

# Techniques d'anesthésie locorégionale du membre supérieur

P.-J. Zetlaoui, O. Choquet

*Les techniques d'anesthésie régionale du membre supérieur ont été profondément modifiées par l'apport de l'échographie. Plus que montrer les nerfs, l'échographie montre aussi les vaisseaux, les muscles, la plèvre et toutes les structures qu'il faut savoir reconnaître pour réaliser des blocs. L'échographie a permis de montrer pour chaque individu les variantes anatomiques qui, parfois, à l'ère de la neurostimulation exclusive, compliquaient la réalisation des anesthésies régionales. D'importants efforts de formation sont à assurer. D'importants changements dans la qualité du matériel sont attendus. Mais l'échographie ne remplace pas la neurostimulation; ces deux techniques de localisation des nerfs doivent pouvoir être associées pour améliorer la sécurité de la ponction. En ce sens, les deux techniques de localisation des nerfs sont exposées pour chaque bloc présenté.*

© 2013 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

**Mots-clés** : Anesthésie locorégionale; Membre supérieur; Plexus cervical superficiel; Plexus brachial; Neurostimulation; Échographie; Ultrasons; Analgésie postopératoire; Cathéter; Anesthésique local

## Plan

■ Introduction	2	■ Bloc du plexus cervical	15
■ Anatomie	2	Principes et indications	15
Plexus brachial	2	Réalisation	15
Gaine du plexus brachial	3	■ Blocs de compléments et blocs tronculaires	15
Architecture du plexus brachial	3	Bloc du nerf suprascapulaire	16
Variations du plexus brachial	3	Bloc des nerfs intercostobrachial et accessoire du brachial-cutané-interne	17
Rapports anatomiques	4	Bloc du nerf musculocutané	17
Autres éléments anatomiques	5	Bloc du nerf ulnaire	17
■ Techniques de localisation des nerfs	5	Bloc du nerf médian	18
Techniques anciennes	5	Bloc du nerf radial	20
Neurostimulation	5	■ Bloc de la gaine des fléchisseurs	21
Échographie	5	Principes et indications	21
■ Différences entre les voies d'abord du plexus brachial	7	Réalisation	21
■ Bloc du plexus brachial par voie interscalénique	8	■ Cathéters d'analgésie	22
Principes et indications	8	Indications et avantages	22
Réalisation	9	Aspects techniques	22
Problèmes et complications	10	Modalités de perfusion	22
■ Bloc du plexus brachial par voie supraclaviculaire	11	Surveillance	23
Principes et indications	11	Durée de maintien en place des cathéters périmerveux	23
Réalisation	11	■ Anesthésie locorégionale intraveineuse	23
Problèmes et complications	12	Principes et indications	23
■ Bloc du plexus brachial par voie infraclaviculaire	12	Réalisation	24
Principes et indications	12	Produits et posologies	24
Réalisation	12	Dégonflage du garrot	24
Problèmes et complications	13	■ Anesthésiques locaux et adjuvants	24
■ Bloc du plexus brachial par voie axillaire	13	Anesthésiques locaux	24
Principes et indications	13	Adjuvants	24
Réalisation	14	Volumes	25
Complications	15	■ Conclusion	25

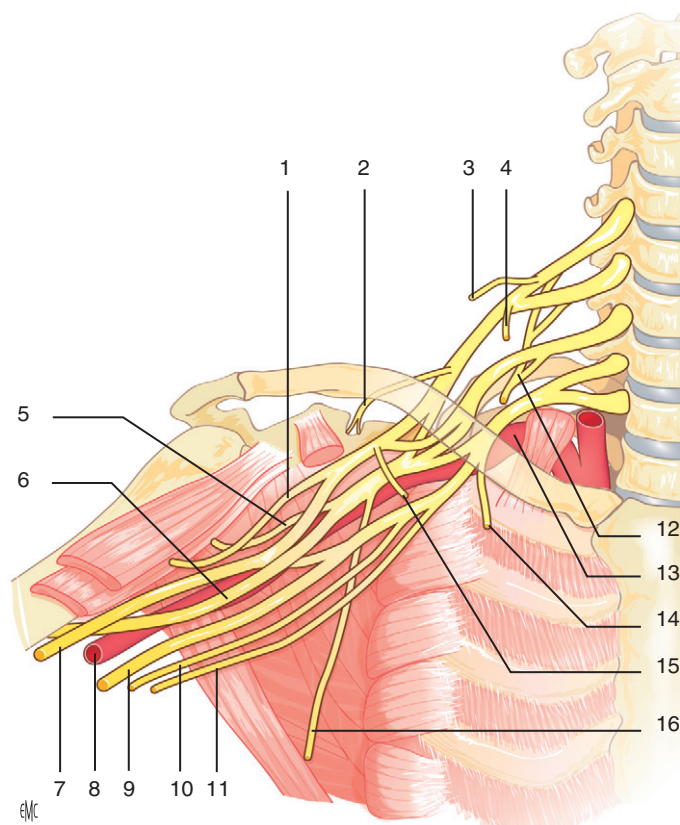
## ■ Introduction

Le premier bloc du plexus brachial fut réalisé par Halsted en 1884 par instillation de cocaïne, sous vision directe. Kulenkampff et Hirschel décrivent indépendamment en 1911 les premiers abord transcutanés. C'est en 1962 qu'apparaît la neurostimulation pour le repérage des nerfs et c'est en 1978 qu'est publié le premier rapport sur les ultrasons pour un bloc du membre supérieur (Doppler artériel sans imagerie). En dix ans, l'échographie a déjà profondément modifié l'anesthésie. En anesthésie locorégionale (ALR) particulièrement, l'échographie, en plus de montrer les nerfs et leur environnement, a aussi changé les pratiques en obligeant à reconsidérer tout ou partie des dogmes de l'ALR, comme les principes de la neurostimulation et les conditions de réalisation des blocs<sup>[1]</sup>. Il est probable que l'échoguidage améliore la sécurité des patients, ce qui constitue le réel apport des ultrasons en anesthésie<sup>[2]</sup>.

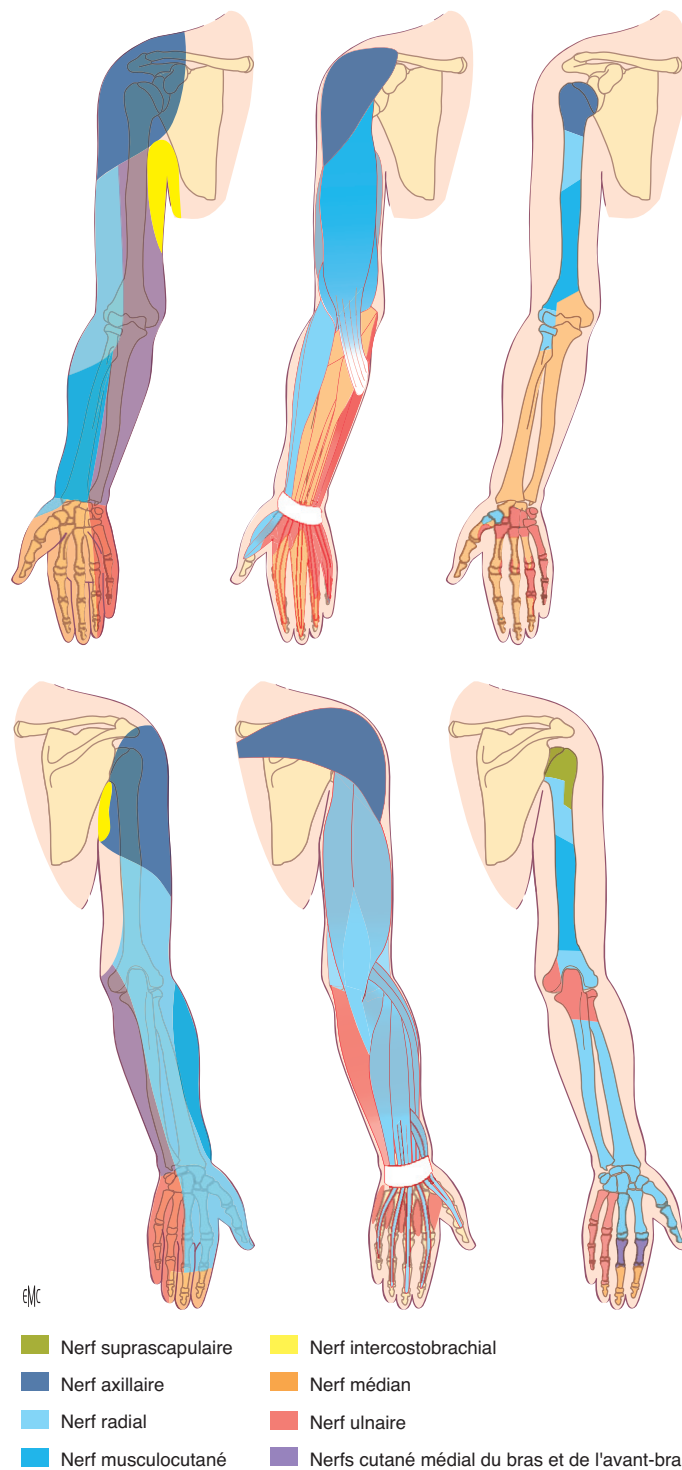
## ■ Anatomie

### Plexus brachial

Le plexus brachial assure l'innervation sensitive, motrice et sympathique de tout le membre supérieur. Il est constitué par l'union des branches antérieures des quatre derniers nerfs cervicaux (C5, C6, C7 et C8) et du premier nerf thoracique (Th1). Il s'y associe de façon fréquente une contribution de C4 ou de Th2<sup>[3,4]</sup>. Au total, le plexus brachial permet la constitution de 16 nerfs (Fig. 1, 2). Il dessine la forme d'un sablier dont le triangle cranial s'étend sur 50 à 70 mm et repose sur le rachis cervical. Il contient les racines et les troncs (supérieur, moyen et inférieur).



**Figure 1.** Organisation schématique du plexus brachial. 1. Nerf musculocutané; 2. nerf suprascapulaire; 3. nerf dorsal de la scapula; 4. nerf subclavier; 5. nerf axillaire; 6. nerf radial; 7. nerf médian; 8. artère brachiale; 9. nerf ulnaire; 10. nerf cutané médial du bras; 11. nerf cutané médial de l'avant-bras; 12. nerf thoracique long (de Charles Bell); 13. artère sous-clavière; 14. nerf pectoral médial; 15. nerf pectoral latéral; 16. nerf thoracodorsal.

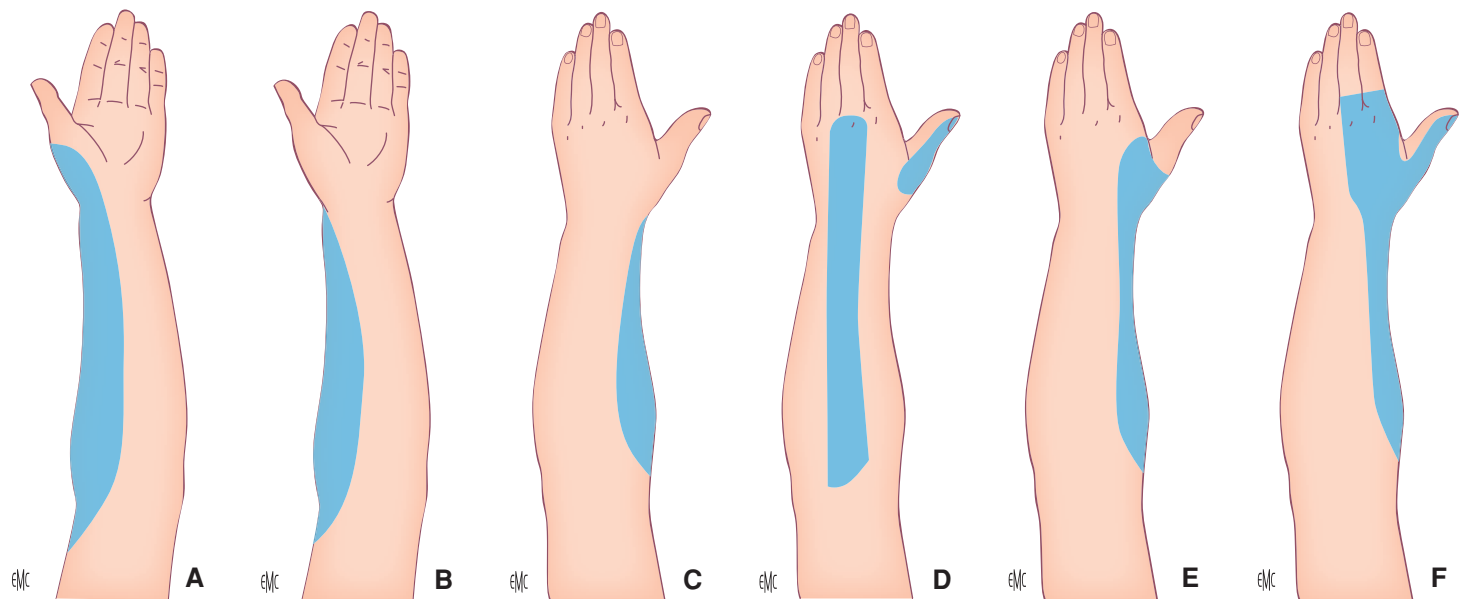


**Figure 2.** Dermatomes myotomes et sclérotomes du membre supérieur. Faces antérieure et postérieure. Noter l'absence de superposition entre les trois territoires. Il est indispensable de connaître ces territoires tout en se rappelant la fréquence et l'importance des variations.

Dans le segment médian rétréci rétroclaviculaire s'organisent les trois faisceaux. Enfin, le triangle caudal à base axillaire contient les branches terminales.

Au-dessus de la clavicule, dans le triangle postérieur du cou, les cinq racines du plexus brachial s'anastomosent entre elles pour former les trois troncs (troncs primaires): le tronc supérieur ou apical (C5 + C6 ± C4), le tronc moyen (C7 uniquement) axe de symétrie du plexus, et le tronc inférieur ou caudal (C8 + Th1 ± Th2) proche de l'artère subclavière et du dôme pleural.

Entre la clavicule et la première côte, chaque tronc primaire se divise en deux branches, postérieure et antérieure. Les branches postérieures des trois troncs s'unissent en arrière de l'artère



**Figure 3.** Variations des territoires sensitifs cutanés du nerf cutané latéral de l'avant-bras, branche sensitive cutanée du nerf musculocutané (A à F) (d'après [145]). La forme la plus fréquente est la forme A.

subclavière pour former le faisceau postérieur ou dorsal, qui donne les nerfs axillaire et radial. Les branches antérieures des troncs supérieur et moyen s'unissent pour former le faisceau latéral situé en dehors de l'artère et dont sont issus les nerfs musculocutané et médian. Enfin, la branche antérieure du tronc inférieur constitue le faisceau médial, qui chemine entre l'artère et la veine axillaire, donne le nerf brachial cutané interne, le nerf accessoire du brachial cutané interne et le nerf ulnaire. Il participe aussi à la constitution du nerf médian.

Dans la fosse axillaire ne se retrouvent que des nerfs terminaux, bien qu'il ne soit pas rare de trouver le faisceau dont se séparent les nerfs médian et musculocutané.

Le plexus brachial participe à l'innervation de certains muscles thoraciques. Les nerfs des muscles grand et petit pectoral sont issus du faisceau médial. Le nerf thoracique long, constitué de fibres issues des racines C5 à C7, innervé le muscle serratus (dentelé antérieur). Cependant, les téguments qui recouvrent ces muscles sont innervés par les nerfs intercostaux.

### Gaine du plexus brachial

Le plexus brachial est engainé par une structure conjonctive fibreuse relativement dense dans sa portion supraclaviculaire, mais plus lâche dans sa portion axillaire distale [5].

À l'étage supraclaviculaire, cette gaine est essentiellement constituée par les fascias des muscles de voisinage. Le plan postérieur est délimité par le fascia des muscles scalènes moyen et postérieur. Le plan antérieur est fermé par le fascia du muscle scalène antérieur. L'espace ainsi délimité est fermé latéralement par une réflexion de la lame prévertébrale ; il constitue le sillon interscalénique, qui au plan anatomique strict, contient l'ensemble de la portion supraclaviculaire du plexus brachial.

En aval de la clavicle, la réalité de cette gaine est discutée [6]. Si sa structure est moins précise, les opacifications confirment l'existence d'une zone de diffusion limitée, cylindrique, qui s'étend de la clavicle à la fosse axillaire. Les dissections montrent que cette structure est compartimentée par des septa lâches qui séparent les différents éléments anatomiques, mais qui ne semblent pas constituer de barrière infranchissable aux anesthésiques locaux à la condition que les volumes injectés soient importants, de l'ordre de 40 ml [7].

### Architecture du plexus brachial

Comme tous les plexus nerveux, le plexus brachial est composé de tissu neural de conduction, de tissu conjonctif au contact du tissu neural, de tissu conjonctif de soutien et de tissu

adipeux. L'organisation et la répartition de ces différents éléments changent depuis le foramen intervertébral jusqu'au nerf périphérique, avec une diminution relative du tissu neural et une augmentation progressive des tissus conjonctif et adipeux. Ces modifications architecturales permettraient d'expliquer des délais d'installation et des durées de blocage différentes en fonction entre autres de la densité du tissu adipeux. Ces différences sont aussi responsables des modifications de l'image échographique des nerfs et des plexus [8].

### Variations du plexus brachial

Le plexus brachial, depuis son origine jusqu'à ses branches terminales, est l'objet de nombreuses variations organisationnelles ou positionnelles. Dans une étude systématique sur 200 plexus brachiaux, il a été retrouvé plus de 55 % de variations significatives [4]. Ces variations doivent être prises en compte car, parfois visibles en échographie, elles peuvent poser des problèmes d'interprétation et de repérage et il devient alors nécessaire de savoir les identifier.

En fonction des racines qui participent à sa constitution, on décrit quatre formes de plexus brachial :

- le plexus préfixé C4-C8, forme évolutive liée à l'acquisition de la station debout ;
- le plexus normofixé C5-Th1, le plus fréquent ;
- le plexus post-fixé C6-T2 ;
- le plexus mixte C4-Th2.

Ces deux dernières formes sont plus rares.

Il est rare que les plexus droit et gauche soient strictement symétriques chez un même individu. Il n'est pas exceptionnel que le plexus brachial s'organise en deux troncs au lieu des trois troncs classiquement décrits [9], ou en deux faisceaux au lieu de trois. Il est assez fréquent, à l'étage supraclaviculaire, de retrouver des éléments du plexus brachial en dehors du sillon interscalénique ; dans les formes les plus surprenantes, l'ensemble du plexus est en dehors du sillon interscalénique, en avant du muscle scalène antérieur [9-11].

Au niveau axillaire particulièrement, la position des nerfs est extrêmement variable. Les études anatomoéchographiques précisent la fréquence de ces variations et leurs conséquences pour le clinicien. Les nerfs grand et petit pectoral sont souvent réunis par une anastomose appelée anse des pectoraux. Dans plus de 30 % des cas, les nerfs médian et musculocutané échangent une branche anastomotique au niveau de l'avant-bras. Chez environ 20 % des sujets, toujours au niveau de l'avant-bras, le nerf médian envoie des filets anastomotiques vers le nerf ulnaire par l'anastomose de Martin et Gruber [12]. Cliniquement, lors

**Tableau 1.**

Critères de choix d'un neurostimulateur.

Impulsion rectangulaire	Impulsion monophasique négative avec temps de montée et de descente courts
Affichage numérique	Réglage fin, incréments de 0,01 ou 0,02 mA
Variation linéaire de l'intensité	Valeur délivrée = valeur affichée
Intensité effective	Réellement délivrée
Durée de stimulation	Brève de 50 à 100 $\mu$ s
Possibilité de choix de la durée	Plusieurs durées prédéfinies
Impédance de charge maximale	Élevée (maintien d'un courant constant)
Polarité et connexions	Polarité bien définie et connexions fiables
Sécurités	Témoins de batterie faible, de fermeture de circuit
Possibilité de maniement stérile	Commande d'intensité
Association neurostimulateur–moniteur de curarisation	Non conseillée, nécessité de détrompeurs sans faille
Fréquence des impulsions	1 Hz et 2 Hz

**Tableau 2.**

Réponses motrices recherchées en neurostimulation pour l'anesthésie locorégionale [19–21, 24].

Tronc supérieur	Bord latéral : muscle supraépineux, une rotation externe du bras Bord antérieur : muscles deltoïde et brachioradial, ébauche de flexion du coude Bord médial : muscle biceps (flexion du coude)
Tronc moyen	Muscle triceps (extension du coude)
Tronc inférieur	Bord antérieur : muscles pectoraux, inclinaison ulnaire du poignet, flexion IV et V doigt, adduction du pouce
Nerf phrénique (C3-C4)	Muscle diaphragme, hoquet
Nerf axillaire (C5-C6)	Muscle deltoïde
Nerf supraépineux (C5-C6)	Muscle supraépineux (abduction de l'épaule) si le mouvement est isolé, il existe le risque d'une stimulation du nerf en dehors du sillon interscalénique et donc un risque d'échec
Nerf musculocutané (C5-C6)	Muscle biceps brachial
Nerf radial (C6-Th1)	Tous les muscles du plan postérieur d'extension
Nerf médian (C6-Th1)	Muscles de la loge antérieure de l'avant-bras, tendons palmaires
Nerf ulnaire (C8-Th1)	Tendon du muscle fléchisseur ulnaire du carpe

de la neurostimulation du nerf médian, une réponse de type ulnaire est possible, gênant l'interprétation des réponses motrices. L'anastomose inverse, par laquelle le nerf ulnaire échange des fibres avec le nerf médian, est plus rare, retrouvée uniquement chez 4 % des sujets.

L'innervation musculaire est aussi sujette à variation ; il n'est pas exceptionnel que le nerf radial soit responsable de l'innervation motrice du muscle brachial, qui est classiquement assurée par le nerf musculocutané [13]. De même, les variations des territoires

**Tableau 3.**

Procédure de neurostimulation.

Connaissance des réponses motrices attendues et souhaitables, et des réponses indésirables, en fonction du site de stimulation
Vérification du fonctionnement du neurostimulateur et de l'intégrité du circuit
Anode reliée à une électrode cutanée placée à distance de la région à stimuler
Cathode reliée à une aiguille isolée à biseau court (meilleure perception de passage de fascia)
Contact verbal avec un patient éveillé ou judicieusement sédaté
Mise en marche du neurostimulateur après la ponction cutanée
Recherche débutée en augmentant progressivement l'intensité
En l'absence de réponses motrices, l'intensité et la durée peuvent être augmentées
Dès l'obtention d'une réponse motrice, diminution progressive de l'intensité
Utilisation d'une durée de stimulation brève de 100 ms améliorant la précision de la recherche
Mobilisation de l'aiguille dans les trois plans de l'espace et diminution de l'intensité pour un repérage optimal
Recherche systématique de l'intensité minimale de stimulation pour une estimation de la position de l'aiguille
Test d'aspiration suivi d'une injection sans résistance et indolore de 1 ml d'anesthésique local
Disparition instantanée de la réponse motrice
Augmentation de l'intensité de stimulation et réapparition de la réponse motrice
Injection lente et fractionnée du volume choisi d'anesthésique local
Tests d'aspiration effectués entre chaque volume
Possibilité de vérifier le bon positionnement de l'aiguille : réapparition de la contraction musculaire liée à l'augmentation de la charge

d'innervation sensitive cutanée sont très fréquentes, concernant tous les nerfs mais particulièrement le nerf cutané latéral de l'avant-bras, branche cutanée terminale du nerf musculocutané (Fig. 3).

## Rapports anatomiques

Au niveau cervical, le plexus brachial présente des rapports avec les derniers nerfs crâniens et le plexus cervical, expliquant certains effets indésirables des blocs interscaléniques. Le nerf phrénique naît juste au-dessus (C3-C5) et chemine habituellement avec le nerf destiné au muscle subclavier, à la face antérieure du scapulaire antérieur, dans un dédoublement de la lame prévertébrale. Sa proximité avec le plexus brachial explique son blocage involontaire lors des abord supraclaviculaires [14, 15]. Les rapports étroits du plexus brachial avec le nerf laryngé récurrent et le nerf laryngé supérieur expliquent les troubles de la phonation ou de la déglutition parfois rapportés après un bloc interscalénique.

Le plexus brachial est en relation avec la chaîne sympathique cervicale et le ganglion stellaire, expliquant la possibilité d'un syndrome de Claude Bernard-Horner (CBH, ptosis, myosis, énoptalmie), soit par diffusion de l'anesthésique local (AL), soit par traumatisme direct par l'aiguille, soit enfin par compression par un hématome secondaire à une lésion vasculaire lors de la ponction. Le syndrome « opposé » de Pourfour du Petit (rétraction de la paupière, mydriase, exophtalmie) traduisant une irritation du ganglion stellaire est possible, mais exceptionnel.

La portion la plus caudale du plexus brachial repose sur le dôme pleural qui est plus haut du côté droit que du côté gauche, exposant à un risque plus élevé de pneumothorax lors des abord réalisés au-dessus de la clavicule du côté droit.

Enfin, le plexus brachial est intimement entrelacé avec les vaisseaux destinés à l'encéphale, à l'épaule et au membre supérieur. L'artère cervicale profonde traverse le cou d'avant en arrière en passant entre les troncs du plexus brachial. L'inconstante artère dorsale de la scapula (30 % des dissections systématiques), habituellement issue de l'artère subclavière (70 % des cas), passe entre les faisceaux au niveau suprascapulaire. L'artère cervicale superficielle passe au niveau de C7. L'artère cervicale ascendante accompagne le nerf phrénique sur une partie de son trajet cervical<sup>[14]</sup>. Enfin, l'artère vertébrale, située en avant du plexus brachial peut aussi être ponctionnée lors d'un abord interscalénique. Il existe de nombreuses variations de la position réelle des vaisseaux du membre supérieur. Le risque de ponction vasculaire est donc très élevé en raison de cette proximité, et peut même constituer une limite pour certaines ponctions à l'aveugle. Sous échographie, la ponction doit être précédée d'une « cartographie vasculaire » en doppler couleur, à basse pression pour ne pas écraser les veines. Cette cartographie montre l'extrême variabilité des rapports neurovasculaires au niveau du plexus brachial.



## Autres éléments anatomiques

D'autres structures nerveuses que le plexus brachial sont impliquées dans l'innervation du membre supérieur ou des territoires adjacents concernés par les interventions portant sur le membre supérieur.

Le plexus cervical superficiel est issu des quatre premières racines cervicales qui s'anastomosent deux par deux en constituant des anses nerveuses. Il s'organise en quatre rameaux cutanés : le nerf petit occipital, le nerf grand auriculaire, le nerf transverse du cou et le nerf supraclaviculaire, qui vient de la troisième anse (C3-C4). Le nerf supraclaviculaire se divise rapidement en trois faisceaux qui traversent la lame superficielle du fascia cervical un peu au-dessus de la clavicule et se divisent en nerfs supraclaviculaires médiaux destinés à la peau présternale, intermédiaires destinés à la peau de la région infraclaviculaire, et latéraux destinés à la région deltoïdienne. Le plexus cervical superficiel assure l'innervation sensitive des téguments de l'épaule (Fig. 2). Son territoire périclaviculaire est très variable et peut s'étendre sur le thorax jusqu'au niveau de la deuxième côte. Le bloc du plexus cervical superficiel doit être envisagé quand l'incision chirurgicale est située dans cette région.

De façon fréquente, le deuxième nerf intercostal s'anastomose avec le nerf cutané médial du bras, par l'anastomose de Hyrtl<sup>[3]</sup>, pour constituer le nerf intercostobrachial qui assure l'innervation sensitive de la fosse axillaire et de la partie haute de la face médiale du bras. Lors de certaines capsulorraphies de l'épaule, ce nerf doit être spécifiquement bloqué pour une anesthésie efficace.

## ■ Techniques de localisation des nerfs

Quatre techniques de repérage des nerfs du plexus brachial ont été décrites : la recherche de paresthésies mécaniques, l'abord transartériel, la neurostimulation et l'échoguidage.

### Techniques anciennes

#### Recherche de paresthésies mécaniques

La recherche de paresthésies mécaniques à l'aiguille pour déclencher une paresthésie afin de localiser les nerfs est relativement performante mais expose à des risques traumatiques. Cette technique a été utilisée à tous les niveaux du plexus brachial.

#### Technique transartérielle

Réservée à l'étage axillaire, cette technique consiste à transfixier l'artère axillaire pour injecter la moitié du volume total en arrière de l'artère, et l'autre moitié en avant de l'artère après le retrait de l'aiguille. La réputation d'infailibilité de cette technique ne résiste

pas à l'analyse, Stan, dans un collectif de 1000 patients, montre 10 % de blocs incomplets et 2 % d'échec total<sup>[16]</sup>. Cette technique est moins performante que la multistimulation<sup>[17]</sup>.

Il faut oublier donc l'axiome de Moore, « no paresthesia, no anesthesia », et la technique transartérielle qui doivent être réservés aux environnements précaires.

## Neurostimulation

### Principes

La neurostimulation pour le repérage des nerfs a été une étape majeure dans l'amélioration des résultats de l'ALR. La technique en est clairement codifiée, et elle constituait la référence avant l'arrivée de l'échographie<sup>[18-20]</sup>.

La localisation des nerfs en neurostimulation repose sur deux principes : le nerf recherché est localisable en profondeur à partir de repères de surface, et l'électrostimulation provoque des réponses motrices stéréotypées qui permettent de l'identifier. Des algorithmes et des procédures opérationnelles ont été développés avec la neurostimulation, permettant de réaliser des blocs avec un taux de succès supérieur à celui de la recherche de paresthésies<sup>[17]</sup>. Pour ce qui concerne le bloc axillaire, la méta-analyse de Guay a montré que la neurostimulation réduisait le risque de toxicité systémique et d'échec si au moins trois nerfs étaient repérés<sup>[21]</sup>.

La neurostimulation en ALR nécessite des aiguilles isolées et des neurostimulateurs adaptés à cet usage ; tous les neurostimulateurs ne sont pas équivalents en termes de fiabilité et de qualité<sup>[22]</sup>. Il est donc important de choisir un neurostimulateur performant, d'en connaître le fonctionnement et les limites (Tableau 1).

### Réponses motrices

Lors de l'interprétation d'une réponse provoquée en neurostimulation, il est préférable de considérer le muscle qui se contracte ou le tendon qui « glisse », plutôt que le mouvement. Par exemple, la flexion de l'avant-bras sur le bras, bien que dépendant essentiellement du nerf musculocutané (muscle biceps) dépend dans une moindre mesure du nerf radial (muscle brachioradial). Ne considérer que la flexion sans voir quel muscle se contracte ou quel tendon est mobile peut conduire à des erreurs d'interprétation et donc à des échecs du bloc (Tableau 2).

En fonction du site de neurostimulation, interscalénique, infraclaviculaire ou axillaire, les réponses ne sont et ne peuvent pas être les mêmes. À l'étage interscalénique et supraclaviculaire on ne parle pas de nerfs terminaux mais de racines, de troncs ou de divisions. Les réponses motrices peuvent concerner plusieurs muscles ou groupes musculaires. Au niveau infraclaviculaire, on stimule des faisceaux dans lesquels sont encore compris plusieurs nerfs et au niveau axillaire, on ne retrouve classiquement que des nerfs terminaux<sup>[23]</sup>.

L'expérience clinique montre que la neurostimulation est parfois prise en défaut. La position particulière d'un nerf chez un individu donné n'est jamais prévisible, parce que la neurostimulation des nerfs sensitifs purs ne provoque que des paresthésies électriques, qu'il existe des variantes anatomiques telles que les réponses motrices déclenchées par la neurostimulation peuvent être difficiles à interpréter, et qu'enfin il n'est pas toujours possible de déclencher des paresthésies mécaniques ou une réponse motrice alors que l'aiguille est à l'évidence au contact du nerf en échographie<sup>[24]</sup>. Des conditions pathologiques comme le diabète ou l'artérite peuvent également altérer les réponses en neurostimulation<sup>[25,26]</sup> et l'amputation d'un segment de membre rendre problématique l'usage de la neurostimulation<sup>[27]</sup>. L'application d'une procédure opérationnelle permet malgré toutes ces limites et incertitudes de réaliser des blocs avec un excellent niveau de performance (Tableau 3).

## Échographie

### Généralités

Les nerfs du membre supérieur sont superficiels, rarement au-delà de 5 cm de profondeur, donc aisément repérables en échographie, et la cartographie des principaux nerfs du plexus

**Tableau 4.**

Caractéristiques échodoppler des différents éléments rencontrés en échographie.

Structures	Image échographique	Doppler
Racine nerveuse	Hypoéchogène, homogène, gris cerclé de blanc	
Nerf	Hétérogène non compressible, hypoéchogène pour le tissu neural, hyperéchogène pour le tissu conjonctif	
Tendon	Hyperéchogène, ± homogène	Aucun effet Doppler possible
Fascia	Hyperéchogène, homogène	
Graisse	Hypoéchogène, hétérogène	
Muscle	Hypoéchogène, hétérogène	
Os	Très hyperéchogène, cône d'ombre en profondeur	
Aiguille	Hyperéchogène, homogène, artefacts de réverbération	
Cathéter	Certains sont échogènes	
Veine	Anéchogène, vide échographique, compressible	
Artère	Anéchogène, vide échographique, battante, peu compressible, renforcement postérieur	Effet Doppler visualisable et parfois mesurable
Injectat	Anéchogène, sauf si création de microbulles, hydrolocalisation, signe de la cocarde	

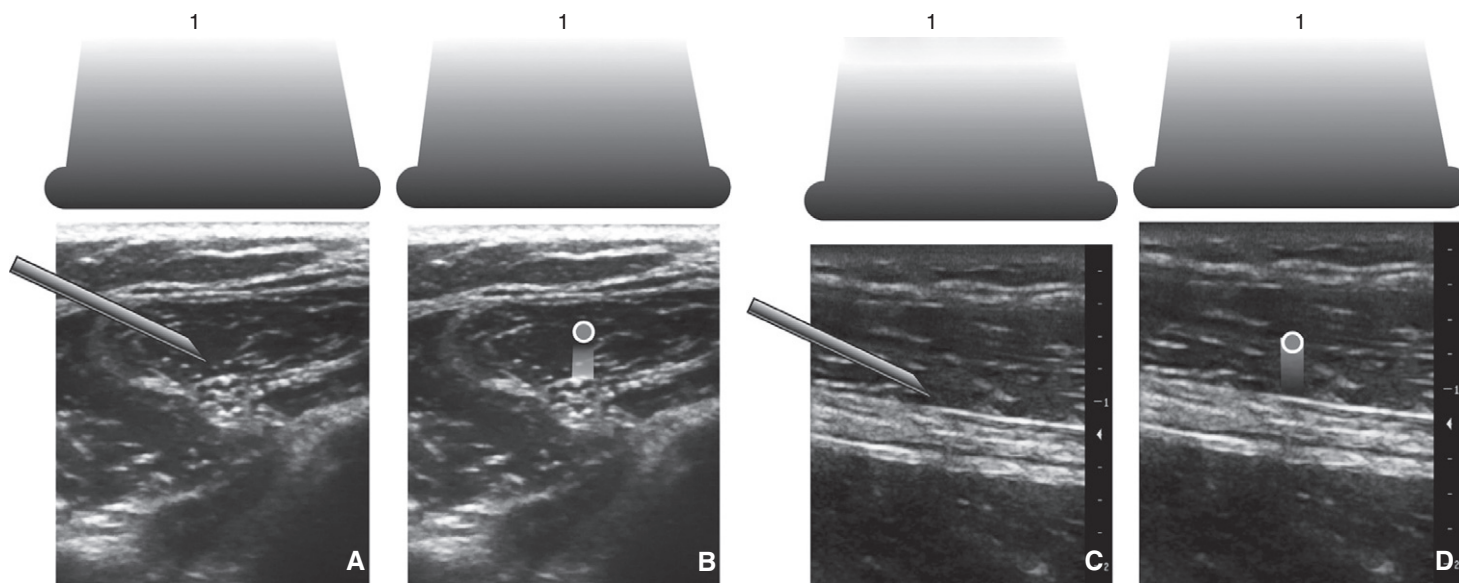
brachial est assez facile à réaliser [28-33]. Les sondes d'échographies doivent être adaptées au repérage nerveux superficiel, c'est-à-dire des sondes linéaires de haute fréquence (de 12 à 15 MHz), ou des sondes de petite taille (linéaire 25 mm ou crosse de hockey) particulièrement utiles en pédiatrie. Les sondes de très haute fréquence (jusqu'à 18 ou 22 MHz), depuis peu disponibles, peuvent être utilisées pour localiser les branches distales superficielles. L'échographe doit être équipé des fonctions Doppler couleur et pulsé, pour, le cas échéant, pouvoir identifier une structure vasculaire pouvant prêter à confusion avec une structure nerveuse. Le Doppler énergie permet de visualiser l'injection de l'AL. La sémiologie échographique des différentes structures rencontrées au cours d'une ALR est rappelée dans le Tableau 4.

Le plexus brachial étant extrêmement variable dans son organisation, l'échographie apporte à l'anesthésiste une vision réelle de l'anatomie du patient lors de la réalisation d'un bloc. L'échoguidage constitue une avancée indéniable en ALR, car quelle que soit sa position réelle, le nerf est localisé à sa place réelle, qu'il soit sensitivomoteur ou sensitif pur. L'échographie permet de surmonter les difficultés liées aux variations anatomiques. On connaît les nombreuses variations anatomiques du nerf musculocutané; l'échographie permet de connaître sa position réelle dans la fosse axillaire. De plus, tout l'environnement du nerf (artère, veines, plèvre, etc.) est visible. Les rapports parfois particuliers ou inattendus avec les vaisseaux ou organes de voisinages sont identifiés, et les risques inhérents à la ponction peuvent ainsi être minimisés tout en améliorant la probabilité de réussite. L'échoguidage permet de réduire le nombre de ponctions et de redirections d'aiguille, de diminuer les volumes nécessaires et accélère l'installation du bloc [34], et pourrait finalement améliorer la sécurité des patients [2,35].

Mais l'échoguidage ne résout pas tous les problèmes de l'ALR. Au niveau axillaire, il est parfois difficile sans neurostimulation de préciser le nerf visualisé, et la neurostimulation peut être utile pour comprendre certaines variations anatomiques. L'échoguidage ne met pas à l'abri des complications traumatiques de l'ALR, et n'abolit pas le risque de traumatisme nerveux. Les modifications de l'architecture et un gonflement du nerf semblent constituer le meilleur critère d'injection intraneurale, et doivent être considérées comme des éléments d'alerte et de détection [36,37]. De même, l'injection intravasculaire avec ses risques toxiques ne peut toujours être évitée par la visualisation directe des vaisseaux [38,39].

### Principes de l'échoguidage en anesthésie locorégionale

Un nerf peut être visualisé selon deux axes, en grand axe ou en petit axe. L'aiguille peut être visualisée sur toute sa longueur, donc être placée « dans le plan » des ultrasons, ou être visualisée dans son petit axe sous forme d'un point « hors du plan ». Quand le nerf est visualisé selon son petit axe et que l'aiguille est visible sur toute sa longueur, l'abord est dit en « petit axe-dans le plan », et entraîne implicitement une modification de la technique de ponction, l'aiguille ayant effectué une rotation de presque 90° par rapport aux techniques en neurostimulation classique [31,32] (Fig. 4).



**Figure 4.** Différentes approches du nerf par l'aiguille en échoguidage. Représentation schématique. Le nerf peut être visualisé « en petit axe » (*short axis* [SAx]). L'aiguille peut être placée « dans le plan des ultrasons (*in plane* [IP]) ou « hors du plan » (*out of plane* [OOP]). Le nerf peut être visualisé en « grand axe » (*long axis* [LAX]). L'aiguille peut être placée « dans le plan des ultrasons (*in plane* [IP]) ou « hors du plan » (*out of plane* [OOP]). Quatre possibilités sont envisageables : SAX-IP (A), SAX-OOP (B), LAX-IP (C), LAX-OOP (D). En pratique l'option LAX-OOP n'est pas utilisée. 1. Sonde de l'échographe.

## Modifications des pratiques induites par l'échoguidage

L'échoguidage, visualisant le nerf à sa place réelle, permet de s'affranchir ou de reconsidérer une partie des repères classiques de ponction, et conduit à redéfinir les procédures opérationnelles de la pratique de l'ALR, et de nouvelles règles de sécurité.

L'échoguidage en ALR étant une procédure invasive, il est indispensable de réaliser l'ensemble de l'acte selon une logique stérile, c'est-à-dire un gel stérile en présentation individuelle à usage unique et une protection stérile à usage unique pour la sonde. Ces recommandations sont précisées dans un texte réglementaire<sup>[40]</sup>. Pour la mise en place d'un cathéter d'analgésie, un environnement de type chirurgical est impératif.

L'échographie, en montrant la position réelle de l'aiguille par rapport au nerf, a conduit à discuter une partie des principes de la neurostimulation. Quand l'aiguille est directement au contact du nerf sous contrôle échographique, une paresthésie mécanique n'est déclenchée que dans un tiers des cas, et une réponse motrice n'est obtenue que dans trois quarts des cas<sup>[41]</sup>. L'absence de déclenchement d'une réponse motrice n'est pas responsable de l'échec du bloc. Sous échoguidage et neurostimulation, un bloc interscalénique efficace peut être obtenu pour une intensité minimale de stimulation de 1,7 mA pour 100  $\mu$ s, très supérieure aux 0,5 mA classiquement exigés. Ces constatations remettent en question la capacité de la neurostimulation à détecter un contact nerf-aiguille intempêtif, et son caractère discriminant sur le risque d'injection intraneurale<sup>[42]</sup>.

De façon constante, l'échoguidage nécessite l'utilisation d'aiguilles plus longues que la neurostimulation, l'aiguille de 25 mm recommandée pour le bloc interscalénique doit être remplacée par une aiguille de 50 mm, et l'aiguille de 50 mm pour le bloc axillaire doit être remplacée par une aiguille de 75–80 mm. Ces modifications sont imposées par un éloignement du point de ponction par rapport à la cible en ALR échoguidée.

## Hydrolocalisation et visualisation de l'anesthésique local injecté

Toutes les aiguilles ne sont pas équivalentes en termes d'échogénicité, qui dépend de nombreux paramètres<sup>[43]</sup>. L'utilisation d'aiguilles plus échogènes, depuis peu disponibles, faciliterait la réalisation du bloc.

Mais, plus que l'aiguille elle-même, c'est l'orifice de sortie de l'AL dont il faut connaître la position exacte. C'est pourquoi la technique de l'hydrolocalisation est recommandée, notamment en cas de ponction hors du plan des ultrasons<sup>[44]</sup>. Au cours de la progression de l'aiguille, de petits volumes de liquide (0,5 à 1 ml) sont injectés de façon répétitive. Si ce volume n'est pas visualisé à l'écran sous forme d'une petite flaque hypoéchogène, cela signifie que l'orifice de l'aiguille n'est pas visualisé, et que la position réelle de la pointe de l'aiguille n'est pas connue, ce qui implique un risque de ponction d'organe (nerf, vaisseau, plèvre, etc.), d'injection intraneurale ou intravasculaire. Un risque traumatique ou toxique est donc possible. L'hydrolocalisation est réalisable quel que soit l'angle d'approche du nerf, dans le plan ou hors du plan des ultrasons. Si l'on désire un couplage échographie–neurostimulation, le liquide est du glucosé à 5 %, sinon l'AL (ou du sérum physiologique) est utilisable.

L'AL injecté au contact du nerf est visible sous forme d'une plage ou d'un anneau anéchogène, plus ou moins complet et circulaire entourant le nerf. Dans les meilleurs cas, l'image obtenue est évocatrice de celle d'un beignet d'où le nom de « signe du beignet » (*doughnut sign*). Un tel signe serait annonciateur d'un bloc réussi.

## Règles de sécurité sous échoguidage

L'échographie n'autorise pas à s'affranchir des règles de sécurité intrinsèques à l'ALR, et en impose de nouvelles. Les règles de base de sécurité doivent être respectées (voie veineuse périphérique, disponibilité immédiate des agents et moyens de réanimation, etc.). Les règles de procédures spécifiques à l'ALR échoguidée qui doivent être respectées sont rappelées dans le [Tableau 5](#)<sup>[45-47]</sup>.

**Tableau 5.**

Procédure pour un bloc échoguidé.

L'asepsie doit être respectée

Le patient doit être éveillé ou judicieusement sédaté

Une première exploration de la région à aborder visualise les nerfs concernés mais aussi les structures de voisinage, artère, veines, plèvre, etc.

L'examen Doppler couleur est souhaitable, en exerçant une faible pression sur la sonde pour ne pas écraser les veines

Toutes les aiguilles ne sont pas équivalentes en termes d'échogénicité, et voir son extrémité est fondamental. L'extrémité de type Tuohy permet de savoir si ce qui est visualisé est réellement l'extrémité de l'aiguille

La progression de l'aiguille se fait selon la technique d'hydrolocalisation, que la ponction soit « dans le plan » ou « hors du plan »

L'absence de visualisation du bolus au cours de la progression de l'aiguille signifie que la pointe de l'aiguille n'est pas visualisée, donc potentiellement dans un vaisseau

L'injection intravasculaire pourrait être détectée au Doppler couleur (ou énergie)<sup>[46]</sup>

L'aiguille ne doit pas toucher le nerf, l'injection lente de la solution anesthésique doit décoller le nerf de son environnement

Si le nerf change de diamètre au cours de l'injection, cela signifie que l'injection est intraneurale; l'aiguille doit être retirée et repositionnée pour une injection extraneurale<sup>[36, 37]</sup>

Les tests d'aspiration doivent être répétés au cours de l'injection fractionnée, tout en sachant leur faible valeur négative<sup>[47]</sup>

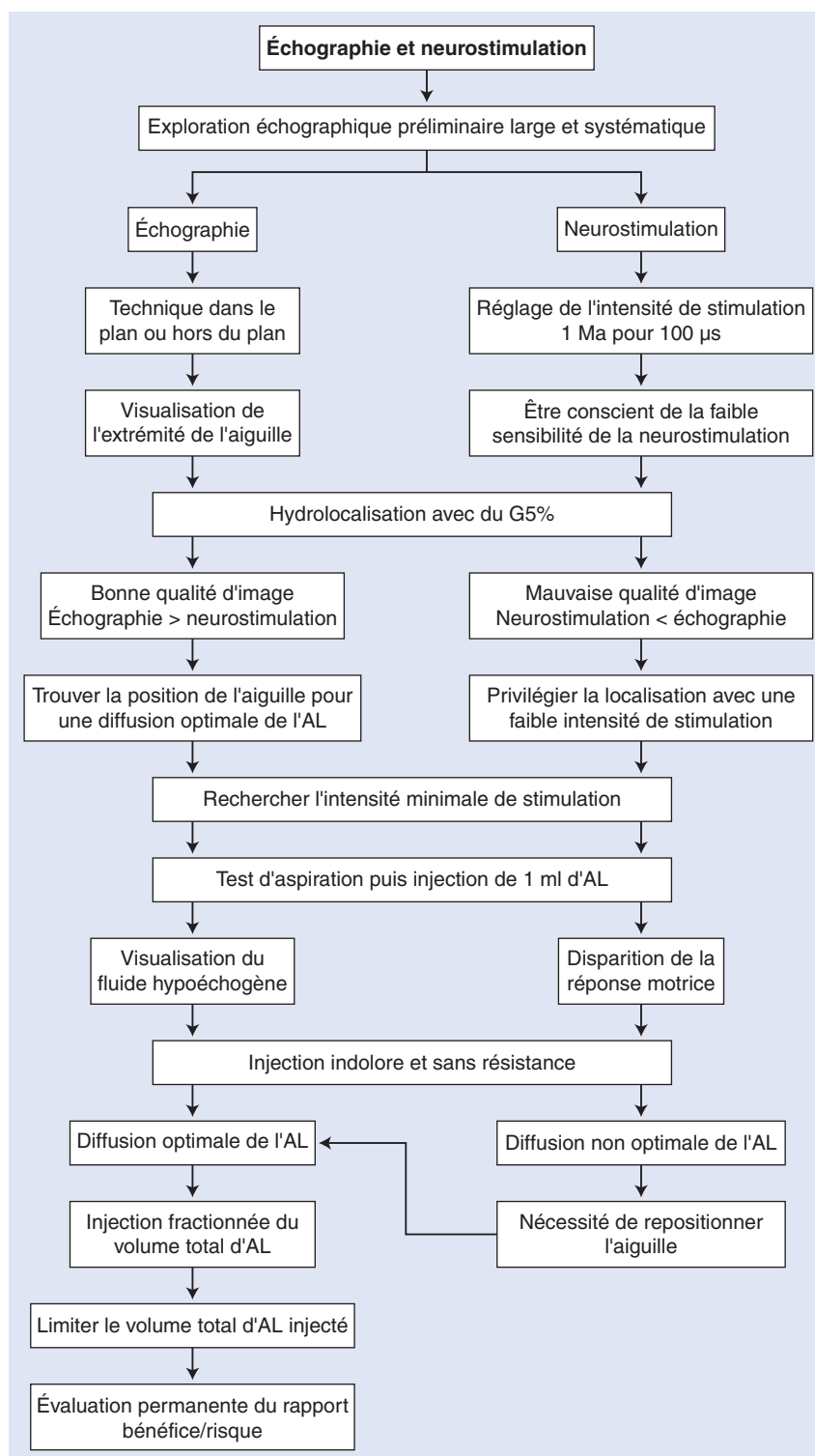
## Couplage échoguidage–neurostimulation

Bien que l'intérêt de l'association échoguidage–neurostimulation soit actuellement discuté<sup>[48]</sup> depuis l'avènement de l'échoguidage, la neurostimulation ne peut plus être réalisée comme avant, en ne tenant compte que de l'intensité de stimulation et de la qualité de réponse motrice<sup>[20]</sup>. Il avait été évoqué que la position extraneurale ou intraneurale de l'aiguille pouvait être appréciée par l'intensité minimale de courant nécessaire à déclencher une réponse motrice identifiable. Mais cette valeur n'est pas discriminante de la position de l'aiguille, qu'elle soit extraneurale ou intraneurale<sup>[49]</sup>.

Par ailleurs, il semble nécessaire de s'intéresser à l'impédance électrique affichée sur le neurostimulateur, sa variation brutale pouvant évoquer une position intravasculaire de l'aiguille. Il faut définir l'intérêt et la performance du couplage échoguidage–neurostimulation, non pas tant en amélioration de la vitesse de réalisation d'un bloc (ce qui n'a aucun intérêt), mais en amélioration du taux de réussite et surtout de la sécurité des patients. Il est à ce jour impossible de répondre à cette question à partir d'arguments établis sur les études contrôlées. Si l'on désire réaliser un couplage neurostimulation–échoguidage, l'algorithme publié par Jochum et al. peut être proposé, bien qu'il ne soit pas établi sur une étude contrôlée<sup>[50]</sup> ([Fig. 5](#)).

## ■ Différences entre les voies d'abord du plexus brachial

Le plexus brachial étant relativement superficiel, il est facilement accessible à l'ALR, ce qui permet d'envisager tous les actes de chirurgie ou d'analgésie du membre supérieur sous ALR. Pour l'ALR, le plexus brachial peut être divisé en quatre régions : interscalénique, supraclaviculaire, infraclaviculaire et axillaire. Tous ces abords ne sont pas équivalents entre eux en ce qui concerne l'extension des territoires bloqués et donc les indications sont différentes<sup>[51]</sup>.



**Figure 5.** Arbre décisionnel. Algorithme associant neurostimulation et échoguidage pour le repérage des nerfs (d'après [50]). AL : anesthésique local ; G5% : glucosé à 5 %.

L'abord interscalénique réalise un bloc de type radiculaire, presque métamérique, alors que toutes les autres voies réalisent un bloc pluritrunculaire n'intéressant que les troncs nerveux encore présents dans la gaine au site d'injection. À partir de l'aisselle, on ne réalise que des blocs trunculaires. Ceci explique que, en théorie, seul l'abord paravertébral interscalénique peut bloquer l'ensemble du plexus brachial. En effet, par voie supraclaviculaire, l'anesthésie de l'épaule est incomplète, particulièrement dans le territoire du nerf suprascapulaire, et lors d'un abord axillaire, l'anesthésie n'intéresse pas toujours les nerfs axillaire, musculocutané et accessoire du brachial cutané interne, tous ces nerfs pouvant émerger très haut de la gaine. Toutefois, un abord interscalénique haut ne permet pas de bloquer les racines basses du

plexus brachial. De ces particularités anatomiques dérivent des propositions de niveau d'abord en fonction du site à bloquer (Tableau 6) [52].

## ■ Bloc du plexus brachial par voie interscalénique

### Principes et indications

En 1970, Winnie propose l'abord interscalénique du plexus brachial qui permet un bloc des racines nerveuses au niveau même de leur émergence [53]. Cet abord qui permet les blocs les plus



**Tableau 6.**

Indications des différents blocs pour la chirurgie du membre supérieur (consensus professionnel).

Indications chirurgicales	Type de bloc	Cathéter
Prothèse d'épaule	BIS	+
Rupture de coiffe des rotateurs	BIS	+
Arthrolyse d'épaule	BIS	+
Acromioplastie à ciel ouvert	BIS	+
Acromioplastie arthroscopique	BIS	0
Intervention de Bankart	BIS	+
Butée d'épaule	BIS	+
Luxation acromioclaviculaire	BIS	0
Luxation d'épaule	BIS	0
Ostéosynthèse de clavicule	BIS + PCS	0
Ostéosynthèse de tête humérale	BIS, BSC	+
Ostéosynthèse de diaphyse humérale	BSC ou BIC	+
Fracture de la palette humérale	BSC ou BIC, BCH ?	+
Arthrolyse du coude	BSC, BIC ou BAX	+
Arthroscopie du coude	BSC	0
Fracture de l'olécrane	BSC, BIC, BAX	0
Épicondylite, neurolyses au coude	BAX, BCH	0
Fractures avant-bras, poignet	BIC, BAX ou BCH	0
Traumatismes graves de la main	BIC, BAX	+
Chirurgies de la main, de l'avant-bras et du poignet	BAX, BCH	±
Chirurgie de la fistule artérioveineuse	BAX, BCH	0

BIS: bloc interscalénique; PCS: bloc du plexus cervical superficiel; BSC: bloc suprascapulaire; BIC: bloc infraclaviculaire; BAX: bloc axillaire; BCH: bloc huméral.

étendus, autorisant la chirurgie de presque tout le membre supérieur, de l'épaule et de la région cervicale, est aussi celui qui comporte, théoriquement, le plus de risques.

Compte tenu de l'extension habituelle de l'anesthésie obtenue, la voie interscalénique trouve ses meilleures indications dans la chirurgie de l'épaule et du bras. Elle comporte des risques d'échec lorsque la chirurgie porte sur le territoire ulnaire.

## Réalisation

### Technique classique en neurostimulation

#### Abord latéral

Trois éléments doivent être recherchés : le sillon interscalénique en arrière du muscle sterno-cléido-mastoïdien (SCM), la veine jugulaire externe et le bord inférieur du cartilage cricoïde (habituellement au niveau du tubercule de Chassaignac). Le repère profond est représenté par le tubercule de Chassaignac, tubercule antérieur du processus transverse bifide de C6, palpé dans le sillon interscalénique sur une horizontale passant au bord inférieur du cartilage cricoïde [53].

Le patient est en décubitus dorsal, la tête tournée du côté opposé à celui de la ponction. En lui demandant de décoller la tête du plan du lit, on repère le bord postérieur du muscle SCM en arrière duquel on palpe le muscle scalène antérieur puis, en continuant en arrière, le sillon interscalénique. Le point de ponction est situé juste au-dessus de la veine jugulaire externe, à l'endroit où elle croise le sillon interscalénique (Fig. 6). Si elle n'est pas repérable, il faut rechercher le tubercule antérieur du processus transverse de C6 (tubercule carotidien de Chassaignac); sa recherche relativement douloureuse ne doit pas être systématique.



**Figure 6.** Bloc interscalénique. Repères de ponction en neurostimulation. 1. Ligne horizontale passant par le cartilage cricoïde; 2. bord postérieur du chef latéral du muscle sterno-cléido-mastoïdien; 3. espace interscalénique palpé en arrière du muscle scalène antérieur; 4. veine jugulaire externe. flèche bleue : direction de l'aiguille selon Borgeat.

La technique décrite ici est celle de Borgeat et al. [54] modifiant la technique originale de Winnie. La direction de l'aiguille (23 G, 50 mm) est caudale et légèrement latérale ou axiale (dirigée vers le genou du patient), mais pas médiale, pour éviter l'entrée dans un foramen intervertébral. La progression est prudente jusqu'au déclenchement d'une réponse motrice qui n'a de signification que si elle ne se situe pas au niveau de l'épaule. Une réponse à ce niveau peut traduire une stimulation du nerf suprascapulaire, en dehors de l'espace. Les bonnes réponses qui traduisent une stimulation de C6 sont une contraction des muscles triceps brachial ou deltoïde [52,54]. Si on obtient le contact osseux du tubercule de Chassaignac, l'aiguille est retirée de quelques millimètres et déplacée légèrement. Après le déclenchement d'une réponse motrice, on pratique un test d'aspiration pour s'assurer de l'absence de reflux de sang ou de liquide cébrospinal [54]. Plus que pour les autres blocs, l'injection est lente et fractionnée à la recherche de signes d'alerte cardiovasculaires ou neurologiques. Le non-respect de la procédure peut être responsable de complications graves, particulièrement neurologiques avec des atteintes médullaires [55].

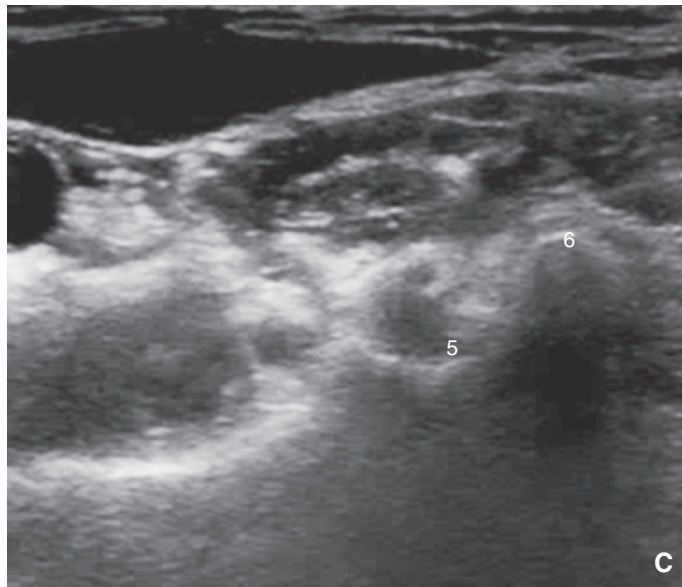
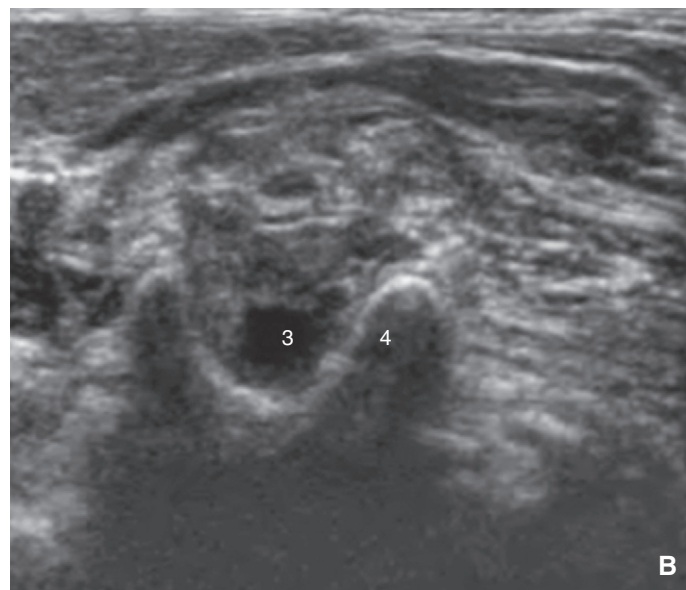
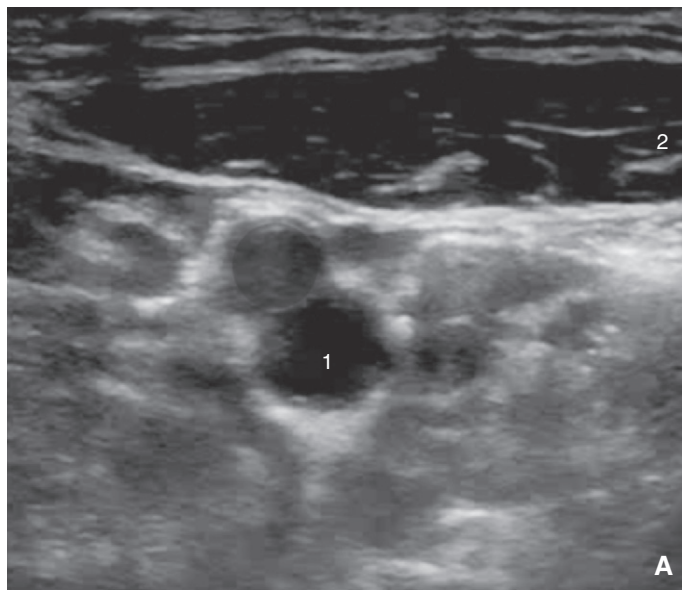
#### Abord postérieur

L'abord interscalénique postérieur, ou abord paravertébral cervical, décrit par Kappis en 1912, a été réactualisé par Pippa en 1990 [56]. La ponction est réalisée sur un patient en position assise ou en décubitus latéral, sur une horizontale passant par le processus épineux de C6, 5 à 6 cm latéralement à la ligne médiane. Le point de ponction est situé à la pointe du V dessiné entre le bord latéral du muscle trapèze et du muscle élévateur de la clavicule. L'aiguille (75 à 100 mm) est dirigée en dedans et en bas, vers le manubrium sternal. La neurostimulation recherche les réponses en C6 classiques à l'étage interscalénique. Cet abord n'a pas rencontré un grand succès, sauf pour la mise en place de cathéter d'analgésie [57,58]. Des complications graves ont été récemment rapportées à type de diffusion périurale, de rachianesthésie totale ou d'injection intramédullaire.



#### Technique en échoguidage

La région cervicale latérale est facile à étudier en échographie, les principaux éléments anatomiques étant peu profonds, 3 à 5 cm au plus. Les racines du plexus brachial sont identifiées comme des lacunes grises hypo- ou anéchogènes encerclées de tissu conjonctif, blanc ou hyperéchogène [29,59]. La bifurcation carotidienne se produit habituellement en C4. La vertèbre C7, première vertèbre n'ayant pas un processus transverse bifide est facilement identifiée. Ces deux vertèbres constituent les repères échographiques du plexus brachial. La vertèbre C6 est facilement localisée, juste



**Figure 7.** Bloc interscalénique : repérage échographique. La bifurcation carotidienne se produit habituellement en C4 (A). C7 est la première vertèbre dont le processus transverse ne soit pas bifide (C). En partant de C7 et en remontant en direction céphalique, la première vertèbre dont le processus transverse est bifide est donc C6 (B). 1. Bifurcation de l'artère carotide ; 2. muscle sterno-cléido-mastoïdien ; 3. racine C6 ; 4. tubercule de Chassaignac (apophyse antérieure du processus transverse de C6) ; 5: racine C7 ; 6. processus transverse unique de C7.



au-dessus de C7, comme la dernière vertèbre ayant un processus transverse bifide dont le volumineux tubercule antérieur est nommé tubercule carotidien de Chassaignac (Fig. 7).

Enfin, l'échographie permet de visualiser le nerf phrénique au long de son trajet chez plus de 80 % des patients.

L'échoguidage améliore le taux de réussite du bloc interscalénique [60]. La visualisation directe des racines ou des troncs montre que dans un nombre non négligeable de cas, certains éléments du plexus brachial, au niveau habituel de ponction ne sont pas dans l'espace interscalénique, mais parfois dans le corps du muscle scalène antérieur et, même parfois, en avant de ce muscle. Une étude systématique au niveau interscalénique retrouve 50 % de variations significatives, essentiellement des racines qui sont d'emblée en avant (C5) ou qui traversent le muscle scalène antérieur. Dans 25 % des cas, l'examen Doppler couleur objective une branche artérielle qui croise les troncs nerveux. Ces variations ne sont pas symétriques entre les côtés droit et gauche [61]. Cependant, il ne semble pas que ces variations anatomiques influencent de façon significative à elles seules, le taux de réussite. Il existe cependant un risque d'échec du bloc lors de ponction à l'aveugle, soit qu'une partie des troncs n'est pas bloquée, soit que la totalité de la solution est injectée sur un tronc situé en dehors du sillon interscalénique. L'échographie, en montrant ces variations, permet d'adapter la technique de ponction à la réalité anatomique. Dans quelques cas, la confirmation que la lacune hypoéchogène

visualisée hors du sillon interscalénique, est bien une structure nerveuse peut nécessiter le recours à la neurostimulation [11].

La visualisation du plexus est habituellement réalisée en petit axe ; l'abord peut être dans le plan (habituellement postérieur) ou hors du plan. L'exploration de la région recherche les différentes racines ou les troncs, l'éventuelle présence d'éléments artériels entre les racines (Doppler couleur) et la présence de variations anatomiques. L'injection au niveau de C6 ou C7 permet un bloc homogène et efficace, souvent avec un volume réduit (15 à 20 ml) d'AL. Cette réduction des volumes permet de minorer et même d'abolir les effets ventilatoires du bloc interscalénique, en limitant la diffusion vers C4 [62].

## Problèmes et complications

En raison de sa proximité avec la moelle, le nerf phrénique, le ganglion stellaire, et les vaisseaux à destination cérébrale, le bloc interscalénique comporte des risques anatomiques.

L'injection intrathécale ou périurale, conséquence du passage de l'aiguille par un foramen intervertébral est responsable d'une rachianesthésie totale ou d'une anesthésie périurale [63-65]. Il existe un risque de traumatisme de la moelle et des racines qui peut être responsable d'atteintes neurologiques graves et définitives [55].

La ponction vasculaire est possible en raison de la richesse en vaisseaux de la région. Outre l'artère vertébrale située en avant du plexus brachial, l'artère cervicale transverse située entre les troncs du plexus brachial (avec ses veines satellites) explique ce risque vasculaire. Le Doppler couleur permet de visualiser ces artères proches du sillon interscalénique. Le risque convulsif secondaire à une injection intra-artérielle, carotide ou vertébrale, est particulièrement important.

Classiquement, le bloc interscalénique entraîne dans 100 % des cas une parésie de l'hémiaphragme homolatéral<sup>[66]</sup> responsable d'une altération de la mécanique ventilatoire secondaire à l'extension de l'anesthésie au niveau du nerf phrénique. Elle devient rare sous échoguidage, peut-être en raison d'une injection plus caudale (centrée sur C6) et de la réduction très importante des volumes injectés.

Les nerfs ulnaire, intercostobrachial et accessoire du brachial cutané interne ne sont pas toujours bloqués lors d'un abord interscalénique.

Pour des raisons de proximité, les nerfs récurrents (dysphagie, dysphonie) et le ganglion stellaire peuvent être bloqués (syndrome de Claude Bernard-Horner). S'ils surviennent, leur récupération doit être surveillée.

Le bloc interscalénique peut être responsable de complications aiguës (intoxications aux anesthésiques locaux, pneumothorax, ponction vasculaire) dont l'incidence est inférieure à 1 % des cas<sup>[67]</sup>. Après les quatre cas rapportés par Benumof<sup>[55]</sup>, la responsabilité du bloc interscalénique dans les complications neurologiques postopératoires a sûrement été surestimée; en chirurgie de l'épaule, l'incidence de ces complications est de l'ordre de 0,3 %, très inférieures à celles d'origine chirurgicale, variant entre 1 à 8 % selon les interventions<sup>[68]</sup>.

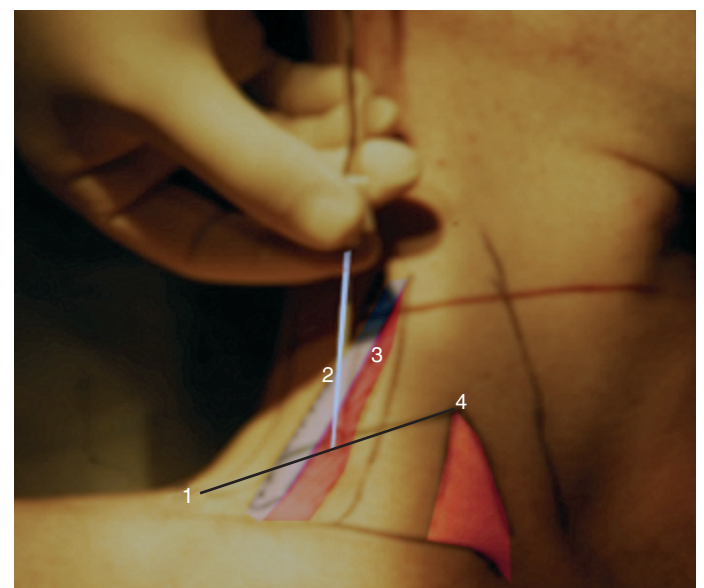
Le syndrome d'hypotension-bradycardie est une complication spécifique du bloc interscalénique qui peut survenir chez 13 à 24 % des patients éveillés en position assise pour chirurgie de l'épaule. Il entraîne une syncope vasovagale. La présence d'adrénaline dans la solution anesthésique ou le liquide d'irrigation en chirurgie arthroscopique semble nécessaire pour déclencher la tachycardie qui initierait ce réflexe. Lors des premières publications, cette syncope avait été attribuée à l'activation du réflexe de Bezold-Jarisch, expliquée par l'hypovolémie secondaire à la position assise et exacerbée par la tachycardie due au passage systémique de l'adrénaline<sup>[69]</sup>. La physiopathologie de cette complication avait été dans un premier temps mal comprise; il ne s'agit pas d'un réflexe de Bezold-Jarisch, mais d'un syndrome hypotension-bradycardie. Ainsi, quand les circonstances sont réunies, certains patients sont exposés à cette complication qui doit être connue, prévenue (absence d'adrénaline dans la solution anesthésique) et correctement traitée (éphédrine ± atropine) quand elle survient<sup>[70]</sup>.

## ■ Bloc du plexus brachial par voie supraclaviculaire

### Principes et indications

Historiquement la plus ancienne des techniques de bloc du membre supérieur, la voie supraclaviculaire permet l'anesthésie de tout le membre supérieur, sauf l'épaule. Sa réalisation ne nécessitant pas de mobilisation, elle trouve une indication d'élection en traumatologie.

Le risque principal étant le pneumothorax, l'insuffisance respiratoire, même potentielle, et la chirurgie ambulatoire sont des contre-indications classiques, particulièrement en technique aveugle. Compte tenu des difficultés de compression dans le territoire de la ponction, les troubles de l'hémostase à risque hémorragique constituent une contre-indication de principe.



**Figure 8.** Bloc supraclaviculaire. Repères de ponction en neurostimulation. On trace une ligne droite joignant les points 1 et 4. Le point de ponction est situé à l'intersection de cette ligne avec la veine jugulaire externe, dans le sillon interscalénique. La direction de l'aiguille est légèrement latérale, caudale et postérieure. 1. Insertion claviculaire du muscle trapèze; 2. veine jugulaire externe; 3. sillon interscalénique; 4. sommet du triangle de Sédillot.

### Réalisation

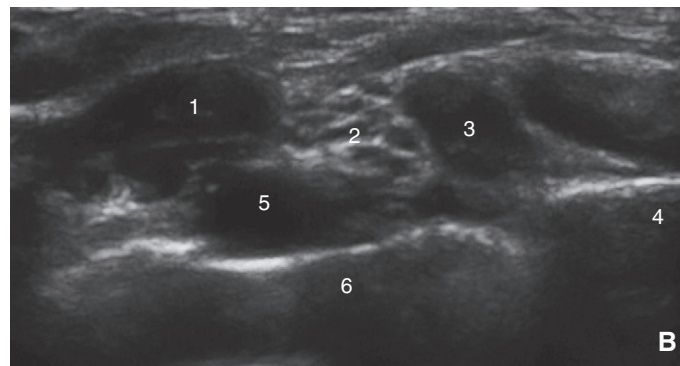
#### Technique classique en neurostimulation

De nombreuses voies d'abord supraclaviculaires ont été décrites; il est difficile de déterminer une supériorité de l'une par rapport à une autre. Toutes les ponctions réalisées juste au-dessus de la clavicule partagent un risque commun de pneumothorax, particulièrement du côté droit. Ce risque est réduit avec les abords décrits par Brown<sup>[71]</sup> et Dupré. La voie de Dupré décrite ici présente l'avantage d'un risque quasiment nul de pneumothorax<sup>[72]</sup>. Les repères sont constitués (Fig. 8) : en dedans par le sommet du triangle de Sédillot; en dehors par le bord interne de l'insertion claviculaire du muscle trapèze; au milieu par la veine jugulaire externe. Elle correspond à un abord légèrement caudal par rapport à celui décrit ultérieurement par Borgeat dans sa modification du bloc interscalénique de Winnie<sup>[54]</sup>.

Chez un patient en décubitus dorsal et ayant la tête tournée du côté opposé à celui de la ponction, on relie par un trait le sommet du triangle de Sédillot et l'insertion claviculaire du muscle trapèze que l'on identifie en suivant le bord supérieur de la clavicule avec le doigt : la progression du doigt vers l'extérieur est bloquée par le bord interne de l'insertion claviculaire du trapèze. La veine jugulaire externe est facilement repérée; le point de ponction se trouve à l'intersection de celle-ci avec la ligne tracée. Durant la ponction, qui évite la veine, l'aiguille (23 G, 2,5 cm) est introduite dans une direction légèrement postérieure et externe. La bonne position du biseau est assurée par les critères habituels de passage de la gaine et la neurostimulation. La réponse optimale est située au niveau du nerf radial (tronc moyen) avec une extension des doigts et de la main<sup>[73]</sup>.

#### Technique en échoguidage

La première publication de l'utilisation des ultrasons en ALR date de 1978, La Grange rapportant un bloc supraclaviculaire facilité par le repérage de l'artère au Doppler sans imagerie. L'échographie illustre clairement l'anatomie de la région supraclaviculaire et a participé à la renaissance de cet abord. Elle précise les structures environnantes comme la plèvre, habituellement distante de plus de 1 cm, et les vaisseaux cervicaux<sup>[74,75]</sup> (Fig. 9).



**Figure 9.** Bloc supraclaviculaire. Repérage échographique (A, B). 1. Muscle scalène antérieur ; 2. plexus brachial supraclaviculaire ; 3. muscle scalène moyen ; 4. première côte ; 5. artère subclavière ; 6. poumon.

Pour ce bloc, une sonde linéaire est habituelle mais l'utilisation d'une sonde curvilinéaire de petite taille permet une vision optimale du plexus pour un très faible encombrement. Classiquement, l'ensemble du plexus brachial est regroupé dans un espace unique juste au-dessus de la clavicule ; cependant, le plexus peut à ce niveau s'organiser en deux (ou rarement trois) contingents dont les rapports avec les branches artérielles issues de l'artère subclavière sont parfois complexes. Il est très important lors de cet abord de préciser la position relative des structures nerveuses par rapport aux structures vasculaires. En raison des grandes variations anatomiques possibles, l'échoguidage est recommandé pour cette voie d'abord [76]. Un examen échographique complet incluant un doppler couleur de la région doit précéder la ponction ; il recherche les rapports précis de l'artère dorsale de la scapula et du plexus brachial, ainsi que la position des éléments nerveux par rapport à la plèvre [77].

Il est envisageable à la fin de cet examen de renoncer à cette voie d'abord, en raison de rapports neurovasculaires complexes, comme dans les cas où les différents éléments nerveux ne sont pas organisés en faisceaux mais sont répartis autour de l'artère subclavière [10].

Techniquement, la visualisation du plexus se fait en petit axe ; la ponction peut être réalisée « hors du plan » ou « dans le plan ». Le point de ponction (aiguille 50 mm) peut alors être médian ou postérolatéral, ce qui permet d'éviter de passer par les plans vasculaires.

L'injection de 30 ml de la solution choisie est habituellement nécessaire. Dans une série de 510 patients, le taux de succès en injection unique est de 95 %, avec 33 ml [78]. Le volume nécessaire pour un bloc efficace est de 40 ml [79]. Il ne semble pas que l'échoguidage ait permis de réduire de façon importante les volumes nécessaires par voie supraclaviculaire.

En revanche, toutes les études sur le bloc supraclaviculaire échoguidé montrent une installation rapide du bloc, un taux de réussite très élevé, une incidence très faible d'effets secondaires, justifiant le renouveau de cette technique [80].

### Bloc du plexus brachial par voie inter-sterno-cléido-mastoïdienne

Il s'agit d'une variante de la voie supraclaviculaire, décrite par Pham Dang, qui trouve sa meilleure indication dans la mise en place d'un cathéter [81]. Le point de ponction est situé au sommet du triangle de Sédillot. L'aiguille est dirigée vers le milieu de la clavicule en direction latérale, caudale et postérieure pour passer sous le chef claviculaire du SCM. La neurostimulation recherche des réponses sur les nerfs médians (flexion des doigts), musculocutané (flexion du coude) ou même axillaire (contraction du muscle deltoïde). Un taux de réussite supérieur ou égal à 95 % est habituel sur les nerfs axillaire, médian, musculocutané et radial. Seul le nerf ulnaire n'est bloqué que dans 85 % des cas, justifiant une relative contre-indication de cet abord si la chirurgie porte essentiellement sur ce territoire. En pratique, cet abord préfigurait l'abord supraclaviculaire échoguidé où le point de ponction est

médial et la direction de l'aiguille latérale, dans un abord petit axe dans le plan. Il faut cependant, garder à l'esprit que la trajectoire de l'aiguille est proche du nerf phrénique qui passe à la surface du muscle scalène antérieur.

### Problèmes et complications

Le pneumothorax était la complication la plus fréquemment rapportée par voie supraclaviculaire. Son incidence varie de 0,6 à 5 % lors des ponctions à l'aveugle. Les facteurs favorisants semblent être la voie classique de Kulenkampff, la ponction du côté droit et le patient longiligne. Ce pneumothorax parfois cliniquement retardé de 2 à 6 heures est un obstacle à la voie supraclaviculaire en chirurgie ambulatoire. Il est devenu exceptionnel sous échoguidage, aucun cas n'étant rapporté dans la série de 510 patients de Perlas. Le premier cas clinique sous échographie a été récemment publié. L'incidence des autres complications semble aussi réduite par l'échographie. Ainsi, l'incidence de la ponction vasculaire était de 25 % à l'aveugle [73], contre 0,5 % sous échoguidage [78]. De même, l'incidence du syndrome de CBH passe de 64 à 1 % en fonction de la technique de repérage. L'incidence de la dysfonction diaphragmatique et de l'atteinte du nerf récurrent laryngé varie entre 1 et 3 %.

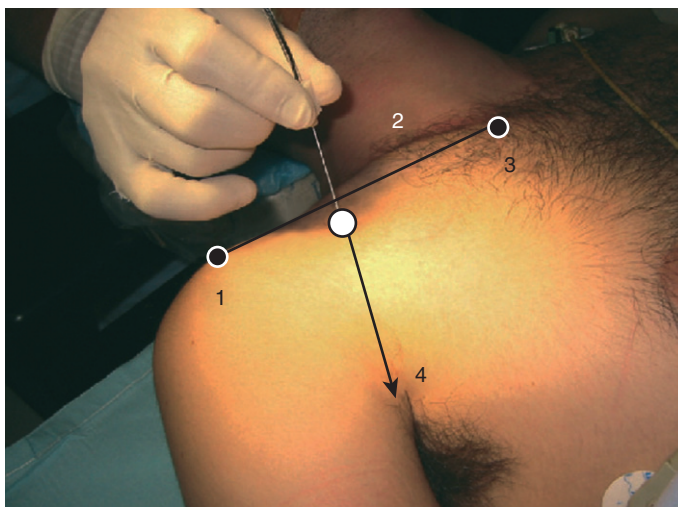
## ■ Bloc du plexus brachial par voie infraclaviculaire

### Principes et indications

Le bloc infraclaviculaire (BIC) aborde le plexus brachial au niveau des faisceaux. Ses indications sont la chirurgie du coude, de l'avant-bras et de la main. Il associe les avantages des voies supraclaviculaire et axillaire, et en corrige certains défauts, comme le montre une récente méta-analyse comparant le BIC aux autres abords du plexus brachial et incluant trois études contrôlées de blocs échoguidés [82]. Ce bloc est efficace sans plus de complications que les autres abords [82, 83], avec des avantages certains comme une meilleure tolérance du garrot, l'absence de mobilisation du membre supérieur, un bloc plus constant des nerfs axillaire et musculocutané [82, 84], mais un risque toujours présent de pneumothorax. Pour la mise en place des cathéters, la voie infraclaviculaire présente les avantages d'un point de ponction en zone sèche et glabre et l'absence de plicature du cathéter. Dans cette indication, l'échoguidage apporte des bénéfices supplémentaires comme la facilitation de la mise en place, un nombre réduit de ponction vasculaire et une amélioration de la qualité de l'analgésie [84].

### Réalisation

Sous le terme de BIC sont regroupées des techniques en réalité fort différentes, et donc peu comparables entre elles. On peut les



**Figure 10.** Bloc infraclaviculaire. Repères de ponction en neurostimulation. 1. Articulation acromioclaviculaire; 2. clavicule; 3. articulation sternoclaviculaire; 4. direction de l'aiguille. Le point de ponction est situé au milieu de la clavicule, à mi-distance des repères 1 et 3. La direction latérale de l'aiguille permet de limiter le risque de ponction pleurale.

séparer en trois groupes, les approches coracoïdiennes selon Wilson [85], les approches latérosagittales décrites par Kapral [86], et les approches verticales décrites par Kilka [87].

### Technique en neurostimulation

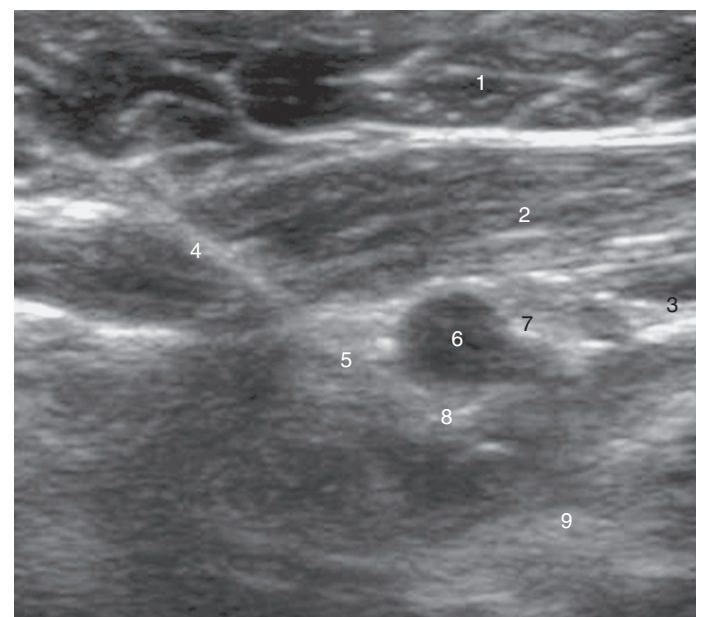
La technique décrite ici est l'abord de Borgeat modifiant la technique originelle de Raj [85]. Le patient est en décubitus dorsal, la tête tournée du côté opposé à celui de la ponction, le membre supérieur en abduction pour dégager la fosse axillaire au niveau de laquelle on repère le pouls de l'artère. On repère sur la peau, en dessous de la clavicule, le milieu de celle-ci entre le manubrium sternal et l'acromion (Fig. 10). L'aiguille est dirigée depuis le point de ponction vers le pouls axillaire avec un angle de 45 à 60°, aussi proche que possible du bord latéral du muscle grand pectoral, suivant ainsi la ligne de Bazy qui relie le tubercule carotidien de Chassaignac à l'axe du bras à 45° d'abduction en passant par le sommet du processus coracoïde. Chez un adulte de corpulence normale le plexus brachial est trouvé à 50 mm de profondeur, ce qui nécessite une aiguille de 80 à 100 mm. Cette technique assure un taux de succès élevé, entre 97 et 100 % sans risque de pneumothorax.

Par voie infraclaviculaire, la meilleure réponse en neurostimulation est une réponse sur le faisceau postérieur, soit sur le nerf radial [88]. Une stimulation du nerf musculocutané est insuffisante car ce nerf peut se séparer précocement du faisceau latéral et se trouver déjà à distance des autres faisceaux [89]. Dans ce cas, il est bloqué spécifiquement (5 ml) et la recherche est reprise en réorientant l'aiguille latéralement.

Si la pose d'un cathéter est envisagée, l'abduction du bras facilite la mise en place du cathéter. Après avoir obtenu une réponse radiale, l'aiguille est légèrement orientée en direction caudale, pour faciliter l'introduction d'un cathéter.

### Technique en échoguidage

Dans ce bloc profond, où les structures nerveuses sont très proches des vaisseaux subclaviers et de la plèvre, la visualisation de l'anatomie et de la position de l'aiguille est un avantage certain [8] (Fig. 11). Cependant, la visualisation de ces structures anatomiques et de l'aiguille est parfois gênée par la profondeur des éléments nerveux, et la difficulté, dans certains cas, à identifier les trois faisceaux du plexus brachial; dans l'étude de Perlas, les trois structures n'ont été clairement identifiées que dans 30 % des cas [30]. À l'inverse, les variations anatomiques de la position relative entre les nerfs et les vaisseaux peuvent être visualisées, de même que la diffusion de l'AL [90].



**Figure 11.** Bloc infraclaviculaire. Repérage échographique. 1. Muscle grand pectoral; 2. muscle petit pectoral; 3. veine subclaviculaire; 4. aiguille de ponction au niveau du faisceau médian; 5. faisceau postérieur du plexus brachial; 6. artère subclaviculaire; 7. faisceau latéral du plexus brachial; 8. faisceau médian du plexus brachial; 9. ligne pleurale.



Le membre supérieur est placé en abduction, ce qui rapproche le plexus de la surface cutanée et facilite la réalisation du bloc [91]. La ponction est habituellement réalisée dans le plan, le plexus étant visualisé en petit axe.

Dans le cas du bloc infraclaviculaire, le site d'injection (au niveau du faisceau médian) et le schéma de diffusion de l'AL, à partir du faisceau médian (nerf radial) vers les deux autres faisceaux, influencent la réussite du bloc. L'échoguidage montrant la diffusion de l'AL permet de confirmer la bonne position de l'extrémité de l'aiguille [92]. Pour le BIC, l'échoguidage améliore les résultats [93,94] par rapport à la neurostimulation. Cependant, les ultrasons ne mettent pas totalement à l'abri du risque de pneumothorax, et il faut donc peser les indications de ce bloc en fonction du patient (qualité de l'image obtenue), de l'indication chirurgicale et du caractère ambulatoire de la procédure.

### Problèmes et complications

La ponction peut être douloureuse, traversant les muscles pectoraux. L'abord est plus difficile chez l'obèse, quelle que soit la technique de localisation [95].

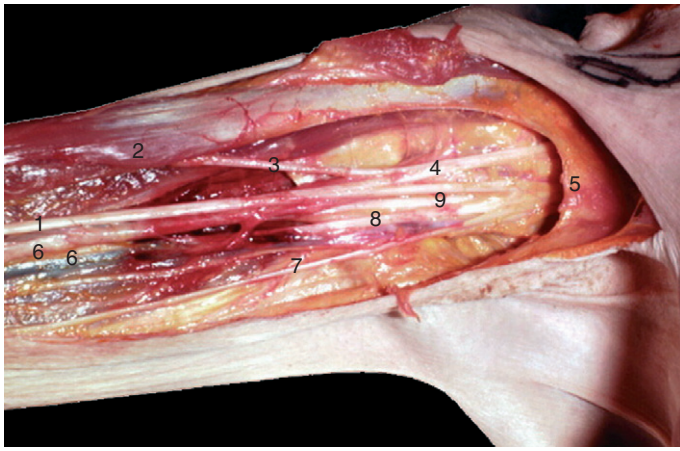
Le pneumothorax reste la complication la plus redoutée. L'axe de ponction strictement latéral (ou antéropostérieur) doit en minorer l'incidence. L'échoguidage n'a pas totalement résolu le problème, plusieurs cas cliniques ayant été rapportés avec cette technique [96].

La ponction vasculaire est un risque presque naturel, les trois faisceaux étant répartis autour de l'artère subclavière. Les relations entre les éléments nerveux et la veine subclavière sont variables. En raison des difficultés de compression à ce niveau, les troubles de la coagulation acquis ou constitutionnels sont des contre-indications de principe des abords infraclaviculaires à l'aveugle.

## ■ Bloc du plexus brachial par voie axillaire

### Principes et indications

De réalisation théoriquement aisée, la voie axillaire est celle qui présente le moins de risque. C'est également celle qui offre le bloc



**Figure 12.** Fosse axillaire. Cette dissection montre une organisation un peu particulière, mais non exceptionnelle, dans laquelle les nerfs médian et musculocutané ne sont pas encore séparés et sont réunis dans un même faisceau au niveau axillaire. Cette variante complique l'interprétation des réponses motrices en neurostimulation. 1. Nerf médian; 2. muscle biceps brachial; 3. nerf musculocutané; 4. tronc commun; 5. fascia axillaire superficielle; 6. artère et veine brachiales; 7. nerf cutané médial du bras; 8. nerf ulnaire; 9. nerf radial.

le moins étendu, cet abord étant le plus bas situé par rapport à l'origine du plexus brachial, et au niveau axillaire on ne retrouve que des nerfs terminaux (Fig. 12).

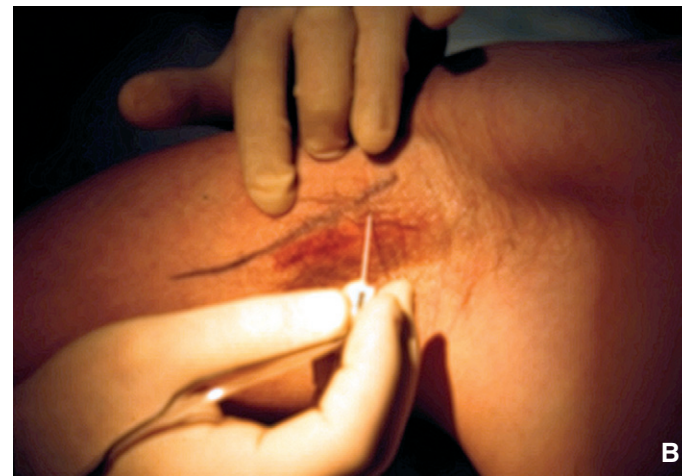
Cet abord est indiqué pour toute intervention chirurgicale portant sur la main, l'avant-bras et le tiers inférieur du bras. La chirurgie de l'épaule ne peut être réalisée avec cette technique, mais la chirurgie du coude est possible<sup>[97]</sup>. La nécessité de mobiliser le bras pour réaliser le bloc peut être une limite notamment en traumatologie. Un cathéter peut facilement être mis en place à ce niveau permettant des analgésies prolongées<sup>[98]</sup>. Tout bloc plexique entraîne un bloc sympathique qui peut avoir des indications cliniques. La sécurité de l'abord axillaire le fait choisir de première intention pour lever un spasme artériel. Il n'existe que deux contre-indications propres à la voie axillaire: l'adénite de l'aisselle et l'impossibilité d'abduction du bras.

## Réalisation

### Technique en neurostimulation

Le patient étant en décubitus dorsal, le bras est en abduction à 80–90° en rotation externe, la main reposant sur sa face dorsale. Dans cette position, le creux axillaire est dégagé permettant la palpation de l'artère qui adopte alors un trajet sensiblement rectiligne de la clavicule jusque dans la fosse axillaire. Il faut éviter une abduction trop importante; en effet, lors de l'abduction maximale du bras, la bascule de la tête humérale en dehors de la glène entraîne une compression de l'artère responsable d'une abolition du pouls axillaire dans plus de 80% des cas à l'endroit où l'on tente de le localiser. De même, quand l'abduction du bras est supérieure à 90°, le plexus brachial décrit une courbe au niveau du bord inférieur du muscle grand pectoral rendant difficile l'introduction d'un cathéter dans la gaine. L'anesthésiste se place face au patient dans l'angle du creux axillaire. Il n'est pas nécessaire de raser l'aisselle.

Il est certain que la technique de multistimulation permise avec les neurostimulateurs modernes a largement amélioré les résultats des blocs axillaires, le taux global de succès approchant 95% selon les études<sup>[17,99]</sup>. La ponction est réalisée au bord antérieur de l'artère vers le nerf médian qui est le premier nerf rencontré. Après obtention d'une réponse adaptée, on injecte le volume choisi et l'on recherche le nerf radial en arrière de l'artère. Puis le nerf ulnaire est localisé. Enfin, le nerf musculocutané est localisé en dehors de la gaine du plexus brachial; la direction de l'aiguille est presque perpendiculaire au grand axe du bras (Fig. 13). Les réponses musculaires obtenues en neurostimulation sont:

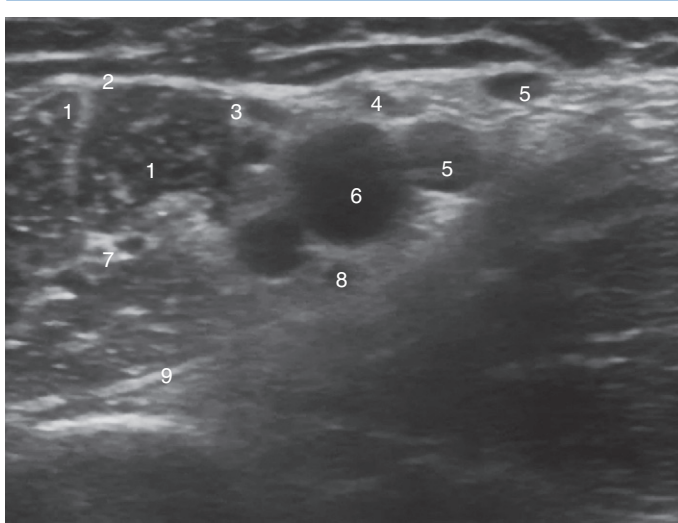


**Figure 13.** Bloc axillaire. Repères de ponction pour la neurostimulation. **A.** Le point de ponction se situe en avant de l'artère axillaire (au-dessus chez un patient en décubitus dorsal) pour rechercher en premier le nerf médian. Le nerf radial est habituellement trouvé en arrière de l'artère. Le nerf ulnaire est habituellement localisé en arrière du nerf médian. 1. Muscle biceps brachial; 2. artère axillaire; 3. muscle grand pectoral. **B.** Pour le nerf musculocutané, l'aiguille est réorientée perpendiculairement au grand axe du bras en arrière du muscle biceps.

- nerf radial: contraction des muscles de la loge postérieure de l'avant-bras entraînant une extension du poignet et des doigts, supination de la main. Contraction du muscle brachioradial (long supinateur) entraînant une flexion de l'avant-bras sur le bras. La contraction du triceps brachial, responsable d'une extension du coude, est une réponse incertaine; elle traduit bien la stimulation du nerf radial, mais la stimulation de la branche tricipitale est possible en dehors de la gaine;
- nerf ulnaire: contraction du muscle fléchisseur ulnaire du carpe, dont le tendon est visible et palpable au bord antéro-interne du poignet. Accessoirement, flexion des 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> doigts et adduction du pouce;
- nerf médian: mobilisation des tendons « palmaires ». Accessoirement, flexion de la main et des doigts et pronation;
- nerf musculocutané: contraction du biceps brachial et flexion de l'avant-bras sur le bras.

### Bloc au canal brachial (huméral)

Décrit par Dupré, le bloc « au canal huméral » se propose de bloquer les quatre principaux nerfs terminaux du membre supérieur au niveau du canal brachial de Cruveilhier<sup>[100]</sup>. L'avantage particulier de cette technique est de bloquer chaque nerf là où il est suffisamment éloigné des autres pour avoir des réponses nettes en neurostimulation et permettre le cas échéant d'injecter des AL différents sur chaque nerf<sup>[101]</sup>.



**Figure 14.** Bloc axillaire. Repérage échographique. Le plexus brachial axillaire est compris dans un espace triangulaire formé par l'aponévrose axillaire en avant et le tendon du muscle grand dorsal en arrière, qui forme le plancher du plexus brachial. 1. Muscle biceps brachial ; 2. fascia axillaire ; 3. nerf médian ; 4. nerf ulnaire ; 5. veines axillaires ; 6. artère axillaire ; 7. nerf musculocutané ; 8. nerf radial ; 9. tendon du muscle grand dorsal.

La ponction est réalisée à la jonction du tiers supérieur et du tiers moyen du bras. Le principal repère est l'artère brachiale. Le nerf médian est stimulé légèrement en avant de l'artère. L'aiguille progresse légèrement pour rechercher le nerf ulnaire. Le nerf radial est trouvé en plus arrière ; chaque nerf est bloqué avec 7 à 10 ml de la solution choisie. Enfin, l'aiguille est retirée puis réorientée en avant de l'artère, perpendiculairement à l'axe du bras pour bloquer le nerf musculocutané entre les muscles brachial et biceps.

Apogée de l'ère de la neurostimulation, le bloc au canal huméral est moins utilisé depuis l'avènement de l'échographie, bien qu'il soit possible de le réaliser sous échoguidage<sup>[102]</sup>.



### Technique en échoguidage (Fig. 13)

La sonde est placée dans la fosse axillaire et l'on visualise en petit axe les différents éléments du plexus brachial axillaire, les quatre nerfs, l'artère, les veines que l'on essaie de ne pas écraser sous la sonde (Fig. 14). La ponction peut être réalisée dans le plan ou hors du plan. Il est recommandé de commencer par le nerf radial, le plus profond et souvent le plus difficile à localiser, pour ne pas dégrader la qualité de l'image échographique dans les plans superficiels.

L'échographie améliore la compréhension de l'anatomie de la région axillaire en montrant les importantes et fréquentes variations organisationnelles à ce niveau. Deux études ont rapporté et quantifié ces variations de la position relative des différents nerfs du plexus brachial à l'étage axillaire<sup>[103,104]</sup> (Fig. 15). Ces variations de position sont parfois très importantes au point que dans quelques cas, le recours à la neurostimulation, pour confirmer que la structure visualisée est bien un nerf, est nécessaire. Les nerfs médians et ulnaires sont le plus souvent superficiels et faciles à visualiser en échographie. Ces variations concernent fréquemment le nerf musculocutané, qui peut se trouver en dehors de l'espace commun de diffusion<sup>[105]</sup> ; un abord spécifique est parfois nécessaire. À l'opposé, ce nerf est dans 20% des cas collé à l'artère axillaire, au pôle inférieur du nerf médian, et il n'est alors plus nécessaire d'aller le bloquer spécifiquement à distance du plexus brachial, entre les muscles biceps et brachial, ce qui diminue le nombre de redirections d'aiguille et les volumes injectés.

L'ensemble des études rapporte un avantage en faveur de l'échoguidage qui, en comparaison avec les autres techniques, réduit les temps de réalisation et d'installation du bloc, permet

de diminuer le nombre de redirection d'aiguille et les volumes injectés et finalement, améliore le taux de réussite (91,6% versus 81,9%)<sup>[99,106,107]</sup>.

## Complications

Il n'existe pas de complication spécifique à l'abord axillaire du plexus brachial, où les seules complications sont les traumatismes nerveux ou vasculaires et l'injection intravasculaire.

## ■ Bloc du plexus cervical

### Principes et indications

Assurant l'innervation sensitive du moignon de l'épaule et des territoires cutanés claviculaires jusqu'au manubrium sternal, le plexus cervical superficiel se trouve concerné par la chirurgie du membre supérieur.

### Réalisation

#### Techniques classiques

Les branches sensibles superficielles peuvent être bloquées par une infiltration sous-cutanée de 5 à 10 ml d'AL, au point d'Erb, le long du bord postérieur du muscle SCM, centré sur la région cricoïdienne. Le taux de succès est proche de 80%.

Une technique en neurostimulation motrice a été proposée. Il s'agit de rechercher et de bloquer les branches motrices profondes, particulièrement celles destinées aux muscles scalènes, facilement identifiables en neurostimulation. La ponction est réalisée en arrière du muscle sterno-cléido-mastoïdien, au niveau de C4, perpendiculairement au rachis, avec une aiguille de 50 mm au maximum. Après avoir déclenché une réponse motrice sur les muscles scalènes, on injecte lentement 10 ml de la solution choisie. Si le bloc est plus constant, la diffusion au nerf phrénique est elle aussi très fréquente ce qui est une des limites possibles de cette technique.

#### Technique en échoguidage

Les branches superficielles du plexus cervical traversent l'espace cervical postérieur situé entre le plan profond du muscle sterno-cléido-mastoïdien et le plan antérieur des muscles scalènes recouvert par la lame prévertébrale. Cet espace apparaît comme une bande d'échogénicité variable, au sein de laquelle on identifie parfois des lacunes hypoéchogènes correspondant aux éléments nerveux du plexus cervical superficiel.

L'injection avec une aiguille de 50 mm, dissèque la lame fibreuse avec 10 ml, d'arrière en avant. L'injection peut être divisée en deux volumes de 5 ml, le premier en direction céphalique, le second en direction caudale<sup>[108]</sup> (Fig. 16).

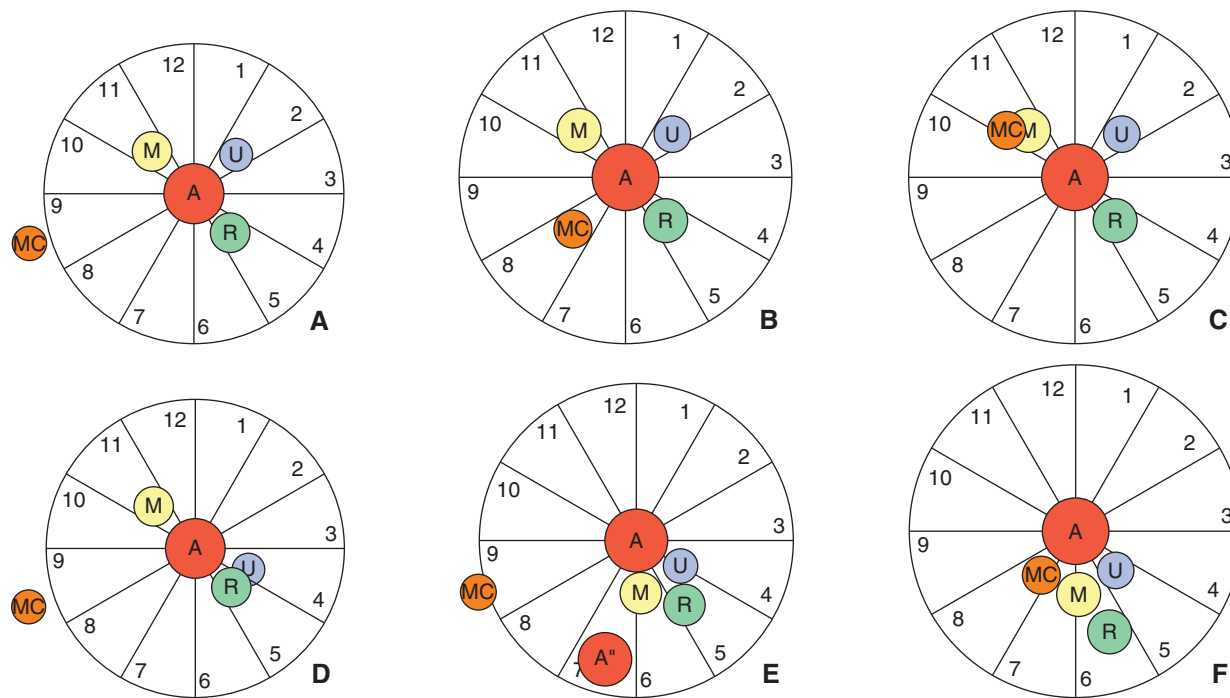


## ■ Blocs de compléments et blocs tronculaires

Les blocs tronculaires distaux peuvent être indiqués isolément, rarement, associés entre eux, ou en complément d'une autre technique en cas d'échec localisé sur un territoire spécifique. Ces blocs sont plus souvent réalisés en complément d'un bloc plexique. Leur efficacité et leur innocuité sont par ailleurs remarquables.

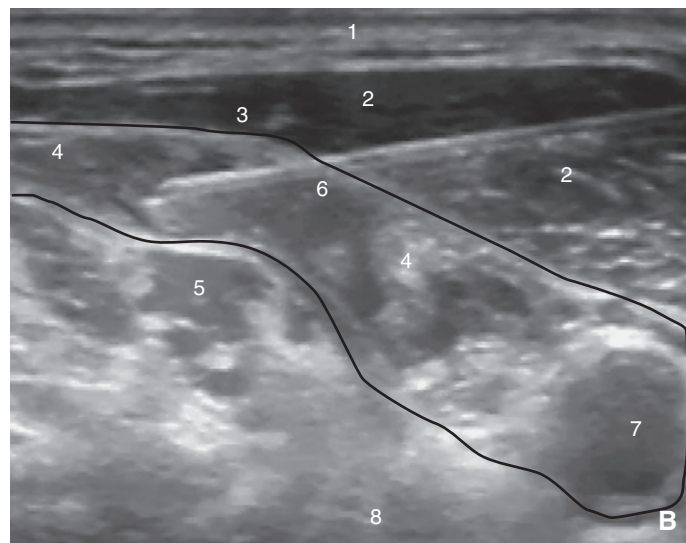
L'anesthésie doit toujours déborder largement le site opératoire. En effet, les zones frontières entre deux territoires sensitifs reçoivent une double innervation nécessitant un bloc des deux nerfs, et par ailleurs les très nombreuses variations anatomiques sont imprévisibles.

L'échoguidage a profondément modifié le blocage périphérique. Les nerfs ne sont plus localisés à partir de repères cutanés mais là où ils sont le mieux visualisés, et leurs fréquentes variations sont facilement mises en évidence<sup>[109]</sup>.



**Figure 15.** Variations de la position relative des nerfs dans la fosse axillaire (d'après<sup>[105]</sup>). L'échographie permet de préciser la position relative entre eux et avec l'artère axillaire, des quatre principaux nerfs présents au niveau de la fosse axillaire. Position des nerfs médian (M), ulnaire (U), radial (R) et musculocutané (MC) par rapport à l'artère axillaire (A). Une seconde artère axillaire (A'') est parfois trouvée. Les veines ne sont pas représentées. Toutes les variations rapportées ne sont pas illustrées (la somme des fréquences est inférieure à 100 %). Les valeurs ont été arrondies.

- A. 65 %.
- B. 13 %.
- C. 5 %.
- D. 5 %.
- E. 5 %.
- F. 1 %.



**Figure 16.** Plexus cervical intermédiaire. Repérage et ponction échoguidés (A, B). Les éléments du plexus cervical responsables de l'innervation sensitive des téguments de l'épaule cheminent entre le muscle sterno-cléido-mastoidien (SCM) et les muscles scalènes. L'échographie montre une zone hyperéchogène en arrière du muscle SCM et en avant des muscles scalènes. Dans la figure représentée, la ponction est antéropostérieure l'aiguille étant placée dans cette zone hyperéchogène après avoir traversé le muscle SCM. L'injection de l'anesthésique local dissèque l'espace et permet le blocage des filets nerveux sensitifs. 1. Tissu sous-cutané; 2. muscle SCM traversé par l'aiguille de ponction; 3. aiguille de ponction; 4. lame fibreuse disséquée par l'anesthésique local; 5. muscle scalène antérieur; 6. anesthésique local; 7. artère carotide.

## Bloc du nerf suprascapulaire

### Principes et indications

Issu de C5-C6, le nerf suprascapulaire assure l'innervation d'une large partie de l'épaule, particulièrement les régions postérieure et

supérieure, et de l'articulation acromioclaviculaire. Son territoire sensitif peut dans 10 % des cas s'étendre à la partie antérieure de l'aisselle. Il donne deux branches motrices pour les muscles supra- et infraépineux et une branche sensitive qui passe sous l'épine de la scapula pour rejoindre la capsule articulaire. Premier nerf à se



séparer du plexus brachial, sa stimulation lors d'un bloc interscalénique en neurostimulation est souvent considérée comme une mauvaise réponse, car il est parfois stimulé en dehors du sillon interscalénique. Il est habituellement bloqué lors du bloc interscalénique.

Son blocage est indiqué dans la chirurgie de l'épaule, particulièrement lors des abords postérieurs. Son bloc spécifique est justifié en cas d'échec ou de contre-indication d'un bloc interscalénique<sup>[51]</sup>, en cas de fracture de l'omoplate. En algologie, ce bloc trouve sa place dans la prise en charge de certaines algies de l'épaule, particulièrement en cas d'épaule gelée<sup>[110]</sup>.

### Techniques classiques

Le nerf est bloqué au-dessus de l'épine de l'omoplate. Le point de ponction est situé 1 cm au-dessus du milieu de l'épine de l'omoplate dont le trajet est tracé sur la peau depuis son bord médial jusqu'à l'acromion. Une ponction céphalocaudale dans le plan frontal est plus sûre qu'une ponction antéropostérieure au cours de laquelle l'aiguille peut passer au-dessus de l'omoplate et arriver dans le thorax<sup>[111]</sup>.

À l'aveugle, l'aiguille bute sur l'épine de l'omoplate, puis après un retrait de quelques millimètres on injecte 10 ml d'AL.

En neurostimulation on recherche une stimulation des muscles supra- et infraépineux, facilement palpables sur la scapula. Cinq à six millilitres sont suffisants.

### Technique en échoguidage

La sonde est placée au-dessus de l'épine de l'omoplate. Le nerf (2 mm de diamètre) est plaqué contre l'os, en avant (au sens anatomique) des plans musculaires du trapèze et du supraépineux. La ponction réalisée dans le plan (médiolatérale) ou hors du plan (céphalocaudale) permet de déposer 5 ml de la solution choisie au contact du nerf<sup>[110]</sup>.

## Bloc des nerfs intercostobrachial et accessoire du brachial-cutané-interne

### Principes et indications

Dans la fosse axillaire, les nerfs accessoires du brachial cutané et intercostobrachial cheminent en sous-cutané sous l'artère axillaire pour innerver la région proximale de la face médiale du bras. Ces blocs spécifiques sont indiqués lors des abords supraclaviculaires du plexus brachial si la région est concernée par la chirurgie.

### Technique

Le bras étant à 90° d'abduction, les deux nerfs sont bloqués simultanément par une infiltration sous-cutanée de 4 cm partant du bord inférieur de l'artère en direction du bord médial du bras. Quatre millilitres d'AL suffisent.

## Bloc du nerf musculocutané

### Principes et indications

Le bloc spécifique est indiqué pour l'anesthésie ou analgésie dans le territoire d'innervation, souvent en complément d'un bloc du plexus brachial, particulièrement par voie axillaire. Rarement, le nerf peut être bloqué isolément pour la rééducation des arthrolyses du coude quand il faut améliorer l'extension.

### Anatomie et repères

Après avoir cheminé à la partie supérieure de la gaine du plexus brachial, le nerf musculocutané pénètre dans le muscle coracobrachial qu'il perfore pour atteindre la fosse axillaire. Il se place classiquement entre les muscles biceps et brachial, dont il assure l'innervation motrice. Au niveau de l'épicondyle, il donne le nerf cutané latéral de l'avant-bras, superficiel, qui se divise en deux branches à destinée cutanée.

Cependant, sa constitution et son trajet entre la clavicule et l'épicondyle latéral, comme son territoire d'innervation cutanée sont très variables<sup>[112]</sup> (Fig. 3 et Fig. 17). Dans une étude



**Figure 17.** Nerf musculocutané. La position du nerf musculocutané au niveau axillaire est sujette à de nombreuses variations, comme illustrée dans ce cas où le nerf est retrouvé en position sous-cutanée. 1. Nerf musculocutané ; 2. nerf médian ; 3. artère axillaire ; 4. tendon du muscle grand dorsal.

échographique sur 387 plexus axillaires, la position du nerf musculocutané est en dehors du muscle coracobrachial dans plus de 20 % des cas. Il peut soit être collé à l'artère brachiale ou au nerf médian, soit être issu d'un tronc commun avec le nerf médian. Dans tous les cas où le nerf musculocutané adopte une origine ou un trajet variant, le nerf ulnaire a aussi une position variant des schémas classiques. Enfin, le nerf musculocutané peut même faire défaut dans 8 % des cas, remplacé alors par une branche du nerf médian<sup>[113]</sup>.

Ceci explique la difficulté parfois rencontrée pour le bloquer spécifiquement en neurostimulation, et les réponses parfois « aberrantes » associant des mouvements sous la dépendance théorique des nerfs médians et musculocutané.

### Technique du bloc en neurostimulation

Le nerf est recherché dans la fosse axillaire au-dessus de l'artère axillaire, en arrière du muscle biceps. La ponction est perpendiculaire au grand axe huméral. La réponse est une contraction du muscle biceps entraînant une flexion de l'avant-bras sur le bras.

### Technique du bloc en échographie

Le nerf est recherché par un balayage depuis la fosse axillaire vers le coude. Il est le plus souvent facilement identifié en arrière du muscle biceps, souvent sous la forme d'une structure en amande contenant deux branches nerveuses (Fig. 18). L'abord dans ou hors du plan est facile, le nerf étant bloqué avec 3 à 4 ml de la solution choisie. Mais sa position peut être inhabituelle, au point que la neurostimulation puisse être nécessaire pour l'identifier, même sous échoguidage<sup>[102]</sup>.

## Bloc du nerf ulnaire

### Principes et indications

Le bloc du nerf ulnaire est indiqué pour la chirurgie ou l'analgésie dans le territoire d'innervation ou en complément d'un bloc du plexus brachial, particulièrement par les abords au-dessus de la clavicule. Classiquement, le nerf ulnaire peut être bloqué en amont ou en aval de la gouttière épitrochléo-olécranienne. Il est conseillé de ne pas l'aborder dans la gouttière en raison d'un risque élevé de paresthésies séquellaires.

### Anatomie et repères

Au coude, le nerf ulnaire passe dans la gouttière épitrochléo-olécranienne. Au tiers inférieur de l'avant-bras, il rejoint l'artère ulnaire pour se placer, au poignet postéro-interne à l'artère, le plus souvent en arrière du tendon du muscle fléchisseur ulnaire du carpe. Si son innervation sensitive cutanée n'intéresse que le bord



**Figure 18.** Nerf musculocutané en échographie (A, B). À la partie basse de la fosse axillaire, le nerf est habituellement retrouvé en arrière du muscle biceps brachial, en avant du muscle brachial. Le nerf dessine souvent cette forme caractéristique en amande, au sein de laquelle on identifie deux branches déjà individualisées. 1. Muscle biceps brachial; 2. nerf musculocutané divisé en deux branches; 3. muscle brachial

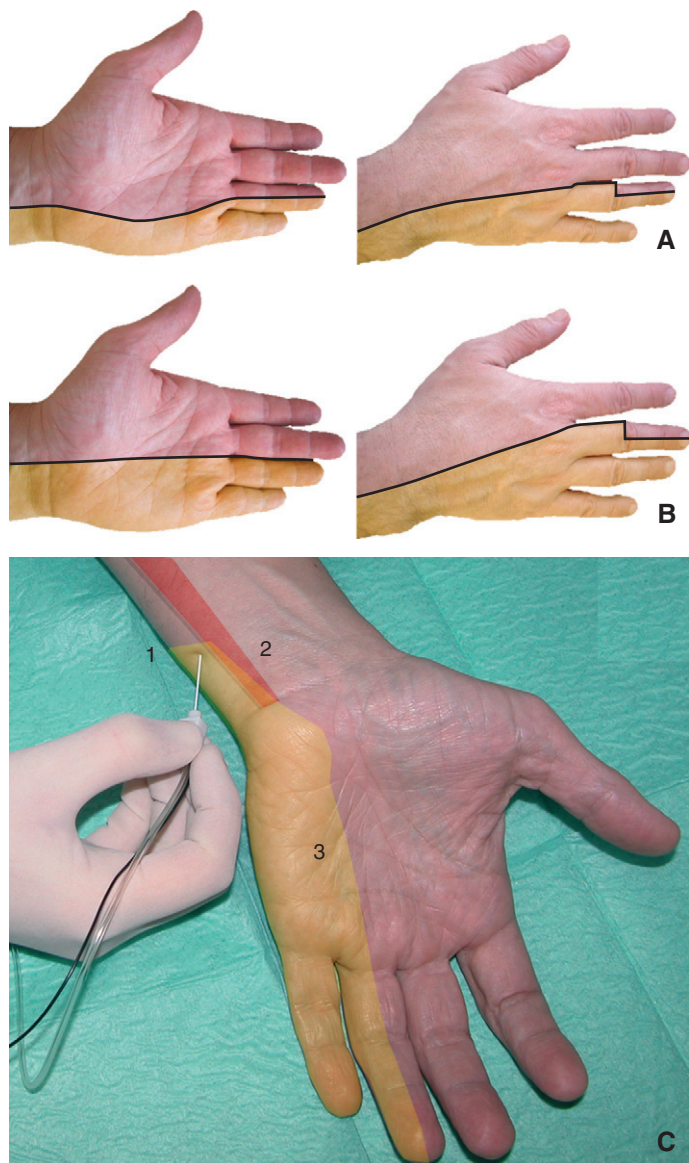
interne de la main, son territoire musculosquelettique est beaucoup plus étendu, concernant par exemple le muscle adducteur du pouce (Fig. 2).

### Technique en neurostimulation

Le nerf peut être bloqué en amont ou en aval du coude, hors de la gouttière épitrochléo-olécranienne. Au poignet, la technique la plus simple consiste en un abord latéral. L'aiguille (22 G, 25 mm) est introduite en direction céphalique par rapport au plan cutané, juste en arrière du tendon du muscle fléchisseur ulnaire du carpe, au niveau du troisième pli de flexion du poignet. La progression est prudente sur 1 à 1,5 cm, en raison de la proximité de l'artère ulnaire. La stimulation provoque une flexion des 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> doigts et une flexion du pouce. Après un test d'aspiration, on injecte 4 à 5 ml de la solution anesthésique (Fig. 19).

### Technique en échoguidage

Le nerf est facilement visualisé juste en amont du coude en arrière de l'humérus<sup>[111]</sup>, ou en aval du coude, à l'endroit où il passe sous le muscle fléchisseur ulnaire du carpe, dans un dédoublement de son fascia, avant qu'il ne soit rejoint par l'artère ulnaire. Le nerf est visualisé sous la forme d'une structure triangulaire en « grappe de raisin ». Un examen Doppler couleur permet



**Figure 19.** Bloc du nerf ulnaire. Repères de ponction et territoire sensitif habituel au niveau de la main (C), habituel (A) et variante fréquente (B). L'aiguille est introduite en arrière du tendon du muscle fléchisseur ulnaire du carpe en direction céphalique. La progression est prudente, le nerf étant au contact de l'artère ulnaire. La neurostimulation motrice déclenche une flexion du 5<sup>e</sup> (et du 4<sup>e</sup>) doigt et une flexion du pouce. 1. Point de ponction; 2. tendon du muscle fléchisseur ulnaire du carpe; 3. territoire d'innervation cutanée du nerf ulnaire au niveau de la main.

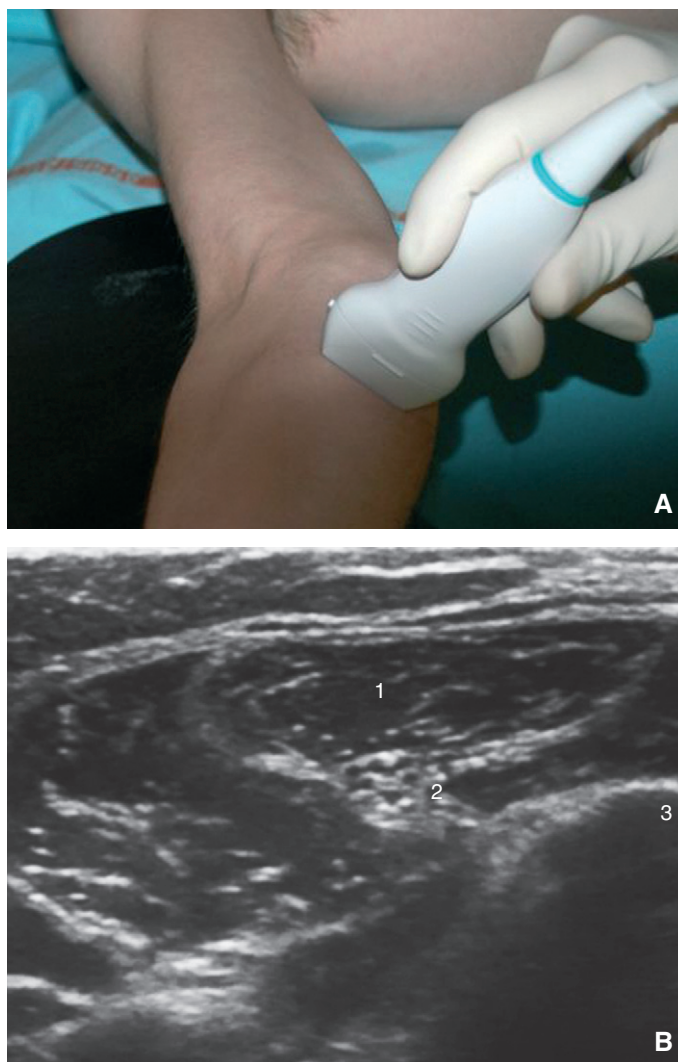
d'éliminer la présence d'une branche artérielle au site de ponction. L'abord dans le plan ou hors du plan des ultrasons est facile, le nerf étant bloqué avec quelques millilitres de la solution choisie (Fig. 20).

L'abord au poignet est possible sous échoguidage<sup>[114]</sup>, mais un peu plus difficile, le nerf, au contact de l'artère, étant souvent plus difficile à visualiser. Le bloc est moins étendu quand l'abord est distal, avec un risque d'absence d'anesthésie sur la branche dorsale, destinée à la face postérieure de la main, qui se détache au niveau du tiers distal de l'avant-bras. Lorsque la chirurgie concerne la face dorsale de la main, le bloc proximal en aval ou en avant du coude est souhaitable.

### Bloc du nerf médian

#### Principes et indications

Le bloc du nerf médian est indiqué pour la chirurgie ou l'analgésie dans son territoire d'innervation à l'avant-bras, dès que le plan cutané est dépassé, et de la main dans son territoire



**Figure 20.** Bloc du nerf ulnaire au coude. Repérage échographique (A, B). 1. Muscle fléchisseur ulnaire du carpe; 2. nerf ulnaire dans un dédoublement du fascia du muscle; 3. ulna (cubitus).

d'innervation. Le nerf médian peut être bloqué au niveau du bras, du coude ou du poignet. L'existence d'un syndrome du canal carpien peut être considérée comme une contre-indication relative d'un bloc au poignet, sauf si l'intervention prévue est une libération du nerf au canal carpien. Cependant, le bloc au poignet permet de réaliser une chirurgie distale en conservant les mouvements des doigts.

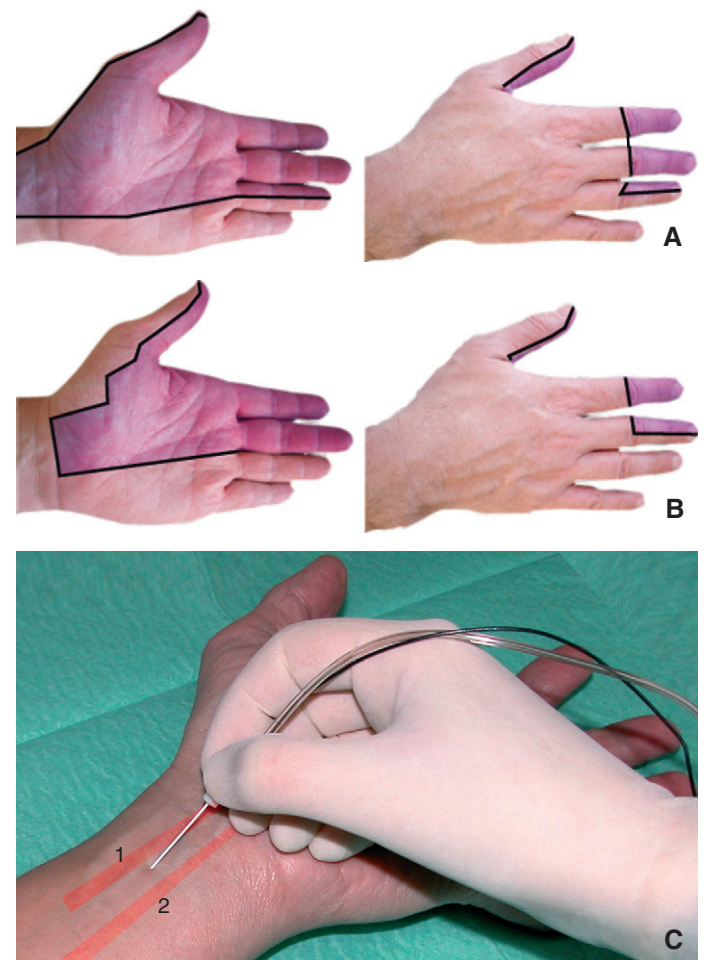
### Anatomie et repères

Le nerf médian est facilement localisé dans la fosse axillaire, sous forme d'une grappe de faisceaux collés en avant de l'artère. Il peut être suivi de la fosse axillaire au canal carpien. Au tiers inférieur du bras, le nerf médian chemine avec l'artère brachiale en arrière et en dedans de celle-ci. Il passe dans la loge antérieure de l'avant-bras pour se situer au niveau du canal carpien entre les deux tendons palmaires. Si son territoire d'innervation cutanée sensitive n'intéresse que la main, son territoire musculosquelettique est beaucoup plus étendu, concernant la majorité des muscles de la loge antérieure de l'avant-bras (sauf le muscle brachioradial) et la face antérieure des deux os de l'avant-bras.

### Technique en neurostimulation

#### Bloc au-dessus du coude

Après avoir repéré l'artère humérale, au niveau de la gouttière bicipitale interne, 5 cm au-dessus du coude, on introduit l'aiguille



**Figure 21.** Bloc du nerf médian au poignet (A à C). Repères de ponction pour la neurostimulation et territoire sensitif au niveau de la main, habituel (A) et variante fréquente (B). Les deux repères sont le tendon du muscle fléchisseur radial du carpe latéralement (1) et le tendon du muscle grand palmaire médialement (2). L'aiguille est introduite en direction céphalique en amont du 1<sup>er</sup> pli de flexion du poignet.

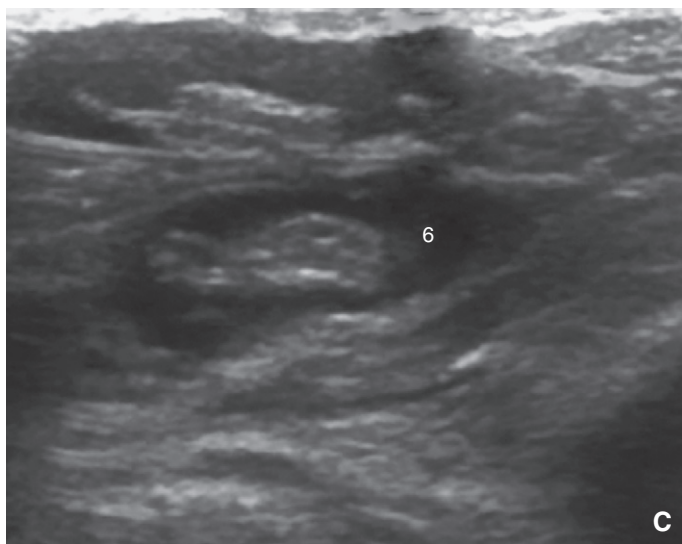
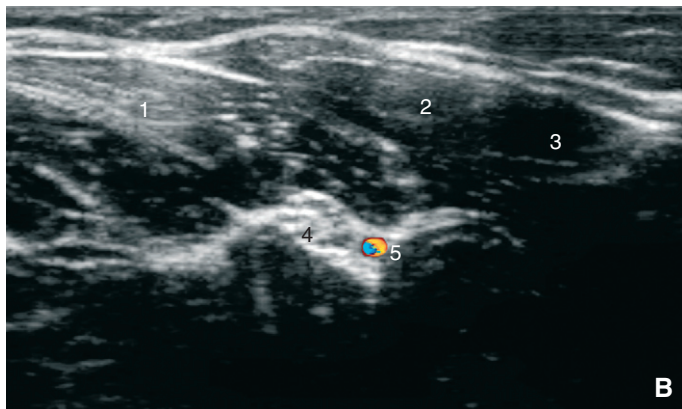
(22 G, 35 ou 50 mm) perpendiculairement au plan cutané juste en dedans et en arrière de l'artère. La neurostimulation provoque une flexion des doigts. Après un test d'aspiration, on injecte 5 à 10 ml de la solution anesthésique.

#### Bloc au poignet

La ponction est réalisée dans la dépression entre le tendon du muscle fléchisseur radial du carpe et celui du muscle long palmaire, en amont du troisième pli de flexion du poignet. L'aiguille (22 G, 25 mm) est introduite en direction céphalique en cherchant des mouvements fins des doigts. L'injection de 4 ml de la solution choisie doit impérativement être lente et non douloureuse. Il existe un risque anatomique d'échec par cet abord car dans plus de 20 % des cas, le nerf médian abandonne une branche sensitive palmaire entre le coude et le ligament annulaire antérieur du carpe; cette branche peut échapper au blocage. C'est pourquoi un abord plus proximal est recommandé. Le risque de traumatisme nerveux lors du bloc au poignet doit aussi faire préférer un abord plus proximal (Fig. 21).

#### Technique en échoguidage

Le nerf est facilement trouvé en trois endroits, tout au long de son trajet au bord médial du bras, accompagné par les vaisseaux brachiaux, à la face antérieure du coude au niveau du pli de flexion, ou au niveau du poignet [37, 115]. Les images sont habituellement caractéristiques. En fonction des besoins, le bloc est réalisé facilement au niveau désiré par un abord dans ou hors du plan des



**Figure 22.** Bloc du nerf médian au poignet (A à C). Repérage échographique. Le nerf médian est très facilement localisé à ce niveau, relativement superficiel. 1. Tendon du muscle grand palmaire; 2. tendon du muscle fléchisseur radial du carpe; 3. artère radiale; 4. nerf médian; 5. artère médiane; 6. après l'injection le nerf est entouré d'un halo hypoéchogène correspondant à l'anesthésique local injecté dessinant l'image d'un « beignet » (*doughnut sign*). Il s'agit ici d'une variante anatomique (20 % des cas) dans laquelle existe une artère au contact du nerf médian.

ultrasons par quelques millilitres de la solution choisie. L'avantage de l'échographie est de pouvoir parfois montrer la séparation de la branche sensitive palmaire, ou de révéler l'existence d'une artère médiane (20 %) confondue dans l'espace du nerf; l'échoguidage permet d'en éviter le traumatisme (Fig. 22).



**Figure 23.** Bloc du nerf radial au coude. Repères de ponction pour la neurostimulation et direction de l'aiguille. 1. Bord médial du muscle brachioradial; 2. tendon du muscle biceps brachial; 3. artère brachiale. L'aiguille est introduite en direction céphalique dans la dépression comprise entre le bord latéral du tendon du biceps et le bord médial du muscle brachioradial. La neurostimulation motrice recherche des mouvements d'extension des doigts ou du poignet.

## Bloc du nerf radial

### Principes et indications

Le bloc du nerf radial est indiqué pour la chirurgie ou l'analgésie dans son territoire d'innervation, soit isolément, soit en complément d'un bloc plexique. Rarement, le bloc nerf peut être bloqué isolément pour la rééducation des arthrolyses du coude quand il faut faciliter la flexion.

### Anatomie et repères

Le nerf radial rejoint le bord latéral de la face antérieure du bras en passant derrière l'humérus. Il glisse en dehors du tendon du biceps et en dedans du bord médial du muscle brachioradial, où il se superficialise pour devenir le nerf cutané latéral de l'avant-bras. Il se divise en trois branches à destinée cutanée qu'il n'est pas possible de repérer en neurostimulation motrice. Si de façon exceptionnelle le nerf radial peut faire défaut, remplacé par les nerfs ulnaire et musculocutané, il peut assurer seul l'innervation sensitive de toute la face dorsale de la main. Il s'anastomose de façon non exceptionnelle au nerf médian.

### Technique en neurostimulation

#### Bloc au coude

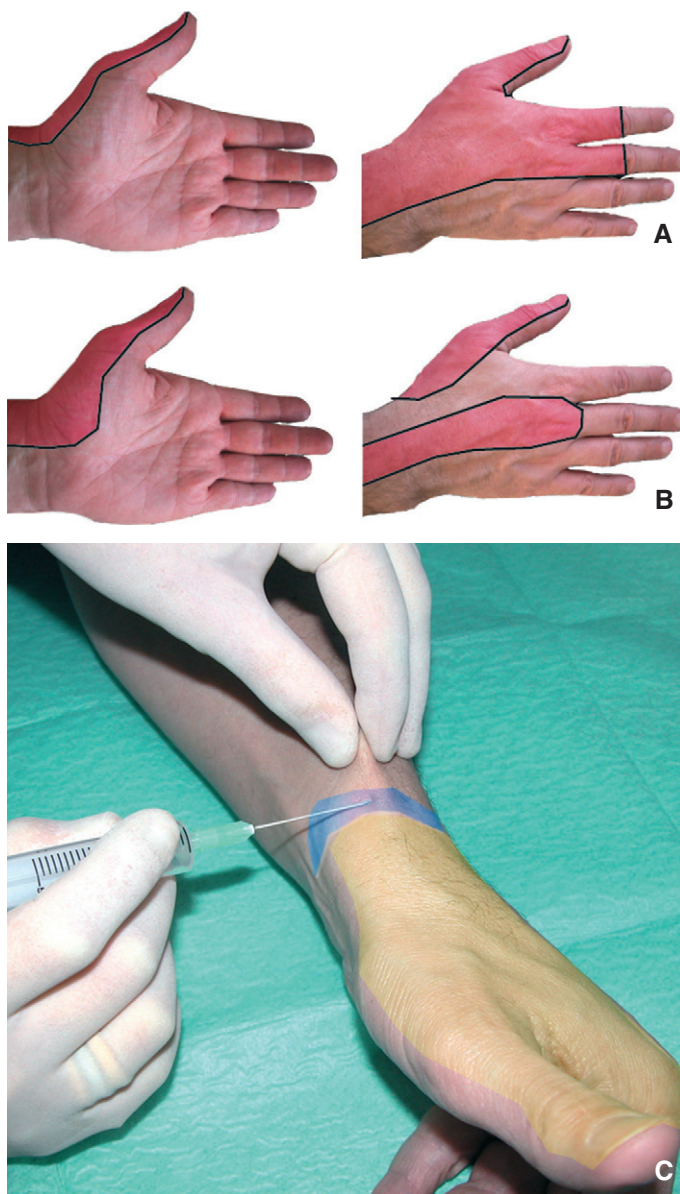
Le point de ponction est situé sur le pli de flexion dans la dépression située entre le bord externe du tendon du muscle biceps brachial et le bord médial du muscle brachioradial. L'aiguille (22 G, 40 mm) est introduite en direction céphalique et la neurostimulation recherche une contraction du muscle brachioradial; 6 à 8 ml de la solution anesthésique sont injectés (Fig. 23). Il existe un risque de bloc incomplet, le contingent sensitif pouvant se séparer du contingent moteur en aval du point de ponction.

#### Bloc au poignet

L'anesthésie est obtenue par une infiltration sous-cutanée dessinant un demi-bracelet sur le bord externe de l'avant-bras au-dessus de la tabatière anatomique. On utilise une aiguille de 22 G, 40 mm. Quatre millilitres d'AL sont suffisants (Fig. 24).

### Technique en échoguidage

Si le nerf radial est parfois difficile à visualiser au niveau de la fosse axillaire<sup>[116]</sup>, il est très facilement trouvé au bord latéral du bras, où il peut être suivi sur plusieurs centimètres<sup>[117]</sup>.



**Figure 24.** Bloc du nerf radial au poignet. Repère de ponction et territoire sensitif au niveau de la main normal, habituel (A) et variante fréquente (B). Il n'existe à ce niveau que les branches terminales sensitives du nerf radial. On réalise une injection sous-cutanée en demi-bracelet latéral.

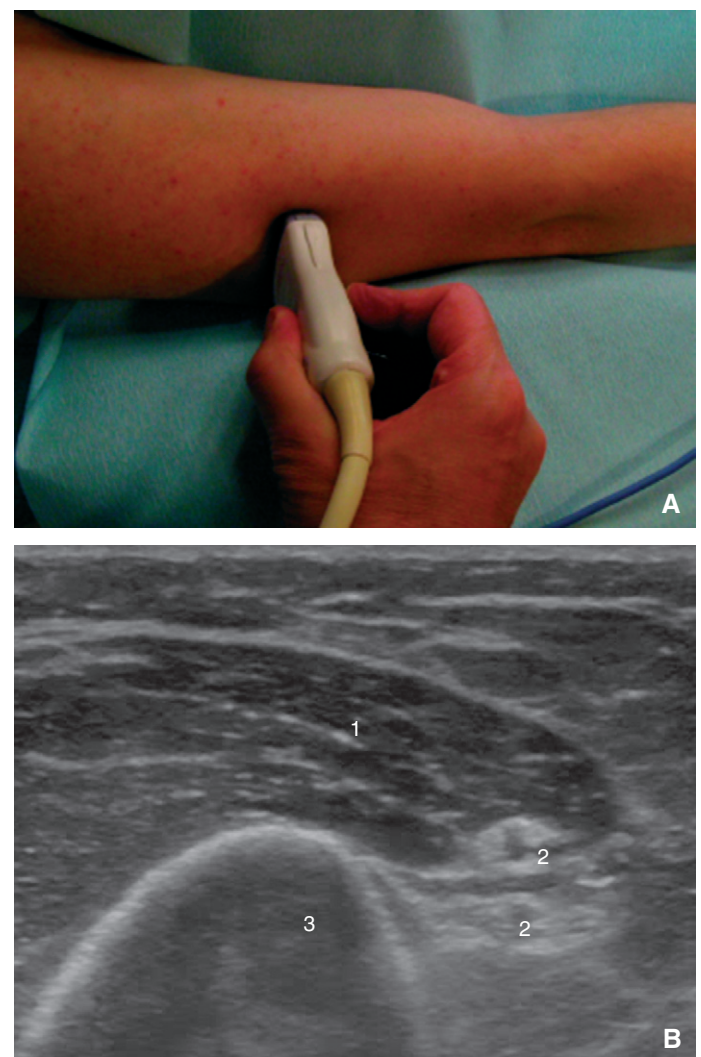
L'exploration systématique de la région recherche une image typique en « masque de loup », ou en « canon de fusil de chasse ». On observe fréquemment une branche articulaire pour le coude. L'examen Doppler retrouve aussi une branche artérielle qu'il convient de respecter (Fig. 25). Le bloc est réalisé facilement par un abord dans le plan ou hors du plan des ultrasons avec quelques millilitres de la solution choisie qui entourent le nerf.

## ■ Bloc de la gaine des fléchisseurs

### Principes et indications

Le principe de l'anesthésie digitale transthécale est d'injecter un faible volume d'anesthésique local dans la gaine des tendons fléchisseurs (face palmaire de la main) qui va diffuser de la gaine vers les deux nerfs collatéraux [118, 119].

Ce bloc est recommandé pour l'anesthésie et l'analgésie des trois doigts longs. La face dorsale de la première phalange n'est pas bloquée étant innervée par les rameaux terminaux cutanés des nerfs radial ou ulnaire. Les indications sont la chirurgie distale du doigt, et particulièrement la chirurgie des panaris. Le bloc peut être

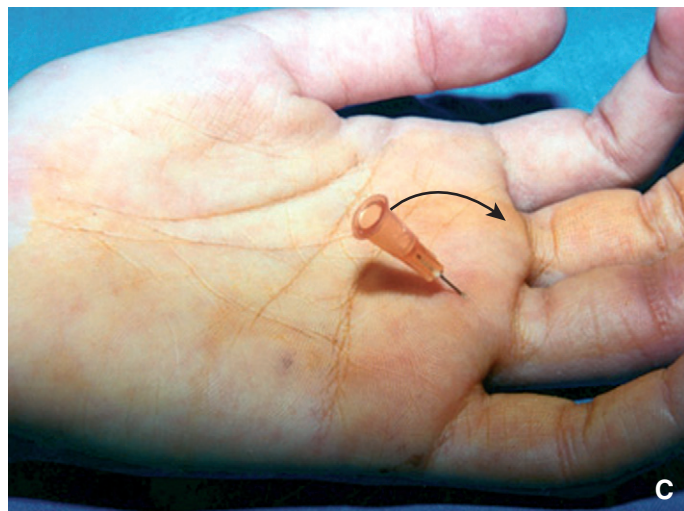
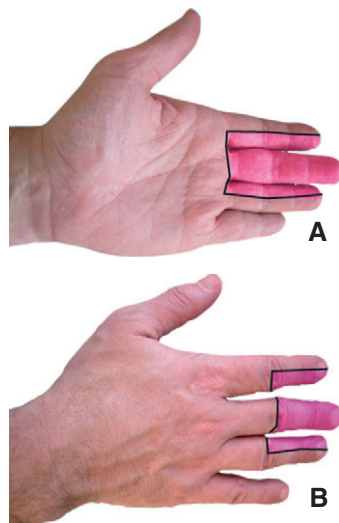


**Figure 25.** Bloc du nerf radial au bras. Repérage échographique. Le nerf est recherché au bord latéral du tiers distal du bras. On trouve souvent deux branches (sensitive et motrice) déjà séparées. 1. Muscle triceps brachial; 2. nerf radial séparé en deux branches; 3. humérus.

réalisé chez un patient endormi comme technique d'analgésie per-et postopératoire. La vasodilatation digitale produite par le bloc peut être utilisée pour améliorer le signal de l'oxymètre de pouls en chirurgie de longue durée.

### Réalisation

Le tendon fléchisseur est repéré sur la face palmaire de la main, au niveau de la tête du métacarpien. Une aiguille fine et courte (13 mm, 27 G) est introduite dans la gaine, en traversant le tendon. La ponction est douloureuse, et le patient doit en être averti. Quand l'aiguille est en place, la mobilisation passive du doigt par l'opérateur entraîne des mouvements synchrones de l'aiguille, signifiant que l'aiguille est solidaire du tendon (Fig. 26). L'injection de 3 à 4 ml de la solution choisie est lente pour ne pas être douloureuse. Une compression ferme est exercée en amont du point de ponction pour forcer le liquide à diffuser le long de la gaine. Les dysesthésies apparaissent en 2 à 3 minutes, la chirurgie est possible en 10 minutes. Le territoire anesthésié déborde sur chaque hémidoigt adjacent. Le bloc peut être complété le cas échéant par une infiltration à la base de la première phalange pour en bloquer la face dorsale. Sur des séries de plusieurs centaines de patients, le taux d'échec est très faible (1%), sauf pour le pouce car la localisation de la gaine est parfois difficile, et pour le 5<sup>e</sup> doigt, pour l'anesthésie duquel le bloc ulnaire est plus performant.



**Figure 26.** Bloc de la gaine des fléchisseurs (A à C). Repères de ponction et position de l'aiguille. Les mouvements de flexion-extension du doigt doivent entraîner des mouvements synchrones de l'aiguille témoignant de sa position transtendineuse. L'extension habituelle de l'anesthésie concerne toute la face palmaire du doigt, mais pas la partie proximale de la face dorsale du doigt.

La technique originale a été l'objet de nombreuses variations, comme par exemple déplacer le point de ponction au niveau du pli de flexion entre la main et la première phalange, ou injecter en dehors de la gaine, sans que ces modifications n'améliorent de façon sensible la technique ou ses résultats.

La gaine servant de réservoir d'AL, la durée de l'anesthésie et de l'analgésie est longue, de 18 à 24 heures pour une dose unique de ropivacaïne ( $7,5 \text{ mg ml}^{-1}$ ) ou de lévobupivacaïne ( $5 \text{ mg ml}^{-1}$ ). Pour les panaris, l'adjonction de  $100 \mu\text{g}$  de clonidine renforce et prolonge l'effet. Malgré une étude montrant l'innocuité de l'adrénaline associée à l'AL dans cette indication, cette association reste inutile en anesthésie car l'association clonidine-AL de longue durée d'action est plus efficace et sans risque.

## ■ Cathéters d'analgésie

### Indications et avantages

Il existe cinq indications à la mise en place d'un cathéter au contact du plexus brachial : la chirurgie de longue durée, la durée prévisible de la douleur postopératoire supérieure à 24 heures, et la rééducation postopératoire. La traumatologie avec la nécessité de pansements itératifs est certainement une indication majeure. La cinquième indication, dont les bases sont moins évidentes, est la douleur neuropathique. Les douleurs ou sensations fantômes

après amputations de membre ou de segments de membre, les douleurs secondaires aux traumatismes nerveux ou à un processus carcinologique ou ischémiques sont souvent soulagées par une administration continue d'AL ; la mise en place d'un cathéter peut se justifier. Les indications de cathéters d'analgésie en fonction des sites opératoires sont regroupées dans le [Tableau 6](#) [52].

En chirurgie orthopédique, le contrôle de la douleur postopératoire (DPO) est mieux assuré par une analgésie locorégionale continue que par une analgésie intraveineuse morphinique contrôlée par le patient (PCA) [120]. À tous les temps de mesure, la DPO maximale ou moyenne est plus faible de 20 à 30 % (échelle EVA) avec un cathéter qu'avec une PCA intraveineuse à la morphine.

La diminution des doses de morphiniques améliore la satisfaction des patients en diminuant l'intensité ou la fréquence des effets secondaires, comme les nausées-vomissements, la sédation ou le prurit dont l'incidence est divisée par un facteur 2 ou 3 [121]. De plus, la rééducation immédiate et intense améliore et accélère la rééducation postopératoire en chirurgie articulaire.

### Aspects techniques

Les cathéters d'analgésie imposent l'asepsie chirurgicale [52]. La technique de mise en place en neurostimulation ou sous échoguidage [121] est fonction des moyens disponibles, des habitudes de l'opérateur et du site d'insertion, car il n'est pas encore démontré un avantage significatif de l'échoguidage sur la neurostimulation dans tous les cas [122], ni que l'association des deux techniques puisse être utile [123]. Cependant, il est fort probable que l'échoguidage facilite la mise en place des cathéters, et améliore la qualité de l'analgésie [94, 124]. Au niveau du plexus brachial, il est possible sous échoguidage de positionner le cathéter assez précisément sur un nerf concerné, comme le nerf radial par exemple, si l'indication est une rééducation articulaire après arthrolyse pour améliorer la flexion du coude (Fig. 27). Dans notre expérience, ce positionnement précis du cathéter sur le nerf le plus impliqué dans la douleur postopératoire nous permet de réduire à 3 ou  $4 \text{ ml h}^{-1}$  le débit de l'AL.

La technique de mise en place des cathéters sous échoguidage n'est pas encore codifiée entre les abords « dans le plan ou hors du plan » des ultrasons, en grand ou petit axe du nerf [125, 126]. La vérification de l'extrémité du cathéter est facilitée par l'utilisation de cathéter incluant un index métallique. Les cathéters stimulants comportant tous un élément métallique distal qui permet l'électrostimulation sont plus visibles en échographie que les cathéters non stimulants, ce qui constitue certainement un élément du choix. Par ailleurs, la vérification du site réel d'injection peut faire appel à l'injection de microbulles [127], ou au Doppler énergie. Le cathéter doit être introduit sur une longueur optimale de 3 à 4 cm. L'opacification n'est ni systématique ni souhaitable.

Les arguments du choix entre cathéters stimulants ou non stimulants ne sont à ce jour pas suffisamment clairs pour proposer des recommandations. Et, outre la meilleure visibilité de l'extrémité du cathéter sous échoguidage, il n'existe pas d'argument formel pour préférer tel ou tel autre cathéter [128].

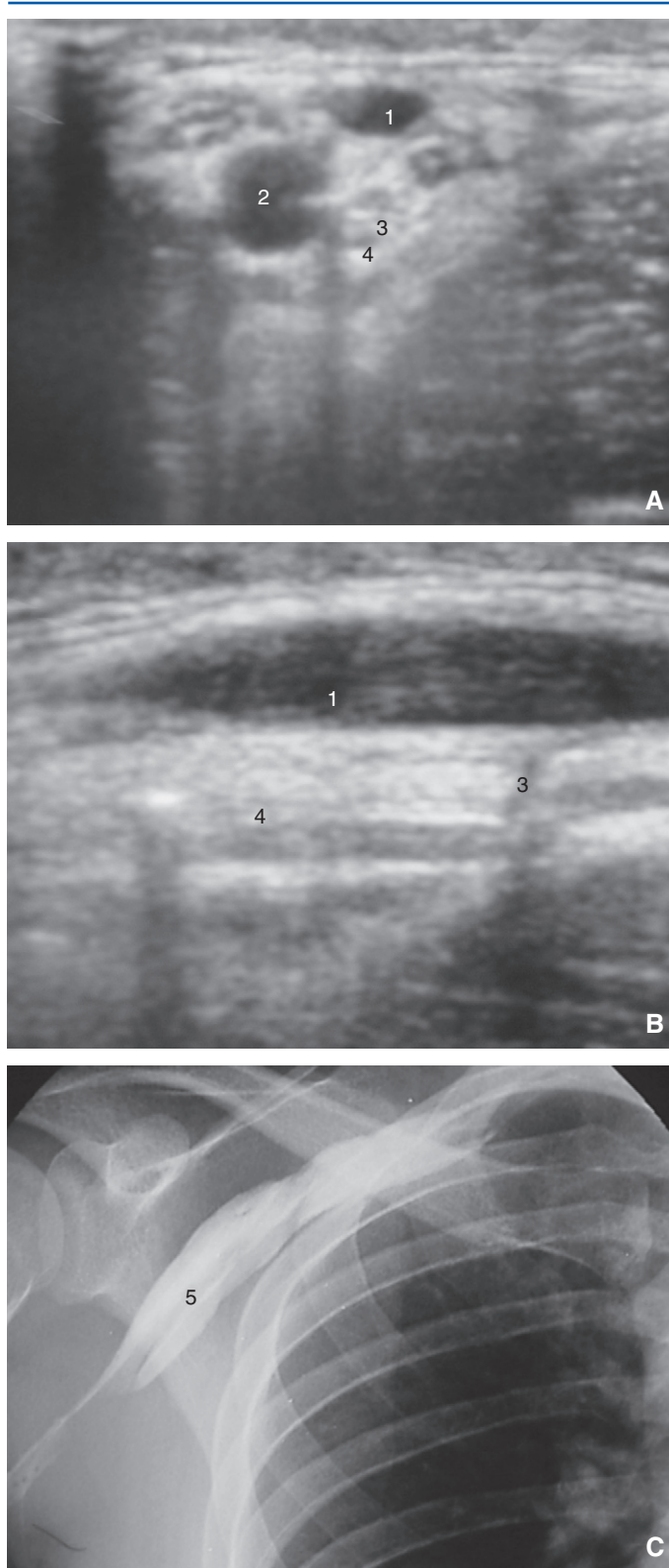
L'échoguidage permettrait dans certaines conditions de s'affranchir de limites telles que l'anticoagulation efficace [129].

### Modalités de perfusion

Trois modalités de perfusion sont possibles : le bolus itératif, la perfusion continue, et l'administration contrôlée par le patient.

Le bolus itératif est la moins bonne des solutions efficaces, exposant à des élévations brutales du pic plasmatique d'AL, à des erreurs de manipulation, et imposant une charge importante pour le personnel. Cette modalité réservée aux environnements précaires est a priori à éviter.

La perfusion continue est facile à mettre en place et à surveiller, ne nécessitant que du matériel déjà présent dans le service. Elle protège des élévations brutales de taux plasmatiques. Le débit initial peut être de  $0,1 \text{ ml kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  ; le but est de le réduire progressivement pour trouver la dose qui procure une analgésie efficace, sans bloc moteur. Le débit peut être augmenté jusqu'à



**Figure 27.** Cathéter axillaire d'analgésie. Le cathéter a été placé au contact du nerf radial sous échoguidage ce qui permet de réduire les risques liés à la ponction et à son introduction. L'index métallique à son extrémité facilite sa visualisation (A, B). L'opacification confirme le bon positionnement (C). 1. Veine céphalique; 2: artère axillaire; 3. nerf radial; 4. index métallique du cathéter; 5. opacification du cathéter.

0,15 ml kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> sachant que si l'analgésie n'est pas efficace avec ces débits, il faut envisager une malposition du cathéter ou une complication chirurgicale. Les problèmes posés par cette technique sont une absence d'adaptation aux besoins des patients, des doses souvent trop élevées, et une accumulation d'AL dans l'espace neurovasculaire.

L'administration contrôlée par le patient présente le meilleur rapport efficacité/risque. Elle nécessite un matériel spécifique et une coopération du patient, ce qui en dessine les limites. Le débit de base fixé entre 3 et 5 ml h<sup>-1</sup>, assure l'analgésie de fond et maintient la perméabilité du cathéter. Des bolus de 5 ml (toutes les 20 à 30 minutes), permettent de s'adapter aux épisodes douloureux (soins, mobilisation, kinésithérapie). Ce mode de *patient control regional analgesia* (PCRa) assure une analgésie aussi efficace que le mode continu, en diminuant la dose totale d'AL (parfois de plus de 50 % par rapport au débit continu) et améliore la satisfaction des patients, aussi bien pour la chirurgie de l'épaule que de la main.

## Surveillance

La mise en place d'une analgésie périmerveuse impose l'instauration d'un protocole de surveillance qui se décline en trois volets: la formation des équipes infirmières, la prescription des modalités de surveillance et une surveillance adaptée.

L'équipe paramédicale doit être formée et informée sur les modalités de prise en charge et de surveillance des patients porteurs d'un cathéter d'analgésie périmerveuse: absence de douleur postopératoire (ou présence d'une douleur anormale), parésie ou paralysie du membre bloqué, détection des signes de toxicité systémique des anesthésiques locaux et information sur les procédures à suivre en l'occurrence. La détection des problèmes liés au cathéter est aussi nécessaire (coudure, infection, etc.).

Conformément aux recommandations de la Société française d'anesthésie et de réanimation (SFAR), l'absence d'un bloc moteur est régulièrement vérifiée; une adaptation quotidienne des posologies peut être justifiée<sup>[52]</sup>.

## Durée de maintien en place des cathéters périmerveux

Le cathéter périmerveux est maintenu en place 48 heures en moyenne. Les besoins de la kinésithérapie postopératoire peuvent nécessiter plus de deux jours pour atteindre les objectifs fixés. En chirurgie prothétique articulaire, Ilfeld et al. rapportent des durées optimales de quatre jours<sup>[130]</sup>. En fonction des objectifs à atteindre, Wiegel et al. ont laissé des cathéters interscalénique en place pendant dix jours sans complications liées à la durée de séjour<sup>[131]</sup>. Dans les cas des pansements itératifs pour des traumatismes ou des brûlures des membres, il est possible de garder les cathéters plus de 15 jours.

## ■ Anesthésie locorégionale intraveineuse

### Principes et indications

Décrite en 1908 par Bier, l'anesthésie locorégionale intraveineuse (ALRIV) connaît une nouvelle jeunesse liée à l'anesthésie ambulatoire. La facilité de réalisation de cette anesthésie ne doit pas faire oublier les impératifs techniques qui en garantissent la sécurité et la fiabilité<sup>[132]</sup>. Ses avantages principaux résident dans son efficacité supérieure à 85 %, son coût réduit et l'absence de matériel spécifique ou onéreux.

L'ALRIV est indiquée dans la chirurgie de la main et de l'avant-bras d'une durée inférieure à 90 minutes, particulièrement chez les patients allergiques, insuffisants respiratoires, à estomac plein, et ambulatoires. Les contre-indications sont secondaires à l'impossibilité d'obtenir une occlusion artérielle efficace (grand obèse, artérite sévère). Cette technique est de plus en plus souvent concurrencée par les blocs périmerveux, notamment échoguidés.

L'ALRIV pose quatre problèmes:

- la durée de l'anesthésie est limitée à la durée tolérable du garrot, soit 90 minutes;
- l'inconfort lié à la présence du garrot, qui peut dans certains cas conduire à une escalade de « petits moyens » incompatibles avec les impératifs de sécurité;
- l'absence totale d'analgésie résiduelle à la levée du garrot;

- le risque majeur est le lâchage du garrot, responsable d'un bolus intraveineux d'AL dont la gravité va des simples acouphènes passagers à la crise convulsive généralisée et aux troubles cardiaques.

## Réalisation

Une voie veineuse est placée au niveau du membre opposé. La pression artérielle est mesurée au niveau du membre à bloquer, puis un garrot double non gonflé est positionné au-dessus du coude. Un cathéter court est mis en place au niveau d'une veine distale et sa bonne position est vérifiée par l'injection de quelques millilitres de sérum physiologique. Le membre supérieur est alors surélevé et son exsanguination est assurée par une bande élastique enroulée depuis la main jusqu'au garrot double. Le garrot proximal (le plus proche de l'épaule) est alors gonflé. La pression de gonflage doit être supérieure de 100 mmHg à la pression artérielle systolique du patient. Après avoir vérifié la fiabilité du garrot, la solution anesthésique est injectée lentement, 20 ml en une minute, pour ne pas risquer de léser la veine et surtout de ne pas entraîner d'hyperpression veineuse, le passage de l'AL dans la circulation générale étant possible même en l'absence de lâchage du garrot et même si celui-ci est efficacement gonflé (si la pression veineuse lors de l'injection devient supérieure à la pression d'occlusion) ou par le biais de la circulation intraosseuse.

Le cathéter est retiré après l'injection, et une compression est assurée pendant quelques minutes afin d'empêcher une fuite d'AL. La désinfection cutanée est réalisée pendant que s'installe l'anesthésie, et l'incision est possible 10 à 15 minutes après l'injection.

Quand le garrot supérieur, gonflé en zone non anesthésiée devient gênant, le garrot inférieur, situé lui en zone anesthésiée, est gonflé. Le garrot supérieur n'est dégonflé qu'après avoir vérifié la fiabilité du garrot inférieur. L'anesthésie peut être maintenue jusqu'à 90 minutes. L'heure de gonflage du premier garrot est notée sur la feuille d'anesthésie. Durant l'intervention il faut surveiller la pression de gonflage du garrot, car plus que son lâchage brutal, il faut craindre un dégonflage progressif ; dès que la pression artérielle du patient devient supérieure à la pression de gonflage du garrot, l'AL peut passer sous ce dernier. L'usage de garrots automatiques permet de minorer ce risque.

## Produits et posologies

La lidocaïne à 5 mg ml<sup>-1</sup> non adrénalinée, en présentation commerciale, est le seul agent indiqué dans cette technique [23,24]. La dilution de la lidocaïne à 10 mg ml<sup>-1</sup> avec du sérum physiologique a été incriminée dans des syndromes de loge. La posologie maximale est de 0,5 ml kg<sup>-1</sup> soit une dose de 2,5 mg kg<sup>-1</sup> de lidocaïne. Cependant, même avec des doses plus faibles de 1,5 mg kg<sup>-1</sup>, des accidents convulsifs ont été rapportés [133]. Aucun autre AL n'a l'autorisation de mise sur le marché (AMM) pour cette technique. De nombreux adjuvants ont été proposés pour améliorer la qualité per- ou postopératoire de l'ALRIV [134]. La clonidine (0,5 µg kg<sup>-1</sup>) est un adjuvant possible. La dexaméthasone (8 mg) diluée dans la lidocaïne améliore sensiblement la qualité de l'analgésie postopératoire [135]. Les myorelaxants permettent de faciliter la réduction des fractures et diminueraient les douleurs postopératoires. Cependant, ils majorent le risque allergique et ne sont pas recommandés.

## Dégonflage du garrot

Il est conseillé de ne pas le dégonfler avant la vingtième minute, quelle que soit la durée de la chirurgie, de façon à permettre une fixation maximale de l'AL, malgré des cas cliniques rapportant des lâchages précoces du garrot sans accident toxique.

En pratique, en utilisant de la lidocaïne, produit avec lequel aucun accident grave n'a été rapporté, on peut proposer le schéma suivant :

- dégonflage progressif du garrot, suivi d'un regonflage rapide maintenu 30 secondes ;
- cette manœuvre peut être répétée une seconde fois ;

- après dégonflage définitif, surveillance du patient pendant 10 minutes ;
- maintien de l'immobilité du membre, pendant une trentaine de minutes, pour diminuer le relargage de l'AL.

## ■ Anesthésiques locaux et adjuvants

Il est difficile de définir un produit et un volume standard pour un bloc du plexus brachial. En effet, le choix est fonction de l'âge du patient [136], de la voie d'abord et du site opératoire, de la qualité et de la durée du bloc recherché, de la nature de la solution injectée et de l'utilisation ou non d'un cathéter. Cette amélioration dans la précision du site d'injection a permis une réduction des volumes utiles pour bloquer efficacement un nerf à 1 ml de lidocaïne à 20 mg/ml par nerf au niveau axillaire [137]. Ces mêmes auteurs ont confirmé par la suite que 4 × 5 ml (20 ml) d'AL suffisaient pour des blocs axillaires efficaces en traumatologie [138], ce qui permet de réaliser des blocs axillaires bilatéraux (4 à 5 ml par nerf) avec une probabilité élevée de succès, tout en restant en dessous des doses maximales autorisées.

### Anesthésiques locaux

Les quatre anesthésiques locaux disponibles peuvent être séparés en deux groupes : les agents de durée courte et intermédiaire (lidocaïne et mépivacaïne) des agents de durée longue (bupivacaïne, lévobupivacaïne, ropivacaïne). La prilocaïne n'est pas disponible et la bupivacaïne n'est plus recommandée en France pour les blocs plexiques ou tronculaires. La lévobupivacaïne n'a pas en France l'AMM pour l'analgésie continue sauf pour l'analgésie péridurale

L'injection de 30 ml de lidocaïne à 15 mg ml<sup>-1</sup> offre un bloc de 2 heures. L'adjonction d'adrénaline (1/200 000) prolonge la durée du bloc chirurgical d'au moins 1 heure. La mépivacaïne à 15 mg/ml offre la même anesthésie que la lidocaïne adrénalinée à 15 mg ml<sup>-1</sup>. La ropivacaïne à 7,5 mg ml<sup>-1</sup> procure un bloc moteur d'une durée de 6 à 8 heures ; l'analgésie est un peu plus prolongée. La lévobupivacaïne à 5 mg ml<sup>-1</sup> procure un bloc légèrement plus long que celui de la ropivacaïne.

Les concentrations, les volumes habituels et les doses maximales injectables sont présentées dans le [Tableau 7](#). Il faut comprendre que ces modalités d'administration ne reposent sur aucune étude contrôlée [139], et ne sont souvent pas adaptées aux pathologies ou à l'âge des patients. Une attention permanente doit permettre de réduire les doses aux besoins les plus faibles, en fonction du bloc réalisé, de l'âge du patient, d'une éventuelle grossesse, etc.

### Adjuvants

L'adrénaline est l'adjuvant le plus courant. En l'absence de contre-indication (coronaropathie non contrôlée, cardiopathie hypertrophique, injection très distale), l'adrénaline (2,5 ou 5 µg ml<sup>-1</sup>) est indiquée pour réduire les doses totales. Elle prolonge de 50 % environ la durée du bloc et améliore la qualité de l'anesthésie. Elle minore la concentration maximale (C<sub>max</sub>) et retarde le temps d'obtention de la concentration maximale (T<sub>max</sub>). Elle permet de détecter rapidement une injection intravasculaire, mais ses effets hémodynamiques peuvent en limiter les indications [140]. La dose optimale est de 5 µg ml<sup>-1</sup>.

La clonidine prolonge la durée de l'analgésie, plus que celle de l'anesthésie [141]. À la dose de 100 µg, probablement en raison de son action spécifique sur les fibres C, elle améliore et prolonge le bloc dans les chirurgies septiques [142].

Des travaux convergents rapportent l'efficacité de la dexaméthasone à la dose de 8 mg pour prolonger la durée de l'analgésie [135,143]. Il est cependant encore trop tôt pour la recommander en pratique clinique.

Les autres adjuvants (néostigmine, morphiniques, etc.) ont plus un intérêt pharmacologique que clinique.



**Tableau 7.**

Concentration et doses maximales utilisables pour la première injection chez un adulte jeune de classe ASA 1.

	ALRIV	Bloc plexique	Bloc tronculaire	Cathéter
<i>Anesthésiques locaux</i>				
Lidocaïne	Concentration : 0,5 % 0,5 ml kg <sup>-1</sup>	Concentration : 15 à 20 mg ml <sup>-1</sup> Dose maximale : 500 mg en bolus unique	Concentration : 15 à 20 mg ml <sup>-1</sup> Dose maximale : 500 mg en bolus unique	Pas d'indication pour l'analgésie postopératoire
Bupivacaïne	Interdit	Concentration : 3,75 mg ml <sup>-1</sup> à 5 mg ml <sup>-1</sup> Dose maximale : 2 mg kg <sup>-1</sup> en bolus unique, sans dépasser 150 mg chez l'adulte (adréalinée)	Concentration : 3,75 à 5 mg ml <sup>-1</sup> Dose maximale : 2 mg kg <sup>-1</sup> en bolus, sans dépasser 150 mg chez l'adulte (adréalinée)	Concentration : 1,25 à 2 mg ml <sup>-1</sup> Débit théorique : 0,1 ml kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> Débit maximal : 0,15 ml kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
Mépipivacaïne	Interdit	Concentration : 15 à 20 mg ml <sup>-1</sup> Dose maximale : 400 mg en bolus unique	Concentration : 15 à 20 mg ml <sup>-1</sup> Dose maximale : 400 mg en bolus unique	Pas d'indication pour l'analgésie postopératoire
Ropivacaïne	Pas d'AMM dans cette indication	Concentration : 5 à 7,5 mg ml <sup>-1</sup> Dose maximale : 3 à 4 mg kg <sup>-1</sup> en bolus unique, sans dépasser 225 mg chez l'adulte	Concentration : 5 à 7,5 mg ml <sup>-1</sup> Dose maximale : 3 à 4 mg kg <sup>-1</sup> en bolus unique, sans dépasser 225 mg chez l'adulte	Concentration : 1 ou 2 mg ml <sup>-1</sup> Débit théorique : 0,1 ml kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> Débit maximal : 0,15 ml kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
Lévobupivacaïne	Pas d'AMM dans cette indication	Concentration : 2,5 à 5 mg ml <sup>-1</sup> Dose maximale : 2 mg kg <sup>-1</sup> en bolus unique, sans dépasser 150 mg chez l'adulte	Concentration : 2,5 à 5 mg ml <sup>-1</sup> Dose maximale : 2 mg kg <sup>-1</sup> en bolus unique, sans dépasser 150 mg chez l'adulte	Pas d'AMM dans cette indication
<i>Adjuvants</i>				
Adrénaline	Interdit	5 µg ml <sup>-1</sup> Pas d'indication avec la ropivacaïne	Attention aux circulations terminales 5 µg ml <sup>-1</sup> Pas d'indication avec la ropivacaïne	2,5 à 5 µg ml <sup>-1</sup> Pas d'indication avec la ropivacaïne
Clonidine	0,5 à 1 µg kg <sup>-1</sup>	0,5 à 1 µg kg <sup>-1</sup>	0,5 à 1 µg kg <sup>-1</sup>	1 à 2 µg kg <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup>

AMM : autorisation de mise sur le marché.

## Volumes

Chez l'adulte, le volume nécessaire pour baigner l'ensemble des racines du plexus brachial est d'environ 50 ml, mais il n'est pas nécessaire d'atteindre un tel volume pour obtenir un bloc satisfaisant. Des études anciennes évoquaient une relation entre le volume injecté et l'extension du bloc, les volumes les plus importants assurant les blocs les plus étendus. Les études actuelles en échoguidage remettent en question toutes ces publications. Des blocs axillaires complets ont été obtenus avec 4 × 1 ml de lidocaïne à 20 mg ml<sup>-1</sup> [137]. Une autre étude montre qu'avec un cathéter en C7 au niveau interscalénique, une analgésie efficace est obtenue avec un volume moyen de 3,6 ml de ropivacaïne à 7,5 mg ml<sup>-1</sup> [144]. Il devient ainsi difficile de proposer des volumes optimaux pour chaque bloc. Cependant, par rapport aux volumes qui étaient préconisés avant l'arrivée de l'échographie, il est possible d'envisager une réduction sensible des volumes injectés, et il est assez facile de réaliser un bloc axillaire avec 4 × 5 ml de solution anesthésique.

## Injection unique

En neurostimulation, l'imprécision du site réel d'injection conduit à ne pas trop réduire les volumes injectés ; par exemple, il paraît aléatoire de descendre en dessous de 5 ml par nerf pour un bloc axillaire et en dessous de 20 ml pour un bloc interscalénique.

En échoguidage, la précision apportée par le procédé permet de réduire de façon très importante les volumes injectés et il ne paraît plus nécessaire de dépasser 20 ml, ni pour un bloc axillaire ni pour un bloc interscalénique.

## En présence d'un cathéter

Il existe un problème de choix stratégique qui n'est pas encore consensuel. Trois options sont possibles, qui peuvent être justifiées ou motivées par des impératifs cliniques ou chirurgicaux :

- injection d'un agent de courte durée comme la lidocaïne ou la mépipivacaïne à 10 ou 15 mg ml<sup>-1</sup>. Cette injection est utilisée pour le peropératoire et le postopératoire immédiat. En postopératoire, après avoir constaté la levée partielle du bloc, administration de ropivacaïne 2 mg ml<sup>-1</sup> ;
- administration d'emblée de ropivacaïne à 2 mg ml<sup>-1</sup> et relais par le même AL. Cette option est envisageable si l'intervention est réalisée sous anesthésie générale combinée à une anesthésie locorégionale ;
- injection de ropivacaïne ou de lévobupivacaïne à concentration chirurgicale (5 mg ml<sup>-1</sup>) et relais par ropivacaïne à 2 mg ml<sup>-1</sup>. Cette option est préférable si l'intervention est réalisée sous ALR seule. La levée de l'analgésie, qui survient habituellement en salle d'hospitalisation doit être anticipée.

## Conclusion

L'anesthésie locorégionale du plexus brachial ou de ses branches permet de réaliser la majorité des interventions chirurgicales ou algologiques du membre supérieur. La neurostimulation constituait le standard pour le repérage des nerfs. L'échographie a profondément modifié l'anesthésie du plexus brachial, non seulement en montrant la réalité anatomique de chaque patient et en mettant en lumière toutes les variations anatomiques, mais aussi en conduisant à une nouvelle réflexion sur la technique d'abord

du plexus et des nerfs et sur les principes mêmes de la neurostimulation, ainsi qu'à une réduction importante des doses injectées, contribuant ainsi à améliorer la sécurité de ces techniques.



## Références

- [1] Neal JM, Gerancher JC, Hebl JR, Ilfeld BM, McCartney CJ, Franco CD, et al. Upper extremity regional anesthesia. Essentials of our understanding. 2008. *Reg Anesth Pain Med* 2009;**34**:134–70.
- [2] Neal JM. Ultrasound-guided regional anesthesia and patient safety: an evidence-based analysis. *Reg Anesth Pain Med* 2010;**35**(Suppl. 2):S59–67.
- [3] Bonnel F, Rabishong P. Anatomie et systématisation du plexus brachial chez l'adulte. *Anat Clin* 1980;**2**:289–98.
- [4] Johnson EO, Vekris M, Demesticha T, Soucacos PN. Neuroanatomy of the brachial plexus: normal and variant anatomy of its formation. *Surg Radiol Anat* 2010;**32**:291–7.
- [5] Partridge BL, Katz J, Benirschke K. Functional anatomy of the brachial plexus sheath: implications for anesthesia. *Anesthesiology* 1987;**66**:743–7.
- [6] Cornish PB, Leaper C. The sheath of the brachial plexus: fact or fiction? *Anesthesiology* 2006;**105**:563–5.
- [7] Ay S, Akinci M, Sayin M, Bektas U, Tekdemir I, Elhan A. The axillary sheath and single-injection axillary block. *Clin Anat* 2007;**20**:57–63.
- [8] Moayeri N, Bigeleisen PE, Groe GJ. Quantitative architecture of the brachial plexus and surrounding compartments, and their possible significance for plexus blocks. *Anesthesiology* 2008;**108**:299–304.
- [9] Aggarwal A, Puri N, Aggarwal AK, Sahni D. Anatomical variations in formation of brachial plexus and branching. *Surg Rad Anat* 2010;**32**:891–4.
- [10] Chin KJ, Niazi A, Chan V. Anomalous brachial plexus anatomy in the supraclavicular region detected by ultrasound. *Anesth Analg* 2008;**107**:729–31.
- [11] Dolan J. Anomalous anatomy of the brachial plexus identified during ultrasound-guided interscalene plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2009;**34**:383.
- [12] Shu HS, Chantelot C, Oberlin C, Alnot JY, Shao H. Martin-Gruber communicating branch: anatomical and histological study. *Surg Radiol Anat* 1999;**21**:115–8.
- [13] Oh CS, Won HS, Lee KS, Chung IH. Origin of the radial branches innervating the brachialis muscle. *Clin Anat* 2009;**22**:495–9.
- [14] Canella C, Demondion X, Delebarre A, Moraux A, Cotten H, Cotten A. Anatomical study of phrenic nerve using ultrasound. *Eur Radiol* 2010;**20**:659–65.
- [15] Kessler J, Schafhalter-Zoppoth I, Gray AT. An ultrasound study of the phrenic nerve in the posterior cervical triangle: implications for the interscalene brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2008;**33**:545–50.
- [16] Stan TC, Krantz MA, Solomon DL, Poulos JG, Chaouki K. The incidence of neurovascular complications following axillary brachial plexus block using a transarterial approach. A prospective study of 1,000 consecutive patients. *Reg Anesth* 1995;**20**:486–92.
- [17] Koscielniak-Nielsen ZJ, Hesselbjerg L, Fejlberg V. Comparison of transarterial and multiple nerve stimulation techniques for an initial axillary block by 45 ml of mepivacaine 1% with adrenaline. *Acta Anaesthesiol Scand* 1998;**42**:570–5.
- [18] Jochum D. Quelles recommandations pour les techniques de repérage des blocs plexiques et tronculaires des membres ? In: Sfar, editor. *Les blocs périphériques des membres chez l'adulte. Recommandations pour la pratique clinique*. Paris: Elsevier; 2004. p. 69–92.
- [19] De Andrés J, Alonso-Iñigo JM, Sala-Blanch X, Reina MA. Nerve stimulation in regional anesthesia: theory and practice. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2005;**19**:153–74.
- [20] 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 randomised controlled trials. *Br J Anaesth* 2009;**102**:408–17.
- [21] Guay J. Méta-analyse : intérêt du neurostimulateur dans l'amélioration du taux de succès de succès du bloc axillaire. *Ann Fr Anesth Reanim* 2005;**24**:239–43.
- [22] Jochum D, Iohom G, Diarra DP, Loughnane F, Dupré LJ, Bouaziz H. An objective assessment of nerve stimulators used for peripheral nerve blockade. *Anaesthesia* 2006;**61**:557–64.
- [23] Pham Dang C, Patra P, Chaillou P, Costargent A. Différentes approches du plexus brachial dans la région cervicale. *Ann Fr Anesth Reanim* 2006;**25**:321–5.
- [24] Urmey WF, Stanton J, O'Brien S, Tagariello V, Wickiewicz TL. Inability to consistently elicit a motor response following sensory paresthesia during interscalene block administration. *Anesthesiology* 2002;**96**:552–4.
- [25] Sites BD, Gallagher J, Sparks M. Ultrasound-guided popliteal block demonstrates an atypical motor response to nerve stimulation in 2 patients with diabetes mellitus. *Reg Anesth Pain Med* 2003;**28**:479–82.
- [26] Minville V, Zetlaoui PJ, Fessenmeyer C, Benhamou D. Ultrasound guidance for difficult lateral popliteal catheter insertion in a patient with peripheral vascular disease. *Reg Anesth Pain Med* 2004;**29**:368–70.
- [27] van Geffen GJ, Bruhn J, Gielen MJ, Scheffer GJ. Pain relief in amputee patients by ultrasound-guided nerve blocks. *Eur J Anaesthesiol* 2008;**25**:424–5.
- [28] Créteur V, Bacq C, Widelec J. Échographie des nerfs périphériques – Première partie : membre supérieur. *J Radiol* 2004;**85**:1887–99.
- [29] Martinoli C, Bianchi S, Santacroce E, Pugliese F, Graif M, Derchi LE. Brachial plexus sonography: a technique for assessing the root level. *AJR Am J Roentgenol* 2002;**179**:699–702.
- [30] Perlas A, Chan VW, Simons M. Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation: a volunteer study. *Anesthesiology* 2003;**99**:429–35.
- [31] Delaunay L, Plantet F, Jochum D. Échographie et anesthésie locorégionale. *Ann Fr Anesth Reanim* 2009;**28**:140–60.
- [32] Gray A. Ultrasound-guided regional anesthesia: current state of the art. *Anesthesiology* 2006;**104**:368–73.
- [33] Bargalló X, Carrera A, Sala-Blanch X, Santamaría G, Morro R, Llusá M, et al. Ultrasound-anatomic correlation of the peripheral nerves of the upper limb. *Surg Radiol Anat* 2010;**32**:305–14.
- [34] Koscielniak-Nielsen ZJ. Ultrasound-guided peripheral nerve blocks: what are the benefits? *Acta Anaesthesiol Scand* 2008;**52**:727–37.
- [35] Liu SS, Ngeow JE, Yadeau JT. Ultrasound-guided regional anesthesia and analgesia: a qualitative systematic review. *Reg Anesth Pain Med* 2009;**34**:47–59.
- [36] Bigeleisen PE. Nerve puncture and apparent intraneural injection during ultrasound-guided axillary block does not invariably result in neurologic injury. *Anesthesiology* 2006;**105**:779–83.
- [37] Dufour E, Cymerman A, Nourry G, Ballard N, Couturier C, Liu N, et al. An ultrasonographic assessment of nerve stimulation-guided median nerve block at the elbow: a local anesthetic spread, nerve size, and clinical efficacy study. *Anesth Analg* 2010;**111**:561–7.
- [38] Loubert C, Williams SR, Hélie F, Arcand G. Complication during ultrasound-guided regional block: accidental intravascular injection of local anesthetic. *Anesthesiology* 2008;**108**:759–60.
- [39] Zetlaoui PJ, Labbe J-P, Benhamou D. Ultrasound guidance for axillary plexus block does not prevent intravascular injection. *Anesthesiology* 2008;**108**:761.
- [40] Lettre-circulaire DH/EM 1 n°96-479 du 6 février 1996 relative à la sécurité d'utilisation des dispositifs médicaux : recommandations relatives à l'usage du gel échographique. BO N°9 du 26 mars 1996 DH/EM 1 n°96-479 du ministère des affaires sociales, de la ville et de l'intégration.
- [41] Perlas A, Niazi A, McCartney C, Chan V, Xu D, Abbas S. The sensitivity of motor response to nerve stimulation and paresthesia for nerve localization as evaluated by ultrasound. *Reg Anesth Pain Med* 2006;**31**:445–50.
- [42] Tsui BC, Pillay JJ, Chu KT, Dillane D. Electrical impedance to distinguish intraneural from extraneural needle placement in porcine nerves during direct exposure and ultrasound guidance. *Anesthesiology* 2008;**109**:479–83.
- [43] Maecken T, Zentz M, Grau T. Ultrasound characteristics of needles for regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2007;**32**:440–7.
- [44] 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.
- [45] Zetlaoui PJ, Labbe JP, Benhamou D. Accidental intravascular injection of local anesthetic. *Anesthesiology* 2009;**109**:144–5.
- [46] VadeBoncouer T, Weinberg GL, Oswald S, Angelov F. Early detection of intravascular injection during ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2008;**33**:278–9.
- [47] Robards C, Cleneden S, Greengrass R. Intravascular injection during ultrasound-guided axillary block: negative aspiration can be misleading. *Anesth Analg* 2008;**107**:1754–5.
- [48] Beach ML, Sites BD, Gallagher JD. Use of a nerve stimulator does not improve the efficacy of ultrasound-guided supraclavicular nerve blocks. *J Clin Anesth* 2006;**18**:580–4.
- [49] Tsai TP, Vuckovic I, Dilberovic F, Obhodzas M, Kapur E, Divanovic KA, et al. Intensity of the stimulating current may not be a reliable indicator of intraneural needle placement. *Reg Anesth Pain Med* 2008;**33**:207–10.
- [50] Jochum D, Bondar A, Delaunay L, Egan M, Bouaziz H. One size does not fit all: proposed algorithm for ultrasonography in combination with nerve stimulation for peripheral nerve blockade. *Br J Anaesth* 2009;**103**:771–3.
- [51] De Tran QH, Clemente A, Doan J, Finlayson RJ. Brachial plexus blocks: a review of approaches and techniques. *Can J Anaesth* 2007;**54**:662–74.
- [52] Recommandations pour la pratique clinique. In: Sfar, editor. *Les blocs périphériques des membres chez l'adulte*. Paris: Elsevier; 2005. p. 10–7.
- [53] Winnie AP. Interscalene brachial plexus block. *Anesth Analg* 1970;**49**:345–66.
- [54] Borgeat A, Ekotodramis G. Anaesthesia for shoulder surgery. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2002;**16**:211–25.

- [55] Benumof JL. Permanent loss of cervical spinal cord function associated with interscalene block performed under general anesthesia. *Anesthesiology* 2000;**93**:1541-4.
- [56] Pippa P, Cominelli E, Marinelli C, Aito S. Brachial plexus block using the posterior approach. *Eur J Anaesthesiol* 1990;**7**:411-20.
- [57] Antonakakis JG, Sites BD, Shiffrin J. Ultrasound-guided posterior approach for the placement of a continuous interscalene catheter. *Reg Anesth Pain Med* 2009;**34**:64-8.
- [58] Mariano ER, Loland VJ, Ilfeld B. Interscalene perineural catheter placement using an ultrasound-guided posterior approach. *Reg Anesth Pain Med* 2009;**34**:60-3.
- [59] Chan VW. Applying ultrasound imaging to interscalene brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2003;**28**:340-3.
- [60] 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.
- [61] Gutton C, Choquet O, Antonini F, Grossi P. Bloc interscaléniq ue échoguidé : variations anatomiques et implications cliniques. *Ann Fr Anesth Reanim* 2010;**29**:770-5.
- [62] Riazi S, Carmichael N, Awad I, Holtby RM, McCartney CJ. Effect of local anesthetic 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.
- [63] Norris D, Klahsen A, Milne B. Delayed bilateral spinal anaesthesia following interscalene brachial plexus block. *Can J Anaesth* 1996;**43**:303-5.
- [64] Passannante AN. Spinal anesthesia and permanent neurologic deficit after interscalene block. *Anesth Analg* 1996;**82**:873-4.
- [65] Scammell SJ. Case report: inadvertent epidural anaesthesia as a complication of interscalene brachial plexus block. *Anaesth Intensive Care* 1979;**7**:56-7.
- [66] Urme y WF, Talts KH, Sharrock NE. One hundred percent incidence of hemidiaphragmatic paresis associated with interscalene brachial plexus anesthesia as diagnosed by ultrasonography. *Anesth Analg* 1991;**72**:498-503.
- [67] Borgeat A, Ekato dramis G, Kalberer F, Benz C. Acute and nonacute complications associated with interscalene block and shoulder surgery. A prospective study. *Anesth Analg* 2001;**95**:875-80.
- [68] Broadman ND, Co field RH. Neurologic complications of shoulder surgery. *Clin Orthop* 1999;**368**:44-53.
- [69] D'Alessio JG, Weller RS, Rosenblum M. Activation of the Bezold-Jarisch reflex in the sitting position for shoulder arthroscopy using interscalene block. *Anesth Analg* 1995;**80**:1158-62.
- [70] Campagna JA, Carter C. Clinical relevance of the Bezold-Jarisch reflex. *Anesthesiology* 2003;**98**:1250-60.
- [71] Brown DL, Cahill DR, Bridenbaugh LD. Supraclavicular nerve block: anatomic analysis of a method to prevent pneumothorax. *Anesth Analg* 1993;**76**:530-4.
- [72] Dupré LJ, Danel V, Legrand JJ, Stieglitz P. Surface landmarks for supraclavicular block of the brachial plexus. *Anesth Analg* 1982;**61**:28-31.
- [73] Hickey R, Garland TA, Ramamurthy S. Subclavian perivascular block: influence of location of paresthesia. *Anesth Analg* 1989;**68**:767-71.
- [74] Chan VW, Perlas A, Rawson R, Odukoya O. Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Anesth Analg* 2003;**97**:1514-7.
- [75] Kapral S, Krafft P, Eibenberger K, Fitzgerald R, Gosch M, Weinstabl C. Ultrasound-guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus. *Anesth Analg* 1994;**78**:507-13.
- [76] Manickam BP, Oosthuysen SA, Parikh MK. Supraclavicular brachial plexus block-variant relation of brachial plexus to subclavian artery on the first rib. *Reg Anesth Pain Med* 2009;**34**:383-4.
- [77] Manickam BP, Perlas A, Chan VW, Brull R. The role of a preprocedure systematic sonographic survey in ultrasound-guided regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2008;**33**:566-70.
- [78] Perlas A, Lobo G, Lo N, Brull R, Chan VW, Karkhanis R. Ultrasound-guided supraclavicular block: outcome of 510 consecutive cases. *Reg Anesth Pain Med* 2009;**34**:171-6.
- [79] Duggan E, El Beheiry H, Perlas A, Lupu M, Nuica A, Chan VW, et al. Minimum effective volume of local anesthetic for ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2009;**34**:1-4.
- [80] 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.
- [81] Pham-Dang C, Gunst JP, Gouin F, Poirier P, Touchais S, Meunier JF, et al. A novel supraclavicular approach to brachial plexus block. *Anesth Analg* 1997;**85**:111-6.
- [82] Chin KJ, Singh M, Velayutham V, Chee V. Infraclavicular brachial plexus block for regional anaesthesia of the lower arm. *Cochrane Database Syst Rev* 2010;(2):CD005487.
- [83] Koscielniak-Nielsen ZJ, Rotboll Nielsen P, Risby Mortensen C. A comparison of coracoid and axillary approaches to the brachial plexus. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000;**44**:274-9.
- [84] Koscielniak-Nielsen SJ, Frederiksen BS, Rasmussen H, Hesselbjerg L. A comparison of ultrasound-guided supraclavicular and infraclavicular blocks for upper extremity surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 2009;**53**:620-6.
- [85] Wilson JL, Brown DL, Wong GY. Infraclavicular brachial plexus block: parasagittal anatomy important to the coracoid technique. *Anesth Analg* 1998;**87**:870-3.
- [86] Kapral S, Jandrasits O, Schabernig C, Likar R, Reddy B, Mayer N, et al. Lateral infraclavicular plexus block vs. axillary block for hand and forearm surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999;**43**:1047-52.
- [87] Borgeat A, Ekato dramis G, Dumont C. An evaluation of the infraclavicular block via a modified approach of the Raj technique. *Anesth Analg* 2001;**93**:436-41.
- [88] Bloc S, Garnier T, Komly B, Asfazadourian H, Leclerc P, Mercadal L, et al. Spread of injectate associated with radial or median nerve-type motor response during infraclavicular brachial-plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2007;**32**:130-5.
- [89] Minville V, N'Guyen L, Chassery C, Zetlaoui P, Pourrut JC, Gris C. A modified coracoid approach to infraclavicular brachial plexus blocks using a double-stimulation technique in 300 patients. *Anesth Analg* 2005;**100**:263-5.
- [90] Sandhu NS, Capan LM. Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. *Br J Anaesth* 2002;**89**:254-9.
- [91] Bigeleisen P, Wilson M. A comparison of two techniques for ultrasound guided infraclavicular block. *Br J Anaesth* 2006;**96**:502-7.
- [92] 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.
- [93] Dingemans E, Williams SR, Arcand G, Chouinard P, Harris P, Ruel M, et al. Neurostimulation in ultrasound-guided infraclavicular block: a prospective randomized trial. *Anesth Analg* 2007;**104**:1275-80.
- [94] Mariano ER, Loland VJ, Bellars RH, Sandhu NS, Bishop ML, Abrams RA, et al. Ultrasound guidance versus electrical stimulation for infraclavicular brachial plexus perineural catheter insertion. *J Ultrasound Med* 2009;**28**:1211-8.
- [95] Jandard C, Gentili ME, Girard F, Ecoffey C, Heck M, Laxenaire MC, et al. Infraclavicular block with lateral approach and nerve stimulation: extent of anesthesia and adverse effects. *Reg Anesth Pain Med* 2002;**27**:590-4.
- [96] Koscielniak-Nielsen ZJ, Rasmussen H, Hesselbjerg L. Pneumothorax after an ultrasound-guided lateral sagittal infraclavicular block. *Acta Anaesthesiol Scand* 2008;**52**:1176-7.
- [97] Schroeder LE, Horlocker TT, Schroeder DR. The efficacy of axillary block for surgical procedures about the elbow. *Reg Anesth* 1996;**83**:747-51.
- [98] Bergman BD, Hebl JR, Kent J, Horlocker TT. Neurologic complications of 405 consecutive continuous axillary catheters. *Anesth Analg* 2003;**96**:247-52.
- [99] 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.
- [100] Dupré LJ. Bloc du plexus brachial au canal huméral. *Cah Anesthésiol* 1994;**42**:767-9.
- [101] Bouaziz H, Narchi P, Mercier F, Khouri A, Poirier T, Benhamou D. The use of selective axillary nerve block for outpatient hand surgery. *Anesth Analg* 1998;**86**:746-8.
- [102] Guntz E, Van den Broeck V, Dereeper E, El Founas W, Sosnowski M. Ultrasound-guided block of the brachial plexus at the humeral canal. *Can J Anaesth* 2009;**56**:109-14.
- [103] Retzl G, Kapral S, Greher M, Mauritz W. Ultrasonographic findings of the axillary part of the brachial plexus. *Anesth Analg* 2001;**92**:1271-5.
- [104] Christophe JL, Berthier F, Boillot A, Tatu L, Viennet A, Boichut N, et al. Assessment of topographic brachial plexus nerves variations at the axilla using ultrasonography. *Br J Anaesth* 2009;**103**:606-12.
- [105] Dibiane C, Derudder S, Zetlaoui PJ. A musculocutaneous nerve variation described during ultrasound-guided axillary nerve block. *Reg Anesth Pain Med* 2009;**34**:617-8.
- [106] 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.
- [107] Sites BD, Beach ML, Spence BC, Wiley CW, Shiffrin J, Hartman GS, et al. Ultrasound guidance improves the success rate of a perivascular axillary plexus block. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006;**50**:678-84.
- [108] Tran de QH, Dugani S, Finlayson RJ. A randomized comparison between ultrasound-guided and landmark-based superficial cervical plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2010;**35**:539-43.
- [109] McCartney CJ, Xu D, Constantinescu C, Abbas S, Chan VW. Ultrasound examination of peripheral nerves in the forearm. *Reg Anesth Pain Med* 2007;**32**:434-9.
- [110] Gofeld M. Ultrasonography in pain medicine: a critical review. *Pain Pract* 2008;**8**:226-40.

- [111] Dangoisse M, Wilson D, Glynn C. MRI and clinical study of easy and safe technique of suprascapular nerve blockade. *Acta Anaesthesiol Belg* 1994;**45**:49–54.
- [112] Remerand F, Laulan J, Couvret C, Palud M, Baud A, Velut S, et al. Is the musculocutaneous nerve really in the coracobrachialis muscle when performing an axillary block? An ultrasound study. *Anesth Analg* 2010;**110**:1729–34.
- [113] Prasada Rao PV, Chaudhary SC. Absence of musculocutaneous nerve: two case reports. *Clin Anat* 2001;**14**:31–5.
- [114] Gray AT, Schafhalter-Zoppoth I. Ultrasound guidance for ulnar nerve block in the forearm. *Reg Anesth Pain Med* 2003;**28**:335–9.
- [115] Macaire P, Singelyn F, Narchi P, Paqueron X. Ultrasound- or nerve stimulation-guided wrist blocks for carpal tunnel release: a randomized prospective comparative study. *Reg Anesth Pain Med* 2008;**33**:363–8.
- [116] Wong DM, Gledhill S, Thomas R, Barrington MJ. Sonographic location of the radial nerve confirmed by nerve stimulation during axillary brachial plexus blockade. *Reg Anesth Pain Med* 2009;**34**:503–7.
- [117] Foxall GL, Skinner D, Hardman JG, Bedfordth NM. Ultrasound anatomy of the radial nerve in the distal upper arm. *Reg Anesth Pain Med* 2007;**32**:217–20.
- [118] Chiu DT. Transthecal digital block flexor tendon sheath used for anesthetic infusion. *J Hand Surg [Am]* 1990;**15**:471–3.
- [119] Chevaleraud E, Ragot JM, Brunelle E, Dumontier C, Brunelli F. Anesthésie locale digitale par la gaine des fléchisseurs. *Ann Fr Anesth Reanim* 1993;**12**:237–40.
- [120] Richman JM, Liu SS, Courpas G, Wong R, Rowlingson AJ, McGready J, et al. Does continuous peripheral nerve block provide superior pain control to opioids? A meta-analysis. *Anesth Analg* 2006;**102**:248–57.
- [121] Guzeldemir ME, Ustunsoz B. Ultrasonographic guidance in placing a catheter for continuous axillary brachial plexus block. *Anesth Analg* 1995;**81**:882–3.
- [122] Fredrickson MJ. The sensitivity of motor response to needle nerve stimulation during ultrasound guided interscalene catheter placement. *Reg Anesth Pain Med* 2008;**33**:291–6.
- [123] Dhir S, Ganapathy S. Comparative evaluation of ultrasound-guided continuous infraclavicular brachial plexus block with stimulating catheter and traditional technique: a prospective-randomized trial. *Acta Anaesthesiol Scand* 2008;**52**:1158–66.
- [124] Fredrickson MJ, Ball CM, Dalglish AJ. A prospective randomized comparison of ultrasound guidance versus neurostimulation for interscalene catheter placement. *Reg Anesth Pain Med* 2009;**34**:590–4.
- [125] Koscielniak-Nielsen ZJ, Rasmussen H, Hesselbjerg L. Long-axis ultrasound imaging of the nerves and advancement of perineural catheters under direct vision: a preliminary report of four cases. *Reg Anesth Pain Med* 2008;**33**:477–82.
- [126] Ilfeld BM, Fredrickson MJ, Mariano ER. Ultrasound-guided perineural catheter insertion: three approaches but few illuminating data. *Reg Anesth Pain Med* 2010;**35**:123–6.
- [127] Swenson JD, Davis JJ, DeCou JA. A novel approach for assessing catheter position after ultrasound-guided placement of continuous interscalene block. *Anesth Analg* 2008;**106**:1015–6.
- [128] Tran De QH, Munoz L, Russo G, Finlayson RJ. Ultrasonography and stimulating perineural catheters for nerve blocks: a review of the evidence. *Can J Anesth* 2008;**55**:447–57.
- [129] Bigeleisen PE. Ultrasound-guided infraclavicular block in an anticoagulated and anesthetized patient. *Anesth Analg* 2007;**104**:1285–7.
- [130] Ilfeld BM, Mariano ER, Girard PJ, Loland VJ, Meyer RS, Donovan JF, et al. A multicenter, randomized, triple-masked, placebo-controlled trial of the effect of ambulatory continuous femoral nerve blocks on discharge-readiness following total knee arthroplasty in patients on general orthopaedic wards. *Pain* 2010;**150**:477–84.
- [131] Wiegel M, Gottschaldt U, Hennebach R, Hirschberg T, Reske A. Complications and adverse effects associated with continuous peripheral nerve blocks in orthopedic patients. *Anesth Analg* 2007;**104**:1578–82.
- [132] Capdevila X, Lopez S. Quelles recommandations pour l'anesthésie locorégionale intraveineuse? In: Sfar, editor. *Les blocs périphériques des membres chez l'adulte. Recommandations pour la pratique clinique*. Paris: Elsevier; 2004. p. 51–67.
- [133] Guay J. Adverse events associated with intravenous regional anesthesia (Bier block): a systematic review of complications. *J Clin Anesth* 2009;**21**:585–94.
- [134] Choyce A, Peng P. A systematic review of adjuncts for intravenous regional anesthesia for surgical procedures. *Can J Anaesth* 2002;**49**:32–45.
- [135] Bigat Z, Boztug N, Hadimioglu N, Cete N, Coskunfirat N, Ertok E. Does dexamethasone improve the quality of intravenous regional anesthesia and analgesia? A randomized, controlled clinical study. *Anesth Analg* 2006;**102**:605–9.
- [136] Paqueron X, Boccara G, Bendahou M, Coriat P, Riou B. Brachial plexus nerve block exhibits prolonged duration in the elderly. *Anesthesiology* 2002;**97**:1245–9.
- [137] 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.
- [138] 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**:279–83.
- [139] Rosenberg PH, Veering BT, Urmey WF. Maximum recommended doses of local anesthetics: a multifactorial concept. *Reg Anesth Pain Med* 2004;**29**:564–75.
- [140] Kennedy WF, Bonica JJ. Cardiorespiratory effects of epinephrine when used in regional anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 1966;(Suppl. XXIII):320–33.
- [141] Singelyn FJ, Gouverneur JM, Robert A. A minimum dose of clonidine added to mepivacaine prolongs the duration of anesthesia and analgesia after axillary brachial plexus block. *Anesth Analg* 1996;**83**:1046–50.
- [142] Iohom G, Machmachi A, Desire-Pascal D, Khatouf M, Boileau S, Dap F, et al. The effects of clonidine added to mepivacaine for paronychia surgery under axillary brachial plexus block. *Anesth Analg* 2005;**100**:1179–83.
- [143] Parrington SJ, O'Donnell D, Chan VW, Brown-Shreves D, Subramanyam R, Qu M, et al. Dexamethasone added to mepivacaine prolongs the duration of analgesia after supraclavicular brachial plexus blockade. *Reg Anesth Pain Med* 2010;**35**:422–6.
- [144] 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.
- [145] Bergman RA, Afifi AK, Miyauchi R. *Illustrated Encyclopedia of Human anatomic variations*. Opus III : nervous system. www.anatomyatlases.org.

P.-J. Zetlaoui, Praticien hospitalier (paul.zetlaoui@bct.aphp.fr).

Département d'anesthésie-réanimation, Hôpital de Bicêtre, 78, rue du Général-Leclerc, 94275 Le Kremlin-Bicêtre cedex, France.

O. Choquet, Praticien hospitalier.

Service d'anesthésie-réanimation « A », Hôpital Lapeyronie, CHU de Montpellier, 371, avenue du Doyen-Gaston-Giraud, 34295 Montpellier cedex 5, France.

Toute référence à cet article doit porter la mention : Zetlaoui PJ, Choquet O. Techniques d'anesthésie locorégionale du membre supérieur. EMC - Anesthésie-Réanimation 2013;10(1):1-28 [Article 36-321-A-10].

Disponibles sur [www.em-consulte.com](http://www.em-consulte.com)



Arbres  
décisionnels



Iconographies  
supplémentaires



Vidéos/  
Animations



Documents  
légaux



Information  
au patient



Informations  
supplémentaires



Auto-  
évaluations



Cas  
clinique

Cet article comporte également le contenu multimédia suivant, accessible en ligne sur [em-consulte.com](http://em-consulte.com) et [em-premium.com](http://em-premium.com) :

## 1 autoévaluation

[Cliquez ici](#)

## 9 vidéos/animations

### Video 1

Défilé interscalénique. Variante vascularisation. Il est important avant chaque ponction d'explorer toute la région autour du point de ponction. L'examen doppler couleur (en appliquant seulement une faible pression sur la sonde pour ne pas écrasée les veines) recherche systématiquement les vaisseaux et particulièrement les variations possibles. A l'étage interscalénique du plexus brachial, les variations de la vascularisation artérielle et veineuse sont très importantes. Ici, l'examen doppler couleur met en évidence une variante de la vascularisation artérielle, avec une branche passant dans le défilé interscalénique en avant des racines du plexus brachial.

[Cliquez ici](#)

### Video 2

Bloc du plexus brachial : abord interscalénique. Bloc interscalénique échoguidé par abord latéral. Repérage des principaux éléments anatomiques et des racines, puis ponction et injection dans l'espace interscalénique. Visualisation petit axe dans le plan des ultrasons.

[Cliquez ici](#)

### Video 3

Repérage de la vertèbre C6. La vertèbre C6 est la dernière vertèbre dont le processus transverse soit bifide. La tubérosité antérieure, souvent plus volumineuse que la tubérosité postérieure est désignée sous le nom de tubercule de Chassaignac. La vertèbre C7 est la première dont le processus transverse soit unique. On ne peut donc identifier C6 avec certitude que quand C7 a été formellement identifiée. La sonde est déplacée successivement en direction caudale puis céphalique. Visualisation en petit axe.

[Cliquez ici](#)

### Video 4

Artère dorsale de la scapula. L'artère dorsale de la scapula passe en avant du plexus brachial dans la région supraclaviculaire, au niveau du point de ponction pour le bloc supraclaviculaire. L'examen Doppler montre deux flux de sens différents, sur le même vaisseau parce que l'artère est courbe au site de mesure. Le point sans flux de couleur représente le point précis où le faisceau Doppler est exactement perpendiculaire au flux sanguin. Visualisation petit axe.

[Cliquez ici](#)

### Video 5

Bloc du plexus brachial : abord supraclaviculaire. Bloc infraclaviculaire échoguidé. Abord latéral. Repérage des principaux éléments anatomiques, puis ponction et injection visualisant la diffusion de l'anesthésique local. En raison de l'organisation particulière de ce plexus brachial, une redirection de l'aiguille a été nécessaire pour assurer une bonne diffusion de la solution autour de l'ensemble du plexus. Visualisation petit axe dans le plan des ultrasons, sonde linéaire.

[Cliquez ici](#)

© 2014 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés. - Document téléchargé le 15/10/2014 par JOSSERAND Julien (66524)

### Video 6

Bloc du plexus brachial : abord infraclaviculaire. Bloc infraclaviculaire échoguidé. Repérage des principaux éléments anatomiques et des faisceaux, puis ponction et injection visualisant la diffusion de l'anesthésique local. Visualisation petit axe dans le plan des ultrasons.

[Cliquez ici](#)

### **Video 7**

Plexus brachial axillaire. Noter les effets de la pression exercée sur la sonde d'échographie pour écraser les veines. L'injection intraveineuse est un risque important lors des blocs échoguidés. Il est important de ne pas exercer de pression importante sur la sonde pour ne pas écraser les veines. Visualisation en petit axe.

[Cliquez ici](#)

### **Video 8**

Sonoanatomie du triangle cervical postérieur et bloc du plexus cervical superficiel. Anatomie de l'espace cervical postérieur et bloc du plexus cervical superficiel par abord postérieur. Visualisation en petit axe dans le plan des ultrasons. Le plexus cervical superficiel se localise dans la bande fibreuse hyperéchogène (l'espace cervical postérieur) comprise entre le muscle sterno-cléido-mastoïdien en superficie et scalènes ou long de la tête (LC, longus capitis) ou élévateur de la scapula (ES) en fonction de la hauteur. L'injection de l'anesthésique local dissèque cet espace pour bloquer l'ensemble des éléments nerveux qui y passent.

[Cliquez ici](#)

### **Video 9**

Nerf musculocutané issu du nerf médian. Classiquement, le nerf musculocutané se sépare du faisceau latéral précocement, pour perforer le muscle coracobrachial et s'engager dans la loge antérieure du bras en arrière du biceps brachial. Au niveau de la fosse axillaire, il est habituellement séparé du nerf médian. Dans cette vidéo, le nerf musculocutané est issu du nerf médian. Cette organisation anatomique n'est pas exceptionnelle, retrouvée dans environ 20 % des examens systématiques. Dans cette configuration anatomique, il n'est pas nécessaire de bloquer séparément le nerf musculocutané ; il sera bloqué avec le nerf médian.

[Cliquez ici](#)