

# PLACE DE L'ECHOGRAPHIE DANS LES ANESTHESIES PERIMEDULLAIRES ANATOMIE ECHOGRAPHIQUE DU RACHIS -

**Eryk Eisenberg**

*Pôle Santé République – Clermont-Ferrand*

*Email : eryk.eisenberg@orange.fr*

## **Introduction**

---

L'intérêt pour l'échographie dans les anesthésies péri-médullaires ne fait que croître ces dix dernières années<sup>1,2</sup>.

Cette technique peut s'employer :

- soit sur un mode d'écho-repérage : il s'agit d'un repérage préalable, « 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 « aveugle » habituelle.
- soit sur un mode d'écho-guidage en temps réel de l'aiguille<sup>3,4,5</sup> : la progression de l'aiguille est, dans ce cas, suivie en temps réel depuis la ponction cutanée jusqu'à son point d'aboutissement intra ou extra-thécal.

L'écho-repérage fût décrit pour la première fois dans les années 80<sup>6,7</sup> et les premiers cas cliniques d'écho-guidage apparaissent dans la littérature en 2004<sup>3</sup>.

## **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 épidual, de la dure-mère et de déterminer le niveau de ponction<sup>8,9</sup>, pour lequel les repères de surface (ligne de Tuffier) ne donnent très souvent qu'une approximation fautive<sup>10,11,12,13</sup>.

Du fait de la faible minéralisation rachidienne des nouveaux nés et des nourrissons, l'imagerie ultra-sonographique péri-médullaire y est particulièrement contributive<sup>14</sup>. Si elle permet dans ce cas précis de visualiser dure-mère, espace épidual, diffusion de l'anesthésique local et même la présence d'un cathéter épidual<sup>15,16,17</sup> 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<sup>18</sup> dont la palpation des repères osseux est imprécise ou impossible, chez les patients présentant des pathologies rachidiennes comme les scolioses<sup>19</sup> ou des antécédents chirurgicaux avec ou sans matériel étranger (laminectomies, ostéosynthèses, etc...<sup>20,21</sup>).

L'imagerie périmédullaire dorsale<sup>22</sup> 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.

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

- L'écho-repérage pré-procédural : il permet de faire progresser le taux de succès (particulièrement pour les praticiens novices<sup>23,24</sup>), de réduire le nombre de tentatives de

ponction<sup>1,25,26</sup> ainsi que la douleur générée par le geste<sup>1</sup> et d'améliorer la satisfaction globale du patient<sup>1</sup>. Arzola et coll. 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<sup>27</sup>. Chez des parturientes obèses, Balki et coll. 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 »<sup>28</sup>.

- L'écho-guidage en temps réel : dans une étude contrôlée randomisée<sup>3</sup> (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<sup>5</sup>. Dans cette étude prospective réalisée sur<sup>19</sup> parturientes, un guide de ponction solidaire de la sonde était utilisé pour définir la trajectoire de l'aiguille jusqu'au niveau épidual, 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 dure-mérienne accidentelle. Y. 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<sup>29</sup>. 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'échoguidage pour la péridurale<sup>30</sup>.

## **Les techniques**

---

### ***Matériel :***

- L'échographe utilisé est un appareil habituellement utilisé pour l'anesthésie loco-régionale, doté d'une sonde basse fréquence convexe (2-5 MHz).
- Le gel échographique peut être utilisé pour le repérage, mais nous lui substituons le sérum physiologique en cas d'écho-guidage<sup>4</sup> 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 écho-repérage 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 [Fig. 1], soit par l'utilisation d'un ressort préformé<sup>31</sup>.

Le monitoring habituel du patient est de rigueur<sup>32</sup>.

### ***L'écho-repérage pré-procédural***

Le repérage préalable à l'anesthésie péri-médullaire 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 inter-épineux, du ligament jaune et de la dure-mère, apporte les informations nécessaires à ces objectifs.

#### *La détermination du niveau de ponction*

L'utilisation des repères de surfaces pour déterminer le niveau de ponction d'une anesthésie péri-médullaire 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<sup>13</sup>. 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<sup>33</sup>.

Dans une étude réalisée en 2008 chez 99 patientes ayant bénéficiées d'une anesthésie péri-médullaire obstétricale, Schlotterbeck<sup>34</sup> 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 lombo-sacrée, en position sagittale paramédiane (fig. 2), nous observons caudalement une ligne hyper-échogène continue correspondant au sacrum puis successivement les lames vertébrales L5 puis L4, etc... [fig. 3] jusqu'au niveau souhaité. Une fois le niveau de ponction repéré, nous le matérialisons au crayon dermographique.

#### *Le repérage transversal*

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

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 inter-épineux. 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 hyper-échogènes distinctes qui limitent respectivement dorsalement et ventralement l'espace épidual dont nous allons noter la profondeur par rapport à la surface cutanée. Toutefois, nous visualisons souvent distinctement la fine ligne hyper-échogène dure-mérienne, alors que le ligament jaune qui lui est immédiatement superficiel, est moins échogène et plus épais [Fig. 6]. Parfois, en particulier chez les patients âgés, nous ne distinguons qu'une image hyper-échogène linéaire

unique, fusion des deux précédentes. C'est alors la profondeur du complexe « dure-mère/ligament jaune » qui est notée.

Le niveau de l'espace inter-épineux est dessiné au crayon dermatographique [Fig. 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 péri-médullaire inter-épineux [Fig. 7bis].

Avoir déterminé ce point de ponction médian inter-épineux 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 [Fig. 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 [Fig. 9 et 9bis]. Concernant l'angulation sagittale, elle est également montrée par la direction sagittale qu'avait la sonde pour générer l'image « idéale » [Fig. 10]. L'ensemble des informations fournies par l'échorepérage préalable fiabilise de manière très importante la détermination du point de ponction idéal<sup>24</sup>.

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

#### *Le repérage sagittal*

Les coupes échographiques sagittales peuvent être également très contributives pour les anesthésies péri-médullaires. 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 inter-épineux est particulièrement difficile (ouverture insuffisante des espaces inter-épineux malgré une flexion maximale du tronc, ligament inter-épineux calcifié, infranchissable).

La coupe sagittale strictement médiane [Fig. 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 [Fig. 12] (également appelée sagittales paramédianes) permettent de s'exonérer de l'ombre acoustique des processus épineux et d'aborder l'espace inter-laminaire 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 [fig. 13]. Pour corriger cela, il suffit d'incliner médialement la sonde pour obtenir un angle de vision plus favorable<sup>35,4</sup> : le plan para-sagittal oblique (ou sagittal paramédian oblique) [Fig. 14]. C'est sur cette coupe que l'espace inter-laminaire (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, nous pouvons voir le ligament jaune et la dure-mère postérieure (dont nous pouvons mesurer la profondeur), le canal rachidien et le complexe dure-mère antérieure/ligament longitudinal postérieur/face postérieure du corps vertébral plus en avant [Fig. 15].

Concernant l'étude du rachis thoracique pour la réalisation d'anesthésies péridurales, le plan para-sagittal oblique est d'autant plus contributif que l'obliquité des processus épineux masque davantage encore la vision péri-médullaire 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 péri-médullaires est donc plus étroite qu'au niveau lombaire.

En cas de rotation vertébrale axiale (cf. scolioses), la fenêtre acoustique para-sagittale oblique la plus favorable se trouve logiquement du côté de la rotation [Fig. 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, nous dessinons les repères de ponction sur la peau au crayon dermatographique 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), nous réalisons l'anesthésie péri-médullaire en ayant à l'esprit la profondeur mesurée du complexe ligament jaune/dure-mère. [Fig. 16bis].

### *L'écho-guidage en temps réel*

Le guidage échographique en temps réel des anesthésies péri-médullaires est d'un niveau de difficulté plus élevé que le repérage préalable décrit précédemment. Les raisons en sont la taille et l'épaisseur de la sonde, sa position vis-à-vis de l'aiguille 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 péri-médullaire écho-guidée « in plane »<sup>4</sup>, 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.

#### *Rachianesthésie*

Après repérage du sacrum, la sonde (en position sagittale paramédiane) est déplacée crânialement jusqu'au niveau inter-vertébral où nous souhaitons réaliser la rachianesthésie (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, nous réalisons l'anesthésie locale cutanée à l'extrémité caudale de la sonde. Nous ponctionnons dans le plan ultrasonore avec l'introducteur de l'aiguille 25G ou 27G, qui est ensuite elle-même insérée [Fig. 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<sup>4</sup>. Au passage de la dure-mère, nous observons 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 [Fig. 18].

#### *Péridurale*

Le processus initial est le même que pour une rachianesthésie jusqu'à exécution de l'anesthésie locale cutanée à l'extrémité caudale de la sonde, qui est en position para-sagittale oblique. M.K Karmakar<sup>4</sup> 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 péri-dural, l'auteur observe dans 53,3% des cas un déplacement antérieur de la dure-mère et un élargissement de l'espace péri-dural. Le taux de réussite dans cette étude est de 93,3%.

Une fois le cathéter péri-dural inséré, il est parfois possible de l'observer à l'étage supérieur, voire même de suivre sa progression. [Fig. 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 péri-durale de l'aiguille.

Comme cela a également été montré<sup>5</sup>, 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 rachi-anesthésie pour laquelle le niveau de ponction théorique se situe au dessous de L2 pour ne pas léser accidentellement la moelle épinière, la péri-durale 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.

## Conclusions

---

Comme Perlas le résume très bien dans sa méta-analyse<sup>36</sup>, l'usage de l'échographie en ALR péri-médullaire 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, nous pouvons désormais voir se dessiner bien plus que des tendances [tableau 1].

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 »<sup>21</sup>, sans que nous trouvons pour l'instant de larges études permettant de définir les bénéfices et limites de l'échographie péri-médullaire dans ces groupes de patients. Il n'y a pas non plus de travaux comparant, en termes de sécurité, l'anesthésie péri-médullaire avec échographie (écho-guidage en temps réel ou examen échographique pré-procédural), aux techniques « standards » basées sur les repères de surface.

## Annexes

Figure 1 :



Figure 2 :



Figure 3 :



Figure 4 :

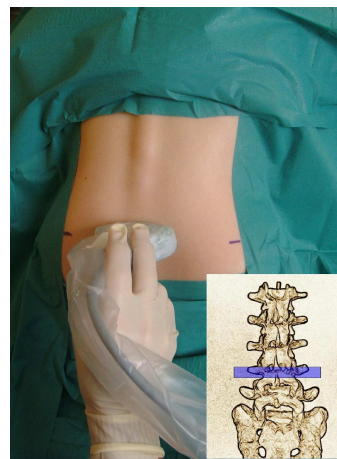
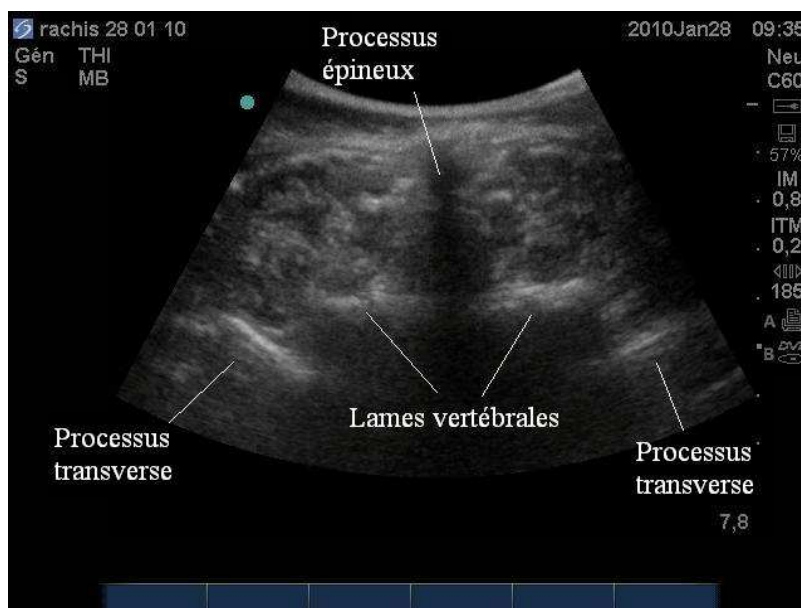
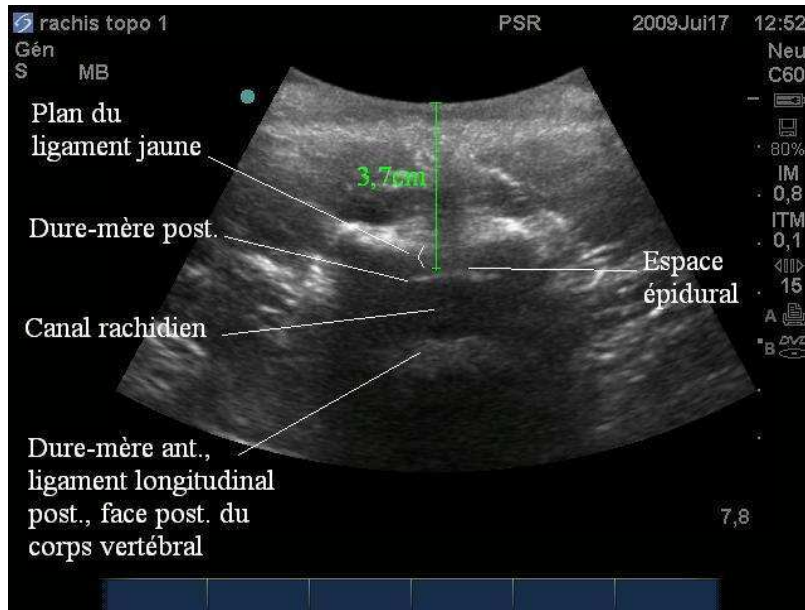


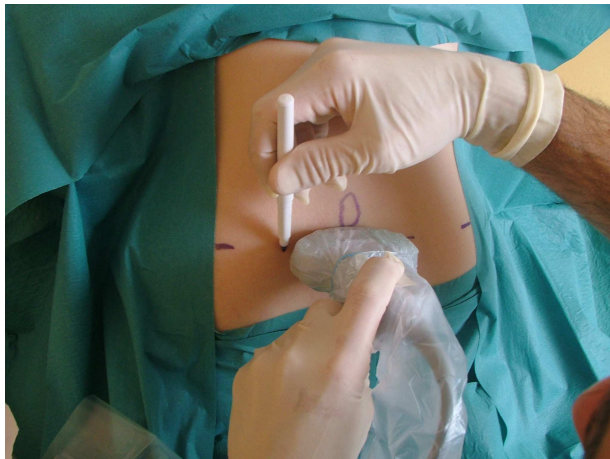
Figure 5 :



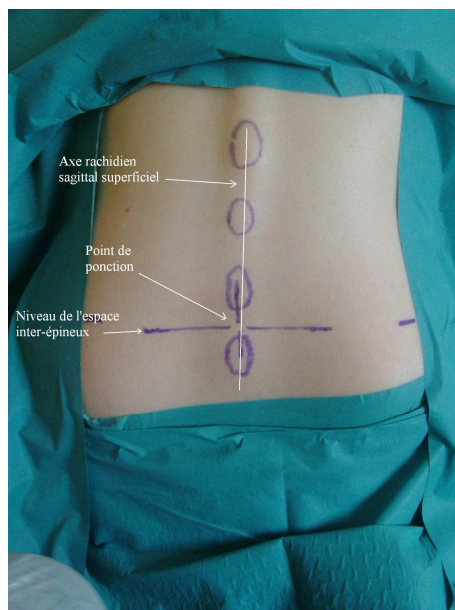
**Figure 6 :**



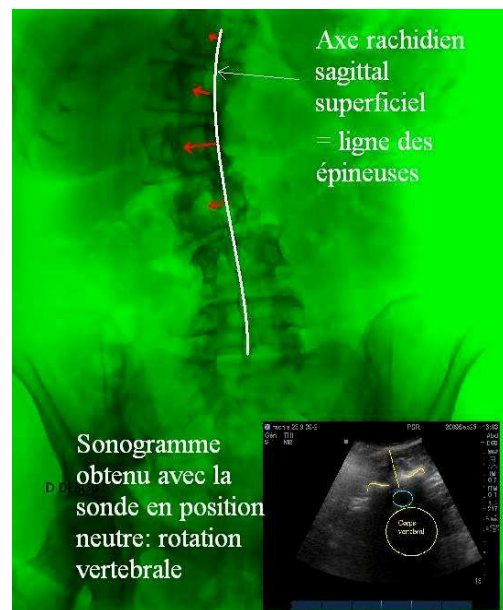
**Figure 7 :**



**Figure 7 bis :**

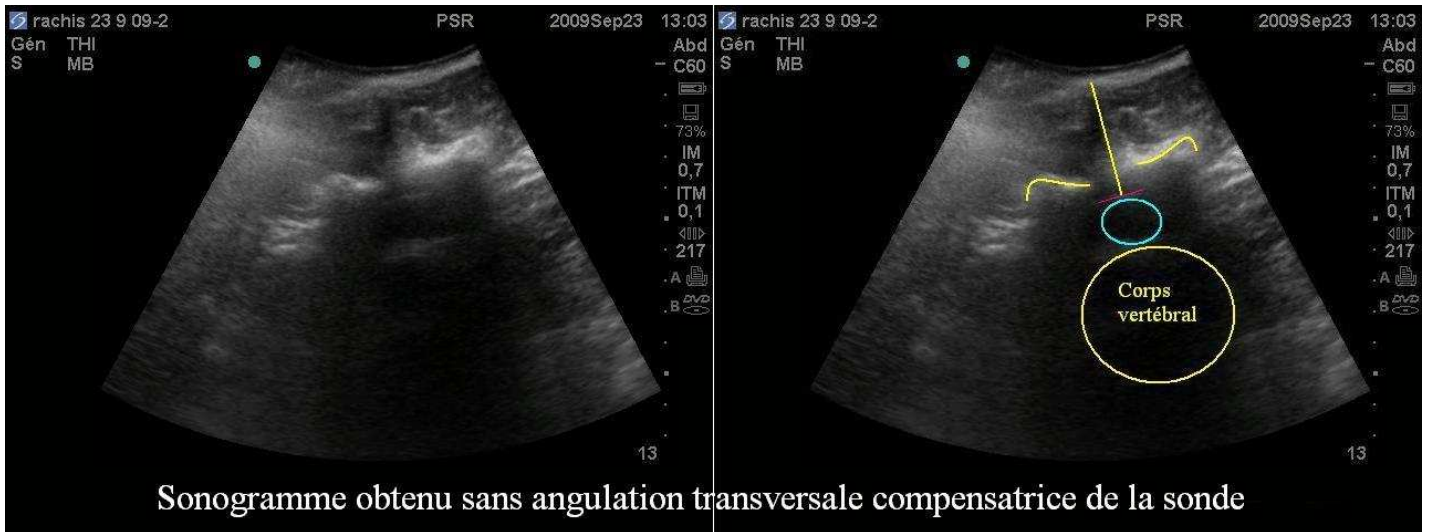


**Figure 8 :**

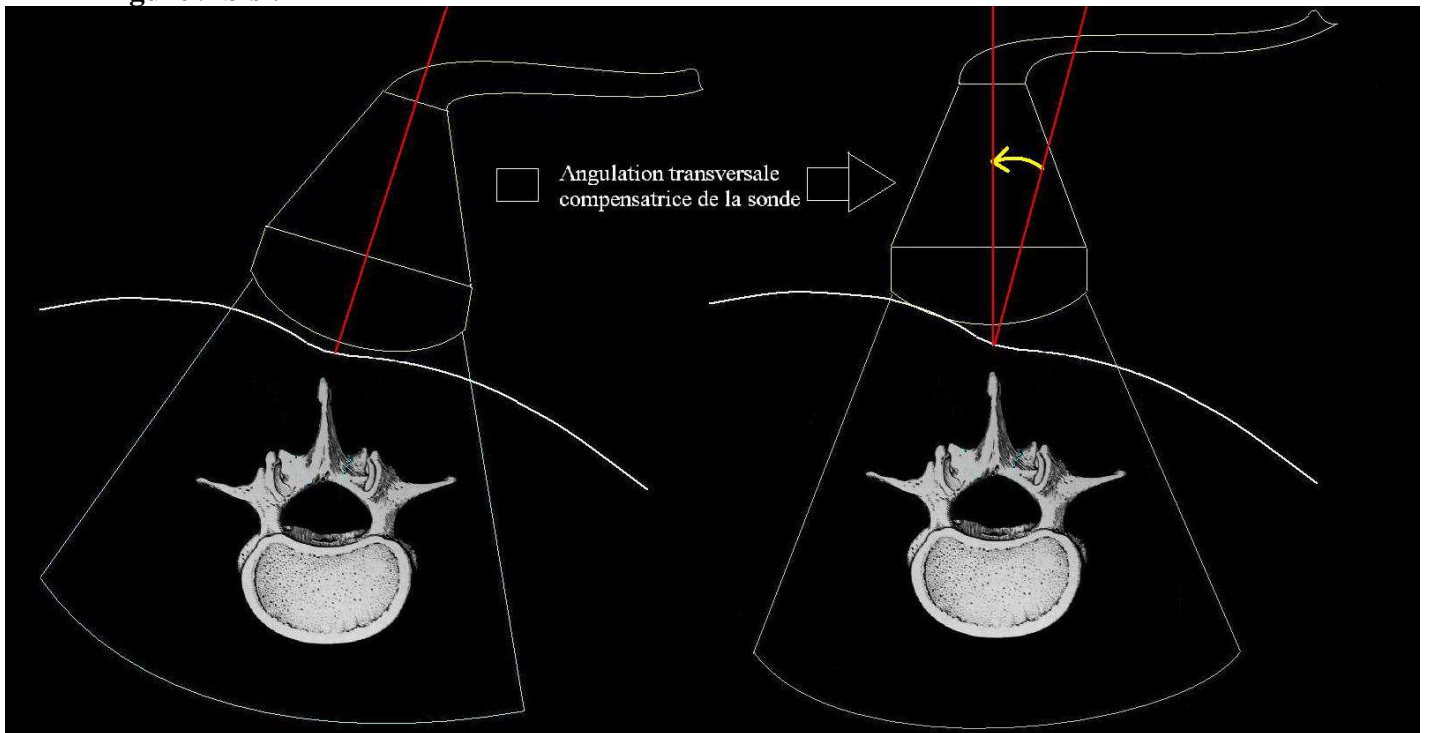




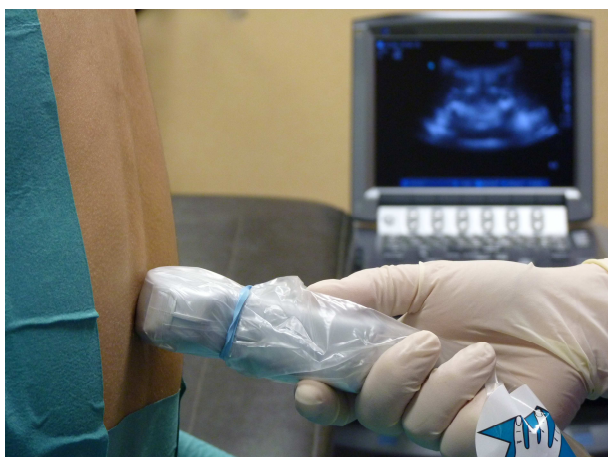
**Figure 9 :**



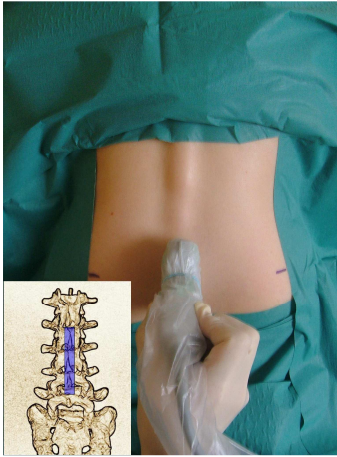
**Figure 9 bis :**



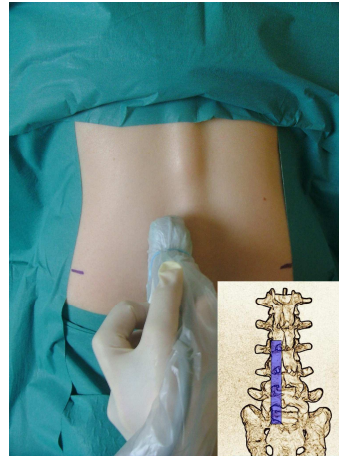
**Figure 10 :**



**Figure 11 :**



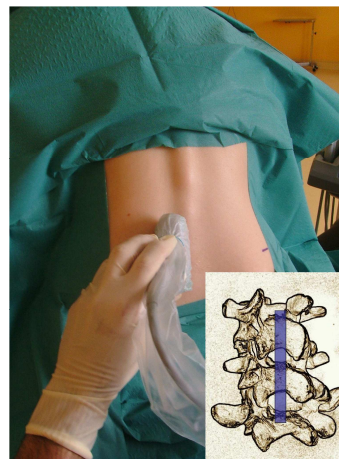
**Figure 12 :**



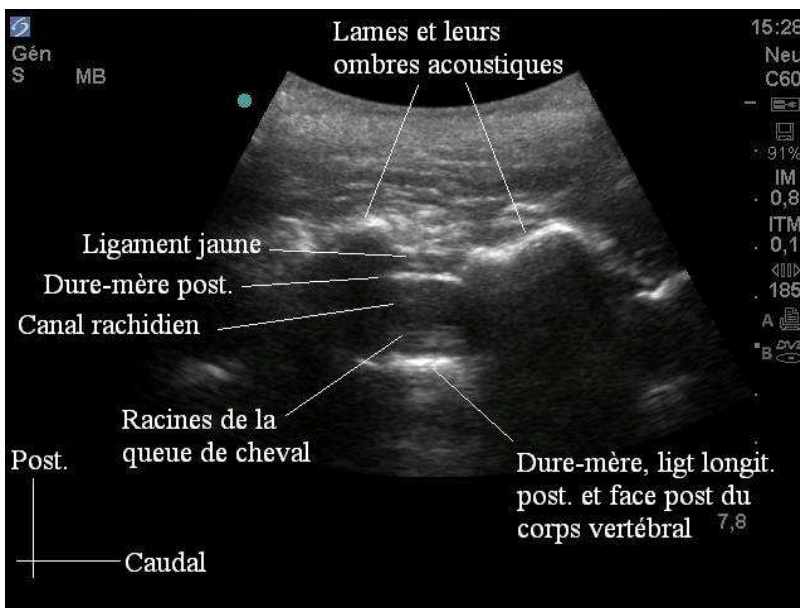
**Figure 13 :**



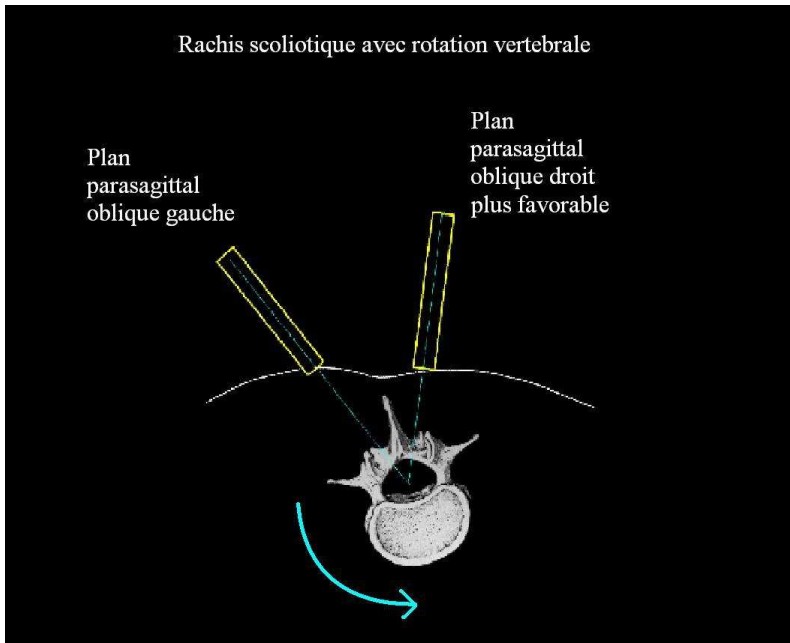
**Figure 14 :**



**Figure 15 :**



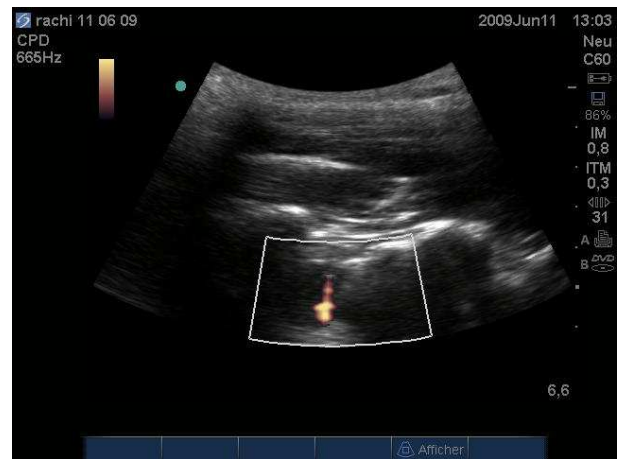
**Figure 16 :**



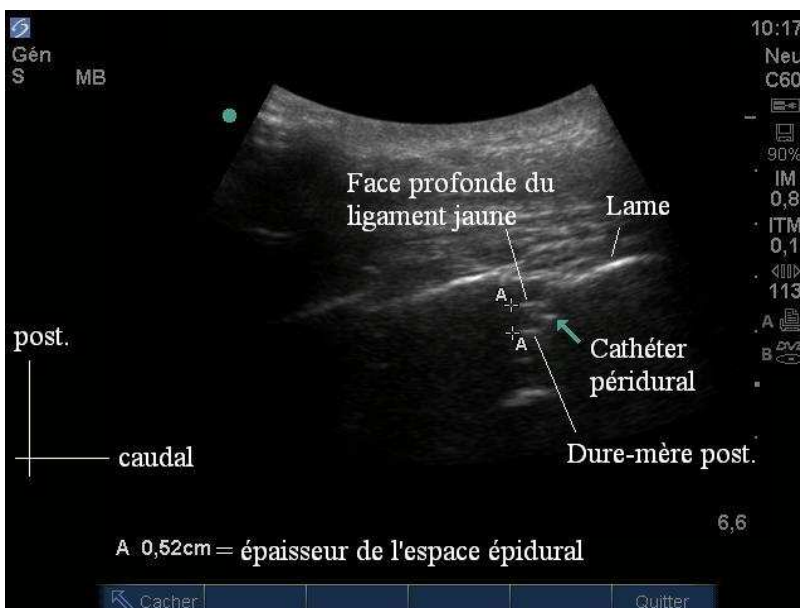
**Figure 17 :**



**Figure 18 :**



**Figure 19 :**



## Tableau 1 : Perlas<sup>36</sup>

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 péri-médullaire, 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 écho-guidée 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<sup>1,37</sup>; 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 nous ne disposons pas de 3 minutes pour un examen échographique rachidien pré-procédural, avons-nous vraiment le temps de faire une anesthésie péridurale ? ...

Tout comme c'est le cas pour la pratique des anesthésies régionales périphériques, une connaissance précise de l'anatomie et de la sono-anatomie est indispensable pour introduire efficacement et confortablement l'échographie en anesthésie péri-médullaire. Déroger à cet apprentissage ne peut qu'être à l'origine d'une situation de confusion, gommant l'intérêt des ultrasons, voire même en rendant peut-être leur usage dangereux (par la lecture erronée pouvant être faite des images échographiques).

**TABLE 1. Ultrasound and Neuraxial Anesthesia: Summary of the Evidence**

Summary Statements	Level of Supporting Evidence	Jadad Scores 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-assisted obstetric epidural insertion may improve success rates of junior trainees	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

---

- 1 **Grau T et coll.:** 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 R.W., Fatehhi S., Martin E., Motsch J.** Real-time ultrasound observation of combined spinal-epidural anesthesia. *Eur J Anaesthesiol* 2004 ; 21 : 25-31.
- 4 **Karmakar M.K., Li X. Ho M-H., Kwok W.H., Chui P.T.** Real-time ultrasound-guided paramedian epidural access of a novel in-plane technique. *BJA*, 2009, 102(6) : 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 Apr ; 57(4) : 313-21.
- 6 **Cork R.C., Kryc J.J., Vaughan R.W..** 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 et coll. :** Identification of the lumbar interspinous spaces :palpation versus ultrasound. *Anesth Analg* 2008 ; 106 : 538-40.
- 9 **Schlotterbeck H et coll. :** 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 et coll.:** 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 anesthésia. *Can J Anaesth.* 2011 Mar ; 58 (3) : 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. *Paediatr Anaesth.* 2005 ; 15 : 671-676.
- 15 **Roberts SA et coll.** Caudal injectate can be reliably imaged using portable ultrasound. A preliminary study. *Paediatr. Anaesth.* 2005 ; 15 : 948-52.
- 16 **Rapp HJ, Folger A, Grau T.** Ultrasound-guided epidural cathéter insertion in children. *Anesth Analg.* 2005 ; 101 : 333-339.
- 17 **Willschke H, Bosenberg A, Marhofer P, et al.** Epidural cathéter 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 Anaesth* 2006 ; 53 : 325-6.
- 19 **Prasad GA. et coll.** Ultrasound-guided spinal anesthesia. *Can J Anaesth* 2008 ; 55 : 716-7.
- 20 **Costello JF et coll.** Caesarian delivery under ultrasound-guided spinal anesthesia, in a parturiant with poliomyelitis and Harrington instrumentation. *Can J Anaesth* 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 oct ; 37(8) : 482-85.
  - 22 **Grau T et coll.** Ultrasound imaging of the thoracic epidural space. *Reg Anesth Pain Med* 2002 ; 27 : 200-6.
  - 23 **Grau T et coll.** Ultrasound imaging improves learning curves in obstetric epidural anesthesia: a preliminary study. *Can J Anaesth* 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 Oct ; 19 (4) : 373-78.
  - 25 **Grau T et coll.** Ultrasound control for presumed difficult epidural puncture. *Acta Anaesthesiol 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., Rofaaeel A., Carvalho J.C.A.** 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 et coll.** Sonoanatomy of the lumbar spine in patients with previous unintentional dural punctures during labor epidurals. *Reg Anesth Pain Med.* 2008 ; 33 : 266-70.
  - 30 Ultrasound-guided catheterisation of the epidural space . ISBN 1-84629-583-1,N1449 1P 9k . Jan 08.
  - 31 **Habib A.S., George R.B., Allen T.K., Olufabi A.J.** 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 péri-médullaires 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. *Anaesthesia.* 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.. *BJA* 2008, 100 (2) : 230-4.
  - 35 **Grau T et coll.** Paramedian access to the epidural space: The optimum window for ultrasound imaging. *J Clin Anesth.* 2001 ; 13 : 213-7.
  - 36 **Anahi Perlas.** Evidence for the Use of Ultrasound in Neuraxial Blocks. *Reg Anesth Pain Med* 2010 ; 35 : S43-S46.
  - 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.