La radiophysique médicale

Autor(en): **Valley, J.-F.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Actes de la Société jurassienne d'émulation**

Band (Jahr): **83 (1980)**

PDF erstellt am: **16.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-684655

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

La radiophysique médicale

par J.-F. Valley

I. INTRODUCTION

Le rôle joué par la physique dans le domaine médical n'est pas à démontrer. Son importance a crû de façon prodigieuse au cours de ces dernières décennies. Cet apport de la physique se situe à plusieurs niveaux.

Le premier et le plus fondamental concerne l'approche des mécanismes biologiques de base. Ce domaine, baptisé biophysique, comprend ainsi, en particulier, l'étude des phénomènes ayant leur siège dans les membranes, l'analyse des mécanismes nerveux, du fonctionnement des organes sensoriels, etc. Dans cette démarche, la physique intervient comme une discipline complémentaire apportant, par la puissance de sa méthode, une contribution originale au développement de la médecine.

Le génie médical (biomedical engineering) situe son apport à un autre niveau. Il s'agit de donner au médecin des instruments de travail toujours plus sophistiqués. Citons par exemple, pour les appareils d'investigation, le microscope électronique, l'électroencéphalographie, l'ultrason. Dans le domaine de la thérapie, de nombreuses réalisations ont vu le jour au cours de ces dernières années: prothèses diverses, stimulateur cardiaque, etc. Le champ d'activité dans ce domaine est grand ouvert et on peut s'attendre à des développements importants dans les prochaines années, liés en particulier à la miniaturisation des ordinateurs. L'apport de l'électronique est à cet égard très important et s'intègre à la contribution du génie médical.

La physique médicale, collaboration avec le médecin dans le travail de tous les jours, constitue le troisième niveau de l'apport de la physique à la médecine. Dans ce domaine, le physicien prend en général en charge les activités de développement, de contrôle et de maintenance de l'appareillage, participe à l'acquisition des données de mesure, en assure l'analyse et apporte son aide à l'interprétation des résultats.

La radiophysique médicale ou physique radiologique médicale est une branche relativement importante de la physique appliquée à la médecine. En effet, la majeure partie des physiciens travaillant dans des services hospitaliers ou de santé publique sont engagés sur des programmes liés à cette discipline. Nous tenterons dans le présent travail de décrire brièvement les activités et le rôle du radiophysicien médical.

II. ACTIVITÉ DU PHYSICIEN EN RADIOTHÉRAPIE

La radiothérapie est actuellement la méthode la plus utilisée dans le traitement du cancer. Sur la base d'enquêtes, on estime, pour une population d'un million d'habitants, à 3000 le nombre de nouveaux cas de cancers par année. Parmi ceux-ci, la moitié environ suit, à un moment ou à un autre de l'évolution de la maladie, un traitement radiothérapeutique, tantôt à titre curatif, tantôt à titre palliatif, seul ou en association avec les autres méthodes principales de traitement du cancer: chirurgie, chimiothérapie, thérapie hormonale.

La radiothérapie procède selon diverses méthodes, adaptées à la localisation, la nature et le stade d'avancement de la maladie. On distingue ainsi:

— la radiothérapie externe, basée sur l'irradiation du patient à l'aide d'un faisceau de rayonnement issu d'une source radioactive (^{60}Co, ^{137}Cs), d'un générateur de rayons X ou d'un accélérateur de particules (bêtatron, accélérateur linéaire);

— la curiethérapie, qui consiste à disposer à l'intérieur du patient une source radioactive. Celle-ci peut être scellée (brachythérapie), le traitement étant soit endocavitaire (introduction de la source dans une cavité naturelle), soit interstitiel (implantation chirurgicale de la source radioactive). Le traitement par source ouverte consiste à introduire dans l'organisme, par voie orale ou intraveineuse, la substance radioactive, sous une forme chimique telle, qu'elle se fixe sur l'organe à traiter (par exemple, absorption de iodure de sodium marqué au ^{131}I pour l'irradiation de la glande thyroïde).

Le physicien intervient à plusieurs stades du traitement raidologique. Dans une phase préliminaire, les débits de dose des installations d'irridiation doivent être déterminés avec soin et contrôlés régulièrement. La fréquence et l'extension des contrôles dépendent du type d'installation. Ainsi les accélérations linéaires ou les bêtatrons exigent une surveillance quotidienne. Le contrôle des débits est une démarche particulièrement importante; en effet, la marge entre le sous-dosage, respon-

sable de récidives, et le surdosage, conduisant à des séquelles graves, est étroite et commande une extrême rigueur dans la détermination des doses. Outre la dose au maximum du faisceau, la détermination de la répartition dans le tissu, pénétration et extension latérale du champ d'irradiation, sont des paramètres nécessaires. Ils sont généralement déterminés à l'aide de mesures effectuées dans une cuve d'eau simulant le patient.

Le calcul par ordinateur de la répartition de dose liée à une configuration d'irradiation permet le choix de conditions optimales de traitement. Outre les paramètres relatifs au faisceau et mesurés comme décrit ci-dessus, la géométrie particulière d'irradiation, conformation du patient, présence d'hétérogénéités (poumons, cavités aériennes, os), interviennent dans le programme, nécessitant ainsi un calcul individualisé de la répartition de la dose. La mise au point et l'exploitation des programmes d'ordinateur font partie des tâches du physicien.

Le contrôle in vivo de la dose délivrée lors des séances de traitement peut s'avérer utile dans les cas suivants: irradiation non standard (champ multiple, technique pendulaire, combinaison brachythérapie et téléthérapie, utilisation de moulages ou de blindages spéciaux); présence de structures irradiées complexes (inhomogénéités, formes compliquées); présence à proximité des champs d'irradiation d'organes sensibles (yeux, gonades). L'appareillage lié à de telles mesures est relativement complexe et fait appel aux compétences du physicien.

Il est intéressant de mentionner que la place du physicien illustrée par les quelques exemples ci-dessus a été reconnue très tôt dans les services de radiothérapie, et que le développement des méthodes a largement profité de l'apport des physiciens intégrés aux équipes médicales.

III. ACTIVITÉ DU PHYSICIEN DANS LE DIAGNOSTIC RADIOLOGIQUE

Les installations radiologiques et leurs accessoires sont développés par des maisons spécialisées qui en assurent en général la maintenance et le contrôle. Ainsi, dans le domaine du diagnostic radiologique, le rôle du physicien d'hôpital a été jusqu'à ce jour relativement limité. Deux secteurs cependant ont été ces dernières années le sujet d'attention de la part des physiciens et leur activité dans ces domaines est appelée à se développer au cours de ces prochaines années. Il s'agit de la détermination de la dose délivrée au patient et du contrôle de la qualité des images radiologiques.

L'effet nocif de la radiation sur l'organisme peut se produire sur les cellules somatiques et conduire à une perturbation de la santé de l'individu irradié ou porter atteinte aux cellules génétiques, responsable du patrimoine héréditaire, et provoquer des malformations dans la descendance. On distingue d'autre part deux natures de l'effet des radiations:

— les effets non stochastiques, pour lesquels la sévérité de l'effet est fonction de la dose et qui possèdent en général un seuil de dose, en dessous duquel l'effet est nul.
— les effets de nature stochastique, pour lesquels l'incidence de l'effet est fonction de la dose et qui en général ne possèdent pas de seuil de dose.

Ce sont ces derniers qui jouent un rôle pour les irradiations à faibles doses telles qu'on les rencontre dans le diagnostic radiologique. Si le risque individuel lié à un examen est pratiquement négligeable, l'action sur l'ensemble de la population peut s'avérer relativement dangereuse, en particulier en ce qui concerne les effets génétiques. Cette préoccupation a motivé au cours de ces dernières années de nombreux travaux en radiobiologie et en radiophysique. La connaissance précise des doses délivrées dans les examens radiologiques se heurte à la variabilité des techniques radiologiques et des méthodes de détection. Un grand effort est encore nécessaire pour cerner l'ensemble des données relatives à l'irradiation de la population. Les domaines les plus importants et qui devront être abordés les premiers concernent les irradiations de la femme enceinte ou en âge de procréer et les examens de dépistage systématique, les premiers, du fait de la haute radiosensibilité de l'embryon, les seconds, du fait de l'extension relativement importante de ce type d'examen sur des personnes asymptomatiques.

Mises à part les situations évidentes, telles que clichés ratés ou inutiles, la réduction de la dose se fait au détriment de la qualité de l'image radiologique. Ainsi, un compromis doit être trouvé qui permette, pour une dose minimale délivrée au patient, d'assurer une qualité de cliché suffisante pour l'information recherchée. La détermination de critères de qualité de l'image est délicate et exige une étroite collaboration entre le physicien et le médecin. L'apparition récente de systèmes à reconstruction par ordinateur des images radiologiques rend plus impérative la possibilité de tester localement et en routine les performances des systèmes. Le développement de méthodes standards, rapides et efficaces, pour la détermination des paramètres liés à la qualité de l'image (contraste, résolution, bruit) est à l'étude actuellement et devrait apporter une aide au médecin radiologue.

IV. ACTIVITÉ DU PHYSICIEN EN MÉDECINE NUCLÉAIRE

La médecine nucléaire regroupe l'ensemble des méthodes diagnostiques (études morphologiques ou fonctionnelles) basées sur l'utilisation de substances radioactives. La préparation des radioéléments et le marquage à l'aide de ceux-ci des molécules intéressant le médecin nucléaire sont effectués en général par des radiochimistes dans des services spécialisés. Cette activité nécessite en effet des dispositifs relativement lourds, d'une part pour l'activation des éléments (réacteur nucléaire, cyclotron), d'autre part pour la manipulation des substances radioactives (cellules blindées étanches, télémanipulateurs).

A l'intérieur du service de médecine nucléaire, le physicien aura pour tâche principale la maintenance des appareils d'acquisition et le développement de méthodes de traitement de l'information radiologique. Dans ces domaines, le support des fournisseurs d'équipement représente une contribution majeure et le physicien aura un rôle important à jouer entre le médecin nucléaire, responsable des objectifs, et la firme fournissant l'équipement. La possibilité d'intervention au niveau des programmes s'avère utile, car elle permet l'adaptation de ceux-ci aux exigences particulières du service.

Dans le cadre des études fonctionnelles, l'analyse de l'évolution temporelle des substances radioactives dans l'organisme fait appel à des modèles mathématiques d'analyse compartimentale. La collaboration du physicien à l'interprétation des résultats de mesure représente un volet complémentaire de son activité au service de la médecine nucléaire.

V. ACTIVITÉ DU PHYSICIEN EN RADIOPROTECTION

Le physicien placé en milieu hospitalier se voit en général confié la responsabilité générale de la radioprotection. Cette charge, au premier abord quelque peu policière, présente un large spectre d'activités et exige du physicien, outre ses compétences scientifiques, un sens de l'organisation et des relations humaines. Ainsi, il lui incombera:

— de définir les zones contrôlées (où un risque d'irradiation existe) et d'en organiser la structure de radioprotection (blindage, dispositif de sécurité, signalisation)

— d'étudier les conditions de travail avec les appareils générateurs de radiations ionisantes ou les substances radioactives, de fixer des règles de comportement et d'en vérifier l'application

— de contrôler le mouvement des sources radioactives dans l'hôpital, en particulier d'effectuer les acquisitions, de contrôler périodiquement la contamination des sources scellées et des places de travail, de gérer les déchets radioactifs
— de surveiller l'irradiation individuelle des personnes par contrôle de l'irradiation externe et de la contamination interne
— de former et d'informer le personnel exposé aux radiations dans l'exercice de sa profession.

Pour l'ensemble de ces tâches, le physicien doit disposer d'une relative indépendance, afin que les exigences de protection du personnel, en contradiction parfois avec les critères d'efficacité, soient respectées.

VI. FORMATION DU RADIOPHYSICIEN D'HÔPITAL

Sur la base d'une récente enquête organisée dans 17 pays par la Société européenne de physique médicale, il ressort que dans 9 cas seulement la formation du physicien d'hôpital au niveau postgradué est organisée et reconnue par un diplôme. En Suisse, le physicien d'hôpital est formé «sur le tas», à partir d'un diplôme de physique obtenu dans une université ou une école polytechnique. Cette situation est liée à la faible demande.

En général, le physicien est intégré à une petite équipe, appelée service de radiophysique, rattachée soit directement au service de radiothérapie, soit au service de radiologie, soit, dans certains cas, au département de la santé publique.

Les physiciens d'hôpitaux sont regroupés en Suisse dans la Société suisse de radiobiologie, où ils représentent un secteur très actif. Ce lien assure des échanges fructueux entre les services, la possibilité de présenter les travaux de développement ou de recherche effectués dans les services, et l'organisation de conférences sur les sujets touchant à la radiophysique médicale.

VII. PERSPECTIVES

Le radiophysicien d'hôpital a gagné ses lettres de noblesse dans le domaine de la radiothérapie, domaine où il est actuellement reconnu comme collaborateur à part entière. Sa contribution dans les services de diagnostic radiologique et de médecine nucléaire est appelée à se développer au cours des prochaines années, tendance liée à la nécessité

toujours plus pressante de la collaboration interdisciplinaire. Son rôle, dans le domaine de la radioprotection, va certainement aider à cette intégration aux équipes médicales. Son statut, actuellement quelque peu vague et fixé de cas en cas, et sa responsabilité, sujet déjà maintes fois abordé dans des colloques internationaux, devront être précisés.

J.-F. Valley

HISTOIRE