

Échographie et Doppler

Formation de l'image échographique

L'échographie et l'effet Doppler sont des techniques d'imagerie qui exploitent le phénomène de réflexion des ondes ultrasonores. Il s'agit donc d'une technique non irradiante d'où l'intérêt de l'échographie, notamment chez la femme enceinte, et l'utilisation progressive du terme imagerie médicale plutôt que radiologie.

Les ultrasons sont des ondes acoustiques à l'origine de vibrations mécaniques qui provoquent des variations de pression dans les milieux traversés. Le principe est donc la propagation d'une énergie mécanique dans le milieu exploré. Ainsi, la vitesse de la propagation au sein de ce milieu dépend de sa rigidité et de sa densité. Au fur et à mesure de leur traversée de l'organisme, ces ultrasons vont pénétrer différents milieux qui réfléchissent l'onde ultrasonore dès qu'un obstacle est rencontré. C'est cette réflexion des ondes ultrasonores sur les différentes interfaces qui va être à l'origine du signal. Ainsi, à chaque séparation entre deux milieux de propriétés acoustiques différentes, une partie de l'énergie continue à progresser dans le sens d'émission du faisceau, et le reste est réfléchi par l'interface et détecté par la sonde qui est à la fois émettrice et réceptrice.

Une onde ultrasonore est caractérisée par sa fréquence, c'est-à-dire le nombre de fois où l'émission périodique se reproduit par unité de temps. Elle correspond donc au nombre de variations de pression par seconde et s'exprime en hertz. En imagerie médicale, on utilise des sondes de 2 à 20 mégahertz. Les ondes ultrasonores à fréquence faible ont pour caractéristique de pénétrer largement pour une exploration en profondeur. Au contraire, les ondes ultrasonores à fréquence élevée ont une pénétration faible en profondeur. La réflexion de l'onde ultrasonore se produit sur l'interface acoustique, c'est-à-dire sur une frontière entre deux milieux d'impédance acoustique (d'élasticité) différente. C'est cette réflexion de l'onde ultrasonore à chaque interface qui est à la base de la formation de l'image. Cependant, il ne faut pas qu'elle soit trop importante : par exemple, au contact de l'air, il existe une réflexion de 99 % qui ne permet pas aux ultrasons de pénétrer et d'obtenir une image. C'est la raison pour laquelle on se sert, pour éviter l'interposition d'air entre la sonde échographique et le corps étudié, d'un gel échographique (correspondant à de l'eau gélifiée) qui, interposé entre la sonde et le corps, empêche une réflexion trop importante au niveau de la peau.

La sonde échographique, ou transducteur, émet les ultrasons en exploitant le phénomène de piézoélectricité. On se sert effectivement de céramique piézoélectrique qui émet une onde ultrasonore très brève lorsqu'elle est soumise à une impulsion électrique. Cette sonde émettrice est également réceptrice puisqu'elle est capable d'enregistrer les échos réfléchis par le corps étudié, qui seront à leur tour transformés en une impulsion électrique à l'origine du signal. Le retour des échos à la surface de la sonde se traduit par une vibration de la céramique qui génère un signal électrique dont l'intensité est proportionnelle à celle de l'écho. C'est ce signal électrique recueilli qui participe à la formation de l'image échographique.

En résumé, la sonde échographique transforme les impulsions électriques en vibrations mécaniques qui sont transmises dans le milieu exploré et réfléchies. C'est la réflexion des échos qui, réceptionnés à la surface de la sonde, provoque une vibration de la céramique à l'origine du signal électrique et de l'image échographique.

La réflexion au niveau d'une interface est d'autant plus élevée que la différence d'impédance (différence d'élasticité) entre les deux milieux est importante.

Ainsi, pour obtenir une exploration échographique de qualité, il faut d'abord déterminer la fréquence de la sonde, fréquence faible (3 à 5 MHz), pénétration suffisante pour une exploration en profondeur, ou fréquence élevée (7 à 12 MHz), exploration uniquement superficielle, mais avec une excellente résolution spatiale.

Il faut éviter les interfaces caractérisées par une différence d'impédance trop importante (utilisation du gel échographique pour éviter la présence de bulles d'air entre la sonde et la peau, impossibilité d'étudier des structures directement situées derrière une composante osseuse). A l'heure actuelle, l'échographie est réalisée en mode temps réel, c'est-à-dire que la sonde réalise un balayage automatique et cyclique de la zone à explorer qui est définie par le plan d'exploration dépendant de la position de la sonde par rapport à la région explorée. Ces sondes électroniques qui permettent un balayage automatique en temps réel peuvent avoir des configurations différentes – barrettes, planes, courbes –, ou une configuration annulaire qui autorise des coupes à partir de l'introduction de la sonde dans une des cavités du patient.

Ainsi, il est possible de réaliser des échographies par voie endovaginale, transrectale, transoesophagienne, voire intravasculaire, en introduisant de toutes petites sondes à l'intérieur des vaisseaux. Plus récemment s'est développée l'échographie tridimensionnelle permettant l'acquisition de tout un volume.

On parle même aujourd'hui d'acquisition quadridimensionnelle (4D), puisqu'il est possible d'obtenir l'acquisition d'un volume en temps réel.

L'échographie peut être associée à l'effet Doppler qui est défini par la variation des fréquences réfléchies quand la cible rencontrée par le faisceau ultrasonore se déplace. Ainsi, la différence entre la fréquence d'émission et la fréquence de réception définit la fréquence Doppler qui, dans le cadre d'un flux sanguin, se situe dans un spectre audible. Cette fréquence Doppler est donc directement dépendante de la vitesse du flux sanguin. Cet effet Doppler peut être exploité en mode pulsé, par l'émission régulière d'impulsions ultrasonores qui sont ensuite réceptionnées et analysées sous la forme d'un spectre de vitesse. Il est également possible d'analyser le signal Doppler en transformant les variations temporelles de vitesse en fluctuations colorimétriques. On parle de Doppler couleur ; par convention, en mode Doppler couleur, les flux qui se rapprochent de la sonde sont codés en rouge et ceux qui s'en éloignent en bleu. On peut ainsi superposer cette analyse colorimétrique à l'image échographique du même plan. L'analyse Doppler couleur permet de repérer rapidement les vaisseaux circulants.

Enfin, il est aussi possible de sensibiliser l'image échographique par l'injection de produits de contraste échographiques qui sont assimilables à de microbulles qui vont donc modifier l'impédance acoustique des milieux vascularisés et leur échogénicité.

Sémiologie échographique

Les structures à contenu liquidien, comme la vésicule biliaire, la vessie, un kyste situé dans le foie ou dans le rein, n'atténuent pas le faisceau ultrasonore. Dans ces conditions, elles sont représentées sous la forme d'une structure dite anéchogène et apparaissent en noir sur l'écran. De plus, lorsqu'on analyse un kyste au sein d'un organe plein, les ultrasons qui ont traversé ce kyste n'ont pas été atténués et sont donc plus intenses que les ultrasons ayant traversé, à la même profondeur, un parenchyme homogène. On parle donc, pour qualifier le faisceau plus intense en arrière du kyste, de renforcement postérieur.

Les différents parenchyms – foie, rate, rein, pancréas, utérus – ont à l'état normal une échostructure homogène, c'est-à-dire que leur image est formée d'une répartition régulière des échos harmonieusement répartis.

En fonction des caractéristiques, une lésion peut atténuer les ultrasons d'une manière différente que le parenchyme sain. Si l'atténuation est importante, on parle de lésion échogène qui apparaît en blanc sur l'image. Si l'atténuation est peu importante, on parle de lésion hypo-échogène qui apparaît plus noire sur l'image. Enfin, certaines structures très denses vont complètement renvoyer les ultrasons, par exemple un calcul au sein de la vésicule peut se manifester par une ligne très hyperéchogène, toute blanche, renvoyant l'ensemble des échos. On aura, en arrière de cette ligne très échogène, une absence d'échos : on parle de cône d'ombre postérieur.

Place de l'échographie

L'examen échographique a une place importante en imagerie médicale. Il présente de nombreux avantages. Les échographes sont des appareils de relativement petite taille qui peuvent être déplacés, et tous les cabinets de radiologie en disposent. Il s'agit donc d'un examen aisément réalisable.

Il existe de plus des appareils miniaturisés qui permettent d'effectuer l'échographie au lit du malade.

Compte tenu du faible coût de l'appareil, l'examen échographique est relativement peu onéreux. De plus, n'utilisant que des sondes ultrasonores et pas de radiations ionisantes, il s'agit d'une technique parfaitement non invasive qui peut, par exemple, être utilisée chez la femme enceinte. C'est dire que l'échographie est très largement utilisée, notamment pour l'exploration des parenchyms pleins de l'abdomen et du pelvis, du cœur et des muscles et des tendons. L'échographie abdominale est généralement réalisée chez un malade à jeun. A l'inverse, l'échographie pelvienne est réalisée vessie pleine. Il faut donc que le patient boive un litre d'eau dans l'heure précédant l'examen.

La limite principale propre à l'échographie est ce qu'on appelle le caractère opérateur-dépendant. En effet, si on peut relire à distance une radiographie du thorax, un scanner ou une IRM, il est très difficile de relire une échographie. Les images fournies sont généralement peu nombreuses et surtout elles dépendent totalement de la façon dont l'examen a été pratiqué par l'opérateur. Ainsi, s'il n'a pas repéré une lésion au sein d'un parenchyme, il est évident qu'il n'en a pas réalisé une image et qu'il sera définitivement impossible de la repérer *a posteriori*. En outre, il s'agit d'un examen relativement long, nécessitant un « temps médecin » incompressible. Enfin, l'examen peut être gêné par la morphologie du patient examiné, notamment en cas d'importante surcharge pondérale.