



REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

Publicação Oficial da Sociedade Brasileira de Anestesiologia
www.sba.com.br



ARTIGO CIENTÍFICO

Concentração mínima efetiva de bupivacaína para o bloqueio do plexo braquial via axilar guiado por ultrassom[☆]



Alexandre Takeda, Leonardo Henrique Cunha Ferraro*, André Hosoi Rezende, Eduardo Jun Sadatsune, Luiz Fernando dos Reis Falcão e Maria Angela Tardelli

Disciplina de Anestesiologia, Dor e Terapia Intensiva, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 21 de setembro de 2013; aceito em 26 de novembro de 2013

Disponível na Internet em 27 de setembro de 2014

PALAVRAS-CHAVE

Anestesia regional;
Bloqueio do plexo braquial;
Bupivacaína;
Ultrassom;
Bloqueio axilar;
Concentração mínima efetiva

Resumo

Introdução: O uso do ultrassom na anestesia regional permite a redução da dose de anestésico local utilizada para o bloqueio de nervos periféricos. O presente estudo foi conduzido com o objetivo de determinar a concentração mínima efetiva (CME90) de bupivacaína para o bloqueio do plexo braquial via axilar (BPVA).

Métodos: Pacientes submetidos a cirurgias da mão foram recrutados. Foi usado um método de alocação "biased coin" seqüencial "up-down" para estimar a CME90. A dose de bupivacaína foi de 5 mL para cada nervo (radial, ulnar, mediano e musculocutâneo). A concentração inicial de era 0,35%. Essa concentração era alterada em 0,05% dependendo do bloqueio anterior: a falha do bloqueio resultava em aumento da concentração para o próximo paciente; no caso de sucesso, o próximo paciente poderia receber ou redução (probabilidade de 0,1) ou mesma concentração (probabilidade 0,9). A anestesia cirúrgica foi definida como força motora ≤ 2 segundo a escala de Bromage modificada, ausência de sensibilidade térmica e de resposta ao pinprick. A analgesia pós-operatória foi verificada na sala de recuperação anestésica com escala numérica de dor e a quantidade de analgésicos utilizados até 4 horas após o bloqueio.

Resultados: A CME90 foi de 0,241% [R2: 0,978, Intervalo de Confiança: 0,20%–0,34%]. Além disso, nenhum paciente com sucesso do bloqueio apresentou dor após 4 horas.

Conclusão: Este estudo demonstrou que pode-se realizar o BPVA guiado por ultrassom utilizando-se baixas concentrações de anestésico local, aumentando a segurança do procedimento. Novos estudos devem ser realizados para avaliar a duração de bloqueios com baixas concentrações.

© 2014 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

[☆] Registro Comitê de Ética da Instituição: 0482/11.

Registro ClinicalTrials.gov: NCT01838928.

* Autor para correspondência.

E-mail: leohc Ferraro@yahoo.com.br (L.H.C. Ferraro).

KEYWORDS

Regional anesthesia;
Brachial plexus block;
Bupivacaine;
Ultrasound;
Axillary block;
Minimum effective
concentration

Minimum effective concentration of bupivacaine for axillary brachial plexus block guided by ultrasound

Abstract

Introduction: The use of ultrasound in regional anesthesia allows reducing the dose of local anesthetic used for peripheral nerve block. The present study was performed to determine the minimum effective concentration (MEC90) of bupivacaine for axillary brachial plexus block (ABPB).

Methods: Patients undergoing hand surgery were recruited. To estimate the MEC90, a sequential up-down biased coin method of allocation was used. The bupivacaine dose was 5 mL for each nerve (radial, ulnar, median, and musculocutaneous). The initial concentration was 0.35%. This concentration was changed by 0.05% depending on the previous block: a blockade failure resulted in increased concentration for the next patient; in case of success, the next patient could receive or reduction (0.1 probability) or the same concentration (0.9 probability). Surgical anesthesia was defined as driving force ≤ 2 according to the modified Bromage scale, lack of thermal sensitivity and response to pinprick. Postoperative analgesia was assessed in the recovery room with numeric pain scale and the amount of drugs used within 4 hours after the blockade.

Results: MEC90 was 0.241% [R2: 0.978, confidence interval: 0.20%–0.34%]. No successful block patient reported pain after 4 hours.

Conclusion: This study demonstrated that ultrasound guided ABPB can be performed with the use of low concentration of local anesthetics, increasing the safety of the procedure. Further studies should be conducted to assess blockade duration at low concentrations.

© 2014 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

O sucesso do bloqueio de nervos periféricos depende da correta identificação das estruturas nervosas e da injeção de uma dose adequada de anestésico local ao redor delas, a fim de obter uma impregnação completa de todos os nervos envolvidos na cirurgia. Para o bloqueio do plexo braquial via axilar (BPVA), onde as falhas são tipicamente atribuídas a um posicionamento incorreto da agulha ou a septações da bainha do plexo braquial na região axilar,^{1,2} volumes de até 80 mL já foram utilizados para aumentar a taxa de sucesso.³ Entretanto, o uso de grandes quantidades de anestésico local aumenta a chance de ocorrer toxicidade sistêmica, que é a maior complicação da anestesia regional. Embora a incidência de toxicidade sistêmica seja menor que 0,2%, essa complicação é de tratamento difícil e potencialmente fatal.^{4,5}

A introdução do ultrassom na prática clínica da anestesia regional tornou possível a visualização das estruturas nervosas, o que permite maior precisão na administração de anestésicos locais. O volume mínimo efetivo de anestésico local para o bloqueio de alguns nervos periféricos tem sido investigado, e pesquisas mostram que bloqueios efetivos podem ser conseguidos utilizando baixos volumes de anestésicos, o que reduz a probabilidade de toxicidade sistêmica.^{6–11} No entanto, a aplicabilidade clínica de baixos volumes e a limitação de se identificar injeções intraneurais pelo ultrassom têm sido questionadas.¹²

Reduzir a concentração de anestésico local pode limitar a dose total do fármaco administrado sem alterar o volume injetado. Entretanto, a concentração mínima de anestésicos

locais para se obter o BPVA com segurança, mas sem comprometer a qualidade do bloqueio e sua eficácia, ainda não foi estabelecida.

O objetivo deste estudo foi calcular a concentração mínima efetiva de 20 mL de bupivacaína sem epinefrina, que alcançou anestesia cirúrgica para o bloqueio de plexo braquial por via axilar guiada por ultrassom para cirurgias de mão em 90% dos pacientes (CME90).

Materiais e métodos

O presente estudo usou um modelo *step-up/step-down* para determinar a CME90 de bupivacaína no BPVA guiado por ultrassom.

Este protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da nossa instituição (Ref 0482/11) e registrado no Clinical-Trials.gov (protocolo NCT01838928). Pacientes com idade entre 18 e 65 anos e indicação de bloqueio de plexo braquial para anestesia e analgesia para intervenção cirúrgica eletiva da mão com duração menor que duas horas, estado físico PI, II ou III, conforme a Sociedade Americana de Anestesiologistas, e índice de massa corpórea (IMC) $< 35 \text{ kg.m}^{-2}$ foram incluídos no estudo entre os anos de 2011 e 2012, após a assinatura do termo de consentimento informado. Pacientes que apresentaram alteração que impedia a avaliação de motricidade ou sensibilidade, comprometimento cognitivo ou condição psiquiátrica ativa, infecção no sítio de punção do bloqueio, coagulopatia ou história de alergia à bupivacaína foram excluídos do estudo.

Tabela 1 Escala de Bromage modificada

Grau	Definição
4	Força muscular completa em grupos musculares relevantes
3	Redução de força, mas capaz de mover-se contra resistência
2	Capacidade de mover-se contra a gravidade, mas não contra resistência
1	Movimentos discretos (trêmulos) dos grupos musculares
0	Ausência de movimentos

Após a inclusão dos pacientes no estudo, todos tiveram registrados seus dados demográficos. Foi realizada, em seguida, a monitorização de rotina para procedimento cirúrgico com eletrocardioscópio, pressão arterial não invasiva e oximetria de pulso e obtido acesso venoso periférico no membro superior contralateral ao da cirurgia para infusão de solução cristaloide e sedação com 0,03 mg.kg⁻¹ de midazolam.

O bloqueio do plexo braquial foi realizado por via axilar, com auxílio do ultrassom M-Turbo® com transdutor linear de 13-6 MHz (SonoSite, Bothell, WA, EUA) e estimulador de nervo periférico Stimuplex® DIG RC (B. Braun, Melsung, Alemanha) com paciente em posição supina. Foi realizada antisepsia da pele com clorexidina, proteção do transdutor com plástico estéril e infiltração do local de punção com 2 mL de lidocaína 1%. Após visualização dos nervos do plexo braquial pelo ultrassom, realizou-se a punção com agulha para eletroestimulação 22G 50 mm AEQ2250 (BMD Group, Veneza, Itália). O neuroestimulador foi utilizado para confirmar a identificação dos quatro nervos separadamente (medião, ulnar, radial e musculocutâneo). Uma dose de 5 mL de bupivacaína sem epinefrina foi injetada lentamente ao redor de cada nervo visualizado pelo ultrassom, completando um total de 20 mL. A dose de 5 mL foi definida com base em protocolos atuais de anestesia regional da nossa instituição. Caso a injeção da solução apresentasse resistência, o paciente se queixasse de dor intensa, ou fosse visualizado um aumento no diâmetro do nervo, a agulha era reposicionada. A dispersão do anestésico local era cuidadosamente acompanhada pela imagem para que circundasse o perímetro do nervo.

O término da injeção da solução de anestésico local foi considerado o momento zero para avaliação da efetividade do bloqueio. Um anestesiológista que não estava presente durante a injeção e que não conhecia a concentração do anestésico utilizado avaliou os bloqueios motor, térmico e sensitivo. Esta avaliação ocorreu a cada 5 minutos a partir do momento zero, até que o bloqueio fosse considerado efetivo, porém limitado a 30 minutos. Após esse tempo, se o bloqueio não estivesse adequado, era realizada complementação.

Para avaliação da função motora foi utilizada a escala de Bromage modificada^{6,11} (tabela 1). Os músculos avaliados foram: flexores do dedo (nervo mediano), extensores do dedo (nervo radial), adutores do dedo (nervo ulnar) e flexão do cotovelo (nervo musculocutâneo). A pontuação foi obtida para cada um dos quatro nervos.

A avaliação da sensação térmica foi realizada com gaze e álcool. A sensibilidade dolorosa foi avaliada com teste *pinprick* com agulha 23G. Ambas as avaliações ocorreram separadamente para cada nervo e para cada sensação, e utilizaram os seguintes locais: eminência hipotenar (nervo ulnar), eminência tenar (nervo mediano), dorso da mão (nervo radial) e região lateral do antebraço (nervo musculocutâneo).

O tempo de latência foi definido como o tempo entre o momento zero e o momento em que a anestesia cirúrgica foi obtida.

A anestesia cirúrgica foi considerada efetiva se a escala motora fosse menor ou igual a 2, se houvesse ausência de sensação de dor e de frio para todos os nervos e se não houvesse necessidade de complementação (anestesia local ou geral) durante a cirurgia. Os pacientes que exibissem qualquer grau de falha de bloqueio recebiam complementação com anestesia local do nervo, distal à axila, guiado por ultrassom ou conversão para anestesia geral.

Todos os pacientes receberam injeção subcutânea de 3 mL de solução de lidocaína 2% com adrenalina para bloqueio complementar do nervo intercostobraquial, em virtude da utilização do garrote pneumático no terço médio do braço. Durante o procedimento cirúrgico, infusão de propofol de 25 a 40 mcg.kg⁻¹.min⁻¹ foi utilizada para sedação até se obter escore de Ramsay 3.

Após o procedimento cirúrgico, os pacientes foram admitidos na sala de recuperação anestésica, onde permaneceram monitorizados até o preenchimento das condições de alta em regime ambulatorial. Além disso, na sala de recuperação anestésica foi verificada a analgesia pós-operatória através da escala numérica de dor (0 indicando ausência de dor e 10 indicando a pior dor já vivenciada pelo paciente) e quantificado o total de analgésico solicitado pelo paciente até 4 horas após a realização do BPVA.

Análise estatística

Neste estudo, o objetivo primário foi estimar a concentração efetiva mínima de uma solução de 5 mL de bupivacaína por nervo (total de 20 mL) para o bloqueio do plexo braquial via axilar guiado por ultrassom. Para isso, utilizou-se um método de alocação *biased coin* sequencial *up-down* para estimar a CME90.¹³ A concentração inicial do anestésico local foi de 0,35%. Esta dose foi escolhida baseada na experiência clínica do nosso serviço e também em simulações estatísticas em várias doses. Cada dose subsequente era baseada na dose anterior. O sucesso ou a falha do BPVA determinou a diminuição ou aumento da concentração do anestésico local para o próximo paciente, respectivamente. Na eficácia do bloqueio, o próximo paciente era aleatorizado com probabilidade de 0,1 para receber a próxima dose menor e aleatorizado com probabilidade de 0,9 para receber a mesma dose. Essas probabilidades foram calculadas da seguinte maneira:

Probabilidade para redução da dose (P1): $P1 = (1 - CME\ desejada) / CME\ desejada$

Probabilidade para manutenção da dose (P2): $P2 = 1 - P1$

Neste estudo, escolheu-se realizar o cálculo para estimar a concentração mínima efetiva em 90% dos casos, portanto:

$$P1 = (1-0,9)/0,9 = \approx 0,1$$

$$P2 = 1-P1 = \approx 0,9$$

A sequência foi examinada utilizando-se regressão logística para calcular a concentração mínima efetiva para 90% dos casos.

Para estimar o tamanho da amostra, foram realizadas simulações assumindo um modelo *biased coin* fixo e um número mínimo de respostas positivas. Foi considerado um nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$). O tamanho da amostra de pelo menos 46 pacientes foi selecionado depois de teste com uma variedade de cenários, cada um com simulações de ambas as respostas e as doses correspondentes selecionadas pelo método de alocação sequencial descrito acima, e começando com várias doses de partida.

Dados não paramétricos foram apresentados como medianas e quartis (P25-P75). Dados categóricos foram apresentados como frequências absolutas e relativas. Os cálculos foram realizados em planilha eletrônica Microsoft *Excell for Windows*TM (Microsoft Corp., Redmond, WA, EUA), GraphPad *Prism*^{TM for Windows} (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA) e IBM *SPSS Statistics*^{TM 20.0 for Mac} (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

Resultados

No total, 46 pacientes foram incluídos no protocolo, com suas características demográficas; assim como as características dos procedimentos cirúrgicos estão representadas nas tabelas 2 e 3, respectivamente. Nenhum paciente que preencheu os critérios de inclusão foi excluído do estudo.

O presente estudo demonstrou que a CME90 para uma solução total de 20 mL de bupivacaína sem vasoconstritor para o bloqueio do plexo braquial via axilar guiado por

Tabela 2 Característica demográfica dos pacientes

Idade (anos) ^a	35,5 (28-44,5)
Gênero (M/F)	32/14
ASA	
I	31 (67,4%)
II	15 (22,6%)
IMC kg/m ² ^b	24,9 (22,5-26,8)

^a Dados apresentados em medianas (quartis).

^b IMC = índice de massa corporal.

Tabela 3 Distribuição dos procedimentos cirúrgicos realizados (n = 46)

Fratura de metacarpo	17
Lesão de tendão extensor	6
Exérese de tumor ósseo	5
Lesão de tendão flexor	5
Pseudoartrose de falange	3
Sinovectomia	3
Dupuytren	3
Fratura de escafoide	3
Retirada de material de síntese	1
Duração, min (P25-P75) ^a	55 (40-78,75)

^a Dados apresentados em mediana (quartis).

ultrassom foi de 0,241% [Coeficiente de Correlação – R²: 0,978; intervalo de confiança (IC): 0,20%-0,34%].

De acordo com os resultados da [fig. 1](#), existe uma forte correlação positiva entre as probabilidades de sucesso e as concentrações observadas. A [fig. 2](#) ilustra a correlação entre as probabilidades de sucesso e as concentrações observadas.

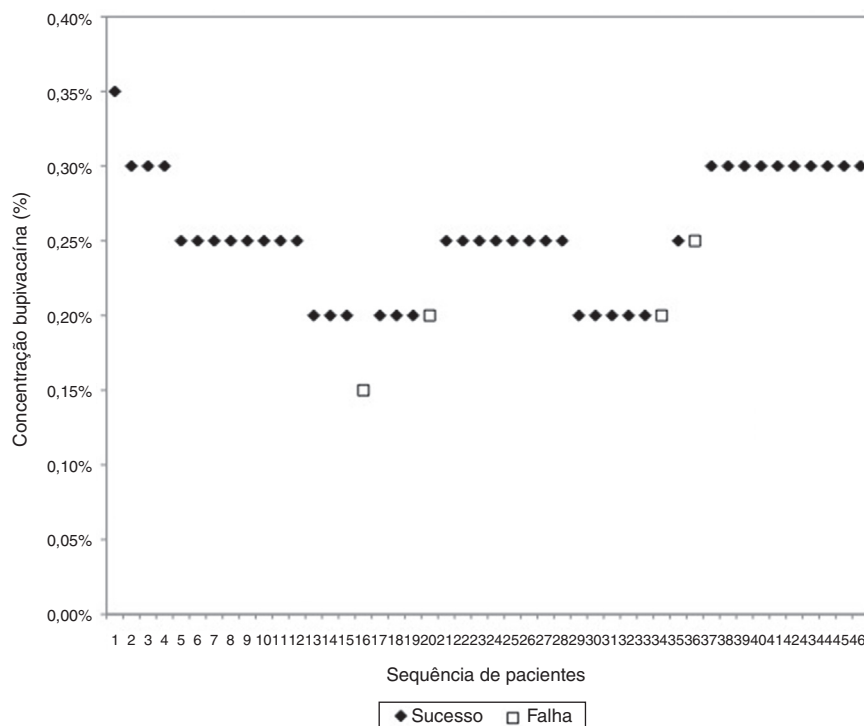


Figura 1 Representação gráfica da sequência up-down para os pacientes subsequentes.

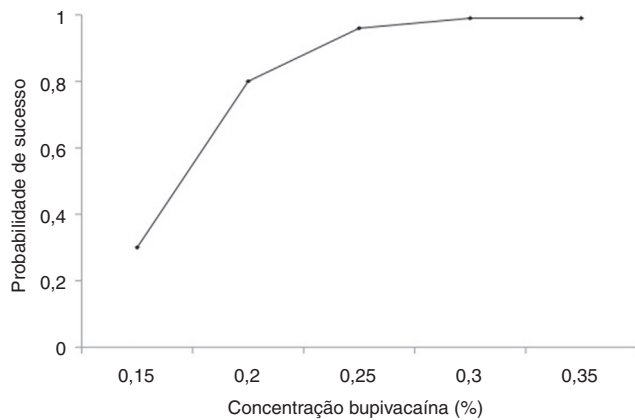


Figura 2 Correlação entre as concentrações e as probabilidades de sucesso observadas.

Tabela 4 Tempo de latência para as diferentes concentrações

Dose	Número de bloqueios/efetivos	Latência min ^a (P25-P75)
0,15%	0/1	----
0,20%	11/13	25 (25-30)
0,25%	17/18	20 (15-22,15)
0,30%	13/13	15 (10-16,15)
0,35%	1/1	5

^a Dados apresentados em mediana (quartis).

O tempo de médio de latência, considerando todos os pacientes do estudo, foi de 15 (10-20) minutos. Quando considerado apenas os pacientes que receberam bloqueios com a concentração de 0,25% (a concentração mais próxima da CME90), o tempo médio de latência foi de 20 (15-22,15) minutos. Os tempos médios de latência para cada concentração analisada estão resumidos na [tabela 4](#). A duração dos bloqueios não foi determinada neste estudo.

Foram observados 100% de falha do bloqueio quando se utilizou bupivacaína a 0,15%. Entretanto, todos os bloqueios realizados com uma concentração igual ou superior a 0,30% foram efetivos ([fig. 1](#)).

Em nenhum paciente incluso no protocolo houve ausência de resposta específica ao neuroestimulador ou dor no intraoperatório. Todos os pacientes considerados como falhas mantiveram motricidade do nervo mediano, e dois dos pacientes mantiveram, também, motricidade do nervo radial. Ainda nesses pacientes, foi observada ausência de sensibilidade térmica, apesar da manutenção da motricidade.

Dentre os procedimentos, dois ultrapassaram a previsão de tempo da cirurgia e duraram mais de 120 minutos, sem intercorrências para o paciente ou necessidade de complementação da anestesia.

Todos os procedimentos cirúrgicos nos quais os pacientes receberam bloqueios efetivos foram realizados sem intercorrências, e não foi necessária complementação anestésica, tanto local quanto sistêmica. Além disso, todos os pacientes referiram ausência de dor 4 horas após a realização do BPVA (EAV=0). Não ocorreu qualquer complicação, como punção vascular ou intoxicação por anestésico local, durante a realização do estudo. Todos os

pacientes receberam alta no mesmo dia da cirurgia, sem necessidade de readmissão hospitalar.

Discussão

O sucesso do bloqueio de nervo periférico está baseado na precisão com que os nervos são localizados e impregnados pelo anestésico. Entretanto, outros fatores importantes que afetam a taxa de sucesso e qualidade destes procedimentos são a concentração e o volume de anestésico injetado na proximidade dos nervos.¹⁴ O uso do ultrassom introduziu uma nova perspectiva na anestesia regional. Essa tecnologia permite uma visualização em tempo real de todo o procedimento, permitindo ao anestesiológico posicionar de forma precisa a agulha ao redor da estrutura a ser bloqueada. Com isso, o ultrassom possibilita uma diminuição no volume ou na concentração utilizada durante a realização do bloqueio. Este estudo demonstrou ser possível realizar bloqueio efetivo do plexo braquial via axilar guiado por ultrassom com baixas concentrações de anestésico local.

Eventos adversos, como toxicidade sistêmica, podem ser dose-dependentes. Portanto, a prevenção de eventos adversos é medida crucial para promover segurança ao paciente durante a realização da anestesia regional.⁵ Algumas diretrizes para a prática da anestesia regional incluem a limitação da dose de anestésico local, através do uso de menores volumes e concentrações durante a realização do bloqueio. O uso de doses baixas de anestésico local promove um bloqueio mais seguro, com menor risco de complicações, especialmente relacionadas à toxicidade sistêmica desses anestésicos. Apesar do desenvolvimento de condutas eficazes para o tratamento dessas complicações, como o uso de soluções lipídicas,^{15,16} a adoção de baixas doses de anestésicos locais promove um bloqueio com uma massa de anestésico com uma ampla faixa de segurança em relação à dose tóxica.

Uma das maneiras de reduzir a dose de anestésico local é através da diminuição do volume utilizado para a realização do bloqueio. Um estudo prévio realizado por nosso grupo demonstrou bloqueio efetivo do plexo braquial via axilar com aproximadamente 1,6 mL de bupivacaína a 0,5%, com epinefrina 1:200.000 por nervo.¹¹ O'Donnel e Iohom também demonstraram resultados semelhantes utilizando lidocaína a 2%.⁶ Entretanto, a utilização da técnica de volumes baixos é provavelmente de reprodução difícil na prática clínica. Por outro lado, o presente estudo utilizou um volume mais próximo daquele utilizado na prática clínica, tornando, provavelmente, a técnica mais fácil de ser aplicada.

Sabe-se que a concentração de anestésico local é um fator importante que pode influenciar o tempo de latência de bloqueio de nervos periféricos. A penetração do anestésico local na raiz nervosa é afetada pela concentração da solução utilizada.¹⁷ Sugere-se que o aumento da concentração da solução de anestésico local ao redor do nervo aumente o gradiente de concentração, podendo facilitar a difusão das moléculas de anestésico para dentro do nervo, e com isso reduzindo o tempo de latência do bloqueio nervoso. Porém, no presente estudo, obteve-se uma mediana da latência próxima à mediana da latência obtida no nosso estudo anterior, com volumes baixos.¹¹ Uma possível explicação é que, apesar da concentração menor, a massa total de bupivacaína utilizada no presente estudo foi

maior que a utilizada no estudo com volumes baixos. Além disso, um estudo que comparou diferentes concentrações, mas manteve fixa a massa de anestésico no BPVA, revelou que o tempo de latência motora, mas não o de latência sensitiva, foi menor quando se utilizou volumes maiores de anestésico local.¹⁸ Assim, este não é um ponto definido, necessitando de mais estudos para elucidar o assunto.

O uso de concentrações menores de anestésico local pode trazer alguns benefícios. Pippa *et al.* demonstraram que o uso de altas concentrações de anestésico local para o bloqueio do plexo braquial por via interescalênica está associado com um maior número de complicações, como paralisia do nervo frênico e hipotensão.¹⁹ Além disso, estudos *in vitro* demonstraram que o uso de anestésico local está associado a efeitos citotóxicos, entre eles, indução de apoptose em células de Schwann, lesão mitocondrial, ativação de caspase e aumento de cálcio citoplasmático. Entretanto, todos esses efeitos estavam relacionados ao tempo de exposição e à maior concentração do fármaco utilizado, o que, teoricamente, sugere uma maior segurança quando se utiliza concentrações menores de anestésico local.²⁰ Mais adiante, o uso de concentrações baixas pode diminuir o tempo do bloqueio motor no período pós-operatório, o que pode ser mais confortável para alguns pacientes.²¹ Por último, a dose necessária para produzir um bloqueio efetivo pode ser clinicamente relevante em pacientes pediátricos ou quando é necessária a combinação de diferentes bloqueios para a realização da cirurgia, devido ao risco potencial de toxicidade sistêmica.

Este estudo apresenta algumas limitações. Inicialmente, este trabalho não mediu a duração do BPVA utilizando doses baixas de bupivacaína. O uso de doses baixas de anestésico local diminui a duração do bloqueio, que é definido como o tempo entre o fim da latência do bloqueio e a recuperação das funções motora e sensitiva.²² Como não se sabia o quanto o uso de concentrações baixas iria influenciar na duração do bloqueio, optou-se por incluir procedimentos com duração prevista de até duas horas.

Mais adiante, este estudo não foi desenhado para avaliar a concentração efetiva mínima de anestésico local para analgesia pós-operatória, e mais estudos devem ser realizados para avaliar este tópico. Entretanto, nenhum paciente que apresentou bloqueio efetivo referiu dor 4 horas após a realização do bloqueio.

Também sabemos que os resultados foram limitados para se obter a CME90 para uma solução de 5 mL de bupivacaína para cada nervo do BPVA, e isso pode não representar a mesma concentração para o uso de menores volumes. Mais estudos devem ser realizados com o objetivo de avaliar a eficácia de diferentes volumes para essa concentração. Por último, não se deve extrapolar este resultado para outros bloqueios de nervos periféricos.

Em resumo, o presente estudo sugere que, com o uso do ultrassom, é possível obter anestesia cirúrgica com concentrações próximas a 0,25% de bupivacaína quando utilizado volume de 5 mL de anestésico para cada nervo do plexo braquial (radial, mediano, ulnar e musculocutâneo) pela via axilar, diminuindo a dose de anestésico local utilizada e aumentando a segurança do procedimento. Mais estudos devem ser feitos para determinar que efeitos as concentrações baixas de bupivacaína podem surtir na duração do bloqueio.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Thompson GE, Rorie DK. Functional anatomy of the brachial plexus sheaths. *Anesthesiology*. 1983;59:117–22.
2. Klaastad O, Smedby O, Thompson GE, et al. Distribution of local anesthetic in axillary brachial plexus block: a clinical and magnetic resonance imaging study. *Anesthesiology*. 2002;96(1):315–24.
3. Vester-Andersen T, Christiansen C, Sorensen M, et al. Perivascular axillary block II: influence of injected volume of local anaesthetic on neural blockade. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1983;27:95–8.
4. Groban L. Central nervous system and cardiac effects from long-acting amide local anesthetic toxicity in the intact animal model. *Reg Anesth Pain Med*. 2003;8:3.
5. Maher LE, Copeland SE, Ladd LA. Acute toxicity of local anesthetics: Underlying pharmacokinetic and pharmacodynamic concepts. *Reg Anesth Pain Med*. 2005;30:553–66.
6. O'Donnell BD, Iohom G. An estimation of the minimum effective anesthetic volume of 2% lidocaine in ultrasound-guided axillary brachial plexus block. *Anesthesiology*. 2009;111:25–9.
7. Marhofer P, Schrogendorfer K, Wallner T, et al. Ultrasonographic guidance reduces the amount of local anesthetic for 3-in-1 blocks. *Reg Anesth Pain Med*. 1998;23:584–8.
8. Casati A, Baciarello M, Di Cianni S, et al. Effects of ultrasound guidance on the minimum effective anaesthetic volume required to block the femoral nerve. *Br J Anaesth*. 2007;98:823–7.
9. Willschke H, Bosenberg A, Marhofer P, et al. Ultrasonographic-guided ilioinguinal/iliohypogastric nerve block in pediatric anesthesia: what is the optimal volume? *Anesth Analg*. 2006;102(1):680–4.
10. Falcão LF, Perez MV, de Castro I, et al. Minimum effective volume of 0.5% bupivacaine with epinephrine in ultrasound-guided interscalene brachial plexus block. *Br J Anaesth*. 2013;110:450–5.
11. Ferraro LHC, Takeda A, Rezende AH, et al. Determination of the minimum effective volume of bupivacaine 0,5% for ultrasound-guided axillary brachial plexus block. *Rev Bras Anesthesiol*. 2014;64:49–53.
12. Hadzic A, Dewaele S, Gandhi K, et al. Volume and dose of local anesthetic necessary to block the axillary brachial plexus using ultrasound guidance. *Anesthesiology*. 2009;111:8–9.
13. Pace NL, Stylianou MP. Advances in and limitations of up-and-down methodology: a precis of clinical us, study design, and dose estimation in anesthesia research. *Anesthesiology*. 2007;107:144–52.
14. Cappelleri G, Aldegheri G, Ruggieri F, et al. Minimum effective anesthetic concentration (MEAC) for sciatic nerve block: subgluteus and popliteal approaches. *Can J Anaesth*. 2007;54:283–9.
15. Lesklw U, Weinberg GL. Lipid resuscitation for local anesthetic toxicity: Is it really lifesaving? *Curr Opin Anaesthesiol*. 2009;22:667–71.
16. Bem S, Akpa BS, Kuo I, et al. Lipid resuscitation: a life-saving antidote for local anesthetic toxicity. *Curr Pharm Biotechnol*. 2011;12:313–9.
17. Casati A, Fanelli G, Borghi B, et al. Ropivacaine or 2% mepivacaine for lower limb peripheral nerve blocks. *Anesthesiology*. 1999;90:1047–52.
18. Krenn H, Deusch E, Balogh B, et al. Increasing the injection volume by dilution improves the onset of motor blockade, but not sensory blockade of ropivacaine for brachial plexus block. *Eur J Anaesthesiol*. 2003;20:21–5.

19. Pippa P, Cuomo P, Panchetti A, et al. High volume and low concentration of anaesthetic solution in the perivascular interscalene sheath determines quality of block and incidence of complications. *Eur J Anaesthesiol.* 2006;23: 855–60.
20. Yang S, Abrahams MS, Hurn PD, et al. Local anesthetic Schwann cell toxicity is time and concentration dependent. *Reg Anesth Pain Med.* 2011;36:444–51.
21. Fredrickson MJ, Smith KR, Wong AC. Importance of volume and concentration for ropivacaine interscalene block in preventing recovery room pain and minimizing motor block after shoulder surgery. *Anesthesiology.* 2010;112:1374–81.
22. Fredrickson MJ, White R, Danesh-Clough TK. Low-volume ultrasound-guided nerve block provides inferior postoperative analgesia compared to a higher-volume landmark technique. *Reg Anesth Pain Med.* 2011;36:393–8.