

Bonnes pratiques en 2015 : le bloc fémoral

V Compère, L Todesco

Service d'Anesthésie-Réanimation Chirurgicale et SAMU, Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Rouen, Rouen, F-76031, France.

E-mail: Vincent.Compere@chu-rouen.fr

Points essentiels

- Le bloc fémoral est une technique simple et fréquemment utilisée dans diverses indications et plus particulièrement pour la prise en charge analgésique après chirurgie de membre inférieur
- Il s'agit d'un bloc basique, superficiel et facilement accessible à l'échoALR
- Le nerf fémoral est issu du plexus lombal qui est formé par les rameaux ventraux des nerfs spinaux de L1 à L3, une partie de L4 et plus ou moins, du 12^e nerf dorsal et du 5^e nerf lombaire
- Le bloc fémoral doit être réalisé dans le respect des recommandations SFAR sur la pratique de l'ALR échoguidée
- À côté de la voie d'abord traditionnelle au pli inguinal, une alternative séduisante est développée pour l'analgésie postopératoire via le bloc saphène au canal obturateur afin de minimiser le bloc moteur quadricipital.

Introduction

Le bloc fémoral est une technique simple et fréquemment utilisée dans diverses indications et plus particulièrement pour la prise en charge analgésique après chirurgie de membre inférieur. Il sera particulièrement indiqué dans l'analgésie après chirurgie de la hanche du genou et de la partie antérieure de la cuisse, associé à des blocs de complément notamment sciatique pour la chirurgie du genou¹. Il s'agit d'un bloc basique, superficiel et facilement accessible à l'échoALR². Il ne présente pas de complications spécifiques hormis celles liées à la réalisation d'une anesthésie locorégionale standard. Nous reviendrons dans cette revue sur les éléments anatomiques, la sonoanatomie et les indications de ce bloc.

Anatomie

Le nerf fémoral est issu du plexus lombal qui est formé par les rameaux ventraux des nerfs spinaux de L1 à L3, une partie de L4 et plus ou moins, du 12^{ème} nerf dorsal et du 5^{ème} nerf lombaire. En plus du nerf fémoral (L2, L3 et L4), le plexus lombal va être à l'origine de 5 autres nerfs : nerf obturateur (L2, L3 et L4), nerf cutané latéral de la cuisse (issu des racines L2), nerf génitofémoral (issu des racines L1 et L2), nerf iliohypogastrique (issu des racines T12 et L1) et nerf ilioinguinal (issu des racines L1).

Le nerf fémoral va cheminer en avant du corps du psoas pour se latéraliser en dessous du ligament inguinal ou il va se positionner en dehors des vaisseaux fémoraux entre les 2 chefs du muscle ilio-psoas sous le fascia iliaca (Figure 1). Dans le triangle fémoral, le nerf va ensuite se diviser en branche superficielle (ou antérieure) et branche profonde (postérieure). La branche superficielle comprend le nerf musculocutané latéral (mixte) qui innerve le muscle sartorius et la sensibilité antérieure de la cuisse et le nerf musculocutané médial (mixte) qui se divise pour innerver le pectiné et la sensibilité de la partie médiale de la cuisse. La branche profonde se divise en nerf saphène (sensitif) qui innerve une partie de l'articulation du genou et la partie médiale de la jambe jusqu'à la malléole interne de cheville et les 4 nerfs quadriceps qui innervent les 4 chefs de ce muscle.

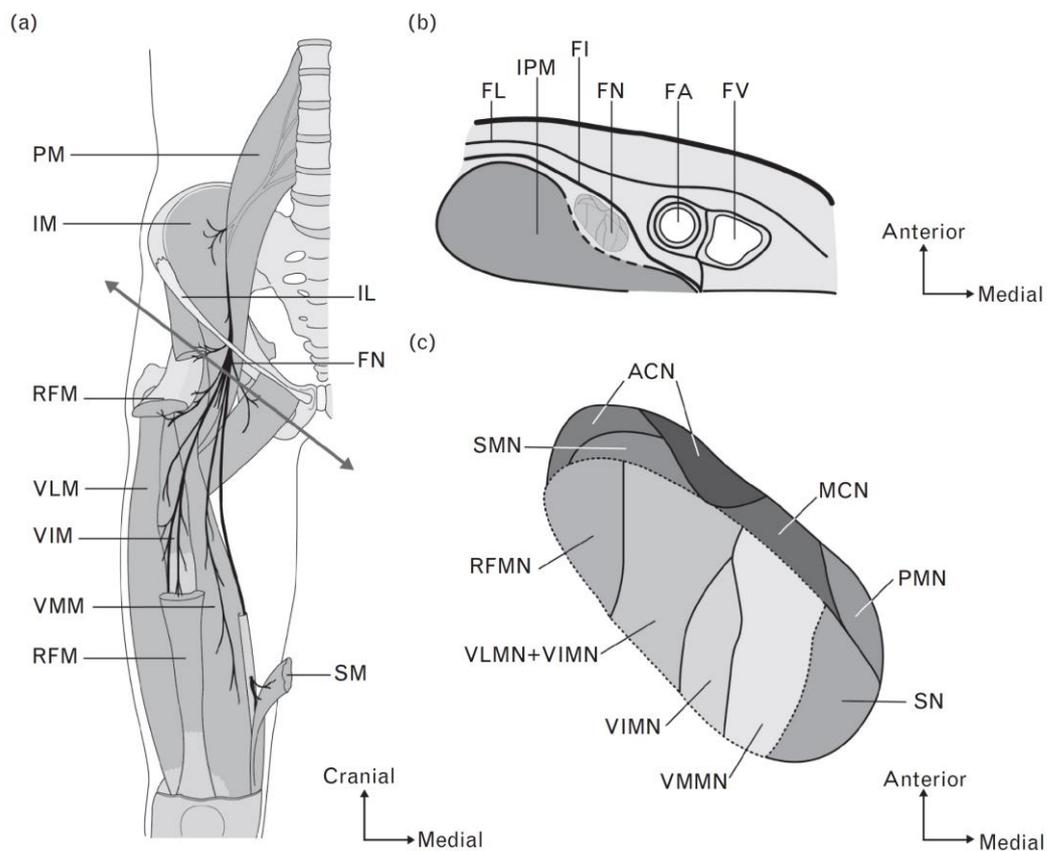


Figure 1 : Selon Fanara et al. ³, a) Trajet du nerf fémoral et rapport anatomique au niveau du membre inférieur (b) Coupe transversale de la région inguinale (c) Vue topographique des branches terminales du nerf fémoral passant derrière le ligament inguinal. ACN, nerf cutané antérieur; FA, artère fémorale; FI, fascia iliaca; FL, fascia lata; FN, nerf fémoral; FV, veine fémorale; IL, ligament inguinal; IM, le muscle iliaque; IPM, le muscle psoas iliaque; MCN, nerf cutané médial; PM, muscle psoas; PMN, nerf muscle pectiné; RFM, muscle droit antérieur; RFMN, nerf muscle droit antérieur; SM, muscle couturier; SMN, nerf muscle couturier; SN, nerf saphène; VIM, muscle vaste intermédiaire; VIMN, nerf du muscle vaste intermédiaire; VLM, muscle vaste externe; RSVL, nerf muscle vaste externe; VMM, muscle vaste interne; VMMN, nerf du muscle vaste médial.

Le nerf saphène va cheminer au niveau de la cuisse dans le canal adducteur. Ce canal est un tunnel aponévrotique intermusculaire retrouvé au niveau du 1/3 supérieur de la cuisse. Il a grossièrement une forme triangulaire délimitée par 3 muscles : au niveau antérolatéral, un des chefs du quadriceps, le grand vaste, en avant par le sartorius et médialement par le grand adducteur. Au niveau du genou, le nerf saphène va perforer le fascia profond et devenir sous-cutané pour suivre la veine saphène. Il se divise en deux branches, un rameau infra patellaire et un rameau crural satellite de la veine saphène.

La branche inguinale du nerf ilioinguinal, la branche fémorale du nerf génitofémoral et le rameau cutané latéral du nerf iliohypogastrique sont à l'origine de l'innervation de la racine de la cuisse. Les nerfs fémoral, obturateur et cutané latéral de la cuisse sont à l'origine de l'innervation cutanée sensitive de la cuisse (à l'exception de sa face postérieure) et de l'innervation sensitive de la partie antérieure de l'articulation coxofémorale (à l'exception du nerf cutané latéral de la cuisse).

Sonoanatomie

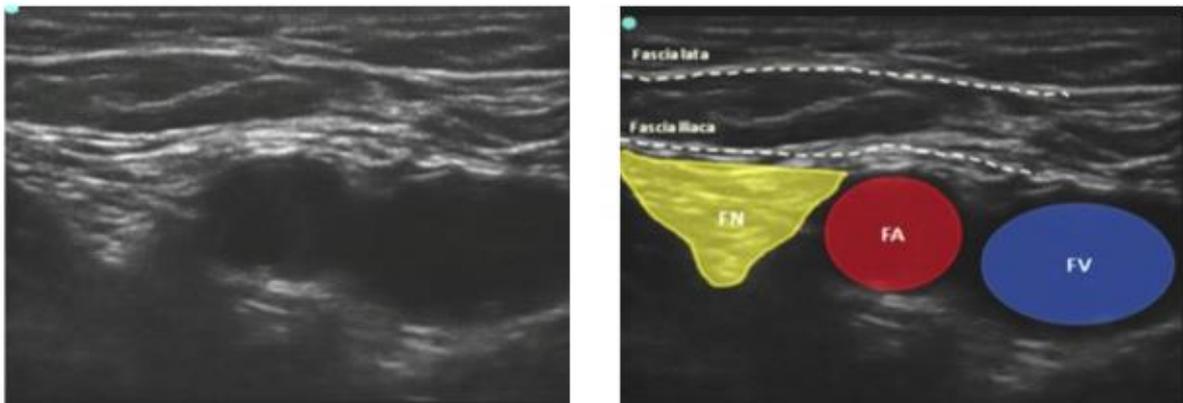


Figure 2 : Selon Jeyaraj et al. ⁴, coupe sonographique correspondant au nerf fémoral au niveau inguinal. FN ; nerf fémoral ; FA, artère fémorale, FV, veine fémorale.

Le nerf fémoral ainsi que ses rapports anatomiques seront visualisés par une sonde linéaire (> 10 MHz) du fait du caractère superficiel de ces différents éléments. La sonde sera positionnée de façon perpendiculaire au trajet des vaisseaux fémoraux afin de pouvoir localiser le nerf fémoral dans une coupe transversale (Figure 2). Le nerf fémoral, généralement de forme triangulaire ou ovale, sera repéré latéralement à l'artère fémorale juste en dessous du fascia iliaca (le fascia lata étant l'élément superficiel et au dessus du muscle iliopsoas). Bien que d'un diamètre conséquent, le nerf fémoral peut être quelques fois difficile à repérer. Dans ce cas, les repères indirects comme l'artère fémorale ainsi que le fascia iliaca seront d'un aide importante.

Techniques

L'ensemble de ces techniques sont réalisées dans le respect des recommandations SFAR sur la pratique de l'ALR échoguidée ⁵.

Bloc fémoral

Sur un patient en décubitus dorsal, la sonde sera positionnée de façon perpendiculaire aux vaisseaux. Le membre inférieur sera en position neutre avec une légère abduction de 15°. Un repérage des structures anatomiques sera réalisé par la mobilisation de la sonde dans les 2 axes (latéromédial et supéroinférieur). Après le repérage du nerf fémoral en coupe transversale, une approche *in* ou *out of plane* pourra être réalisée. Dans le cadre d'une approche *in plane*, l'aiguille sera introduite latéralement à la sonde. L'extrémité de l'aiguille, après avoir franchi le fascia lata puis iliaca et le muscle iliopsoas, sera positionnée au contact du nerf fémoral. L'approche *out of plane* permettra le positionnement de l'extrémité distale de l'aiguille dans un plan longitudinale par rapport au nerf. Un travail sur deux différentes approches *in plane* pour la mise en place d'un cathéter périmerveux fémoral n'a pas montré de supériorité entre l'approche longitudinale (délai d'installation du bloc moins long) et l'approche transversale (délai de réalisation plus court) de l'axe du nerf ⁶.

Les repères anatomiques traditionnels ne sont pas toujours facilement localisés. Fanara *et al.* ont montré que le fascia iliaca n'était repéré que dans 68% des cas alors qu'un autre repère anatomique intéressant pour positionner l'extrémité distale est le sillon du muscle iliopsoas qui est lui observé dans 85 % des images³ (Figure 3).

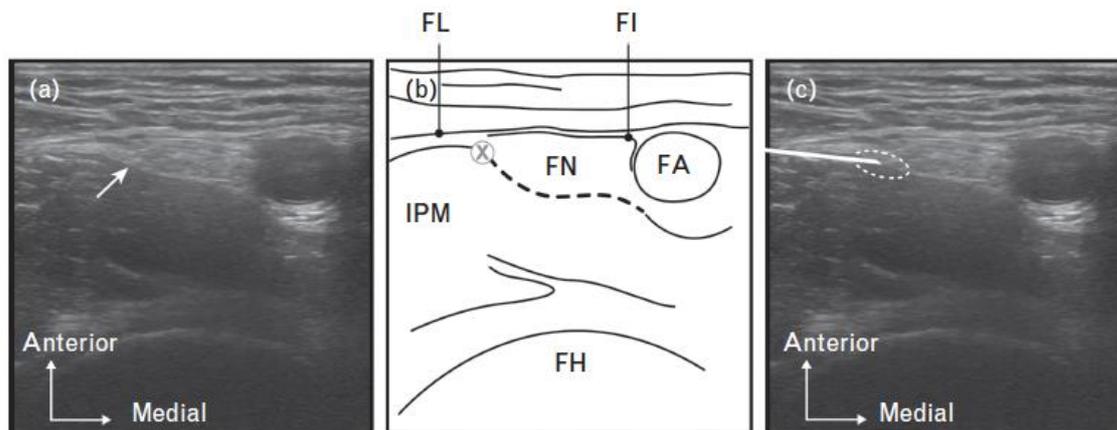


Figure 3 : Selon Fanara et al. ³. a) Coupe échographique transversale de la région inguinale; la flèche blanche indique le segment latéral du sillon formé par le muscle iliopsoas (GIPM), définie comme une rupture de la convexité de la face antérieure du muscle iliopsoas. b) Représentation schématique des plans anatomiques en regard du nerf fémoral: GIPM (discontinue ligne noire) et le segment latéral du GIPM (croix grise). (c) Le segment latéral du sillon formé par le muscle iliopsoas représentant le site d'administration de l'anesthésique local (cercle discontinu blanc). FA, artère fémorale; FH, tête fémorale; FI, fascia iliaca; FL, fascia lata; FN, nerf fémoral; IPM, le muscle iliopsoas.

Traditionnellement, l'administration de l'anesthésique local était réalisée en arrière du nerf fémoral mais une étude récente a montré que l'efficacité analgésique du bloc était similaire que celle-ci soit circonférentielle, en arrière ou en avant du nerf sur la douleur lors de la mise en position assise pour la réalisation d'une rachianesthésie chez des patients porteurs d'une fracture de l'extrémité supérieure du fémur ⁷. A contrario, un autre travail a montré chez des volontaires sains que le positionnement antérieur de l'extrémité distale d'un cathéter périmerveux fémoral permettait un bloc sensitif cutané supérieur au positionnement postérieur sans que la localisation est un effet différent sur la qualité du bloc moteur⁸. Enfin, l'utilisation d'une technique de neurostimulation que cela soit sur l'aiguille ou alors directement sur le cathéter n'améliore pas la qualité du bloc par rapport à une technique d'échoquidage seule alors que cette dernière technique est moins longue et moins coûteuse ⁹.

Les études pharmacologiques à la recherche de la concentration minimale d'anesthésique local retrouvent selon des méthodologies « *up and down* » (diminution ou augmentation de la concentration suivante selon la réussite ou l'échec du patient précédent) des EC 90%

(concentration efficace pour 90% des patients) de 0,167 % (15 ml) pour la ropivacaïne ¹⁰. Dans un autre travail sur les fractures de l'extrémité supérieure du fémur, les EC 50 et 95 % de lévobupivacaïne étaient respectivement de 0,026 % et 0,036% pour un volume de 30ml ¹¹. A concentration égale (ropivacaïne 0,5 %), Casati *et al.* a retrouvé un volume pour une EC à 95% de 22 ml lors d'une approche échoguidée au lieu des 41 ml obtenus avec une technique neurostimulé ¹².

Bloc iliofascial

Le bloc iliofascial a été initialement décrit par Dalens comme une alternative au bloc fémoral neurostimulé dans une approche à l'aveugle (technique du double pop correspondant au passage des 2 fascias). Celui consiste à administrer l'anesthésique local sous le fascia iliaca à distance et latéralement au nerf fémoral. La technique standard reprend les repères anatomiques historique en positionnant la sonde dans un axe latéromédial au niveau du 1/3 latéral, 2/3 médial du ligne rejoignant l'épine du pubis à l'épine iliaque antérosupérieure. Les deux fascias sont repérés et l'injection de l'anesthésique local se fait en dessous du fascia iliaca ¹³. Une autre approche suprainguinale a été décrite par Hebbard *et al.* ¹⁴. La sonde est positionnée à cheval de façon perpendiculaire au ligament inguinal. Les muscles grand droit et iliaque sont repérés. L'aiguille est introduite *in plane* par le pôle inférieur de la sonde (Figure 4). L'AL est injecté entre les deux plans musculaires.

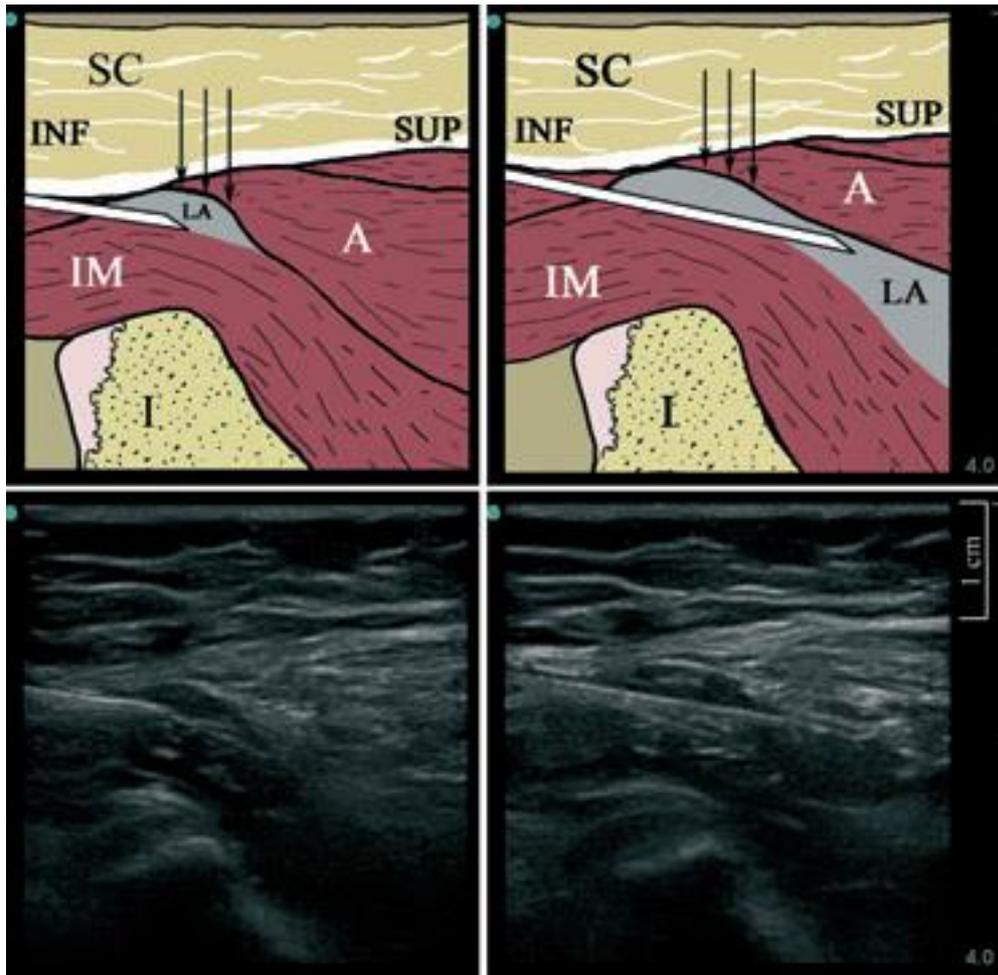


Figure 4 : Selon Hebbard et al. ¹⁴, Approche supra inguinale du bloc iliofascial. Coupes anatomiques (en haut) et sonographiques (en bas). Hydrodissection durant le bloc (à gauche) et après la fin de l'injection de l'anesthésique local (à droite). IM, muscle iliaque, I ; crête iliaque, SC ; tissu sous-cutané, A ; muscles abdominaux.

Bloc saphène au canal adducteur

Le bloc est réalisé sur un patient en décubitus dorsal avec le membre inférieur fléchi en rotation externe. La sonde est posée sur la face médiale de la cuisse, au 1/3 supérieur de la cuisse, dans un axe médiolatérale. La sonde est descendue vers le genou en suivant l'image du fémur (à 4-5 cm de profondeur) jusqu'à repérer une image musculaire trapézoïde (en forme de proue de bateau) correspondant au sartorius (à peu près à équidistance entre la base de la rotule et l'épine iliaque antérosupérieure). Le canal adducteur, contenant outre les vaisseaux, le plexus subsartorial (nerf saphène, nerf cutané médial de cuisse et branches du nerf obturateur) et le nerf du muscle vaste médial, va se présenter sous la forme d'un triangle dont

la base va se situer en dessous du sartorius, médialement par le muscle long adducteur et latéralement par le muscle vaste médial ¹⁵ (Figure 5).

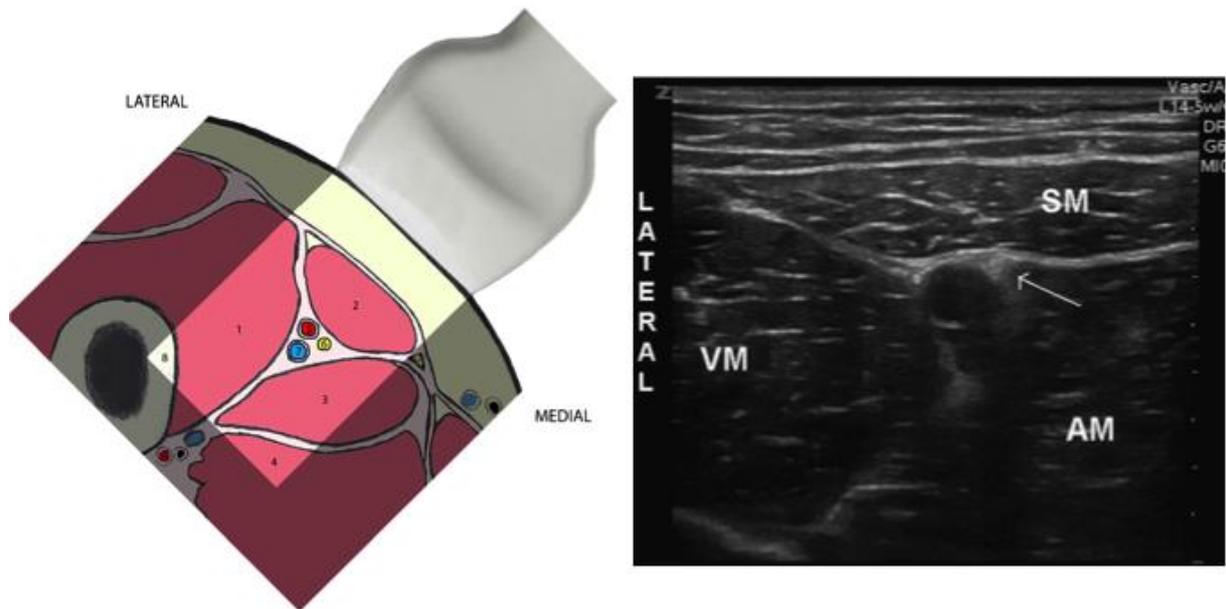


Figure 5 : Selon Manickam et al. ¹⁵ Représentation schématique du canal des adducteurs (1 = muscle vaste médial, 2 muscle sartorius, 3 = muscle long adducteur, 4 = muscle adducteur moyen, 5 = artère fémorale, 6 nerf fémoral, 7 =veine fémorale, 8 = fémur) et la coupe sonographique correspondante (VM : muscle vaste médial, SM : muscle adducteur et AM : muscle long adducteur)

Indications

Selon les dernières RFE de la SFAR sur la prise en charge de la douleur postopératoire chez l'adulte et l'enfant¹, pour l'analgésie postopératoire après chirurgie de la hanche, il est probablement recommandé de réaliser un bloc fémoral. Pour l'analgésie postopératoire après chirurgie ou traumatisme de la diaphyse fémorale chez l'adulte et l'enfant, le bloc fémoral est recommandé. Pour l'analgésie postopératoire après chirurgie invasive du genou, telle que la prothèse totale de genou, il est recommandé d'utiliser un cathéter fémoral. Le bloc du nerf sciatique en injection unique est probablement commandé en complément du bloc du nerf fémoral. Pour la chirurgie ligamentaire du genou, il est probablement recommandé de réaliser un bloc fémoral avec cathéter ou au moins avec une injection unique.

Deux méta-analyses récentes ont refait le point de la littérature sur les indications du bloc fémoral. Pour les prothèses totales de genou, le bloc fémoral est supérieur à la PCA de

morphine et équivalent à l'analgésie péridurale en terme d'analgésie mais engendre moins d'effets secondaires à type de nausée/vomissement ¹⁶. Une autre méta-analyse incluant cette fois-ci toute la chirurgie majeure du genou retrouve un effet bénéfique du bloc fémoral sur l'analgésie postopératoire en terme d'intensité douloureuse mais sans que celui soit associé à un effet sur les autres paramètres étudiés (consommation de morphine, effets secondaires, durée d'hospitalisation...) ¹⁷.

Enfin, une littérature récente s'intéresse à l'intérêt du bloc saphène au canal adducteur dans la chirurgie lourde du genou ¹⁸. Ce bloc serait une bonne alternative au bloc fémoral en engendrant une analgésie équivalente au bloc fémoral mais avec un bloc moteur minoré (mais persistant car le nerf du muscle vaste médial, un des chefs du quadriceps, chemine avec le nerf saphène à ce niveau)^{19,20}. D'autres études sont en cours afin de préciser les indications de ce bloc saphène.

Conclusion

Le bloc fémoral échoguidé est une technique simple qui indiquée (seul ou en association avec le nerf sciatique) pour la chirurgie ou l'analgésie postopératoire du membre inférieur. À côté de la voie d'abord traditionnelle au pli inguinal, une alternative séduisante est développée pour l'analgésie postopératoire via le bloc saphène au canal obturateur afin de minimiser le bloc moteur quadricipital.

Références

1. Recommandations formalisées d'experts 2008. Prise en charge de la douleur postopératoire chez l'adulte et l'enfant. *Ann Fr Anesth Réanimation* 2008;27:1035–41.
2. Sites BD, Chan VW, Neal JM, Weller R, Grau T, Koscielniak-Nielsen ZJ, Ivani G, 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* 2009;34:40–6.
3. Fanara B, Christophe J-L, Boillot A, Tatu L, Jochum D, Henri Y, Berthier F, Samain E. Ultrasound guidance of needle tip position for femoral nerve blockade: An observational study. *Eur J Anaesthesiol* 2014;31:23–9.
4. Pepall T. ULTRASOUND GUIDED FEMORAL NERVE BLOCK ANAESTHESIA TUTORIAL OF THE WEEK 284 15TH APRIL 2013. 2013. Available at: <http://www.aagbi.org/sites/default/files/284%20Ultrasound%20Guided%20Femoral%20Nerve%20Block.pdf>. Accessed May 22, 2015.
5. Bouaziz H, Aubrun F, Belbachir AA, Cuvillon P, Eisenberg E, Jochum D, Aveline C, Biboulet P, Binhas M, Bloc S, Boccara G, Carles M, Choquet O, Delaunay L, Estebe J-P, Fuzier R, Gaertner E, Gnaho A, Nouette-Gaulain K, Nouvellon E, Ripart J, Tubert V. Échographie en anesthésie locorégionale. *Ann Fr Anesth Réanimation* 2011;30:e33–5.
6. Mariano ER, Kim TE, Funck N, Walters T, Wagner MJ, Harrison TK, Giori N, Woolson S, Ganaway T, Howard SK. A randomized comparison of long-and short-axis imaging for in-plane ultrasound-guided femoral perineural catheter insertion. *J Ultrasound Med* 2013;32:149–56.
7. Szücs S, Morau D, Sultan SF, Iohom G, Shorten G. A comparison of three techniques (local anesthetic deposited circumferential to vs. above vs. below the nerve) for ultrasound guided femoral nerve block. *BMC Anesthesiol* 2014;14:6.
8. Ilfeld BM, Loland VJ, Sandhu NS, Suresh PJ, Bishop MJ, Donohue MC, Ferguson EJ, Madison SJ. Continuous Femoral Nerve Blocks: The Impact of Catheter Tip Location Relative to the Femoral Nerve (Anterior Versus Posterior) on Quadriceps Weakness and Cutaneous Sensory Block. *Anesth Analg* 2012:1.
9. Farag E, Atim A, Ghosh R, Bauer M, Sreenivasalu T, Kot M, Kurz A, Dalton JE, Mascha EJ, Mounir-Soliman L, others. Comparison of Three Techniques for Ultrasound-guided Femoral Nerve Catheter Insertion. *Anesthesiology* 2014;121:239.
10. Taha AM, Abd-Elmaksoud AM. Ropivacaine in ultrasound-guided femoral nerve block: what is the minimal effective anaesthetic concentration (EC₉₀)? *Anaesthesia* 2014;69:678–82.
11. Watson MJ, Walker E, Rowell S, Halliday S, Lumsden MA, Higgins M, Binning A, McConnachie A. Femoral nerve block for pain relief in hip fracture: a dose finding study. *Anaesthesia* 2014;69:683–6.
12. Casati A, Baciarello M, Cianni SD, Danelli G, Marco G De, Leone S, Rossi M, Fanelli G. Effects of ultrasound guidance on the minimum effective anaesthetic volume required to block the femoral nerve. *Br J Anaesth* 2007;98:823–7.
13. Dolan J, Williams A, Murney E, Smith M, Kenny G. Ultrasound Guided Fascia Iliaca Block: A Comparison With the Loss of Resistance Technique. *Reg Anesth Pain Med* 2008;33:526–31.
14. Hebbard P, Ivanusic J, Sha S. Ultrasound-guided supra-inguinal fascia iliaca block: a cadaveric evaluation of a novel approach: Ultrasound-guided supra-inguinal fascia iliaca block. *Anaesthesia* 2011;66:300–5.

15. Manickam B, Perlas A, Duggan E, Brull R, Chan VWS, Ramlogan R. Feasibility and Efficacy of Ultrasound-Guided Block of the Saphenous Nerve in the Adductor Canal: *Reg Anesth Pain Med* 2009;34:578–80.
16. Chan E-Y, Fransen M, Parker DA, Assam PN, Chua N. Femoral nerve blocks for acute postoperative pain after knee replacement surgery. In: The Cochrane Collaboration, ed. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2014. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD009941.pub2>. Accessed May 27, 2015.
17. Xu J, Chen X, Ma C, Wang X. Peripheral nerve blocks for postoperative pain after major knee surgery. In: The Cochrane Collaboration, ed. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2014. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD010937.pub2>. Accessed May 27, 2015.
18. Deloach JK, Boezaart AP. Is an adductor canal block simply an indirect femoral nerve block? *Anesthesiology* 2014;121:1349–50.
19. Kim DH, Lin Y, Goytizolo EA, Kahn RL, Maalouf DB, Manohar A, Patt ML, Goon AK, Lee Y-Y, Ma Y, Yadeau JT. Adductor canal block versus femoral nerve block for total knee arthroplasty: a prospective, randomized, controlled trial. *Anesthesiology* 2014;120:540–50.
20. Grevstad U, Mathiesen O, Valentiner LS, Jaeger P, Hilsted KL, Dahl JB. Effect of Adductor Canal Block Versus Femoral Nerve Block on Quadriceps Strength, Mobilization, and Pain After Total Knee Arthroplasty: A Randomized, Blinded Study. *Reg Anesth Pain Med* 2015;40:3–10.

1 LE BLOC AXILLAIRE

Sébastien Bloc¹, Eric Albrecht², Luc Mercadal¹

¹HP Galien, 20 route de Boussy, 91480 Quincy-Sous-Sénart

²Département d'anesthésie, CHUV, Rue du Bugnon 21, 1011 Lausanne, Suisse

Points essentiels

- Le bloc axillaire est une des techniques d'anesthésie locorégionale les plus utilisées.
- L'utilisation de l'échographie a rendu sa pratique simple et sécuritaire.
- Sur le plan sonoanatomique, 3 des 4 principaux nerfs du plexus brachial (nerfs médian, radial, ulnaire) se distribuent autour de l'artère axillaire, au dessus du tendon du grand dorsal.
- La 4^e branche, le nerf musculocutané, se situe entre les muscles biceps et coraco-brachial.
- De nombreuses variations anatomiques ont été mises en évidence dont la principale concerne le nerf musculo-cutané.
- Le scanning préalable à la réalisation du bloc est une nécessité. Il permet d'une part de confirmer la localisation précise des nerfs autour de l'artère, de visualiser les variations anatomiques, d'envisager les structures anatomies adjacentes, d'autre part, de planifier le point de ponction, la technique de progression de l'aiguille et le type/nombre d'injections d'AL.
- Les progressions d'aiguille dans le champ des ultrasons (In-Plane Approach : IP) et en dehors des ultrasons (Out-Of-Plane Approach : OOP) peuvent être utilisées
- Deux modes d'injections sont décrits, l'injection périneurale (injections ciblées de 2 à 3 ml par nerf) et l'injection périartérielle (15 à 20 ml réparti en 2 à 3 injections aux pôles supérieurs et inférieurs de l'artère).

Le bloc axillaire est une des techniques d'anesthésie locorégionale (ALR) les plus utilisées. Il permet de bloquer les branches terminales du plexus brachial. L'utilisation de l'échographie a

rendu sa pratique simple et sécuritaire ; elle a également permis d'améliorer son efficacité et sa courbe d'apprentissage.

Cette revue a pour objectif de faire un point sur la pratique du bloc axillaire sous guidage échographique en 2015.

I- Rappels anatomiques et territoire nerveux :

Le plexus brachial naît des rameaux ventraux des racines de C5 à T1. Différentes anastomoses constituent le plexus brachial qui s'organise successivement en troncs (région interscalénique), divisions (entre la clavicule et la 1^{ère} côte) et faisceaux (région infraclaviculaire) qui donnent finalement les branches terminales dans la région axillaire : nerfs médian, radial, ulnaire, musculo-cutané (MC), cutané médial de l'avant-bras (CMAB) et cutané médial du bras (CMB) (Figure 1).

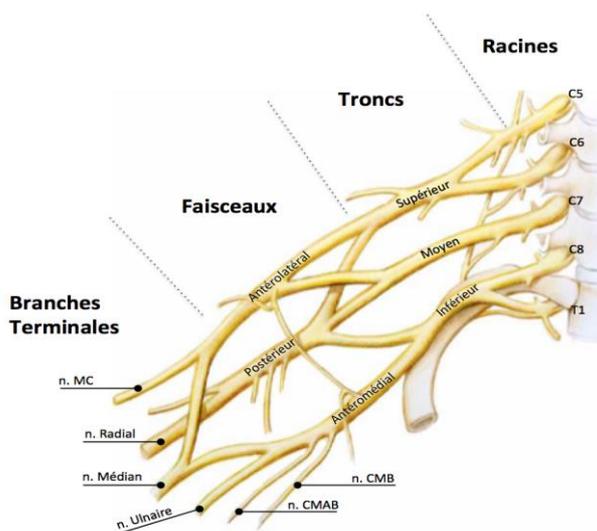


Figure 1 : Plexus Brachial n : nerf – MC : MusculoCutané – CMB : Cutané Médial du Bras – CMAB : Cutané Médial de l'Avant-Bras

Dans la fosse axillaire, les nerfs médian, cubital et radial sont localisés autour de l'artère axillaire, entourés par le biceps, le triceps et le muscle coraco-brachial (Figure 2). Le nerf musculocutané, quitte généralement le plexus dans la région infraclaviculaire, traverse le muscle coraco-brachial et se trouve ainsi à distance de l'artère axillaire, en position latérale.

Le nerf cutané médial du bras (issu du faisceau inférieur) et le nerf intercostobrachial (issu de T2), responsables de l'innervation sensitive du bord médial du bras, cheminent en sous cutané. Le nerf cutané médial de l'avant-bras se situe généralement à proximité du nerf médian et de la veine dans la région axillaire avant de venir traverser le fascia brachial pour aller innerver le bord médial de l'avant-bras.

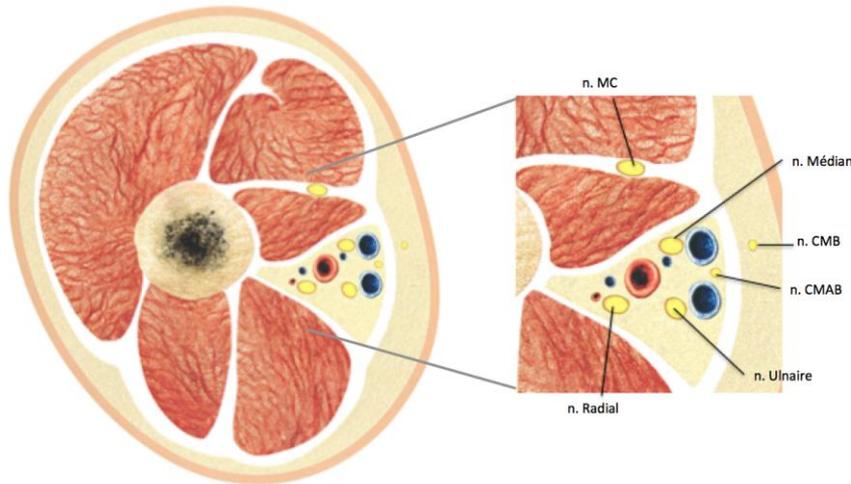


Figure 2 : Répartition des branches terminales du plexus brachial dans la fosse axillaire, autour de l'artère axillaire.

n : nerf – MC : MusculoCutané – CMB : Cutané Médial de Bras – CMAB : Cutané Médial d'Avant-Bras

Le nerf médian (nerf de la flexion et de la pronation):

Issu des faisceaux antéro médial et latéral le nerf médian descend dans le canal brachial à la face médiale du bras au contact de l'artère brachiale. Il donne à l'avant-bras des branches motrices pour les muscles fléchisseurs du poignet et des doigts. Il participe à l'innervation sensitive de la partie latérale de la paume de la main et face palmaire de la main et des doigts 1 à 3 ainsi que la moitié latérale du 4^e. Sur la phase dorsale, il innerve les phalanges 2 et 3 des doigts 2 et 3 et la moitié latérale des phalanges 2 et 3 du 4^e. Le nerf médian ne donne aucune collatérale au bras.

Le nerf radial (nerf de l'extension et de la supination) :

Issu du faisceau postérieur, le nerf radial quitte la fosse axillaire en passant sous le muscle grand rond et se dirige latéralement et caudalement entre l'humérus et longue portion du triceps pour atteindre la gouttière bicipitale latérale. Au niveau de l'articulation du coude, le nerf radial se divise en 2 branches : une branche superficielle, sensitive, qui descend sur la face postérieure et latérale de l'avant-bras ; une branche profonde, motrice, qui passe entre les chefs du muscle supinateur puis dans la loge postérieure de l'avant-bras.

Le nerf radial innerve les muscles triceps (au bras), brachioradial (au coude), muscles extenseurs du poignet et des doigts (à l'avant-bras). Il participe à l'innervation sensitive de la face postérieure et latérale du bras, postérieure de l'avant-bras, de la face dorsale du pouce, de la 1^{ère} phalange du doigt 2 et de la moitié de la face dorsale du doigt 3.

Le nerf ulnaire (nerf de la paume de la main) :

Issu du faisceau antéro-médial, dans la fosse axillaire, il chemine à proximité de la veine et de l'artère brachiale puis au 1/3 moyen du bras, il passe dans la loge postérieure du bras pour arriver au niveau du coude derrière l'épicondyle médial de l'humérus. Il s'engage ensuite dans la loge antérieure de l'avant-bras où il est rejoint, à sa moitié, par l'artère ulnaire qu'il accompagne jusqu'au poignet. La participation du nerf ulnaire à l'innervation motrice de l'avant-bras n'est pas importante mais essentielle au niveau de la main où il innerve pratiquement tous les muscles.

Son innervation sensitive la face palmaire du doigt 5 et la moitié médiale du doigt 4 (branche hypothénarienne) et la face dorsale du doigt 5, de la 1^{ère} phalange et la moitié médiale de la 2^e et 3^e du doigt 4, la moitié médiale de la 1^{ère} phalange du doigt 3. Le nerf ulnaire ne donne aucune collatérale au bras.

Le nerf musculocutané (nerf de la loge antérieur du bras) :

Issu du faisceau antéro-latéral, il traverse le muscle coraco-brachial qu'il innerve et chemine ensuite entre les muscles biceps brachial et brachial antérieur qu'il innerve également. Le nerf

musculocutané sort de la gouttière bicipitale latérale à la hauteur du coude où il perfore l'aponévrose superficielle. Il donne à ce niveau des fibres sensibles qui innervent le bord latéral de l'avant-bras.

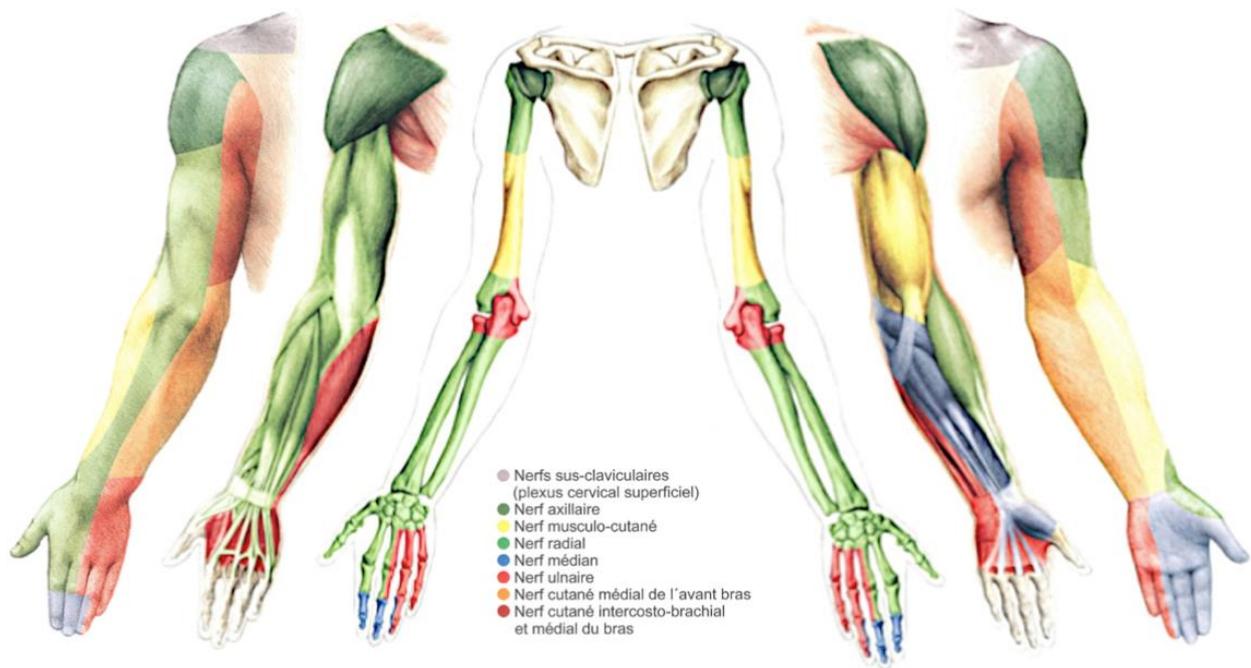


Figure 3 : Innervation cutanée, musculaire et osseuse du membre supérieur, face antérieure et postérieure

II- Sonoanatomie

La connaissance et la reconnaissance des éléments anatomiques en échographie assurent la sécurité et l'efficacité des procédures échoguidées. Le repérage échographique initial doit ainsi être large et dynamique (1).

L'artère axillaire (pulsatile et hypoéchogène) et les veines axillaires (compressibles et hypoéchogènes) sont aisément visualisables et constituent un premier repère simple. Les structures nerveuses se répartissent en effet autour de celles-ci. Le second repère important est constitué par le tendon conjoint des muscles grand dorsal et grand rond (= tendon du grand dorsal), sous l'artère, qui constitue la limite profonde et confirme le niveau idéal d'approche

(2). Dans cette configuration, 3 des 4 principaux nerfs du plexus brachial se distribuent autour de l'artère axillaire. Le nerf médian se trouve en position latérale et supérieure par rapport à l'artère, le nerf ulnaire se place entre l'artère et la ou les veines axillaires, le nerf radial est constamment situé entre l'artère et le tendon de grand dorsal. Ils ont le plus souvent une échogénicité hétérogène avec un aspect en nid d'abeille, de forme ronde ou ovale. La 4^e branche, le nerf musculocutané, se situe à distance des vaisseaux, filant entre les muscles biceps et coraco-brachial ; hyperéchogène, il est de forme allongée. Le fascia brachial, liseret hyperéchogène constitue la limite supérieure.

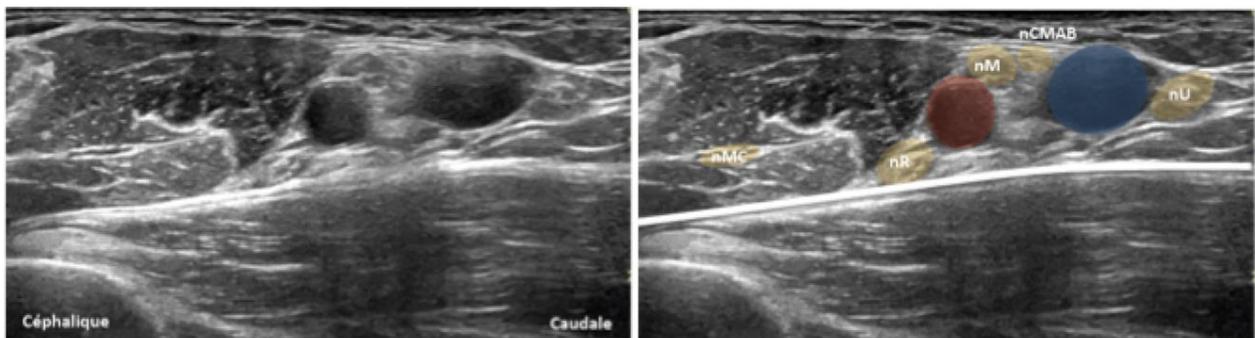


Figure 4 : Situation des branches terminales du plexus brachial dans le fosse axillaire (d'après 3)
 nM : nerf Médian, nU : nerf Ulnaire, nR : nerf Radial, nMC : nerf MusculoCutané

La situation exacte des nerfs autour de l'artère axillaire a été modélisée selon une répartition en quadrants (4). Le nerf radial se situerait entre 03h00 et 06h00 dans 89% des cas ; le nerf ulnaire entre 01h00 et 03h00 dans 85% des cas ; le nerf médian entre 09h00 et 12h00 dans 92% des cas. Le nerf musculo-cutané se trouverait distant de l'artère de 1 cm en moyenne et situé entre 07h00 et 09h00 dans 90% des cas (Figure 4).

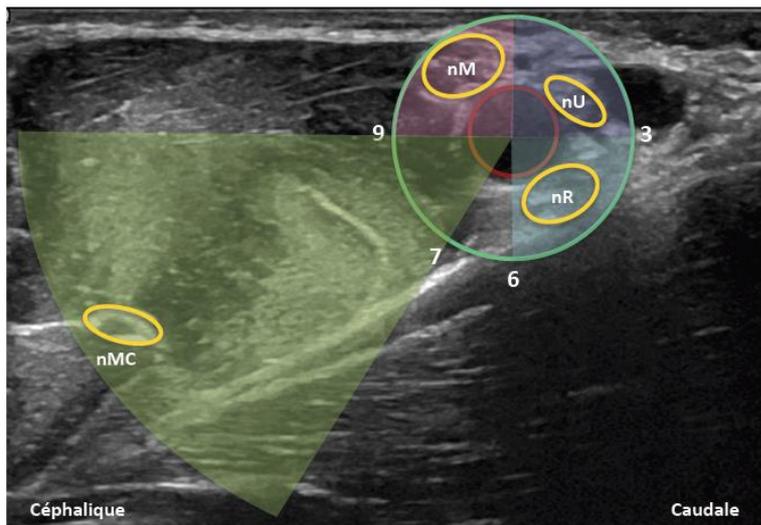


Figure 5 : Répartition des nerfs selon la modélisation en quadrants (d'après 3)
 nM : nerf Médian, nU : nerf Ulnaire, nR : nerf Radial, nMC : nerf MusculoCutané

De nombreuses variations anatomiques ont été mises en évidence dont la principale concerne le nerf musculo-cutané. Dans près de 20% des cas, il se situerait en dehors du muscle coracobrachial à proximité du nerf médian, voir fusionné avec ce dernier (= aspect de « gros » nerf médian) (Figure 5) (5,6). Des communications entre le nerf médian et le nerf musculocutané sont également décrites (7). Elles sont aisément repérables sous échographie (Figure 6).

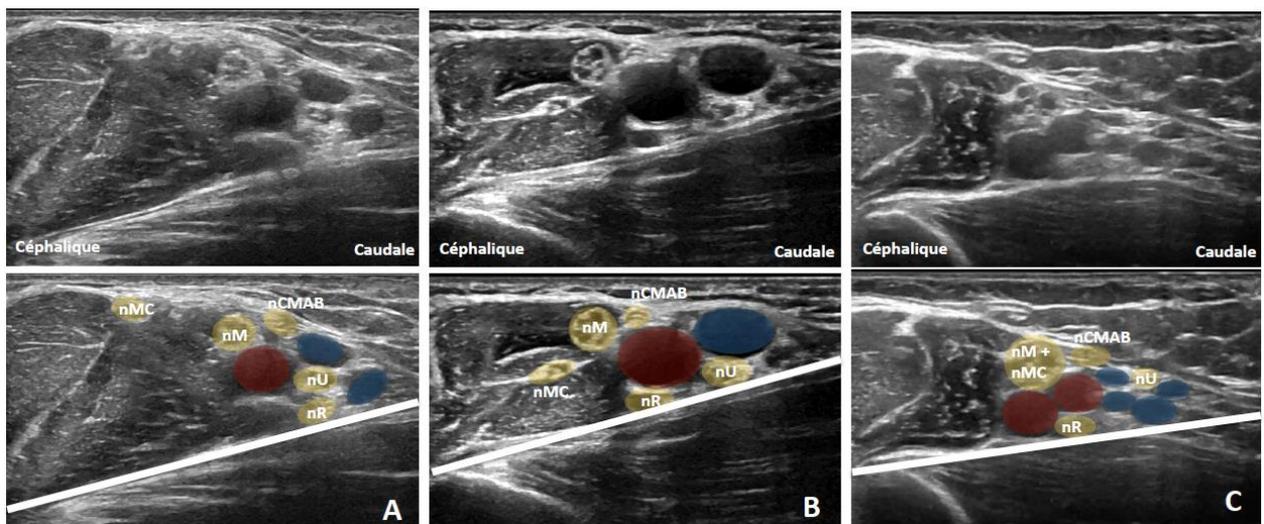


Figure 6 : Variations anatomiques. Nerf musculocutané à proximité et au contact du nerf médian. Le nombre de vaisseaux (artère et veine) est variable. (d'après 3)

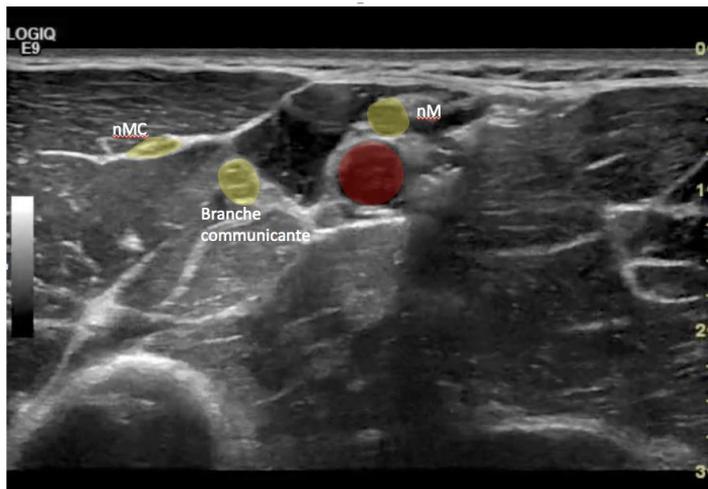


Figure 7 : Communication entre le nerf Médian (nM) et le nerf MusculoCutané (nMC)

Le scanning préalable à la réalisation du bloc est donc une nécessité, il permet de confirmer la localisation précise des nerfs autour de l'artère, de visualiser les variations anatomiques, d'envisager les structures anatomies adjacentes (vaisseaux).

Le nombre de veines au sein de la fosse axillaire a également été étudié : 1 à 2 veines dans 80% des cas, plus de 3 veines dans 20% des cas (5). L'importance du réseau vasculaire souligne la nécessité d'une part, d'un contrôle Doppler préalable à la ponction, et d'autre part, de maîtriser la pression de la sonde sur le bras afin d'éviter le collapsus des vaisseaux. Ces deux principes permettent d'éviter les effractions et les injections intravasculaires.

Trucs et astuces :

Afin d'identifier et de localiser simplement les branches terminales du plexus brachial dans la fosse axillaire, il est conseillé de suivre chacune d'elles entre la fosse axillaire et le coude, par un balayage large (technique de l'ascenseur).

Le nerf médian est facilement repérable au contact de l'artère axillaire qu'il suit tout au long de son trajet jusqu'au coude.

Le nerf ulnaire est facilement détectable au bord médial du coude dans la fosse épitrochléo-oléranienne. Il peut ensuite être suivi le long de son trajet jusqu'à la fosse axillaire. Afin de

reconnaître le nerf ulnaire, une autre manœuvre utile est de comprimer et relâcher les veines axillaires afin de le faire apparaître par renforcement de son échogénicité.

Le nerf radial est difficile à suivre distalement depuis la fosse axillaire, car son trajet n'est pas perpendiculaire à l'orientation de la sonde utilisée pour le bloc axillaire. Il peut être néanmoins apprécié comme une bande hyperéchogène s'enfonçant dans le muscle triceps en direction de l'humérus. Il est accompagné par l'artère brachiale profonde (Figure 7).

Le nerf cutané médial de l'avant-bras est satellite de la veine basilique. Lors d'un balayage distal, il peut être visible entre la veine basilique et l'artère brachiale, traversant ensuite le fascia brachial (8).

En l'absence d'un nerf musculocutané visualisable, ce dernier doit être recherché au contact de l'artère et/ou du nerf médian.

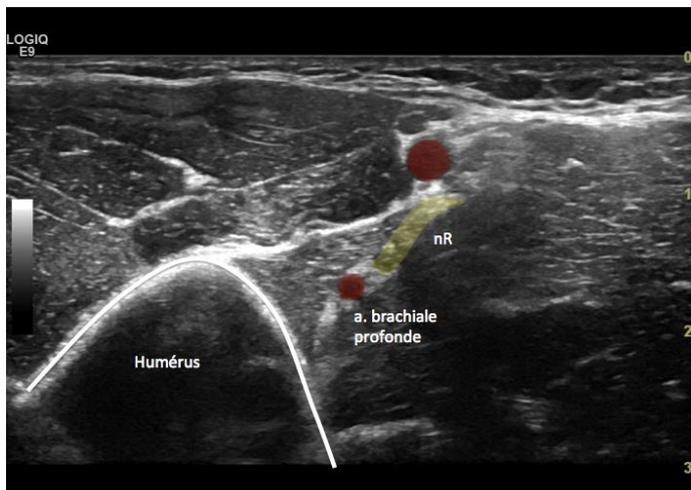


Figure 8 : Trajet du nerf radial au sein du muscle triceps
nR : nerf Radial

III- Technique et modalités de réalisation

La réalisation d'une ALR sous guidage échographique est codifiée (1). Chaque étape de la procédure est à suivre scrupuleusement afin d'associer efficacité et sécurité.

III-a Installation & Matériel

Le patient est installé de manière confortable en décubitus dorsal, le bras ipsilatéral en abduction à 90°. Après désinfection cutanée large et préparation stérile de la sonde (sonde linéaire haute fréquence), celle-ci est disposée transversalement dans la fosse axillaire, le long du muscle grand pectoral. Le contrôle préalable de l'orientation de la sonde est indispensable. L'orientation marqueur vers le haut, quelque soit le côté considéré est universellement utilisée. La partie antérieure du patient correspond ainsi à la partie gauche de l'écran et la partie postérieure à la partie droite. Une image de bonne qualité est obtenue pour une profondeur de champs entre 2 et 3 cm, la focale réglée à 1 cm et un gain (brillance) adapté.

Truc et astuce :

Une installation confortable pour le patient et le praticien est importante. Il est conseillé de disposer l'écran face à soi, afin d'avoir dans son champ visuel, l'aiguille, la sonde, l'écran.

III-b Contrôle de l'anatomie

Le contrôle initial des éléments anatomiques (comme décrit dans le chapitre précédent) permet de planifier le point de ponction, la technique de progression de l'aiguille et le type/nombre d'injections d'anesthésique local (AL). Il est préférable d'obtenir une image qui permet de visualiser l'ensemble des structures nerveuses sur un même écran.

Tableau 1 : Récapitulatif des étapes d'identification des structures anatomiques :

1- vasculaires	Repères	Artère axillaire - pulsatile (doppler) Veines axillaires - compressibles (doppler)
2- Limites		Tendon du grand dorsal : limite inférieure Fascia brachial : limite supérieure
3- Nerf MC		Nerf musculo-cutané : entre le biceps et le muscle coraco-brachial Hyperéchogène, allongé Dans 20% des cas au contact du nerf médian

4- Autres nerfs

Nerf médian : 9-12h par rapport à l'artère axillaire

Nerf ulnaire : 1-3h par rapport à l'artère axillaire au contact des veines

Nerf radial : coincé entre l'artère axillaire et le tendon conjoint

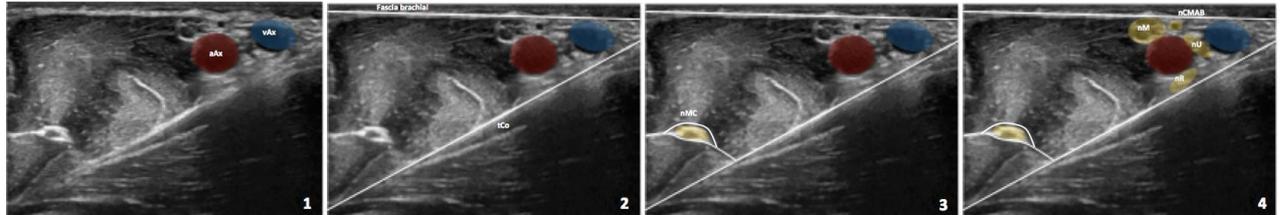


Figure 9 : Séquence d'identification des éléments anatomiques au sein de la fosse axillaire

III-c Ponction et technique de progression de l'aiguille

Les progressions d'aiguille dans le champ des ultrasons (In-Plane Approach : IP) et en dehors des ultrasons (Out-Of-Plane Approach : OOP) peuvent être utilisées (1,9). Aucune étude n'a comparé la sécurité, l'efficacité ou la courbe d'apprentissage de ces 2 techniques ; aucune différence n'étant attendue. Le choix de l'une ou l'autre approche dépend exclusivement de l'anatomie observée et de ses habitudes (9). L'approche OOP offrirait un confort supérieur lié à la limitation du nombre de mobilisations d'aiguille ainsi qu'à la moindre progression intramusculaire (10). Lors de cette dernière, la reconnaissance des nerfs médian et nerf cutané médial de l'avant-bras est importante ; ils se situent généralement en regard du point ponction.

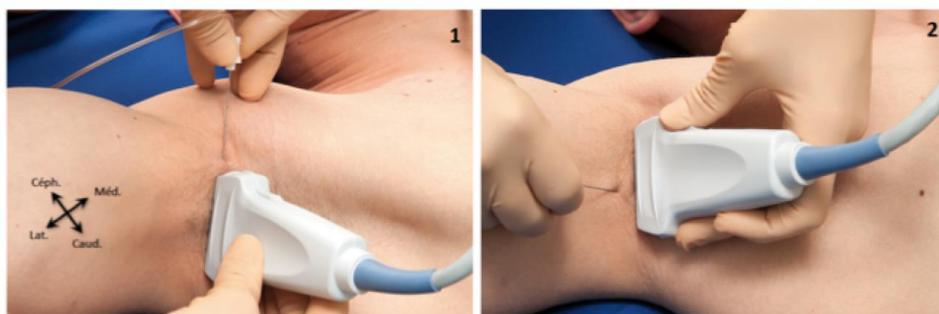


Figure 10 : Technique de progression de l'aiguille selon une approche : 1- dans le champ des ultrasons (IP), 2- en dehors du champ des ultrasons (OOP) (d'après 3)

Une aiguille de 50 à 80 mm, biseau court (30°), 22 gauge est couramment utilisée, une aiguille de 80 mm peut être nécessaire lors de l'approche IP.

Quelque soit la technique utilisée, les règles de sécurité propre à l'ALR sous guidage échographique sont à respecter (1,9):

1- Utilisation de moyens complémentaires pour la réalisation du bloc (neurostimulation et/ou hydrolocalisation et/ou hydrodissection et/ou déplacement des tissus avec les mouvements de l'aiguille)

2- Interruption de l'injection de l'AL en l'absence de visualisation en temps réel de sa diffusion et/ou en cas de douleur, de paresthésie, de résistance à l'injection, ou de gonflement du nerf.

III-d Injection et distribution de l'AL

Deux modes d'injections sont décrits, l'injection périneurale et l'injection périartérielle. L'injection « périneurale » correspond à des injections ciblées, successives, à proximité de chaque nerf. Elle nécessite de faibles volumes : 1 à 2 ml par nerf (11-15).

L'injection « périvasculaire » correspond à une double injection aux pôles supérieurs et inférieurs de l'artère : à 6h00 et 12h00. Une injection complémentaire au contact du nerf musculo-cutané est nécessaire. Elle nécessite un volume de 15 à 20 ml (16-20).

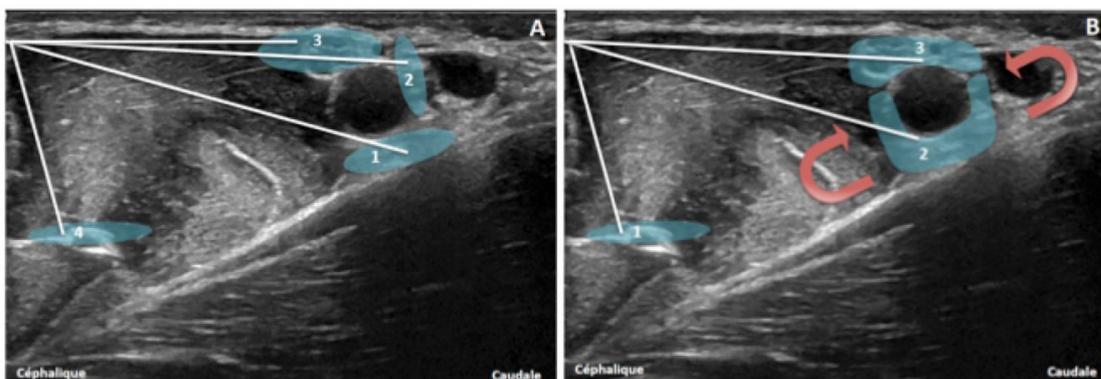


Figure 11 : A - Injection périneurale, B- Injection périvasculaire (d'après 3)

Trucs et astuces :

Afin de ne pas masquer ou refouler les structures lors de l'injection, il est préférable de débiter par les nerfs profonds ou le plan profond avec comme séquence préférentielle : plan profond (nerfs radial), plan superficiel (ulnaire, médian), nerf musculocutané.

Aucune distinction n'a été faite entre les techniques périneurale et périvasculaire concernant leur efficacité ou leur sécurité. L'injection périvasculaire serait grevée d'un taux plus important d'effraction vasculaire, d'un temps de réalisation plus court et d'un volume total d'AL utilisé plus important. L'injection périneurale, qui nécessite une dextérité importante, peut être réalisée avec 1 à 2 ml par nerf. Elle présente un taux de paresthésie plus important et est associée à un temps d'installation plus court directement lié avec la sélectivité des injections (17). Le confort serait supérieur lors des procédures périvasculaires en raison d'un temps de réalisation plus court ainsi qu'un nombre réduit de mobilisations d'aiguille.

L'utilisation de très faible volume (et donc de très faible dose) pourrait avoir un effet sur la durée d'action de l'AL, avec une réduction de celui-ci (21).

Quelque soit la technique utilisée, après chacune des injections, une évaluation à distance de la distribution de l'AL par un balayage proximal et distal permet d'envisager les injections suivantes, assurant ainsi un couplage entre les 2 procédures.

Tableau 2 : Récapitulatif de la technique du bloc axillaire échoguidé

Position	Décubitus dorsal – Abduction 90°
Sonde	Linéaire Haute Fréquence 10 à 18 MHz
Réglage "bloc superficiel"	Profondeur : 2 à 3 cm Focale : 1 à 2 cm Gain approprié
Position sonde	Transversalement dans la fosse axillaire Le long du muscle grand pectoral

Plan de visualisation	Petit axe (Short Axis : SA)
Aiguille	Aiguille dédiée - 50 mm
Approche	- Dans le champ des ultrasons (IP) ou - En dehors du champ des ultrasons (OOP)
Contrôle de l'aiguille	hydrolocalisation et/ou hydrodissection et/ou déplacement des tissus avec les mouvements de l'aiguille et/ou neurostimulation
Injections	- Périneurale : 2 à 5 ml par nerf ou - Périvasculaire : 15 à 20 ml réparti en 2 à 3 injections

1.1 IV- Indication – Contre-Indications spécifiques

Le bloc axillaire, est indiqué dans la chirurgie du coude, de l'avant-bras et de la main. Il ne présente aucune contre-indication spécifique.

Une enquête britannique suggère la possibilité de réaliser un bloc axillaire échoguidé, chez des patients traités par anticoagulants (22). Bien que cette pratique ne soit actuellement pas recommandée, elle est probablement envisageable si le rapport bénéfice-risque est clairement établi et précisé. En effet, le bloc axillaire est le bloc superficiel accessible à une compression. Les auteurs recommandent certains critères de réalisation dans un contexte de trouble de la coagulation :

- 1- la nécessité du guidage échographique
- 2- un INR < 2.5
- 3- un taux de plaquettes > 50 000
- 4- la prise de Clopidogrel ne contre-indique pas la procédure.

Sur une série de 25 blocs axillaires sous AVK, aucune complication majeure n'avait été observée, 3 hématomes étaient à déplorer, régressant spontanément (23).

Truc et astuces

En cas de chirurgie du bord médial du coude, une infiltration sous cutanée est nécessaire afin de bloquer les nerfs cutané médial de bras et intercostobrachial.

L'association d'un bloc axillaire anesthésique (AL de courte durée d'action) à des blocs distaux analgésiques (AL de longue durée d'action) a récemment été évoquée. Cette combinaison offrirait une anesthésie de qualité avec une bonne tolérance du garrot, réduirait le délai d'action, produirait une analgésie efficace et prolongée tout en permettant une récupération rapide de la fonction motrice (24). Le niveau de réalisation du bloc distal (coude – avant-bras – poignet) ainsi que le type de blocs à associer (médian – ulnaire – radial – interosseux – cutané latéral d'avant-bras) est déterminé précisément afin d'obtenir le meilleur bénéfice.

1.2 IV- Complications

Des complications du bloc axillaire ont été rapportées depuis l'utilisation de l'échographie. Leurs circonstances confirment les règles de bonne pratique.

Les cas de toxicité systémique en rapport avec une injection intravasculaire directe, étaient liés à une pression excessive exercée avec la sonde, collabant les veines, masquant alors l'injection intravasculaire (25,26). La pression exercée par la sonde doit ainsi être maîtrisée, la diffusion de l'AL systématiquement contrôlée.

Le cas d'atteinte du nerf CMAB rappelle l'importance du repérage préalable en cas d'approche en dehors du champ des ultrasons, afin d'éviter toute ponction en regard des nerfs médian et CMAB (27).

Au-delà de ces cas cliniques rapportés, l'enquête menée par C. Ecoffey sur 27 000 blocs axillaires souligne l'intérêt de l'échographie en terme de sécurité. L'incidence des complications nerveuses était de 0.37 pour 10 000 et celui des complications systémiques de 1.5 pour 10 000 complications (28).

V- Conclusion :

Le bloc axillaire est largement utilisé pour fournir une anesthésie chirurgicale au-dessous du coude. Il est relativement simple et sûr entre les quatre approches pour plexus brachial.

L'avènement de l'échographie a permis une nette amélioration de son succès ainsi que des critères de réalisation (temps de réalisation plus court, amélioration du confort, réduction des volumes utilisés).

1.3 Références

1. Bouaziz H, Aubrun F, Belbachir A, Cuvillon P, Eisenberg E, Jochum D, Aveline C, Biboulet P, Binhas M, Bloc S, Boccara G, Carles M, Choquet O, Delaunay L, Estebe JP, Fuzier R, Gaertner E, Gnaho A, Nouette-Gaulain K, Nouvellon E, Ripart J, Tubert V; French Society of Anesthesia and Pain Medicine. Ultrasound-guided regional anesthesia. *Ann Fr Anesth Reanim.* 2013;32(9):e119-120
2. Gray AT. The conjoint tendon of the latissimus dorsi and teres major: an important landmark for ultrasound-guided axillary block. *Reg Anesth Pain Med.* 2009 Mar-Apr;34(2):179-80
3. Albrecht E, Bloc S, Cadas, H, Moret V. Manuel pratique d'anesthésie locorégionale échoguidée, p. 87-94 Copyright © 2014 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés
4. Christophe JL, Berthier F, Boillot A, et al. Assessment of topographic brachial plexus nerves variations at the axilla using ultrasonography. *Br J Anaesth* 2009; 103: 606-612
5. Remerand F, Laulan J, Couvret C, Palud M, Baud A, Velut S, Laffon M, Fusciardi J. Is the musculocutaneous nerve really in the coracobrachialis muscle when performing an axillary block? An ultrasound study. *Anesth Analg.* 2010;110(6):1729-1734
6. Silva MG1, Sala-Blanch X2, Marín R1, Espinoza X1, Arauz A3, Morros C4. [Ultrasound-guided axillary block: anatomical variations of terminal branches of the brachial plexus in relation to the brachial artery]. *Rev Esp Anestesiología Reanim.* 2014;61(1):15-20
7. Loukas M, Abel N, Tubbs RS, Matusz P, Zurada A, Cohen-Gadol AA. Neural interconnections between the nerves of the upper limb and surgical implications. *J Neurosurg.* 2011;114(1):225-235
8. Thallaj A, Marhofer P, Kettner SC, Al-Majed M, Al-Ahaideb A, Moriggl B. High-resolution ultrasound accurately identifies the medial antebrachial cutaneous nerve at the midarm level: a clinical anatomic study. *Reg Anesth Pain Med.* 2011;36(5):499-501
9. Steinfeldt T, Schwemmer U, Volk T, Neuburger M, Wiesmann T, Heller AR, Vicent O, Stanek A, Franz M, Wulf H, Kessler P; German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. Nerve localization for peripheral regional anesthesia. Recommendations of the German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. *Anaesthesist.* 2014;63(7):597-602
10. Bloc S, Mercadal L, Garnier T, Komly B, Leclerc P, Morel B, Ecoffey C, Dhonneur G. Comfort of the patient during axillary blocks placement: a randomized comparison of the neurostimulation and the ultrasound guidance techniques. *Eur J Anaesthesiol.* 2010;27(7):628-633
11. O'Donnell BD, Iohom G. An estimation of the minimum effective anesthetic volume of 2% lidocaine in ultrasoundguided axillary brachial plexus block. *Anesthesiology.*

2009;111(1): 25-29

12. O'Donnell BD, Ryan H, O'Sullivan O, Iohom G. Ultrasound-guided axillary brachial plexus block with 20 milliliters local anesthetic mixture versus general anesthesia for upper limb trauma surgery: an observer-blinded, prospective, randomized, controlled trial. *Anesth Analg.* 2009;109(1):279-283
13. Eichenberger U1, Stöckli S, Marhofer P, Huber G, Willmann P, Kettner SC, Pleiner J, Curatolo M, Kapral S. Minimal local anesthetic volume for peripheral nerve block: a new ultrasound-guided, nerve dimension-based method. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34(3):242-6
14. Marhofer P, Eichenberger U, Stöckli S, Huber G, Kapral S, Curatolo M, Kettner S. Ultrasonographic guided axillary plexus blocks with low volumes of local anaesthetics: a crossover volunteer study. *Anaesthesia.* 2010;65(3):266-271
15. Ferraro LH, Takeda A, dos Reis Falcão LF, Rezende AH, Sadatsune EJ, Tardelli MA. Determination of the minimum effective volume of 0.5% bupivacaine for ultrasound-guided axillary brachial plexus block. *Braz J Anesthesiol.* 2014;64(1):49-53
16. Tran de QH, Pham K, Dugani S, Finlayson RJ. A prospective, randomized comparison between double-, triple-, and quadruple-injection ultrasound-guided axillary brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2012;37(3):248-253
17. Bernucci F, Gonzalez AP, Finlayson RJ, Tran de QH. A prospective, randomized comparison between perivascular and perineural ultrasound-guided axillary brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2012;37(5): 473-477
18. Schoenmakers KP1, Wegener JT, Stienstra R. Effect of local anesthetic volume (15 vs 40 mL) on the duration of ultrasound-guided single shot axillary brachial plexus block: a prospective randomized, observer-blinded trial. *Reg Anesth Pain Med.* 2012;37(3):242-247
19. González AP, Bernucci F, Pham K, Correa JA, Finlayson RJ, Tran DQ. Minimum effective volume of lidocaine for double-injection ultrasound-guided axillary block. *Reg Anesth Pain Med.* 2013;38(1):16-20
20. Perov S, Patel P, Kumar S, McKelvey GM, Chidiac E, Motlani F. Effective low dosage of mepivacaine in ultrasound-guided axillary nerve block: a double-blinded, randomized clinical trial of efficacy in patients undergoing distal upper extremity surgery. *J Clin Anesth.* 2014;26(3):222-226
21. Harper GK, Stafford MA, Hill DA. Minimum volume of local anaesthetic required to surround each of the constituent nerves of the axillary brachial plexus, using ultrasound guidance: a pilot study. *Br J Anaesth.* 2010;104(5): 633-636
22. Barker R, Kelkar A, Searle A, Niraj G. Upper limb regional anaesthesia and altered coagulation function. *Br J Anaesth.* 2013 ;110(3):486-487
23. T. Genty, F. Marchand Maillet, M. Beaussier . Poursuite des antivitamines K (AVK) en chirurgie de la main sous anesthésie locorégionale (ALR) échoguidée : analyse d'une série de 31 cas en chirurgie ambulatoire. *Ann Fr Anesth Reanim.* 2014 ;33(2) : A182–A183
24. Dufeu N, Marchand-Maillet F, Atchabahian A, Robert N, Ait Yahia Y, Milan D, Robert C, Coroir M, Beaussier M. Efficacy and safety of ultrasound-guided distal blocks for analgesia without motor blockade after ambulatory hand surgery. *J Hand Surg Am.* 2014;39(4):737-743
25. Zetlaoui PJ, Labbe JP, Benhamou D. Ultrasound guidance for axillary plexus block does not prevent intravascular injection. *Anesthesiology.* 2008;108(4):761
26. Robards C, Clendenen S, Greengrass R. Intravascular injection during ultrasound-guided axillary block: negative aspiration can be misleading. *Anesth Analg.* 2008 Nov;107(5):1754-1755

27. Jung MJ, Byun HY, Lee CH, Moon SW, Oh MK, Shin H. Medial antebrachial cutaneous nerve injury after brachial plexus block: two case reports. *Ann Rehabil Med.* 2013;37(6):913-918
28. Ecoffey C, Oger E, Marchand-Maillet F, Cimino Y, Rannou JJ, Beloeil H; SOS French Regional Anaesthesia Hotline. Complications associated with 27031 ultrasound-guided axillary brachial plexus blocks: a web-based survey of 36 French centres. *Eur J Anaesthesiol.* 2014;31(11):606-610