

PLACE DE L'ÉCHOGRAPHIE DANS LES ANESTHÉSIES PÉRIMÉDULLAIRES OBSTÉTRICALES

Eryk Eisenberg, Vincent Tubert

Pôle Santé République - Clermont-Ferrand. E-mail : eryk.eisenberg@orange.fr

INTRODUCTION

L'échographie dans les anesthésies périmédullaires fait l'objet d'un intérêt de plus en plus marqué ces dernières années [1, 2].

L'utilisation de cette technique peut se faire soit sur un mode d'écho-repérage (repérage préalable, encore appelé « pré-procédural », destiné à préciser un certain nombre de paramètres anatomiques et ainsi à faciliter et/ou sécuriser l'anesthésie périmédullaire réalisée dans un second temps selon la technique « habituelle »), soit le mode de d'écho-guidage en temps réel de l'aiguille [3-5].

L'écho-repérage fût décrit pour la première fois dans les années 80 [6, 7], les premiers cas d'écho-guidage apparaissent dans la littérature en 2004 [3].

1. LES DONNÉES GÉNÉRALES DE LA LITTÉRATURE

L'étude échographique rachidienne permet de préciser la position et l'orientation des apophyses épineuses, la profondeur du ligament jaune, de l'espace épidural et de la dure-mère, et de déterminer le niveau de ponction [8, 9], pour lequel les repères de surface (ligne de Tuffier) ne donnent très souvent qu'une approximation fautive [10-13].

Du fait de la faible minéralisation rachidienne des nouveaux nés et des nourrissons, l'imagerie ultrasonographique périmédullaire y est particulièrement contributive [14]. Si elle permet dans ce cas précis de visualiser dure-mère, espace épidural, diffusion de l'anesthésique local, et même présence d'un cathéter épidural [15-17] avec une relative aisance, les appareils modernes, les connaissances sono-anatomiques et un « certain » niveau de pratique rendent ces éléments souvent accessibles chez l'adulte également.

C'est ainsi que cette technique d'imagerie peut s'avérer fort utile chez l'obèse [18] dont la palpation des repères osseux est imprécise ou impossible, chez les patients présentant des pathologies rachidiennes comme les scolioses [19] ou des antécédents chirurgicaux avec ou sans matériel étranger (laminectomies, ostéosynthèses, etc... [20, 21]).

L'imagerie périmédullaire dorsale [22] peut s'avérer plus difficile qu'en lombaire du fait de la forme et de l'inclinaison des épineuses et des lames vertébrales qui limitent l'accès des ultrasons au canal rachidien.

2. LE CAS DE L'OBSTÉTRIQUE

L'intérêt de l'échographie pour réaliser les anesthésies périmédullaires obstétricales a également été étudié.

- L'écho-repérage pré-procédural : il permet de faire progresser le taux de succès (particulièrement pour les praticiens novices [23, 24]), de réduire le nombre de tentatives de ponction [1, 25, 26] ainsi que la douleur générée par le geste [1], et d'améliorer la satisfaction globale du patient [1]. Arzola et al. ont observé que lorsqu'une échographie rachidienne de repérage avait été réalisée, il n'était pas nécessaire de réinsérer l'aiguille de péridurale dans 92 % des cas, et qu'il n'était même pas nécessaire de réorienter l'aiguille dans 74 % des parturientes. Dans 97 % des cas, l'identification de l'espace péridural était réussie après deux réorientations ou moins de l'aiguille [27]. Chez des parturientes obèses, Balki et al. ont noté que trois réorientations d'aiguilles ou moins étaient nécessaires dans 93 % des cas pour bien positionner les cathéters périduraux après détermination échographique d'un point d'insertion « idéal » [28].
- L'écho-guidage en temps réel : dans une étude contrôlée randomisée [3] (30 parturientes bénéficiant d'une rachi-péri combinée réparties en trois groupes : perte de résistance ou échographie pré-procédurale ou guidage échographique en temps réel), toutes les anesthésies ont été efficaces, mais le nombre de tentatives de ponction était significativement moindre dans les 2 groupes où l'échographie a été utilisée.

La faisabilité et la fiabilité de l'écho-guidage en temps réel ont également été montrées lors de la réalisation de rachi-péri combinées par opérateur unique [5]. Dans cette étude prospective réalisée sur 19 parturientes, un guide de ponction solidaire de la sonde était utilisé pour définir la trajectoire de l'aiguille jusqu'au niveau épidural, dont l'abord était confirmé par l'usage d'une seringue à perte de résistance.

Le dépistage échographique d'une anomalie de fusion médiane du ligament jaune pourrait également permettre de limiter les risques de brèche durale accidentelle. Lee a montré en étudiant rétrospectivement une population de parturientes ayant subi une brèche accidentelle lors d'une anesthésie péridurale, que cette particularité anatomique était retrouvée dans 72 % des cas, contre 17 % dans un groupe contrôle [29]. La réalité anatomique de ces anomalies échographiques du ligament jaune reste toutefois encore à préciser.

Fort de ces éléments, en janvier 2008 le National Institute for Health and Clinical Excellence (NHS) a rédigé des recommandations concernant l'intérêt de l'échographie en matière de repérage et d'écho-guidage pour la péridurale [30].

3. LES TECHNIQUES

3.1. MATÉRIEL

L'échographe utilisé est un appareil habituellement utilisé pour l'anesthésie locorégionale, doté d'une sonde basse fréquence convexe (2-5 MHz).

Le gel échographique peut être utilisé pour le repérage, mais on lui substitue le sérum physiologique en cas d'écho-guidage [4] dans le but d'éviter l'introduction de gel en périmédullaire.

Une housse stérile spécifique et une asepsie chirurgicale sont nécessaires dans les procédures de guidage en temps réel.

- Pour les rachianesthésies : les aiguilles habituelles à pointe crayon sont conservées (22G, 25G ou 27G). Leur échogénicité est suffisante, parfois même supérieure aux aiguilles de Tuohy.
- Pour les anesthésies péridurales : pour une péridurale réalisée après échorepérage préalable, les kits habituels sont utilisés (aiguille, cathéter, filtre, seringue classique pour recherche de perte de résistance). Toutefois, en cas d'écho-guidage, la nécessité de libérer une main pour tenir la sonde échographique, impose l'utilisation de seringues spécifiques pour la recherche de l'espace péridural. Elles disposent d'un système de recherche automatique de perte de résistance obtenue, soit grâce à l'application d'une contre pression permanente sur le piston par un élastique (Figure 1), soit par l'utilisation d'un ressort préformé [31].
- Le monitoring habituel du patient est de rigueur.



Figure 1

3.2. L'ÉCHO-REPÉRAGE PRÉ-PROCÉDURAL

Le repérage préalable à l'anesthésie périmédullaire a pour but de préciser le niveau de ponction, l'approche idéale de l'aiguille (point de ponction cutané, angulation sagittale et transversale), et le site optimal d'injection de l'anesthésique local ou d'insertion du cathéter. La visualisation du sacrum, des processus épineux, des lames vertébrales, des espaces interépineux, du ligament jaune et de la dure-mère, apporte les informations nécessaires à ces objectifs.

3.2.1. LA DÉTERMINATION DU NIVEAU DE PONCTION

L'utilisation des repères de surfaces pour déterminer le niveau de ponction d'une anesthésie périmédullaire est fréquemment prise en défaut. C'est particulièrement le cas chez la femme enceinte où le niveau médian de la ligne de Tuffier se situe juste au-dessous du niveau L2-L3 [13]. Et comme l'emplacement du cône médullaire se situe au-dessous de L1-L2 chez environ 42 % des adultes, la méconnaissance du niveau de ponction peut être à l'origine de lésions médullaires accidentelles [33].

Dans une étude réalisée en 2008 chez 99 patientes ayant bénéficié d'une anesthésie périmédullaire obstétricale, Schlotterbeck [34] met en évidence que le niveau de ponction estimé ne correspondait à la réalité que dans 36 % des cas, alors que dans 50 % des cas la ponction avait été réalisée au-dessus du niveau souhaité.

En disposant la sonde d'échographie en regard de la jonction lombosacrée, en position sagittale paramédiane (Figure 2), on observe caudalement une ligne hyperéchogène continue correspondant au sacrum puis successivement les lames vertébrales L5 puis L4, etc... (Figure 3) jusqu'au niveau souhaité. Une fois le niveau de ponction repéré, on le matérialise au crayon dermatographique.



Figure 2



Figure 3

3.2.2. LE REPÉRAGE TRANSVERSAL

Le patient (qui peut être assis ou bien en décubitus latéral) a le tronc fléchi afin d'ouvrir les espaces interépineux. La sonde curviligne basse fréquence est disposée transversalement sur la ligne médiane des apophyses épineuses (Figure 4). Un processus épineux apparaît sous la forme d'une ombre acoustique (cône d'ombre) débutant en surface, pouvant être rehaussé d'un signal hyperéchogène en surface (Figure 5). Les lames apparaissent sur cette coupe échographique comme des lignes hyperéchogènes en positions antéro-latérales, de part et d'autre du processus épineux, génératrices elles aussi d'ombres acoustiques.



Figure 4



Figure 5

La position des épineuses est dessinée sur la peau avec un crayon dermographique, et leur réunion matérialise l'axe rachidien sagittal superficiel.

En déplaçant la sonde au dessus ou au-dessous de l'apophyse épineuse, son ombre acoustique disparaît, permettant ainsi de découvrir l'espace interépineux. Dans ce plan de coupe échographique, le ligament jaune et la dure-mère, éléments plus profonds, peuvent maintenant être visualisés. Ils peuvent apparaître comme deux structures linéaires hyperéchogènes distinctes qui limitent respectivement dorsalement et ventralement l'espace épidural dont on va noter la profondeur par rapport à la surface cutanée. Toutefois, on visualise souvent

distinctement la fine ligne hyperéchogène dure-mérienne, alors que le ligament jaune qui lui est immédiatement superficiel, est moins échogène et plus épais (Figure 6). Parfois, en particulier chez les patients âgés, on ne distingue qu'une image hyperéchogène linéaire unique, fusion des deux précédentes. C'est alors la profondeur du complexe « dure-mère/ligament jaune » qui est notée.



Figure 6

Le niveau de l'espace interépineux est dessiné au crayon dermographique (Figure 7) à chaque extrémité latérale de la sonde. L'intersection de ce niveau transversal et de l'axe rachidien sagittal superficiel permet de définir le point de ponction cutané de l'abord périmédullaire interépineux (Figure 7bis).



Figure 7

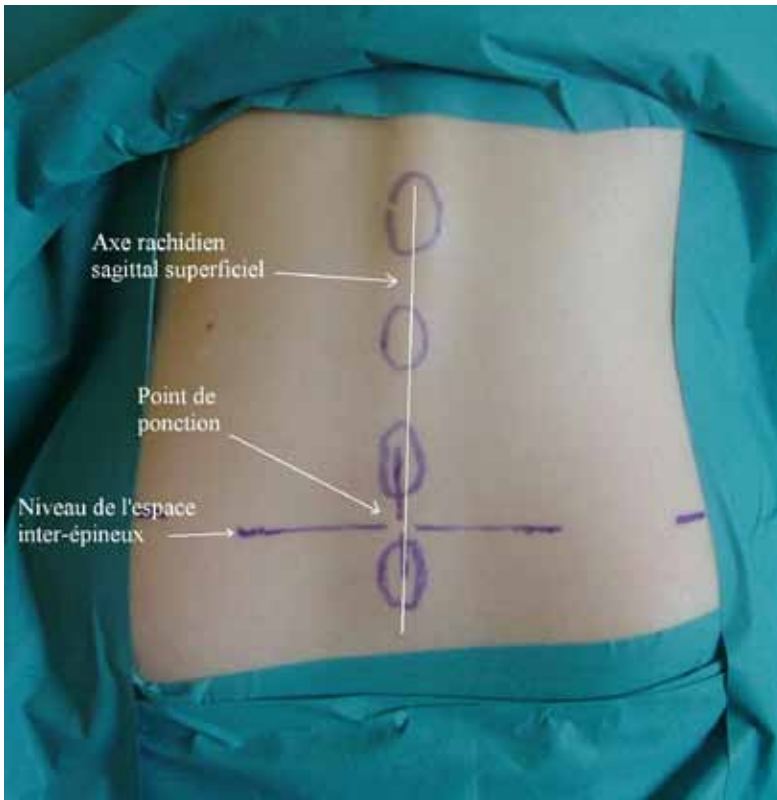


Figure 7 bis

Avoir déterminé ce point de ponction médian interépineux n'est pas pour autant suffisant pour se diriger jusqu'au point d'aboutissement souhaité. Il faut à présent donner à l'aiguille l'angulation sagittale et transversale correspondant à l'anatomie du patient. Notons que pour les péridurales thoraciques, l'angulation sagittale est plus importante du fait de l'obliquité majorée des processus épineux.

Les vertèbres peuvent présenter une rotation dans le plan transversal, notamment dans les scolioses (Figure 8). Ce phénomène impose, pour obtenir une image symétrique de la vertèbre sur l'écran, d'orienter la sonde vers l'un des flancs du patient, dépendant de l'axe de rotation vertébral (généralement dans la même direction que la convexité de la scoliose). Lorsque la vertèbre apparaît symétrique à l'écran, la direction de la sonde va objectiver l'angulation transversale qu'il faut donner à l'aiguille pour sa progression (Figure 9 et 9 bis). Concernant l'angulation sagittale, elle est également montrée par la direction sagittale qu'avait la sonde pour générer l'image « idéale » (Figure 10). L'ensemble des informations fournies par l'écho-repérage préalable fiabilise de manière très importante la détermination du point de ponction idéal [24].

En profondeur (donc en avant) du complexe « dure-mère/ligament jaune », apparaît le canal rachidien quasiment anéchogène. En avant de celui-ci, on peut voir une ligne hyperéchogène correspondant à la dure-mère antérieure, au ligament longitudinal postérieur et à la face postérieure du corps vertébral (Figure 6).

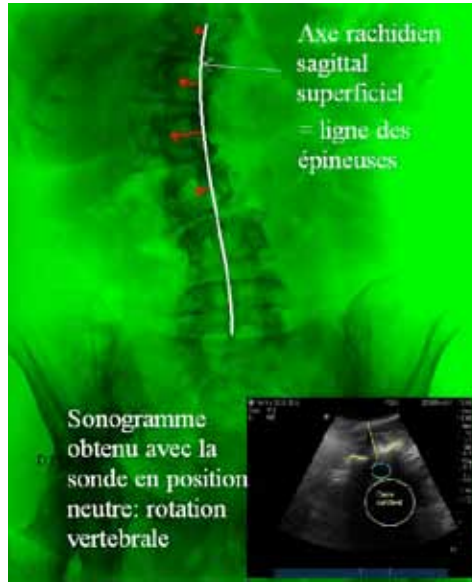


Figure 8



Figure 9

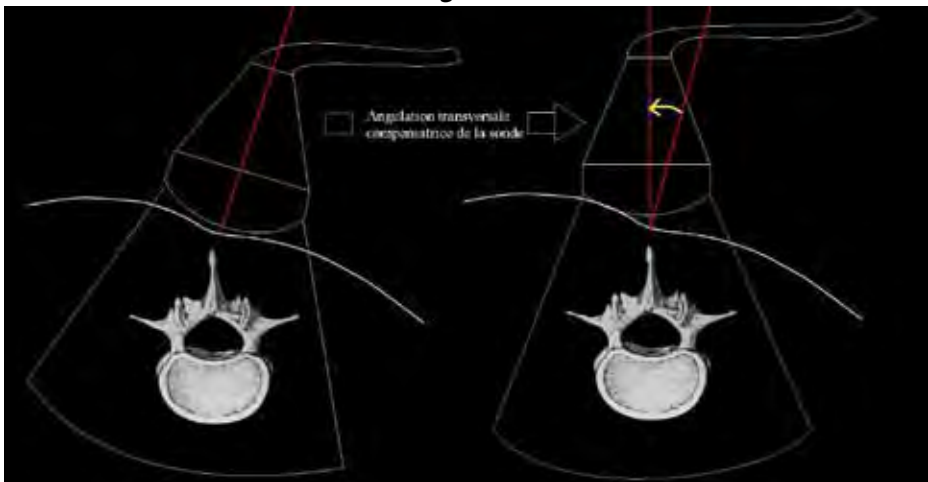


Figure 9 bis



Figure 10

3.2.3. LE REPÉRAGE SAGITTAL

Les coupes échographiques sagittales peuvent être également très contributives pour les anesthésies périmédullaires. Elles apportent les informations qui permettent de réaliser un abord para-sagittal. Celui-ci peut être choisi d'emblée quel que soit le contexte, ou bien être réservé aux situations dans lesquelles un abord sagittal interépineux est particulièrement difficile (ouverture insuffisante des espaces interépineux malgré une flexion maximale du tronc, ligament interépineux calcifié, infranchissable).

La coupe sagittale strictement médiane (Figure 11) n'apporte, chez l'adulte, que peu d'information du fait de la présence des processus épineux qui sont un obstacle majeur aux ultrasons. Les coupes para-sagittales strictes (Figure 12) (également appelée sagittales paramédianes) permettent de s'exonérer de l'ombre acoustique des processus épineux, et d'aborder l'espace inter-lamaire à un niveau où il est plus large. Toutefois, le plan ultrasonore para-sagittal strict intercepte le canal rachidien trop latéralement, presque tangentiellement. Il est surtout utile pour observer les processus articulaires (Figure 13). Pour corriger cela, il suffit d'incliner médialement la sonde pour obtenir un angle de vision plus favorable [4, 35], le plan para-sagittal oblique (ou sagittal paramédian oblique) (Figure 14). C'est sur cette coupe que l'espace inter-lamaire (entre les vertèbres sus et sous-jacentes) est le plus large. Bien que ces structures soient masquées par les lames qui génèrent leurs ombres acoustiques, on peut voir le ligament jaune et la dure-mère postérieure (dont on peut mesurer la profondeur), le canal rachidien, et le complexe dure-mère antérieure/ligament longitudinal postérieur/face postérieure du corps vertébral plus en avant (Figure 15).

Concernant l'étude du rachis thoracique pour la réalisation de péridurales, le plan para-sagittal oblique est d'autant plus contributif que l'obliquité des processus épineux masque davantage encore la vision périmédullaire transversale. Toutefois, les lames vertébrales étant plus hautes qu'en lombaire, l'espace

inter-lamaire est réduit. La fenêtre acoustique inter-lamaire qui donne accès aux structures périmédullaires est donc plus étroite qu'au niveau lombaire.



Figure 11

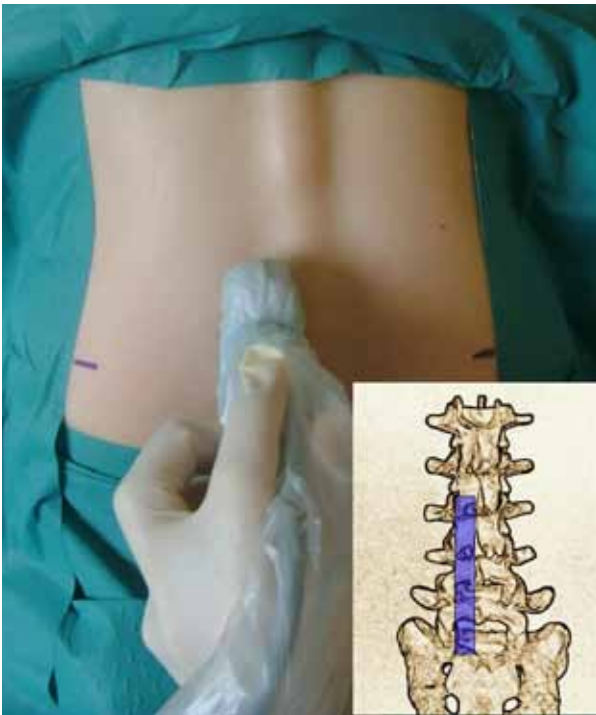


Figure 12



Figure 13



Figure 14

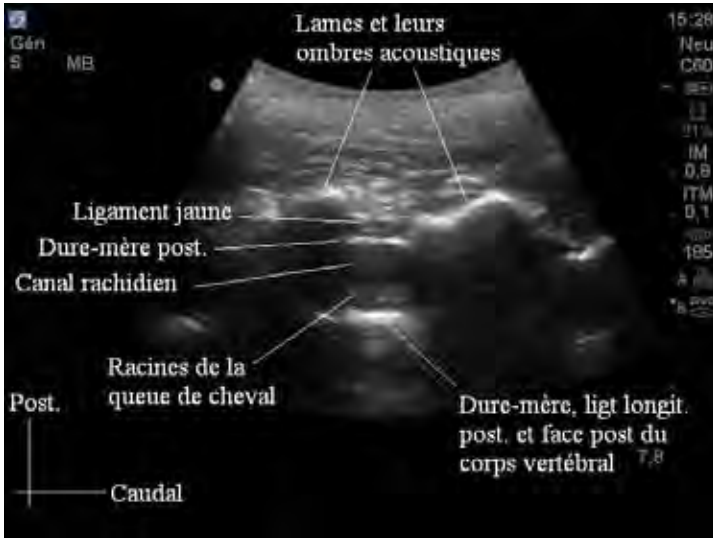


Figure 15

En cas de rotation vertébrale axiale (cf. scolioses), la fenêtre acoustique parasagittale oblique la plus favorable se trouve logiquement du côté de la rotation (Figure 16). En dehors de ce cas de figure extrême, il est toutefois souhaitable de comparer la qualité de visualisation des deux côtés afin de choisir celui qui pourrait offrir la meilleure image.

De la même manière que dans le cas d'un repérage transversal, on dessine les repères de ponction sur la peau au crayon dermographique lorsque l'image idéale est obtenue. Puis en orientant l'aiguille dans la même direction que celle de la sonde lors du repérage (médiale et +/- céphalique), on réalise l'anesthésie périmédullaire en ayant à l'esprit la profondeur mesurée du complexe ligament jaune/dure-mère.

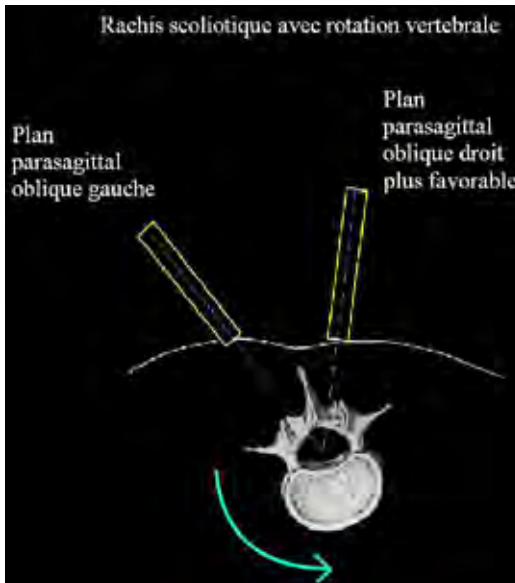


Figure 16

3.3. L'ÉCHO-GUIDAGE EN TEMPS RÉEL

Le guidage échographique en temps réel des anesthésies périmédullaires est d'un niveau de difficulté plus élevé que le repérage préalable décrit précédemment. Les raisons en sont l'encombrement de la sonde, sa position vis-à-vis de l'aiguille, la nécessité de déplacer l'aiguille dans le strict plan ultrasonore et la fréquente nécessité de mains supplémentaires pour réaliser le geste dans de bonnes conditions.

L'abord para-sagittal oblique est la meilleure technique pour réaliser une anesthésie périmédullaire écho-guidée « in plane » [4], c'est-à-dire avec l'aiguille en vision longitudinale dans le faisceau ultrasonore. Tout comme pour les blocs nerveux périphériques, ces techniques en temps réel n'exonèrent pas, bien au contraire, d'une étude échographique préalable de la région abordée.

3.3.1. RACHIANESTHÉSIE

Après repérage du sacrum, la sonde (en position sagittale paramédiane) est déplacée crânialement jusqu'au niveau intervertébral où l'on souhaite réaliser la rachi-anesthésie (généralement L3/L4 ou L4/L5, parfois L2/L3 ou L5/S1). Légèrement obliquée médialement pour obtenir la meilleure fenêtre (para-sagittale oblique) où la visibilité du complexe ligament jaune/dure-mère est optimisée, on réalise l'anesthésie locale cutanée à l'extrémité caudale de la sonde. On ponctionne dans le plan ultrasonore avec l'introducteur de l'aiguille 25G ou 27G, qui est ensuite elle-même insérée (Figure 17). La difficulté du geste va résider dans l'orientation de l'aiguille et sa progression strictement dans le plan ultrasonore, au travers des muscles érecteurs du rachis, puis au bord supérieur de la lame la plus caudale. L'aiguille traverse ensuite le ligament jaune, l'espace épidual, puis enfin perfore la dure-mère. Le reflux de LCR au travers de l'aiguille demeure une exigence, même s'il a été montré que le délai de reflux pouvait être particulièrement prolongé pour une aiguille authentiquement en bonne position [4]. Au passage de la dure-mère, on observe parfois son déplacement antérieur initial, puis son retour en position normale après perforation, mais ce phénomène est inconstant. L'injection de l'AL dans le LCR peut être observable en doppler couleur ou énergie (Figure 18).



Figure 17



Figure 18

3.3.2. PÉRIDURALE

Le processus initial est le même que pour une rachi-anesthésie jusqu'à l'exécution de l'anesthésie locale cutanée à l'extrémité caudale de la sonde, qui est en position para-sagittale oblique. M.K Karmakar [4] a décrit la réalisation d'anesthésies péridurales lombaires écho-guidées chez 15 patients selon cet abord. L'aiguille de péridurale est introduite et suivie sous contrôle de la vue dans le plan ultrasonore, depuis l'extrémité caudale de la sonde jusqu'au bord supérieur de la lame vertébrale la plus caudale. Le praticien tient d'une main la sonde, de l'autre main l'aiguille, la seringue n'est vissée sur l'aiguille de Tuohy que lorsqu'elle pénètre le ligament jaune. L'orientation en profondeur de l'aiguille rend sa vision délicate. Lors de l'entrée dans l'espace péridural, l'auteur observe dans 53,3 % des cas un déplacement antérieur de la dure-mère et un élargissement de l'espace péridural. Le taux de réussite dans cette étude est de 93,3 %.

Une fois le cathéter péridural inséré, il est parfois possible de l'observer à l'étage supérieur, voire même de suivre sa progression (Figure 19).



Figure 19

La conjonction de l'avancée du piston de la seringue, de la perte de résistance et de la visualisation de la pointe de l'aiguille entre le ligament jaune et la dure-mère, permet de valider la position péridurale de l'aiguille.

Comme cela a également été montré [5], l'adjonction d'un guide de ponction est possible, et peut même représenter une aide non négligeable à la procédure de guidage en temps réel de l'aiguille.

Contrairement à une rachianesthésie pour laquelle le niveau de ponction théorique se situe au-dessous de L2 pour ne pas léser accidentellement la moelle épinière, la péridurale peut être pratiquée à un niveau plus céphalique, dépendant du site opératoire. Lors des abords thoraciques, la coupe para-sagittale oblique est également la plus contributive mais révèle une fenêtre acoustique plus étroite qu'au niveau lombaire compte tenu du caractère aplati et plus « recouvrant » des lames vertébrales. La gestion de la trajectoire de l'aiguille sous contrôle échographique jusqu'à l'espace épidural est donc plus délicate.

CONCLUSION

Comme Perlas le résume très bien dans sa méta-analyse [36], l'usage de l'échographie en ALR périmédullaire est récent. La plupart des travaux publiés ont été réalisés par des équipes très expérimentées et peu nombreuses. Il n'existe que quelques d'études randomisées contrôlées, toutes dans le domaine de la pédiatrie et de l'obstétrique. Toutefois, à la lumière de ces travaux, l'on peut désormais voir se dessiner bien plus que des tendances (Tableau I).

Il est probable que les patients obèses ou présentant des anomalies rachidiennes (ayant ou non été opérés) puissent tirer un réel bénéfice de l'usage de l'échographie rachidienne. C'est cependant dans ces populations de patients que l'échographie s'avère généralement être particulièrement difficile à réaliser et/ou interpréter. Bien qu'éloquentes, les publications dans ce domaine restent « anecdotiques » [21], sans que l'on trouve pour l'instant de larges études permettant de définir les bénéfices et limites de l'échographie périmédullaire dans ces groupes de patients. Il n'y a pas non plus encore de travaux comparant, en termes de sécurité, l'anesthésie périmédullaire avec échographie (écho-guidage en temps réel, ou examen échographique pré-procédural), aux techniques « standard » basées sur les repères de surface.

En donnant des informations fiables et précises sur plusieurs facteurs critiques dont il est nécessaire de tenir compte pour réaliser de manière adéquate une anesthésie périmédullaire, l'échographie se positionne à présent comme un outil quasi incontournable. Il y a maintenant dans la littérature suffisamment d'éléments pour justifier son intérêt.

L'obstétrique, domaine dans lequel les anesthésies péridurales sont très largement utilisées, représente un terrain particulièrement propice à l'utilisation de l'échographie. Le taux de réussite de la première tentative d'insertion péridurale échoguidée est de 30 à 60 % plus élevé que celui de la méthode péridurale traditionnelle.

Si l'écho-guidage en temps réel est une technique plus confidentielle réalisée par des experts, devant certainement être validée par des séries plus importantes, l'examen échographique pré-procédural du rachis prend en moyenne deux à trois minutes [1, 37] ; compte tenu de la réduction du nombre de tentatives de ponction que cela permet, il n'existe pour ainsi dire pas de prolongation du temps

requis à la réalisation d'une péridurale avec repérage échographique, d'autant qu'un échographe est bien souvent présent dans la salle de travail.

Et si l'on ne dispose pas de 3 minutes pour un examen échographique rachidien pré-procédural, a-t-on vraiment le temps de faire une anesthésie péridurale ? ...

Tableau I

Ultrasound and neuraxial anesthesia: summary of the evidence
(D'après Perlas [31])

Summary statements	Level of supporting evidence	Jadad score of related articles
Ultrasound-assisted neuraxial anesthesia		
• Bedside ultrasonography can more accurately determine a lumbar interspace than palpation of surface landmarks alone	IIa	N/A
• Ultrasonography can predict the depth of the epidural space with a high degree of accuracy	Ib	2
• Ultrasound-assisted obstetric epidural insertion by experienced anesthesiologists results in similar success rate but a lower number of attempts and interspaces used.	Ib	2
Ultrasound-guided epidural insertion in young children		
• Ultrasound-guided epidural insertion by experienced anesthesiologists results in similar success rate but may result in a shorter procedure time and less instances of "bony contact" compared with standard technique	Ib	2
N/A : not applicable		

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Grau T, Leipold RW, Conradi R, Martin E, Motsch J. Efficacy of ultrasound imaging in obstetric epidural anesthesia. *J Clin Anesth* 2002;14:169-75
- [2] Carvalho JC. Ultrasound-facilitated epidurals and spinals in obstetrics. *Anesthesiol Clin* 2008;26:145-8
- [3] Grau T, Leipold RW, Fatehhi S, Martin E, Motsch J. Real-time ultrasound observation of combined spinal-epidural anesthesia. *Eur J Anaesthesiol* 2004;21:25-31
- [4] Karmakar MK, Li X, Ho MH, Kwok WH, Chui PT. Real-time ultrasound-guided paramedian epidural access of a novel in-plane technique. *Br J Anesth* 2009;102:845-54
- [5] Tran D, Kamani AA, Al-Attas, Lessoway VA, and Massey S, et al. Single-operator real-time ultrasound-guidance to aim and insert a lumbar epidural needle. *Can J Anaesth* 2010;57:313-21
- [6] Cork R.C, Kryc JJ, Vaughan RW. Ultrasonic localization of the lumbar epidural space. *Anesthesiology* 1980;52:513-516
- [7] Currie JM. Measurement of the depth of the epidural space using ultrasound. *Br J Anaesth* 1984;56:345-47.
- [8] Whitty R, Moore M, Macarthur A. Identification of the lumbar interspinous spaces :palpation versus ultrasound. *Anesth Analg* 2008;106:538-40
- [9] Schlotterbeck H et al. Ultrasonographic control of the puncture level for lumbar neuraxial block in obstetric anesthesia. *Br J Anaesth* 2008;100:230-4

- [10] Render CA. The reproducibility of the iliac crest as a marker of lumbar spine level. *Anaesthesia* 1996;51:1070-1
- [11] Kettani A, Tachinante R, Tazi A. Evaluation of the iliac crest as anatomic landmark for spinal anaesthesia in pregnant women. *Ann Fr Anesth Reanim* 2006;25:501-4
- [12] Chakraverty R. Which spinal levels are identified by palpation of the iliac crests and the posterior superior iliac spines? *J Anat* 2007;210:232-6
- [13] Margarido CB, Mikhael R, Arzola C, Balki M, Carvalho JCA. The intercrystal line determined by palpation is not a reliable anatomical landmark for neuraxial anesthesia. *Can J Anæsth* 2011;58:262-266
- [14] Marhofer P, Bosenberg A, Sitzwohl C, Willschke H, Wanzel O, Kapral S. Pilot study of neuraxial imaging by ultrasound in infants and children. *Pædiatr Anæsth* 2005;15:671-676
- [15] Roberts SA, Guruswamy V, Galvez I. Caudal injectate can be reliably imaged using portable ultrasound. A preliminary study. *Pædiatr Anæsth* 2005;15:948-52
- [16] Rapp HJ, Folger A, Grau T. Ultrasound-guided epidural catheter insertion in children. *Anesth Analg* 2005;101:333-339
- [17] Willschke H, Bosenberg A, Marhofer P, et al. Epidural catheter placement in neonates: sonoanatomy and feasibility of ultrasonographic guidance in term and pre-term neonates. *Reg Anesth Pain Med* 2007;32:34-40
- [18] Peng PW. Using ultrasound in a case of difficult epidural needle placement. *Can J Anæsth* 2006;53:325-6
- [19] Prasad GA, Tumber PS, Lupu CM. Ultrasound-guided spinal anesthesia. *Can J Anæsth* 2008;55:716-7
- [20] Costello JF et al. Caesarian delivery under ultrasound-guided spinal anesthesia, in a parturient with poliomyelitis and Harrington instrumentation. *Can J Anæsth* 2008;55:606-11
- [21] Chin KJ, Macfarlane AJR, Chan V, Brull R. The use of ultrasound to facilitate spinal anesthesia in a patient with previous lumbar laminectomy and fusion : a case report. *J Clin Ultrasound* 2009;37:482-85
- [22] Grau T, Leipold RW, Delorme S, Martin E, Motsch J. Ultrasound imaging of the thoracic epidural space. *Reg Anesth Pain Med* 2002;27:200-6
- [23] Grau T, Bartschek E, Conradi R, Martin E, Motsch J. Ultrasound imaging improves learning curves in obstetric epidural anesthesia: a preliminary study. *Can J Anæsth* 2003;50:1047-50
- [24] Vallejo MC, Phelps AL, Singh S, Orebaugh SL, Sah N. Ultrasound decreases the failed labor epidural rate in resident trainees. *Int J Obstet Anesth* 2010;19:373-78
- [25] Grau T, Leipold RW, Conradi R, Martin E. Ultrasound control for presumed difficult epidural puncture. *Acta Anæsthesiol Scand* 2001;45:766-71
- [26] Grau T, Leipold RW, Conradi R, Martin E, Motsch J. Efficacy of ultrasound imaging in obstetric epidural anesthesia. *J Clin Anesth* 2002;14:169-175
- [27] Arzola C, Davies S, Rofaael A, Carvalho JCA. Ultrasound using transverse approach to the lumbar spine provides reliable landmarks for labor epidurals. *Obst Anesth*, 104, n°5, May 2007
- [28] Balki M, Lee Y, Halpern S, Carvalho JC. Ultrasound Imaging of the lumbar spine in the transverse plane: the correlation between estimated and actual depth to the epidural space in obese parturients. *Anesth Analg* 2009;108:1876-81
- [29] Lee Y, Tanaka m, Carvalho JC. Sonoanatomy of the lumbar spine in patients with previous unintentional dural punctures during labor epidurals. *Reg Anesth Pain Med* 2008;33:266-70
- [30] National Institut for Health and Clinical Excellence. Ultrasound-guided catheterisation of the epidural space. ISBN 1-84629-583-1, N1449 1P 9k. Jan 08
- [31] Habib AS, George RB, Allen TK, Olufabi AJ. A Pilot Study to Compare Autodetect Syringe with the Glass Syringe for Identification of the Epidural Space in Parturients. *Anesth Analg* 2008;106:541-3
- [32] Les blocs périmédullaires chez l'adulte. Recommandations pour la pratique clinique. SFAR 20/04/2007, modifié 12/01/2010
- [33] Reynolds F. Damage to the conus medullaris following spinal anaesthesia. *Anæsthesia*. 2001;56:238-47
- [34] Schlotterbeck H, Schaeffer R, Dow W.A, Touret Y, Bailey S, Diemunsch P. Ultrasonographic control of the puncture level of lumbar neuraxial block in obstetric anesthesia. *Br J Anesth* 2008;100:230-4
- [35] Grau T, Leipold RW, Horter J, Conradi R, Martin EO, Motsch J. Paramedian access to the epidural space: The optimum window for ultrasound imaging. *J Clin Anesth* 2001;13:213-7

[36] Perlas A. Evidence for the Use of Ultrasound in Neuraxial Blocks. *Reg Anesth Pain Med* 2010;35:S43-6

[37] Grau T, Leipold RW, Conradi R, Martin E, Motsch J. Ultrasound imaging facilitates localization of the epidural space during combined spinal and epidural anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2001;26:64-7