

Titre : Caractérisation dosimétrique et radiopathologique des lésions radio-induites lors de surexpositions accidentelles aux rayons X : impact de la qualité du rayonnement.

Mots clés : Dosimétrie, Radiobiologie, Accident radiologique, Radiopathologie, Modélisation Monte Carlo.

Résumé : Depuis la découverte des rayons X par Röntgen en 1895, leurs applications n'ont cessé de se développer, notamment en industrie, imagerie médicale ou en radiothérapie. Cependant, le manque initial de connaissances a rapidement mené aux premières surexpositions conduisant à l'apparition d'effets indésirables. Lorsque l'exposition est localisée, les effets vont de l'épidermite sèche à l'érythème prolongé voire l'ulcération et la radionécrose pouvant atteindre les tissus cutanés, musculaires et osseux. Si la gravité des lésions dépend de la dose absorbée, l'influence d'autres paramètres comme la qualité du rayonnement reste encore mal caractérisée. Les accidents impliquant des rayons X couvrent un large spectre d'énergie (quelques dizaines de kVp à plusieurs MV) or l'énergie des photons détermine leur interaction avec la matière : les basses énergies favorisent l'effet photoélectrique, entraînant un dépôt de dose très hétérogène en fonction du tissu traversé, tandis que les hautes énergies privilégient la diffusion Compton. Ainsi, une surexposition à basse énergie augmente fortement la dose absorbée par l'os pouvant conduire à un risque accru de lésions osseuses. Afin de mieux caractériser ces effets, un modèle d'irradiation localisée de la patte chez la souris a été utilisé pour étudier l'influence de la qualité des rayons X (50 kVp, 80 kVp, 220 kVp, 10 MV) sur les brûlures radiologiques, à dose et débit de dose constants. Une caractérisation dosimétrique a été réalisée par simulation Monte Carlo et expérimentalement par spectroscopie par résonance paramagnétique électronique (RPE) sur des échantillons osseux. Les résultats mettent en évidence une dose absorbée par l'os le jour d'irradiation d'autant plus élevée que l'énergie des rayons X est faible, mais aussi une atténuation marquée du faisceau à 50 kVp, réduisant la dose moyenne dans les régions les plus épaisses. Les prélèvements osseux réalisés à différents temps montrent une décroissance

du signal RPE liée au renouvellement osseux, qui dépend de la qualité des rayons X. Dans nos conditions expérimentales, cette décroissance est rapide à haute tension, avec disparition du signal en quelques semaines, mais persistante aux basses tensions (jusqu'à six mois). Ainsi, dans un contexte accidentel, le délai entre l'exposition et le prélèvement peut conduire à une sous-estimation de la dose initiale, dépendante de l'énergie du faisceau. La caractérisation radiopathologique a montré une sévérité plus importante des lésions induites par des rayons X de basse énergie par rapport aux rayons X de haute énergie. Cela a été mis en évidence avec un score lésionnel, des mesures de la perfusion sanguine cutanée et de la perte insensible en eau. Les analyses du muscle gastrocnémien montrent une atrophie musculaire et une accumulation de collagène (histologie) au pic lésionnel plus importantes aux basses tensions. Les analyses histologiques de l'os montrent une altération de la croissance osseuse et du remodelage osseux avec une diminution progressive de l'activité des ostéoblastes qui assurent la synthèse osseuse et des ostéoclastes qui assurent la résorption osseuse, de manière plus marquée pour les basses tensions. Ces résultats sont cohérents avec les analyses réalisées par imagerie CT, qui mettent en évidence une réduction du volume d'os trabéculaire, notamment au niveau de l'épiphyse proximale du tibia, région riche en interactions avec la moelle osseuse. Ces travaux montrent que l'énergie des rayons X est un paramètre clé influençant la distribution de la dose et la sévérité des lésions, et soulignent l'intérêt de la prendre en compte dans la prise en charge des victimes d'accidents radiologiques, en complément de la dose absorbée. Ce projet contribue ainsi à améliorer la prédiction du risque de complications liées aux surexpositions accidentelles, grâce à la caractérisation préclinique des spécificités radiopathologiques des brûlures induites par des rayons X de différentes énergies.