

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

O decaimento radioativo ocorre quando se rompem os núcleos dos isótopos instáveis em razão da instabilidade atômica. Com relação a esse tipo de decaimento, julgue os itens a seguir.

- 41 O decaimento beta (β) ocorre por meio de três processos. O decaimento β^- , que é a emissão espontânea de elétron pelo núcleo; o decaimento β^+ , que é emissão espontânea de pósitron e^+ pelo núcleo; e a captura de elétron, que é o efeito de absorção espontânea de elétron da camada eletrônica do átomo pelo núcleo.
- 42 No decaimento beta do núcleo de ${}_{90}\text{Th}^{234}$ são produzidos dois núcleos designados por ${}_{90}\text{Th}^{234} \rightarrow \text{UZ} + e^-$ ou ${}_{90}\text{Th}^{234} \rightarrow \text{UX} + e^+$, em que UZ e UX são isômeros de ${}_{91}\text{Pa}^{234}$, ou seja, apresentam propriedades iguais.
- 43 Praticamente toda a energia liberada no decaimento alfa (α) é absorvida, na forma de energia potencial, pela partícula alfa (α) emitida.
- 44 Ao atravessar um material, a partícula carregada transfere sua energia por meio dos processos de colisão e freamento, de tal maneira que, ao longo de uma trajetória elementar dx , a taxa de perda de energia — *linear stopping power* — pode ser expressa por $-dE/dx$.
- 45 As radiações corpusculares, alfa, beta, nêutrons e prótons, possuem energia suficiente para ionizar os átomos e moléculas com as quais interagem. No entanto, as radiações eletromagnéticas não possuem energia suficiente para ionizar os átomos, provocando apenas uma excitação deles.

Tendo em vista que a radioterapia é uma forma de tratamento que usa radiações ionizantes e que ela pode ser proveniente de um aparelho, como uma unidade de cobalto ou acelerador linear, ou de uma fonte radioativa sem a necessidade do uso de um aparelho, julgue os itens que se seguem.

- 46 A bomba de cobalto é constituída por um cabeçote com uma fonte selada de ${}^{60}\text{Co}$, com atividade de até 296TBq, no interior de uma blindagem de chumbo ou urânio exaurido, encapsulada por aço.
- 47 Os aceleradores de elétrons, utilizados nos hospitais, nas indústrias e nos institutos de pesquisa, são muito versáteis, pois, a partir do feixe de fótons, podem produzir feixes de elétrons, ou feixes de nêutrons, utilizando-se reações nucleares, para certas faixas de energia.
- 48 Os colimadores tradicionais são compostos por dois pares de blocos metálicos, orientados paralelos entre si, que permitem adequar o tamanho do campo de irradiação a cada tratamento.
- 49 Um passo essencial no cálculo da dose a ser irradiada consiste em determinar a sua constância ao longo do eixo central do campo, a chamada curva de rendimento em profundidade.
- 50 A espessura da região de *build-up* é denominada espessura de equilíbrio eletrônico.
- 51 Em radioterapia externa as fontes de radiação são muitas vezes consideradas como fontes pontuais e os feixes produzidos são feixes convergentes.

A evolução e os avanços tecnológicos melhoraram significativamente a eficácia com a qual a radioterapia é planejada e aplicada. Levando em consideração os avanços tecnológicos aplicados na radioterapia, julgue os itens subsecutivos.

- 52 Uma das vantagens da radiocirurgia esterotáxica é tratar o tumor com a dose correta de radiação em um curto período de tempo e acurácia extrema, minimizando-se, assim, o efeito nos tecidos normais circunjacentes. A desvantagem é que esse procedimento só pode ser usado para tumores grandes e bem definidos.
- 53 Na radioterapia intraoperatória o cirurgião e o radioterapeuta delimitam a área onde se encontra o leito tumoral e posicionam, nessa área, um cone metálico, que irá direcionar a radiação somente para as áreas afetadas.
- 54 A elaboração dos planos de tratamento é feita a partir dos dados fornecidos pelo físico médico, dependendo apenas dos técnicos de dosimetria.
- 55 Atualmente, a possibilidade de delinear tridimensionalmente a área que se pretende irradiar permite obter uma melhor adaptação dos campos alcançando-se, desta forma, maior heterogeneidade da dose.

Julgue os próximos itens, relativos à radioatividade e ao seu uso na medicina.

- 56 As fontes utilizadas em braquiterapia são seladas e têm isótopos emissores gama ou beta encapsulados no formato adequado com sua aplicação.
- 57 Nos aceleradores lineares, os feixes de radiação ionizante são contínuos, sendo necessário monitorar constantemente esses feixes para garantir a eficácia do tratamento e a segurança do paciente. Isso é feito através de duas câmaras de ionização localizadas no *gantry*.
- 58 Transformar o comportamento biológico das células expostas à radiação em modelos matemáticos é uma das metas buscadas pela radioterapia, para melhor entender o processo de diagnóstico e cura das diversas patologias.
- 59 As tecnologias atualmente disponíveis para o diagnóstico por imagem, como a tomografia computadorizada, a ressonância magnética ou o PET, funcionam como um importante auxiliar em radioterapia e, em conjunto com os atuais sistemas informáticos de planejamento dos tratamentos, permitem administrar doses cada vez maiores, em volumes de tecido bem definidos e cada vez mais precisos.
- 60 No processo de transferência de energia de uma radiação incidente para a matéria, as radiações que têm carga, como elétrons, partículas α e fragmentos de fissão, atuam por meio de seus campos elétrico e magnéticos.
- 61 O efeito fotoelétrico é caracterizado pela transferência parcial da energia da radiação X ou gama a um único elétron orbital, que é expelido com uma energia cinética E_c bem definida, dada por: $E_c = h.f - B_e$, em que h é a constante de Planck, f é a frequência da radiação e B_e é a energia de ligação do elétron orbital.

A respeito dos sistemas de planejamento em radioterapia, julgue os próximos itens.

- 62 Para proteger as áreas que não devem ser irradiadas se faz a distribuição dos *multileafs* no campo de tratamento.
- 63 Somente alguns procedimentos envolvidos no planejamento e na execução da radioterapia podem contribuir para uma incerteza significativa na dose administrada no paciente.
- 64 A definição dos volumes é bastante importante no planejamento de radioterapia externa, conforme o qual são definidos: GTV (*gross tumor volume*), CTV (*clinical tumor volume*), PTV (*planning tumor volume*) e OAR (*organ at risk*).
- 65 A radioterapia intraoperatória só pode ser usada com feixes de elétrons.
- 66 Pacientes movimentam-se e respiram, e isso pode ser decisivo para acertar ou não o alvo em um procedimento radioterápico. Com o avanço tecnológico na radioterapia, a imobilização ficou mais rigorosa e a localização de tratamento mais precisa, possibilitando-se diminuição das margens de segurança e maior preservação de tecidos normais.
- 67 O efeito biológico da radiação independe da energia libertada no tecido.
- 68 No cabeçote de uma bomba de ^{60}Co , existe uma janela de saída do feixe gama, com colimadores apropriados para estabelecer o tamanho de campo, e um sistema de abertura e fechamento que pode ser acionado unicamente por um sistema elétrico.
- 69 O primeiro passo no desenvolvimento de um plano de tratamento é definir a localização das células cancerosas (tumor) e da região de risco (estrutura crítica). Em seguida, a intensidade (dose) da radiação é calculada individualmente conforme cada paciente.
- 70 Em uma matriz de imagem bidimensional $m \times n$ cada um dos seus elementos, denominado *pixel*, representa uma parte do corpo humano.

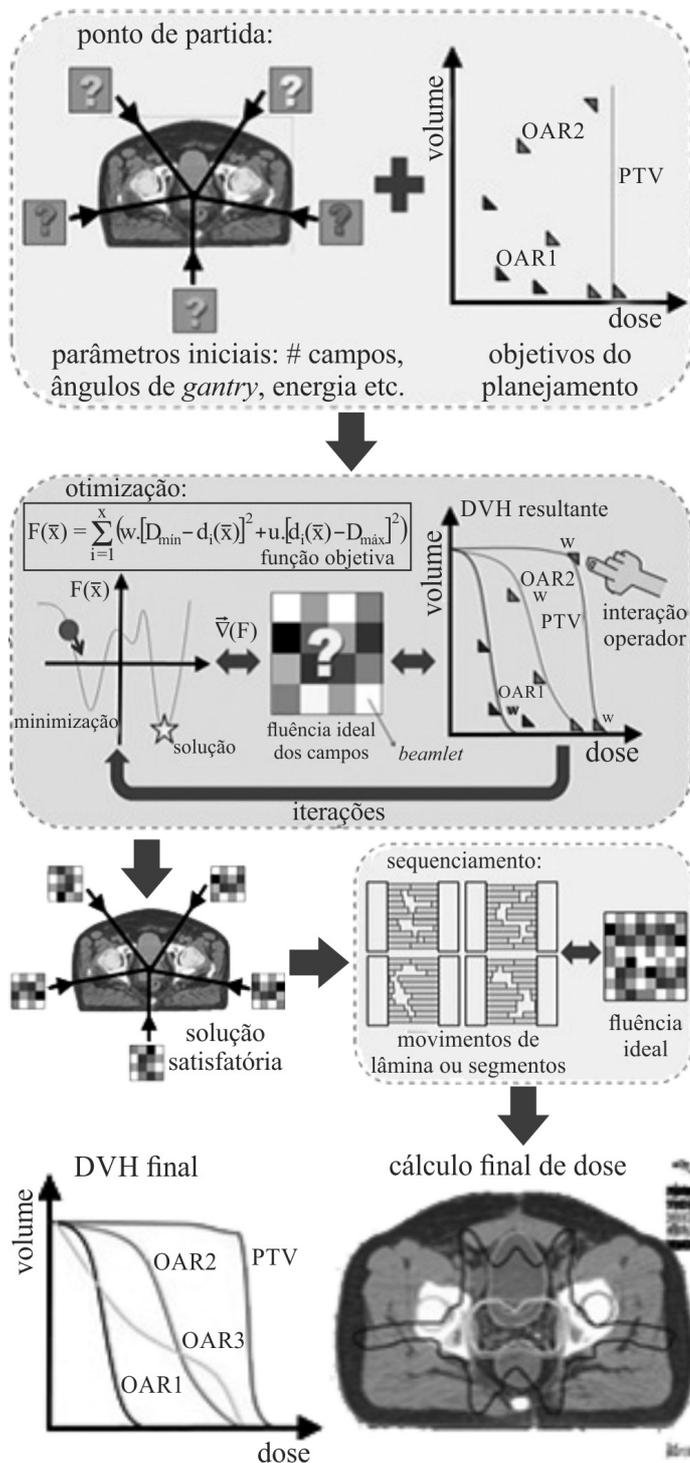
Na braquiterapia, o tratamento radioterápico é feito por meio de nuclídeos radioativos em que a fonte de radiação fica a curta distância, em contato, ou até mesmo implantada na região que deve receber a dose. Com relação a esse tratamento radioterápico, julgue os itens a seguir.

- 71 O uso da braquiterapia, que é restrito ao tratamento de cavidades muito pequenas, pode ser intracavitário ou intersticial, a depender do tipo de local onde será aplicada.
- 72 A braquiterapia de baixa dose — ou LDR, do inglês *low dose rate* — tem a distribuição de fontes e doses bem estabelecida, sendo que estas variam de 30 cGyh⁻¹ a 90 cGyh⁻¹ na região intersticial e de 50 cGyh⁻¹ a 70 cGyh⁻¹ na região intracavitária. Na braquiterapia de alta dose — ou HDR, do inglês *high dose rate* —, utilizam-se doses entre 60 cGyh⁻¹ e 300 cGyh⁻¹.
- 73 O cobalto-60 foi um dos primeiros radionuclídeos artificiais aplicados à braquiterapia, mas passou a ter sua aplicação limitada devido ao fato de a sua meia-vida ser relativamente longa.
- 74 A administração de radiação para fins terapêuticos, como é o caso das fontes radioativas seladas em braquiterapia, deve ser sempre otimizada, de modo que o paciente, os profissionais e o público em geral não sejam expostos desnecessariamente.

- 75 As fontes disponíveis para braquiterapia são caracterizadas por diferentes formas geométricas, como agulhas, tubos, fios, sementes e esferas, mas, independentemente da sua forma, possuem uma cápsula à sua volta, de modo a evitar a dispersão do material radioativo e conferir rigidez à fonte, permitindo, assim, posicioná-la facilmente no local de tratamento e constituir uma barreira às partículas alfa resultantes do decaimento radioativo.

Na radioterapia de intensidade modulada (IMRT), a intensidade da radiação de cada campo de tratamento é modulada por meio de diferentes formatos de subcampos, levando-se em consideração as estruturas anatômicas que o feixe de raios vai atravessar. A respeito da IMRT, julgue os itens que se seguem.

- 76 O principal objetivo imediato da IMRT é estabelecer homogeneidade entre a área-alvo e os tecidos normais que a circundam. Por esse motivo, o plano de tratamento tem de ser cuidadosamente desenvolvido e contemplar o estrito controle de qualidade do processo, para que se obtenha o resultado pretendido.
- 77 O atenuador físico é um método simples de execução de IMRT, pois dispensa o uso do índice de MLC e toda a complexidade associada ao seu uso.
- 78 No método *step-and-shoot*, também chamado de IMRT segmentado, é utilizado o MLC para modular a intensidade da radiação. Nesse sistema, em uma dada posição dinâmica do *gantry*, o formato das lâminas do MLC é mantido constante durante a irradiação e só é modificado, entre irradiações dos sucessivos segmentos, com a fonte do feixe desligado.
- 79 Toda dose prescrita nos alvos do tratamento com IMRT deve ser seguida até onde ela deva ser aplicada.
- 80 Quando o volume-alvo possui movimentação interna, seja pela respiração do paciente, seja por compressão mecânica, é altamente indicado o controle dessa movimentação. Para tanto, o serviço de radioterapia deve possuir recursos de imagem para realizar esse controle.
- 81 Para alguns tipos de tumor, a vantagem do IMRT em relação a outras técnicas de tratamento é a maior chance de cura.



Carlos E de Almeida Bases físicas de um programa da garantia da qualidade em IMRT Rio de Janeiro: CEBIO/UERJ, 2012 (com adaptações)

Considerando a figura precedente, que ilustra o planejamento inverso de IMRT, julgue os seguintes itens.

82 O ponto de partida é a definição, por parte do operador, de parâmetros tais como número de campos, ângulos de incidência, energia do feixe etc., além dos objetivos do planejamento por meio de pontos no DVH: prescrição de dose no(s) PTV(s) — doses mínimas e máximas pontuais ou em frações de volume — e limites de dose para OARs — doses máximas pontuais e(ou) em frações de volume.

- 83 A função objetiva é uma medida da diferença entre os objetivos de dose (definidos pelo operador) e a dose que for produzida pela fluência de cada um dos campos.
- 84 A cada iteração, um novo DVH é apresentado ao operador, que pode modificar os objetivos ou manipular o peso (w) de cada um deles (uma forma de artificialmente aumentar a diferença entre o objetivo de dose e a dose atual), de modo a guiar o processo.
- 85 Encontrada uma solução satisfatória, as fluências ideais obtidas são convertidas em fluências reais, mediante o sequenciamento em posições ou movimentos de MLC (ou geometria de bloco compensador) e, ao final dessa etapa, é obtido o resultado do cálculo final da distribuição de dose resultante.

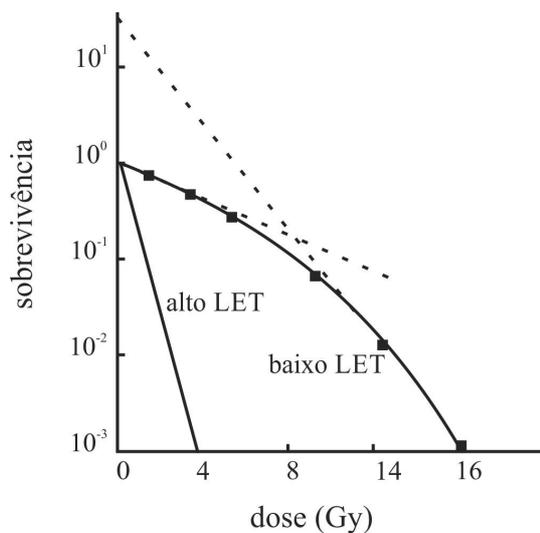
Tendo em vista que, de acordo com as recomendações da ICRP (International Commission on Radiological Protection), basicamente, a radioproteção objetiva a manutenção e conservação de condições seguras para as atividades que envolvam a exposição humana a radiações, julgue os próximos itens, relativos a proteção radiológica.

- 86 A taxa de dose equivalente, que é frequentemente usada para medir campos de radiação no ambiente da instalação radioativa, no intuito de prevenir e controlar a dose a ser aplicada, é a razão da dose equivalente pela unidade de tempo.
- 87 A intensidade da radiação emitida por fonte de raios X ou gama diminui à medida que o alvo irradiado se afasta dessa fonte, e, conseqüentemente, a exposição radiológica e a dose de radiação sobre esse alvo aumentam de modo diretamente proporcional.
- 88 A camada semirredutora é inversamente proporcional ao coeficiente de atenuação linear.
- 89 **Situação hipotética:** Em um serviço de gamagrafia, a fonte radioativa foi exposta no local, para monitoração da área, e o técnico responsável mediu uma taxa de dose de 12 $\mu\text{Sv/h}$. **Assertiva:** Nessa situação, se o técnico usasse um colimador com fator de redução de um dezesseis avos, a nova taxa de dose no local seria igual a 0,65 $\mu\text{Sv/h}$.
- 90 Indivíduos que trabalham em áreas controladas devem, necessariamente, receber tratamento especial do ponto de vista da radioproteção, como, por exemplo, a utilização de dosímetros de leitura indireta, treinamento supervisionado, qualificação e exames clínicos periódicos.
- 91 No Brasil, os limites primários anuais de doses equivalentes são valores normativos regulados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear em âmbito nacional e pela ANVISA nos níveis estadual e municipal.

Considerando que um sistema biológico exposto a radiações sofre lesões detectáveis nos seus diferentes níveis de organização — fragmentos de moléculas, moléculas inteiras, organelas celulares, células, tecidos, órgãos e subsistemas —, julgue os itens que se seguem, acerca dos efeitos da radioterapia sobre o organismo humano.

Espaço livre

- 92 Os processos que conduzem ao aparecimento de radiolesões são, esquematicamente, agrupados em três fases ou estágios: estágio físico, estágio físico-químico e estágio biológico.
- 93 Para produzir seus efeitos, as radiações podem agir direta ou indiretamente sobre a molécula-alvo. Os efeitos diretos resultam da formação de radicais livres, geralmente originados por modificações das moléculas de água que constituem os meios intra- e extracelular.
- 94 As células não possuem mecanismos de defesa contra os efeitos deletérios das radiações.
- 95 Entre os efeitos agudos das radiações, destacam-se a carcinogênese, o envelhecimento precoce, as cataratas, a depressão do sistema imunológico e as malformações.
- 96 Mudanças na molécula de DNA podem resultar no processo conhecido como transformação neoplásica.
- 97 Conforme os dados mostrados no gráfico a seguir, para o mesmo valor da dose de radiação, as radiações de baixo LET resultam em menor percentual de sobrevivência que as de alto LET.



- 98 A influência da qualidade da radiação nos sistemas biológicos pode ser quantificada, utilizando-se o parâmetro denominado efetividade biológica relativa (RBE), segundo o qual, para um dado tipo de radiação A, supondo constantes todas as variáveis físicas e biológicas, a RBE é definida pela seguinte relação adimensional:

$$RBE(A) = \frac{Dose_{referência}}{Dose_{radiaçãoA}}$$

- 99 Uma pessoa lesionada pela radiação, mesmo exibindo sintomas da síndrome da irradiação aguda, não pode ser manuseada, medicada e(ou) transportada como um doente qualquer.
- 100 Os efeitos biológicos pré-natais induzidos pela radiação ionizante podem ser avaliados em duas situações: os induzidos por radionuclídeos ingeridos ou inalados pela mãe e transferidos ao embrião ou feto e os induzidos pela radiação externa, durante o período de gravidez.