radiothérapie, imagerie : le nucléaire en milieu médical

publié le 25.09.12

la radiologie est fondée sur le principe de l'atténuation différentielle des rayons x par les organes et tissus du corps humain. le radiodiagnostic, la plus ancienne des applications médicales des rayonnements, est la discipline qui regroupe toutes les techniques d'exploration morphologique du corps humain utilisant les rayons x produits par des générateurs électriques.



figure 1 - accélérateur linéaire d'électrons utilisé en radiothérapie externe

auteur(s)/autrice(s) : autorité de sûreté nucléaire (asn)

1. de la radiothérapie...

1.1. radiothérapie externe et curiethérapie

la radiothérapie met en œuvre les rayonnements ionisants pour la destruction des cellules cancéreuses. les rayonnements ionisants nécessaires pour la réalisation des traitements sont soit produits par un générateur électrique soit émis par des radionucléides sous forme scellée. on distingue la radiothérapie externe (la source de rayonnement est placée à l'extérieur du patient) et la curiethérapie (la source est positionnée au plus près de la zone à traiter).

1.2. radiothérapie interne

la radiothérapie interne vectorisée vise à administrer un radiopharmaceutique qui va se fixer sur les cellules cancéreuses ou bénignes et les détruire grâce aux rayonnements ionisants qu'il émet. on parle alors de médecine nucléaire à visée thérapeutique.

c'est par exemple le cas du traitement de certains cancers thyroïdiens, après intervention chirurgicale, pour lequel est administré de l'iode 131.

2. ... à l'imagerie médicale

2.1. diagnostic in vivo



figure 2 - gamma-caméra

auteur(s)/autrice(s) : autorité de sûreté nucléaire (asn)

la médecine nucléaire utilise l'administration de médicaments radiopharmaceutiques pour visualiser le fonctionnement d'un organe (cœur, poumons, reins, vessie, organes digestifs, squelette, thyroïde…) ou tracer une fonction particulière (marquage des globules blancs pour rechercher une infection par exemple). l'examen obtenu s'appelle une scintigraphie.

la substance radioactive la plus couramment utilisée est le technétium 99m dont le rayonnement est détecté par une gamma-caméra (figure 2). le fluor 18 est de plus en plus souvent utilisé sous la forme d'un sucre, le fluor18-désoxyglucose (fdg), pour des examens en cancérologie. son utilisation nécessite la mise en œuvre d'un détecteur spécifique ou tomographe à émission de positons (tep).

les techniques actuelles permettent de réaliser des coupes de la répartition du radiopharmaceutique dans le corps humain et de superposer une image scintigraphique à une image structurelle pour la situer précisément en associant l'appareil de détection à un scanner essentiellement : on parle d'appareils hybrides (figure 3).

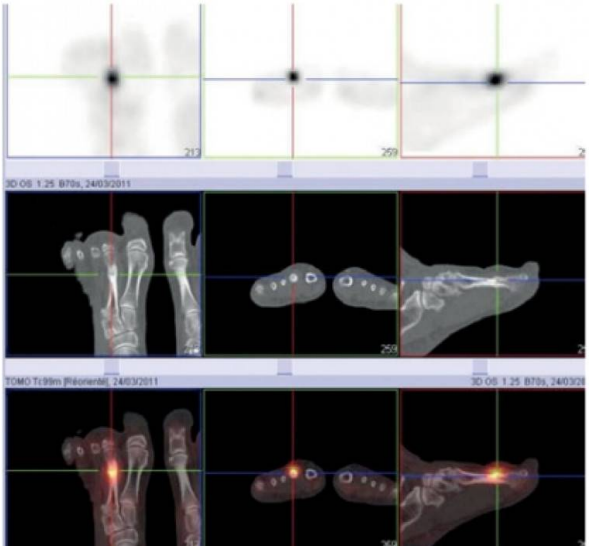


figure 3 - l'hyperfixation du traceur en tomoscintigraphie (ligne du haut) est corrélée avec les images correspondantes du scanner (ligne médiane) et une présentation des documents fusionnés est réalisée selon les différentes plans de l'espace.

auteur(s)/autrice(s) : autorité de sûreté nucléaire (asn)

2.2. radiologie

la radiologie est fondée sur le principe de l'atténuation différentielle des rayons x par les organes et tissus du corps humain. le radiodiagnostic, la plus ancienne des applications médicales des rayonnements, est la discipline qui regroupe toutes les techniques d'exploration morphologique du corps humain utilisant les rayons x produits par des générateurs électriques.



figure 4 - scanner

auteur(s)/autrice(s) : autorité de sûreté nucléaire (asn)

le radiodiagnostic comprend diverses spécialités (radiologie classique, mammographie, scanographie…). le scanner utilise les mêmes propriétés des rayonnements mais l'acquisition de l'image est réalisée par la rotation de la source autour du patient, combinée à un déplacement longitudinal, permettant après reconstruction informatique une imagerie du corps humain en coupe dans les trois plans de l'espace ou en volume.

2.3. radiologie interventionnelle

la radiologie interventionnelle désigne l'utilisation des rayonnements ionisants pour guider et contrôler des actes médicaux diagnostiques ou thérapeutiques et certains actes chirurgicaux (figure 5).



figure 5 - examen de radiologie interventionnelle, angiographie interventionnelle cérébrale

auteur(s)/autrice(s) : autorité de sûreté nucléaire (asn)

ainsi, l'imagerie, associée aux pratiques dites interventionnelles, permet d'accompagner, avec précision, des gestes thérapeutiques pour le bénéfice du patient (ex : pose de stent en cardiologie interventionnelle ou traitement des malformations artério-veineuses en neuroradiologie interventionnelle).

3. la radioprotection nécessaire des travailleurs ...

3.1. en radiothérapie



figure 6 - manipulation de sources radioactives pour une curiethérapie

auteur(s)/autrice(s) : autorité de sûreté nucléaire (asn)

les risques d'exposition sont liés :

- **en radiothérapie externe, à une exposition externe après un enfermement accidentel exceptionnel dans une salle de traitement ;**
- **en curiethérapie, à une exposition externe principalement des extrémités (mains) lors de la manipulation des sources scellées (figure 6). toutefois, les dispositifs automatiques de mise en place des sources a permis de diminuer considérablement cette exposition.**



figure 7 - préparation d'un produit radio-pharmaceutique

auteur(s)/autrice(s) : autorité de sûreté nucléaire (asn)

3.2. en médecine nucléaire

en médecine nucléaire, les principaux risques sont liés à la préparation et à la manipulation des radiopharmaceutiques : exposition externe, notamment au niveau des extrémités, et contamination interne accidentelle (figure 7). l'enjeu en radioprotection pour les personnels de santé est donc de minimiser l'exposition des mains lors de leur préparation et de leur administration.

3.3. en radiologie

en radiologie interventionnelle, les risques sont liés principalement à une exposition externe, notamment au niveau des extrémités.

par exemple, en salle d'opération de chirurgie vasculaire (réparation artérielle notamment), sont présents un médecin anesthésiste réanimateur, l'infirmière du bloc opératoire, le chirurgien et son aide. la radioprotection de l'anesthésiste et de l'infirmière est assurée par une protection individuelle (tablier plombé, cache thyroïde) et une protection collective par une porte mobile transparente. l'opérateur, souvent proche du faisceau, et son aide sont exposés de façon plus importante aux rayonnements directs et diffusés. la protection utilise le tablier de plomb, un bas-volet plombé fixé à la table et des lunettes plombées (figure 8). l'utilisation de gants atténuateurs est controversée et difficilement applicable dans ces techniques nécessitant une gestuelle très précise.

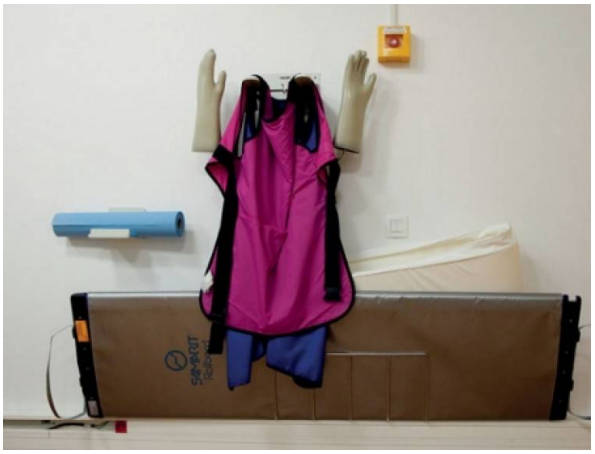


figure 8 - cache thyroïde, porte mobile et tablier plombé

auteur(s)/autrice(s) : autorité de sûreté nucléaire (asn)

4. ... et des patients

4.1. en radiothérapie

c’est en radiothérapie externe que les enjeux de radioprotection sont les plus importants compte tenu des doses délivrées.

la dose de rayonnements ionisants délivrée doit en effet être maximale sur la tumeur et la plus faible possible sur les tissus sains environnants.

une erreur de délivrance peut conduire à une surexposition d’un volume sain ou à une sous exposition d’un volume à traiter.

4.2. en médecine nucléaire

l’enjeu essentiel est l’optimisation de la dose reçue par le patient.

dans le cas d’examens réalisés à l’aide d’une machine couplée à un scanner, l’optimisation de la dose délivrée doit porter également sur la dose due à l’acquisition des images scanner.

plus rarement une erreur peut survenir lors de l’administration d’un radiopharmaceutique.

4.3. en radiologie

en france, entre 2002 et 2007, la dose efficace moyenne due aux actes diagnostiques a augmenté d'environ 50 % (de 0,83 à 1,3 msv par an et par habitant selon le rapport irsn-invs 2010).

l’augmentation de l’utilisation de la scanographie et la répétition d’examens constituent deux enjeux de radioprotection, une personne sur quatre ayant un examen irradiant par an.

du fait des procédures diagnostiques ou thérapeutiques qui peuvent nécessiter l’utilisation de nombreuses images radiologiques, la radiologie interventionnelle est une spécialité pour laquelle les doses délivrées à la peau des patients peuvent être importantes.

ainsi, dans des cas exceptionnels – associant pathologie complexe, intervention chirurgicale longue et surveillance délicate de la dosimétrie –, des brûlures peuvent apparaître quelques dizaines de jours après la procédure du fait d'une surexposition au rayonnement (figure 9).



figure 9 - etat des lésions cutanées à 58 (gauche) et 67 jours (droite) de l’exposition

auteur(s)/autrice(s) : autorité de sûreté nucléaire (asn)

5. ressources en ligne

pour plus de renseignements, n'hésitez pas à consulter le site de l'autorité de sûreté nucléaire : www.asn.fr

en particulier,

[1] la revue *contrôle* n°192 (parution du 6 juillet 2011) : imagerie médicale - maîtriser les expositions aux rayonnements ionisants.

CRÉDITS

MISE EN LIGNE

nicolas lévy

professeur agrégé de chimie, responsable du centre de préparation à l'agrégation externe de chimie (école normale supérieure de paris - sorbonne université - université paris-saclay), responsable éditorial de culturesciences-chimie de 2008 à 2014.

PARTENAIRE(S)

l'autorité de sûreté nucléaire (asn) est une autorité administrative française qui assure, au nom de l'état, les missions de contrôle de la sûreté nucléaire, de la radioprotection en france et de l'information des citoyens.

asn