

Contents

1 Radiofármacos

2

1.1 História da Radiofarmácia

A Radiofarmácia tem seu contexto histórico com o início da utilização dos radio-fármacos em 1905, após a descoberta dos raios X por Wihelm Conrad Roentgen em seu laboratório em 1895. Além de Roentgen, outros pesquisadores contribuíram com destaque para o desenvolvimento da área, dentre eles Marie e Pierre Curie e Henri Becquerel.

Concomitante a essas descobertas, radionuclídeos (nuclídeos que possuem instabilidade no núcleo e que se desintegram espontaneamente emitindo radiação) foram inicialmente utilizados em humanos por Blumgart e Yens em 1927.

Em 14 de junho de 1945, o Oak Ridge National Laboratories anunciou na Revista Science a disponibilidade de radionuclídeos ao setor privado. Posteriormente, o Brookhaven National Laboratories também passou a produzir e comercializar radionu-clídeos, porém esses produtos não possuíam nenhuma garantia de esterilidade e api-rogenicidade. Somente mais tarde, os parâmetros de controle de qualidade foram incluídos, quando a Abbot Laboratories decidiu comprar os laboratórios de produção de radionuclídeos supracitados e transformá-los para a produção de radiofármacos, tornando-se o primeiro produtor no mundo. A comercialização do primeiro radio-fármaco, iodo-131, só começou em 1950

Os radiofármacos são medicamentos radioativos utilizados no diagnóstico e tratamento de doenças.

Em 1957, foi anunciado o desenvolvimento do gerador de molibdênio-99/tecnécio-99 meta estável ($^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$). Até os dias de hoje, o radionuclídeo ^{99m}Tc , também denominado elemento número 43, é amplamente utilizado na marcação de reagentes liofilizados na rotina da Medicina Nuclear.

2 Radiação

A radiação é a propagação de energia sob várias formas. Dependendo da quantidade de energia, pode ser classificada em não ionizantes e ionizantes

2.1 Radiações não ionizantes

As radiações não ionizantes são caracterizadas por não possuírem energia suficiente para remover elétrons da eletrosfera do átomo, não ocasionando o processo de ionização da matéria. São classificadas de acordo com o comprimento de onda: ultravioleta, luz visível, infravermelho, micro-ondas e ondas de rádio (Figura 1). É importante ressaltar que quanto menor o comprimento de onda, maior é a energia da radiação

2.2 Radiações ionizantes

As radiações ionizantes possuem energia suficiente para provocar a ionização da matéria, ou seja, são capazes de promover a saída de elétrons da eletrosfera dos átomos, podendo causar modificações na estrutura de moléculas e do DNA (Figura 2). Estas radiações podem ser corpusculares (partículas alfa e beta) ou ondas eletro-magnéticas (radiação gama).

2.3 Radiação Alfa

A partícula alfa (α) é composta por dois prótons e dois nêutrons (núcleo de hélio), é emitida com alta energia e possui baixo poder de penetração e alto poder ionizante. São emissões típicas de átomos com alto peso atômico. Esse tipo de radiação tem grande importância na medicina para o tratamento de doenças, como o câncer. Exemplos de radionuclídeos emissores de alfa: rádio-223 (^{223}Ra), urânio-238 (^{238}U), plutônio-239 (^{239}Pu).

A radiação beta é subdividida em dois tipos, beta menos (β^-) e pósitron (β^+). As emissões do tipo β^- possuem a mesma característica dos elétrons atômicos, com a diferença que sua origem se dá no núcleo que possui um número excessivo de nêutrons sendo, portanto, instável. Neste decaimento o nêutron se “transforma” em um elétron (ejetado) e um próton (este permanece no núcleo). Assim como a radiação alfa, elementos emissores de beta menos (β^-) podem ser usados no tratamento de doenças. Exemplos: lutécio-177 (^{177}Lu), *trio* – 90 (^{90}Y).

Outro tipo de emissão beta é o pósitron (β^+), que consiste na transformação de um próton em nêutron e pósitron (antielétron), uma vez que o núcleo se encontra instável devido ao número elevado de prótons. Após sua emissão do núcleo, os pósitrons são quase que instantaneamente aniquilados dando origem a dois fótons com mesma energia (511 keV) e direções opostas. Esse tipo de radiação é utilizado na medicina diagnóstica. Exemplo de radionuclídeos emissores de pósitrons: gálio-68 (^{68}Ga), *flor* – 18 (^{18}F).

2.4 Radiação Gama

A radiação gama (γ) é conceituada como ondas eletromagnéticas emitidas do núcleo de um átomo. Apresenta energia superiores e alto poder de penetração, enquanto que os raios X são menos energéticos. Exemplo de radionuclídeos emissores de radiação gama: ^{99m}Tc , cobalto - 60 (^{60}Co).

3 Poder de penetração da radiação

As diferentes formas de radiação são emitidas do núcleo com energia e poder de penetração, específicos de cada radionuclídeo; assim são capazes de produzir diferentes efeitos nos seres vivos. A partícula alfa possui grande massa, por isso caminha pouco no meio e uma folha de papel é capaz de barrá-la; e no caso de irradiar o ser vivo, é capaz de penetrar apenas a camada superficial da pele. Por outro lado, a radiação beta, dependendo da energia, pode penetrar milímetros até centímetros, ou seja, é mais penetrante do que a radiação alfa. Por último, a radiação gama que possui a velocidade da luz, pode atravessar blocos de chumbo ou concreto, por possuir alto poder de penetração (Figura 3). Com isso, os radio-nuclídeos emissores de alfa e beta podem ser utilizados na terapia de doenças e os emissores de gama, no diagnóstico.

4 Radionuclídeos e suas origens

Os radionuclídeos podem ser encontrados na natureza, como o ^{238}U e o ^{233}Ra , ou podem ser produzidos artificialmente em reatores nucleares. Essa energia é naturalmente liberada pela emissão de radiação gama, alfa ou beta (p).

5 Meia-vida física

Meia-vida física ($t_{\frac{1}{2}}$) corresponde ao tempo necessário para a atividade inicial de um elemento radioativo ser reduzida à metade por meio de seu decaimento e consequente emissão de radiação (Figura 5). A meia-vida de um radionuclídeo pode variar de poucos segundos a vários anos.

Tempo necessário para metade de uma população de átomos de um radionuclídeo decair para outra forma nuclear. A meia-vida é relacionada à constante de decaimento (λ) pela equação:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (1)$$

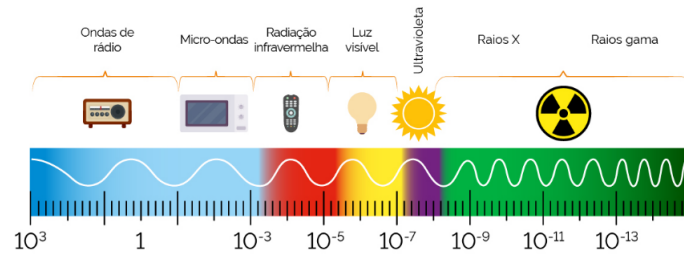


Figure 1: Espectro das ondas eletromagnéticas

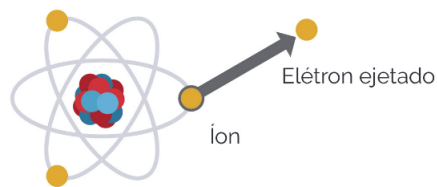


Figure 2: Processo de ionização.

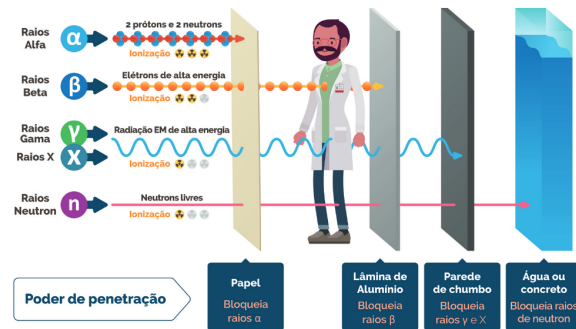


Figure 3: Poder de penetração das radiações.

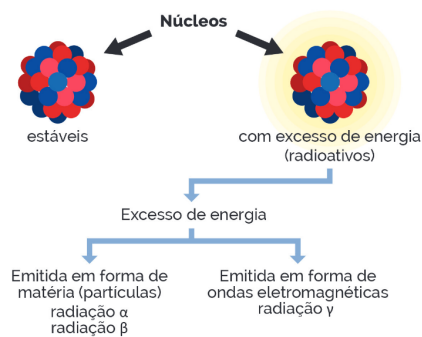


Figure 4: Processo de desintegração do radionuclídeo.

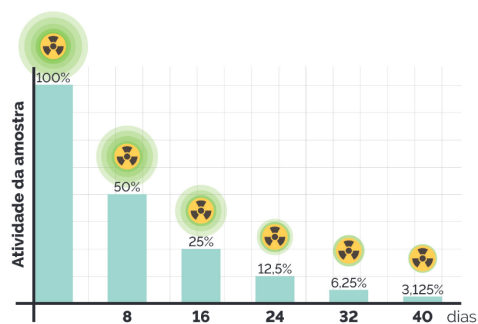


Figure 5: Decaimento do ^{131}I pela suameia – vida física de 8 dias.

5.1 Meia-vida biológica e efetiva

A meia-vida biológica representa o tempo necessário para que o organismo excrete 50% do fármaco. Quando se trata de radiofármacos, é necessário levar em conta também a meia-vida efetiva, que é a soma da meia-vida física e a meia-vida biológica.

A atividade de uma amostra é definida pelo número de desintegrações por segundo do núcleo instável de um radionuclídeo. Dessa forma, é possível mensurar a radioatividade de uma amostra.

6 Radiofármaco no Organismo

Para isso, o médico injeta essa solução, que, de acordo com a fisiologia do organismo humano, por meio de afinidades e rejeições com os vários tipos de células, se dirige ao órgão ou região que se quer diagnosticar. A maneira de fazer o diagnóstico em medicina nuclear é diferente da que emprega raios X, em que a radiação atravessa a pessoa sem deixar vestígios e sensibiliza um filme fotográfico. O tecnécio-99m é um emissor de radiação gama. Ao ser injetado no paciente, passa a emitir radiação de dentro do corpo da pessoa, que é captada exteriormente por detectores de radiação.

O médico Celso Dario Ramos, presidente da Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear (SBMN), diz que radioisótopos, como o tecnécio-99m, são fundamentais para o diagnóstico de muitas doenças. Outros radioisótopos, como o iodo-131 e o lutécio-177, que também serão produzidos no RMB, possibilitam o tratamento de várias doenças, como o câncer de tireóide e tumores neuroendócrinos. “Com o tecnécio-99m é possível fazer imagens que permitem enxergar o metabolismo celular em tecidos vivos”, explica. “Com os diversos radiofármacos é possível ver a distribuição de um determinado hormônio pelo corpo ou o consumo de glicose em uma região, o que pode revelar a presença e a agressividade de um tumor, por exemplo. Os radiofármacos possibilitam ainda enxergar o funcionamento de órgãos internos, como ossos, pulmões, coração, cérebro, fígado e rins.”

No caso do tecnécio-99m, ele tem uma vantagem adicional: uma meia-vida curta. Meia-vida é o tempo que leva para um elemento radiativo perder (emitir na forma de radiação) metade de seus átomos. “A do urânio-235, por exemplo, é de 700 milhões de anos e a do cézio-137, 30,2 anos”, informa Perrotta. “A do iodo-131, outro elemento usado na medicina nuclear e que também será produzido no RMB, é de 8,02 dias e a do tecnécio-99m é de apenas seis horas. Quer dizer, a cada seis horas a intensidade da radiação no corpo da pessoa é reduzida à metade, em dois ou três dias não restará