

Imagerie médicale

Octobre 2011

La première application d'imagerie médicale date de 1895 avec l'utilisation des rayons X. C'est le début de la radiographie. Puis, les techniques s'améliorent et se diversifient tout au long du XXe siècle avec l'arrivée de la scintigraphie, du scanner, de l'échographie puis de l'IRM. L'imagerie médicale est aujourd'hui incontournable dans de nombreuses situations : établir un diagnostic, évaluer la sévérité d'une pathologie, l'efficacité d'un traitement...

Les indications de l'imagerie médicale

Aide au diagnostic



© Inserm, P. Latron

IRM 3 Teslas, préparation des paramètres de séquences avant l'examen IRM

L'imagerie médicale peut être utilisée en première intention, c'est le cas dans le dépistage systématique des cancers du sein par mammographie (radiographie), ou pour confirmer ou infirmer un diagnostic supposé.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) permet ainsi de confirmer un diagnostic de sclérose en plaques ou de maladie d'Alzheimer tandis que le scanner mettra en évidence un rétrécissement des artères coronaires en cas de douleurs thoraciques ou d'infarctus du myocarde.

Evaluation de la sévérité d'une maladie

Par l'imagerie, le diagnostic est affiné. Grâce à la scintigraphie on peut, par exemple, repérer des métastases et donc mesurer le niveau de dissémination d'un cancer dans l'organisme.

En cardiologie, la scintigraphie dite de perfusion évalue le débit sanguin au niveau du cœur au repos, ou lors d'un effort, afin de statuer sur le niveau de

dysfonctionnement de certaines artères.

Aide à l'intervention

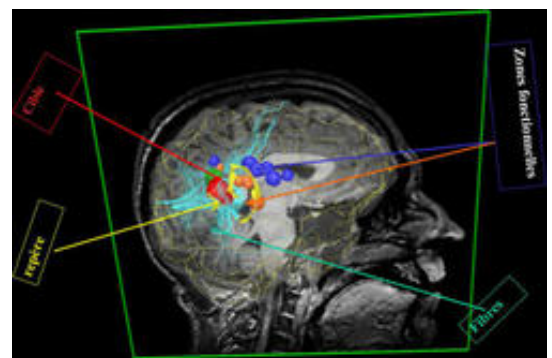
Des ponctions effectuées chez des patients le sont parfois sous échographie afin de bien visualiser la zone à prélever, notamment lorsqu'elle n'est pas palpable. Des injections d'anti-inflammatoires ou des drainages peuvent également être pratiqués avec l'aide de l'imagerie.

Aide à la prise en charge et au suivi thérapeutique

La comparaison de clichés pris à des temps différents offre au corps médical un moyen de suivre l'évolution d'une maladie ou encore d'une fracture osseuse. Très utilisée en cancérologie, la scintigraphie permet de vérifier l'efficacité d'un traitement en visualisant le niveau d'activité des cellules tumorales ou de détecter des métastases et poser ainsi l'indication d'une chimiothérapie. Dans 30 % à 40 % des cas le support de l'imagerie a permis de modifier l'attitude thérapeutique, au bénéfice des patients.

Amélioration des connaissances

L'imagerie a également contribué à faire avancer à grands pas la connaissance de l'activité cérébrale chez l'homme. Ainsi, grâce à l'IRM fonctionnelle on en sait davantage sur les mécanismes de l'addiction ou de maladies mentales telles que l'autisme.



© Inserm, O. El Ganaoui

Etape de planification pour la neurochirurgie guidée par l'imagerie multimodale

Les grands types d'imagerie

Il existe quatre types d'imagerie médicale qui reposent sur l'utilisation des rayons X, des ultrasons, du champ magnétique ou de la

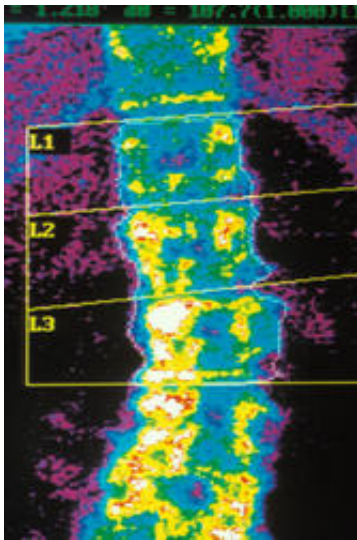
radioactivité naturelle ou artificielle.

La radiographie photographie les structures denses en 2D

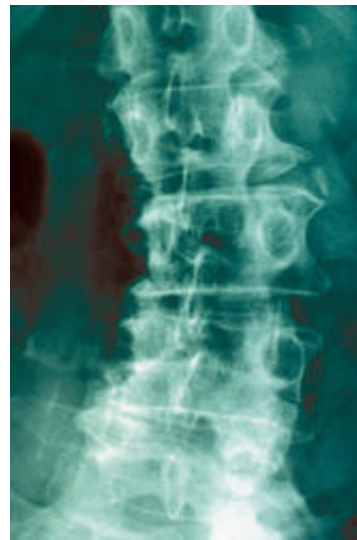
La radiographie utilise les rayons X. Ces derniers traversent le corps humain mais sont plus ou moins absorbés par les tissus en fonction de leur densité. Ils impriment un film photographique placé à l'opposé du patient telle une pellicule photo. Il est possible d'opacifier certaines structures creuses (appareil digestif, articulation, etc.) en injectant un produit de contraste, opaque aux rayons X. On parle par exemple d'angiographie quand il s'agit de visualiser les vaisseaux sanguins selon ce principe, ou encore de coronarographie pour les artères coronaires.

Pour réduire les doses de rayons émises lors des examens, **les films radiographiques sont aujourd'hui, souvent remplacés par des détecteurs électroniques** qui numérisent directement les images et sont plus sensibles que les plaques.

La radiographie est fréquemment utilisée en orthopédie, en rhumatologie et en orthodontie pour étudier les traumatismes osseux, les déformations du squelette ou les implantations dentaires. Elle permet également d'observer des anomalies sur certains organes comme des infections bactériennes ou virales ou encore des tumeurs au niveau des poumons ou des seins (mammographie).



© Inserm, Eric Dehausse
Mesure de la densité minérale osseuse par un absorptiomètre biphotonique à rayons X.



© Inserm, Eric Dehausse
Scoliose lombo-sacrée centrée sur L3 (femme de cinquante-huit ans).

Le scanner (ou tomodensitométrie) permet d'observer des organes et tissus en 3D

L'apport de l'informatique et du traitement numérisé des images a abouti à la mise au point de la tomodensitométrie (ou scanner) en 1972. **Le scanner repose également sur l'utilisation des rayons X mais permet d'obtenir des images tridimensionnelles des organes ou des tissus (os, muscles ou vaisseaux) sous forme de coupes.**

En pratique, un tube émetteur de rayons X tourne à très grande vitesse autour du patient et prend une succession d'images du corps à 360°. Des capteurs qui entourent le patient mesurent l'absorption des différents tissus. **Grâce au scanner on visualise une modification de volume ou une anomalie de structure** (infections, hémorragies, tumeur, ganglions, embolie...). En cancérologie, il permet de contrôler la réponse à la chimiothérapie. On l'utilise également pour guider les drainages et les biopsies.

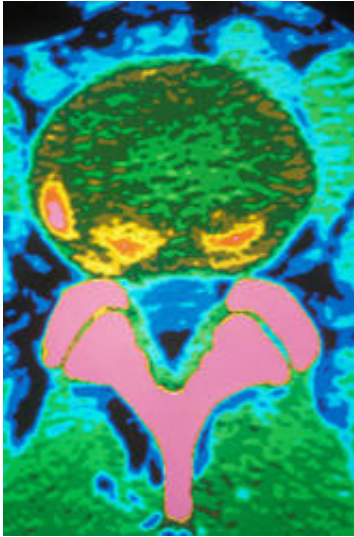
Comme pour la radiographie, un produit de contraste à base d'iode, opaque aux rayons X, peut être nécessaire pour étudier certains organes.

Rayons X, des seuils et des risques mal définis

Les doses de rayons X délivrées aux patients ont augmenté de 47 % en 5 ans en raison de l'utilisation croissante de l'[imagerie médicale](#). Selon l'Institut de veille sanitaire, les Français reçoivent, au titre du diagnostic par imagerie, en moyenne 1,3 millisievert (mSv) par an, avec une grande hétérogénéité d'un malade à l'autre. Cette valeur, très inférieure à celle des Etats-Unis (3 mSv), se situe dans la fourchette des valeurs moyennes européennes (0,4 mSv au Royaume-Uni, 2 mSv en Belgique). Or, certains travaux ont montré que ces rayons pourraient, à fortes doses, accroître le risque de cancer. A ce titre, [l'Agence de Sureté nucléaire](#) (ASN) recommande d'améliorer la protection des utilisateurs et de faciliter l'accès à l'[IRM](#) non irradiant.

Source : [Exposition médicale de la population française aux rayonnements ionisants](#), Rapport IRSN/InVS 2010

L'échographie utile à l'observation du fonctionnement des organes



© Inserm, M. Depardieu

Vertèbre au scanner.

L'échographie utilise les ultrasons, ondes sonores imperceptibles à l'oreille humaine. Quand une sonde émet des ultrasons en direction d'un objet solide, ceux-ci rebondissent sur l'objet et reviennent au point de départ.

L'échographie mesure le temps nécessaire pour ce trajet (écho) et restitue une image en temps réel permettant de distinguer les différentes structures. Grâce à cette technique, on peut **explorer le cœur, les organes digestifs (foie, rate, pancréas, vésicule biliaire), urinaires (vessie, reins) et génitaux (prostate et testicules, ovaires et utérus)**. Quant aux échographies de la grossesse, elles visent à apprécier la vitalité et la morphologie du fœtus ainsi que son environnement (liquide amniotique, placenta, cordon...).

L'échographie doppler utilise une sonde plus fine qui permet d'investiguer le système vasculaire.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM), une technique coûteuse mais précise pour observer les lésions et les tissus

L'imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM) est apparue au début des années 1980.

Elle est utile pour visualiser différentes structures et en particulier des "tissus mous" tels que le cerveau, la moelle épinière, les viscères, les muscles ou les tendons.

C'est un examen coûteux, mais justifié lorsqu'un doute persiste après des radiographies, une échographie ou un scanner. On peut ainsi mieux définir la nature de certaines lésions (infections, inflammations, anomalies des vaisseaux, tumeurs, hernies discales, lésions ligamentaires ou méniscales...).

Lorsqu'ils sont soumis à un champ magnétique, des composants d'atomes changent d'orientation puis reviennent à leur position initiale en émettant un signal. Ils se réalignent plus ou moins rapidement en fonction de la densité des tissus. Une caméra spéciale capte ces signaux et les convertit en image. En pratique, une bobine magnétique est placée autour du patient et balaye la zone du corps à étudier en créant un champ magnétique.

Impossible de charger le plug-in.

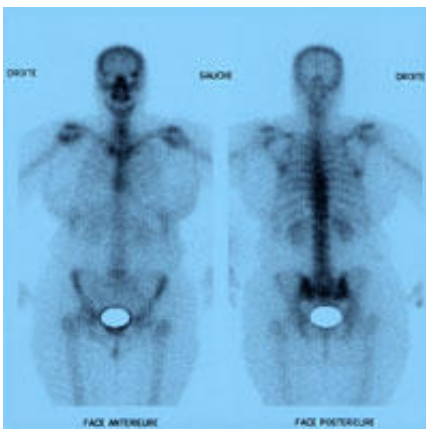
"L'IRM" en animation Flash (source CEA)

L'IRM fonctionnelle est un atout majeur pour étudier l'activité cérébrale. Une IRM effectuée au repos et une autre après un stimulus permettent de localiser les zones du cerveau qui s'activent en visualisant l'afflux sanguin.

© Inserm, D. Letourneur

Mesure par échographie doppler du débit sanguin 1 jour après implantation d'une prothèse vasculaire en polysaccharides biodégradables chez le rat.

La scintigraphie et la tomographie par émission de positons (TEP), utiles au diagnostic et pour visualiser le fonctionnement d'un organe



© Inserm, Christine Chavaudra

Scintigraphie osseuse après injection de Technétium 99m

La découverte de la radioactivité a conduit au développement de la médecine nucléaire avec la scintigraphie puis la tomographie par émission de positons (TEP) dans les années 1990.

Ces techniques consistent à administrer une molécule couplée à un élément radioactif par voie intraveineuse afin de suivre son évolution dans l'organisme.

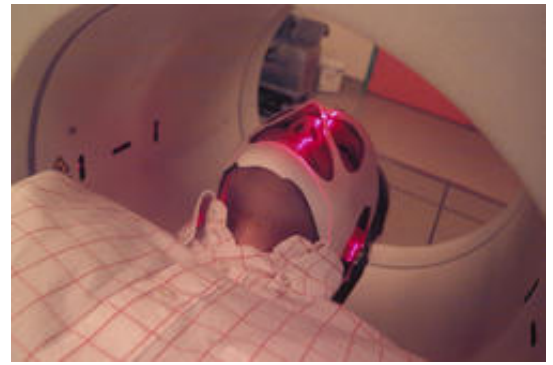
Cette molécule permet de suivre le métabolisme ou le fonctionnement des organes ou bien se fixe sur une cible biologique précise d'intérêt médical.

La scintigraphie, ou **TEMP (tomographie par émission monophotonique)**, représente 80 % de ce type d'explorations. Les radioéléments utilisés émettent un seul rayonnement électromagnétique (photon) capté par une caméra. Diagnostiquer des lésions avant toute manifestation morphologique devient ainsi possible. Elle est utilisée dans l'exploration de la thyroïde, du squelette (scintigraphie osseuse), en cardiologie (tomoscintigraphie myocardique) et aussi très fréquemment en cancérologie.

La **TEP (tomographie par émission de positons)**, ou PET en anglais, utilise des radioéléments qui émettent deux rayonnements diamétralement opposés.

Un détecteur, placé tout autour du patient, capte les signaux qui coïncident et restitue une image d'excellente définition.

Cette technique est surtout utilisée en cancérologie.



© Inserm, M. Depardieu

Examen d'un patient à l'aide d'une caméra TEP (Tomographie par Emission de Positons).

Le PETscan, outil fondamental de dépistage et de suivi du cancer

La France possède 93 PETscans qui couplent les techniques du scanner et de la tomographie par émission de positons. Le radioélément utilisé dans le dépistage et le suivi du cancer est le desoxy-D-glucose marqué au fluor 18 de courte durée de vie (110 minutes environ). Cet analogue du glucose est davantage consommé par les cellules cancéreuses actives que par les cellules saines, ce qui permet d'observer des "points chauds" dans l'organisme et ainsi de dépister des métastases. L'atout de la technique est de fournir une estimation du volume de la tumeur mais également de son niveau d'activité tumorale.

Des progrès permanents grâce à la recherche

La rapidité

Les progrès de ces techniques portent sur une plus grande rapidité d'acquisition des images. La durée des examens ne cesse de se réduire grâce à des logiciels qui enregistrent des dizaines d'images en même temps et les reconstruisent simultanément. Cela améliore bien sûr le confort des patients. Radiographie, scanner et scintigraphie sont aujourd'hui effectués en quelques secondes ou minutes. En revanche l'IRM peut durer jusqu'à une heure en cas d'étude du cerveau.

La sécurité

L'objectif de tous les constructeurs est de réduire les doses de rayons X et de radioéléments. Pour cela, ils développent des détecteurs ultra sensibles qui permettent de maintenir une image de bonne qualité. **Le récent système EOS développé par une entreprise française permet, par exemple, de diviser par 10 les doses de rayons émises lors d'un scanner grâce à l'utilisation de chambres à fils ultrasensibles qui remplacent les films traditionnels.**

[Pour en savoir plus...](#)

La qualité de l'image

Accroître régulièrement la sensibilité des appareils permet d'améliorer la qualité des images. Dans cet esprit, les champs magnétiques utilisés en IRM sont de plus en plus puissants. Deux appareils fonctionnent en France avec des champs de 7 Tesla contre 3 Tesla en général et un autre appareil de 11,7 Tesla, unique au monde, est en développement à Neurospin en France (CEA).

Tester de nouveaux médicaments

L'usage de la TEP permet de tester de nouveaux médicaments en développement, par exemple dans la maladie de Parkinson. La distribution du médicament dans l'organisme ainsi que sa faculté à agir sur une cible prédéterminée peuvent être estimés dès les premiers essais. Cela réduit considérablement le nombre de patients à recruter pour les essais et les délais d'autorisation de mise sur le marché et diminue les coûts de développement.

Améliorer le diagnostic

Les scientifiques recherchent sans cesse de nouveaux radiotraceurs à utiliser en scintigraphie afin d'étudier davantage de maladies et d'organes. L'un d'entre eux fait son apparition dans le diagnostic de la maladie d'Alzheimer. C'est le PIB (ou ses équivalents), un marqueur des plaques bêta amyloïdes qui s'accumulent au cours de la maladie. Dès 2012, son utilisation constituera un outil supplémentaire pour établir le diagnostic.



© Inserm, P. Latron

U930 "Imagerie et Cerveau"/Cyclopharma/CERRP

Modèles physiologiques

Le développement des techniques d'imagerie ouvre la voie à la création de modèles physiologiques personnalisés. Par exemple en cancérologie, la compilation des clichés et des données obtenues par imagerie permet de créer un modèle de croissance tumorale et ainsi de simuler l'évolution du cancer et le bénéfice attendu des traitements. Il en est de même pour la fonction cardiaque ou encore l'activité cérébrale.

Nouvelles perspectives pour l'échographie

La maîtrise des ondes ultrasonores améliore les capacités de l'échographie. Les images en temps réel sont obtenues avec une excellente résolution. On est ainsi capable aujourd'hui d'examiner l'oeil ou encore la peau. Tout récemment, le fUltrasound (Ultrasons fonctionnels) a même permis de filmer les manifestations cérébrales d'une crise d'épilepsie chez l'animal (voir encadré), et également de mesurer l'élasticité des tissus (élastographie). Quelques-uns de ces appareils sont en évaluation clinique dans le cadre de la détection du cancer du sein.

En outre, la miniaturisation de ces appareils en fait un atout majeur pour une utilisation courante. L'échographie pourrait bien, à terme, remplacer la radiographie dans certaines indications comme le dépistage du cancer du sein.

Le fUltrasound (Ultrasons fonctionnels du cerveau), technique d'avenir pour l'étude du cerveau

Des chercheurs de l'Inserm et du CNRS ont développé une nouvelle technique permettant de visualiser l'activité cérébrale avec une plus grande sensibilité et une meilleure résolution que l'IRM fonctionnelle et la tomographie par émission de positons (TEP). Cette technique d'imagerie ultra rapide, fondée sur l'utilisation des ultrasons, mesure les mouvements du sang sur l'ensemble du cerveau plusieurs milliers de fois par seconde (contre quelques dizaines de fois jusqu'alors) et permet ainsi de visualiser l'activité cérébrale avec une excellente résolution dans le temps et dans l'espace. Les chercheurs ont pu filmer les manifestations cérébrales d'une crise d'épilepsie chez un rat, chose impossible avec les précédentes techniques.
