

Radioprotection en milieu médical

Principes et mise en pratique

Chez le même éditeur

Dans la même collection

TDM des tumeurs abdominales, Éric Delabrousse, Séverine Valmary-Degano, Sébastien Aubry, Emmanuel Dietsch, Nicolas Badet, 2013, 360 pages.

Traitement de l'image, de la numérisation à l'archivage et la communication, Olivier Hélénon, Joël Chabrais, Bernard Gibaud, Denis Mariano-Goulart, 2013, 224 pages.

Scanner et rayons X, Denis Régent, Albert Lisbona, François Masson, Alain NOEL, 2013, 200 pages.

Radiologie de l'appareil locomoteur, 3ème édition, Michel Runge, 2011, 424 pages.

Dans la collection Imagerie médicale - Diagnostic

Imagerie post thérapeutique en oncologie, Société Française de Radiologie, Société Française de Médecine Nucléaire (SFMN), Société Française de Radiothérapie Oncologique, Centre Antoine Bécclère, Alain Luciani, Frédéric Courbon, Fabrice Denis, Yoann Pointreau, 2013, 332 pages.

Imagerie du sein, Joseph Stinès, 2012, 352 pages.

Comprendre l'IRM, 7ème édition, Manuel d'auto-apprentissage avec compléments en ligne, Bruno Kastler, Daniel Vetter, 2011, 408 pages.

Imagerie cardiaque : scanner et IRM, 2ème édition, Olivier Vignaux, 2011, 344 pages.

Dans la collection Imagerie médicale - Pratique

IRM pratique en neuroradiologie, 2ème édition, Françoise Héran, François Lafitte, 2013, 496 pages.

IRM pratique, 2ème édition Lionel Arrivé, 2012, 448 pages.

Dans la collection Imagerie médicale - Précis

Imagerie thoracique de l'adulte et de l'enfant, 2ème édition avec compléments en ligne, Bernard Padovani, Liliane Metge, Catherine Meunier, Pietro Scillia, Arnaud Resten, Sophie Maitre, Denis Tack, Antoine Khalil, Christiane Baunin, Catherine Beigelman, Michel W. Brauner, Marie-France Carette, Marie-Pierre Debray, Hubert Ducou Le Pointe, Chantal Durand, Gérard Durand, Mostafa El Hajjam, Pierre Fajadet, Gilbert Ferretti, Pierre Alain Gevenois, Benoît Ghaye, Jacques Giron, Maxime Hackx, Daniel Jeanbourquin, Pascal Lacombe, Alexis Lacout, Afarine Madani, 2013, 1056 pages.

Imagerie musculosquelettique : pathologies générales, 2ème édition, Anne Cotton, 2013, 1064 pages.

Neuro imagerie diagnostique, 2ème édition, Jean-Louis Dietemann, 2012, 844 pages.

Autres ouvrages

Guide des positions et incidences en radiologie ostéoarticulaire, Michaël Sobczyk, 2013, 368 pages.

Positions et incidences en radiologie conventionnelle, Guide pratique, Kenneth Bontrager, John P. Lampignano, Michel Bléry, 2012, 332 pages.

Imagerie médicale pour le clinicien, Lionel Arrivé, Anne Miquel, Laurence Monnier-Cholley, Laurence Rocher, Ahmed Chaouki Tourabi, 2012, 432 pages.

Guide des techniques de soins en imagerie médicale, Elisabeth Moerschel, 2012, 128 pages.

Atlas d'anatomie générale et radiologique, Jean-Philippe Dillenseger, 2011, 304 pages.

Guide des technologies de l'imagerie médicale et de la radiothérapie, Quand la théorie éclaire la pratique, Jean-Philippe Dillenseger, Elisabeth Moerschel, 2009, 416 pages.

Sous la direction de Michel Bléry

Radioprotection en milieu médical

Principes et mise en pratique

Yves-Sébastien Cordoliani

Professeur agrégé du Val-de-Grâce,
ancien chef de service de radiologie
et imagerie médicale de l'hôpital d'instruction des armées du Val-de-Grâce.

Hervé Foehrenbach

Professeur agrégé du Val-de-Grâce,
ancien chef du service de médecine nucléaire
de l'hôpital d'instruction des armées du Val-de-Grâce.

3^e édition



**ELSEVIER
MASSON**



Ce logo a pour objet d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, tout particulièrement dans le domaine universitaire, le développement massif du « photo-copillage ». Cette pratique qui s'est généralisée, notamment dans les établissements d'enseignement, provoque une baisse brutale des achats de livres, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que la reproduction et la vente sans autorisation, ainsi que le recel, sont passibles de poursuites. Les demandes d'autorisation de photocopier doivent être adressées à l'éditeur ou au Centre français d'exploitation du droit de copie : 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris. Tél. 01 44 07 47 70.

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (art. L. 122-4, L. 122-5 et L. 335-2 du Code de la propriété intellectuelle).

© 2014, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

ISBN : 9782294739828

ISBN numérique : 9782294740473

Elsevier Masson SAS, 62, rue Camille-Desmoulins, 92442 Issy-les-Moulineaux cedex
www.elsevier-masson.fr

Avant-propos

La radioprotection, longtemps présumée science infuse des professionnels utilisant les rayonnements ionisants (RI), est désormais une obligation légale de formation et de pratique.

Tous les professionnels mettant en œuvre les rayonnements ionisants à des fins de diagnostic sont soumis à cette obligation de formation, initiale et continue, qu'ils soient médecin, chirurgien-dentiste, manipulateur ou physicien médical. L'attestation de formation doit être renouvelée tous les 10 ans pour ces professionnels.

Cet ouvrage traite de tous les sujets constituant les « objectifs communs » de cette formation pour l'ensemble des professionnels concernés.

Parmi la masse de données physiques, biologiques, techniques et réglementaires qui concernent la radioprotection, il s'est efforcé d'extraire le « nécessaire et suffisant » qui doit rendre simple et naturelle la pratique de la radioprotection en milieu médical.

Table des matières

Avant-propos	VII
Fondements de la radioprotection	1
Historique	1
Dose maximale admissible (2). Relation linéaire sans seuil (4).	
Principes de la radioprotection dans la réglementation	6
Genèse des réglementations nationales	7
Conclusion	7
1 Nature et origine des rayons ionisants	9
Rayonnements électromagnétiques	9
Rayonnement X (9). Rayonnement gamma (γ) (14).	
Rayonnements corpusculaires	14
Rayonnement alpha (α) (14). Rayonnement bêta (β) (15).	
Électrons (16). Neutrons (16).	
Radioactivité	16
Activité (16). Décroissance radioactive (18). Période radioactive (18).	
2 Interaction des rayonnements ionisants avec la matière	21
Mécanismes d'atténuation en fonction du rayonnement	21
Rayonnement électromagnétique (21). Rayonnements corpusculaires (24).	
Effets sur le milieu	27
Ionisation (27). Excitation (28). Fluorescence (28). Effet Auger (28).	
Conclusion	28
3 Grandeurs et unités en radioprotection	31
Dose absorbée (D)	31
Dose dans l'air (D_{AIR})	31
Dose à la surface d'entrée ou dose d'entrée (D_e)	31
Dose en profondeur	32
Dose à l'organe	32
Facteur de pondération du rayonnement (W_r)	32
Dose équivalente (H)	33
Facteurs de pondération tissulaire (W_t) (33).	
Dose efficace (E)	34
Grandeurs dosimétriques spécifiques du radiodiagnostic	34
Produit Dose.Surface (34). Dose glandulaire moyenne (36).	
Index de dose scanographique (IDS ou CTDI) (37). Produit Dose. Longueur (PDL) (39).	
Conclusion	40
4 Exposition naturelle et artificielle	41
Sources d'exposition naturelle	41
Origine terrestre (tellurique) (41). Origine cosmique (42). Origine interne (43). Contribution à l'exposition humaine (44).	
Sources d'exposition artificielle	46

	Exposition d'origine médicale (46). Essais nucléaires (46). Industrie nucléaire (47).	
	Uranium appauvri	52
	Conclusion	53
5	Effets biologiques des rayonnements ionisants	55
	Interaction des rayonnements avec la matière vivante	55
	Effets cellulaires (56). Effets moléculaires (59). Protection et réparation de l'ADN (63).	
	Dosimétrie biologique	67
	Dosimétrie par étude du caryotype (67). Dosimétrie moléculaire (68).	
	Conclusion	68
6	Effets pathologiques des rayonnements ionisants : effets déterministes	71
	Mécanismes	71
	Effets précoces (71). Effets tardifs (71).	
	Caractéristiques	72
	Délai d'apparition (72). Seuil (73). Influence du débit de dose et du fractionnement (73). Gravité (74).	
	Exposition globale	74
	Effets sur l'hématopoïèse (74). Manifestations cliniques en fonction de la dose (76). Traitement (77).	
	Exposition partielle	78
	Effets sur la peau (78). Effets sur les gonades (79). Effets sur le cristallin (79). Effets sur l'embryon et le fœtus (tératogénèse) (81). Autres effets viscéraux (81).	
	Conclusion	83
7	Grossesse et exposition médicale	85
	Doses délivrées par l'exposition médicale	85
	En radiodiagnostic (85). En médecine nucléaire (86). En radiothérapie (87).	
	Effets des rayonnements sur la grossesse	88
	Effets malformatifs (tératogénèse) (88). Effets potentiels d'une exposition en fonction du stade de la grossesse (88). Effets cancérogènes (carcinogénèse) (90).	
	Différentes situations d'exposition et conduites à tenir	91
	En radiodiagnostic (91). En médecine nucléaire (93). En radiothérapie (94). Dans le cadre d'une activité professionnelle (94).	
	Conclusion	96
8	Effets pathologiques des rayonnements ionisants : effets stochastiques	99
	Cancérogenèse	99
	Initiation (99). Promotion (101). Progression (102). Quantification (102). Données épidémiologiques (103). Quantification du risque cancérogène (107).	
	Effets héréditaires	107
	Données expérimentales (107). Données épidémiologiques (109). Quantifications du risque génétique (109).	
	Relation dose-effet, effet des faibles doses	110
	Conclusion	111

9	Expositions aux radionucléides : médecine nucléaire, accidents et attentats	113
	Doses délivrées au patient par examens diagnostiques en médecine nucléaire. Moyens de la réduction de la dose	113
	Paramètres de la dose délivrée par un traceur radioactif	113
	Nature du rayonnement émis (113). Période effective du traceur (114). Quantité de radioactivité injectée (115).	
	Estimation de la dose en médecine nucléaire	115
	Paramètres biologiques de l'incorporation (115). Paramètres individuels (116).	
	Comment réduire la dose en médecine nucléaire ?	117
	Justification (117). Optimisation (117). Information (119).	
	Exposition des victimes d'un accident nucléaire ou d'un attentat à composante radique	121
	Dispersion de déchets nucléaires (121). Détournement d'une source médicale ou industrielle (128).	
	Conclusion	128
10	Doses délivrées au patient en radiodiagnostic.	
	Quantification et optimisation	131
	Mesure et expression des doses délivrées.	131
	Paramètres à mesurer et dispositifs de mesure ou de calcul (131). Quantification et mention de la dose (133). Optimisation (135).	
	Conclusion	138
11	Doses délivrées en scanographie. Quantification et optimisation	141
	Estimation et expression des doses délivrées.	141
	Optimisation en pratique scanographique	142
	Paramètres accessibles à l'utilisateur (142). Dispositifs de réduction de dose (147). Règles d'utilisation en fonction du patient et du type d'exploration (151). Indication de dose (153).	
	Conclusion	155
12	Radioprotection des patients : niveaux de référence, guide des procédures et des indications des examens d'imagerie.	157
	Niveaux de référence diagnostiques	157
	Origine et signification des NRD (157). Élaboration des NRD (159). Utilisation, recueil et communication des données dosimétriques (160).	
	Guide des procédures	165
	Méthode (165).	
	<i>Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale</i>	167
	Méthode (167). Réalisation du guide français (168). Utilisation et évolution (169).	
	Conclusion	169
13	Organisation de la radioprotection.	171
	Organismes internationaux	171
	La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) (171). Les sources scientifiques internationales (171). L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) (172). Le Conseil des Communautés européennes (172).	

Réglementation française	172
Lois, décrets et arrêtés (172). Code du travail (172). Code de la santé publique (178). Organismes officiels et organismes de contrôle et d'accréditation (184).	
Conclusion	185
14 Organisation de la radioprotection dans un service d'imagerie médicale	187
Installations et locaux, délimitation et signalisation	187
Situations et niveaux d'exposition d'un service de radiologie (188). Radiologie conventionnelle (188). Scanner (189). Radiographies hors service de radiologie (190).	
Gestion des personnels exposés en radiodiagnostic	190
Classement des personnels exposés (190). Surveillance dosimétrique des personnels exposés (191). Surveillance médicale (193). Cas particulier des radiologues libéraux (194).	
Installation et gestion des matériels radiologiques	195
Homologation des locaux : norme NFC 15-460 (195). Autorisation et déclaration (195). Contrôles de radioprotection (196). Contrôle de qualité et maintenance (197).	
Qualification et attributions de la personne compétente en radioprotection (PCR)	201
Qualification (201). Rôle de la PCR (202).	
Conclusion	203
Tests de formation médicale continue	205
Fondements et historique de la radioprotection	205
Nature et origine des rayonnements ionisants	206
Interaction des rayonnements ionisants avec la matière	207
Grandeurs et unités en radioprotection	207
Exposition naturelle et artificielle	208
Effets biologiques des rayonnements ionisants	210
Effets pathologiques des rayonnements ionisants : effets déterministes	211
Grossesse et exposition médicale	212
Effets pathologiques des rayonnements ionisants : effets stochastiques	213
Doses délivrées au patient par les examens diagnostiques en médecine nucléaire. Moyens de réduction de la dose	214
Doses délivrées en radiodiagnostic (radiologie conventionnelle et dentaire, mammographie). Quantification et optimisation	216
Doses délivrées au patient en scanographie (scanner). Quantification et optimisation	217
Radioprotection des patients : niveaux de référence, guide des procédures et des indications des examens d'imagerie	218
Organisation de la radioprotection : organismes internationaux, législation européenne et française	219
Organisation de la radioprotection dans un service d'imagerie médicale	220
Index	223