

Os perfusionistas brasileiros e o ajuste do rolete arterial: comparação entre a calibração estática e dinâmica

Brazilian perfusionists and arterial roller pump adjustment: comparison between static and dynamic calibration method

Francisco Ubaldo VIEIRA JUNIOR¹, Nilson ANTUNES², Johannes Dantas de MEDEIROS JÚNIOR³, Reinaldo Wilson VIEIRA⁴, Élio Barreto de CARVALHO FILHO⁵, José Evaldo Cavalcante REIS JUNIOR⁵, Eduardo Tavares COSTA⁶

RBCCV 44205-1268

Resumo

Introdução: Bombas de roletes desempenham um papel importante na circulação extracorpórea. No entanto, a oclusão dos roletes das bombas deve ser realizada de forma adequada e estas podem ser ajustadas, principalmente por dois métodos: estático e dinâmico.

Objetivo: Investigar como os perfusionistas brasileiros ajustam as bombas de rolete arterial em seus serviços e testar o uso de um Dispositivo Auxiliar de Calibração que facilita o ajuste pelo método de calibração dinâmica.

Métodos: Foi instalada uma bomba de roletes com os acessórios necessários para a realização de sua calibração pelos métodos de velocidade de queda (calibração estática) e calibração dinâmica durante o XXVIII Congresso Brasileiro de Circulação Extracorpórea. Foi solicitado aos perfusionistas que ajustassem uma bomba de roletes conforme procedimento normalmente utilizado em seu serviço. Após cada regulagem, foi medida a respectiva pressão

peelo método de calibração dinâmica com o auxílio do dispositivo. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNICAMP, sob N° 1144/2010.

Resultados: Participaram da pesquisa 56 perfusionistas. A média das 56 medidas de pressão de calibração dinâmica foi 434 ± 214 mmHg; 76% das medidas realizadas ficaram no intervalo preconizado para o uso da técnica de calibração dinâmica (entre 150 e 500 mmHg).

Conclusão: Os perfusionistas brasileiros tendem a calibrar bombas de roletes com ajustes menos oclusivos. As amplitudes das medidas de pressão de calibração dinâmica tendem a ser menores para perfusionistas mais experientes. O dispositivo pode ser utilizado por perfusionistas para ajustar bombas de roletes com maior precisão e, principalmente, repetitividade e em alguns minutos.

Descritores: Circulação Extracorpórea. Bombas. Calibragem.

1. Doutorado; Professor.
2. Doutor; Perfusionista do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.
3. Graduação em Engenharia Elétrica; Mestrando do Departamento de Engenharia Biomédica - DEB/FEEC/UNICAMP, Campinas, SP, Brasil.
4. Livre Docente; Chefe da Disciplina de Cirurgia Cardíaca da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.
5. Graduação em Biomedicina; Perfusionista do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.
6. Doutor; Diretor do Centro de Engenharia Biomédica - CEB/UNICAMP, Campinas, SP, Brasil.

Trabalho realizado no Centro de Engenharia Biomédica (CEB/UNICAMP), Departamento de Engenharia Biomédica (DEB/FEEC/UNICAMP) e Núcleo de Medicina e Cirurgia Experimental (FCM/UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.

Endereço para correspondência
Francisco Ubaldo Vieira Junior, Rua Alexander Fleming, 105 – Cidade Universitária Zeferino Vaz.
Campinas, SP, Brasil - CEP: 13083-970.
E-mail: ubaldo@ceb.unicamp.br

Artigo recebido em 26 de janeiro de 2011
Artigo aprovado em 7 de abril de 2011

Abstract

Introduction: Roller pumps play an important role in extracorporeal circulation. However, occlusion of the rollers should be adequately performed and this can be adjusted mainly by two methods: static and dynamic.

Objective: To investigate how the Brazilian perfusionists adjust arterial roller pumps in their services and evaluate the application of a Device to Assist Calibration (DAC) that facilitates roller adjustment by the dynamic calibration method.

Methods: We installed a roller pump with accessories to perform adjustment by drop rate (static calibration) and dynamic calibration methods during the XXVIII Brazilian Congress of Extracorporeal Circulation. Perfusionists were asked to adjust the roller pump according to the procedure they usually do in their service. After each adjustment pressure was measured by dynamic calibration method with

DAC. The research was approved by the Research Ethics Committee of UNICAMP, N° 1144/2010.

Results: There were 56 perfusionists in this study. Pressure average of 56 measurements of dynamic calibration was 434 ± 214 mmHg; 76% of measurements were within the recommended range for the use of the dynamic calibration method (between 150 and 500 mmHg).

Conclusion: Brazilian perfusionists tend to adjust roller pumps with less occlusive settings. The amplitudes of the dynamic calibration pressure tend to be smaller for more experienced perfusionists because their skills increase with time. The device can be used by the perfusionist to adjust roller pumps with greater accuracy and mainly repeatability in few minutes.

Descriptors: Extracorporeal Circulation. Pumps. Calibration.

INTRODUÇÃO

Projeções da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que as doenças cardiovasculares permanecerão como a maior causa de mortalidade e incapacidade no mundo até 2020 [1], sendo consideradas as principais causas de morte e invalidez no Brasil.

O Brasil realiza cerca de 350 operações cardíacas/1.000.000 habitantes/ano, incluindo implantes de marcapassos e desfibriladores com alto custo do ponto de vista tecnológico, de recursos humanos e financeiros [2].

Estima-se que no Brasil esteja sendo atendido menos de um terço da necessidade mínima de operações cardíacas para correção de defeitos congênitos, por serem as de maior custo, o que representa um déficit de 65% [3].

Estudos realizados no Brasil sobre os gastos de uma operação cardíaca revelaram que, dos custos totais, aproximadamente 20% eram relacionados com materiais de perfusão [4].

Os profissionais envolvidos em cirurgias têm buscado alternativas que possam diminuir o uso da circulação extracorpórea (CEC), bem como o uso de novas técnicas que possam minimizar o trauma aos elementos figurados do sangue pelo uso da CEC [5-9].

Está bem estabelecido que forças não fisiológicas durante a CEC causam danos ao sangue e podem prolongar a recuperação do paciente [10,11].

Muitos avanços vêm sendo alcançados na CEC. Oxigenadores mais eficientes, materiais utilizados mais

biocompatíveis, técnicas minimamente invasivas e uso de novos dispositivos e procedimentos têm tornado a CEC mais segura.

Atualmente, existem dois grupos de equipamentos mais usados como bombas propulsoras em circulação extracorpórea: as bombas centrífugas e as de roletes. As bombas centrífugas representam uma parte das bombas utilizadas em CEC, sendo utilizada na posição de bomba arterial, responsável pelo bombeamento do sangue. Seu grande apelo são as suas alegadas características menos hemolíticas quando comparadas às bombas de roletes [12,13]. Entretanto, estudos comparativos entre os dois modelos de bombas não mostraram benefícios do uso de bombas centrífugas e não são conclusivos [14-16]. Com isso, muitos perfusionistas continuam a usar bombas de roletes como bomba arterial, que são simples de manusear e de baixo custo [17].

A calibração dos roletes é a técnica de ajuste da distância entre o rolete e o leito rígido (oclusão) e sua regulagem tem comprometimentos sérios no processo de hemólise [18]. Um rolete excessivamente ocluído aumenta o traumatismo do sangue, podendo produzir hemólise acentuada. Um rolete com folga excessiva permite refluxo, dependendo dos dispositivos adicionados ao circuito de CEC.

São utilizados principalmente dois métodos para a calibração de bombas de roletes: método estático ou velocidade de queda e o método dinâmico ou calibração dinâmica [19]. As bombas de roletes, calibradas pelo método dinâmico, com ajustes dentro da faixa preconizada de 150 a

500 mmHg, são consideradas, por alguns autores, menos hemolíticas e mais repetitivas, quando comparadas ao método estático [18-20].

No Brasil, a maioria dos perfusionistas utiliza o método estático para calibração de bombas de roletes para o uso em CEC. A literatura especializada recomenda, para o uso do método estático, velocidade de queda de 2,5 cm/min para uma coluna de 1000 mm de coluna de solução fisiológica [18,19]. Para ajustes com a técnica de calibração dinâmica, são recomendados ajustes de pressão de calibração dinâmica (PCD) entre 150 e 500 mmHg [18].

Embora os dois métodos sejam bem conhecidos, a relação entre eles não está bem estabelecida e ambos apresentam dificuldades operacionais para o uso em centros cirúrgicos [21].

A dificuldade de repetitividade na calibração das bombas de roletes com o uso do método estático aliada à experiência e ao treinamento do perfusionista pode trazer grandes diferenças nos ajustes das bombas de roletes.

Foi desenvolvido um dispositivo auxiliar para calibração (DAC) com o objetivo de auxiliar os perfusionistas no ajuste de bombas de roletes pelo método de calibração dinâmica. Esse dispositivo foi desenvolvido no Centro de Engenharia Biomédica (CEB) e testado no Núcleo de Medicina e Cirurgia Experimental, ambos da Universidade de Campinas (UNICAMP).

Baseado em microcontrolador, calcula a pressão média de calibração dinâmica e os valores de pressão máximos e mínimos obtidos pela passagem de cada rolete da bomba. As medidas são realizadas na saída da bomba de roletes com o auxílio de um transdutor de pressão descartável normalmente usado em cirurgias cardiovasculares. Os valores calculados são mostrados ao perfusionista por meio de um visor de cristal líquido que, assim, ajusta a oclusão até obter a pressão média desejada. Os cálculos são

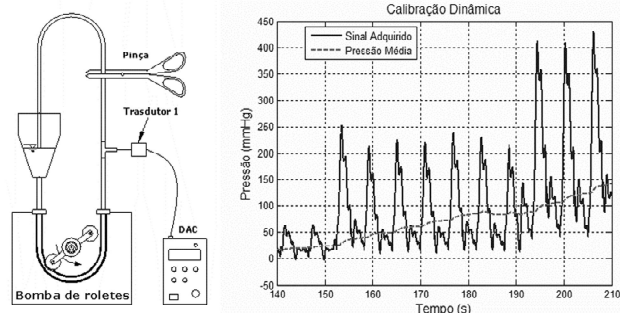


Fig. 1 - Ilustração do uso do DAC com a resposta típica de pressão do sinal adquirido e média calculada em função do tempo durante a calibração dinâmica

realizados a partir do sinal adquirido ao longo do tempo. A Figura 1 ilustra o uso do dispositivo com transdutor de pressão e a resposta típica pelo tempo do ajuste de pressão durante a calibração dinâmica.

O objetivo desse trabalho é investigar como os perfusionistas brasileiros ajustam a bomba de rolete arterial em seus serviços e testar o uso do dispositivo auxiliar para calibração com respectiva medida pelo método de calibração dinâmica.

MÉTODOS

Calibração do Transdutor de Pressão

Para as medidas de calibração dinâmica foi utilizado um transdutor de pressão descartável modelo BX, fabricado por Braile Biomédica (São José do Rio Preto, SP). O transdutor de pressão foi testado na faixa de 0 a 1000 mmHg com passo de 100 mmHg. A Figura 2 ilustra os componentes usados para a calibração do transdutor de pressão.

Foram realizados ciclos de carregamento e de descarregamento de pressão, alternadamente. Ao atingir o valor máximo (1000 mmHg) e mínimo (0 mmHg) da escala, a pressão foi mantida por 5 minutos e, então, o próximo ciclo era iniciado. A tensão de saída do transdutor foi medida com dois multímetros Tek DMM830 de 5 e ½ dígitos da Tektronix®. Foram realizadas seis medidas, três com pressões variando de 0 a 1000 mmHg (carregamento) e três variando de 1000 a 0 mmHg (descarregamento).

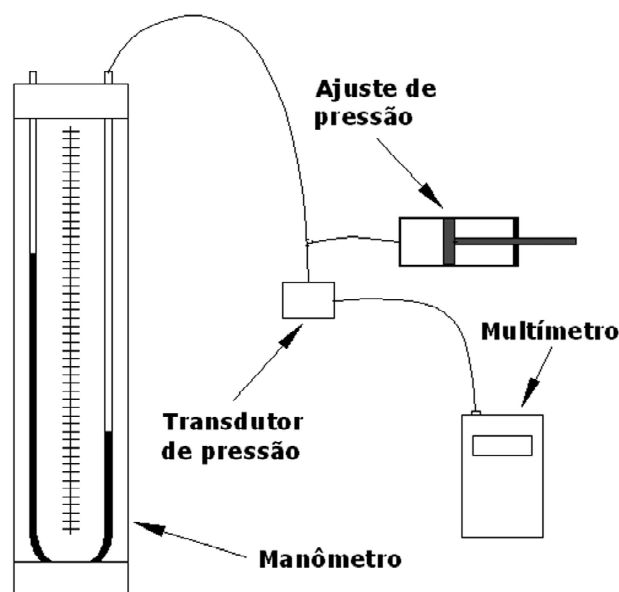


Fig. 2 - Ilustração dos principais componentes usados para calibração do transdutor de pressão

Testes com o DAC

O XXVIII Congresso Brasileiro de Circulação Extracorpórea, realizado entre 2 e 4 de dezembro de 2010, em São Paulo, SP, Brasil, reuniu perfusionistas de todas as regiões do Brasil. Neste congresso, foi instalada uma bomba de roletes com os acessórios necessários para a realização de calibração pelos métodos de velocidade de queda e calibração dinâmica.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa de nossa instituição, sob N° 1144/2010, e os perfusionistas preencheram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido juntamente com um questionário anexo.

Foi solicitado aos 56 perfusionistas presentes no congresso que aceitaram participar da pesquisa, que regulassem o módulo arterial da bomba de roletes conforme procedimento normalmente utilizado em seu serviço em procedimentos envolvendo CEC.

Foram utilizados tubos de silicone (normalmente usados em procedimento envolvendo CEC em adultos) com diâmetro de 1/2 x 3/32 polegadas utilizados no leito rígido da bomba (caçapa). Após cada regulagem da bomba realizada por um perfusionista, o tubo de silicone era substituído por um novo para o uso do próximo perfusionista, totalizando 56 tubos novos.

Após cada regulagem realizada pelo perfusionista e antes da troca do tubo, era feita a respectiva medida de pressão média de calibração dinâmica com o uso do dispositivo auxiliar para calibração. A Figura 3 mostra o registro fotográfico do dispositivo.

As medidas de calibração dinâmica foram realizadas uma única vez após o ajuste realizado pelo perfusionista. As medidas foram feitas com o uso do dispositivo auxiliar para calibração, conforme procedimento:

- Circuito da bomba já preenchido com solução fisiológica;
- Conectado o DAC ao transdutor de pressão;
- Ajustado o "offset" do transdutor por função específica do DAC;
- Mantida a regulagem previamente feita por perfusionista participante da pesquisa, a bomba foi colocada em 10 rpm;
- A medida foi realizada pelo DAC e o valor mostrado no visor;
- Anotado o valor de pressão média de calibração dinâmica.

RESULTADOS

Calibração do Transdutor de Pressão

A Figura 4 mostra a curva de pressão (mmHg) pela tensão (mV) medida no transdutor utilizado na pesquisa. Os resultados registrados foram os calculados da média dos três testes realizados com três tubos novos de silicone



Fig. 3 - Registro fotográfico do dispositivo auxiliar para calibração (DAC) utilizado para as medidas de pressão média de calibração dinâmica

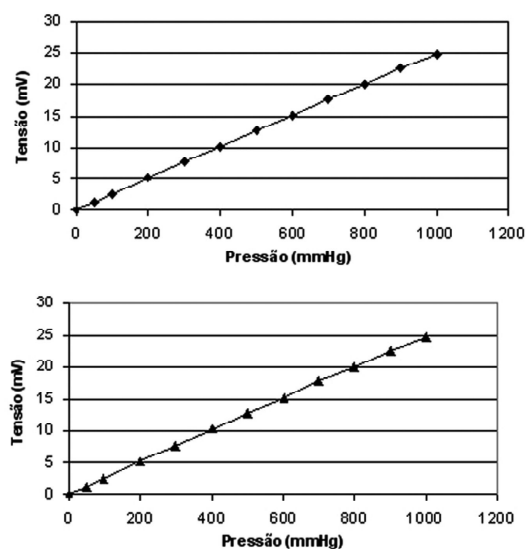


Fig. 4 - Curva de calibração durante ciclos de carregamento de pressão (esquerda). Curva de calibração durante ciclos de descarregamento de pressão (direita)

com diâmetro de ½ polegada durante ciclos de carregamento (esquerda) e dos três testes realizados durante ciclos de descarregamento (direita). Em cada teste, foram registradas 12 medidas de carregamento e 12 de descarregamento. Em cada medida de carregamento e descarregamento, foram utilizados dois multímetros iguais e adotado para cada um dos 12 registros a média aritmética calculada do resultado medido dos dois multímetros. O resultado das 72 medidas de carregamento e 72 de descarregamento mostraram distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk ($P > 0,05$).

A comparação entre as regressões por análise de covariância (ANCOVA) mostrou igualdade estatística entre os coeficientes angulares ($P > 0,96$) e interceptos ($P > 0,98$) das regressões.

Testes com o dispositivo auxiliar para calibração

A Tabela 1 mostra a distribuição por região dos perfusionistas que participaram da pesquisa, bem como a distribuição por formação em curso superior.

Dos 56 perfusionistas que participaram da pesquisa, 50% foram do gênero masculino e 50% do gênero feminino.

Tabela 1. Distribuição dos perfusionistas por região e por formação superior informada.

Região	N	%
Norte	1	0,2
Nordeste	11	19,6
Centro Oeste	5	8,9
Sul	7	12,5
Sudeste	32	57,1
Formação	N	%
Biologia	5	8,9
Biomedicina	12	21,4
Enfermagem	15	26,8
Fisioterapia	3	5,4
Outros	4	7,1
Sem curso superior informado	17	30,4

Tabela 3. Distribuição das medidas de pressão média de calibração dinâmica.

Pressão de Calibração dinâmica (mmHg)	Fi	Percentual
150 — 300	16	28,6%
300 — 450	17	30,4%
450 — 600	12	21,4%
600 — 750	7	12,5%
750 — 900	2	3,6%
900 — 1050	—	—
1050 — 1200	2	3,5%
Total	56	100%

A Tabela 2 mostra a distribuição de frequência das idades dos perfusionistas e o tempo informado de exercício da profissão.

A Tabela 3 mostra a distribuição das medidas de pressões de calibração dinâmica dos 56 perfusionistas que participaram da pesquisa.

A média das 56 medidas de pressão de calibração dinâmica foi 434 ± 214 mmHg (média \pm desvio padrão) e os dados apresentaram distribuição normal ($P > 0,05$).

Tabela 2. Distribuição das idades e tempo de profissão dos perfusionistas.

Idade (anos)	Fi	Percentual
20 — 28	16	34,8%
28 — 36	8	17,4%
36 — 44	12	26,1%
44 — 52	6	13,0%
52 — 60	4	8,7%
Total	46*	100%
Tempo de profissão (anos)	Fi	Percentual
0.0 — 4.0	22	40,0%
4.0 — 8.0	6	10,9%
8.0 — 12.0	8	14,5%
12.0 — 16.0	3	5,5%
16.0 — 20.0	5	9,1%
20.0 — 24.0	7	12,7%
24.0 — 28.0	3	5,5%
28.0 — 32.0	—	—
32.0 — 36.0	—	—
36.0 — 40.0	1	1,8%
Total	55*	100%

* Número de perfusionistas que responderam a idade e tempo de profissão

DISCUSSÃO

O ajuste de bombas de roletes pelo método de calibração dinâmica não é uma técnica recente. Foi inicialmente divulgada em 1997 e diversos estudos têm sido realizados na tentativa de demonstrar que o uso desse método traz menos danos aos elementos do sangue [18].

No Brasil, essa técnica de ajuste tem sido pouco utilizada, principalmente pelas dificuldades operacionais ou pelo próprio desconhecimento do método. As principais dificuldades observadas em estudo realizado para esse fim foram [21]:

- As características cíclicas de pressão das bombas de roletes durante o processo de calibração dificultam o ajuste;
- A desregulação dos roletes, isto é, a diferença entre as distâncias dos roletes A e B em relação ao leito rígido;
- A contaminação dos dispositivos para medidas de pressão;

- Ausência de um dispositivo específico para auxiliar na calibração dinâmica.

As medidas do DAC com o uso de transdutores de pressão comerciais (Edwards e Braille) não mostraram variações entre ciclos de carregamento e descarregamento (histerese < 0,26%), com medidas realizadas até 1000 mmHg. Os valores obtidos nos testes estão abaixo dos valores tabelados pelos fabricantes para os transdutores de pressão, para linearidade e Histerese ($\pm 1,5\%$).

A técnica de ajuste por velocidade de queda é amplamente utilizada, mas em poucos casos usando efetivamente a metodologia preconizada na literatura, que consiste em regular a bomba com velocidade de 2,5 cm/min em uma coluna de solução fisiológica de 1000 mm em tubo de ¼ de polegada de diâmetro de PVC. Essa técnica também apresenta dificuldades operacionais para uso em centro cirúrgico aliada à falta de repetitividade quando realizada com tubos de silicone [20,21].

A Figura 5 ilustra a distribuição percentual dos perfusionistas em atividade por região do Brasil, cadastrados pela Sociedade Brasileira de Circulação Extracorpórea, e a distribuição dos que participaram da pesquisa.

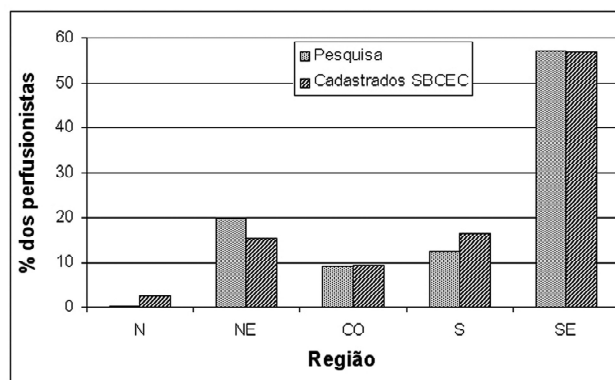


Fig. 5 - Distribuição dos perfusionistas em atividade por região do Brasil (fonte SBCEC) e dos participantes da pesquisa

Os 56 perfusionistas que participaram da pesquisa representam aproximadamente 10% dos perfusionistas ativos no Brasil, segundo registros na Sociedade Brasileira de Circulação Extracorpórea (SBCEC). A comparação entre as proporções de perfusionistas por região mostrou igualdade estatística em todas as regiões ($P > 0,05$) pelo teste binomial entre proporções.

Dos 56 perfusionistas que participaram da pesquisa, somente dois utilizaram coluna de solução fisiológica acima do reservatório venoso, instalado na bomba. Seis realizaram pré-regulagem com ar, conforme segue:

- Tubo novo de silicone instalado na bomba;
- Com ar, a tubulação de entrada da bomba foi pinçada;
- Os roletes foram pré-regulados, avaliando o tempo de enchimento (de ar) do tubo de silicone disposto na çapaga;
- O circuito foi preenchido com solução fisiológica;
- Realizada a medida visual de velocidade de queda no tubo de entrada do reservatório venoso.

Foi disponibilizado um cronômetro digital para auxiliar os perfusionistas nos ajustes, no entanto, todas as medidas foram feitas avaliando visualmente a velocidade de queda e a maioria foi realizada com o auxílio da tubulação ligada ao reservatório, o que dificulta muito a precisão e, principalmente, a repetitividade.

Os testes foram realizados com uma bomba com dispositivo de ajuste simultâneo dos roletes, portanto, os resultados apresentados são válidos para bombas que tenham incorporado esse dispositivo. Bombas com ajuste individual dos roletes não foram testadas, mas é entendimento dos autores que o dispositivo testado pode auxiliar na calibração dinâmica de modelos de bombas sem esse tipo de facilidade. Isso se deve ao fato do dispositivo verificar a pressão individual de cada rolete e pode facilitar o operador a ajustá-los para que tenham a mesma pressão na saída da bomba.

A média dos valores de pressão média de calibração dinâmica registrados foi de 434 mmHg, com desvio padrão de 214 mmHg, e coeficiente de variação (CV) de 49,2%. Esse coeficiente pode indicar que o método estático apresentou variações inerentes ao próprio método, principalmente pelo uso de tubos de silicone ou que os profissionais ajustaram a bomba com oclusões distintas.

A amplitude total das medidas de pressão foi de 1022 mmHg, com mínima de 152 e máxima de 1174 mmHg e 76% das medidas realizadas ficaram no intervalo preconizado para medidas de calibração dinâmica (entre 150 e 500 mmHg) [18].

Não foram observadas relações entre as medidas de Pressão de Calibração Dinâmica com o tempo de profissão e nem com a formação superior informada ($P < 0,05$).

A Figura 6 demonstra o gráfico de dispersão dos valores medidos de Pressão de Calibração Dinâmica em função do tempo de experiência em perfusão informado pelos perfusionistas.

A técnica utilizada para amostragem da pesquisa foi por conveniência, devido à facilidade de acesso aos perfusionistas durante o XXVIII Congresso Brasileiro de Circulação Extracorpórea. Esta técnica tem como característica principal não fazer uso de formas aleatórias de seleção e, por isso, é classificada como não-probabilística. Apesar de não ter rigor estatístico, é muito utilizada quando se deseja obter informações de maneira rápida e de baixo custo, principalmente em caráter

exploratório. É utilizada a amostra a que se tem acesso, admitindo que possa representar a população.

O tipo de amostragem utilizada foi a única forma de medir, com número razoável de participantes, o valor de ajustes de bombas de roletes utilizado pelos perfusionistas.

A pesquisa foi conduzida observando os possíveis vícios ou *tendências* que pudessem estar presentes na amostra e é nossa opinião que os resultados obtidos são uma boa aproximação da população.

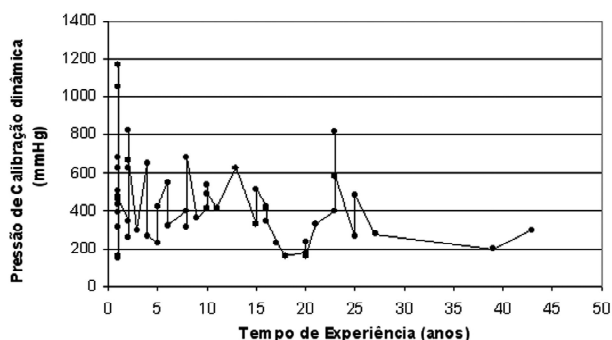


Fig. 6 - Gráfico de dispersão das pressões de calibração dinâmica em função do tempo de experiência em perfusão

CONCLUSÃO

Os perfusionistas brasileiros tendem a calibrar as bombas de roletes com ajustes entre 150 e 500 mmHg, que são valores menos oclusivos que os preconizados pelo método estático (2,5 cm/min).

As amplitudes das medidas de pressão de calibração dinâmica tendem a ser menores com o aumento do tempo de profissão.

O dispositivo pode ser utilizado por perfusionistas para ajustar bombas de roletes com exatidão e precisão e em alguns minutos (3 minutos). Testes cuidadosos podem ser iniciados com o dispositivo em ambiente operatório.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a empresa Braile Biomédica pelo empréstimo da bomba de roletes utilizada para a pesquisa, bem como pela doação dos tubos de silicone.

REFERÊNCIAS

1. Murray CJL, Lopez AD. The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from disease, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020. Boston:Harvard School of Public Health;1996.

2. Gomes WJ, Mendonça JT, Braile DM. Resultados em cirurgia cardiovascular. Oportunidade para rediscutir o atendimento médico e cardiológico no sistema público de saúde do país. Rev Bras Cir Cardiovasc. 2007;22(4):III-VI.
3. Pinto Junior VC, Daher CV, Sallum FS, Jatene MB, Croti UA. Situação das cirurgias cardíacas congênitas no Brasil. Rev Bras Cir Cardiovasc. 2004;19(2):III-VI.
4. Haddad N, Bittar E, Marchi AF, Kantorowitz CS, Ayoub AC, Fonseca ML, et al. Hospital costs of coronary artery bypass grafting on elective coronary patients. Arq Bras Cardiol. 2007;88(4):418-23.
5. Vieira Junior FU, Vieira RW, Antunes N, Petrucci O, Oliveira PP, Serra MMP, et al. Análise do perfil hidrodinâmico em diferentes modelos de bombas de rolete utilizadas em circulação extracorpórea. Rev Bras Cir Cardiovasc. 2009;24(2):188-93.
6. Ferreira CA, Vicente WVA, Évora PRB, Rodrigues AJ, Klamt JG, Carlotti APCP, et al. Aprotinina preserva plaquetas em crianças com cardiopatia congênita acianogênica operadas com circulação extracorpórea? Rev Bras Cir Cardiovasc. 2009;24(3):373-81.
7. Benfatti RA, Carli AF, Silva GVR, Dias AEMAS, Goldiano JA, Pontes JCDV, et al. Influência do ácido épsilon aminocapróico no sangramento e na hemotransfusão pós-operatória em cirurgia valvar mitral. Rev Bras Cir Cardiovasc. 2010;25(4):510-5.
8. Sá MPBO, Lima LP, Rueda FG, Escobar RR, Cavalcanti PEF, Thé ECS, et al. Estudo comparativo entre cirurgia de revascularização miocárdica com e sem circulação extracorpórea em mulheres. Rev Bras Cir Cardiovasc. 2010;25(2):238-44.
9. Silva AMRP, Campagnucci VP, Pereira WL, Rosa RF, Franken RA, Gandra SMA, et al. Revascularização do miocárdio sem circulação extracorpórea em idosos: análise da morbidade e mortalidade. Rev Bras Cir Cardiovasc. 2008;23(1):40-5.
10. Leverett LB, Hellums JD, Alfrey CP, Lynch EC. Red blood cell damage by shear stress. Biophys J. 1972;12(3):257-73.
11. Bernstein EF, Gleason LR. Factors influencing hemolysis with roller pumps. Surgery. 1967;61(3):432-42.
12. Hansbro SD, Sharpe DA, Catchpole R, Welsh KR, Munsch CM, McGoldrick JP, et al. Haemolysis during cardiopulmonary bypass: an in vivo comparison on standard roller pumps, nonocclusive roller pumps and centrifugal pumps. Perfusion. 1999;14(1):3-10.
13. Linneweber J, Chow TW, Kawamura M, Moake JL, Nosè Y. In vitro comparison of blood pump induced platelet microaggregates between a centrifugal and roller pump during cardiopulmonary bypass. Int J Artif Organs. 2002;25(6):549-55.

-
14. Takahama T, Kanai F, Hiraishi M, Onishi K, Yamazaki Z, Suma K, et al. Long-term nonheparinized left heart bypass (LHB): centrifugal pump or roller pump. *Trans Am Soc Artif Intern Organs*. 1985;31:372-6.
 15. Lawson DS, Ing R, Cheifetz IM, Walczak R, Craig D, Schulman S, et al. Hemolytic characteristics of three commercially available centrifugal blood pumps. *Pediatr Crit Care Med*. 2005;6(5):573-7.
 16. Asant-Siaw J, Tyrrell J, Hoschtitzky A, Dunning J. Does the use of a centrifugal pump offer any additional benefit for patient having open heart surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2006;5(2):128-34.
 17. Mulholland JW, Shelton JC, Luo XY. Blood flow and damage by the roller pumps during cardiopulmonary bypass. *J Fluids Structur*. 2005;20:129-40.
 18. Tamari Y, Lee-Sensiba K, Leonard EF, Tortolani AJ. A dynamic method for setting roller pumps nonocclusively reduces hemolysis and predicts retrograde flow. *ASAIO J*. 1997;43(1):39-52.
 19. Tayama E, Teshima H, Takaseya T, Fukunaga S, Tayama K, Hayashida N, et al. Non-occlusive condition with the Better-Header roller pump: impacts of flow dynamics and hemolysis. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;10(6):357-61.
 20. Vieira FU Jr, Vieira RW, Antunes N, Petrucci O Jr, Oliveira PP, Silveira Filho LM, et al. The influence of the residual stress in silicone tubes in the calibration methods of roller pumps used in cardiopulmonary bypass. *ASAIO J*. 2010;56(1):12-6.
 21. Vieira Jr. FU, Vieira RW, Antunes N, Oliveira PPM, Petrucci Jr. O, Carmo MR, et al. Considerações sobre métodos de ajuste de bombas de roletes usadas em circulação extracorpórea: Velocidade de queda e calibração dinâmica. *Rev Bras Eng Biom*. 2010;26(1):25-32.