DES RAYONS POUR SOIGNER

ASN/C. Dupont

© ASN et IRSN — sous la direction de : Geneviève Baumont, Emmanuel Bouchot, Olivier Jaray
Conception : Âme en science, La-fabrique-créative, Phélizon consultant — Illustrations 3D : B2 infographie — Dessin de la mascotte : Thomas Cabellic
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASN/IRSN

asn AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

IRSN INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE
Faire avancer la sûreté nucléaire

8 | 1+

LA RADIOACTIVITÉ À L´HÔPITAL

Les rayonnements et la radioactivité sont utilisés pour IDENTIFIER UNE MALADIE OU LA SOIGNER. Des précautions doivent être prises afin que les bénéfices soient supérieurs aux risques.

Diagnostiquer

Les rayons X et gamma permettent de voir à l'intérieur du corps humain sans avoir besoin d'opérer. On appelle cela l'imagerie médicale.

Imagerie par transmission...

On place le patient entre une source de rayonnements et un détecteur. C'est le cas des radios classiques et des scanners, nés avec des rayons X. Les rayons sont plus ou moins absorbés par les parties du corps traversées. Les tumeurs, fractures ou infections laissent des traces spécifiques que les médecins savent reconnaître.

© Fotolia / Pierre Jean Durieux

... ou par émission

On injecte au patient une substance radioactive (un radiotraceur) qui va jusqu'à une zone spécifique du corps. Des détecteurs placés autour de la zone du corps, à l'extérieur, lui rapporte ensuite des rayons captés par une caméra. C'est le cas de la scintigraphie.

© Fotolia / Pierre Jean Durieux

© Fotolia / Pierre Jean Durieux

© Fotolia / Pierre Jean Durieux

© Fotolia / Pierre Jean Durieux

Diagnostic

Lieu de production

Thérapie

Lieu de stockage des déchets

Les implantations sont fictives

Traiter

On peut utiliser les rayonnements directement pour soigner. L'irradiation a alors pour but de détruire une tumeur cancéreuse par exemple, tout en épargnant les tissus sains. On appelle ce procédé la radiothérapie.

En débat

Des rayons pas plus que de raison

La radiologie c'est un peu comme les antibiotiques. Ce ne doit pas être automatique. Les professionnels de santé doivent veiller à ne pas recourir systématiquement aux rayonnements ionisants lorsqu'il existe des solutions alternatives, par exemple l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou l'échographie, qui ne présentent pas de risques. La France dispose de moins de 10 IRM par million d'habitants, alors que la moyenne en Europe est proche de 20.

Chaque année, des dizaines de millions de radiographies et de scanners sont réalisés en France et près de 200 000 personnes sont traitées par radiothérapie. Aujourd'hui, la moitié des personnes atteintes d'un cancer survit. L'utilisation des rayonnements ionisants dans le domaine médical a une réelle efficacité.

Les rayonnements peuvent blesser mais, utilisés avec précaution, ils peuvent révéler des maladies et les soigner.

DIAGNOSTIQUER

Pour révéler l'intérieur d'un corps, on peut y INTRODUIRE de la radioactivité ou bien l'EXPOSER TEMPORAIREMENT à des rayons. Il faut cependant bien maîtriser les doses.

Imagerie par émission

On injecte au patient un produit radioactif, appelé traceur. On choisit ce traceur pour qu'il aille se fixer sur l'organe à étudier. Comme une lampe dans l'obscurité, les rayons émis par le traceur permettent d'obtenir une image de l'organe à l'intérieur du corps. Pour cela, on utilise des produits qui perdent leur radioactivité rapidement: il faut injecter le minimum de radioactivité nécessaire pour que le patient soit le moins exposé possible.

Exemples de techniques:

Scintigraphie conventionnelle ou TEMP (Tomographie d'émission monophotonique)
Exemple de diagnostic: **thyroïde**
Traceur: **iode 123 ou technétium 99m**
Rayons émis: **gamma**
Dose moyenne: **4 mSv**

Kim Ashley/Image Source/Corbis

Mark Harmel/Corbis

TEP (Tomographie à émission de positon)
Exemple de diagnostic: **diagnostic cérébral, maladie d'Alzheimer.**
Traceur: **un analogue du glucose marqué avec du fluor 18.**
Dose moyenne: **7 mSv**

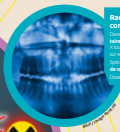
Erica Rabkin/Image Source/Corbis

Imagerie par transmission

On irradie directement le patient avec des rayons X. En plaçant un détecteur derrière le patient, on peut dresser une carte de l'intérieur de son corps. Plus un tissu est dense, plus il atténue les rayons. Ainsi les os et les tumeurs apparaissent clairement.

Exemples de techniques:

Radiographie conventionnelle
Dans le **panoramique dentaire** la source de rayons X tourne autour de la tête sur environ 120°.
Spécificité: **source de rayons X fixe**
Dose moyenne: **0,02 mSv**


Alain Pavie/Image Source/Corbis

Scanner
Exemple de diagnostic: **scanner thoracique**
Spécificité: **source de rayons X mobile. Permet une radio par tranche et une reconstruction 3D.**
Dose moyenne [Scanner thoracique]: **5 à 10 mSv**

Alain Pavie/Image Source/Corbis

Ostéodensitométrie
Exemple de diagnostic: **hanche**
Spécificité: **deux sources de rayons X. Permet une mesure du contenu minéral osseux et de la densité osseuse.**
Dose moyenne: **0,001 mSv**

Mark Lewis/Alamy/Corbis

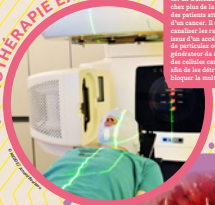
Les rayons peuvent servir de lampe pour révéler l'intérieur du corps. Mais attention à ne pas en abuser: il faut limiter les examens et la dose reçue.

8 | 3+

TRAITER

Le POUVOIR DESTRUCTEUR des rayonnements est utilisé pour traiter des tumeurs.

RADIOTHÉRAPIE EXTERNE



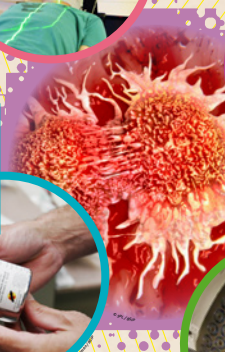
© Agence Photo Sipa

La radiothérapie est un traitement utilisé chez plus de la moitié des patients atteints d'un cancer. Il consiste à canaliser les rayonnements issus d'un accélérateur de particules ou d'un générateur de rayons X sur des cellules cancéreuses, afin de les détruire ou d'en bloquer la multiplication.

CURIETHÉRAPIE

© Agence Photo Sipa

En curiethérapie, une source radioactive est placée temporairement ou de façon permanente à l'intérieur du patient. La source délivre alors localement des rayons sur la tumeur à soigner. La curiethérapie est couramment utilisée pour traiter le cancer du col de l'utérus, de la prostate, du sein et de la peau. La source ne reste au place de façon permanente que dans le cas du cancer de la prostate.



RADIOTHÉRAPIE MÉTABOLIQUE

© Agence Photo Sipa

En radiothérapie métabolique, on injecte au patient un produit radioactif qui va se fixer sur l'organe cible. La technique est similaire à la scintigraphie. On utilise des substances permettant d'irradier au plus près les cellules malades, en évitant au maximum que les rayonnements n'atteignent les cellules saines.

RADIOCHIRURGIE

© Agence Photo Sipa

La radiochirurgie est une technique récente qui utilise des rayonnements très énergétiques et ultra-précis, à la façon d'un scalpel immatériel, pour détruire une tumeur. La précision est plus grande qu'en radiothérapie classique. Parmi ces appareils on trouve la Gamma Knife, le Cyberknife et les collimateurs multilames. Ces appareils sont encore peu répandus. Il n'y avait que 4 Gamma Knife en France en 2012.

En débat

Bienfaits et dangers de la radiothérapie ?

La radiothérapie est réellement efficace. Près de 200 000 personnes sont traitées chaque année. Aujourd'hui, la moitié des patients atteints d'un cancer est en rémission. Des protocoles très précis permettent de concentrer l'irradiation sur la tumeur, pour éviter l'apparition de cancers secondaires. On fractionne la dose en plusieurs séances et l'irradiation se fait selon différents angles. Des progrès considérables ont été accomplis dans ce domaine ces dernières années.

La radiothérapie utilise des rayonnements puissants. Il existe donc toujours un risque de provoquer des lésions voire un cancer secondaire si l'on irradie les tissus sains et les organes avoisinant la tumeur, qui peuvent être des organes à risque.

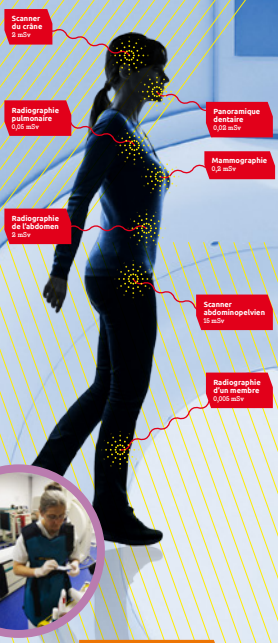
Les rayonnements peuvent être utilisés comme une sorte de laser : ils sont capables d'atteindre et de détruire des tumeurs à l'intérieur du corps.

IMAGERIE MÉDICALE
LIMITER LES DOSES

Attention à la multiplication des examens non justifiés.

Prudence avec les radiographies et les scanners

Bien qu'ils soient utilisés à des fins thérapeutiques, les rayonnements présentent des risques et doivent être utilisés avec précaution. Quelques conseils :



De votre côté

Les rayons X, ce n'est pas automatiq

Ne demandez pas une radiographie ou un scanner à votre médecin juste pour vous rassurer. Seul votre médecin peut juger de l'intérêt de réaliser un tel examen.
De plus, demandez à votre médecin pourquoi, dans votre cas, une radio ou un scanner est préférable à un examen d'imagerie n'utilisant pas les rayons X, comme l'échographie ou l'IRM.

Soyez vigilants

Conservez et apportez vos clichés et comptes rendus d'examens. S'ils sont récents, vous n'aurez peut-être pas besoin de les refaire.
De plus, veillez à ce que la dose de rayonnement reçue lors de l'examen figure dans votre compte rendu, pour un meilleur suivi.

Attention aux plus jeunes

Parce que leurs organes sont en croissance, les enfants sont plus sensibles aux rayons X que les adultes. Il convient donc d'être particulièrement attentif aux plus jeunes et aux femmes enceintes.

Du côté du personnel soignant

Minimiser le temps d'exposition

Ne pas rester dans la salle quand un cliché radiologique est réalisé.

Se protéger

Utiliser des protections individuelles qui absorbent les rayons : port de tabliers plombés, de lunettes plombées et de cache-thyroïde, utilisation de paravents plombés mobiles.

Augmenter la distance

En multipliant par 2 la distance, on divise par 4 la dose reçue. Exemple pratique : utiliser des pinces pour manipuler les sources radioactives.

© BSIP/SPL

Augmentation des doses

Partout dans le monde, on a de plus en plus recours à l'imagerie médicale (scanners).
La France n'y échappe pas : entre 2002 et 2007, la dose moyenne reçue en raison d'examens médicaux a augmenté de 57 % selon les études de l'IRSN. Si le recours à une imagerie de plus en plus performante apporte un bénéfice pour les patients, il faut néanmoins rester vigilant !

La radioactivité et les rayonnements utilisés en médecine, c'est comme les médicaments : si on ne veut pas d'effets secondaires, il faut optimiser les doses.

EXPOSITION DES FRANÇAIS LIÉE AUX DIAGNOSTICS
www.irsn.fr/exposf

ANALYSE DES DOSES REÇUES EN FRANCE PAR LES PATIENTS
www.irsn.fr/NRD-Adeli/

8 | 5+

RADIOTHÉRAPIE
MAÎTRISER LES RISQUES

Des compétences, des protocoles, des appareils très surveillés.

Radiothérapie : la bonne conduite

Maîtriser le rapport bénéfice/risque

Dans le cadre d'une radiothérapie, le médecin doit doser le traitement pour avoir à la fois :

- le maximum de chance de détruire définitivement la tumeur. C'est la notion de dose de contrôle tumoral.
- le minimum de risque de provoquer des complications ou cancers secondaires. C'est la notion de dose de tolérance.

Si l'on minimise la dose prescrite, on protège les tissus sains mais on prend le risque que le patient ne soit pas soigné (sous-irradiation). Inversement, si l'on prescrit une dose trop forte, on augmente l'efficacité du traitement mais on prend le risque de générer des effets secondaires indésirables. L'objectif est donc de trouver un compromis entre la qualité du traitement et les effets secondaires. L'ASN contrôle régulièrement l'ensemble des centres de radiothérapie, elle est particulièrement attentive aux facteurs humains et organisationnels. L'ASN sensibilise les professionnels avec des publications et des formations.

Espacer les doses

Le médecin doit répartir la dose sur plusieurs séances pour permettre aux tissus sains de se régénérer.

Maîtriser la technologie

Le réglage et la maintenance des appareils doivent être réalisés avec rigueur.

Les chiffres des cancers détectés

Le nombre de cancers a augmenté depuis une trentaine d'années. Cette augmentation est notamment due au vieillissement de la population et à l'évolution des techniques de diagnostic (figure 1). La mortalité par cancer a cependant baissé, du fait de l'évolution des techniques médicales (figure 2).

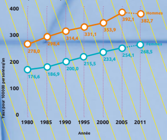
L'espérance de survie à 5 ans à la suite d'un cancer reste très inégale aujourd'hui. Certains cancers sont très bien soignés, comme le cancer de la prostate, mais d'autres sont mortels pour plus de 8 patients sur 10, comme le cancer du poumon.

Près de 200 000 patients sont traités en radiothérapie chaque année en France.

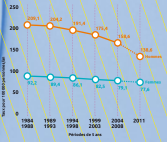
Irradié mais pas contaminé !

Lorsque le patient est irradié par des rayons en salle de traitement, une fois la séance terminée, il n'emporte aucune radioactivité avec lui. Son entourage ne court aucun risque.

Évolution de l'incidence des cancers de 1980 à 2005 selon le sexe. Projections pour l'année 2011. (source INCA)



Évolution de la mortalité observée par cancer de 1984-1988 à 2004-2008 selon le sexe. Projections pour l'année 2011. (source INCA)



LE GUIDE DU PATIENT
http://www.e-cancer.fr/Expertises-et-publications/Catalogue-des-publications/Collections/Guides-patients

LES EFFETS SECONDAIRES TARDIFS
http://www.e-cancer.fr/Patients-et-proches/Se-faire-soigner/Traitements/Radiotherapie/Effets-secondaires/Effets-secondaires-tardifs

Avec un scanner ou une radio on éclaire le patient avec des rayons pour faire un diagnostic.

En radiothérapie, on utilise des rayonnements plus intenses, pour détruire la tumeur cancéreuse. La dose reçue est donc bien plus importante.

8 | 6+

LES ACCIDENTS DE RADIOTHÉRAPIE

Des erreurs de positionnement et de dosage ont déjà été commises en radiothérapie en France et dans le monde. Les CONTRÔLES doivent être réguliers et le RETOUR D'EXPÉRIENCE pris en compte.

Les irradiations radio remoulent sur le mélanos toutes...

Accident d'Épinal 2004/2005

Entre mai 2004 et août 2005 au centre hospitalier Jean-Monnet d'Épinal (Vosges), 24 patients traités pour un cancer de la prostate ont reçu une dose trop importante à cause d'une mauvaise utilisation du logiciel de planification du traitement. Certains sont décédés des suites de cette surexposition. 5 ont appris lors de l'angoisse que d'autres dysfonctionnements avaient causé la surexposition de 1 000 patients.

Accident de Toulouse 2006/2007

Entre avril 2006 et avril 2007, des erreurs d'étalonnage de l'appareil de radiothérapie du CHU de Toulouse ont entraîné la surexposition de 145 patients. Certains ont subi des complications neurologiques graves à la suite de l'irradiation.

145 malades irradiés à l'Hôtel-Dieu de Toulouse

Une échelle de classement

L'échelle ASN-SFRO permet de mesurer la gravité des événements en radiothérapie : erreur de positionnement du patient, erreur de dose...

Les inspecteurs de l'ASN et les experts de l'IRSN

Utilisation de substances radioactives et de rayonnements à l'hôpital engendre un risque qu'il faut maîtriser. D'où l'IRSN réalisant dans les contrôles et les expertises dans l'intérêt des patients comme du personnel soignant.

Les enseignements du passé

À la suite des accidents graves d'Épinal et de Toulouse, les pouvoirs publics ont pris des mesures drastiques :

- les 178 centres de radiothérapie privés et publics ont vu leurs pratiques examinées à la loupe. Ceux qui ne respectaient pas les exigences ont dû fusionner ou fermer.
- des physiciens médicaux supplémentaires, spécialisés dans la gestion des rayonnements et des appareils associés ont été recrutés.
- le parc de matériel a été renouvelé puisque près de 60 % des appareils en service aujourd'hui ont moins de dix ans.
- l'obligation de suivre les patients pendant 5 ans après la fin des traitements.
- l'obligation de déclarer à l'ASN tout incident ou accident.
- l'obligation pour les centres de formaliser les pratiques (assurance qualité).
- l'obligation pour les centres d'analyser tout dysfonctionnement y compris ceux sans gravité.

LES PRODUITS UTILISÉS

De nombreuses substances radioactives sont utilisées à l'hôpital. Elles ont chacune des SPÉCIFICITÉS qui les rendent EFFICACES pour des organes particuliers.

GALLIUM 67
(injection)

Demi-vie : 3,26 jours

Le gallium 67 est un isotope du gallium qui mime le métabolisme du fer. Il est utile pour imager la fonction de la moelle osseuse et pour la recherche de certaines infections ou maladies inflammatoires.

FLUOR 18
(injection)

Demi-vie : 109 minutes

Il est utilisé en imagerie médicale. Ses rayonnements ont un faible parcours dans le corps et permettent une image précise. Sa demi-vie est très courte, moins de 2 heures, ce qui limite la contamination et l'exposition du patient.

Il est essentiellement utilisé en oncologie.

THALLIUM 201
(injection)

Demi-vie : 3 jours

Le thallium 201 est un isotope radioactif utilisé en scintigraphie cardiaque. Longtemps utilisé, il tend à être délaissé au profit de marqueurs plus récents.

IODE 123
(injection)

Demi-vie : 13 heures

L'iode 123 est un isotope de l'iode utilisé pour étudier la thyroïde car il se fixe naturellement sur celle-ci. Ses radiations riches en photons gamma de faible énergie et sa demi-vie courte en font un agent bien adapté à l'imagerie.

YTTRIUM 90
(injection / radiothérapie)

Demi-vie : 2,5 jours

L'yttrium 90 est utilisé en radiothérapie. Il est injecté au patient sous forme de microsphères pour soigner principalement le cancer du foie. Les microsphères en résine vont se fixer dans les capillaires du foie et ceux irrigant la tumeur à détruire.

TECHNÉTIUM 99M
(injection)

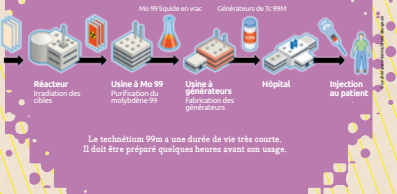
Demi-vie : 6 heures

Le technétium 99m est le produit le plus utilisé en imagerie médicale. Associé à différentes molécules, il permet l'exploration d'un nombre important d'organes (thyroïde, os, cœur, reins, poumons…).

Sa demi-vie est assez longue pour suivre les processus physiologiques, mais assez courte pour limiter l'irradiation du patient.

L'énergie de son rayonnement est idéale : suffisante pour traverser les tissus vivants et pour pouvoir être détectée commodément mais assez faible pour limiter l'exposition du patient.

Fabriquer le technétium 99m



Le technétium 99m a une durée de vie très courte. Il doit être préparé quelques heures avant son usage.

Demi-vie

SAMARIUM 153
(injection / radiothérapie)

Demi-vie : 46,8 heures

Le samarium 153 est utilisé en radiothérapie symptomatique, principalement pour soulager les douleurs dues aux métastases osseuses d'un cancer.

INDIUM 111
(injection)

Demi-vie : 2,8 jours

Un traceur marqué à l'indium peut être injecté afin d'imager la production, la migration et la réabsorption du liquide céphalo-rachidien.

On peut aussi utiliser le traceur à l'indium joint aux globules blancs du patient pour rechercher une infection.

L'IODE 131
(gélule / radiothérapie)

Demi-vie : 8,02 jours

L'iode 131 est un autre isotope de l'iode. Ses radiations riches en particules bêta et sa demi-vie relativement longue en font un élément dédié au traitement des pathologies thyroïdiennes. On l'utilise pour l'ablation de nodules thyroïdiens hyperactifs, pour le traitement de certaines formes d'hyperthyroïdie et pour la recherche et l'ablation de tumeurs thyroïdiennes.

Les substances radioactives utilisées en médecine perdent rapidement leur radioactivité. On ne veut pas que les patients restent longtemps porteurs de radioactivité !

POUR TÉLÉCHARGER LES FICHES DE CES PRODUITS

http://www.cea.fr/fr/professionnels/centre-documentation/pages/guides-exposition.aspx