



ARTIGO ESPECIAL

Volume mínimo de anestésico em anestesia regional guiada por ultrassom



Alessandro Di Filippo*, Sílvia Falsini e Chiara Adembri

Dipartimento di Scienze della Salute, Sezione di Anestesiologia, Terapia Intensiva e Terapia del Dolore, Università degli Studi di Firenze, Florença, Itália

Recebido em 19 de dezembro de 2013; aceito em 6 de maio de 2014

Disponível na Internet em 31 de outubro de 2014

PALAVRAS-CHAVE

Anestésicos, locais,
bloqueio da
condução;
Anestésicos locais,
efeitos adversos;
Anestésicos locais,
dose;
Guiado por ultrassom

KEYWORDS

Anesthetics, local,
conduction-blocking;
Anesthetics, local,
adverse effects;
Anesthetics, local,
dose;
Ultrasound guidance

Resumo O uso de ultrassom em anestesia regional permite visualizar a colocação da agulha e a propagação dos anestésicos locais.

Nos últimos anos houve um grande interesse em determinar o volume mínimo eficaz de anestésico necessário para fazer a anestesia cirúrgica. A visualização precisa e em tempo real da difusão dos anestésicos locais com o uso de ultrassom pode ser o melhor requisito para reduzir a dose e os efeitos relacionados aos anestésicos locais.

Revisamos uma série de estudos que relataram a eficácia de bloqueios guiados por ultrassom para reduzir o uso de anestésicos locais e obter anestesia cirúrgica, em comparação com bloqueios feitos com a técnica às cegas e de estimulação elétrica de nervos.

Infelizmente, os resultados dos estudos são muito divergentes e não parecem indicar uma dose considerada eficaz para cada bloqueio de modo definitivo, mas é verdade que, com o auxílio do ultrassom, é possível reduzir a dose dos anestésicos em bloqueios.

© 2014 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Minimum anesthetic volume in regional anesthesia by using ultrasound-guidance

Abstract The ultrasound guidance in regional anesthesia ensures the visualization of needle placement and the spread of Local Anesthetics.

Over the past few years there was a substantial interest in determining the Minimum Effective Anesthetic Volume necessary to accomplish surgical anesthesia. The precise and real-time visualization of Local Anesthetics spread under ultrasound guidance block may represent the best requisite for reducing Local Anesthetics dose and Local Anesthetics-related effects.

We will report a series of studies that have demonstrated the efficacy of ultrasound guidance blocks to reduce Local Anesthetics and obtain surgical anesthesia as compared to block performed under blind or electrical nerve stimulation technique.

* Autor para correspondência.

E-mail: adifilippo@unifi.it (A. Di Filippo).

Unfortunately, the results of studies are widely divergent and not seem to indicate a dose considered effective, for each block, in a definitive way; but it is true that, through the use of ultrasound guidance, it is possible to reduce the dose of anesthetic in the performance of anesthetic blocks.

© 2014 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

Quando técnicas tradicionais de bloqueios são usadas, a quantidade total de anestésicos locais (AL) injetada é quase sempre muito próxima do limite da dose que pode provocar reações adversas/tóxicas, especialmente em caso de punção venosa acidental.

Uma nova fronteira para a anestesia regional é oferecida com a possibilidade de feitura de bloqueios de nervos com a técnica guiada por ultrassom (TGUS), o que permite identificar as estruturas nervosas. A dose necessária de AL em anestesia regional é mais baixa do que a normalmente usada em técnica às cegas ou de estimulação elétrica de nervos (EEN).^{1,2}

Alguns estudos recentes foram desenhados para calcular o volume mínimo eficaz de anestésico (VMEA) local necessário para obter um bloqueio bem-sucedido. Outros estudos compararam os VMEA obtidos com o uso da técnica EEN e TGUS.³⁻⁶

De fato, sob a visualização direta das estruturas nervosas e o controle em tempo real da propagação de ALs, a redução do volume total de anestésicos e do consequente risco de superdose é possível.

Nesta revisão, o conhecimento atual sobre o VMEA é descrito e discutido.

Métodos

Usamos o sistema de busca do PubMed para pesquisar todos os estudos clínicos prospectivos e randomizados nos quais o bloqueio de nervos periféricos foi usado com a TGUS, com as seguintes palavras-chave: «Minimum + Effective + Anesthetic + Volume» e «Minimum + Effective + Anesthetic + Volume». Em seguida, as publicações foram divididas por doses de AL, de acordo com o método do respectivo estudo e do sítio de bloqueio, e registradas (tabela 1).

Resultados

Membro superior

Para o bloqueio do plexo braquial por via axilar (BPBA), O'Donnell e Iohom relataram o uso da TGUS para bloqueios bem-sucedidos com até 1 mL de lidocaína a 2% e epinefrina a 1:200.000 (2% LidoEpi) por nervo, em um grupo de 11 pacientes consecutivos submetidos à cirurgia de mão.

AL foi administrado via injeção perineural, circunferencialmente ao redor de cada nervo. O início do bloqueio foi de 10 minutos, com uma média de duração de 190 minutos.⁷ Os mesmos autores usaram então um modelo de escalonamento progressivo/regressivo (step-up/step-down) com uma dosagem sequencial não probabilística,⁸ com base nos resultados do estudo piloto anterior. A dose inicial de 2% LidoEpi foi de 4 mL por nervo. Em caso de falha do bloqueio, a dose foi aumentada em 0,5 mL; em caso de sucesso, a dose foi reduzida em 0,5 mL até se obter um número significativo pré-determinado de sucesso contínuo. Esse modelo para a dosagem de AL foi então usado em vários outros estudos para determinar o VMEA. Para obter um bloqueio de sucesso, 4 mL de AL foram suficientes.⁹

De forma semelhante, em outro estudo que avaliou o VMEA com a TGUS para BPBA¹⁰ em 19 pacientes submetidos à cirurgia de mão ou de antebraço, o volume de lidocaína a 1,5% com epinefrina a 1:200.000 (1,5% LidoEpi) necessário para circundar cada nervo e fornecer analgesia eficaz aos nervos, radial, mediano, ulnar e musculocutâneo foi de 3,42 mL, 2,75 mL, 2,58 mL e 2,3 mL, respectivamente. Embora na prática cotidiana não seja fácil obter volumes tão precisos – obtidos com carga de 1,5% LidoEpi em seringa e administrados em *bolus* de 600 mL.h⁻¹ ¹⁰ –, a possibilidade de obter um bloqueio cirúrgico com volumes baixos foi confirmada.

González et al.¹¹ avaliaram recentemente o VME de lidocaína em injeção dupla para BPBA com TGUS. Foram incluídos no estudo 50 pacientes. Com o uso de regressão isotônica e intervalo de confiança (IC) para distribuição empírica, o VME₉₀ foi estimado em 5,5 mL (IC de 95%, 3,0-6,7 mL) e 23,5 mL (IC de 95%, 23,1-23,9 mL) para as injeções musculocutânea e perivascular, respectivamente.

A questão sobre o uso de TGUS poder ou não reduzir o volume necessário de AL, em comparação com a EEN para bloqueio do plexo braquial por via interescalênica (BPBIE), foi abordada em um estudo randomizado e duplo-cego que usou alocação sequencial com escalonamento progressivo/regressivo de 21 pacientes submetidos à cirurgia de ombro.³ O VME de ropivacaína a 0,5% foi de 0,9 mL no grupo TGUS e de 5,4 mL no grupo EEN ($p=0,034$) e demonstrou que o uso de ultrassom não só reduz o volume de AL, mas também o número de tentativas e a dor no pós-operatório, em comparação com EEN para BPBIE.

Em 2011, Gautier et al. investigaram o VMEA para BPBIE em 20 pacientes agendados para cirurgia do ombro. Com o modelo de escalonamento progressivo/regressivo previamente citado, os autores determinaram que 5 mL

Tabela 1 Estudos sobre o volume mínimo eficaz de anestésico, avaliados para a revisão. Métodos; número de pacientes; tipos de bloqueio, de cirurgia e de anestesia local; dosagem e complicações observadas são descritas e comparadas

Métodos	Comparação	Número de pacientes	Intervenções	Cirurgia	Anestésico local	Doses de AL (mL) ou mL.área ⁻¹ de secção (mL.mm ²)	Complicações
O'Donnel 2009	Método de escalonamento progressivo/regressivo de Dixon e Massey	11	Bloqueio do plexo braquial por via axilar	Cirurgia de mão ou antebraço	Lidocaína a 2% + epinefrina a 1:200.000	4 mL	Nenhuma
Harper 2010	Estudo piloto	19	Bloqueio do plexo braquial por via axilar	Cirurgia de mão ou antebraço	Lidocaína a 1,5% + epinefrina a 1:200,000	2-4 mL para envolver cada nervo	
González 2013	Estudo prospectivo, randomizado	50	Bloqueio por via axilar/injeção dupla	Cirurgia de mão ou antebraço	Lidocaína a 1,5% com 5 µg.mL ⁻¹ de epinefrina	VMEA ₉₀ : 5,5 mL e 23,5 mL	Nenhuma
Gautier 2011	Estudo prospectivo, randomizado	20	Bloqueio do plexo braquial por via interescaleno	Cirurgia artroscópica de ombro	Ropivacaína a 0,75%	5 mL; 1,7 mL para cada um dos três troncos	
McNaught 2011	Estudo randomizado, duplo-cego	40	Bloqueio do plexo braquial por via interescaleno	Analgesia pós-operatória em cirurgia de ombro	Ropivacaína a 0,5%	VMEA ₅₀ : 0,9 mL (US) v s. 5,4 mL (NS)	Não houve diferenças
Renes 2010	Estudo prospectivo, observacional e cego (paciente)	20	Bloqueio do plexo braquial por via interescaleno	Cirurgia aberta de ombro	Ropivacaína a 0,75%	VMEA ₉₅ : 3,6 mL	Paresia hemidiafragmática: Nenhuma 2 h após a cirurgia; 55% do acompanhamento de 24 h
Duggan 2009	Método de escalonamento progressivo/regressivo de Dixon e Massey	21	Bloqueio supraclavicular	Cirurgia de membro superior	Lidocaína a 2% + bupivacaína a 0,5% com epinefrina	VMEA ₅₀ : 23 mL VMEA ₉₅ : 42 mL	
Tran 2011	Estudo prospectivo, cego	55	Bloqueio infraclavicular	Cirurgia de membro superior	Lidocaína a 1,5% + 5 mcg.mL ⁻¹ de epinefrina	VMEA ₉₀ : 35 mL	Punção vascular, n (%): 1 (1.8)
Ponrouch 2010	Estudo prospectivo, randomizado, duplo-cego	42	Bloqueio dos nervos mediano e ulnar	Cirurgia de túnel carpal	Mepivacaína a 1,5%	Nervo mediano/ulnar: VMEA ₅₀ 2 mL	Nenhuma
Casati 2007	Estudo prospectivo, randomizado, duplo-cego	60	Bloqueio do nervo femoral	Cirurgia artroscópica de joelho	Ropivacaína a 0,5%	VMEA ₅₀ : 15 mL (TGUS) vs. 26 mL (EEN) ED ₉₅ : 22 mL (TGUS) vs. 41 mL (EEN)	Nenhuma
Marhofer 1998 Latzke 2010	Guiado por US vs. EEN Método de escalonamento progressivo/regressivo de Dixon e Massey	60 20	Bloqueio 3 em 1 Bloqueio do nervo ciático	Cirurgia de quadil Voluntários	Bupivacaína a 0,5% Mepivacaína a 1,5%	20 mL VMEA ₅₀ : 0,04 mL; VMEA ₉₅ : 0,08 mL; VMEA: 0,1 mL	Nenhuma
Danelli 2009	Estudo prospectivo, randomizado, cego, alocação sequencial progressiva/regressiva	60	Bloqueio do nervo ciático	Cirurgia artroscópica de joelho	Mepivacaína a 1,5%	VMEA ₅₀ : 12 mL (TGUS) vs. 19 mL (EEN) VMEA: 14 mL (TGUS) vs. 29 mL (EEN)	Nenhuma
Eichenberger 2009	Estudo prospectivo, randomizado, duplo-cego	17	Bloqueio do nervo ulnar	Voluntários sadios	Mepivacaína a 1%	mL.área ⁻¹ de secção: VMEA ₅₀ : 0,08 mL.mm ⁻² VMEA ₉₅ : 0,11 mL.mm ⁻²	

de ropivacaína a 0,75%, ou aproximadamente 1,7 mL para cada um dos três troncos do plexo braquial (superior, médio e inferior), seriam suficientes para fazer a anestesia cirúrgica.¹²

Além disso, o VMEA poderia contribuir para reduzir as complicações do BPBIE.

Em 2008, Riazzi et al.¹³ avaliaram a incidência de paralisia do nervo frênico com a técnica de volume baixo para BPBIE e uma técnica de volume padrão, ambas guiadas por ultrassom. Os autores concluíram que o uso de um volume baixo na TGUS para BPBIE está associado a menos complicações respiratórias e outras complicações, sem alterar a analgesia no pós-operatório, em comparação com a técnica de volume padrão. Renes et al.¹⁴ também confirmaram esses achados em paresia hemidiafragmática.

A função pulmonar também foi investigada em estudo que usou o modelo de escalonamento progressivo/regressivo para determinar o volume mínimo eficaz de ropivacaína a 0,75% necessário para produzir anestesia eficaz em cirurgia de ombro, com a TGUS para BPBIE no nível da raiz C7 em 20 pacientes agendados para cirurgia aberta eletiva de ombro sob anestesia geral combinada. Os VMEA₅₀ e VMEA₉₅ dos pacientes foram 2,9 e 3,6 mL, respectivamente. A função pulmonar permaneceu inalterada até duas horas após a cirurgia, mas reduziu 22 horas após o início de uma infusão contínua de ropivacaína a 0,2%.¹⁵

O VMEA necessário em TGUS para bloqueio do plexo braquial por via supraclavicular (BPBSC) em anestesia cirúrgica com uma mistura (50:50) de lidocaína a 2% e bupivacaína a 0,5% com epinefrina foi avaliado em 21 adultos submetidos à cirurgia eletiva de membro superior.¹⁶ O VMEA₉₅ foi de 42 mL e os autores deduziram que o volume necessário de AL em TGUS para BPBSC não parece diferir do volume convencionalmente recomendado com as técnicas de localização dos nervos não GUS.

Posteriormente, Tran et al.¹⁷ mostraram que o VNEA₉₀ de lidocaína a 1,5% com 5 µg.mL⁻¹ de epinefrina para injeção dupla em TGUS para BPBSC foi de 32 mL.

Os mesmos autores adotaram o sinal de «bolha dupla» para fazer o bloqueio infraclavicular.¹⁸ Essa técnica consiste em explorar a artéria axilar em eixo curto na fossa infraclavicular – com uma abordagem em plano, a agulha é colocada no polo posterior da artéria axilar em posição de seis horas. Em seguida, um volume teste é injetado para garantir o posicionamento correto da ponta da agulha, o que deve criar um sinal de «bolha dupla». Com esse método, Tran et al.¹⁸ descobriram um VMEA₉₀ de 35 mL para lidocaína a 1,5% com 5 µg.mL⁻¹ de epinefrina.

Um estudo conduzido em 2009, com base na área de secção transversal medida por ultrassom, calculou um volume médio de 0,7 mL (0,11 mL.mm⁻¹ de área de secção transversal) de mepivacaína a 1% para o bloqueio do nervo ulnar do antebraço proximal.¹⁹

Ponrouch et al.⁴ conduziram um estudo randomizado, duplo-cego e controlado para comparar EEN e TGUS e estimar o VME de mepivacaína a 1,5% em bloqueio do nervo mediano. Foram incluídos no estudo 21 pacientes agendados para liberação do túnel, com o uso do modelo de escalonamento progressivo/regressivo. Os autores descobriram que a TGUS proporcionou uma redução de 50% no VMEA, em comparação com a EEN, e que a redução do volume de AL

pode diminuir a duração do bloqueio sensorial, mas não o tempo de início.

Membro inferior

Poucos estudos foram conduzidos para estimar o VMEA em bloqueios de membros inferiores.

Casati et al.⁶ testaram a hipótese de que a TGUS pode reduzir o uso de ropivacaína a 0,5% ao VME necessário para o bloqueio de nervos femorais, em comparação com a EEN. Foram incluídos no estudo 60 pacientes submetidos à artroscopia de joelho. O volume da solução injetada foi regulado para pacientes consecutivos, com base no modelo de escalonamento progressivo/regressivo, de acordo com a resposta do paciente anterior. A TGUS proporcionou uma redução de 42% do VME de ropivacaína a 0,5% necessário para o bloqueio do nervo femoral, em comparação com a EEN; o VMEA₉₅ foi de 22 mL para o grupo TGUS e de 41 mL para o grupo EEN.

Marhofer et al.²⁰ relataram em estudo com 60 pacientes submetidos à cirurgia de quadril após trauma que a TGUS também pode reduzir a quantidade de anestésico local para bloqueio «3 em 1», em comparação com a técnica convencional de EEN.

Latzke et al.²¹ conduziram o primeiro estudo randomizado, duplo-cego e voluntário desenhado para avaliar o volume de AL em bloqueio do nervo ciático com o modelo de escalonamento progressivo/regressivo. Foram incluídos 20 voluntários. A dose eficaz de mepivacaína a 1,5% para bloqueio do nervo ciático foi calculada em 0,10 mL.mm⁻² para a área transversal do nervo.

Danelli et al.⁵ estimaram o VME de mepivacaína a 1,5% necessário para o bloqueio do nervo ciático com a TGUS subglútea em comparação com EEN. Para esse objetivo, 60 pacientes submetidos à artroscopia de joelho foram alocados aleatoriamente para receber bloqueio do nervo ciático com a TGUS (n=30) ou EEN (n=30). Novamente, o volume de mepivacaína a 1,5% foi variado para pacientes consecutivos, com base em modelo de escalonamento progressivo/regressivo, de acordo com a resposta do paciente anterior. O ultrassom proporcionou redução de 37% do VMEA₅₀ para mepivacaína a 1,5% necessário para o bloqueio do nervo ciático em comparação com EEN. O VMEA₉₅ foi de 14 mL no grupo TGUS e de 29 mL no grupo EEN.

Discussão

Numerosos estudos enfatizaram a importância da TGUS no manejo de bloqueios de nervos periféricos.²²⁻²⁶

No entanto, ainda não está claro se a TGUS para localizar o nervo é superior a outros métodos existentes. Para avaliar as vantagens da localização do nervo periférico com a TGUS, Walker et al. revisaram os estudos relevantes, publicados de 1945 a 2008, e compararam o bloqueio do nervo periférico com a TGUS com pelo menos um outro método de localização do nervo. Foram incluídos 18 estudos com dados de 1.344 pacientes e a maioria dos estudos comparou TGUS com EEN. Metanálise não foi feita por causa da variedade dos bloqueios, das técnicas e dos resultados e a revisão foi baseada na avaliação dos estudos pelos autores. Walker et al.²⁷ concluíram que em mãos experientes o ultrassom

fornece no mínimo taxas de sucesso tão boas como as de outros métodos de localização de nervo periférico e também pode melhorar o tempo de início e a qualidade e reduzir o tempo de feitura e as taxas de complicações, especialmente punção vascular e formação de hematoma.

Além disso, as habilidades necessárias para fazer com sucesso o bloqueio do plexo braquial por via axilar guiado por ultrassom podem ser rapidamente aprendidas e levar a uma taxa de sucesso final mais elevada, em comparação com o bloqueio do plexo braquial por estimulação do nervo via axilar.²⁸

Por outro lado, o uso de ultrassom permitiu a visualização direta da propagação do AL em torno das estruturas nervosas; essa avaliação revolucionária do procedimento em tempo real permitiu o estudo da correlação entre a dose de AL e a eficácia do bloqueio de nervos periféricos.^{1,2} Nesta revisão, incluímos os estudos que investigaram o VMEA para anestesia cirúrgica.^{3-7,9-21} Dividimos os estudos por tipos de bloqueios, discutimos brevemente cada um deles e resumidos na tabela 1 os resultados.

Infelizmente, os resultados dos estudos conduzidos até o momento são muito divergentes e não parecem indicar uma dose considerada eficaz para cada bloqueio de forma definitiva. Na verdade, muitas vezes há relatos de casos de um único centro e o número de casos é pequeno; os métodos de investigação também são diferentes e as técnicas anestésicas não são padronizadas.

Conclusão

Com o uso da técnica guiada por ultrassom, a dose do anestésico pode ser reduzida em bloqueios anestésicos. Em nossa opinião, a redução da dose de AL pode ser uma contribuição muito relevante que a TGUS pode oferecer à anestesia regional.

Contudo, estudos mais homogêneos devem ser feitos para identificar o VMEA para cada tipo de bloqueio de nervos; as técnicas e a administração dos medicamentos devem ser padronizadas para reduzir os fatores de confusão, de modo que metanálises confiáveis devem ser feitas.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Koscielniak-Nielsen ZJ. Ultrasound-guided peripheral nerve blocks: what are the benefits? *Acta Anaesthesiol Scand.* 2008;52:727-37.
- Wadhwa A, Kandadai SK, Tongpresert S, et al. Ultrasound guidance for deep peripheral nerve blocks: a brief review. *Anesthesiol Res Pract.* 2011;2011:262070.
- McNaught A, Shastri U, Carmichael N, et al. Ultrasound reduces the minimum effective local anaesthetic volume compared with peripheral nerve stimulation for interscalene block. *Br J Anaesth.* 2011;106:124-30.
- Ponrouch M, Bouic N, Bringuier S, et al. Estimation and pharmacodynamic consequences of the minimum effective anesthetic volumes for median and ulnar nerve blocks: a randomized, double-blind, controlled comparison between ultrasound and nerve stimulation guidance. *Anesth Analg.* 2010;111:1059-64.
- Danelli G, Ghisi D, Fanelli A, et al. The effects of ultrasound guidance and neurostimulation on the minimum effective anesthetic volume of mepivacaine 1.5% required to block the sciatic nerve using the subgluteal approach. *Anesth Analg.* 2009;109:1674-8.
- Casati A, Baciarello M, Di Cianni S, et al. Effects of ultrasound guidance on the minimum effective anesthetic volume required to block the femoral nerve. *Br J Anaesth.* 2007;98:823-7.
- 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.
- Durham SD, Flournoy N, Rosenberger WF. A random walk rule for the clinical trials I phase. *Biometrics.* 1997;53:745-60.
- O'Donnell BD, Iohom G. Local anesthetic dose and volume used in ultrasound-guided peripheral nerve blockade. *Int Anesthesiol Clin.* 2010;48:45-58.
- Harper GK, Stafford MA, Hill DA. Minimum volume of local anesthetic required to surround each of the constituent nerves of the axillary brachial plexus, using ultrasound guidance: a pilot study. *Br J Anaesth.* 2010;104:633-6.
- González AP, Bernucci F, Pham K, et al. Minimum effective volume of lidocaine for double-injection ultrasound-guided axillary block. *Reg Anesth Pain Med.* 2013;38:16-20.
- Gautier P, Vandepitte C, Ramquet C, et al. The minimum effective anesthetic volume of 0.75% ropivacaine in ultrasound-guided interscalene brachial plexus block. *Anesth Analg.* 2011;113:951-5.
- Riazi S, Carmichael N, Awad I, et al. Effect of local anaesthetic volume (20 vs 5 ml) on the efficacy and respiratory consequences of ultrasound-guided interscalene brachial plexus block. *Br J Anaesth.* 2008;101:549-56.
- Renes SH, Rettig HC, Gielen MJ, et al. Ultrasound-guided low-dose interscalene brachial plexus block reduces the incidence of hemidiaphragmatic paresis. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:498-502.
- Renes SH, van Geffen GJ, Rettig HC, et al. Minimum effective volume of local anesthetic for shoulder analgesia by ultrasound-guided block at root C7 with assessment of pulmonary function. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35:529-34.
- Duggan E, El Beheiry H, Perlas A, et al. Minimum effective volume of local anesthetic for ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:215-8.
- Tran de QH, Dugani S, Correa JA, et al. Minimum effective volume of lidocaine for ultrasound-guided supraclavicular block. *Reg Anesth Pain Med.* 2011;36:466-9.
- Tran de QH, Clemente A, Tran DQ, et al. A comparison between ultrasound-guided infraclavicular block using the «double bubble» sign and neurostimulation-guided axillary block. *Anesth Analg.* 2008;107:1075-8.
- Eichenberger U, Stöckli S, Marhofer P, et al. Minimal local anesthetic volume for peripheral nerve block: a new ultrasound-guided, nerve dimension-based method. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:242-6.
- Marhofer P, Schrögendorfer 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.
- Latzke D, Marhofer P, Zeitlinger M, et al. Minimal local anesthetic volumes for sciatic nerve block: evaluation of ED 99 in volunteers. *Br J Anaesth.* 2010;104:239-44.
- Liu FC, Liou JT, Tsai YF, et al. Efficacy of ultrasound-guided axillary brachial plexus block: a comparative study with nerve stimulator-guided method. *Chang Gung Med J.* 2005;28:396-402.

23. Williams SR, Chouinard P, Arcand G, et al. Ultrasound guidance speeds execution and improves the quality of supraclavicular block. *Anesth Analg.* 2003;97:1518–23.
24. Dingemans E, Williams SR, Arcand G, et al. Neurostimulation in ultrasound-guided infraclavicular block: a prospective randomized trial. *Anesth Analg.* 2007;104:1275–80.
25. Taboada M, Rodríguez J, Amor M, et al. Is ultrasound guidance superior to conventional nerve stimulation for coracoid infraclavicular brachial plexus block? *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34(4):357–60.
26. Marhofer P, Schrögendorfer K, Koinig H, et al. Ultrasonographic guidance improves sensory block and onset time of three-in-one blocks. *Anesth Analg.* 1997;85:854–7.
27. Walker KJ, McGrattan K, Aas-Eng K, et al. Ultrasound guidance for peripheral nerve blockade. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009;4:CD006459.
28. Luyet C, Schüpfer G, Wipfli M, et al. Different learning curves for axillary brachial plexus block: ultrasound guidance versus nerve stimulation. *Anesthesiol Res Pract.* 2010;2010:309462.