



Revista Colombiana de Anestesiología

Colombian Journal of Anesthesiology

www.revcolanest.com.co



REVISIÓN

Revisión

Ergonomía en los bloqueos nerviosos guiados por ultrasonografía



Oscar David Aguirre-Ospina^{a,*}, Julián Felipe González-Maldonado^b
y Ángela María Ríos-Medina^c

^a Especialista en Anestesia y Reanimación, Docente de la Universidad de Caldas, Anestesiólogo Hospital SES, Manizales, Colombia

^b Residente de Anestesiología y Reanimación de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia

^c Especialista en Anestesia y Reanimación, Docente de la Universidad de Caldas, Anestesióloga Clínica Comfamiliar y Liga Contra el Cáncer, Pereira, Colombia

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 24 de febrero de 2015

Aceptado el 4 de junio de 2015

On-line el 8 de agosto de 2015

Palabras clave:

Ultrasonografía

Bloqueo nervioso

Ingeniería humana

Analgesia

Anestesia

R E S U M E N

Introducción: Los bloqueos guiados por ultrasonografía han demostrado ser eficaces, pero requieren considerar aspectos como la ergonomía.

Objetivo: Describir influencia de la postura del operador, ubicación del monitor y posición de las manos, al realizar bloqueos con ultrasonografía.

Métodos: Se realizó una búsqueda no sistemática de literatura en Medline/Pubmed y Embase.

Resultados: Una mala ergonomía es un factor de error al realizar bloqueos con ultrasonido. La inserción de la aguja «en plano» aumenta el éxito. Una posición inapropiada puede producir trastornos musculo-esqueléticos en el operador. Basados en esto, se propone una ubicación de elementos y posición del operador para realizar algunos bloqueos.

Conclusión: Realizar bloqueos con ultrasonido requiere un área de trabajo ergonómica para lograr mayor eficacia, y disminuir aparición de trastornos músculo-esqueléticos.

© 2015 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Ergonomics in ultrasound-guided nerve blocks

A B S T R A C T

Introduction: Performing ultrasound-guided nerve blocks has proven to be safe, but ergonomic considerations are essential.

Objective: To describe the influence of operator position, monitor location, and hand position in performing ultrasound-guided nerve blocks.

Keywords:

Ultrasonography

Nerve block

Human engineering

* Autor para correspondencia. Calle 10 12B-30 Apartamento 704 Torre 2, Pereira, Colombia.

Correo electrónico: oscardavid.celta@gmail.com (O.D. Aguirre-Ospina).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rca.2015.06.002>

0120-3347/© 2015 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Analgesia
Anesthesia

Methods: A non-systematic literature search was conducted in the Medline/Pubmed and Embase databases.

Results: Poor ergonomics is a key factor of error when performing nerve blocks under ultrasound guidance. «In-plane» needle insertion increases success. An inappropriate position may be a cause of muscle-skeletal disorders. Based on these results, we propose specific element location and operator position for the performance of certain nerve blocks.

Conclusion: Performing ultrasound-guided nerve blocks requires an ergonomic work area allowing for greater comfort and effectiveness, thus reducing the occurrence of muscle-skeletal disorders.

© 2015 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El uso del ultrasonido (US) en anestesia y analgesia regional perioperatoria ha experimentado una rápida evolución^{1,2}, siendo cada vez más utilizado en la práctica anestésica^{3,4}. Su principal ventaja, es la posibilidad de identificar estructuras anatómicas en tiempo real y permitir una disposición y distribución precisa del anestésico local (AL) alrededor de la estructura nerviosa^{5,6}.

Actualmente se publican más datos que sugieren mayor eficacia y seguridad de los bloqueos nerviosos guiados por US^{7,8}, específicamente para los bloqueos interescalénico^{9,10}, supraclavicular¹¹, infraclavicular^{12,13}, axilar¹⁴⁻¹⁶, femoral¹⁷ y ciático poplíteo¹⁷⁻²⁰. Un metaanálisis encontró que cuando se compara el US con estimulación de nervio periférico (NP) existe menor riesgo de fallo (RR 0,41, IC del 95%, 0,26-0,66, $p=0,001$), se realiza en menos tiempo (1 min menos en promedio con ultrasonografía), tiene menor latencia (el tiempo de inicio se acorta en promedio un 29%), mayor duración (se prolonga en promedio un 25%) y disminuye el riesgo de punción vascular (RR 0,16, IC del 95%, 0,05-0,47, $p=0,001$)²¹.

Barrington y Kluger²², luego de analizar una base de datos de 20.021 pacientes a quienes se les realizaron 25.336 bloqueos de NP, reportaron que el uso de US comparado con estimulación de NP redujo la frecuencia de toxicidad por AL hasta un 65% (0,59 eventos/1.000 bloqueos en quienes se usó US vs. 2,1 eventos/1.000 bloqueos con estimulación de NP)²². No obstante, como lo mencionan Hadzic et al.²³, el uso de US incluso por expertos puede reducir, pero no eliminar, las complicaciones más comunes de la anestesia regional (AR), como la punción de vasos sanguíneos e inyecciones intraneurales o intravasculares inadvertidas²³.

El aumento del uso de US en AR^{3,4} ha llevado a la necesidad de considerar aspectos de importancia para su práctica, como la ergonomía y ubicación adecuada de los elementos necesarios²⁴. Múltiples autores sugieren que estas variables influyen al realizar un bloqueo guiado por US^{25,26}, tanto en el resultado para el paciente como para el operador²⁷⁻³⁰. Por esta razón, se realizó una búsqueda no sistemática de la literatura en las bases de datos Medline/Pubmed y Embase, para buscar la evidencia actual de la ergonomía en AR.

¿Cómo se relaciona la ergonomía con la realización de bloqueos nerviosos?

La ergonomía es la ciencia de la interacción física entre seres humanos y su entorno de trabajo, incluyendo el diseño de equipos y la formación del operador en cuanto a capacidad motriz, capacidad visuo-espacial, audición y destreza³¹. Cuando se aplican estrategias ergonómicas, se puede optimizar el rendimiento y eficacia al realizar una tarea, y maximizar el bienestar humano²⁷.

Debido a los avances en el conocimiento y tecnología biomédica, los profesionales de la salud trabajan actualmente en entornos complejos y exigentes. Un ejemplo de ello es el trabajo de un anestesiólogo en un quirófano moderno, donde está expuesto a múltiples estímulos visuales, táctiles y auditivos, que conllevan mayor desafío clínico y ergonómico, sobre todo en el momento de realizar procedimientos²⁷. Existe un creciente reconocimiento de la importancia de la ergonomía en la práctica de anestesia^{32,33}. Hasta la fecha, no se enseña ergonomía en la mayoría de los programas de formación académica, aunque se han reconocido sus potenciales beneficios^{26,34,35}.

El uso del US en AR requiere educación y entrenamiento para adquirir conceptos y desarrollar habilidades psicomotoras, como^{26,36}:

1. Lograr una imagen y visualización adecuada de la estructura nerviosa³⁷.
2. Alinear la aguja con el haz de US³⁸.
3. Identificar avance de la aguja en tiempo real³⁷.
4. Ubicar la punta de la aguja en el punto objetivo³⁸.
5. Identificar distribución apropiada del AL alrededor del nervio³⁷.

Si alguno de estos aspectos no es óptimo, la probabilidad de lograr un bloqueo nervioso exitoso disminuye. Sites et al.^{26,39} identificaron que una mala ergonomía (definida como torsión del tronco, sostener la aguja con la mano no dominante y girar la cabeza 45° o más) es un factor de error que presentan los residentes de anestesia y operadores novatos cuando realizan bloqueos guiados por US, y se asocia a fatiga y menor desempeño^{26,39}.

Basados en lo anterior, se sugiere que adoptar una ergonomía inapropiada podría influir en 2 aspectos relevantes: primero, asociarse a fallo del bloqueo, ya que podría provocar movimientos de menor precisión de la mano que sostiene

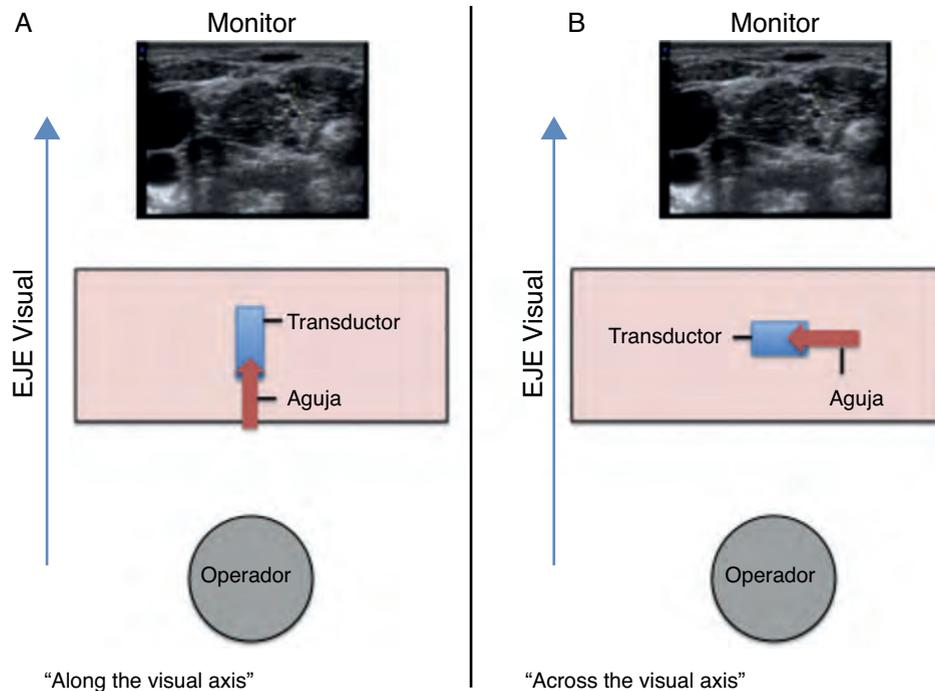


Figura 1 – A) Along the visual axis. B) Across the visual axis. Orientación del monitor, transductor, aguja y operador con respecto al eje visual
Fuente: autores.

la aguja o de la que sostiene el transductor²⁶, y dificultar la alineación del US⁴⁰, con menor visualización del avance de la aguja y distribución del AL; y segundo, asociarse al desarrollo de trastornos músculo-esqueléticos en el operador^{41,42}.

¿Influye la ergonomía en el éxito de un bloqueo?

Como se estableció previamente, la AR guiada por US es una técnica segura y eficaz para realizar bloqueos^{8,21,22} siempre y cuando se logre una visualización perfecta de la estructura nerviosa⁴³. La aguja se puede avanzar hacia el objetivo en dirección perpendicular al haz de US o paralela a este, lo cual se conoce como inserción «por fuera de plano» (IFP) o por «dentro del plano» (IDP), respectivamente. La IDP permite ver la aguja a medida que se dirige al objetivo, pero requiere habilidad y puede dar una falsa sensación de seguridad^{25,44}. La IFP es más compleja y busca visualizar la punta de la aguja, o signos indirectos como el movimiento del tejido adyacente a su paso o la hidro-localización⁴⁵, pero tiene la ventaja que la longitud de inserción es aproximadamente 3 veces más corta y más confortable para el paciente⁴⁶.

Chapman et al.²⁵ afirman «el operador se debe concentrar en la imagen del monitor y en el paciente, por esta razón es importante tener el área anatómica y el ecógrafo en la misma línea de visión. Esto significa ubicar la pantalla a nivel de los ojos en el lado opuesto al que se ubica el operador»²⁵. Basados en esta hipótesis, Langford et al., en un ensayo con 31 anestesiólogos, encontraron que ubicar el ecógrafo frente al operador, mejoró la precisión al avanzar con la aguja «en plano», en lugar de ubicar el

monitor perpendicular al operador, sin encontrar diferencia en el tiempo transcurrido para realizar la tarea²⁸. La importancia de estos resultados radica en que, «la precisión en colocar la aguja es más importante que la velocidad para alcanzar el objetivo, ya que aumenta la posibilidad de un bloqueo exitoso, y reduce complicaciones asociadas con el daño accidental a las estructuras no objetivo»²⁸.

Speer et al.²⁹ describen 2 formas de posicionar las manos con respecto al eje visual del operador durante la inserción de una aguja «en plano»²⁹; estas son:

1. «ALONG the visual axis» (ALVA) (a lo largo, longitudinal o paralelo al eje visual): el eje largo del transductor y la aguja en posición paralela al eje visual (fig. 1 A).
2. «ACROSS the visual axis» (ACVA) (a través, transversal o perpendicular al eje visual): se ubican el eje largo del transductor y la aguja en posición perpendicular al eje visual (fig. 1 B).

Un ensayo clínico aleatorizado de simulación con modelos tipo «phantom» analizó el desempeño de 24 novatos en lograr el avance de la aguja hasta un objetivo con guía ecográfica. Cada participante realizó 5 intentos ALVA y 5 intentos ACVA, encontrando que cuando los 2 ejes están paralelos existe disminución significativa en el tiempo para realizar la tarea y mejora calidad de imagen²⁹.

Wilson et al.³⁰ compararon la técnica ALVA y ACVA en estudiantes de medicina. Identificaron que la IDP con la primera técnica se asoció a mejor visualización, menor tiempo para completar la tarea y mayor éxito; además los participantes

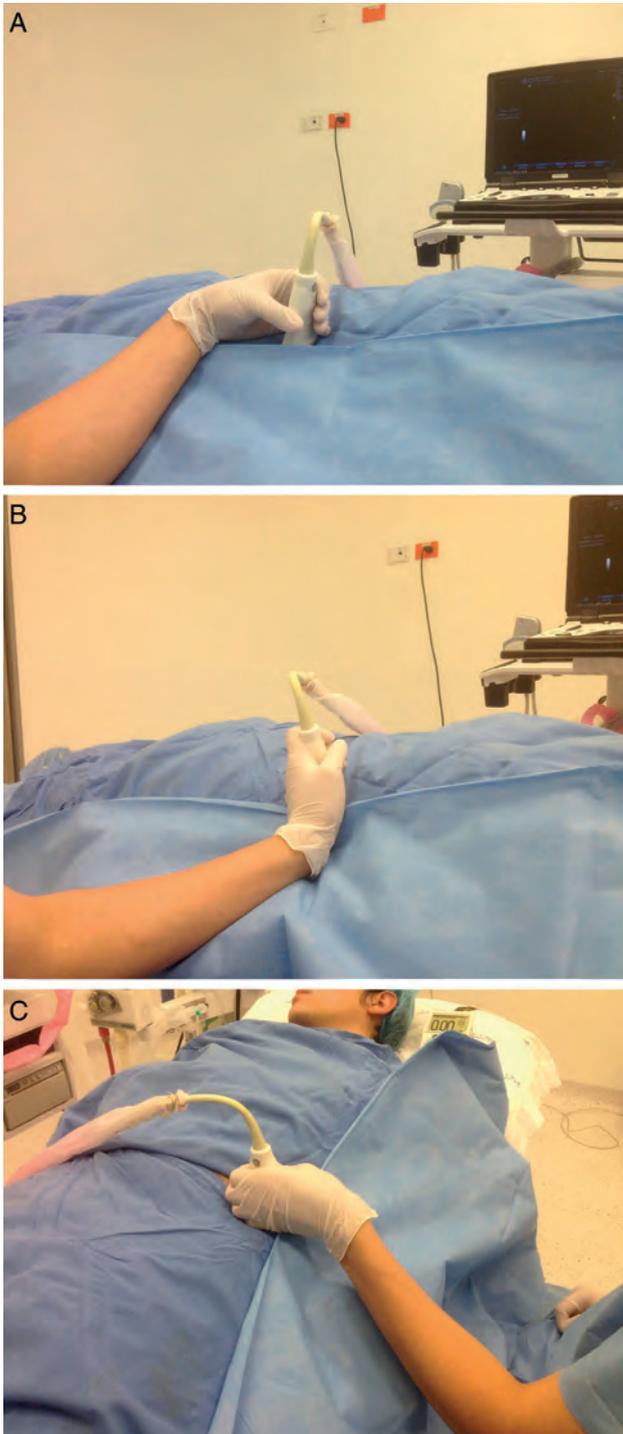


Figura 2 – A) Flexión de la muñeca. B) Extensión de la muñeca. C) Desviación de la muñeca.
Fuente: autores.

reportaron mayor preferencia con esta técnica³⁰. Los autores sugieren que en novatos el avance con la técnica ALVA minimiza reubicaciones de la aguja, disminuye tiempo para realizar el procedimiento, mejora el rendimiento ergonómico y aumenta la visualización de la punta de la aguja, mejorando la seguridad y obteniendo resultados exitosos³⁰.

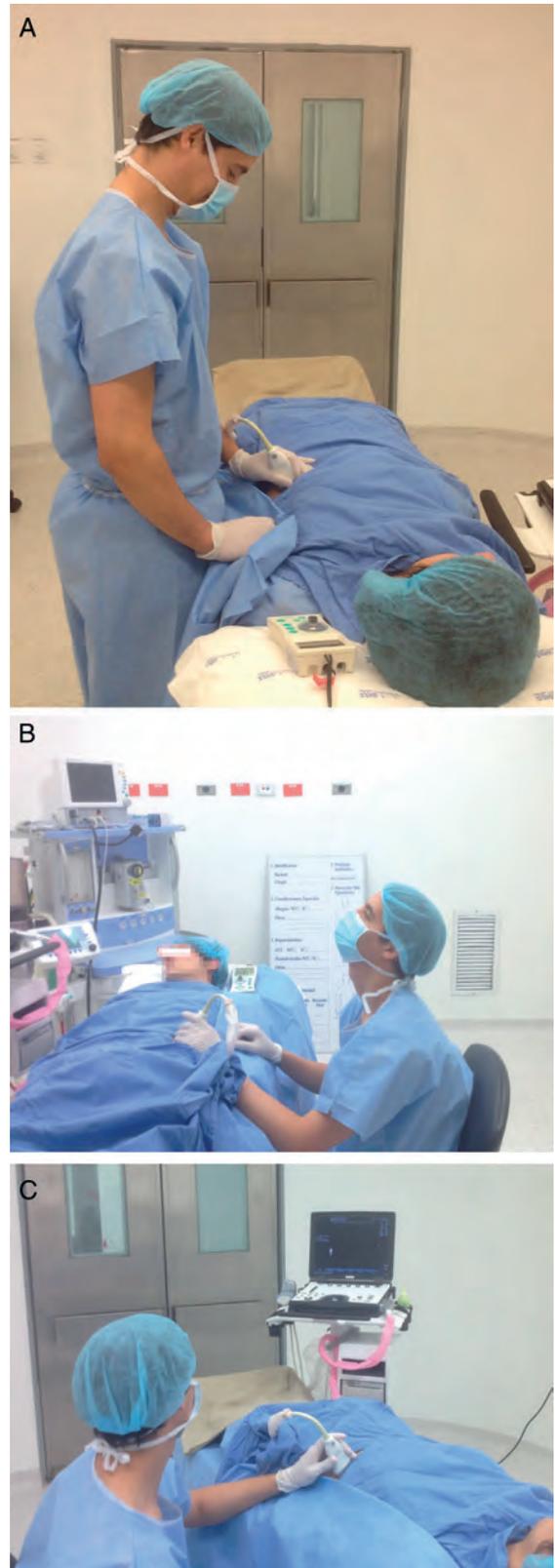


Figura 3 – A) Flexión del cuello. B) Extensión del cuello. C) Torsión del cuello.
Fuente: autores.

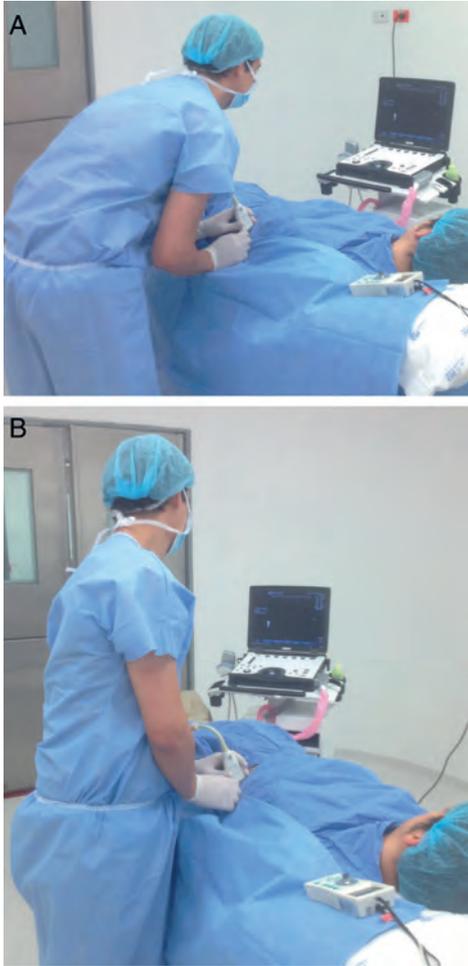


Figura 4 – A) Flexión del tronco. B) Torsión del tronco
Fuente: autores.



Figura 6 – Sobreestiramientos ergonómicos para alcanzar el objetivo.
Fuente: autores.

¿Una ergonomía inapropiada al realizar bloqueos guiados por ecografía puede producir trastornos musculoesqueléticos en el operador?

La importancia de una estación de trabajo ergonómica para realizar ecografías con el objetivo de disminuir incidencia de trastornos músculo-esqueléticos se ha descrito ampliamente⁴². Si bien este aspecto no se ha estudiado específicamente para los bloqueos guiados por US, se podrían extrapolar y aplicar consideraciones similares.



Figura 5 – Abducción del brazo en ángulo mayor 30°.
Fuente: autores.



Figura 7 – Agarre en pinza del transductor.
Fuente: autores.



Figura 8 – Posición para realizar los bloqueos interescalénico y supraclavicular. Paciente en decúbito supino, en posición a 45°, brazo aducido, cabeza rotada levemente al lado contrario que se va a bloquear. Monitor al frente, alineado a lo largo del eje visual. Agarre palmar del transductor lineal de alta frecuencia con apoyo de la mano en el paciente. Aguja por dentro del plano, en un abordaje «along the visual axis». Fuente: autores.

Los factores físicos que más se relacionan con el desarrollo de trastornos músculo-esqueléticos de origen laboral son: vibraciones, fuerza y tensión excesivas, movimientos fuertes o incómodos, mala postura, movimientos repetitivos y la duración de la presión⁴⁷. A excepción de las vibraciones, todos estos factores se pueden presentar al tomar ecografías, especialmente en pacientes obesos, en quienes se requiere mayor fuerza aplicada al transductor para reducir el espesor de las capas de grasa y mejorar la imagen^{42,48}.

Las partes del cuerpo que con mayor frecuencia se lesionan con posiciones inapropiadas son: hombro (76%), cuello (74%), muñeca (59%), espalda (58%) y manos (55%)⁴⁹. Aunque muchos de los síntomas son leves, si no se abordan, pueden llevar a trastornos crónicos graves y debilitantes⁴². Los diagnósticos más comunes son: tendinitis y tenosinovitis en hombro, manos y muñeca⁵⁰.

A continuación, se muestran las posiciones que se asocian más frecuentemente con una ergonomía inapropiada cuando se realiza ultrasonografía⁴²:

1. Flexión, extensión y desviación de la muñeca (fig. 2 A-C).



Figura 9 – A) Posición para realizar el bloqueo axilar. Paciente supino, con el brazo abducido a 90° y codo doblado, cabeza rotada al lado contrario del bloqueo. Anestesiólogo ubicado del lado que se va a bloquear en la cabecera del paciente, con el monitor al frente, alineado a lo largo del eje visual. Posición ergonómica sin posturas inapropiadas de muñecas, cuello, hombros y tronco. Agarre palmar del transductor con apoyo de la mano. Aguja entrando dentro del plano, con un abordaje «along the visual axis». B) Eje visual para realizar el bloqueo axilar. Fuente: autores.

2. Flexión, extensión y torsión del cuello (fig. 3 A-C).
3. Flexión y torsión del tronco (fig. 4 A y B).
4. Abducción del brazo (ángulo > 30°) (fig. 5).
5. Sobreestiramientos ergonómicos para alcanzar el objetivo (fig. 6).
6. Agarre en pinza del transductor (el agarre palmar reduce la fuerza ejercida hasta 5 veces⁴²) (fig. 7).

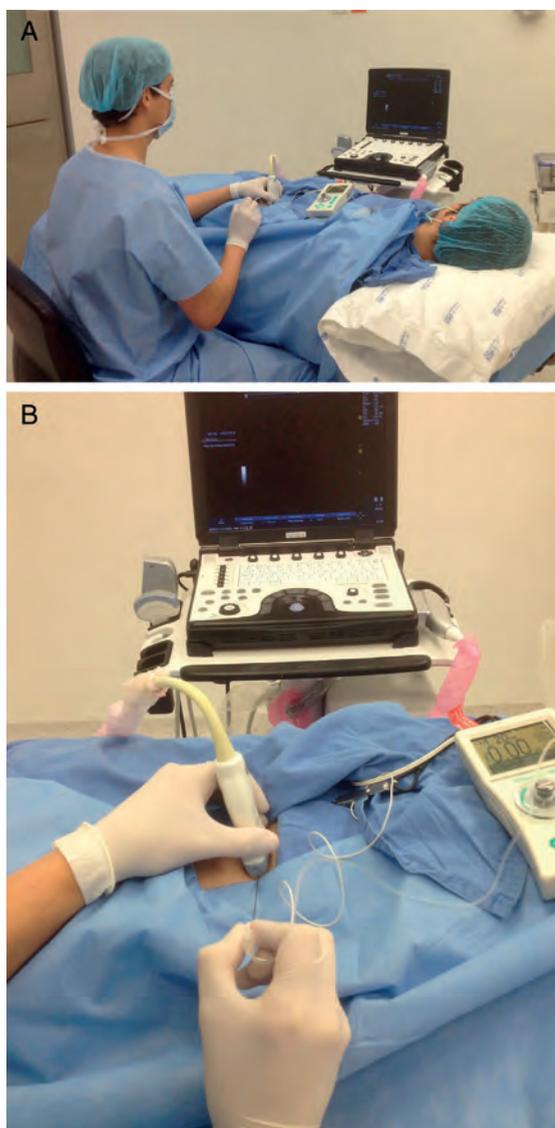


Figura 10 – A) Posición para realizar el bloqueo del nervio femoral. Paciente en decúbito supino, con ligera rotación externa de la pierna. Anestesiólogo ubicado del lado que se va a bloquear, con el monitor al frente, alineado a lo largo del eje visual. Posición ergonómica sin posturas inapropiadas de muñecas, cuello, hombros y tronco. Agarre palmar del transductor con apoyo de la mano. Entrada de la aguja por dentro del plano, con un abordaje «along the visual axis». **B)** Eje visual del bloqueo del nervio femoral. Fuente: autores.

Para un escaneo apropiado deben considerarse la postura del operador y su interacción con todos los equipos⁵¹. Un área de trabajo ergonómica debe contar con:

1. Una mesa con soportes laterales retráctiles para no aumentar la distancia con el paciente y con regulación eléctrica de la altura, porque los controles manuales interfieren con la silla o la ubicación del operador⁴².
2. Una silla con ruedas ajustable desde una posición sentada^{42,51}.



Figura 11 – A) Posición para realizar el bloqueo del nervio ciático poplíteo. Paciente en decúbito prono, con los miembros inferiores en posición neutra. Anestesiólogo ubicado al lado contrario que se va a bloquear, con el monitor al frente, alineado a lo largo del eje visual. Posición ergonómica sin posturas inapropiadas de muñecas, cuello, hombros y tronco. Agarre palmar del transductor con apoyo de la mano. Entrada de la aguja por dentro del plano, en un abordaje «along the visual axis». **B)** Eje visual para realizar el bloqueo del nervio ciático poplíteo. Fuente: autores.

3. Una sala de examen amplia, con iluminación indirecta que no interfiera con la visualización del monitor^{42,51}.

Ergonomía apropiada para la realización de bloqueos nerviosos

Sobre la base de los datos anteriores, se han propuesto abordajes para mantener una ergonomía apropiada al realizar bloqueos²⁴:

1. Evitar posiciones inapropiadas en manos, muñecas, cuello, tronco y hombros (figs. 2-7).
2. Ubicar el ecógrafo al lado opuesto que se va a realizar el bloqueo.

3. No girar la cabeza 45° o más.
4. Alinear el monitor con el eje visual del operador.
5. Orientar el transductor y la aguja ALVA.
6. Tomar asiento y apoyar el brazo sobre la cama.
7. Ajustar altura de la cama del paciente.
8. No cruzar las manos (transductor y aguja).
9. Sostener la aguja con la mano dominante.
10. Evitar agarrar el transductor «en pinza» (fig. 7).
11. Manipular el transductor en su parte más baja, apoyando los dedos sobre la piel del paciente, para lograr mayor estabilidad.

A continuación, mostramos una propuesta para realizar ergonómicamente los bloqueos nerviosos interescalénico y supraclavicular (fig. 8), axilar (fig. 9 A y B), femoral (fig. 10 A y B) y ciático poplíteo (fig. 11 A y B).

Conclusiones

El auge y el desarrollo del US en AR se deben a que permite ver los procedimientos en tiempo real, lo cual se relaciona con mayor eficacia y seguridad. Su principal limitación es que es «operador dependiente», y por lo tanto su uso no garantiza el éxito y la ausencia de complicaciones si no se tiene un conocimiento anatómico y habilidades suficientes. Las principales destrezas psicomotoras que se deben desarrollar son: lograr una imagen del área de interés, alinear la aguja con el haz de US, avanzar de manera precisa la punta de la aguja hasta el punto ideal para inyectar el AL y reconocer su distribución adecuada. En el desarrollo y el mantenimiento de estas habilidades, un área de trabajo ergonómica permite adoptar posturas que disminuyen los trastornos músculo-esqueléticos y que hacen más cómoda y eficaz la realización del procedimiento; esto último se ha planteado a partir de datos que sugieren que alinear el transductor, aguja y pantalla en un mismo plano paralelo, el eje visual podría aumentar la precisión en la visualización y avance de la aguja, lo cual es considerado como un factor clave en el éxito del bloqueo nervioso.

Financiamiento

Los autores no recibieron patrocinio para llevar a cabo este artículo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. Mariano ER, Marshall ZJ, Urman RD, Kaye AD. Ultrasound and its evolution in perioperative regional anesthesia and analgesia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2014;28:29-39.
2. Choquet O, Abbal B, Capdevila X. The new technological trends in ultrasound-guided regional anesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2013;26:605-12.
3. Onishi E, Yamauchi M. The trends of ultrasound-guided neuraxial block. *Masui.* 2014;63:1011-7.
4. Marhofer P, Harrop-Griffiths W, Kettner SC, Kirchmair L. Fifteen years of ultrasound guidance in regional anaesthesia: Part 1. *Br J Anaesth.* 2010;104:538-46.
5. Horlocker TT, Wedel DJ. Ultrasound-guided regional anaesthesia: The search for the holy grail. *Anesth Analg.* 2007;104:1009-11.
6. McCartney CJ, Dickinson V, Dubrowski A, Riazi S, McHardy P, Awad IT. Ultrasound provides a reliable test of local anesthetic spread. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35:361-3.
7. Salinas FV, Hanson NA. Evidence-based medicine for ultrasound-guided regional anesthesia. *Anesthesiol Clin.* 2014;32:771-87.
8. Gelfand HJ, Ouanes JP, Lesley MR, Ko PS, Murphy JD, Sumida SM, et al. Analgesic efficacy of ultrasound-guided regional anesthesia: A meta-analysis. *J Clin Anesth.* 2011;23:90-6.
9. Kapral S, Greher M, Huber G, Willschke H, Kettner S, Kdolsky R, et al. Ultrasonographic guidance improves the success rate of interscalene brachial plexus blockade. *Reg Anesth Pain Med.* 2008;33:253-8.
10. Liu SS, Zayas VM, Gordon MA, Beathe JC, Maalouf DB, Paroli L, et al. A prospective, randomized, controlled trial comparing ultrasound versus nerve stimulator guidance for interscalene block for ambulatory shoulder surgery for postoperative neurological symptoms. *Anesth Analg.* 2009;109:265-71.
11. Williams SR, Chouinard P, Arcand G, Harris P, Ruel M, Boudreault D, et al. Ultrasound guidance speeds execution and improves the quality of supraclavicular block. *Anesth Analg.* 2003;97:1518-23.
12. Sauter AR, Dodgson MS, Stubhaug A, Halstensen AM, Klaastad Ø. Electrical nerve stimulation or ultrasound guidance for lateral sagittal infraclavicular blocks: a randomized, controlled, observer-blinded, comparative study. *Anesth Analg.* 2008;106:1910-5.
13. Ponde VC, Diwan S. Does ultrasound guidance improve the success rate of infraclavicular brachial plexus block when compared with nerve stimulation in children with radial club hands? *Anesth Analg.* 2009;108:1967-70.
14. Chan VW, Perlas A, McCartney CJ, Brull R, Xu D, Abbas S. Ultrasound guidance improves success rate of axillary brachial plexus block. *Can J Anaesth.* 2007;54:176-82.
15. Casati A, Danelli G, Baciarello M, Corradi M, Leone S, di Cianni S, et al. A prospective, randomized comparison between ultrasound and nerve stimulation guidance for multiple injection axillary brachial plexus block. *Anesthesiology.* 2007;106:992-6.
16. Yu W, Xu X, Wu DS, Guo XY, Huang PT. Efficacy of axillary approach brachial plexus blocking by ultrasound-guided four points via one-puncture technique. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Nat Med J China).* 2007;87:740-5.
17. Oberndorfer U, Marhofer P, Bösenberg A, Willschke H, Felfernig M, Weintraud M, et al. Ultrasonographic guidance for sciatic and femoral nerve blocks in children. *Br J Anaesth.* 2007;98:797-801.
18. Perlas A, Brull R, Chan VW, McCartney CJ, Nuica A, Abbas S. Ultrasound guidance improves the success of sciatic nerve block at the popliteal fossa. *Reg Anesth Pain Med.* 2008;33:259-65.
19. Danelli G, Fanelli A, Ghisi D, Moschini E, Rossi M, Ortu A, et al. Ultrasound vs nerve stimulation multiple injection technique for posterior popliteal sciatic nerve block. *Anaesthesia.* 2009;64:638-42.
20. Van Geffen GJ, van den Broek E, Braak GJ, Giele JL, Gielen MJ, Scheffer GJ. A prospective randomised controlled trial of ultrasound guided versus nerve stimulation guided distal sciatic nerve block at the popliteal fossa. *Anaesth Intensive Care.* 2009;37:32-7.

21. Abrahams MS, Aziz MF, Fu RF, Horn JL. Ultrasound guidance compared with electrical neurostimulation for peripheral nerve block: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Br J Anaesth.* 2009;102:408-17.
22. Barrington MJ, Kluger R. Ultrasound guidance reduces the risk of local anesthetic systemic toxicity following peripheral nerve blockade. *Reg Anesth Pain Med.* 2013;38:289-97.
23. Hadzic A, Sala-Blanch X, Xu D. Ultrasound guidance may reduce but not eliminate complications of peripheral nerve blocks. *Anesthesiology.* 2008;108:557-8.
24. Paloma Morillas-Sendin MD, Alejandro Ortega-Romero MD, Concepción del-Olmo MD. Basic considerations before injections and scanning techniques. *Tech Reg Anesth Pain Manag.* 2013;17:53-63.
25. Chapman GA, Johnson D, Bodenham AR. Visualisation of needle position using ultrasonography. *Anesthesia.* 2006;61:148-58.
26. Sites BD, Spence BC, Gallagher JD, Wiley CW, Bertrand ML, Blike GT. Characterizing novice behavior associated with learning ultrasound-guided peripheral regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med.* 2007;32:107-15.
27. Ajmal M, Power S, Smith T, Shorten GD. Ergonomic task analysis of ultrasound-guided femoral nerve block: A pilot study. *J Clin Anesth.* 2011;23:35-41.
28. Langford RA, Hockey B, Leslie K. Monitor position and the accuracy and speed of ultrasound-guided nerve blocks. *Anaesthesia.* 2009;64:845-9.
29. Speer M, McLennan N, Nixon C. Novice learner in-plane ultrasound imaging: Which visualization technique? *Reg Anesth Pain Med.* 2013;38:350-2.
30. Wilson JM, Germain G, Vaghadia H, Tang R, Sawka A. In-plane ultrasound-guided needle insertion ALONG or ACROSS the visual axis hand positions. *Br J Anaesth.* 2014;113:717-8.
31. Stone R, McCloy R. Ergonomics in medicine and surgery. *BMJ.* 2004;328:1115-8.
32. Berguer R. The application of ergonomics in the work environment of general surgeons. *Rev Environ Health.* 1997;12:99-106.
33. Friesdorf W, Konichezky S, Gross-Alltag F, Schwilk B. Ergonomics applied to anaesthesia record keeping. *J Clin Monit Comput.* 1993;10:251-9.
34. Smith AF, Pope C, Goodwin D, Mort M. What defines expertise in regional anaesthesia? An observational analysis of practice. *Br J Anaesth.* 2006;97:401-7.
35. Fletcher GC, McGeorge P, Flin RH, Glavin RJ, Maran NJ. The role of non-technical skills in anaesthesia: A review of current literature. *Br J Anaesth.* 2002;88:418-29.
36. Sites BD, Chan VW, Neal JM, Weller R, Grau T, Koscielniak-Nielsen ZJ, et al. American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy Joint Committee: The American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine and the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy Joint Committee recommendations for education and training in ultrasound-guided regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med.* 2010;35:S74-80.
37. Marhofer P, Chan VWS. Ultrasound-guided regional anaesthesia: Current concepts and future trends. *Anaesth Analg.* 2007;104:1265-9.
38. de Oliveira Filho GR, Helayel PE, da Conceicao DB, Garzel IS, Pavei P, Ceccon MS. Learning curves and mathematical models for interventional ultrasound basic skills. *Anesth Analg.* 2008;106:568-73.
39. Sites BD, Gallagher JD, Cravero J, Lundberg J, Blike G. The learning curve associated with a simulated ultrasound-guided interventional task by inexperienced anesthesia residents. *Reg Anesth Pain Med.* 2004;29:544-8.
40. Chin KJ, Tse C, Chan V, Tan JS, Lupu CM, Hayter M. Hand motion analysis using the imperial college surgical assessment device: Validation of a novel and objective performance measure in ultrasound-guided peripheral nerve blockade. *Reg Anesth Pain Med.* 2011;36:213-9.
41. Esser AC, Koshy JG, Randle HW. Ergonomics in office-based surgery: A survey-guided observational study. *Dermatol Surg.* 2007;33:1304-14.
42. Baker JP, Coffin CT. The importance of an ergonomic workstation to practicing sonographers. *J Ultrasound Med.* 2013;32:1363-75.
43. Koscielniak-Nielsen ZJ. Ultrasound-guided peripheral nerve blocks: What are the benefits? *Acta Anaesthesiol Scand.* 2008;52:727-37.
44. Chin KJ, Perlas A, Chan VW, Brull R. Needle visualization in ultrasound-guided regional anesthesia: Challenges and solutions. *Reg Anesth Pain Med.* 2008;33:532-44.
45. Bloc S, Ecoffey C, Dhonneur G. Controlling needle tip progression during ultrasound guided regional anesthesia using the hydrolocalization technique. *Reg Anesth Pain Med.* 2008;33:382-3.
46. Marhofer P, Greher M, Kapral S. Ultrasound guidance in regional anaesthesia. *Br J Anaesth.* 2005;94:7-17.
47. Occupational Safety and Health Administration. Clinical services: Sonography. Occupational Safety and Health Administration website; 2008 [Consultado 15 Dic 2014]. Disponible en: <http://www.osha.gov/SLTC/etools/hospital/sonography/sonography.html>
48. Brodsky JB, Mariano ER. Regional anaesthesia in the obese patient: Lost landmarks and evolving ultrasound guidance. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2011;25:61-72.
49. Evans K, Roll S, Baker J. Work-related musculoskeletal disorders (WRMSD) among registered diagnostic medical sonographers and vascular technologists: A representative sample. *J Diagn Med Sonography.* 2009;25:287-99.
50. Evans K, Roll SC, Huttmire C, Baker JP. Factors that contribute to wrist-hand-finger discomfort in diagnostic medical sonographers and vascular technologists. *J Diagn Med Sonography.* 2010;26:121-9.
51. Society of Diagnostic Medical Sonography. Industry standards for the prevention of work-related musculoskeletal disorders in sonography. Society of Diagnostic Medical Sonography website; 2003 [Consultado 15 Dic 2014]. Disponible en: <http://www.sdms.org/pdf/wrmsd2003.pdf>