

OS EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO TRATAMENTO POR RADIOTERAPIA DO CÂNCER DE PRÓSTATA

Data de aceite: 01/08/2024

Elilson Pinheiro Nunes

Centro Universitário Fametro Curso
Tecnologia em Radiologia Manaus –
Amazonas
0009-0007-4195-0044

Ney Williams Leite Godinho

Centro Universitário Fametro Curso
Tecnologia em Radiologia Manaus –
Amazonas
0009-0006-8065-3141

RESUMO: **Introdução:** As radiações ionizantes podem provocar diversos danos aos tecidos saudáveis, chamados de efeitos biológicos das radiações ionizantes, os efeitos colaterais da radioterapia podem causar sérios problemas à qualidade de vida do paciente. **Objetivo:** Evidenciar os efeitos biológicos das radiações ionizantes durante e após os tratamentos por radioterapia do câncer de próstata. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão literária publicados em artigos científicos publicados nas plataformas eletrônicas Google Acadêmico e SciELO. Em cada sítio de busca foram utilizadas as seguintes palavras-chave em português para a recuperação de dados: “os efeitos biológicos das radiações

ionizantes”, “efeitos colaterais no tratamento por radioterapia” e “câncer de próstata”.

Resultados: Foram obtidos **21** artigos científicos, e diversos artigos relacionado ao tema, que foram publicados em revistas científicas e plataformas eletrônicas como SciELO e Google Acadêmico. **Conclusão:** A radioterapia é um método de tratamento eficaz na luta contra o câncer, as radiações ionizantes podem causar diversos efeitos colaterais a curto e longo prazo, no entanto, os benefícios da radioterapia superam esses riscos, é de suma importância um planejamento eficaz antes do início do tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Efeitos colaterais, radioterapia, efeitos biológicos, câncer de próstata.

THE BIOLOGICAL EFFECTS OF IONIZING RADIATION IN THE RADIOTHERAPY TREATMENT OF PROSTATE CANCER

ABSTRACT: **Introduction:** Ionizing radiation can cause several damages to healthy tissues, called biological effects of ionizing radiation, the side effects of radiotherapy can cause serious problems to the patient's quality of life. **Objective:** To

highlight the biological effects of ionizing radiation during and after radiotherapy treatments for prostate cancer. **Methodology:** This is a literature review published in scientific articles published on the electronic platforms Google Scholar and SciELO. In each search site, the following keywords were used in Portuguese for data retrieval: “the biological effects of ionizing radiation”, “side effects in radiotherapy treatment” and “prostate cancer”. **Results:** **A total of 21 scientific articles and several articles related to the theme were obtained, which were published in scientific journals and electronic platforms such as SciELO and Google Scholar.** **Conclusion:** Radiotherapy is an effective treatment method in the fight against cancer, ionizing radiation can cause several side effects in the short and long term, however, the benefits of radiotherapy outweigh these risks, it is of paramount importance to plan effectively before starting treatment.

KEYWORDS: Side effects, radiotherapy, biological effects, prostate cancer.

INTRODUÇÃO

Câncer é o termo utilizado para abranger mais de 100 tipos diferentes de doenças malignas, é caracterizado pelo crescimento rápido e desordenado das células que adquirem características anormais, podendo respectivamente, acometer outras áreas do corpo e órgãos, formando uma metástase. O processo de formação do câncer é chamado de oncogênese e ocorre de forma lenta, podendo levar vários anos para que as células cancerosas se proliferem e deem origem ao tumor visível (SANTOS et al., 2022).

A próstata é uma pequena e encapsulada glândula acessória do sistema reprodutor masculino, localiza-se imediatamente abaixo da bexiga urinária, sua função é produzir o líquido prostático, uma secreção alcalina que protege os espermatozoides contra a degradação em meio ácido, além de garantir volume ao sêmen. Outros produtos prostáticos são a fosfatase ácida e o antígeno prostático específico (PSA), denominados como marcadores tumorais (GOMES, 2023).

A composição estrutural da próstata consiste em cerca de cinquenta glândulas túbulo alveolares ramificadas responsáveis por secretar o conteúdo prostático na uretra, essas glândulas são formadas por um epitélio cuboide ou pseudoestratificado colunar, e um estroma fibromuscular. A próstata divide-se morfológicamente em três zonas: a zona central, e as zonas periféricas e de transição, com maior importância clínica (GOMES, 2023).

No Brasil, o câncer de próstata é a patologia que mais afeta pacientes do sexo masculino, ocupando o segundo lugar com quase 8,0%, ficando atrás somente do câncer de pele, no ano de 2018 foram diagnosticados mais de 68.220 casos desse tipo de câncer na população masculina. O tratamento principal e eficiente para o câncer de próstata é a radioterapia definitiva e prostatectomia radical, que consiste na retirada total da glândula prostática, no entanto, a prostatectomia nem é sempre indicada para idosos (RIBEIRO, 2021).

A radioterapia é um dos pilares no tratamento contra os diversos tipos de neoplasias malignas existentes, se caracteriza pelo uso de radiações ionizantes no tratamento dos tumores malignos. Ao transferir elétrons, os elétrons livres formam átomos instáveis com outros átomos vizinhos, que ficam instáveis à medida que suas cargas negativas aumentam causando danos ao DNA celular e impedindo a proliferação dos tumores (FANTON; MIOTTO, 2019).

A evolução nas técnicas da radioterapia em conjunto com outros tipos de tratamento como a quimioterapia, hormonioterapia e imunoterapia ajudaram a melhorar a sobrevida dos pacientes. A teleterapia é um método de tratamento no qual a radiação ionizante passa por diferentes tecidos antes de atingir a área afetada pelo tumor, expondo órgãos e tecidos aos efeitos colaterais das radiações. As radiações podem causar diversos danos celulares, no entanto, o sucesso do tratamento depende do planejamento, capacidade de reparo, repopulação e redistribuição celular (FANTON; MIOTTO, 2019).

DESENVOLVIMENTO

No Brasil, a radioterapia teve início no ano de 1901, no rio Grande do Sul, quando o médico Dr. Becker Pinto foi o pioneiro na utilização de um aparelho de raio x para tratamento de um tumor de pele. Desde então, a radioterapia se dividiu em terapias de contato ou braquiterapia, inicialmente com a utilização de materiais radioativos, céσιο, cobalto, e posteriormente, com o surgimento dos aceleradores lineares, a radioterapia a distância chamada de teleterapia (RIBEIRO, 2021).

O grande passo para o avanço da radioterapia veio com o surgimento de novos métodos de imagens, como a tomografia computadorizada, descoberta em 1972 por Hounsfield, pois até então, todo o planejamento de tratamento era feito através de imagens rudimentares de radiografias convencionais e cálculos manuais pouco precisos. A incorporação de imagens tridimensionais e cálculos de computadores a partir da escala de cinza foi o avanço mais importante da radioterapia em sua história, pois, desde então, tornou-se possível identificar com precisão os volumes a serem tratados e as estruturas a serem protegidas (RIBEIRO, 2021).

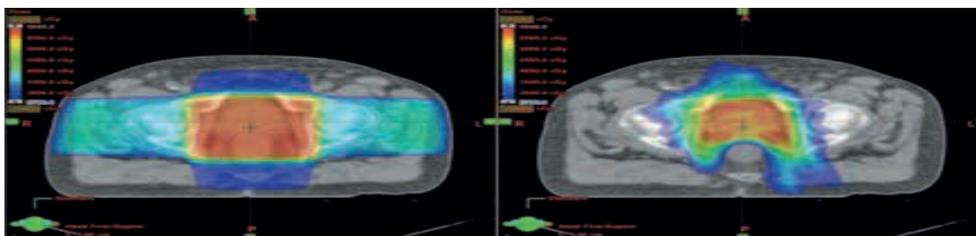


Figura 1 Dois cortes axiais de pelve masculina mostrando um planejamento 3D conformacionado versus IMRT. Nota-se, principalmente no reto, que com IMRT é possível poupar mais estruturas sadias

Fonte: SALVAJOLI, 2012

A radioterapia possui três objetivos principais, o curativo, o remissivo e o sintomático. Quando a radioterapia é usada para destruir tumores inteiros, é chamada curativa, quando é utilizada para destruir apenas parte do tumor ou complementar o tratamento por quimioterapia ou cirurgia, chamamos de remissiva, e o objetivo da radioterapia sintomática é reduzir as dores localizadas proporcionando alívio e conforto ao paciente (FANTON; MIOTTO, 2019).

Na braquiterapia, são utilizados radioisótopos que emitem raios gama e colocado em contato com o tumor por meio intracavitário ou intersticial. A quantidade de radiação usada para destruir tumores é limitada devido ao risco de danos aos tecidos próximos, para aumentar a dose utilizada é necessário empregar fontes pequenas de radiação diretamente em contato com a área lesionada pelo tumor maligno (SANTOS et al., 2022).

A teleterapia ou radioterapia externa, consiste em uma fonte de radiação que é emitida por um acelerador linear (LINAC), a uma distância que equivale de 80 a 100 cm da pele do paciente, dependendo da região a ser tratada, sendo direcionado diretamente ao tumor (RIBEIRO, 2020).

Antes do início do tratamento e aplicações da radioterapia externa, uma equipe multiprofissional realiza todo o planejamento do tratamento a ser realizado, definindo uma estratégia, o local a ser tratado e a quantidade de doses e sessões necessárias para um tratamento eficaz. Algumas marcas de tintas são feitas na pele do paciente na região a ser tratadas, diversos cuidados devem ser empregados para que essas marcas não saiam da pele, principalmente durante a higiene pessoal, no entanto, caso isso ocorra, torna-se necessário que essas marcações sejam reforçadas (FANTON; MIOTTO, 2019).

1.1 CÂNCER DE PRÓSTATA

A próstata é uma glândula exócrina, ligada ao sistema reprodutor masculino, localiza-se na porção inferior do abdômen, abaixo da bexiga e à frente do reto, na porção final do intestino grosso, possui cerca de 3 centímetros de comprimento, 4 centímetros de largura e 2 centímetros de profundidade ântero- posterior, onde a partir dos 30 anos há um crescimento de 0,4g/ano. Tem por finalidade armazenar e liberar um fluido alcalino que em conjunto com os espermatozoides fazem parte do sêmen. Atualmente, o câncer é principal causa mortes no mundo, por esse motivo, tem sido alvo de muitos estudos entre as quais se descobriu sua relação com a hereditariedade. Sabe-se que o câncer decorre de alterações em oncogênese, em genes pertencentes ao grupo supressor tumoral ou em genes do grupo que repara o DNA. O câncer de próstata representa uma ameaça na vida dos homens, essa patologia é comum em homens com idade acima de 65 anos, no entanto, casos esporádicos são relatados em homens com idade inferior a 45 anos, é a segunda causa de óbitos por câncer em homens, perdendo apenas para o câncer de pulmão (NUNES et al.2020).

No Brasil, o câncer de próstata, representa cerca de 29,2% dos tumores incidentes nesse grupo. O número de mortes por esta neoplasia no ano de 2020 foi de 15.841 com incidência de 65.840, é o segundo tipo de neoplasia maligna mais comum nos homens, perdendo apenas para o melanoma. O tumor cresce lentamente, em média de dois a quatro anos, levando cerca de 15 anos para atingir 1 cm de diâmetro, é considerado um câncer da terceira idade, pois cerca de 75% dos pacientes acometidos por essa patologia tem em média 65 anos (SANTOS et al.2022).

1.2 EPIDEMIOLOGIA E ETIOLOGIA

O câncer de próstata é considerado um problema de saúde pública devido à sua magnitude nas altas taxas de incidência e prevalência em todas as regiões do país. Suas maiores taxas são observadas nos países em desenvolvimento, a melhoria na qualidade dos sistemas de informação do país tem contribuído para os estudos dos aumentos das taxas de incidência do câncer de próstata em todo o país. (OLIVEIRA et al.2022).

Segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA), estima-se que o Brasil terá 704 mil novos casos de câncer dentro de três anos, entre 2023 e 2025, e incidências de câncer de próstata com 72 mil (21,0%) em todos os estados do Brasil, incluindo o Distrito Federal (JUNIOR et al.2023).

Com base em dados fornecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), projeta-se que o câncer de próstata ganhe mais destaque ao longo do tempo devido ao envelhecimento da população, além de outros elementos, um dos quais é a expectativa de vida global dos homens, que aumentou de 64,4 anos em 2000 para 70,8 anos em 2019. A partir desses dados, pode-se notar que a taxa de letalidade do câncer de próstata também aumenta com a idade, e um valor aproximado de 55% de todas as mortes por câncer de próstata foi observado internacionalmente após os 65 anos (JUNIOR et al.2023).

A instabilidade genética é um dos principais fatores para a observação da etiologia do câncer. Mutações nos genes supressores são fatores determinantes para o desenvolvimento dos tumores. Desse modo, genes BRCA1 e BRCA2 são preponderantes no aumento de risco e do maior grau de agressividade da neoplasia, estes achados são baseados em estudos prospectivos de incidência e triagem de portadores destas mutações (JUNIOR et al.2023).

1.3 DIAGNÓSTICO

O câncer de próstata possui um quadro inicial silencioso e com evolução bem lenta. Muitos pacientes são assintomáticos, ou quando os sintomas estão presentes são semelhantes ao aumento benigno da próstata que apresenta dificuldade para urinar, necessidade de urinar com mais frequência durante o dia ou a noite. Em estágios avançados, pode causar dor óssea, sintomas urinários, em casos mais graves, infecção sistêmica ou insuficiência renal (FERNANDES et al. 2022).

O diagnóstico do câncer de próstata é baseado nos seguintes exames: exame digital da próstata, através do toque retal, que pode detectar nódulos duros; exame de sangue chamado PSA – teste sérico de antígeno prostático específico, que indica o tamanho da próstata e o nível de progressão da doença; e ultrassonografia transretal (UTR), que é capaz de identificar lesões de baixa ecogenicidade na ultrassonografia (SOUSA et al. 2022).

1.4 TRATAMENTO DO CÂNCER DE PRÓSTATA POR RADIOTERAPIA

O tratamento deve ser personalizado, considerando fatores como idade, expectativa de vida, comorbidades, estágio do tumor e os diferentes tipos de tratamentos disponíveis, levando em conta também os possíveis efeitos colaterais na qualidade de vida do paciente. Entre as opções de tratamento estão a radioterapia externa (teleterapia), radioterapia interna (braquiterapia) e hormonioterapia, que podem ser usadas isoladamente ou em combinação, é importante considerar os efeitos específicos desses tratamentos no intestino, sistema urinário, sexual e hormonal, bem como a fadiga, depressão e alterações no peso que podem ocorrer (SANTOS et al.2022).

A radioterapia é um tipo de tratamento médico muito utilizado para combater tumores malignos, esse tratamento consiste em utilizar radiação ionizante para interagir com o organismo, aplicando uma dose controlada em uma área específica. Esse método, que tem suas origens na descoberta dos raios-x e da radioatividade, faz parte de um amplo campo terapêutico e multidisciplinar na medicina moderna (GOMES, 2023).

1.5 BRAQUITERAPIA

A braquiterapia é um procedimento eficaz que é prescrito apenas para doenças de baixo risco, possui a vantagem de ser realizada em um único dia, com duração de duas a três horas, e exige apenas uma noite de internação hospitalar. Isso pode ser útil para homens que não desejam uma ressecção completa da próstata ou um curso prolongado de radioterapia externa. Como um tratamento bem localizado, reduz a toxicidade causada pela irradiação em tecidos comuns adjacentes, principalmente no reto e na bexiga. O implante da próstata pode ser temporário ou permanente. Usando equipamento de braquiterapia de alta dose, os isótopos paládio-103 e iodo-125 e irídio192 são os mais utilizados no permanente e temporário, a quantidade de implantes depende do volume da próstata (SANTANA, 2019).

Na braquiterapia de alta taxa de dose (HDR), um sistema remoto comanda uma fonte de irídio 192 com alta atividade. Essa fonte sai do paciente por meio de várias agulhas destinadas à próstata. Este processo é conhecido como implante temporário. As agulhas são aplicadas em todo o volume prostático por meio de um “template” perineal e ultrassom transuretral (MAGALHÃES, 2022).

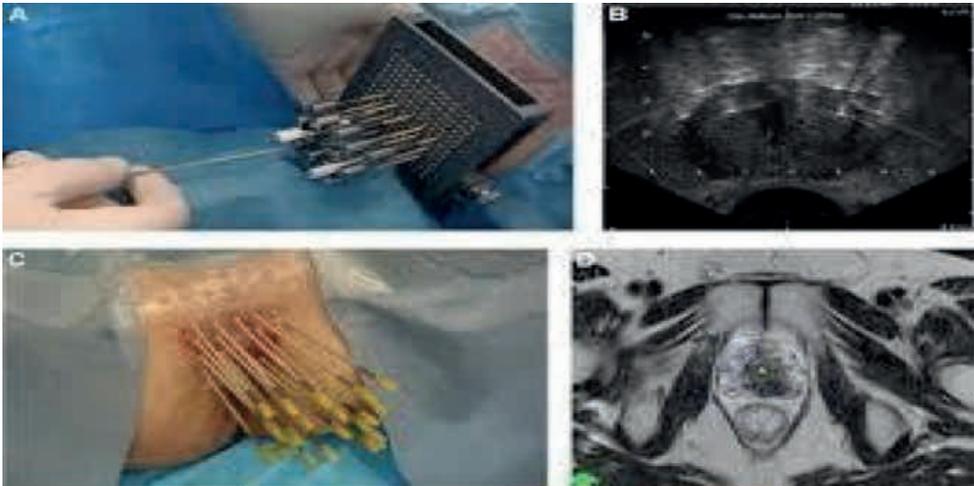


Fig. 2. Fonte: Neurotopia, 2024

1.6 RADIOTERAPIA COM INTENSIDADE MODULADA DE FEIXES (IMRT)

O aprimoramento da técnica da 3D CRT, a IMRT (Radioterapia de Intensidade Modulada), foi outra evolução significativa. Essa técnica permite o delineamento, a conformação da patologia e a irradiação com múltiplos feixes de radiação no tecido a ser tratado, no planejamento da técnica, a dose de radiação é aumentada para o tumor e reduzida para os tecidos saudáveis próximos à patologia. A radioterapia é uma técnica de tratamento de alto custo e pouco acessível aos pacientes em tratamento nos países de baixa renda, embora seja a melhor maneira de evitar que outros órgãos e tecidos sejam expostos à radiação (OLIVEIRA, 2023).

A radioterapia de intensidade modulada é outra forma de teleterapia 3D que permite uma dose precisa de volume de tratamento ao mesmo tempo em que reduz os efeitos colaterais. Este método usa lâminas para conformar e modular o feixe de radiação para o alvo de tratamento, ao contrário da radioterapia tridimensional tradicional. Essa modulação é alcançada pela movimentação das lâminas durante a irradiação do feixe. Isso produz resultados variados em diferentes áreas do alvo a ser tratado (MAGALHÃES, 2022)

1.7 EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE

Os tratamentos para o câncer de próstata podem resultar em efeitos colaterais desagradáveis e preocupantes, tanto a curto quanto a longo prazo. Alguns dos efeitos colaterais da radioterapia externa e interna (braquiterapia) incluem incontinência urinária, fadiga excessiva e problemas intestinais, como irritação do reto causando proctite, que pode levar à diarreia, às vezes com presença de sangue nas fezes. Na maioria dos casos, esses sintomas desaparecem com o tempo, mas há raras situações em que o intestino não se recupera completamente levando em alguns casos relatados a efeitos tardios severos que necessitam de tratamento imediato (SANTOS et al. 2022).

O corpo humano é composto por átomos que se unem para formar moléculas importantes para o funcionamento do organismo e são mantidas juntas através de forças elétricas. No entanto, quando uma pessoa é exposta a radiação ionizante, elétrons podem ser removidos dos átomos. Isso pode levar a desequilíbrios no corpo e causar mudanças moleculares que resultam em efeitos biológicos. Se essa exposição à radiação for frequente, pode afetar negativamente o funcionamento adequado do corpo (MOURA et al.2022).

Os efeitos biológicos da radiação podem ser categorizados com base em como funcionam e em sua natureza, que estão relacionados às reações dos tecidos. Essas reações ocorrem em uma dose limiar ou de maneira proporcional à dose recebida, conhecidas como efeitos determinísticos e estocásticos, respectivamente (MOURA et al.2022).

Quando a radiação ionizante atinge apenas a camada superficial da pele, as células nessa região são facilmente eliminadas através da descamação, o que não causa danos graves ao indivíduo. No entanto, se as células das camadas mais profundas da pele forem afetadas pela radiação, as consequências costumam ser mais severas (MOURA et al.2022).

Nos tecidos gastrointestinais quando as doses de radiação ionizante são elevadas, podem levar a um quadro clínico de ulceração intestinal, ao qual a reversibilidade é quase nula. Por isso, todo cuidado é necessário quando se trata de exposição a uma radiação ionizante mediante a gravidade dessas complicações, devido a isto, é necessário todo o cuidado e planejamento adequado antes de iniciar o tratamento por radioterapia, evitando ao máximo expor os tecidos adjacentes ao tumor latente (MOURA et al.2022).

1.8 NECROSE PERINEAL

A proctite crônica ocorre em 3 a 20% dos casos e geralmente se manifesta como sangramento retal. Este sintoma pode variar desde a perda de pequenas quantidades de sangue até a perda de volume significativo de sangue, que leva à necessidade de transfusões sanguíneas regulares. A radiação prejudica o DNA, o RNA e as paredes celulares liberando radicais livres de oxigênio. Afeta principalmente células que se multiplicam rapidamente, como as células da mucosa intestinal, há presença de edema pálido da mucosa, sem alterações submucosas, espessamento e fibrose da lâmina basal que caracterizam as lesões agudas (KOTZE, 2007).

A fibrose do tecido conectivo e as alterações vasculares ocorrem em lesões crônicas, com espessamento da camada íntima dos vasos submucosos. Isso leva a uma isquemia relativa e telangectasias pelos capilares da mucosa, com uma maior probabilidade de sangramento. A isquemia pode causar úlceras mucosas, perfurações ou fístulas. Após 1 a 2 anos, a fibrose se contrai, o que resulta na exacerbação dos sintomas (KOTZE, 2007).

Problemas de pele como ressecamento, coceira, bolhas ou descamação são comuns entre os pacientes que recebem radioterapia. Dentro de poucas semanas após o tratamento, esses problemas geralmente são resolvidos. O efeito colateral mais comum é

fadiga, ou falta de energia, que não melhora com o repouso. Além dos efeitos colaterais mencionados anteriormente, outros possíveis efeitos colaterais incluem diarreia, náusea e vômitos, boca seca, dificuldade em deglutir, inchaço, perda de cabelo, problemas sexuais, problemas urinários e na bexiga. A maioria dos efeitos colaterais desaparece depois do tratamento, mas alguns podem voltar meses ou anos depois. Quando são respeitados os princípios de dose total de tratamento e aproveitamento fracionado, os efeitos da radiação são bem tolerados. Os efeitos colaterais podem ser imediatos (aparecem durante ou até quatro semanas após o tratamento) ou tardios (aparecem após quatro semanas ou até cinco anos do tratamento) (INCA, 2023).

A radioterapia é um dos tratamentos mais populares e eficazes para combater o câncer, e seus benefícios superam seus efeitos colaterais. Para reduzir os efeitos colaterais, os profissionais devem ser qualificados, treinados e atentos para todos os sinais e sintomas de efeitos colaterais apresentados pelo paciente (INCA, 2023).



Fig. 3. Necrose causada por proctite retal pós-tratamento por radioterapia. Fonte. KOTZE et al. 2007.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de uma revisão de literatura, onde foram coletadas informações no período de **fevereiro a março de 2023** por meio da busca nas plataformas eletrônicas Google Acadêmico e SciELO. Empregou-se, para busca, terminologia em saúde disposta no Google Acadêmico e SciELO, sendo definidos como: Efeitos colaterais da radioterapia; Efeitos biológicos das radiações ionizantes e Tratamento do câncer de próstata por radioterapia.

Para os critérios de inclusão, foram utilizadas publicações entre **2019 e 2024**, **nos idiomas inglês e português**. **Nesta etapa foram excluídos os estudos que não abordassem a proposta de pesquisa, além de estudos repetidos ou duplicados.**

Foram identificados 40 artigos científicos. Após a leitura e análise do título e resumos, outros 19 foram excluídos. Assim, 21 artigos foram lidos na íntegra e, com base nos critérios de inclusão e exclusão, apenas 20 artigos foram selecionados.

DISCUSSÃO

O câncer de próstata é uma doença que afeta a glândula prostática que faz parte do sistema reprodutor masculino, é uma patologia que se desenvolve lentamente e na maioria dos casos de forma assintomática em suas fases iniciais, podendo levar anos para apresentar os principais sintomas.

Estudos do Instituto Nacional do Câncer (INCA), revelam que o câncer de próstata é o segundo tipo de câncer que mais afeta os homens, perdendo apenas para o melanoma, estima-se que até 2025 ocorrerão 72 mil novos casos da doença.

Existem diversos fatores de risco que podem levar ao desenvolvimento do câncer de próstata, entre os principais estão: idade avançada, pois é um tipo de câncer considerado da terceira idade que afeta principalmente idosos a partir dos 65 anos, histórico familiar da doença e dieta.

A radioterapia é um método de tratamento avançado que utiliza radiações ionizantes de alta energia para destruir as células cancerígenas e reduzir os tumores. Com base nos estudos dos efeitos biológicos das radiações ionizantes no tratamento por radioterapia, os efeitos colaterais são comuns nos pacientes que passam por esse método de tratamento, existem diversos efeitos colaterais que ocorrem devido à exposição à radiação como: diarreia, vômitos, boca seca, dificuldades para deglutir, problemas urinários, proctite e danos intestinais no tratamento de câncer de próstata.

Existem diversos tipos de câncer que podem surgir em distintas partes do corpo humano, o método de tratamento será determinado de acordo com o planejamento adequado, isso leva em consideração o tamanho do tumor latente, a idade do paciente e sua capacidade de recuperação, em vista que, nem todos os pacientes oncológicos estão aptos a esse tipo de tratamento devido a fatores como idade, comorbidade e processo de recuperação.

A radioterapia em conjunto com outros tipos de tratamento, são uma ferramenta fundamental na luta contra o câncer, pois, dependendo do estágio da doença, o paciente pode ser completamente curado ou ter sua dor amenizada durante o tratamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O câncer de próstata é uma doença silenciosa que afeta principalmente homens na terceira idade, diversos são os fatores de risco que podem levar ao desenvolvimento dessa patologia. O diagnóstico e tratamento precoce é importante para a cura dessa doença, é de extrema importância que os homens a partir dos 40 anos faça o acompanhamento médico de rotina, pois através do exame de toque retal, exames laboratoriais e de imagem, é possível detectar essa neoplasia ainda em sua fase inicial.

A radioterapia é um dos tratamentos mais eficazes contra diversos tipos de câncer, é importante compreendermos que, embora a radiação possa causar danos às células saudáveis, o objetivo da radioterapia é direcionar a radiação para as células cancerígenas.

Com o avanço da tecnologia, outros métodos de tratamento surgiram, como a radioterapia por intensidade modulada (IMRT), que reduz os sítios de exposição direcionando o feixe radioativo diretamente ao tumor minimizando o impacto dessa energia nas células saudáveis.

Os efeitos colaterais da exposição à radiação podem surgir nos pacientes durante ou após o tratamento, em alguns casos de formas mais severas e outros mais moderados, é importante um bom planejamento da equipe médica para garantir o sucesso do tratamento.

Em alguns casos raros a exposição à radiação pode aumentar o risco de um novo câncer no futuro, porém, os benefícios do tratamento superam esses riscos. É de suma importância o acompanhamento médico durante e após o tratamento para que esses danos sejam minimizados de modo eficaz.

REFERÊNCIAS

SANTOS, Aline Roberta Herrera, TEIXEIRA, Ana Carolina Viveiros. et al. **Câncer de Próstata: Efeitos Colaterais do Tratamento por Radioterapia.** Revista Athenas Higeia, v. 4, n. 1, 2022. Disponível em: <http://atenas.edu.br/revista/index.php/higeia/article/view/126/329>. Acesso em: 15 fev. 2024.

RIBEIRO, Cinthia dos Santos. **Tratamento do câncer de próstata com radioterapia: uma revisão de literatura.** Disponível em: <http://131.0.244.66:8082/jspui/bitstream/123456789/2259/1/RADIOLOGIA%20-%20CINTHIA%20DOS%20SANTOS%20RIBEIRO.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2024.

GOMES, Almir Felipe Silva. **Radioterapia no Tratamento de Câncer de Próstata.** Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/50823/1/TCC%20Almir%20Felipe%20Silva%20Gomes.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2024.

FANTON, Fernanda, MIOTTO, Fernanda. **A importância da Radioterapia e do acompanhamento em mulheres com câncer de mama após o fim do tratamento.** Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/5852/TCC%20Fernanda%20Fanton.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 fev. 2024. FERNANDES, Breno Barreto, VIANA, Gabriel Morais Carvalho. et al.

Diagnóstico precoce do câncer de próstata: uma revisão de literatura. Disponível em: <https://acervomais.com.br/index.php/medico/article/view/10028/6136>. Acesso em: 31 out. 2022.

MAGALHÃES, Denise Maria de Araújo, MACHADO, Marta Laiany Martins. **Radioterapia no câncer de próstata: Uma análise dosimétrica comparativa das técnicas de radioterapia.** Disponível em: <https://ninho.inca.gov.br/jspui/handle/123456789/11010>. Acesso em: 31 out. 2022.

MOURA, Mariela Dutra Gontijo de, SILVA, Bruno Henrique Fidelix da. et al. **Efeitos biológicos da radiação ionizante.** Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 21 n. 1, 2022. Disponível em: http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/6483/pdf_1120. Acesso em: 21 fev. 2024.

NUNES, Amanda Della Rovere, BOTTOS, Vitor da Silva. et al. **Câncer de próstata: fator da hereditariedade, biologia molecular das neoplasias de próstata, prevenção e diagnóstico.** Revista Unilago, v. 2 n. 1, 2020. Disponível em: <https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-medicina/article/view/425>. Acesso em: 25 fev. 2024.

BRAVO, Bárbara Silva, CAIADO, Jaqueline da Silva. et al. **Câncer de Próstata: Revisão de literatura**. Brazilian Journal of Health Review, v. 5 n. 1, p. 567-577, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/42555>. Acesso em: 25 fev. 2024.

JUNIOR, César Romero Soares Souza, SOUSA, Keiko Pérpetuo. et al. **Câncer de Próstata: Diagnóstico e terapêuticas**. Brazilian Journal of Health Review, v. 6 n. 6, p. 29739-29758, 2023. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/65147/46656>. Acesso em: 02 mar. 2024.

SANTOS, Marceli de Oliveira, LIMA, Fernanda Cristina da Silva de. et al. **Estimativa de incidência de câncer no Brasil 2023-2025**. Revista Brasileira de cancerologia, v. 69 n. 1, 2023. Disponível em: <https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/3700>. Acesso em: 02 mar. 2024.

NASCIMENTO, Eduarda Gomes do, CARVALHO, Gabriel Augusto Filgueiras. et al. **Epidemiologia do câncer de próstata no Brasil nos últimos 10 anos**. Disponível em: <http://editora.universidadevassouras.edu.br/index.php/RS/article/view/2855>. Acesso em: 09 mar. 2024.

OLIVEIRA, Rubia da Fonseca Santos, ROSA, Randson Souza. et al. **Fatores associados ao risco de câncer de próstata**. Disponível em: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/81296/88400>. Acesso em: 17 mar. 2024.

MOREIRA, William, ABREU, Carmem Lúcia Ferreira. et al. **Análise dos fatores de risco para o câncer de próstata: Um estudo transversal**. Revista de enfermagem e atenção à saúde, v. 12, n. 3, 2023. Disponível em: <https://seer.ufm.edu.br/revistaeletronica/index.php/enfer/article/view/6410>. Acesso em: 17 mar. 2024.

OLIVEIRA, Nicole Cristina Cassimiro de. **Radioterapia com intensidade modulada via programação linear: uma abordagem fuzzy**. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1339099>. Acesso em: 23 mar. 2024.

KOTZE, Paulo Gustavo, MARTINS, Juliana Ferreira. et al. **Necrose pelvi-perineal pós- Radioterapia para câncer de próstata: Relato de caso**. Disponível em: https://sbcp.org.br/revista/nbr274/p452_455.htm. Acesso em: 23 mar. 2024.

SANTOS, Aline Roberta Herrera, SANT'ANA, Daniel Stephano. et al. **Da pesquisa às práticas radiológicas: Efeitos Colaterais do Tratamento por Radioterapia**. Disponível em: <https://www.revistaremeccs.com.br/index.php/remecs/article/view/76/76>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SOUSA, Rayane Siqueira de, VIEIRA, Ângela Magalhães. et al. **Tratamento do câncer de próstata: radioterapia, quimioterapia e plantas medicinais como alternativa terapêutica**. Disponível em: <https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/537/373>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SANTANA, Ivan Eufrázio de. **Ferramentas computacionais para construção de um fantoma e otimização de modelos computacionais de exposição em braquiterapia de próstata**. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/35159/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20Ivan%20Eufr%ca1zio%20de%20Santana.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2024.

BRUM, Fagner, FERON, Matheus Rizatti. et al. **A Radioterapia do câncer de próstata: uma revisão da literatura dos principais avanços dos métodos de tratamento**. Revista Disciplinarum Scientia, v. 21, n. 1, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/2995>. Acesso em: 31 mar. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Radioterapia: orientação aos pacientes**. Instituto Nacional do Câncer. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tratamento/radioterapia>. Acesso em: 31 mar. 2024.