

QUE FAUT-IL SAVOIR EN RADIOPROTECTION.

Jean-Xavier Mazoit

Département d'Anesthésie-réanimation, Hôpitaux Universitaires Paris-Sud, AHP et

Laboratoire d'Anesthésie UMR788 Université Paris-Sud

jean-xavier.mazoit@u-psud.fr

Titre courant: Radioprotection

POINTS ESSENTIELS

- Il faut se souvenir que lorsque les rayons frappent leur cible, ils produisent des rayons diffusés qui se dirigent dans tous les sens, et même en arrière.
- On oublie toujours de protéger deux organes très sensibles, le sein et l'oeil (cataracte).
- Une radiographie de thorax au lit irradie le patient (la dose délivrée équivaut à 15 jours de rayonnement naturel), mais aussi l'environnement.
- La meilleure protection en salle de radiologie interventionnelle est la surveillance à distance au travers d'une vitre plombée.
- Lorsque l'on est dans la salle, il faut porter des lunettes de protection en complément.

INTRODUCTION

L'attitude des intervenants de la chaîne de soin vis-à-vis des "rayons" est toujours étonnante. Cela va de la phobie excessive des rayons à l'ignorance totale des risques. Cette dernière attitude est très fréquente, en particulier chez les personnels d'anesthésie ou de réanimation. En fait, le patient et le radiologue sont l'objet de toutes les attentions alors que les personnels qui gravitent autour courent parfois un risque supérieur.

Je parlerai donc assez peu de la protection des patients, encore que la radio de thorax en réanimation est un exemple flagrant de la banalisation des examens irradiants. J'envisagerai deux situations: 1) la situation qui me semble plus à risque, le bloc opératoire et la SSPI/réanimation, 2) la salle de radiologie interventionnelle.

PETIT RAPPEL DE BASES PHYSIQUES

Les rayonnements ionisants

À chaque instant des particules de grande énergie nous traversent sans que ces particules comme les neutrinos représentent un risque. Le risque est lié au caractère ionisant des particules, en l'occurrence les rayons X. Le caractère ionisant est lié au fait que la particule interagit avec la matière, d'abord l'air, mais aussi la matière vivante. Ainsi, c'est la capacité à ioniser l'air qui est à la base de la notion d'exposition. Ce que l'on mesure, c'est l'interaction entre les particules (ici les photons X) et la matière, et en premier lieu, l'air.

Définitions

L'**activité** est le nombre de désintégrations par seconde. L'unité en est le becquerel: $1 \text{ Bq} = 1$ désintégration / seconde. L'ancienne unité, la curie est un multiple: $1 \text{ Ci} = 37 \times 10^9 \text{ Bq}$.

La **dose** est l'énergie absorbée par unité de masse de matière. L'unité est le gray (Gy). $1 \text{ Gy} = 1$ joule / kg. L'ancienne unité est le rad, $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.

La **dose efficace** est l'indicateur de risque global. Cette unité permet de donner une évaluation de l'impact sur l'homme par l'inclusion de 2 facteurs de pondération, la nature du rayonnement et la nature de la matière absorbante. Son unité est le sievert (Sv). L'ancienne unité est le rem. $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$.

$1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy} * \text{WR} * \text{WT}$. WR est le facteur de pondération qui considère la nature du rayonnement, 1 pour les rayons X. WT est le facteur de pondération qui considère l'effet sur la matière absorbante. WT est assez mal évalué, il fait l'objet d'une norme officielle, mais celle-ci varie en permanence ce qui montre notre ignorance relative quant à sa vraie valeur. On donne actuellement comme facteur 0,04 pour la thyroïde, 0,08 pour les gonades, 0,12 pour la moelle osseuse, le poumon ou le sein par exemple. En pratique, on utilise le milli sievert. Ainsi, l'irradiation naturelle annuelle à Paris est de 2,5 mSv, celle d'une radio de thorax au lit est de 0,08 à 0,1 mSv soit 10 à 15 jours d'irradiation naturelle. Le principe est que le public (les femmes enceintes en font partie, même si elles travaillent dans un milieu à risque) n'ait pas une irradiation de 1 mSv/an supplémentaire par rapport à l'irradiation naturelle.

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS

Les effets les plus importants résultent de la création de radicaux libres qui conduisent à la dénaturation de l'ADN. L'ADN se répare naturellement (il existe des enzymes spécialisées), mais il existe un taux d'échec important. Une mauvaise réparation conduit à des mutations, elles-mêmes génératrices de cancer radio-induit ou d'effets tératogènes. On sépare (assez artificiellement) les effets biologiques en effets déterministes et effets stochastiques. Les effets déterministes surviennent à coup sûr et dépendent de la dose avec un seuil. L'effet tératogène sur l'embryon est un effet déterministe. Les effets stochastiques ou aléatoires ont une survenue liée au hasard. Les effets carcinogènes sont des effets aléatoires. Cette distinction est artificielle, mais elle a l'avantage de permettre de se repérer en première approximation. Je ne parlerai pas du débat faibles doses/fortes doses qui sort du cadre de cet exposé.

Risque pour les patients

L'irradiation d'origine médicale représente environ 30 % de l'irradiation totale de la population. Encore une fois, ceci ne veut rien dire, car on ne peut comparer un sujet sain ASA 1 de 20 ans et le même, polytraumatisé, ayant subi un scanner corps entier, une embolisation pelvienne et une embolisation pour un traumatisme de la face ainsi que la pose d'une prothèse pour rupture de l'isthme aortique.

Ordre de grandeur des doses reçues

Scanner abdominal 10-20 mSv, Scanner thoracique 10, thorax au lit 0,08 mSv. Une radio de thorax au lit par jour pendant 30 jours donne 1 an d'irradiation naturelle. Ce sont les examens cardiaques qui donnent les plus fortes irradiations, ce d'autant qu'ils sont souvent répétés. Une simple scintigraphie myocardique au technetium 99 donne 10 à 20 mSv, soit environ 200 radiographies de thorax au lit. Pour ce qui est du vasculaire interventionnel les doses peuvent être considérables pour le patient : embolisation utérine pour hémorragie du post-partum 40-60 mSv, pose d'un stent cardiaque 15 mSv, artériographie cérébrale diagnostique 5 mSv, embolisation d'un anévrisme cérébral 10 à 30 mSv. Les évaluations les plus pessimistes estiment par exemple qu'un coroscan conduit à un risque de cancer du sein chez une femme jeune de 1/143 (1). Un autre organe sensible est le cristallin. Ce sont ces deux organes qu'il convient de protéger en premier lieu chez les personnels de la chaîne de soin.

Que se passe-t-il autour de l'appareil de radiologie en terme physique ?

Les rayons X sortent du tube générateur selon un faisceau étroit focalisé sur la cible. Un blindage et des filtres empêchent la diffusion dans des directions non souhaitées et arrêtent les rayons trop « mous ». Une partie des rayons sont arrêtés par la cible, les autres sont détectés pour former l'image. Une partie des rayons est déviée par effet Compton (diffusion d'un photon sur un électron). Le rayon X dévié de sa trajectoire perd de l'énergie. Il va irradier des zones latérales et l'environnement dans la salle de radiologie. L'atténuation des rayons X par la matière se fait selon une fonction exponentielle. Ainsi, de façon analogue à une demi-vie en biologie, il faut doubler l'épaisseur d'un tablier de plomb pour que le nombre de rayons le traversant diminue de moitié. On parle ainsi de demi-atténuation. Dans l'air, très rapidement aux énergies délivrées, l'atténuation est quasiment négligeable. Seule la dispersion du rayon va diminuer la densité de photons. En effet, la section du faisceau est proportionnelle au carré de la distance à la source, mais attention, aux faibles distances cela signifie seulement que l'irradiation sera répartie sur une surface corporelle plus grande. Le rayonnement diffusé produit par effet Compton est environ 1000 fois moins irradiant que le rayonnement primaire et il est vite arrêté, mais il est plus sournois, car il est vite arrêté en totalité par les couches superficielles des tissus et surtout parce qu'il diffuse dans tous les sens, même en arrière (rétrodiffusé).

RÉGLEMENTATION.

Pour le corps entier, la dose efficace totale ne doit pas dépasser 20 mSv/an. La dose maximum cristallin est de 150 mSv/an ce qui semble trop laxiste. Pour la femme enceinte, comme pour le public, elle est de 1 mSv/an. Dès qu'une femme est enceinte, elle doit le signaler et elle doit être retirée des lieux où elle est susceptible d'être irradiée.

Classification des personnels

Cette classification est très hypocrite car totalement dichotomique:

- Catégorie A personnes susceptibles de recevoir une dose $>$ à 6 mSv/an (en pratique, les radiologues ou les cardiologues interventionnels).
- Catégorie B personnes susceptibles de recevoir une dose entre 1 et 6 mSv/an (vous qui travaillez en fait autour du radiologue).

Classification des zones de travail

Zone surveillée si la dose efficace susceptible d'être délivrée est comprise entre 1 et 6 mSv/an. Elle nécessite le port d'un dosimètre passif.

Zones contrôlées. Ces zones sont repérées par un sigle (trèfle de couleur).

La zone verte (dose efficace comprise entre 6 et 20 mSv/an ou dose équivalente supérieure aux 3/10^e des limites/organe (45 mSv pour le cristallin, 150 mSv pour les mains). Dans cette zone ne sont autorisés que les personnels de catégorie A. Ceux de catégorie B sont autorisés s'ils y séjournent occasionnellement et si leur exposition ne peut atteindre les 3/10 d'une des limites de dose.

Au-delà, il s'agit des zones jaune, orange et rouge (cette dernière est une zone interdite). Seuls les radiologues peuvent théoriquement y accéder.

En fait, dès que l'on est susceptible d'entrer dans une zone contrôlée, on doit porter un dosimètre opérationnel en plus du dosimètre passif individuel.

Qui est responsable de la surveillance ? Dans tout établissement, il existe une personne compétente en radioprotection (PCR). C'est cette personne qui vous embête en vous rappelant les normes de sécurité. C'est à elle qu'il faut vous adresser si vous avez un doute. Elle n'est pas là pour vous gêner, mais elle est efficace vis-à-vis de l'administration.

COMMENT SE PROTÉGER

Contrairement à ce que l'on croit, le radiologue est mieux protégé que le manipulateur ou l'anesthésiste. Une étude récente a montré que l'anesthésiste subissait une irradiation 3 fois plus importante que le radiologue au cours des examens neuroradiologiques (2,3). Les deux organes à protéger en premier lieu, car on les oublie, sont le sein et l'oeil (risque de cataracte). Les appareils portatifs sont dangereux car peu puissants. Plus l'énergie est importante, plus la dose est réduite, aussi bien le primaire que le diffusé (l'effet Compton est inversement proportionnel à l'énergie des rayons).

Les règles de bon sens sont les premières à mettre en œuvre. N'hésitez pas à faire appel au PCR.

Au bloc opératoire, il faut s'éloigner (au besoin sortir temporairement de la salle). Si ce n'est pas possible, il faut porter des protections. Ces protections doivent être récentes, en bon état, en nombre suffisant. Un tablier de plomb doit protéger le dos et latéralement les seins. Le protège thyroïde doit être porté en plus.

En général (bloc et salle de radiologie interventionnelle), lorsque le faisceau est horizontal, il vaut mieux tenir du côté de l'ampli. Il est préférable de se trouver face au tube (les rayons primaires sont arrêtés par l'ampli et le patient): -> Il faut regarder le tube.

En salle d'interventionnel, le mieux est d'avoir une surveillance à distance pour l'équipe d'anesthésie. La surveillance se fait alors au travers de vitres plombées permettant une large vision, avec un interphone pour le report des signaux et alarmes auditifs (bip, SpO₂...) et la communication avec le radiologue. Lorsque l'on entre dans la salle, il est indispensable de porter des lunettes ou mieux une visière plombée et plus du tablier. En effet, le risque de cataracte est majeur. Théoriquement, il vous faudrait aussi un dosimètre opérationnel, car l'accès à une voie veineuse ou à une sonde d'intubation se fait en zone critique et n'oubliez pas que, lorsque vous êtes dans la salle vous êtes beaucoup plus exposé que le radiologue.

RÉFÉRENCES

1. Hurwitz LM, Reiman RE, Yoshizumi TT, Goodman PC, Toncheva G, Nguyen G, Lowry C. Radiation dose from contemporary cardiothoracic multidetector ct protocols with an anthropomorphic female phantom: implications for cancer induction. *Radiology* 2007;245:742-50.
2. Amis ES, Jr. Anesthesiologists in the neurointerventional suite: what is appropriate radiation protection? *Anesthesiology* 2011;114:477-8.
3. Anastasian ZH, Strozyk D, Meyers PM, Wang S, Berman MF. Radiation exposure of the anesthesiologist in the neurointerventional suite. *Anesthesiology* 2011;114:512-20.

Pour votre culture:

http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/149.pdf

Guide de l'utilisateur : <http://dosimetre.irsn.fr>