

REVUES GÉNÉRALES

Échographie

À quoi sert l'échographie 3D ?

RÉSUMÉ : L'échographie 3D est l'un des progrès les plus excitants en ultrasonographie durant cette dernière décade. L'échographie volumique exige une acquisition volumique de bonne qualité et donc une image 2D initiale la plus excellente possible. Comparée à l'échographie 2D, il est classique de souligner l'apport additionnel de l'échographie volumique dans le diagnostic et l'évaluation de certaines malformations fœtales. Les études prospectives comparant échographie volumique et échographie 2D font défaut ou ne sont pas conclusive dans le cadre du diagnostic prénatal. En Gynécologie, des données ont suggéré que l'imagerie 3D avec reconstructions dans le plan frontal est susceptible de mieux caractériser certaines anomalies utérines, notamment de différencier avec une excellente pertinence les malformations utérines. Enfin, l'échographie tridimensionnelle offre une acquisition rapide de données volumiques qui peuvent être stockées, revues et manipulées rétrospectivement.



→ Y. CHITRIT

Service de Gynécologie obstétrique,
Hôpital Robert-Debré, PARIS.

Les premières publications concernant l'échographie volumique remontent aux années 1990. Les questions les plus souvent soulevées restent toujours posées : l'échographie 3D apporte-t-elle des informations supplémentaires au diagnostic prénatal ? Améliore-t-elle l'exactitude du diagnostic, ou se contente-t-elle de fournir des images souvenir ? Permet-elle de détecter un plus grand nombre de malformations ? Peut-elle être un outil de dépistage utilisé en pratique quotidienne, ou est-elle consommatrice de temps ?

Aspects techniques de l'imagerie ultrasonore tri ou quadridimensionnelle (3D/4D) [1-4]

1. L'acquisition et la restitution d'un volume

L'acquisition commence par la sélection d'une image bidimensionnelle (2D) et d'une boîte de volume superposée. L'image 2D initiale représente le

plan central du volume, et la boîte de volume entoure la région d'intérêt (ROI) qui sera stockée pendant le balayage du volume. L'acquisition de volume est réalisée par un balayage automatique de part et d'autre de l'image 2D de départ. La durée du balayage varie selon la taille de la boîte de volume et la qualité du balayage. L'acquisition d'un volume est la première étape dans la réalisation d'une échographie 3D ou 4D : la qualité de l'image 2D est fondamentale pour l'utilisation secondaire du volume obtenu. La restitution du volume se fait sur le moniteur selon les trois plans de l'espace, orthogonaux les uns par rapport aux autres, nommés par convention A (en haut et à gauche), B (en haut et à droite) et C (en bas et à gauche).

2. Les modes volumiques

>>> Le triplan (plans transversaux, coupes multiplanaires) est la base de l'échographie 3D ; le réglage de deux plans permet d'obtenir un troisième plan parfaitement orthogonal par rapport aux deux autres. Le TUI (*tomographic*

ultrasonographic imaging) rend possible de décomposer un volume en plans successifs (sagittal, coronal ou axial) selon différentes distances.

>>> Le mode 3D permet une addition des trois plans orthogonaux avec différents traitements. Le mode 4D donne une acquisition et une restitution en temps réel avec des reconstructions rapides des différents plans et volumes.

>>> Le mode rendu (*rendering*) avec principalement trois types : le rendu de surface pour la visualisation des surfaces cutanées, le rendu osseux (mode maximum) et le rendu mode inversion (mode minimum) avec reconstruction des zones anéchogènes.

>>> D'autres modes volumiques sont utilisés comme notamment : le mode VCI ou ICV qui réalise une coupe plus ou moins épaisse d'un volume, faisant ainsi ressortir les contours et améliorant ainsi la résolution de contraste d'un volume ; le mode OmniView qui rend possible la visualisation d'une coupe à partir d'une ligne tracée dans un triplan ; le mode VOCAL (calcul d'un volume ou d'une densité d'une ROI) ; le mode STIC (représentation multiplanaire d'un cœur fœtal) ; le mode SonoVCAD et le mode SonoAVC (représentation et quantification de toute zone anéchogène).

3. La manipulation et le stockage numérique des volumes

Chaque plan de volume peut être mobilisé (mobilisation) sur ses trois axes x, y, z. Le plan d'intersection des plans est symbolisé par un carré jaune présent sur chaque fenêtre de l'affichage triplan. De plus, une translation est possible dans chacun des trois plans orthogonaux. D'autres types de manipulations de volume, comme le scalpel électronique, le post-traitement de l'image 3D, le *cineloop*... peuvent être utilisées. Enfin, le stockage numérique des volumes, des modes de rendu et des

séquences *cineloop* 3D ou 4D permet un rechargement de ceux-ci et travail rétrospectif.

Applications cliniques de l'échographie 3D/4D en diagnostic prénatal

1. Les avantages et les limites de l'échographie tridimensionnelle dans l'évaluation du fœtus

Comparé à l'échographie 2D, il est classique de souligner l'apport additionnel [1, 3, 4] de l'échographie volumique dans le domaine obstétrical, incluant notamment l'amélioration à la fois de l'identification, la nature, la taille, la localisation et des limites de certains anomalies fœtales, la visualisation des structures fœtales dans différents plans de l'espace, la mesure précise de volumes d'organes surtout ceux avec des formes irrégulières, l'étude de l'activité fœtale en rendu de surface qui permettrait d'évaluer le développement neuro-comportemental normal ou anormal.

L'échographie 3D améliorerait l'imagerie du squelette fœtal ; elle a notamment été jugée supérieure à l'imagerie 2D pour délimiter le niveau d'un defect vertébrale. Plus particulièrement, dans l'étude du cœur fœtal, plusieurs auteurs ont analysé la valeur additionnelle et l'intérêt du mode STIC (*spatio-temporal image correlation*) avec notamment la représentation multiplanaire d'un cœur fœtal en mouvement. Dans le même ordre d'idée, l'échographie volumique, en utilisant certains modes de rendu (*pure color render mode* et *glass body render mode*) et en les combinant avec le mode Doppler couleur ou Power Doppler, offre la possibilité d'une représentation du système vasculaire fœtal en trois dimensions.

Un autre apport non négligeable de l'échographie tridimensionnelle dans l'évaluation fœtale est le stockage

numérique, sans perte de qualité, de volumes (images fixes ou séquences vidéo) et la possibilité de réaliser une analyse virtuelle rétrospective de ces volumes après rechargement et travail de ceux-ci. De plus, cette technique offre une illustration précise de l'anatomie normale et anormale du fœtus aux parents mais aussi aux autres membres médicaux et chirurgicaux de l'équipe. Enfin, d'un point de vue éducatif, le stockage numérique et le rendu des données volumiques représentent une nouvelle approche dans l'éducation médicale.

L'application parfaite de l'imagerie échographique 3D [1] exige une compréhension spatiale de l'opérateur et une courbe d'apprentissage de plusieurs semaines. Surtout, comme la technologie 3D/4D est basée sur l'ultrasonographie 2D, l'échographie volumique de haute qualité exige une acquisition volumique de bonne qualité et donc une image 2D initiale la plus excellente possible.

2. Rôle de l'evidence-based medicine en imagerie ultrasonore 3D dans l'évaluation fœtale

Cependant, il reste difficile de comprendre si les informations diagnostiques supplémentaires acquises par l'échographie 3D sont cliniquement pertinentes [3], et si elles ont un impact positif sur l'amélioration de la prise en charge des patients.

>>> Merz *et al.* [5], dans une étude récente, ont conclu que comparé à l'imagerie 2D l'échographie 3D n'est pas seulement un moyen utile pour apprécier la gravité d'une anomalie fœtale, mais a également une meilleure spécificité pour la confirmation de la normalité dans les cas d'un risque accru de récurrence d'une malformation récurrente. Cependant, dans cette étude, comme dans beaucoup d'autres, sur le rôle de l'échographie 3D dans l'apport d'informations supplémentaires dans

REVUES GÉNÉRALES

Échographie



FIG. 1 : Image en mode rendu de surface affichant une face fœtale normale (A), le visage d'un fœtus atteint d'un syndrome de Cornelia de Lange (B) et celui d'un syndrome de Noonan (C) caractérisé par des piliers du philtrum marqués et des lèvres épaissies (d'après Levavillant [9]).

le diagnostic prénatal, l'examineur 3D connaissait les résultats et conclusions d'une échographie 2D préalablement réalisée.

>>> Dans une autre étude [6], l'examen débuté par une échographie volumique est complété secondairement par une échographie 2D. Les informations fournies par les deux techniques étaient cohérentes dans 91 % des cas, de sorte que les auteurs concluaient que les deux techniques étaient équivalentes pour le dépistage des anomalies fœtales au 2^e trimestre.

>>> Dans une autre série [7], l'échographie volumique comme examen principal apparaissait insuffisante dans l'étude de fœtus à risque élevé d'anomalies. Ainsi, comparé à l'échographie 2D, seuls 86 % à 91 % de malformations fœtales ont pu être correctement identifiés en échographie volumique chez des fœtus anormaux. Le mode STIC, utilisé par des obstétriciens, s'est avéré cliniquement efficace que marginalement [8] comparé à une échographie cardiaque fœtale pratiquée par un cardio-pédiatre.

Ainsi, si la technique STIC offre la possibilité de reconstruire divers plans, elle ne peut être utilisée comme un outil dans le développement d'un programme de dépistage cardiaque fœtal.



FIG. 2 : Image en mode TUI illustrant sur des coupes coronales multiplan une fente labio-maxillaire et palatine (d'après Levavillant [9]).

Enfin, l'échographie 2D [1] apparaît dans la mesure de la clarté nucale au 1^{er} trimestre légèrement supérieure à l'imagerie 3D. De même, il ne semble pas que l'échographie volumique apporte des avantages substantiels par rapport au mode 2D dans l'estimation de poids fœtal.

Les études prospectives comparant échographie volumique et échographie 2D font défaut ou ne sont pas conclusives [1, 3] de sorte qu'à ce jour il ne soit pas possible de statuer sur l'importance clinique de l'échographie 3D/4D dans le cadre du diagnostic prénatal. De plus, il n'est pas possible de montrer que l'échographie volumique améliore l'issue fœtale. Aussi, l'échographie 3D/4D, dans l'évaluation fœtale, ne doit pas être opposée à l'échographie 2D, mais doit être considérée

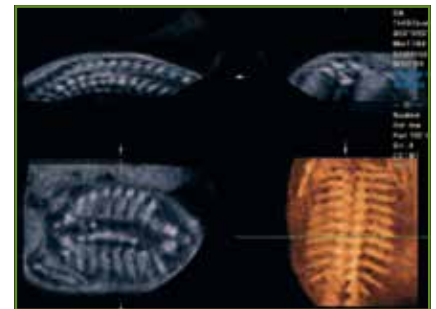


FIG. 3 : Image en mode rendu maximal affichant le rachis et les côtes (d'après Levavillant [9]).

comme un examen complémentaire de cette dernière.

3. L'utilité de l'échographie volumique en obstétrique

Dans certains domaines, l'échographie 3D s'est montrée particulièrement intéressante, non seulement dans l'étude des anomalies faciales mais aussi dans l'évaluation des anomalies du tube neural et des malformations squelettiques ainsi que dans le dépistage d'anomalies cérébrales, rachidiennes, cardiaques et autres [1, 3, 4, 9].

Quelques exemples d'analyse d'organes illustrent l'apport de l'échographie volumique dans l'évaluation du fœtus : diagnostic d'une dysmorphie faciale en mode rendu de surface (**fig. 1**), d'une fente labio-maxillaire et palatine en mode

TUI (fig. 2) et affichage d'un rachis en mode rendu maximum (fig. 3).

Applications de l'échographie tridimensionnelle en imagerie gynécologique

L'échographie tridimensionnelle offre une acquisition rapide de données volumiques qui peuvent être stockées, revues et manipulées rétrospectivement, produisant des images dans tous les plans souhaités, réduisant ainsi potentiellement la dépendance de l'opérateur.

1. Utilisation du plan coronal

Les applications cliniques les plus utiles en échographie 3D gynécologique se sont développées dès le moment où il a

été possible de reconstruire et d'obtenir le plan frontal de l'utérus. Ainsi, des données ont suggéré que l'imagerie 3D avec reconstructions dans le plan frontal est plus à même de mieux caractériser certaines anomalies utérines, et peuvent parfois détecter des anomalies insoupçonnées en échographie 2D. Il a également été observé que, lorsque l'imagerie 2D apparaît normale, l'échographie 3D est moins susceptible d'être contributive [10, 11]. De plus [11], le plan frontal a été trouvé être plus informatif lorsque l'épaisseur de l'endomètre est supérieure à 5 mm du fait d'une accentuation de contraste avec le myomètre.

2. Considérations techniques

L'acquisition du volume [10] de l'utérus peut être obtenue par voie transabdominale ou transvaginale. Cependant,

l'approche transvaginale est la plus utile en raison de la fréquence plus élevée de la sonde et de sa proximité proche de l'organe à analyser, ce qui améliore la résolution de l'image. L'obtention d'une coupe frontale de l'utérus est aisément réalisée par l'acquisition de volume en mode triplan (fig. 4). Cependant, la qualité de l'image 3D ne peut jamais être aussi élevée que l'image 2D initiale; en conséquence, une bonne image 2D est indispensable pour obtenir une imagerie 3D contributive. Comme en imagerie 2D, l'obésité, les antécédents de chirurgie et les artefacts d'ombrage ou de renforcement de l'image dégradent la qualité de l'imagerie 3D. Les artefacts d'ombrage et de renforcement peuvent être plus difficiles à reconnaître en imagerie 3D qu'en imagerie 2D. Enfin, d'autres limitations de l'échographie 3D doivent être considérées comme l'existence d'une courbe d'apprentissage relativement longue.

3. Applications cliniques du plan coronal de l'utérus

• Les anomalies congénitales de l'utérus

Les malformations utérines sont associées à un risque accru d'infertilité et de complications obstétricales. Ainsi, la prévalence des anomalies congénitales utérines est de 17 % chez les femmes avec des pertes de grossesses contre 6 % dans la population générale [12]. La nécessité d'une intervention et son type sont déterminés par les caractéristiques de la malformation. On distingue, selon les différentes classifications, les hypoplasies et agénésies utérines, les utérus unicorues communicants et non communicants, les utérus didelphes et bicornes (complet ou partiel), les utérus cloisonnés (total, subtotal ou arqué) et les utérus DES. Traditionnellement, les patientes suspectes d'une malformation congénitale de l'utérus bénéficiaient d'une hystérosalpingographie et/ou d'une hystérocopie afin d'évaluer la

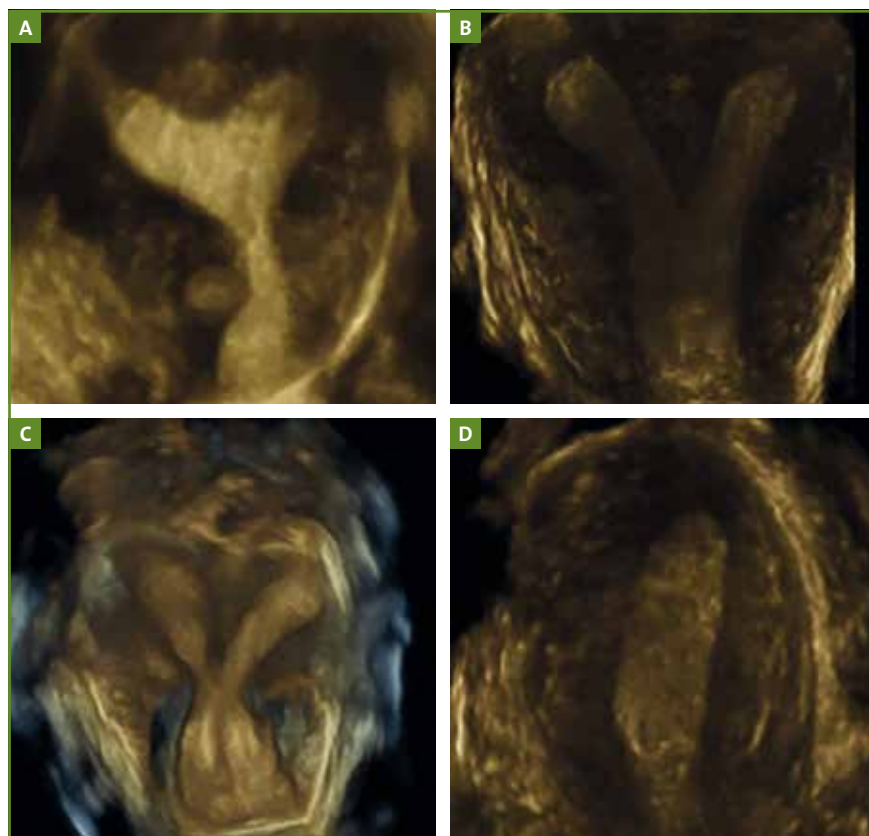


FIG. 4 : Image coronal 3D illustrant un utérus arqué (A), cloisonné (B), didelphe (C) et unicorne (D) (d'après Andreotti *et al.* [10]).

REVUES GÉNÉRALES

Échographie

cavité utérine, et d'une laparoscopie qui permettait de rendre compte des contours externes de l'utérus. L'imagerie pelvienne par résonnance magnétique [13], permettant d'évaluer à la fois la cavité utérine et les contours externes de l'utérus, a joué un rôle important dans l'évaluation des patientes suspectes d'anomalie congénitales de l'utérus (sensibilité: 77 à 100 % et spécificité: 33 à 100 %).

L'échographie 3D, dans le diagnostic des anomalies des canaux de Müller, représente une alternative valable à l'imagerie par résonnance en raison de son faible coût, du gain de temps et d'une meilleure tolérance pour les patientes. En outre, un haut degré de concordance entre ces deux examens a été rapporté [14]. En fait, l'échographie 3D est maintenant souvent considérée comme le moyen d'imagerie initial de choix dans l'évaluation des anomalies utérines.

Cette technique, comme l'imagerie par résonnance magnétique, évalue dans un plan coronal à la fois la cavité utérine et les contours externes de celui-ci. De ce fait, l'échographie 3D avec affichage frontal de l'utérus permet de différencier la majorité des anomalies congénitales utérines incluses dans les spectres didelphe-bicorne, cloisonné-arqué et unicorne (**fig. 4**). Ainsi, dans une étude récente [15] incluant 214 patientes présentant une infertilité et des anomalies probables des canaux de Müller, la sensibilité et la spécificité de l'échographie 3D ont été de 86,6 % et 96,9 % respectivement, avec un taux d'exactitude de 88,2 %.

• La localisation des dispositifs intra-utérins (DIU) et les procédures d'occlusion tubaires

L'affichage coronal de l'utérus a été utilisé avec succès pour améliorer la visualisation complète des DIU (**fig. 5A**) incluant arbre et bras. Cette vue coronale [16] montrant l'ensemble du DIU

POINTS FORTS

- ➞ L'échographie volumique de haute qualité exige une acquisition volumique de bonne qualité et donc une image 2D initiale la plus excellente possible.
- ➞ Comparé à l'échographie 2D, il est classique de souligner l'apport additionnel de l'échographie volumique dans le diagnostic et l'évaluation de certaines malformations fœtales.
- ➞ Les études prospectives comparant échographie volumique et échographie 2D font défaut ou ne sont pas conclusive, de sorte qu'il n'est pas possible de statuer sur l'importance clinique de l'échographie 3D/4D dans le cadre du diagnostic prénatal.
- ➞ L'échographie 3D est l'examen de choix dans l'évaluation des malformations congénitales de l'utérus.
- ➞ L'affichage coronal de l'utérus localise les dispositifs intra-utérins déplacés en visualisant la totalité du DIU, et est maintenant considéré comme la méthode optimale d'évaluation des DIU.
- ➞ L'échographie tridimensionnelle offre une acquisition rapide de données volumiques qui peuvent être stockées, revues et manipulées rétrospectivement.

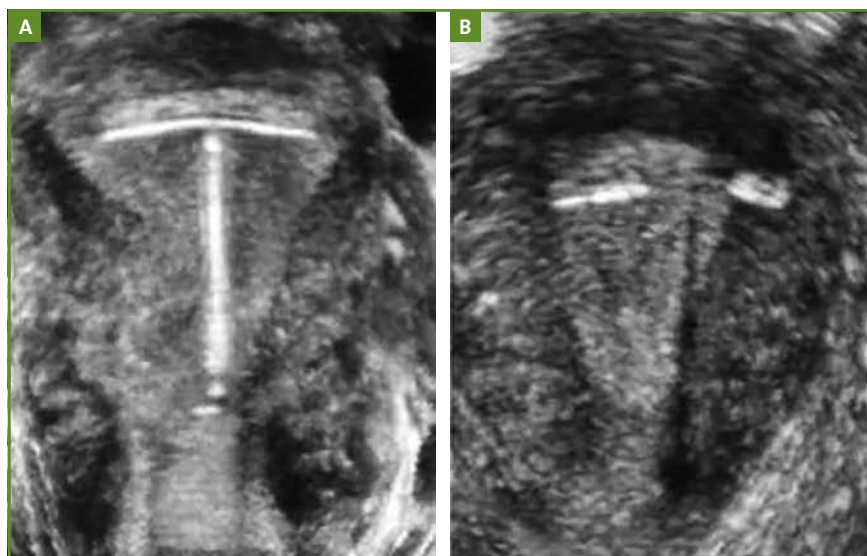


FIG. 5 : Image coronale 3D de la cavité utérine affichant un DIU en position satisfaisante (**A**) et un DIU dont un des bras est incorporé dans le myomètre (**B**) (d'après Benacerraf *et al.* [16]).

et sa position dans l'utérus peut aider à identifier chez des patientes la cause de douleurs pelviennes et de saignements en rapport avec un DIU mal positionné (**fig. 5B**), notamment incorporé dans le myomètre. L'utilisation du plan frontal

a également permis de démontrer [16] que la largeur moyenne de la cavité utérine des nullipares (27 mm) est à la fois plus petite que celle des multipares (32 mm) et que la largeur d'un DIU standard (32 mm).

Enfin, les procédures d'occlusion des trompes sont maintenant souvent réalisées par la mise en place sous contrôle hystéroscopique d'un dispositif souple et flexible, déposé dans chacune des trompes de Fallope. Du fait que la partie interstitielle des trompes de Fallope est mieux visualisée dans un plan frontal, l'affichage en 3D peut être utile pour confirmer l'emplacement des dispositifs occlusifs.

• Les anomalies intracavitaires et les synéchies utérines

Le plan coronal est d'un grand apport dans l'évaluation des rapports des myomes intracavitaires et des polypes sous-muqueux avec la cavité endométriale. De même, des synéchies peuvent être suspectées devant la mise en évidence dans un plan frontal d'un rétrécissement de la cavité utérine

>>> **Reconstruction tridimensionnelle avec sonohystérographie.** Cette technique consiste en l'instillation de sérum physiologique stérile dans la cavité utérine à travers un cathéter, et permet l'évaluation plus précise de l'endomètre et des processus myométriaux et endométriaux associés.

>>> **Échographie 3D et ovaire.** Le mode triplan [9] permet une meilleure précision dans le décompte des follicules, et le mode VOCAL associé au mode rendu inversion permet le dénombrement des follicules (ou des kystes) et le calcul de leur volume.

Le principal avantage de l'échographie volumique est la possibilité d'obtenir un nombre infini de plans d'affichage à partir de l'acquisition d'un volume unique. La qualité des images reconstruites est entièrement dépendante de la qualité de l'image initiale 2D. À ce jour, l'imagerie volumique est toujours utilisée en diagnostic prénatal comme un outil complémentaire à l'échographie 2D qui reste le *gold standard* dans l'évaluation fœtale. Inversement, l'échographie 3D est l'examen de choix dans l'évaluation des malformations congénitales de l'utérus.

Bibliographie

- MERZ E, ABRAMOWICZ JS. 3D/4D ultrasound in prenatal diagnosis: Is it time for routine use? *Clin Obstet Gynecol*, 2012;55:336-351.
- BAULT JP, LEVAILLANT JM, DUJARDIN A, POTTET G. Les modes volumiques dans ma pratique quotidienne. *GE Healthcare*.
- DÜCKELMANN AM, KALACHE KD. Three-dimensional ultrasound in evaluating the fetus. *Prenat Diagn*, 2010;30:631-638.
- CHANTRAINE F, SCHAAPS JP, FOIDART JM. Comment j'explore... Apport de l'échographie 3D/4D en obstétrique. *Rev Med Liege*, 2006;63:153-157.
- MERZ E, WELTER C. 2D and 3D Ultrasound in the evaluation of normal and abnormal fetal anatomy in the second and third trimesters in a level III center. *Ultraschall Med*, 2005;26:9-16.
- GONCALVES LF, NIEN JK, ESPINOZA J *et al*. What does 2- dimensional imaging add to 3- and 4-dimensional obstetric ultrasonography? *J Ultrasound Med*, 2006;25:691-699.
- BENACERRAF BR. Tomographic sonography of the fetus: is it accurate enough to be a front-line screen for fetal malformation? *J Ultrasound Med*, 2006;25:687-689.
- WANITPONGPAN P, KANAGAWA T, KINUGASA Y, KIMURA T. Spatio-temporal image correlation (STIC) used by general obstetricians is marginally clinically effective compared to 2D fetal echocardiography scanning by experts. *Prenat Diagn*, 2008;28:923-928.
- LEVAILLANT JM. Intérêt de l'échographie 3D-4D en échographie fœtale et gynécologique : principes et indications. *J Radiol*, 2006;87:1969-1992.
- ANDREOTTI RF, FLEICHER AC. Practical applications of 3D sonography in gynecologic imaging. *Radiol Clin N Am*, 2014;52:1201-1213.
- BENACERRAF BR, SHIPP TD, BROMLEY B. Which patients benefit from a 3D reconstructed coronal view of the uterus added to standard routine 2D pelvic sonography? *AJR*, 2008;190:626-629.
- WOELFER B, SALIM R, BANERJEE S *et al*. Reproductive outcomes in women with congenital uterine anomalies detected by three-dimensional ultrasound screening. *Obstet Gynecol*, 2001;98:1099-1103.
- CARRINGTON BM, HRICAK H, NURUDDIN RN *et al*. Mullerian duct anomalies: MR imaging evaluation. *Radiology*, 1990;176:715-720.
- BERMEJO C, MARTÍNEZ TEN P, CANTARERO R *et al*. Three- dimensional ultrasound in the diagnosis of Mullerian duct anomalies and concordance with magnetic resonance imaging. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2010;35:593-601.
- MOINI A, MOHAMMADI S, HOSSEINI R *et al*. Accuracy of 3-dimensional sonography for diagnosis and classification of congenital uterine anomalies. *J Ultrasound Med*, 2013;32:923-927.
- BENACERRAF BR, SHIPP TD, BROMLEY B. Three-dimensional ultrasound detection of abnormally located intrauterine contraceptive devices which are a source of pelvic pain and abnormal bleeding. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2009;34:110-115.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.