

Comment choisit-on un examen en imagerie médicale ?

Yves–Sébastien CORDOLIANI et Gabriel KALIFA

I. Pourquoi l'imagerie ?

Le principe de justification s'applique pleinement aux examens médicaux utilisant les rayonnements ionisants. Un examen d'imagerie sert à répondre à une question posée par l'état du patient mais pour lequel la clinique seule ne peut répondre. Il est bien entendu que le bénéfice escompté lors de ces examens est supérieur au risque encouru compte tenu de l'état du patient.

L'examen d'imagerie aura quatre objectifs :

Le diagnostic :

quelle est la maladie ? Où se situe la lésion ? Que révèlent le ou les symptômes présentés par le patient : par exemple, face à une toux ou une gêne respiratoire, le cliché de thorax s'impose et apporte souvent la solution. Le scanner en urgence a bouleversé la prise en charge du traumatisé cranio-encéphalique et transformé le pronostic.

Le bilan d'extension

d'une lésion ou d'une pathologie identifiée : devant une affection cancéreuse ou infectieuse, par exemple, il importe de connaître l'extension locale du processus, ses limites, et la dissémination à distance, afin d'adapter le traitement à l'évolution de la maladie. En effet, toutes les thérapeutiques efficaces ont des effets indésirables et il importe de ne pas traiter par excès, au risque de compromettre l'avenir du patient par la survenue de complications du traitement. Tous les protocoles thérapeutiques sont fondés sur l'exacte appréciation de l'extension de la maladie et l'imagerie a un rôle clé dans cette évaluation.

La surveillance d'une affection

la radiographie simple permettra de juger de la formation d'un cal après fracture, le scanner ou l'IRM de la réduction d'une masse tumorale sous chimiothérapie, de la perméabilité d'un pontage vasculaire etc.

le dépistage

dans le cadre de la médecine préventive, comme la mammographie systématique chez la femme de plus de 40 ans et la recherche de plaques d'asbestose chez les travailleurs exposés à l'amiante.

A chaque fois l'examen a un but, le radiologue doit tenter de répondre à la question posée par le clinicien et va donc choisir la méthode d'imagerie la mieux adaptée.

II. Les examens d'imagerie.

Le décret 2003-20 du 24 mars 2003, transposant en droit français la directive EURATOM 97- 43 relative à l'irradiation des patients stipule que toute exposition médicale aux rayonnements ionisants « ...doit faire l'objet d'une analyse préalable permettant de s'assurer que cette exposition présente un avantage médical direct suffisant au regard du risque qu'elle peut présenter et qu'aucune autre technique d'efficacité comparable comportant de moindres risques ou dépourvue d'un tel risque n'est disponible ».

On oppose ainsi les techniques faisant appel aux rayons X (radiologie classique : conventionnelle et numérique, scanner, médecine nucléaire) aux techniques non irradiantes (échographie morphologique ou Doppler, imagerie par résonance magnétique).

Les techniques utilisant les rayonnements ionisants

Radiologie conventionnelle :

Elle repose sur la différence d'absorption des rayons X par les principaux constituants de l'organisme, eau, graisse, liquides (et tissus assimilés) et air. Ces différences d'absorption donnent donc une indication sur la composition du milieu traversé ; moins le milieu est absorbant (air et graisse), plus la quantité de rayons X transmise sera importante. Le détecteur sera soit un film radiographique, dont le noircissement sera fonction du nombre de photons reçus, soit un détecteur convertissant l'énergie X en énergie lumineuse, exploitée directement (amplificateur de luminance) ou convertie en énergie électrique quantifiée numériquement (radiographie numérique). La résolution en contraste de cette méthode est faible et les images sont celles de plans superposées, sans pouvoir dissocier les éléments traversés dans l'axe du rayonnement. Néanmoins, pour les régions à fort contraste, air-eau dans le poumon et calcium-eau pour l'os, elle est souvent suffisante pour répondre à une question simple dont la réponse est urgente, par exemple : « existe-t-il une pneumonie ou un épanchement pleural ? » ou « cet os est-il fracturé ? ». Elle est également indispensable, en mode scopique, pour guider les procédures interventionnelles. Dans les autres domaines elle est en constante régression devant l'échographie, le scanner et l'IRM.

Scanner

Il mesure également les différences d'absorption des éléments constituant le corps humain mais avec deux différences fondamentales avec la radiologie conventionnelle :

- sa résolution en contraste est bien meilleure c'est-à-dire qu'il peut apprécier des différences d'absorption des rayons X beaucoup plus faibles. Il pourra ainsi mettre en évidence, par exemple, un kyste de contenu liquide dans un organe plein, alors que la radiologie conventionnelle en est incapable.
- Le procédé d'acquisition et de reconstruction d'image permet de représenter le corps humain point par point et non plus par plans superposés. Il a ainsi introduit l'imagerie en coupes, primitivement transversales puis dans tous les plans de l'espace.

C'est devenu l'examen de référence de la plupart des pathologies, à l'exception du système nerveux central (SNC). Il a bouleversé la prise en charge et la surveillance dans tous les domaines, particulièrement pour les urgences, la cancérologie et les infections.

En contrepartie, il délivre davantage de rayonnements, de façon plus homogène que la radiologie conventionnelle et la rapidité d'acquisition des scanners modernes permet une répétition des séries pouvant délivrer des doses cumulées de l'ordre de quelques dizaines de mGy dans le volume exploré.

Le scanner étudie mieux que l'IRM le poumon et l'os cortical et dans ces deux domaines elle ne peut lui être substituée, alors que beaucoup d'explorations de l'abdomen ou du pelvis, encore faites en scanner aujourd'hui pourraient être dévolues à l'IRM si celle-ci était facilement accessible.

Médecine nucléaire

L'administration d'un traceur radioactif permet de visualiser, par comptage externe du patient, la fixation du radioélément par un organe ou des lésions spécifiques. On peut ainsi détecter des métastases osseuses, évaluer la fonction cardiaque ou apprécier l'activité métabolique d'une tumeur cérébrale.

La tomographie par émission de positons, consiste à enregistrer l'émission en sens opposé des deux photons résultant de l'annihilation du positon émis par le ¹⁸Fluor. Ce traceur est utilisé pour marquer des molécules biologiques, essentiellement le glucose. Il permet donc de détecter des activités métaboliques anormales et notamment celle des cellules tumorales. Cette technique est précieuse pour affirmer la nature maligne d'une lésion, souvent impossible à affirmer par l'imagerie morphologique ou pour faire le bilan des tumeurs avant traitement en détectant des métastases qui modifient radicalement la prise en charge.

Les techniques n'utilisant pas les rayonnements ionisants

L'échographie morphologique et Doppler

L'échographie utilise les ultrasons qui se propagent en ligne droite dans un milieu de structure homogène. Ces ultrasons s'atténuent selon la loi de l'inverse du carré de la distance, leur vitesse de propagation dépend de la rigidité et de la densité du milieu traversé.

Dans un milieu de structure hétérogène, les ondes sonores sont réfléchies sur chaque obstacle, qui crée un écho. Ainsi, à chaque séparation entre deux milieux de propriétés acoustiques différentes, seule une partie de l'énergie est transmise dans le sens du faisceau le reste est réfléchi par l'interface. Si cette interface est perpendiculaire à l'onde ultrasonore, cette onde réfléchie écho sera détectée par la sonde et exploitée dans les appareils d'échographie, selon la technique du sonar. Pour les applications médicales on utilise des fréquences de quelques mégahertz (MHz). L'image de la répartition des échos obtenus dans le plan du balayage de la sonde apparaît sur un moniteur de télévision sous la forme d'une juxtaposition de petits points plus ou moins brillants et elle est imprimée, stockée ou transmise sous forme informatique. Les parenchymes sains, foie, rate et reins ont, à l'état normal, une échostructure homogène c'est-à-dire que leur image est formée d'une répartition régulière des petits échos harmonieusement répartis. L'os, ou un calcul, vont arrêter la propagation du faisceau ultra sonore et se comporter comme un écran ; au-delà on aura une ombre portée dépourvue de tout écho. L'air ou le gaz ne permet pas la propagation des ultrasons utilisés en médecine et constituent un obstacle absolu. On comprend donc aisément l'intérêt de l'échographie dans tous les parenchymes pleins non calcifiés (parenchymes abdominaux, structures liquides, cavités cardiaques, cerveau à travers la fontanelle chez le petit enfant). Pour l'appareil locomoteur, l'échographie est intéressante pour les muscles, les tendons, les structures cartilagineuse, notamment chez le petit enfant (étude de la hanche chez le petit nourrisson).

L'écho Doppler associé à l'échotomographie en temps réel permet une exploration non traumatique du système circulatoire. On identifie ainsi facilement la vitesse et la direction du flux dans un vaisseau.

L'échographie peut parfois être couplée à une endoscopie (échographie transoesophagienne, échographie de prostate transrectale, échographie avec sonde intravaginale).

Au total on peut dire que l'échographie est une technique très largement diffusée, sa facilité d'accès et de réalisation, son innocuité, et son coût relativement faible expliquent qu'il s'agit d'un des tous premiers examens d'imagerie réalisés, notamment en obstétrique, en pédiatrie, en cardiologie ou pour des organes superficiels comme la thyroïde ou l'œil.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM)

Elle utilise les propriétés de résonance des noyaux d'hydrogène (protons) de l'eau placés dans un champ magnétique. Ces noyaux tournent sur eux mêmes (spin) et autour de l'axe du champ (précession) à une fréquence dépendant de l'intensité du champ. En excitant ces noyaux avec des ondes de radiofréquence et en enregistrant l'écho émis à l'arrêt de l'excitation, on recueille un signal radio dont l'intensité dépend de la concentration d'eau

dans le tissu. La bande de radiofréquence utilisée dépend du champ principal de l'aimant ; elle est de 20 à 130 MHz pour les machines actuelles dont le champ magnétique est de 0,5 à 3 teslas. On peut faire varier l'intensité du champ principal selon les 3 axes de l'espace et connaître ainsi plan par plan et ligne par ligne selon l'axe du gradient de champ la répartition des protons en fonction de leur fréquence de résonance. Il suffit d'appliquer pour cela les méthodes de reconstruction mathématique qui décomposent un signal complexe en fonctions sinusoïdales (transformée de Fourier). On reconstruira donc une image de la densité de protons en chaque point. Différentes séquences d'excitation permettent ensuite de moduler l'intensité du signal en fonction de l'environnement du proton (milieu liquide, solide, sang, graisse etc.). La richesse de contrastes est donc très supérieure à celle du scanner ce qui permet une bien meilleure caractérisation tissulaire. Par ailleurs cette imagerie est sensible au flux, ce qui permet de réaliser sans ou avec injection de produit de contraste des images de vaisseaux. Enfin, la sensibilité du proton à son environnement permet même de détecter les variations de perfusion ou d'oxygénation instantanées du milieu. C'est la base de l'imagerie fonctionnelle cérébrale qui permet de visualiser non plus seulement la morphologie mais aussi le fonctionnement des tissus.

L'IRM est l'examen indispensable et souvent suffisant pour toutes les pathologies du système nerveux central (cerveau et moelle épinière). Elle est indispensable dans certaines affections ostéo-articulaires et de plus en plus utilisée pour l'exploration de l'abdomen et du cœur dans certaines indications. Néanmoins elle a des contre indications formelles (stimulateur cardiaque et matériel ferromagnétique intracrânien essentiellement) et certaines régions ne sont pas explorables (poumon, os cortical).

III. Les éléments de choix.

Le choix de la technique ne doit pas être simpliste et manichéen entre technique non irradiante et technique irradiante. Ce choix va s'appuyer avant tout sur la capacité des techniques à répondre dans chaque domaine, en fonction d'un certain nombre de paramètres :

1) Le type des informations recherchées :

Il dépend des symptômes présentés par le patient. Un symptôme peut avoir de multiples origines et on choisira en priorité l'examen capable de montrer le maximum de ces causes possibles. On attend aussi de l'imagerie des notions quant à la nature du processus -s'agit-il d'un processus infectieux, tumoral, traumatique ou autre ?-et à la rapidité de son évolution. Enfin on demande de plus en plus d'informations à l'imagerie quant à la physiologie et l'aspect fonctionnel de la zone étudiée. Il est très rare qu'une seule méthode puisse fournir l'ensemble des informations lorsqu'elles sont nécessaires ce qui explique que l'on soit souvent obligé de recourir à diverses techniques mais il faut

éviter d'additionner les différentes techniques et essayer d'aller d'emblée à celle qui sera la plus informative et la plus efficace. Ainsi, devant des douleurs abdominales aiguës chez l'adulte, on recourt de plus en plus souvent au scanner d'emblée, sans passer par la radiographie conventionnelle et l'échographie, car on gagne ainsi du temps pour un diagnostic urgent. L'irradiation est certes supérieure, mais le retard de diagnostic serait certainement beaucoup plus dommageable. Par ailleurs, pour l'une des étiologies les plus fréquentes, la colique néphrétique, les risques avérés de l'injection d'iode, auparavant nécessaire au diagnostic, sont très supérieurs au risque putatif du faible supplément d'irradiation.

2) **la région anatomique à explorer.**

L'apparence d'une lésion sera différente avec les différentes techniques dans chaque organe. L'image va être fonction des interactions entre le milieu et l'agent physique utilisé pour l'explorer. La caractérisation nécessitera parfois l'association de plusieurs techniques. Par exemple, le caractère purement liquide d'un kyste hépatique de petite taille sera souvent plus facile à affirmer en échographie qu'en scanner et il n'est donc pas surprenant de réaliser ce contrôle échographique après un scanner.

3) **l'accessibilité de la technique,**

c'est-à-dire sa disponibilité, et le degré d'urgence peuvent intervenir dans le choix. Il est encore des cas où l'on préfère recourir à l'échographie et au scanner plutôt que d'envoyer un patient à 200 Km ou d'attendre des semaines pour obtenir un examen d'IRM.

La rapidité de l'évolution de l'imagerie ces 20 dernières années a posé un autre problème celui de la compétence des utilisateurs. En effet, une machine, quelle qu'elle soit, ne vaut que par la qualité de celui qui l'utilise et beaucoup de spécialistes d'imagerie on parfois préféré continuer à utiliser des techniques traditionnelles plutôt que de recommencer un apprentissage de nouvelles techniques. Il a fallu par exemple des années pour que l'échographie remplace la radiographie du bassin dans le dépistage de la luxation de hanche ce retard s'expliquant par le souhait de ne pas accumuler les résultats faussement négatifs ou positifs dus à une formation insuffisante des opérateurs.

4) **Le degré de risque et la pénibilité de l'examen**

sont des arguments essentiels à prendre en compte. L'IRM en urgence, par exemple est souvent difficile à réaliser chez un patient en réanimation, du fait du matériel ferro-magnétique nécessaire à l'assistance de ces patients fragiles. Ailleurs l'immobilité dans un tunnel étroit et inconfortable peut être intolérable pour un patient très fatigué, pour une personne âgée, voire tout simplement impossible chez un patient obèse. Certains matériels (pace-maker, clips d'anévrisme intra-crâniens) ou corps étrangers métalliques en situation dangereuse constituent des contre-indications absolues à l'IRM. Parfois l'état de certains patients n'autorise pas l'injection de produit de contraste iodé et interdira donc certains

examens radiographiques ou scanographiques. Des précautions particulières seront prises chez la femme enceinte ou l'on évitera, autant que faire se peut, les techniques irradiantes.

5) « l'état de l'art »

c'est-à-dire la synthèse des connaissances résultant de l'évaluation comparée des différentes méthodes d'imagerie, objet de travaux scientifiques régulièrement publiés, est en fait le déterminant principal du choix. Un spécialiste performant et assurant sa formation continue doit se conformer à la démarche assurant la meilleure précision diagnostique, fonction de la sensibilité et de la spécificité d'une méthode. La sensibilité est la capacité qu'a cette méthode de découvrir une lésion, sans préjuger de son lien de causalité avec le symptôme. La spécificité d'une méthode traduit sa capacité à prédire le lien de causalité entre cette lésion et le symptôme ou sa nature même. Une méthode peut être très sensible en découvrant une lésion osseuse mais elle sera d'autant plus spécifique qu'elle permettra de dire si cette lésion est agressive ou pas, si elle est plutôt infectieuse, traumatique ou tumorale. Par exemple la scintigraphie osseuse est une technique de très grande sensibilité mais de très faible spécificité. Le degré de spécificité est variable à la fois selon la zone examinée et selon la méthode utilisée. L'IRM, par exemple, est d'une grande sensibilité et d'une grande spécificité dans l'étude du système nerveux central. Le décret de transposition de la directive européenne mentionne explicitement la nécessité de tenir compte de cette approche rationnelle du diagnostic, validée par les sociétés savantes et publiée sous formes de « guides des examens d'imagerie par pathologie ». La Société française de radiologie, la Société française de médecine nucléaire et leurs collègues d'enseignants travaillent depuis 2 ans avec l'Agence nationale d'accréditation et d'évaluation sanitaire et la Direction générale de la sûreté nucléaire et radioprotection, pour rédiger un tel guide qui est à la base du principe de justification dans la réalisation des examens d'imagerie utilisant les rayonnements ionisants. Ce guide sera évidemment périodiquement remis à jour. Le tableau I schématise les choix principaux de l'imagerie pour les différents appareils et régions.

Tableau I : Indications des principaux examens en fonction des structures examinées.

Le système nerveux central	
a) L'encéphale	IRM. Échographie transfontanellaire chez le tout petit Scanner pour la prise en charge initiale du traumatisme, accessoirement pour la recherche de calcifications, en complément de l'IRM.
b) La moelle épinière	IRM
Appareil locomoteur	
a) Muscles et parties molles	Échographie, IRM, éventuellement scanner
b) L'os dense	Radiographie standard, scanner pour la corticale de l'os, IRM pour la cavité médullaire, les extrémités, le cartilage.
c) Capsules, ligaments, tendons	Échographie et surtout IRM
d) La colonne vertébrale	Radiographie standard de débrouillage, scanner ou IRM selon la pathologie. Le scanner étudie mieux les fractures et suffit pour un bilan préopératoire de hernie discale. L'IRM est nécessaire pour les tumeurs et les récurrences de hernie discale.
Appareil cardio – vasculaire	
Échographie, IRM, angioscanner permettent le diagnostic dans la plupart des cas. L'angiographie conventionnelle reste nécessaire pour les procédures interventionnelles.	
Appareil respiratoire	
Radiographie conventionnelle +++, scanner pour des images plus fines du poumon et le médiastin éventuellement échographie pour la paroi. L'IRM peut étudier le médiastin, notamment les vaisseaux.	
Abdomen (regroupant appareil digestif, urinaire et génital)	
<ol style="list-style-type: none"> 1) l'échographie est la technique de débrouillage la plus employée et suffit souvent au diagnostic. 2) La radiographie conventionnelle n'a plus d'utilité que pour l'urgence (occlusion, perforation) et la recherche de lithiase. 3) le scanner est l'examen le plus employé pour affirmer un diagnostic et faire le bilan d'extension et la surveillance sous traitement. 4) l'IRM est de plus en plus employée, notamment pour l'étude du foie et des voies biliaires 	
Sein	
La radiographie conventionnelle reste essentielle, souvent secondée par l'échographie, l'IRM est utile dans les cas difficiles (récidive après chirurgie)	

6) **le coût des examens**

est le dernier mais non le moindre facteur dont on est obligé de tenir compte. Le tableau ci-dessous indique l'ordre de grandeur pécuniaire des principaux examens. Il est faux et démagogique de dire que la santé n'a pas de prix, ce qui compte c'est l'efficacité non seulement individuelle mais globale. Les sommes dépensées en examens inutiles ou redondants le sont aux dépens d'autres possibilités d'amélioration de la santé individuelle ou collective, thérapeutiques ou préventives. L'approche des coûts de santé doit être globale. Les examens d'imagerie sont coûteux au même titre que les nouveaux examens biologiques, les traitements les plus modernes, les prothèses et autres greffes. Le coût de la santé est déjà élevé dans notre pays et ne saurait s'accroître indéfiniment sans que l'ensemble de notre système sanitaire s'en trouve gravement menacé.

Tableau II : coût approximatif des principaux examens d'imagerie.

Examen	Prix
Radiographie pulmonaire	26 €
Urographie Intraveineuse	105 €
Scanner (1région)	140 €
IRM	315 €
Échographie	30 à 50 €
Scintigraphie osseuse	300 €
Scintigraphie TEP	1 220 €

IV. Conclusion

Le premier élément du choix d'une technique d'imagerie est la performance de l'examen pour explorer une région anatomique donnée et répondre à une question précise. Le médecin demandeur sera assisté dans ce choix par l'usage du guide des examens d'imagerie, qui jouera un rôle essentiel dans la justification pour ce qui concerne les examens utilisant les rayonnements ionisants. Les autres éléments sont les contre indications éventuelles de certains examens, leur accessibilité et leur coût.