

## Métodos de Aferição da Pressão Arterial Média \*

Fernando Squeff Nora, TSA<sup>1</sup>; Denise Grobocopatel<sup>2</sup>

Nora FS, Grobocopatel D - Methods of Arterial Blood Pressure Measurement

KEY WORDS: CIRCULATORY SYSTEM: Blood pressure

As medidas da pressão arterial sistólica e diastólica pelo método de Korotkof, juntamente com as medidas da frequência cardíaca, são os mais tradicionais e antigos métodos de monitorização em anestesia.

À medida que os procedimentos cirúrgicos, principalmente vasculares, foram-se tornando mais complexos, as medidas invasivas da PA, com cateterismo de artérias, foram sendo mais utilizadas.

Em 1856, Faure obteve a PA de um paciente com o auxílio do cateterismo da artéria femoral<sup>1</sup>.

Em 1925, Merke e Muller, dissecaram, cirurgicamente artérias braquiais de pacientes para medidas diretas de PAM<sup>1</sup>.

As primeiras punções da artéria braquial foram feitas por Wolf e Von Bondsdorff com a inserção de agulhas nessas artérias para medidas diretas de PA, em 1931<sup>1</sup>.

Em, 1952, Fuller e col, mediram pressões arteriais e calcularam as pressões de pulso, fazendo

medidas comparativas de pressões nas Artérias Aórtica e Radial simultaneamente durante Cirurgias de Coarctação de Aorta<sup>1</sup>.

Vêm daí os primeiros estudos sobre os significados clínicos das diversas medidas de pressões que podem ser obtidas (PA sistólica, diastólica e pressão de pulso), bem como observações sobre diferenças da PA em artérias centrais medidas diretamente e medidas periféricas obtidas tanto direta como indiretamente.

Com a comprovação de que medidas contínuas da PA seriam de grande auxílio em cirurgias onde as alterações hemodinâmicas ocorreriam com muita frequência começaram a se desenvolver os primeiros aparelhos e formas de verificação de PA e PAM, capazes de oferecer essas medidas de forma fidedigna e contínua.

A medida de Pressão Arterial Média vem sendo realizada com maior frequência, em cirurgias de médio e grande porte, devido à facilidade que ela representa na detecção de variações rápidas e bruscas dos parâmetros hemodinâmicos desses pacientes.

Tais medidas podem ser obtidas de duas formas:

- 1) Método Direto ou Invasivo - Através da punção de artérias periféricas ou centrais e ligação a sistemas que possibilitem a leitura da PAM<sup>2</sup>.
- 2) Método Indireto ou Não-Invasivo - Através do método Auscultatório de Korotkof (com auxílio de fórmulas - método demorado e pouco fidedigno), ou através dos chamados aparelhos de pressão não-invasiva (equipamentos computadorizados que medem a PAM intermitentemente com intervalos pré-fixados e informam através de painéis digi-

\* Trabalho realizado pela Clínica Integrada de Anestesiologia - Hospital São Lucas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, RS

<sup>1</sup> Médico Anestesiologista da Clínica Integrada de Anestesiologia - Sede do Hospital São Lucas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

<sup>2</sup> ME<sub>1</sub> de Medicina Interna do Hospital São Lucas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Correspondência para Fernando Squeff Nora  
Rua Felipe de Oliveira 123/301 - Santa Cecília  
90630-000 Porto Alegre, RS

Apresentado em 13 de julho de 1995

Aceito para publicação em 04 de dezembro de 1995

© 1996, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

tais) <sup>2</sup>.

O objetivo deste trabalho é discorrer sobre os métodos de medidas da PAM, comparando os métodos diretos e indiretos, através de aparelhos ou não, bem como observar relações entre medidas diretas em artérias centrais e periféricas e medidas indiretas, em artérias periféricas.

## CONCEITO

Pressão Arterial Média é a pressão efetiva que leva o sangue aos tecidos durante o ciclo cardíaco <sup>3</sup>.

Ela representa não somente a força que dirige a perfusão pelo organismo humano, mas também reflete uma parte do trabalho cardíaco.

Cullen, em recente revisão sobre a interpretação clínica das medidas da pressão sangüínea em anestesiologia, recorda que a PA é dada pelo produto do débito cardíaco pela resistência periférica e que, portanto, as alterações da PA devem ser interpretadas a vista desses dois parâmetros. Por exemplo, a pressão sistólica costuma representar o volume total do ventrículo esquerdo, seu pico de ejeção, sendo uma boa estimativa da distensibilidade da parede da aorta. A pressão diastólica depende da própria pressão sistólica que inicia o sistema; mas indica, principalmente, as alterações que ocorrem na resistência periférica total. Portanto, quando se utiliza PAM, recomenda-se sobretudo a observação, não somente as medidas da PAM que aparecem, mas das 3 medidas: PAM, pressão arterial sistólica e pressão arterial diastólica, pois é isto que orienta na interpretação correta das alterações hemodinâmicas que porventura possam ocorrer, possibilitando, dessa forma, um tratamento correto e orientado especificamente à variável hemodinâmica que se alterou <sup>4</sup>.

Um terceiro parâmetro importante de ser avaliado é a pressão de pulso (PP). A pressão de pulso representa o volume que liga o sistema cardiovascular entre si a cada batimento. Ela estabelece relação entre o coração e a complacência arterial. Ela pode ser obtida facilmente fazendo-se a subtração abaixo:

$$PP = PAS - PAD$$

onde:

PP = Pressão de Pulso

PAS = Pressão Arterial Sistólica

PAD = Pressão Arterial Diastólica

A PAM pode ser obtida indiretamente, através de um cálculo simples ou através de aparelhos sofisticados. Quando obtemos apenas dados de PAS e PAD ela pode ser calculada pela fórmula abaixo:

$$PAM = PAD + 1/3(PP) \text{ ou } PAM = PAD + 1/3 (PAS - PAD)$$

onde:

PAM = Pressão Arterial Média

PP = Pressão de Pulso

PAS = Pressão Arterial Sistólica

PAD = Pressão Arterial Diastólica

## MÉTODOS DE OBTENÇÃO

### 1. Métodos Indiretos:

#### A) Método Manual

Consiste na ausculta dos sons de Korotkoff - complexo de sons audíveis que ocorrem por turbulência, instabilidade da parede arterial e formação de onda de choque produzidos pela oclusão externa ou pressão sobre uma artéria maior. O primeiro som audível representa a pressão sistólica e o último e abafado som representa a pressão diastólica. A PAM, neste caso, pode ser calculada pela fórmula acima. Erros deste método ocorrem por resultado de deficiências nas transmissões dos sons, como um estoscópio longo ou por sensibilidade alterada do observador na ausculta dos sons. Manômetros aneróides estão sujeitos a erros de calibração e devem ser aferidos periodicamente. Causas patológicas ou iatrogênicas de diminuição do fluxo sangüíneo arterial, como o choque cardiogênico ou o uso de vasopressores, podem resultar em atraso na geração dos sons e significativo erro nas medidas da PA. Em contraste, a baixa complacência dos tecidos à ação do balão do esfigmomanômetro encontrada, por exem-

plo, em pacientes com tremores, requerem excessiva pressão de oclusão, o que pode produzir leituras mais elevadas da PA. Recomenda-se que a velocidade de deflação do balão seja de 2 mmHg/batimento cardíaco, para que seja mais fidedigna e correta. Este método ainda necessita de cálculos para a obtenção da PAM, fato que dificulta, demora e adiciona mais um fator de erro à medida. Deve-se levar em conta que este é o método de escolha para medidas de PA em cirurgias de pequeno e médio porte ou quando não há necessidade de medidas contínuas da PA e a previsão seja de alterações hemodinâmicas leves e lentas<sup>2</sup>.

#### B) Métodos Automáticos:

São aparelhos automatizados que efetuam medidas de PAM com auxílio de computadores acoplados que podem diminuir os fatores humanos de erro. A técnica mais comum é o método oscilométrico que mede as variações de pressão do balão, resultante de pulsações arteriais durante a deflação. Hutton e col, em revisão sobre o uso de aparelhos que utilizam este método de medida, mostraram que, na presença de arritmias cardíacas, este aparelho não efetuava leituras fidedignas e corretas das pressões arteriais e não recomendam o método nas cirurgias onde se aguardam alterações hemodinâmicas grandes e rápidas, como ocorre em cirurgias vasculares de grande porte ou quando há necessidade do uso de nitroprusiato de sódio. Aliado a isso, esse aparelho não mede a pressão arterial de forma contínua, ou seja a PA é medida em intervalos de tempo determinados e não a cada batimento cardíaco<sup>5</sup>.

#### C) Métodos Contínuos

A necessidade de monitorização contínua dos parâmetros pressóricos levou a necessidade da criação de uma técnica que mostrasse uma onda de pressão para ser analisada constantemente. Em 1973, o primeiro servo-pletismógrafo foi idealizado para este fim. Consiste de um pequeno balão colocado em volta da falange média do dedo, equipado por um transiluminador infravermelho que, através de um pletismógrafo (semelhante ao utilizado em oxímetros), mede continuamente o diâmetro das

artérias<sup>6</sup>.

Para iniciar as medidas, o aparelho faz uma calibração pela variação da pressão do balão que estabelece o tamanho dos vasos onde a pressão de oscilação sofre variação máxima. Estabelece-se, então, uma retroalimentação eletromecânica, onde a pressão gerada sobre o balão será constante em relação às variações dos calibres das artérias, naquele ponto. Com o auxílio de computadores, ele mede as pressões e as apresenta em um mostrador digital para leitura<sup>6</sup>.

Problemas podem ocorrer quando há mudanças nos fluidos intersticiais do dedo, necessitando de novas recalibrações do aparelho<sup>6</sup>.

Em recente análise de 53 pacientes que se submeteram à cirurgia cardíaca, vasculares de grande porte e neurológicas, foi feita comparação das medidas de pressão arterial invasiva (com colocação de cateteres intra-arteriais em arteriais radiais ou braquiais) e o método não-invasivo (através do uso da plestimografia). Eles concluíram que a pressão arterial digital (método que utiliza a plestimografia) difere da medida da artéria radial ou braquial. Alterações da PA causadas por drogas que fazem vaso-constricção podem alterar as medidas obtidas através do uso da plestimografia. Afirma-se, ainda, que o método digital é bom apenas naqueles casos onde os parâmetros hemodinâmicos não variam bruscamente<sup>7</sup>. Em outro estudo comparativo entre a medida digital e as medidas com o cateter intra-arterial, durante a indução anestésica em cirurgia neurológica, os autores concluíram que, nos momentos mais críticos, a medida digital apresenta-se menos fidedigna que a pressão invasiva, chegando a apresentar variações de até 40 mmHg nas medidas da PA<sup>6</sup>.

#### 2. Métodos Diretos:

São os métodos invasivos de obtenção da PAM. Todos indicam que a medida será feita diretamente de uma artéria, podendo mudar apenas os meios utilizados para a medida, seja com colunas de mercúrio ou manômetros aneróides (menos precisos), seja com transdutores de pressão mais sofisticados conectados a computadores.

A medida da PAM está indicada nas seguintes situações:

- Quando a instabilidade cardiovascular pode ser antecipada:
  - Pacientes com importantes aumentos de Ventrículo Esquerdo;
  - Doenças valvulares avançadas;
  - Quando a utilização de cristalóides ou colóides vai ser grande;
  - Infarto Agudo do Miocárdio ou história de angina de qualquer tipo;
  - História de doença pulmonar grave;
  - Parada Cardíaca e Reanimação Cardiopulmonar;
  - Cirurgias Intracranianas.
- Quando houver manipulação direta do sistema cardiovascular:
  - Cirurgia Cardíaca;
  - Cirurgia Vascular de grande porte;
  - Cirurgia Torácica - especialmente quando há necessidade de ventilação monopulmonar;
  - Inabilidade ou impossibilidade de medir corretamente;
  - Traumatismos extensos;
  - Obesidade;
  - Queimaduras extensas;
  - Choque (embora seja muito difícil a punção, existe a possibilidade de dissecação da artéria pelo cirurgião);

Outras:

- Hipotensão Induzida;
- Hipotermia Induzida;
- Necessidade de freqüentes medidas dos gases arteriais;
- Sepsis;
- Distúrbios eletrolíticos graves;
- Coagulopatias;
- Uso de heparina para anticoagulação.

Escolha da artéria a ser puncionada e medida a PAM:

As técnicas de avaliação para a escolha da artéria a ser puncionada ou dissecada devem seguir alguns passos. Recomenda-se que a artéria radial seja a primeira escolha, sempre que possível. Seu exame deve iniciar já no momento da consulta pré-anestésica, quando se recomenda a realização do teste de Allen, de preferência na mão não-dominante do paciente. Essa técnica foi descrita em 1929 por Allen, que procurava explicar o local e a gravidade da estenose arterial distal que ocorria em casos de tromboangites obliterantes. A técnica é utilizada, hoje em dia, para testar a permeabilidade e o grau de perfusão que a artéria ulnar é capaz de manter na mão, no caso de falência da artéria radial. O paciente deve fechar a mão fortemente por um período de um minuto para *esvaziá-la de sangue*, enquanto o examinador oclui a artéria radial através de compressão externa. Pede-se, então, para o paciente abrir a mão, mantendo-se a compressão radial. Se a mão continuar pálida é porque não há circulação ulnar. Se a mão ficar ruborizada é porque há circulação ulnar <sup>2</sup>. Hoje faz-se uma variação da técnica, ou seja, faz-se a compressão das duas artérias (radial e ulnar) e, após a abertura da mão do paciente, solta-se a ulnar mantendo-se a compressão radial, momento no qual inicia-se a contagem do tempo de enchimento da mão. Normalmente ele é completo em sete segundos; quando ocorre entre 8 e 14 segundos considera-se aumentado e, quando ocorre em mais de 15 segundos considera-se anormal. Se o fluxo da artéria ulnar não é adequado ou deixa dúvidas, recomenda-se a não-canulização da artéria radial no lado testado, pois o risco de complicações isquêmicas aumenta muito <sup>2</sup>. Interessante estudo foi realizado em 1699 pacientes levados à cirurgias cardiovasculares, onde a canulização da artéria radial foi efetuada. Os pacientes eram examinados com Doppler do primeiro até o sétimo dia após a retirada das cânulas das artérias radiais. A conclusão foi que 25% desses pacientes sofreram oclusão parcial ou total com ou sem hematomas após a descanulização, mas nenhum dano isquêmico foi diagnosticado clinicamente. O mais curioso foi que, mesmo nos pacientes (4% - 411 casos) onde o teste de Allen foi positivo, ou seja, apresentaram tempo de enchimento maior que 15 segundos, nenhum teve alterações clínicas que pudessem ser interpretadas como isquemia e

nem mesmo diminuição do fluxo sangüíneo (pelo teste com Doppler). Portanto, dos casos onde a diminuição de fluxo ocorreu (25%), nenhum deles tinha Allen positivo. Ele conclui dizendo que o teste de Allen não é um bom método indicativo de isquemia pós-canulização da artéria radial e classifica a canulização arterial como sendo uma técnica muito benéfica ao paciente e de muito baixo risco de complicações isquêmicas. No estudo em questão, o teste foi realizado em 24,2% dos pacientes (foi positivo em 4%)<sup>8,2</sup>.

Ainda assim, outros autores descreveram um caso de isquemia da mão esquerda após 36 horas de canulização da artéria radial esquerda. Após exploração cirúrgica, foi identificado um trombo na artéria, sendo realizada, então, a tromboendarterectomia. Mesmo assim o paciente teve sua mão amputada quatro semanas após, por necrose da eminência tenar, segmento distal do polegar e dedo indicador. Este paciente tinha teste de Allen pré-operatório negativo e curso hospitalar não complicado. A realização de repetidos bloqueios de plexo braquial, na tentativa de dilatação da artéria, apenas melhorava o quadro transitoriamente, com pulso palpável por alguns períodos, mas logo ocluía novamente<sup>9</sup>.

Uma vez comprovada a permeabilidade da artéria ulnar, segue-se a técnica de canulização. Após infiltração local, o cateter deve ser introduzido com um ângulo de 30 graus em relação à pele, lentamente, observando-se o refluxo de sangue através do canhão, momento no qual inclina-se um pouco mais em relação a pele e introduz-se apenas o cateter, tendo-se o cuidado de manter a agulha fixa, porque pode-se fazer falso trajeto. A técnica de transfixação da artéria e recuo até o refluxo de sangue para somente então introduzir a cânula não é recomendada, porque existem casos descritos de hematomas importantes com síndromes de compressão nervosa<sup>2,8</sup>.

Outros locais de punção alternativos são: artéria ulnar, braquial, axilar, femoral, pediosa dorsal e tibial posterior<sup>2</sup>.

Uma vez indicada a punção arterial para a medida direta da PA, passa-se a ligar o sistema a transdutores de pressão ou colunas de mercúrio ou, ainda, a manômetros aneróides de pressão para o início das leituras<sup>2</sup>.

Muitos trabalhos têm sido publicados na ten-

tativa de avaliar a verdadeira vantagem da utilização da PAM pelo método direto através da canulização arterial. Com esse propósito, Kroeker e Glood mediram as pressões de 14 pacientes comparando as medidas da artéria radial direita com as da raiz da aorta ou artéria subclávia esquerda (por inserção de cateteres via artéria femoral ou artéria braquial, respectivamente). Nesta publicação, eles descrevem que as pressões diastólica e média sofrem uma queda a medida que vão para a periferia, enquanto a pressão sistólica aumenta do centro para a periferia. A pressão sistólica, nas artérias braquiais, foi, em média, 109% das pressões centrais e das artérias radiais foi de 112% das pressões centrais (raiz da aorta ou artéria subclávia esquerda)<sup>4</sup>.

Em pessoas normais, a pressão arterial sistólica pode ser 30 a 40 mmHg maior na artéria radial do que na raiz da aorta e a PAM pode ser igual ou de 2 a 3 mmHg menor do que na raiz da aorta<sup>10</sup>.

Outros autores encontraram pressões arteriais sistólicas de 2 até 30 mmHg maiores na artéria radial do que no arco aórtico e a pressão de pulso foi 46% maior na artéria radial do que na aorta, fato esperado, uma vez que a diferença entre as pressões arteriais sistólica e diastólica, a medida que se vai para a periferia, tende a aumentar (sistólica fica maior e a diastólica fica menor ou igual)<sup>1</sup>.

Outros autores questionam o local de obtenção da PAM quando de seu uso como monitor auxiliar na saída de perfusão de Cirurgias Cardíacas (revascularizações do miocárdio). Estudaram 48 pacientes, utilizando medidas de pressão média na artéria radial e na artéria femoral no momento da saída da perfusão. Havia um gradiente de pressão média femoral-radial de 10 mmHg ou mais, onde a pressão femoral era de 80,2 mmHg e a radial era de 67,2 mmHg em 8 (oito) pacientes. Além disso, existia uma diferença nas temperaturas central e periférica destes pacientes (central 33,8°C e periférica 23,8°C), o que evidenciava vasoconstricção periférica. O mecanismo dessa alteração foi explicado através da medida da Resistência Vascular Sistêmica que, nesses pacientes, era sempre baixa. À medida que o sangue flui para a periferia, ocorre progressivo aumento da rigidez das artérias periféricas, processo que aumenta com o frio, fazendo um desvio de sangue para o leito

vascular mais dilatado que está mais central. Tal situação faz diminuir a pressão arterial média na artéria radial, mas não na artéria femoral. Finalizam recomendando que, quando o pulso radial é baixo na saída da perfusão, mas a palpação da pressão aórtica é boa, pode-se passar um cateter para medida na artéria femoral ou aumentar a oferta líquida ao paciente para diminuir o gradiente. Diga-se que, no referido trabalho, aqueles pacientes onde a oferta hídrica era maior, o gradiente femoral-radial era menor <sup>11</sup>.

Têm sido realizados estudos comparativos relacionando métodos não-invasivos e invasivos de obtenção de PAM. Hutton e col estudaram o método oscilométrico comparativamente com a PA invasiva em pacientes levados a cirurgias de aorta. As medidas eram feitas no momento da abertura da pinça da aorta com o intuito de avaliar a eficácia do método não-invasivo naqueles casos onde há instabilidade hemodinâmica. O método oscilométrico mediu pressão arterial sistólica de 139 mmHg e diastólica de 115 mmHg, enquanto o cateter arterial, localizado na raiz da aorta mediu pressão arterial sistólica de 126 mmHg e diastólica de 58 mmHg. Concluem, dizendo que o método não-invasivo pode ser menos fidedigno e confiável em situações onde o fluxo sanguíneo torna-se bruscamente variável <sup>2</sup>. Ainda assim, alguns autores lembram que nem sempre a artéria está disponível para medida da PAM (por exemplo; durante a coleta de sangue para gasometrias arteriais) e que a medida através da plestimografia tem ótima indicação nestes casos, para uso conjunto. Relatam um caso onde uma súbita crise hipertensiva pôde ser identificada e controlada graças a monitorização invasiva durante a manipulação de tumores <sup>12</sup>.

Os métodos de obtenção de PAM são múltiplos, possuindo características próprias que os individualizam para determinados procedimentos. Assim, para cirurgias de pequeno porte, nas quais alterações hemodinâmicas mais bruscas não são esperadas, medidas indiretas da pressão arterial e seus derivados (PAS, PAD, PP, PAM) sejam por métodos manuais ou automáticos, constituem-se em boa forma de monitorização. Já em situações críticas, nas quais ocorrem oscilações hemodinâmicas repentinas, uma monitorização contínua e fidedigna faz-se necessária, e aí o

método direto tem melhor indicação.

Muitas vezes, a associação de métodos diretos e indiretos pode ser útil, pois um pode complementar dados de pressão arterial, quando o outro não está em atividade.

Também pode-se observar que a relação entre medidas de pressão arterial e seus componentes em artérias periféricas e centrais não se equivalem e em determinadas situações, como hipotermia e hipovolemia, a monitorização central é valiosa.

De acordo com a disponibilidade e as indicações cabe ao anesthesiologista decidir qual o melhor método de monitorização da PAM, consideradas as limitações de cada método.

Nora FS, Grobocopatel D - Métodos de Aferição da Pressão Arterial Média

UNITERMOS: SISTEMA CIRCULATÓRIO:  
Pressão arterial média

## REFERÊNCIAS

01. Kroeker EJ, Wood EH - Comparison of simultaneously recorded central and peripheral arterial pressure pulses during rest, exercise and tilted position in man. *Circulation Research*, 1955;623-632.
02. Miller RD - *Anesthesia*, 4<sup>th</sup> Ed. New York. Churchill Livingstone, 1994;1163-1171.
03. Vander, Sherman, Luciano - *Fisiologia Humana* - Mc Graw-Hill, 1981; 327.
04. Cullen DJ - *Interpretation of blood pressure meas-*

- urements in anesthesia. *Anesthesiology*, 1974; 40:6-12.
05. Hutton P, Dye J, Prys-Roberts - An assessment of the Dinamap 845. *Anaesthesia*, 1984;39:3:261-267.
06. Kermode JL, Davist NS, Thompson WR - Comparison of the Finapres blood pressure monitor with intra-arterial manometry during induction of anaesthesia. *Anaesth Intens Care*, 1989;17:470-486.
07. Stokes DN, Clutton T, Patil CJ et al - Comparison of invasive and non-invasive measurement of continuous arterial pressure using the Finapres. *Br J Anaesth*, 1991; 67:26-35.
08. Slogoff S, Keats AS, Arlund C - On the safety of radial artery cannulation. *Anesthesiology*, 1983; 59:42-47.
09. Mangano DT, Hickey RF - Ischemic injury following uncomplicated radial catheterization. *Anesth Analg*, 1979;58;1:55-57.
10. Pauca AL, Hudspeth AS, Wallenhaupt SL et al - Radial artery to aorta pressure difference after discontinuation of cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology*, 1989;70:935 -941.
11. Mohr R, Lavee J, Goor DA - Inaccuracy of radial artery pressure measurement after cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1987;94:286-90.
12. Ortega RA, Halterman MW - Is there a role for the Finapres when arterial lines are used? *Anesth Analg*, 1972;74:929-939.