

L'EMPLOI DES RADIOISOTOPES DANS LE TRAITEMENT DU CANCER

Dans le traitement du cancer, on peut provoquer l'irradiation des tumeurs malignes par différentes méthodes : par exemple, en implantant directement dans la tumeur des aiguilles de radium ou de cobalt-60 ou (dans un plus petit nombre de cas) en injectant un radioisotope à l'état liquide (par exemple, de l'or-198) dont on a constaté la tendance à se concentrer dans un tissu donné. Mais la méthode de traitement la plus utilisée est de loin la téléradiothérapie : la source de rayonnements reste alors en dehors de l'organisme et on dirige le faisceau de rayons sur la tumeur à travers les tissus qui la recouvrent. La source peut être un tube à rayons X, un appareil à haute énergie tel que le bétatron, un accélérateur linéaire de particules, ou tout simplement un radioisotope émettant des rayons gamma très durs. Les deux radioisotopes que l'on utilise généralement sont le cobalt-60 et le césium-137.

Le traitement par irradiation des proliférations malignes n'est évidemment pas une nouveauté; les implantations de radium et l'application de rayons X émis sous des tensions moyennes (jusqu'à 250 kV) sont pratiquées dans le monde entier depuis plusieurs années. Cependant, c'est grâce à la production massive des radioisotopes dans les réacteurs nucléaires que la radiothérapie est devenue pour la première fois un traitement à la portée des régions moins développées du monde. De plus, le traitement a été simplifié et, bien souvent, rendu plus efficace.

Appareils de télécuriethérapie

Les premiers appareils de téléthérapie, qui remontent aux années 1920, utilisaient le radium, élément radioactif naturel. Ce sont des appareils de ce genre qui furent installés au "Memorial Hospital" de New York, à l'"Institut du radium" de Paris, au "Radiumhemmet" de Stockholm et au "Westminster Hospital" de Londres. Leurs constructeurs et leurs utilisateurs se sont trouvés souvent placés dans une cruelle alternative du fait que chaque appareil ne disposait que de quelques grammes de radium. Dix grammes étaient considérés comme une grande quantité, bien qu'ils ne représentent qu'environ 6 curies de cobalt-60 ou environ 24 curies de césium-137. Au contraire, les appareils modernes fonctionnant au cobalt possèdent normalement une radioactivité de 1 000 à 5 000 curies. C'était moins une question de coût que de disponibilité, car il n'existait pas alors de plus grandes quantités de radium. Par conséquent, pour concentrer sur la tumeur un rayonnement suffisamment intense, il aurait fallu placer la source à très peu de distance, normalement à 5 ou 10 cm,

de la peau du malade. Mais l'intensité du rayonnement n'est qu'un des éléments du problème : on a constaté que, pour traiter efficacement les tumeurs malignes profondes, il fallait éloigner le plus possible la source du malade et la placer, en pratique, à une distance de 50 à 100 cm, alors que l'intensité du rayonnement varie en fonction inverse du carré de la distance. Le radium ne pouvait donc être utilisé que pour traiter des tissus situés tout près de la peau; et malgré la courte distance entre la source et le tissu, des durées d'exposition de 30 minutes ou même davantage pour chaque irradiation étaient courantes.

Avantages des appareils modernes de téléradiothérapie

La situation est devenue complètement différente maintenant que l'on dispose de très grandes quantités de cobalt-60 et de césium-137. Grâce aux réacteurs atomiques, des sources équivalentes à des centaines ou même à des milliers de grammes de radium sont désormais monnaie courante. En fait, un seul appareil de plusieurs kilocuries peut contenir des matières dont la radioactivité dépasse celle de la quantité totale de radium existant dans le monde. Avec des sources aussi puissantes, on peut opérer à la distance requise (50 à 100 cm) tout en disposant, au niveau de la tumeur, d'une intensité de rayonnements suffisante pour que des irradiations de quelques minutes seulement par séance de traitement soient nécessaires.

Bien que les appareils modernes de téléradiothérapie puissent être considérés comme procédant des appareils au radium, il est actuellement plus logique de les comparer aux appareils produisant des rayons X sous une tension de 250 kV et aux générateurs de rayons X de haute énergie. Par rapport aux appareils à rayons X dits "classiques", fonctionnant sous une tension de 200 à 250 kV, les installations de téléthérapie à radioisotopes présentent plusieurs avantages dont deux méritent surtout d'être mentionnés : le radioisotope émet des rayonnements d'une énergie plus élevée, et l'appareil est d'une construction plus simple.

Les rayons gamma émis par le cobalt-60 sont pratiquement monoénergétiques et leur énergie moyenne est de 1,25 MeV (millions d'électrons-volts). Les rayons gamma du césium-137 ont une énergie de 0,66 MeV. En comparaison, l'énergie moyenne des rayons X émis sous une tension de 250 kV est d'environ 0,13 MeV, soit le dixième seulement de l'énergie des rayons du cobalt. Le fait que les rayons gamma du cobalt possèdent une énergie plus élevée présente plusieurs avantages

dont le principal est un pouvoir de pénétration plus élevé. Ainsi, les rayons atteignent des tissus très profonds, et les tissus intermédiaires en absorbent moins et subissent moins de dommages. Cela permet en outre de simplifier quelque peu la méthode de traitement. De plus, en raison de l'effet connu sous le nom d'"accumulation", le faisceau de rayons à plus forte énergie épargne la peau, ce qui évite au malade les douloureux "coups de soleil" (ou même des accidents plus graves) qui sont fréquemment la rançon de la roentgentherapie classique. Ainsi, le traitement est rendu, à maints égards, plus facile et plus agréable pour le malade.

On ne saurait trop insister sur le deuxième avantage de l'appareil au cobalt : sa simplicité mécanique. C'est là un facteur presque décisif dans les pays sous-développés. Une installation génératrice de rayons X est constituée par un ensemble d'appareils électriques extrêmement complexe dont plusieurs éléments - le transformateur, les câbles à haute tension, le tube à rayons X, pour ne parler que de ceux-là - risquent sans cesse d'avoir un fonctionnement défectueux. Au contraire, les appareils au cobalt - et tous les appareils de téléthérapie aux radioisotopes - sont pratiquement à l'abri des pannes : une fois installés, ils ne nécessitent guère d'entretien.

Il ne reste maintenant qu'à comparer les installations de téléthérapie par les radioisotopes aux appareils à haute énergie tels que les béta-trons ou les accélérateurs linéaires, qui permettent d'obtenir des rayons X durs (ou encore des flux d'électrons ou d'autres particules). Par rapport à ces appareils, le cobalt n'a plus l'avantage du niveau d'énergie de ses rayonnements; en effet, beaucoup d'accélérateurs produisent des rayons X plus durs que les rayons gamma du cobalt-60. En revanche, les radioisotopes conservent l'avantage dû à la simplicité de l'installation, car les accélérateurs de particules sont encore plus compliqués que les appareils à rayons X classiques. L'accélérateur - tout au moins pour le moment - ne convient donc que pour les centres ultra-modernes où travaillent en permanence des physiciens et des ingénieurs expérimentés.

Pourquoi le cobalt-60 et le césium-137?

Bien entendu, les radioisotopes ont aussi des inconvénients. Alors qu'on peut arrêter le fonctionnement d'un appareil à rayons X ou d'un accélérateur de particules, il est impossible d'interrompre la radioactivité d'un isotope; on doit par conséquent placer la substance radioactive dans un récipient épais, constitué par du plomb ou par une autre matière lourde. Ce récipient est pourvu d'une ouverture de dimensions variables (le collimateur) qui laisse passer le rayon utilisé pour l'opération; on peut fermer cette ouverture par un volet lorsque l'on ne désire pas utiliser les rayonnements. La construction d'un appareil de téléthérapie à radioisotope est essentiellement un problème de récipient, de volet et de collimateur.

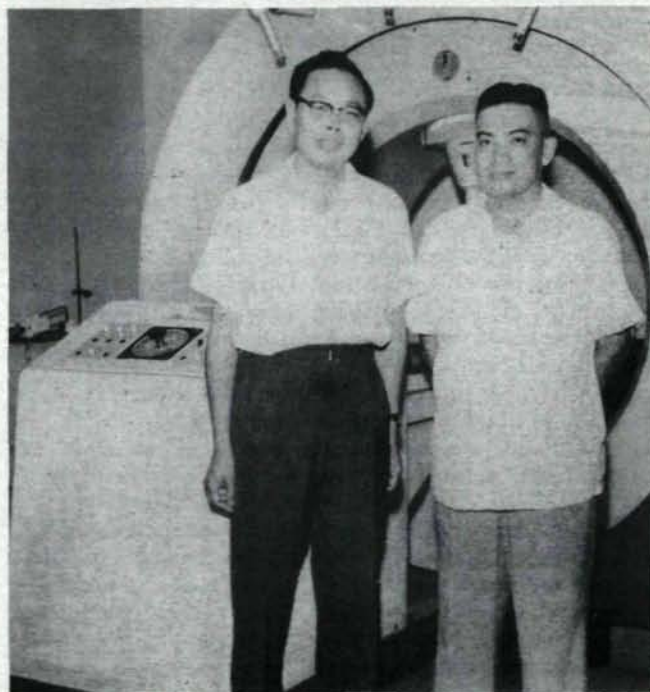
Autre inconvénient des radioisotopes, leur activité diminue constamment : c'est le phénomène de décroissance radioactive. Il arrive un moment où l'intensité du rayonnement émis devient si faible que la source doit être remplacée. Le radioisotope choisi doit manifestement avoir une vitesse de décroissance aussi faible que possible, si l'on veut n'avoir à changer la source qu'à des intervalles de temps très éloignés. La période du cobalt-60 est de 5,3 ans, celle du césium-137, d'environ 30 ans.

On peut résumer comme suit les principales conditions auxquelles doit satisfaire un radioisotope pour être utilisé en téléthérapie : a) sa période doit être longue; b) il doit émettre des rayons gamma très durs; c) il doit être disponible en grandes quantités; d) il doit avoir une forte "activité spécifique", afin que l'on puisse fabriquer des sources qui, sous un faible volume, émettent des rayonnements très intenses. En pratique, le cobalt-60 et le césium-137 sont les seuls radioisotopes qui répondent suffisamment à ces exigences.

Développement des services de téléthérapie utilisant les radioisotopes

Les deux premiers services de téléthérapie au cobalt furent créés au Canada, en 1951, à la "Cancer Clinic" de Saskatoon et au "Victoria

M. K.C. Tsien (à gauche), membre du personnel scientifique de l'Agence, qui s'est rendu dans plusieurs Etats Membres pour y développer l'emploi des sources de rayonnements intenses à des fins médicales, et M. Silverio, radio-thérapeute philippin, devant un appareil de télécobalt-thérapie, au North General Hospital à Manille



Hospital" de London (Ontario). En dix ans, le nombre des appareils a largement dépassé le millier. Répandus dans le monde entier, on les trouve évidemment en majorité dans les pays techniquement avancés, mais des services ont déjà été installés dans plusieurs pays sous-développés et les possibilités de développement sont très vastes.

Actuellement, on fabrique des appareils de téléthérapie dans 12 pays : Allemagne, Canada, Etats-Unis d'Amérique, France, Hongrie, Italie, Japon, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède, Tchécoslovaquie et Union des Républiques socialistes soviétiques. Il existe plus de 50 types différents d'appareils au cobalt et au moins 16 modèles différents d'appareils au césium.

Rôle de l'AIEA

L'AIEA n'a pas assisté passivement à ce développement. Elle s'est employée, d'une part, à aider à la mise en place de nouvelles installations et, d'autre part, à faire en sorte que l'on utilise au mieux les installations existantes. Pour cela, l'Agence a rassemblé et diffusé des données utiles, elle a favorisé la discussion - et la relance - sur une base internationale, de problèmes urgents posés par la téléthérapie, enfin, elle a fourni une assistance directe aux centres de pays sous-développés.

Lorsqu'on envisage de créer un nouveau service de téléthérapie, on se demande tout naturellement quels appareils sont disponibles et quels en sont les caractéristiques et le prix. La réponse à ces questions se trouve dans le "Répertoire international du matériel de téléthérapie aux radioisotopes" que l'Agence a préparé et publié en 1959. Une fois l'appareil installé, il s'agit de l'utiliser le plus efficacement possible pour le traitement des malades. Cela soulève des problèmes de médecine et des problèmes de physique; c'est sur ces derniers que l'Agence a fait porter ses efforts. La plupart de ces problèmes relèvent en général de la dosimétrie qui consiste à déterminer la "dose" de rayonnements en chaque point des tissus d'un malade dans diverses conditions d'irradiation.

Le programme dosimétrique de l'Agence

Les données les plus importantes en dosimétrie sont celles qui sont fournies par les cartes d'isodoses, diagrammes représentant, par des courbes, les variations de la dose de rayonnement aux différents points d'un organe dans des conditions déterminées. Des centaines de cartes de ce genre ont été établies dans certains instituts de radiothérapie dotés d'un matériel perfectionné, mais les centres ne sont normalement pas équipés pour ce travail. Le besoin se fait manifestement sentir de rassembler, de systématiser, de cataloguer et de diffuser dans le monde entier des renseignements de ce genre. La question a été examinée en détail par un groupe international

d'experts qui s'est réuni à Vienne en novembre 1960. Pour préparer cette réunion, on avait adressé (grâce à la collaboration de plusieurs associations nationales de spécialistes de la physique médicale) un questionnaire à un grand nombre de centres de radiothérapie dans plusieurs pays. Les participants ont apporté à Vienne les réponses à ce questionnaire, ainsi que des exemples de cartes d'isodoses provenant de différents centres. Les recommandations du groupe d'experts ont été publiées récemment par l'Agence sous le titre "Distribution des doses thérapeutiques de rayonnements de haute énergie". On a proposé que l'Agence publie des atlas de cartes d'isodoses classées en trois catégories principales : champs uniques, champs multiples et faisceaux mobiles. La préparation de ces publications est en bonne voie : des renseignements ont été recueillis dans le monde entier; la parution est prévue pour 1962. En même temps que les atlas, on prépare un "Catalogue international des cartes d'isodoses - champ unique"; des exemplaires provisoires ont déjà été envoyés pour observations et corrections aux centres de radiothérapie qui participent à ce travail.

La carte d'isodoses n'est pas le seul relevé de données dosimétriques pour lequel on doit discuter, s'entendre et agir en coopération. Beaucoup d'autres problèmes de dosimétrie clinique, depuis les questions de terminologie jusqu'aux effets de la structure du corps sur la distribution des doses, attendent toujours une solution internationale. Certains de ces problèmes ont été examinés par un groupe d'étude sur la "Normalisation de la dosimétrie des faisceaux de rayonnements en radiologie" qui s'est réuni en avril 1961 sous le patronage de l'AIEA, de l'OMS et de la CIUMR (Commission internationale des unités et mesures radiologiques).

Un autre problème de dosimétrie, fondamental et important, qui fait actuellement l'objet de recherches internationales, sous le patronage de l'Agence, concerne les mesures du débit des rayonnements émis par les radioisotopes destinés à la téléthérapie. Un petit groupe s'est réuni à Vienne en décembre 1961 pour examiner la possibilité d'une normalisation internationale de ces mesures.

Autres aspects de la téléthérapie

La dosimétrie n'est que l'un des nombreux problèmes que pose la téléthérapie. Parmi les nombreux autres aspects, de caractère plus général, de cette question, on peut citer les problèmes d'organisation, de personnel (médecins, physiciens et personnel auxiliaire), ainsi que la formation professionnelle, le choix du matériel et la protection contre les rayonnements. Certaines de ces questions ont été examinées par un groupe d'étude international sur "L'emploi en radiothérapie de la téléthérapie par les radioisotopes et des appareils de grande énergie" qui s'est réuni à Vienne en