

LA FACE CACHÉE DU CORPS HUMAIN

Les radiopharmaceutiques permettent de révéler et de cibler les maladies cachées à l'intérieur du corps humain



Une employée surveille l'intérieur d'un conteneur blindé pendant la préparation de radiopharmaceutiques en vue de leur conditionnement en fioles de verre.

(Photo : D. Calma/AIEA)

Qui aurait pu penser il y a 100 ans qu'on serait un jour capable de localiser très précisément l'emplacement et la taille d'une masse cancéreuse qui se développe à l'intérieur du corps d'un patient ? Grâce à des substances radioactives appelées radiopharmaceutiques et à des scanners adaptés, les médecins peuvent aujourd'hui voir ce qui se passe à l'intérieur de l'organisme, et même traiter de nombreuses pathologies. En médecine nucléaire, les radiopharmaceutiques jouent un rôle essentiel car ils permettent de diagnostiquer, traiter et soigner de nombreuses maladies, en particulier le cancer, au moyen de procédures très peu invasives, et de soulager la douleur engendrée par certains cancers.

Les radiopharmaceutiques vus de l'intérieur

Les radiopharmaceutiques sont des produits qui contiennent des substances radioactives appelées radio-isotopes. Il s'agit d'atomes qui émettent des rayonnements sous forme de rayons gamma ou de particules. Dans certains cas, les radio-isotopes contenus dans les radiopharmaceutiques émettent les deux types de rayonnements à la fois.

Pour produire les radio-isotopes utilisés dans les radiopharmaceutiques, on irradie une cible précise à l'intérieur d'un réacteur nucléaire de recherche ou d'un accélérateur de particules, tel qu'un cyclotron¹. Les radio-isotopes ainsi produits sont ajoutés à certaines molécules choisies en fonction de leurs caractéristiques biologiques pour en faire des radiopharmaceutiques.

Fonctionnement des radiopharmaceutiques et applications en médecine

Quand un médecin décide d'utiliser un radiopharmaceutique pour établir le diagnostic d'un patient et/ou le traiter, le produit est généralement

¹ Un cyclotron est une machine complexe dans laquelle des particules chargées sont placées à l'intérieur d'une chambre vide et accélérées suivant une trajectoire en forme de spirale en direction de l'extérieur. Pendant le processus d'accélération, les particules chargées emmagasinent une grande quantité d'énergie. Les particules chargées d'énergie entrent alors en interaction avec les matières stables placées sur leur trajectoire. Cette interaction transforme les matières stables en radio-isotopes, lesquels peuvent être utilisés dans le domaine médical pour créer des radiopharmaceutiques.

administré par injection, par voie orale ou introduit dans l'organisme par une cavité. Une fois le radiopharmaceutique dans le corps humain, ses différentes caractéristiques physiques et propriétés biologiques font qu'il entre en interaction ou se combine avec différents sucres ou protéines présents dans l'organisme. Par conséquent, les radiopharmaceutiques se concentrent dans certaines parties du corps plus que dans d'autres en fonction des caractéristiques biologiques de ces zones de l'organisme. Ainsi, en sélectionnant des types spécifiques de radiopharmaceutiques, les médecins sont à même de cibler des zones précises du corps.

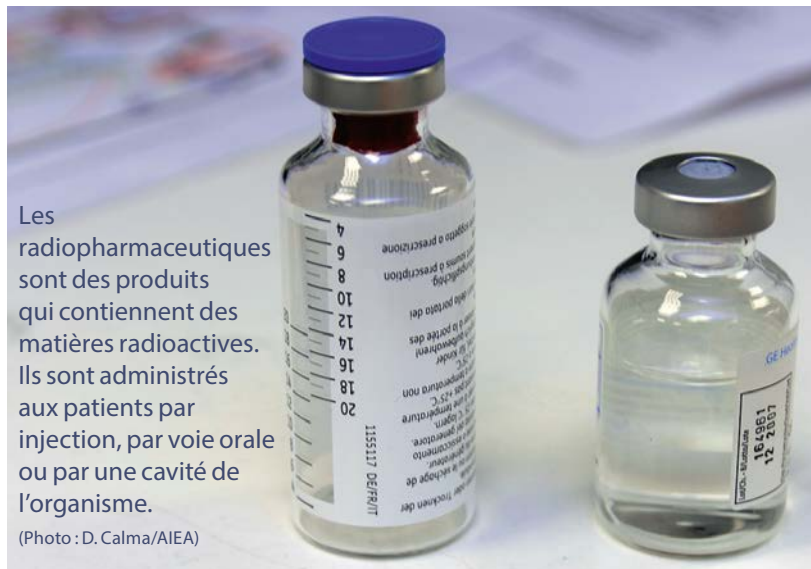
Il existe par exemple à l'heure actuelle plusieurs radiopharmaceutiques qui ont pour particularité de s'accumuler de préférence dans les tissus cancéreux et constituent de ce fait des outils efficaces pour le diagnostic et le traitement de certains types de cancer. C'est également le cas d'autres radiopharmaceutiques.

Au bout de quelques heures, ou de quelques jours, les radiopharmaceutiques se dissipent et atteignent des niveaux indétectables, quand ils ne sont pas entièrement éliminés de l'organisme.

En imagerie diagnostique

Pour l'imagerie diagnostique, les médecins choisissent des radiopharmaceutiques contenant des radio-isotopes qui émettent des rayons gamma ou des particules appelées positons, détectables à l'aide de gamma-caméras ou de scanners. Ces types d'appareils permettent de trouver l'emplacement où se concentrent les radiopharmaceutiques qui émettent des rayonnements, et traduisent les informations obtenues sous forme d'images bidimensionnelles ou tridimensionnelles faisant apparaître la localisation et la taille des organes ou des tissus examinés, notamment des lésions cancéreuses. L'imagerie diagnostique est largement et fréquemment utilisée en cardiologie et pour les troubles de la thyroïde, et de nombreuses autres parties du corps (le foie, les reins, le cerveau, le squelette, etc.), sont aussi examinées à l'aide de radiopharmaceutiques à usage diagnostique.

En plus de fournir de précieuses indications sur la taille, la forme et l'emplacement de divers organes et tumeurs, les radiopharmaceutiques utilisés en imagerie diagnostique permettent d'obtenir des informations sur le fonctionnement de différents systèmes de notre organisme. Grâce à l'imagerie cardiaque, on peut par exemple étudier le fonctionnement du cœur et les capacités cardiaques, visualiser le pompage du sang, et détecter les tissus qui pourraient être nécrosés ou endommagés. Il s'agit de l'examen diagnostique le plus couramment utilisé car il permet d'administrer aux patients souffrant de problèmes cardiaques un traitement approprié en temps voulu et d'assurer le suivi médical périodique de ces patients. Chez les malades du cancer, on recourt périodiquement à



Les radiopharmaceutiques sont des produits qui contiennent des matières radioactives. Ils sont administrés aux patients par injection, par voie orale ou par une cavité de l'organisme.

(Photo : D. Calma/AIEA)

l'imagerie pour étudier l'évolution de la maladie face au traitement et surveiller l'apparition des récives en vue d'administrer à temps le traitement nécessaire pour prévenir toute dégradation.

Les radiopharmaceutiques utilisés en imagerie diagnostique n'émettent que des rayonnements de faible niveau et peuvent donner lieu à une nette amélioration de la santé du patient. Les deux principales technologies d'imagerie qui font appel aux radiopharmaceutiques sont la tomographie d'émission monophotonique (SPECT), pour la détection des rayons gamma, et la tomographie à émission de positons (PET), pour la détection des positons. Utilisés conjointement à la tomodensitométrie classique, qui est un autre type de technologie d'imagerie, les scanners PET et/ou SPECT permettent de détecter avec une précision extrême les rayonnements émis par les radiopharmaceutiques.

Le radiopharmaceutique le plus couramment utilisé pour la SPECT contient du technétium 99m. Il est utilisé dans plus de 80 % des procédures de diagnostic en médecine nucléaire, et le plus souvent pour l'imagerie du cœur et des os. On obtient le technétium 99m à partir du molybdène 99, un radio-isotope parent, à l'aide d'un générateur. Il est possible d'ajouter le technétium 99m à diverses molécules afin de produire différents radiopharmaceutiques conçus pour cibler des maladies ou organes particuliers.

Pour la PET, le radiopharmaceutique le plus largement utilisé est une combinaison du radio-isotope fluor-18 et du fluorodésoxyglucose (FDG), un analogue du glucose que les cellules cancéreuses très actives absorbent en plus grandes quantités que les cellules saines. Pour produire le fluor 18, on bombarde de l'oxygène 18 avec des protons de haute énergie au moyen d'un type d'accélérateur de particules appelé cyclotron. On ajoute ensuite le fluor 18 à diverses molécules afin d'obtenir des radiopharmaceutiques de PET pour cibler certaines maladies et certains organes.

Les médecins administrent au patient un radiopharmaceutique qui sera ensuite détecté au moyen d'un scanner. Les images obtenues grâce au scanner sont ensuite analysées par les médecins, qui peuvent ainsi déterminer quel traitement administrer au patient.

(Photo : E. Estrada Lobato/AIEA)



Dans des applications thérapeutiques

Une fois qu'une maladie a été diagnostiquée, la thérapie radiopharmaceutique constitue dans certains cas la meilleure méthode de traitement. Les médecins font appel aux radiopharmaceutiques thérapeutiques parce qu'ils contiennent des radio-isotopes qui émettent des rayonnements sous forme de particules suffisamment puissants pour détruire les cellules malades. L'efficacité de la thérapie radiopharmaceutique pour la prise en charge et le traitement des maladies repose sur la capacité du produit radiopharmaceutique à pénétrer le tissu ou l'organe à traiter, laquelle dépend elle-même de l'interaction de l'organisme avec ce produit. Une fois choisi, le radiopharmaceutique est administré à plus



Les rayonnements émis par un radiopharmaceutique sont détectés à l'aide d'un appareil spécial qui produit des images semblables à celle-ci. Cette image à usage diagnostique montre les résultats d'un scanner SPECT-CT réalisé sur une patiente souffrant d'une grave inflammation de la hanche gauche due à une sclérose.

(Photo : E. Estrada Lobato/AIEA)

fortes doses afin que les zones à l'intérieur de l'organisme devant être traitées soient irradiées de façon ciblée.

Par exemple, on emploie souvent un radio-isotope à savoir de l'iode radioactif (iodure de sodium 131) pour traiter le cancer de la thyroïde. En effet, les scientifiques ont constaté que pratiquement tout l'iode contenu dans le sang s'accumulait dans la thyroïde. Ainsi, quand un médecin administre une dose d'iodure de sodium 131, la thyroïde absorbe pratiquement tout le produit, de sorte qu'il n'en reste quasiment plus dans l'organisme. Absorbée par la thyroïde, la dose élevée d'iode radioactif émet un rayonnement qui détruit les cellules de la glande, notamment celles qui sont cancéreuses. Aucune méthode classique ne peut remplacer l'iodure de sodium 131 pour le traitement du cancer de la thyroïde ou de l'hyperthyroïdie.

De même, le radium 223, qui émet aussi des rayonnements corpusculaires, est utilisé sous forme de chlorure de radium pour traiter le cancer des os qui se déclare à un stade avancé du cancer de la prostate. Le taux de survie des patients s'en trouve amélioré.

L'AIEA et la radiopharmacie

Dans le cadre de projets, de programmes et d'accords, l'AIEA aide ses États Membres à renforcer leurs capacités dans le domaine radiopharmaceutique. Elle contribue à la mise en valeur des ressources humaines par des moyens tels que les bourses et les visites d'experts, et aide les États en leur fournissant du matériel, en leur transmettant des technologies ou en leur proposant des cours de formation et des outils pédagogiques. L'AIEA a par ailleurs élaboré des documents d'orientation qui présentent en détail les conditions à remplir pour la mise en place d'installations de production de radiopharmaceutiques sûres et fiables.

L'objectif de ces activités est de faire en sorte que les radiopharmaceutiques soient toujours conformes aux normes de qualité requises pour que les pratiques de médecine nucléaire soient fiables et sûres.

Recherche-développement : Les projets de recherche coordonnée (PRC) de l'AIEA visent à aider les États Membres à progresser dans les activités de recherche-développement qu'ils mènent dans le domaine radiopharmaceutique, et à concentrer leurs recherches sur des questions jugées utiles par les experts. Ces projets favorisent les échanges de connaissances scientifiques et techniques, et stimulent le progrès dans le domaine de la radiopharmacie et, plus largement, de la technologie et des applications nucléaires.

Un PRC portant sur l'imagerie du ganglion lymphatique sentinelle a ainsi abouti à la mise au point d'un nouveau radiopharmaceutique qui s'est révélé très efficace pour le suivi de la propagation de cellules cancéreuses dans le système lymphatique. Un autre PRC sur les nouveaux radiopharmaceutiques utilisant le fluor 18 et le gallium 68 a permis de renforcer la collaboration entre des centres d'excellence et des centres s'essayant pour la première fois à la mise au point de ces radiopharmaceutiques. Ces exemples sont représentatifs des résultats auxquels peuvent aboutir les PRC.

Création de capacités : L'une des principales activités de l'AIEA consiste à aider les États Membres à renforcer leurs capacités dans de nombreux domaines liés au nucléaire. Dans le cadre des projets de coopération technique de l'AIEA, les États Membres reçoivent un appui spécialisé grâce auquel ils apprennent à utiliser des outils nucléaires tels que les radiopharmaceutiques. Récemment, un projet de CT qui portait sur la mise en place d'un important programme de formation en ligne à l'intention des radiopharmaciens et des manipulateurs en radiopharmacie a amené des établissements universitaires et des organismes scientifiques professionnels à coordonner leurs efforts.

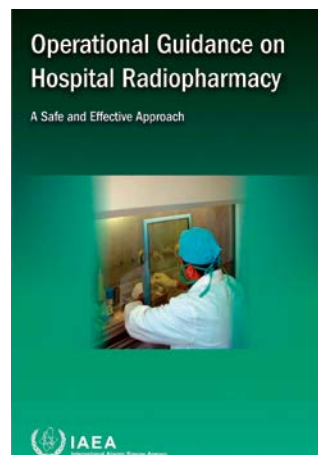
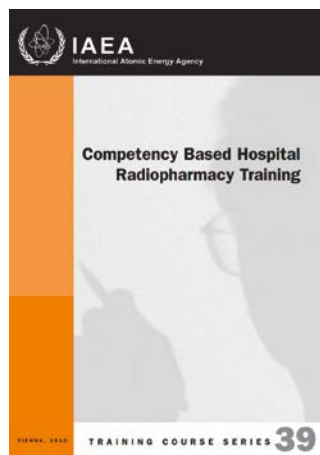
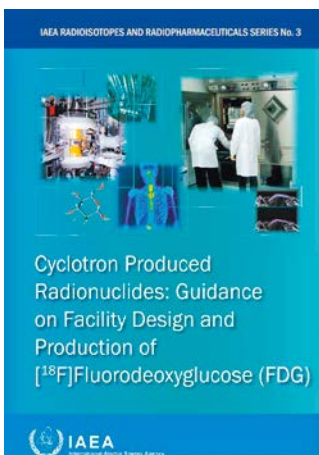


Après administration d'un radiopharmaceutique à un patient, un scanner PET-CT permet de détecter le rayonnement émis par le produit. L'image diagnostique ainsi obtenue indique que le patient atteint d'un cancer du poumon et que des métastases se sont formées près du cœur, au niveau du nœud lymphoïde.

(Photo : E. Estrada Lobato/AIEA)

Normes de sûreté : L'AIEA accorde la plus haute importance à la sûreté des patients, du personnel, du public et de l'environnement. Elle a élaboré plusieurs publications et principes directeurs à l'intention des États Membres qui travaillent dans le domaine radiopharmaceutique. L'objectif est de donner aux États Membres des lignes directrices en matière de normes de sûreté, afin de garantir la sûreté, la qualité et l'efficacité des radiopharmaceutiques.

Nicole Jawerth, Bureau de l'information et de la communication de l'AIEA, en collaboration avec la Section des radio-isotopes et de la technologie des rayonnements, Département des sciences et des applications nucléaires de l'AIEA



L'AIEA élabore des publications et des principes directeurs ayant trait à la radiopharmacie.