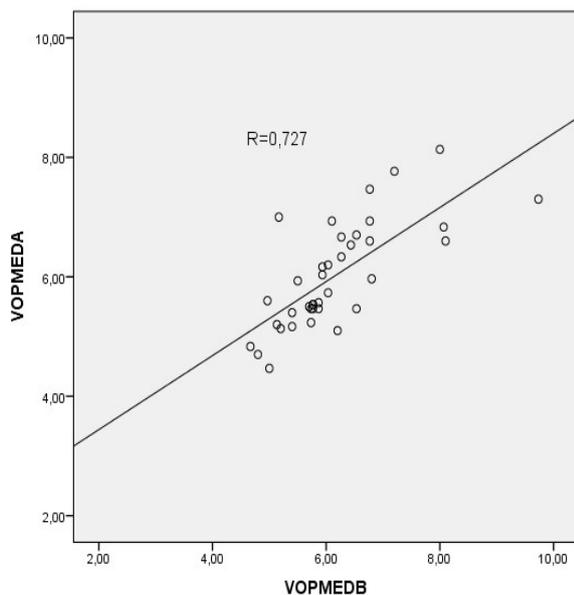


Figura 3. Correlação entre os valores médios da VOP medida pelos operadores A e B.

Comparação dos valores da VOP média por género

Ainda que em termos descritivos se verifique que a VOP média masculina é superior à VOP média feminina, tanto para o operador A como para o operador B, esta diferença não é estatisticamente significativa ($p=0,259$) pelo teste de *Mann-Whitney*.

Tabela 2. Comparação dos valores médios da VOP obtidos por cada operador, para o género

Sexo		Média	N	Desvio Padrão	Erro Padrão da média	
M	Par1	VOPMEDA	6,2513	13	,88753	,24616
		VOPMEDB	6,2897	13	,77357	,21455
F	Par1	VOPMEDA	5,8960	25	,86647	,17329
		VOPMEDB	6,0853	25	1,15000	,23000

Discussão

Os valores obtidos no presente estudo indiciam um grau de reprodutibilidade excelente relativamente à variabilidade interoperador (diferença dos valores médios de $0,137\text{m/s}$ e DP de $0,15$) e intraoperador (valor médio da VOP do operador A= $6,018\text{m/s}$ e do operador B= $6,155\text{m/s}$) na medição da VOP, utilizando o dispositivo de medição *Complior*[®] SP, de acordo com os critérios da Sociedade ARTERY²¹. Resultados semelhantes foram obtidos em estudos comparativos entre diferentes gerações do mesmo dispositivo da marca *Complior*^{®15,24}, tal como se verificaram noutros dispositivos validados neste parâmetro²⁵, demonstrando reduzidos níveis de variabilidade concordantes com o nosso estudo.

Segundo o documento de validação do *Complior*[®] redigido por Asmar e colaboradores, a diferença de valores médios da medição da VOP foi de $-0,20\pm 0,45\text{m/s}$. A diferença de valores médios obtida no presente estudo é semelhante a estes valores, havendo uma classificação da precisão do equipamento em ambos os casos de excelente. Foi também avaliado o valor médio da VOP, tendo sido obtido um valor de $10,85\pm 2,44\text{m/s}$. Este valor é mais alto do que o obtido no presente estudo, podendo dever-se ao facto de a média de idades dos participantes ser de 55 ± 13 anos, pois em indivíduos mais jovens as artérias centrais são mais elásticas, mas com o avançar da idade estas tornam-se mais rígidas, por fatores como o compromisso das fibras elásticas, maior depósito de colagénio, aumento da aterosclerose e disfunção endotelial^{3,21}, fazendo aumentar gradualmente a VOP com a idade, pois a distensibilidade e a VOP são inversamente proporcionais¹⁸. Existem ainda outras condições que promovem o aumento do valor da VOP, como o sedentarismo e obesidade visceral e ainda fatores não controláveis, como o baixo peso à nascença, pré-disposição genética, entre outros³.

Um outro estudo, realizado em 2011, em que existem também valores médios superiores aos obtidos neste estudo, no qual foi medida a VOP em 60 indivíduos com o *Complior*[®], foi de $7,52\pm 1,42\text{m/s}$ ²⁶. Esta média e o desvio-padrão são superiores à média da VOP no nosso estudo, o que poderá dever-se ao facto de a amostra desse estudo incluir indivíduos com fatores de risco, entre os quais: dislipidemia, tabagismo e hiperglicemia, que influenciam a função arterial, aumentando a sua rigidez e, consequentemente, a VOP.

No presente estudo, os valores da VOP, tanto para o operador A como para o B, foram superiores no sexo masculino em relação ao sexo feminino, não sendo esta superioridade estatisticamente significativa. O mesmo foi verificado

por Vermeersch e colaboradores, apesar dos valores médios no presente estudo serem inferiores aos do estudo referido (média da VOP para o sexo masculino de 8,2m/s e para o sexo feminino de 7,4m/s)⁶. Esta diferença dos valores médios dos dois estudos pode dever-se ao facto de ter sido utilizada uma amostra de maior dimensão, que incluía indivíduos com fatores de risco cardiovasculares e com idades entre os 15 e os 97 anos. Apesar dos valores médios da VOP para toda a amostra terem sido superiores, a faixa etária mais compatível à utilizada no presente estudo (15-30 anos) indicou um valor médio da VOP de 6,2m/s, semelhante aos resultados por nós apresentados e igualmente verificados em indivíduos jovens cuja frequência cardíaca média se verifica mais baixa²⁷.

Neste estudo verificou-se que a variabilidade dos dados obtidos foi reduzida e que a reprodutibilidade foi excelente, minimizando assim o enviesamento provocado por tratar-se de um exame operador dependente. Deste modo, é possível afirmar que este método é pertinente e reprodutível, traduzindo que os resultados não são significativamente diferentes quando obtidos em diversos momentos ou por diferentes operadores, o que contribui para que a análise do significado clínico deste indicador seja utilizável de forma sistemática e comparável entre os diversos momentos de avaliação de risco cardiovascular do indivíduo ao longo do tempo.

No que diz respeito às limitações deste estudo refira-se que, por ter sido realizado num ambiente académico, se optou por incluir apenas indivíduos com idade <30 anos, devendo-se igualmente replicar para as restantes faixas etárias. As características de amostra reduzida e jovem limitam a extrapolação de resultados assim como a menor escala de variação da VOP poderá comprometer a avaliação do perfil de reprodutibilidade para valores mais extremados e observáveis na prática clínica.

Considerações finais

O presente estudo demonstrou haver uma reprodutibilidade inter e intraoperador excelente dos valores da VOP medidos com o dispositivo *Complior*[®] SP. A confirmação deste facto reforça a importância do adequado desenvolvimento dos dispositivos médicos, pois verificando-se o aumento da incidência e prevalência dos fatores de risco cardiovasculares torna-se determinante existirem métodos validados de quantificação do risco cardiovascular, conforme consiste a medição da VOP. A boa reprodutibilidade deste dispositivo bem como a sua reduzida variabilidade inter e intraoperador poderá aumentar a confiança dos profissionais de saúde em relação à utilização dos mesmos na avaliação do risco cardiovascular dos indivíduos.

Referências bibliográficas

- Mancia G, Fagard R, Narkiewicz K, Redon J, Zanchetti A, Böhm M, et al. 2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2013;34(28):2159-219.
- Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Aortic stiffness for cardiovascular risk prediction: Just measure it, just do it! *J Am Coll Cardiol*. 2014;63(7):647-9.
- Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, Boutouyrie P, Giannattasio C, Hayoz D, et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J*. 2006;27(21):2588-605.
- Cunha PG, Cotter J, Oliveira P, Vila I, Boutouyrie P, Laurent S, et al. Pulse wave velocity distribution in a cohort study: from arterial stiffness to early vascular aging. *J Hypertens*. 2015;33(7):1438-45.
- Ben-Shlomo Y, Spears M, Boustred C, May M, Anderson SG, Benjamin EJ, et al. Aortic pulse wave velocity improves cardiovascular event prediction: an individual participant meta-analysis of prospective observational data from 17,635 subjects. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63(7):636-46.
- Reference Values for Arterial Stiffness' Collaboration. Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: 'establishing normal and reference values'. *Eur Heart J*. 2010;31(19):2338-50.
- Pereira T, Maldonado J, Polónia J, Silva JA, Morais J, Marques M. Definição de valores de referência da velocidade da onda de pulso arterial numa população portuguesa: uma sub-análise do projecto EDIVA [A statistical definition of aortic pulse wave velocity normality in a Portuguese population: a subanalysis of the EDIVA project]. *Rev Port Cardiol*. 2011;30(9):691-8. Portuguese
- Van Bortel LM, Laurent S, Boutouyrie P, Chowienczyk P, Cruickshank JK, De Backer T, et al. Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. *J Hypertens*. 2012;30(3):445-8.
- Rocha E. Velocidade da onda de pulso arterial: um marcador da rigidez arterial e a sua aplicabilidade na prática clínica [Pulse wave velocity: a marker of arterial stiffness and its applicability in clinical practice]. *Rev Port Cardiol*. 2011;30(9):699-702. Portuguese
- Bossuyt J, Van de Velde S, Vermeersch S, Devos D, Heyse C, Filipovsky J, et al. Non-invasive assessment of carotid-femoral pulse wave velocity: does the measurement side matter? *Artery Res*. 2012;6(4):169.
- Munnery KE, Gale NS, Munnery IC, Tyler C, Cockcroft JR. A comparison of aortic pulse wave velocity measured by complior and SphygmoCor in patients with COPD and healthy volunteers. *Artery Res*. 2013;7(3-4):125-6.
- Ikonomidis I, Ntai K, Kadoglou NP, Papadakis I, Kornelakis M, Tritakis V, et al. The evaluation of pulse wave velocity using arteriograph and Complior apparatus across multiple cohorts of cardiovascular-related diseases. *Int J Cardiol*. 2013;168(5):4890-2.
- Mahmud A, Jatoi N, Feely J. Assessment of arterial stiffness in hypertension: comparison of oscillometric (arteriograph), Piezo-Electronic (Complior), and tonometric (SphygmoCor) techniques. *Artery Res*. 2009;3(4):162.
- Everett TR, Mahendru A, McEniery CM, Lees CC, Wilkinson IB. A comparison of SphygmoCor and Vicorder devices

- for measuring aortic pulse wave velocity in pregnancy. *Artery Res.* 2012;6(2):92-6.
15. Pereira T, Maldonado J. Comparative study of two generations of the Complior device for aortic pulse wave velocity measurements. *Blood Press Monit.* 2010;15(6):316-21.
 16. Targett RC, Levy B, Bardou A, McIlroy MB. Simultaneous Doppler blood velocity measurements from aorta and radial artery in normal human subjects. *Cardiovasc Res.* 1985;19(7):394-9.
 17. Levy B, Targett RC, Bardou A, McIlroy MB. Quantitative ascending aortic Doppler blood velocity in normal human subjects. *Cardiovasc Res.* 1985;19(7):383-93.
 18. Asmar R, Benetos A, Topouchian J, Laurent P, Pannier B, Brisac AM, et al. Assessment of arterial distensibility by automatic pulse wave velocity measurement: validation and clinical application studies. *Hypertension.* 1995;26(3):485-90.
 19. Asmar R, Topouchian J, Pannier B, Benetos A, Safar M. Pulse wave velocity as endpoint in large-scale intervention trial: the Complior study - Scientific, quality control, coordination and investigation committees of the Complior study. *J Hypertens.* 2001;19(4):813-8.
 20. Kallem RR, Meyers KE, Sawinski DL, Townsend RR. Variation and variability in carotid-femoral pulse wave velocity. *Artery Res.* 2013;7(3-4):230-3.
 21. Wilkinson IB, McEniery CM, Schillaci G, Boutouyrie P, Segers P, Donald A, et al. ARTERY Society guidelines for validation of non-invasive haemodynamic measurement devices: part 1, arterial pulse wave velocity. *Artery Res.* 2010;4(2):34-40.
 22. Marques A, Revige G, Marques I, Silva A, Cunha G, Fonseca V, et al. Validação do dispositivo automático de medição da pressão arterial, OMRON® M6 Comfort, segundo o Protocolo Internacional da Sociedade Europeia de Hipertensão (2010) [Validation of the OMRON M6 Comfort®: automatic blood pressure measuring device, according to the International Protocol of the European Society of Hypertension (2010)]. *Saúde Tecnol.* 2012;(8):47-54. Portuguese
 23. Afonso A, Nunes C. Estatística e probabilidades: aplicações e soluções em SPSS. Lisboa: Escolar Editora; 2010. ISBN 9789725922996
 24. Pereira T, Maldonado J, Andrade I, Cardoso E, Laranjeiro M, Coutinho R, et al. Reproducibility of aortic pulse wave velocity as assessed with the new Complior analyse. *Blood Press Monit.* 2014;19(3):170-5.
 25. Stea F, Bozec E, Millasseau S, Khettab H, Boutouyrie P, Laurent S. Comparison of the Complior analyse device with Sphygmocor and Complior SP for pulse wave velocity and central pressure assessment. *J Hypertens.* 2014;32(4):873-80.
 26. Pizzi OL, Brandão AA, Pozzan R, Magalhães ME, Freitas EV, Brandão AP. A velocidade da onda de pulso em jovens: estudo do Rio de Janeiro [Pulse wave velocity in young adults: study of Rio de Janeiro]. *Arq Bras Cardiol.* 2011;97(1):53-8. Portuguese
 27. Millasseau SC, Stewart AD, Patel SJ, Redwood SR, Chowienczyk PJ. Evaluation of carotid-femoral pulse wave velocity: Influence of timing algorithm and heart rate. *Hypertension.* 2005;45(2):222-6.
- Artigo recebido em 23.11.2016 e aprovado em 07.04.2017