



REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

Official Publication of the Brazilian Society of Anesthesiology
www.sba.com.br



ARTÍCULO CIENTÍFICO

Determinación del volumen mínimo efectivo de bupivacaína al 0,5% para el bloqueo del plexo braquial por vía axilar guiado por ultrasonido

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

Asignatura de Anestesiología, Dolor y Cuidados Intensivos, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Recibido el 19 de diciembre de 2012; aceptado el 20 de marzo de 2013

PALABRAS CLAVE

Anestesia regional;
Plexo braquial;
Volumen mínimo;
Ultrasonido;
Bupivacaína

Resumen

Justificación y objetivo: el uso del ultrasonido para acompañar el correcto posicionamiento de la aguja y la dispersión del anestésico local ha permitido la reducción del volumen de anestésico local necesario para el bloqueo de los nervios periféricos. Existen pocos trabajos sobre el volumen mínimo efectivo de anestésico local para el bloqueo del plexo braquial vía axilar. Este estudio fue llevado a cabo con el objetivo de determinar el volumen mínimo efectivo (VE90) de bupivacaína al 0,5% con adrenalina (1:200.000) para el bloqueo del plexo braquial vía axilar guiado por ultrasonido.

Método: el método *up-and-down* propuesto por Massey y Dixon fue usado para el cálculo del volumen mínimo efectivo. La dosis inicial fue de 5 mL por nervio (radial, mediano, cubital y musculocutáneo). En el caso de fallo en el bloqueo, el volumen se aumentaba a 0,5 mL por nervio. El éxito del bloqueo traía la disminución del volumen en 0,5 mL por nervio para el paciente posterior. El éxito del bloqueo se definió como bloqueo de la función motora ≤ 2 según la escala de Bromage modificada, ausencia de sensibilidad térmica y de respuesta al *pinprick*. Quedó definido como criterio para el término del estudio la obtención de 5 casos de fallo seguidos de casos de éxito.

Resultado: se incluyeron 19 pacientes en el estudio. El volumen mínimo efectivo (VE90) de bupivacaína al 0,5% con 1:200.000 de adrenalina fue de 1,56 mL (IC 95%: 0,99-3,5) por nervio.

Conclusiones: este trabajo corrobora algunos estudios que muestran que se puede obtener la anestesia quirúrgica con bajos volúmenes de anestésico local para bloqueos de nervio periférico guiados por ultrasonido.

© 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: leohcferraro@yahoo.com.br (L.H.C. Ferraro).

Introducción

El bloqueo del plexo braquial es una técnica anestésica a menudo usada para los procedimientos quirúrgicos del miembro superior. El bloqueo del plexo braquial por vía axilar (BPVA) es una de las técnicas más frecuentemente usadas para obtener la anestesia regional de los miembros superiores y se hace a través de la anestesia de las ramas terminales del plexo braquial, que serían los nervios cubital, mediano, radial y musculocutáneo. Se creía que los fallos o los bloqueos incompletos a causa de esa técnica eran provenientes del mal posicionamiento de la aguja o de septaciones del plexo braquial en la región axilar¹⁻³. Se habla de volúmenes de hasta 80 mL para aumentar la tasa de éxito⁴. Sin embargo, el uso de grandes volúmenes de anestésico local aumenta la probabilidad de que sobrevenga toxicidad sistémica^{5,6}. Por tanto, una posible técnica para prevenir esa complicación y aumentar la seguridad del paciente sería la reducción de la masa de anestésico local usada durante el procedimiento.

Hoy por hoy, tecnologías como el estimulador de nervio periférico y el ultrasonido garantizan la correcta localización de la aguja con relación al plexo y reducen la necesidad de altos volúmenes de anestésico local⁷⁻¹³. Algunos estudios demuestran que el uso del ultrasonido permitió la reducción del volumen de anestésico local para el bloqueo del plexo braquial vía interescalénica, para el bloqueo del nervio femoral y para el bloqueo ilioinguinal-ilio-hipogástrico sin comprometer la calidad. Sin embargo, existen pocos trabajos sobre el volumen mínimo efectivo de anestésico local para el BPVA. Por tanto, el presente estudio se hizo con la finalidad de calcular el volumen mínimo efectivo de bupivacaína al 0,5% en un 90% (VE90) de los casos para la realización del BPVA guiado por ultrasonido.

Método

El estudio se hizo en el centro quirúrgico del Sector de Cirugía de la Mano y Miembro Superior, con la coordinación del servicio de anestesia por la asignatura de anestesiología, dolor y cuidados intensivos de la *Universidade Federal de São Paulo/Escola Paulista de Medicina*, de diciembre de 2011 a junio de 2012. El estudio fue registrado en el *Clinicaltrials.gov* con el número NCT01421914.

Posteriormente a la aprobación por parte del comité de ética de la Universidad Federal de São Paulo, pacientes que se someterían a la cirugía de mano fueron invitados a participar en el estudio. Los criterios de inclusión fueron la edad mayor de 18 años e inferior a los 65, el término de consentimiento informado firmado por el paciente, indicación de bloqueo de plexo braquial para anestesia y analgesia en candidatos a la intervención quirúrgica electiva de la mano con una duración menor de 2 h, estado físico ASA I o II conforme a la Asociación Norteamericana de Anestesiología e índice de masa corporal < 35 kg/m². Los criterios de exclusión fueron el compromiso cognitivo o la condición psiquiátrica activa, infección en el sitio de punción del bloqueo, coagulopatía e historial de alergia a la bupivacaína.

Diseño del protocolo

Después de la inclusión del paciente en el estudio, a todos se les registraron sus datos demográficos. Enseguida se hizo la monitorización de rutina para el procedimiento quirúrgico con electrocardioscopio, presión arterial no invasiva y oximetría de pulso. El acceso intravenoso se hizo en el miembro superior contralateral al del procedimiento y se mantuvo con una infusión de cristaloide.

El bloqueo del plexo braquial se hizo por vía axilar, con la ayuda del ultrasonido (M-Turbo R System with HFL 38x lineal transducer 6-13 MHz, SonoSite, Bothell, WA, EE. UU.) y estimulador de nervio periférico (Stimuplex R DIG RC, B. Braum, Mellsung, Alemania), con el paciente en decúbito dorsal horizontal. La aguja usada fue la 22G × 50 mm (AEQ2250, BMD Group, Venecia, Italia). Después de la asepsia y antisepsia de la piel con clorhexidina, se infiltró el local de punción con la lidocaína al 1%. Después de la visualización de los nervios del plexo braquial por el ultrasonido, hubo una confirmación de la identificación de las estructuras con estimulador de nervio periférico. Se inyectó una dosis inicial de 5 mL de bupivacaína al 0,5% con adrenalina 1:200.000 alrededor de cada nervio. La aguja era reposicionada durante la inyección del anestésico local y la inyección epineural se garantizaba por medio de la imagen del ultrasonido. El paciente era retirado del estudio si era visualizada alguna alteración del diámetro del nervio o se presentase dolor importante durante la inyección. En esos casos, se podría aplicar a los pacientes una posible inyección intraneural en el postoperatorio.

El término de la inyección de la solución de anestésico local fue considerado el momento cero para la evaluación de la efectividad del bloqueo. Un observador que no estaba presente durante el procedimiento y que no conocía el volumen de anestésico usado evaluó los bloqueos en los nervios estudiados. Esa evaluación se hizo cada 5 min hasta obtener la anestesia quirúrgica o hasta el minuto 30 después de la inyección del anestésico local.

El éxito o el fallo del bloqueo determinaron la disminución o el aumento del volumen del anestésico local para el próximo paciente, respectivamente. Cuando el bloqueo fue eficaz, el paciente posterior recibió la reducción de 0,5 mL del volumen del anestésico local. En el fallo del bloqueo, los pacientes recibieron la complementación del bloqueo al nivel del codo y al volumen del anestésico local se le añadió 0,5 mL para el próximo paciente. Después de la evaluación de los bloqueos, los pacientes fueron autorizados a recibir el procedimiento quirúrgico. Durante el mismo, los pacientes recibieron propofol, 15-25 mcg/kg/min, para la sedación. Además, en el caso de que el paciente se quejase de dolor durante el procedimiento, el bloqueo sería considerado como fallo y se instauraría la anestesia general.

Después del procedimiento quirúrgico, el paciente era admitido en la sala de recuperación postanestésica, donde permanecía monitorizado (electrocardiografía, presión arterial no invasiva y oximetría de pulso), hasta que alcanzase las condiciones de alta en régimen ambulatorio. La analgesia postoperatoria se evaluó en la sala de recuperación anestésica con el uso de la escala visual analógica, 3 h después del bloqueo.

Tabla 1 Escala de Bromage modificada

Grado	Definición
4	Fuerza muscular completa en grupos musculares relevantes
3	Reducción de la fuerza, pero capaz de moverse contra la resistencia
2	Capacidad de moverse contra la gravedad, pero no contra la resistencia
1	Movimientos discretos (trémulos) de los grupos musculares
0	Ausencia de movimientos

Evaluación del éxito del bloqueo del plexo braquial por vía axilar

Se consideró como éxito del bloqueo la función motora ≤ 2 según la escala de Bromage modificada, ausencia de sensibilidad térmica y de respuesta al *pinprick* en las regiones de los nervios mediano, cubital, radial y musculocutáneo. Además, el procedimiento debería ser hecho sin analgesia complementaria para confirmar el éxito del procedimiento anestésico.

Evaluación de la función motora

Para la evaluación de la función motora se usó la escala de Bromage modificada (tabla 1).

Los test para la evaluación de la función motora fueron: flexión de los dedos (nervio mediano), extensión del puño (nervio radial), aducción del pulgar (nervio cubital) y flexión del codo (nervio musculocutáneo). Fueron considerados éxito del bloqueo los valores ≤ 2 por la escala de Bromage modificada.

Evaluación de la sensibilidad térmica

La evaluación de la sensación térmica del miembro superior se hizo con gasa y alcohol, para comprobar la sensibilidad de los dermatomas inervados por los nervios cubital (eminencia hipotenar), mediano (eminencia tenar), radial (dorso de la mano) y musculocutáneo (base del primer metacarpo). La sensación de frío fue considerada como 1 y la no percepción de frío como 0. El éxito del bloqueo fue considerado cuando no había percepción del frío en los dermatomas estudiados.

Evaluación de la sensibilidad dolorosa

La evaluación de la sensación dolorosa del miembro superior se hizo con el test de *pinprick* usando la aguja 23G, para testar la sensibilidad en las regiones de los dermatomas de los nervios cubital, mediano, radial y musculocutáneo.

La respuesta positiva al *pinprick* fue considerada como 1 y la ausencia de respuesta al *pinprick* como 0. El éxito del bloqueo fue considerado como ausencia de la sensación del *pinprick* en los dermatomas evaluados.

Tabla 2 Característica demográfica de los pacientes

Edad (años)	36,5 (27,5-46,5)
Sexo (M:F)	14:5
ASA	
I	12
II	7

Criterios para la finalización del estudio

El criterio para terminar el estudio se definió como la obtención de 5 casos de fallos seguidos de casos de éxito.

Análisis estadístico

El volumen efectivo mínimo de la bupivacaína al 0,5% fue estimado con el uso de la secuencia *up-and-down* propuesta por Massey y Dixon, concentrándose en el análisis del volumen mínimo efectivo con la probabilidad de un 50% de bloqueo nervioso efectivo^{14,15}. Más adelante, las secuencias también fueron examinadas por la regresión de *probits*, para el cálculo de los volúmenes efectivos en un 90% de los casos. Los datos no paramétricos fueron presentados como medianas y cuartiles (P25-P75). Los datos categóricos se presentaron como frecuencias absolutas y relativas. Los cálculos fueron hechos en una planilla electrónica Microsoft Excell for Windows™ (Microsoft Corp, Redmond, WA, EE. UU.) y GraphPad Prism™ for Windows (GraphPad Software Inc, San Diego, CA, EE. UU.).

Resultados

Se incluyeron en el protocolo 19 pacientes. En todos los pacientes se pudo visualizar las estructuras anatómicas relevantes para la realización del bloqueo. El estudio terminó cuando ocurrió una secuencia de 5 ciclos fallo/éxito. Las características demográficas de los pacientes y de los procedimientos quirúrgicos realizados aparecen en las tablas 2 y 3, respectivamente.

La secuencia de respuestas positivas y negativas para los bloqueos en los pacientes consecutivos se refleja en la figura 1. El VE90 de bupivacaína al 0,5% con adrenalina 1:200.000 para el BPVA guiado por ultrasonido fue de 1,56 mL (intervalo de confianza de un 95%: 0,99-3,5).

Tabla 3 Distribución de los procedimientos quirúrgicos realizados

Procedimientos	n (%)
Fractura de metacarpo	5 (26)
Retirada de material de síntesis	1 (5)
Lesión de extensores	3 (16)
Corrección de fractura de escafoides	1 (5)
Sinovectomía	3 (16)
Dupuytren	2 (11)
Lesión de flexores	1 (5)
Seudoartrosis de la falange	2 (11)
Exéresis de tumor óseo	1 (5)
Duración, min (P25-75)	65 (50-77,5)

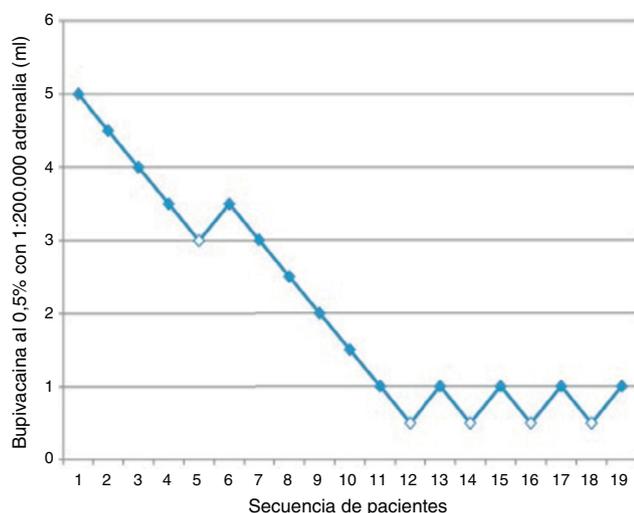


Figura 1 Representación gráfica de la secuencia *up-down* de los pacientes subsecuentes. (◆), bloqueo efectivo; (◇) fallo de bloqueo.

La mediana de la latencia de los bloqueos efectivos fue de 20 min (10-30). Cuando se tuvieron en cuenta solamente los bloqueos con volúmenes de 1 mL, la mediana de la latencia fue de 25 min (20-30). Para los procedimientos quirúrgicos en los cuales los bloqueos se hicieron con 1 mL por nervio, la mediana de la duración fue de 60 min (35-75). En el estudio no se evaluó el tiempo de duración de los bloqueos sensitivo y motor.

El procedimiento quirúrgico ocurrió sin intercurencias en todos los pacientes en los cuales el bloqueo fue considerado como éxito y no hubo necesidad de complementación anestésica.

Con relación a la analgesia postoperatoria, ningún paciente refirió dolor hasta pasadas 3 h después del bloqueo. No ocurrió ninguna complicación, como punción vascular o intoxicación por anestésico local durante la realización del estudio. Todos los pacientes recibieron el alta el mismo día del procedimiento y no hubo ningún caso de readmisión hospitalaria.

Discusión

En la práctica moderna de la anestesia regional, las reducciones del volumen y de la dosis del anestésico local fueron estrategias importantes para prevenir la toxicidad sistémica por los anestésicos locales.

Para eso, el uso del ultrasonido para guiar con exactitud el lugar de inyección del anestésico local en bloqueos de nervios periféricos se ha convertido en algo cada vez más frecuente. El avance en los equipos y en los métodos de ultrasonido posibilitó la identificación con una alta precisión de las estructuras vasculares y neurales, con beneficios con relación a las técnicas clásicas con menor incidencia de fallos y con la reducción de la dosis del anestésico local¹⁶.

La vía axilar para la realización del bloqueo del plexo braquial fue la elegida para llevar a cabo el estudio por ser una de las técnicas más usadas en la práctica clínica. Considerando el territorio de anestesia provisto por ese bloqueo, solamente se seleccionaron pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos de mano.

Como no se sabía la duración del bloqueo con bajos volúmenes de bupivacaína, se optó por seleccionar los procedimientos con una duración menor de 2 h.

Este estudio demostró que por medio del uso del ultrasonido se puede obtener el bloqueo del plexo braquial vía axilar con el volumen mínimo efectivo de bupivacaína al 0,5% y con adrenalina 1:200.000 de 1,56 mL para cada nervio para cirugías de mano.

O'Donnel y Iohom demostraron el bloqueo efectivo del plexo braquial vía axilar con 1 mL de lidocaína al 2% con epinefrina 1:200.000 por nervio. Sin embargo, una de las limitaciones del estudio relatada por los propios autores fue la elección de procedimientos superficiales como sinovectomía o tenorrafias¹⁷. Además, Marhofer et al. describieron el BPVA con volúmenes similares de mepivacaína al 1%¹⁸. Sin embargo, ese fue solamente un estudio en voluntarios, en el cual la anestesia quirúrgica se evaluó solamente por el test de *pinprick*. En nuestro estudio, incluso con las bajas dosis de anestésico local, se pudieron llevar a cabo los procedimientos superficiales, como la lesión del extensor del pulgar y las cirugías con manipulación de estructuras óseas, como fracturas del tercero y del cuarto metacarpos, lo que demuestra que, a pesar de la disminución de la dosis, se pudieron realizar también los procedimientos que involucraban las estructuras profundas de la mano.

Optamos por usar la bupivacaína a causa de sus características farmacocinéticas, que generan un bloqueo de mayor duración cuando se le compara con la lidocaína. Por otro lado, se obtuvieron bloqueos con una mayor latencia cuando se compararon con los hallazgos del estudio de O'Donnel y Iohom¹⁷.

De acuerdo con Hadzic, el uso de bajos volúmenes de anestésico local puede hacer necesaria una inyección intraneural a causa de la dificultad de visualizar el aumento del diámetro del nervio en esa situación¹⁹. Con el fin de evitar esa complicación, la visualización del nervio y de las estructuras adyacentes, como también la de la dispersión del anestésico local por el ultrasonido, se convierte en un factor importante.

Nuestro estudio reafirma que el volumen mínimo efectivo para el BPVA es menor que el que fue descrito anteriormente. Una hipótesis para ese hecho es que, con el auxilio del ultrasonido, se puede realizar un bloqueo dinámico, que involucre toda la periferia del nervio con el anestésico local. El ultrasonido le permite al anestesiólogo la visualización de la estructura nerviosa durante la realización del bloqueo, lo que posibilita la redirección de la aguja y la inyección del anestésico local en toda la periferia del nervio y hace posible la realización de bloqueos efectivos con bajos volúmenes de anestésico local.

Algunos estudios han demostrado que el uso de bajas dosis de anestésico local disminuye la duración del tiempo de bloqueo, definido como el tiempo entre el inicio de la instauración del bloqueo y el retorno de las funciones motoras y sensitivas²⁰. Una de las limitaciones de nuestro estudio fue que no se pudo calcular el tiempo de duración del bloqueo con bupivacaína al 0,5%; solamente comprobamos que los bloqueos con bajas dosis de anestésico local fueron suficientes para la realización de los procedimientos con una duración inferior a 2 h y que todos los bloqueos tuvieron una latencia menor o igual a 30 min.

El uso de bajas dosis de anestésico local genera un bloqueo más seguro, con un menor riesgo de complicaciones, especialmente relacionadas con la toxicidad sistémica de los anestésicos locales. A pesar del desarrollo de conductas eficaces para el tratamiento de esas complicaciones, como el empleo de soluciones lipídicas^{21,22}, el uso de bajas dosis de anestésicos locales genera un bloqueo con una masa de anestésico con un amplio rango de seguridad con relación a la dosis tóxica.

Resumiendo, este estudio demuestra que el VE90 para el BPVA guiado por ultrasonido es de 1,56 mL de bupivacaína al 0,5% con 1:200.000 de adrenalina por nervio. Eso corrobora algunos estudios que muestran que se puede obtener un bloqueo de nervios periféricos con bajos volúmenes de anestésico local. Estudios adicionales de dosis-respuesta deben ser llevados a cabo para calcular la influencia de la concentración de bupivacaína para esa técnica.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Thompson GE, Rorie DK. Functional anatomy of the brachial plexus sheaths. *Anesthesiology*. 1983;59:117–22.
- Klaasgaard Ø, Smedby O, Thompson GE, Tillung T, Hol PK, Røtnes SJS, et al. Distribution of local anesthetic in axillary brachial plexus sheath. *Anesthesiology*. 2002;96:1315–24.
- De Jong RH. Axillary block of the brachial plexus. *Anesthesiology*. 1961;2:215–25.
- Vester-Andersen T, Christiansen C, Sørensen M, Kaalund-Jørgensen HO, Saugbjerg P, Schultz-Møller K. Perivascular axillary block II: influence of injected volume of local anaesthetic on neural blockade. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1983;27:95–8.
- 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;28:3–11.
- Maher LE, Copeland SE, Ladd LA. Acute toxicity of local anesthetics: underlying pharmacokinetic and pharmacodynamic concepts. *Reg Anesth Pain Med*. 2005;30:553–66.
- Fredrickson MJ, Ball CM, Dalgleish AJ, et al. A prospective randomized comparison of ultrasound and neurostimulation as needle end points for interscalene catheter placement. *Anesth Analg*. 2009;108:1695–700.
- Gautier P, Vandepitte C, Ramquet C, DeCoopman M, Xu D, Hadzic A. The minimum effective anesthetic volume of 0.75% ropivacaine in ultrasound-guided interscalene brachial plexus block. *Anesth Analg*. 2011;113:951–5.
- Renes SH, van Geffen GJ, Rettig HC, Gielen MJ, Scheffer GJ. 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.
- Marhofer P, Schrögender K, Wallner T, Koining H, Mayer N, Kapral S. Ultrasonographic guidance reduces the amount of local anesthetic for 3-in-1 blocks. *Reg Anesth Pain Med*. 1998;23:584–8.
- Ponrouch M, Bouic N, Bringuier S, Biboulet P, Choquet O, Kasim M, et al. Estimation and pharmacodynamic consequences of the minimum effective anesthetic volume for median and ulnar nerve blocks: a randomized, double-blind, controlled comparison between ultrasound and nerve stimulation guidance. *Anesth Analg*. 2010;111:1059–64.
- Casati A, Baciarello M, di Cianni S, Danelli G, de Marco G, Leone 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.
- Riazi S, Carmichael N, Awad I, Holtby RM, McCartney CJ. 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.
- Dixon JW. Staircase bioassay—The up-and-down method. *Neurosci Biobehav Rev*. 1991;15:47–50.
- Pace NL, Stylianou MP. Advances in and limitations of up-and-down methodology: a précis of clinical use, study design and dose estimation in anesthesia research. *Anesthesiology*. 2007;107:144–52.
- Neal JM, Brull R, Chan VW, Grant SA, Horn HL, Liu SS, et al. The ASRA evidence-based medicine assessment of ultrasound-guided regional anesthesia and pain medicine: executive summary. *Reg Anesth Pain Med*. 2010;35 2 Suppl:S1–9.
- 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.
- Marhofer P, Eichenberger U, Stockli S, Huber G, Kapral S, Curatolo M, et al. Ultrasonographic guided axillary plexus blocks with low volumes of local anaesthetics: a crossover volunteer study. *Anaesthesia*. 2010;266–71.
- Hadzic A. Volume and dose of local anesthetic necessary to block the axillary brachial plexus using ultrasound guidance. *Anesthesiology*. 2009;111:8–9.
- 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(4):393–8.
- Lesklw U, Weinberg GL. Lipid resuscitation for local anesthetic toxicity: is it really lifesaving? *Curr Opin Anaesthesiol*. 2009;22(5):667–71.
- Bem S, Akpa BS, Kuo I, Weinberg G. Lipid resuscitation: a life-saving antidote for local anesthetic toxicity. *Curr Pharm Biotechnol*. 2011;12:313–9.