

INOVAÇÕES NO CAMPO DA RADIOTERAPIA PARA UMA MELHOR QUALIDADE DE VIDA AOS PACIENTES ONCOLÓGICOS

INNOVATIONS IN THE FIELD OF RADIOTHERAPY FOR A BETTER QUALITY OF LIFE FOR ONCOLOGY PATIENTS

INNOVACIONES EN EL CAMPO DE LA RADIOTERAPIA PARA UNA MEJOR CALIDAD DE VIDA DE LOS PACIENTES ONCOLÓGICOS

Fernando Antônio Toledo Rodrigues¹

Felipe da Cunha Rassilan²

Júlia Almeida Furfuro³

Laura de Souza Fernandes⁴

Márcio José Rosa Requeijo⁵

RESUMO: O câncer é uma das principais causas de morte global e a radioterapia é um tratamento essencial no controle da patologia, porém, seus efeitos colaterais podem impactar negativamente a qualidade de vida. O objetivo deste artigo é investigar as inovações técnicas aplicadas à radioterapia com potencial de proporcionar melhor qualidade de vida aos pacientes oncológicos submetidos a essa modalidade terapêutica. A metodologia consistiu em uma busca nas bases de dados PubMed e Scielo, com os descritores “cancer radiotherapy” e “quality of life”, com foco em estudos controlados, meta-análises e revisões dos últimos cinco anos. Ao fim, 12 artigos foram analisados. Os estudos demonstraram diferentes técnicas promissoras que visam melhor qualidade de vida sob um tratamento mais eficaz e menos tóxico. Dentre elas, a ressonância magnética multiparamétrica, biomarcadores, inteligência artificial, agentes radiosensibilizantes, imagiologia térmica e hiperespectral, cremes fitoterápicos, timolol tópico e psicoterapia continuada. Em conclusão, apesar dos avanços científicos, fazem-se necessários mais estudos e medidas que viabilizem a aplicação de práticas atualizadas a fim de focar os esforços na garantia de uma melhor qualidade de vida, com o cuidado centrado no paciente em seus diversos aspectos, não apenas na patologia em si.

4412

Palavras-chave: Radioterapia. Neoplasias. Qualidade de Vida. Efeitos da Radiação

ABSTRACT: Cancer is one of the causes of death globally, and radiotherapy is an essential treatment in controlling the pathology. However, its side effects can negatively impact the quality of life. The objective of this article is to investigate technical innovations applied to radiotherapy with the potential to provide a better quality of life for cancer patients undergoing this therapeutic modality. The methodology consisted of a search in the PubMed and Scielo databases, with the descriptors “cancer radiotherapy” and “quality of life”, focusing on controlled studies, meta-analyses, and reviews from the last five years. In the end, 12 articles were analyzed. Studies have demonstrated promising techniques to improve the quality of life under more effective and less toxic treatment. These include multiparametric magnetic resonance imaging, biomarkers, artificial intelligence, radiosensitizing agents, thermal and hyperspectral imaging, herbal creams, topical timolol, and continued psychotherapy. In conclusion, despite scientific advances, more studies and measures are needed to enable the application of updated practices to focus efforts on ensuring a better quality of life, with patient-centered care in its various aspects, not only in the pathology itself.

Keywords: Radiation Oncology. Neoplasms. Quality of Life. Radiation Effects.

¹Discente de Medicina - FAMINAS BH.

²Discente de Medicina - FAMINAS BH.

³Discente de Medicina - FAMINAS BH.

⁴Discente de Medicina - FAMINAS BH.

⁵Docente de Medicina - Doutorado em Medicina pela Universidade de São Paulo.

RESUMEN: El cáncer es uma de las principales causas de muerte a nivel global, y la radioterapia es um tratamiento esencial em el control de esta patología; sin embargo, sus efectos secundarios pueden impactar negativamente em la calidad de vida. El objetivo de este artículo es investigar las innovaciones técnicas aplicadas a la radioterapia com potencial para proporcionar uma mejor calidad de vida a los pacientes oncológicos sometidos a esta modalidad terapéutica. La metodología consistió em una búsqueda em las bases de datos PubMed y Scielo, com los descriptores “cancer radiotherapy” y “quality of life”, enfocándose em estudios controlados, metaanálisis y revisiones de los últimos cinco años. Al final, se analizaron 12 artículos. Los estudios demostraron diferentes técnicas prometedoras que buscan mejorar la calidad de vida mediante um tratamiento más eficaz y menos tóxico. Entre ellas se destacan la resonancia magnética multiparamétrica, biomarcadores, inteligencia artificial, agentes radiosensibilizadores, imaginología térmica e hiperespectral, cremas fitoterapéuticas, timolol tópico y psicoterapia continua. Em conclusión, a pesar de los avances científicos, se requieren más estudios y medidas que permitan la aplicación de prácticas actualizadas para enfocar los esfuerzos em garantizar uma mejor calidad de vida, com um cuidado centrado em el paciente em sus diversos aspectos, y no solo em la patología em sí.

Palabras clave: Radioterapia. Neoplasias. Calidad de Vida. Efectos de la Radiación.

1. INTRODUÇÃO

O câncer se apresenta como uma das principais causas de morte em todo o mundo. No Brasil, a projeção para o triênio 2023-2025 é de 704 mil novos casos por ano, de acordo com o INCA, evidenciando a magnitude do problema. Além das perdas humanas, o câncer impõe um ônus econômico, com custos diretos e indiretos estimados em bilhões de dólares anualmente. De acordo com o relatório mais recente (2020) da American Cancer Society, o custo global anual do câncer é estimado em aproximadamente US\$ 1,16 trilhão.

A radioterapia, por sua vez, é uma modalidade terapêutica fundamental no tratamento do câncer, que utiliza radiação ionizante para destruir células tumorais, oferecendo benefícios tanto curativos quanto paliativos. No âmbito curativo, a radioterapia visa erradicar o câncer, controlando o crescimento tumoral e aumentando a sobrevida dos pacientes. Já no contexto paliativo, busca-se o alívio dos sintomas, como dor e compressão de órgãos, melhorando a qualidade de vida mesmo em casos em que a cura não é mais possível. Trata-se de um tratamento pelo qual passam aproximadamente 50% dos pacientes oncológicos (CHAPUT; REGNIER, 2021). Apesar dos benefícios inegáveis da radioterapia no combate ao câncer, é crucial reconhecer que essa modalidade terapêutica pode acarretar efeitos indesejados que impactam negativamente a qualidade de vida dos pacientes, uma vez que também afeta células saudáveis. Exemplos disso são fadiga, náuseas, alterações na pele e problemas gastrointestinais, que podem surgir durante ou após o tratamento, comprometendo o bem-estar físico e emocional dos indivíduos.

Essa diminuição da qualidade de vida pode ser aguda ou crônica, prolongando-se por meses ou até anos após o tratamento (KONDZIOŁKA; WILCZYŃSKI; MICHAŁECKI, 2022). A intensidade dos efeitos adversos varia conforme o tipo de radioterapia e o tipo de câncer tratado. Para mitigar esses efeitos e proteger a qualidade de vida dos pacientes, têm sido pesquisadas técnicas para tornar a radioterapia menos invasiva e minimizar seus efeitos colaterais (ALHUSSAN; BOZDOĞAN; CHITHRANI, 2021). Nesse sentido, avanços significativos ocorreram nas últimas décadas, impulsionados pelo desenvolvimento de tecnologias que permitem uma aplicação cada vez mais precisa e personalizada da radiação. Esses avanços tecnológicos abrem novas perspectivas para o futuro da radioterapia, com o potencial de melhorar ainda mais os resultados clínicos e a qualidade de vida dos pacientes oncológicos.

Assim, é essencial para otimizar o tratamento, compreender esses efeitos colaterais, bem como suas implicações na rotina dos pacientes e possíveis medidas preventivas e de suporte que minimizem o sofrimento e promovam uma melhor adaptação à terapia. A relevância deste estudo reside em sua capacidade de fornecer subsídios para a prática clínica, de maneira a auxiliar na tomada de decisões terapêuticas mais personalizadas e no desenvolvimento de intervenções que minimizem o impacto negativo da radioterapia, de modo a promover uma melhor qualidade de vida para os pacientes em tratamento oncológico submetidos a essa intervenção.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo central investigar as inovações técnicas aplicadas à radioterapia com potencial de proporcionar melhor qualidade de vida aos pacientes oncológicos submetidos a essa modalidade terapêutica, de maneira a amenizar os efeitos indesejados da terapia.

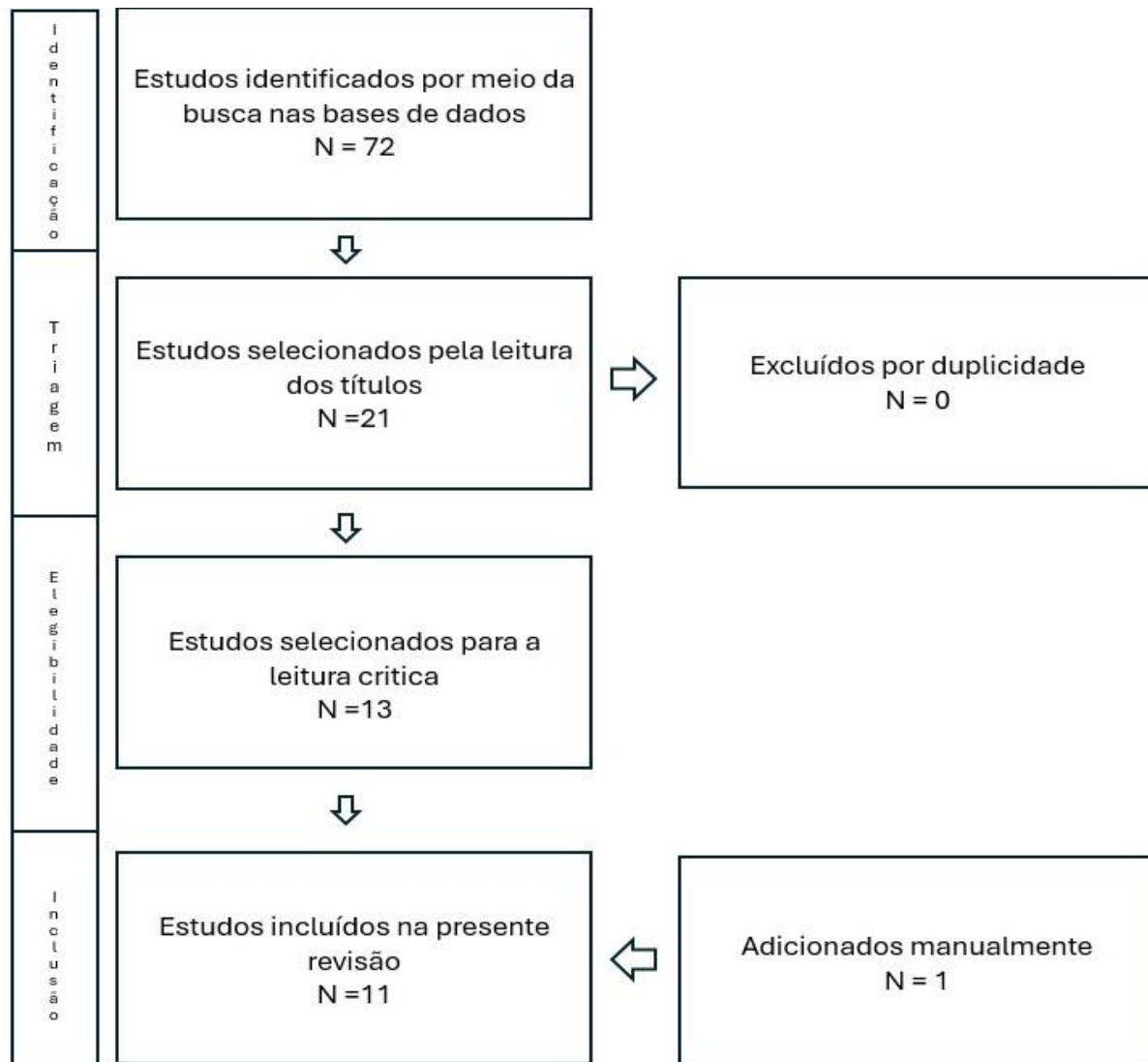
3. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão literária, que se baseou na pergunta formulada pela estratégia PICO: “Em pacientes oncológicos submetidos à radioterapia, novas técnicas, em comparação ao uso tradicional, poderiam proporcionar melhor qualidade de vida a esses pacientes?”

A busca bibliográfica foi realizada através do banco de dados PubMed e Scielo, em setembro de 2024. Os descritores utilizados durante a pesquisa foram “Cancer radiotherapy”

AND “quality of life” na PubMed e “cancer” AND “radiotherapy” AND “quality of life” pela Scielo. Foram utilizados os filtros consistentes com os critérios de inclusão: textos completos e gratuitos, meta-análises, ensaio controlado randomizado e revisões dos últimos 5 anos. Foram encontrados 20 resultados para o PubMed e 51 na Scielo.

Desse modo, a pesquisa resultou em 72 artigos como resultado. Destes, 51 foram descartados após análise do título, devido a incoerência com o tema de pesquisa. Em um segundo momento, excluiu-se 8 artigos após a avaliação dos resumos, por não se adequarem à questão do estudo. Após a leitura na íntegra dos 13 artigos restantes, 3 artigos foram excluídos por não serem relevantes para a pesquisa atual. Assim, 10 artigos foram analisados como amostra final deste estudo. Além disso, 1 artigo adicional foi incluído manualmente (CHAPUT; REGNIER, 2021).



Fonte : Scielo e PubMed , 2024

4. RESULTADOS

Frente à bibliografia analisada, foi exposto, de maneira resumida, no Quadro 1, informações acerca dos principais artigos utilizados para compor o corpus da pesquisa, de forma que no quadro observa-se o ano da publicação do respectivo trabalho, a autoria, o título do estudo e os principais achados relacionados a inovações no campo da radioterapia para uma melhor qualidade de vida aos pacientes oncológicos.

Nome do artigo	Autoria	Dados
The effect of various interventions on the prevention of radiation dermatitis: a network meta-analysis.	Cao et al, 2024	Metanálise em rede (NMA) de ensaios clínicos randomizados. A NMA comparou a eficácia de 19 intervenções na prevenção da radiodermatite em pacientes submetidos a radioterapia. Resultados: O creme de hialuronan foi o mais eficaz na prevenção da radiodermatite de grau 0/1, enquanto a mistura de azeite de oliva e hidróxido de cálcio (OOCH) foi a mais eficaz na prevenção da RD de grau superior a 2.
Radiotherapy in Pancreatic Cancer: To Whom, When, and How?	Falco M, Masojć, 2023	Em casos localmente avançados, o uso de radioterapia aumenta as taxas de cura e reduz a dor. A qualidade de vida com a quimioterapia cai, retornando após 3 semanas. Pacientes cortaram ou reduziram a dose de analgésicos após radioterapia. A dor retornava após 4 meses.
Artificial intelligence-supported applications in head and neck cancer radiotherapy treatment planning and dose optimisation.	Ahervo et al, 2023	Colaterais do tratamento na área: xerostomia e disfagia. Radioterapia guiada por imagem e radioterapia com radiação modulada. Através de um acelerador linear, o tecido tumoral, mais sensível, é destruído, enquanto o tecido saudável consegue se recuperar. AI evitou danos a laringe e faringe, enquanto o plano humano evitou mais danos à coluna vertebral.
Potential Use of Novel Image and Signal Processing Methods to Develop a Quantitative Assessment of the Severity of Acute Radiation Dermatitis in	KONDZIOŁKA, J.; WILCZYŃSKI, S.; MICHAŁECKI, Ł. 2022	95% das pacientes que passam por radioterapia reportam dermatite - eritema, edema, secura, descamação e até necrose se intensificam com cada irradiação, podendo cronificar meses ou anos após o fim do tratamento..A

Breast Cancer Radiotherapy.		radiação ionizante tende a ser utilizada como adjuvante de mastectomia radical ou conservadora. A técnica de hipofracionamento da radioterapia reduz a radiação total que a paciente recebe e aumenta sua chance de concluir todas as sessões. O uso de termo-imagens para manejar a radiodermatite permite a classificação de sua severidade, e suas técnicas são não-invasivas.
Current State of Personalized Genitourinary Cancer Radiotherapy in the Era of Precision Medicine.	KAMRAN, S. C.; EFSTATHIOU, J. 2021	A identificação de biomarcadores permitiu uma personalização da radioterapia genitourinária, reduzir toxicidade, melhorar prognóstico e qualidade de vida. Através de um espaçador perirretal de gel, foi possível obter menor toxicidade retal em câncer de próstata.
Combining Gold Nanoparticles with Other Radiosensitizing Agents for Unlocking the Full Potential of Cancer Radiotherapy.	Alhussan A, Bozdoğan EPD, Chithrani DB.2021	O uso de agentes radiosensíveis (cisplatina, nano ouro, docetaxel) em tumores aumenta sua vulnerabilidade à radiação, reduzindo a toxicidade para tecido normal. Also, a quimioterapia geralmente mira na divisão celular, podendo tratar metástases não detectadas, mas afeta também tecidos normais com células que se dividem rapidamente
Effects of topical timolol for the prevention of radiation-induced dermatitis in breast cancer: a pilot triple-blind, placebo-controlled trial.	Nabi-Meybodi et al, 2022	Ensaio clínico randomizado triplo cego, controlado por placebo, timolol tópico 0,5%; Conclui que embora o timolol tópico tenha demonstrado potencial na redução da gravidade e no atraso da incidência de radiodermatite, não teve efeito na qualidade de vida.
Radiation Therapy in Metastatic Soft Tissue Sarcoma: From Palliation to Ablation.	Shah et al, 2021	Pacientes com sarcoma de tecido mole metastático geralmente têm um prognóstico ruim e o tratamento padrão é a terapia sistêmica isoladamente ou com radioterapia paliativa para o controle dos sintomas, Porém, as taxas de resposta a quimioterapia podem ser baixas e o alívio duradouros dos sintomas com a radioterapia paliativa pode ser limitado.
Radiotherapy: Clinical pearls for primary care.	CHAPUT; REGNIER, 2021	Pelo menos 50% dos pacientes com câncer serão submetidos à radioterapia em algum momento durante o curso de sua doença. A dermatite por radiação é um efeito

		colateral cutâneo comum relacionado à radiação, observado nas áreas da cabeça e pescoço, mama, vulva e região anorretal, devido à proximidade com a superfície da pele. A gravidade da reação é dependente da dose. Roupas largas e a evitação de perfumes ou sabonetes agressivos são medidas gerais recomendadas para auxiliar na preservação da pele.
Prophylaxis of Radiation-Induced Dermatitis in Patients With Breast Cancer Using Herbal Creams: A Prospective Randomized Controlled Trial.	Thanthong et al, 2020	Nenhum creme foi superior ao tratamento padrão, mas o creme de pepino auxiliou na recuperação da pele.
Fatigue following radiotherapy of low-risk early breast cancer - a randomized controlled trial of intraoperative electron radiotherapy versus standard hypofractionated whole-breast radiotherapy: the COSMOPOLITAN trial.	Forster et al, 2020	Investiga a intensidade da fadiga em pacos com câncer de mama em estágio inicial, tratadas com radioterapia de mama total (WBI) ou radioterapia parcial acelerada (APBI) após cirurgia conservadora da mama (BCS), usando o Questionário de Avaliação de Fadiga da Avaliação Funcional da Terapia de Doenças Crônicas FACIT. O estudo ainda está em andamento, mas espera demonstrar que BCS seguida de APBI com elétrons resulta em melhor tolerabilidade da radioterapia adjuvante em termos de fadiga em comparação com BCS seguida de WBRT hipofracionada, contribuindo para manutenção da qualidade de vida.

Com os avanços da medicina de precisão, há uma crescente possibilidade de personalizar o tratamento oncológico utilizando biomarcadores específicos. No estudo de Kamran e Efstathiou (2021), focado em câncer geniturinário, foram analisados biomarcadores mais sensíveis e específicos, como o Tmprss2-ERG, o qual pode ser detectado em exames de urina, com especificidade de 93% e sensibilidade de 94%. Esse biomarcador foi encontrado em 50% dos tumores primários de próstata. Combinando esses biomarcadores à biópsia, considerada o padrão-ouro do diagnóstico, o uso da ressonância magnética multiparamétrica (mpMRI) permitiu diagnósticos e estadiamentos tão precisos quanto a combinação de biópsia com ultrassom transretal. Essas inovações contribuíram para uma maior precisão na administração da dose de radioterapia na próstata. Outra abordagem importante para otimizar a dose de

radiação é a irradiação direcionada ao sítio da lesão, visualizada por mpMRI, o que demonstrou melhorar a qualidade de vida dos pacientes tratados, apesar de não ter impactado significativamente a taxa de sobrevivência. Por fim, o uso de espaçadores perirretais de gel foi analisado, e observou-se uma redução na dose de radiação absorvida pelo reto, de 7% de toxicidade retal no grupo placebo para 2% no grupo que utilizou o espaçador.

Outra abordagem promissora para reduzir os efeitos adversos da radioterapia e melhorar a qualidade de vida dos pacientes envolve a personalização do tratamento com o uso de inteligência artificial (IA), machine learning e deep learning (AHERVO et al., 2023). Um estudo focado em radioterapia para câncer de cabeça e pescoço buscou minimizar a ocorrência de xerostomia e disfagia, em comparação a planos de tratamento convencionais. Os planos gerados por IA foram escolhidos pelos médicos com duas vezes mais frequência, devido à menor irradiação de áreas críticas, como a laringe e a faringe, embora tenha havido um pequeno aumento na exposição da medula espinhal. Além disso, planos híbridos, que combinam a expertise humana com IA, apresentaram os melhores resultados, reduzindo em até 39% a dose de radiação para órgãos em risco. Consequentemente, os pacientes relataram menos efeitos adversos e uma melhora significativa em sua qualidade de vida.

Além disso, o uso de agentes radiosensibilizantes, como a cisplatina, nanopartículas de ouro e o docetaxel, também representa uma nova fronteira para tornar a radioterapia menos invasiva e tóxica. Esses agentes podem reduzir a toxicidade para tecidos normais ao melhorar a eficácia da radiação contra células tumorais. O estudo de Alhussan, Bozdoğan e Chithrani (2021) explora o uso de nanopartículas de ouro, destacando suas vantagens, como biocompatibilidade, simplicidade estrutural e facilidade de manufatura. Testes em roedores indicaram que a combinação de nanopartículas de ouro com radiação aumentou a taxa de sobrevivência a longo prazo para 86%, em comparação a 20% com radiação isolada. No entanto, o estudo ainda está em fase I, e a redução de toxicidade para células normais permanece uma hipótese em investigação.

No tratamento do câncer de mama em estágio inicial, uma queixa comum entre pacientes tratados com radioterapia de mama total (WBI) ou radioterapia parcial acelerada (APBI), após cirurgia conservadora de mama (BCS), é a fadiga. Essa condição, frequentemente relatada como dificuldade de concentração, hipobulia e exaustão física, é avaliada por meio de questionários específicos. Em uma pesquisa em andamento realizada por Forster et al. (2020), a BCS seguida de APBI com elétrons mostrou ser mais bem tolerada, com menores índices de

fadiga, em comparação à BCS seguida de WBRT hipofracionada, o que contribuiu para a manutenção da qualidade de vida das pacientes.

Ademais, outro efeito adverso comum associado à radioterapia é a radiodermatite, relatada em 95% dos pacientes com câncer de mama. Os sintomas podem variar de eritema e edema leves a descamação e, em casos graves, necrose tecidual. Embora a radiodermatite aguda seja mais comum, manifestando-se nas primeiras quatro semanas de tratamento, o quadro pode se tornar crônico, persistindo por meses ou até anos (KONDZIOŁKA; WILCZYŃSKI; MICHAŁECKI, 2022). O estudo de Kondziółka, Wilczyński e Michalecki utiliza técnicas inovadoras, como imaginologia térmica e hiperespectral, para diagnosticar e monitorar a gravidade da radiodermatite. A imaginologia térmica infravermelha (IRT) permite identificar reações inflamatórias por meio da análise das áreas mais quentes da epiderme, enquanto a imaginologia hiperespectral avalia a oxigenação e a perfusão tecidual. Essas técnicas, que são não invasivas e sem contato, oferecem um diagnóstico mais preciso e podem guiar intervenções dermatológicas adequadas.

Para o tratamento da radiodermatite aguda, métodos tradicionais, como cremes hidratantes sem fragrância, ainda são amplamente utilizados. No entanto, o estudo de Thanthong et al. (2020), explorou inovações em cremes dermatológicos fitoterápicos, testando um creme com 20% de extrato de pepino (*Cucumis sativus*) e outro com 5% de extrato de *Thunbergia laurifolia*. Embora os cremes não tenham prevenido o desenvolvimento da radiodermatite, o creme de pepino mostrou-se eficaz no alívio da dor e na redução do edema. Além disso, o ensaio clínico de Nabi-Meybodi et al. (2022), demonstrou que o uso de timolol tópico a 0,5% reduziu significativamente a incidência de radiodermatite aguda em pacientes com câncer de mama submetidos à radioterapia. Após sete semanas, apenas 31,3% dos pacientes que utilizaram o creme desenvolveram radiodermatite de grau 2, em comparação a 75% no grupo placebo. O estudo concluiu que o timolol não apenas retarda o desenvolvimento da condição, mas também reduz sua gravidade.

Ainda no aspecto da prevenção da radiodermatite, uma metanálise realizada por Cao, Li e Cai (2024) avaliou 33 estudos e comparou 19 tratamentos. A análise concluiu que o creme de hialuronano foi eficaz na prevenção de radiodermatite de grau 0/I, enquanto a combinação de azeite de oliva e hidróxido de cálcio (OOCH) foi a mais eficaz na prevenção de graus mais graves, superiores a 2.

Não obstante, a radioterapia também pode melhorar a qualidade de vida de pacientes que já estão em quimioterapia para certos tipos de câncer. No estudo de Falco, Masojć e Sulikowski (2023) sobre câncer de pâncreas localmente avançado, observou-se que a radioterapia aumentou o controle da doença e reduziu significativamente a dor. Aproximadamente 50% dos pacientes interromperam o uso de analgésicos após a irradiação, e cerca de 25% reduziram as doses pela metade. No entanto, após quatro meses, houve recorrência da dor aos níveis originais.

Por fim, a radioterapia tem um papel crucial nos cuidados paliativos. (SHAH et al., 2021) estudaram pacientes com sarcoma de tecido mole metastático, que frequentemente apresentam metástases na medula espinhal. O estudo demonstrou a superioridade da radioterapia corporal estereotáxica, uma técnica de alta precisão e dose, em relação à radioterapia paliativa fracionada, proporcionando maior controle da dor sem aumentar a toxicidade. Em casos de metástases cerebrais, Shah et al avaliaram a radiocirurgia estereotáxica, que controlou 89% das metástases locais, embora o controle de metástases periféricas tenha sido menor (34%), com uma taxa de sobrevivência aos 12 meses de 38%. Esse controle é importante para preservar a função neurológica, em comparação à radioterapia total do cérebro, mas o surgimento de metástases distantes permanece um desafio, limitando as taxas de sobrevivência a longo prazo. Adicionalmente, a radioterapia tem um papel fundamental em cuidados paliativos para pacientes com prognósticos desfavoráveis (SHAH et al., 2021), com o desenvolvimento de técnicas e medicamentos voltados ao tratamento de efeitos adversos, como a radiodermatite (NABI-MEYBODI et al., 2022).

5. DISCUSSÃO

A análise dos resultados revela que, apesar da radioterapia ser eficaz no controle do câncer, ela pode impactar significativamente a qualidade de vida dos pacientes, tanto em termos físicos quanto emocionais. Esses efeitos adversos, como fadiga, radiodermatite e exaustão física, muitas vezes comprometem a capacidade dos pacientes de manter suas atividades diárias e sociais (FORSTER et al., 2020; KONDZIOŁKA; WILCZYŃSKI; MICHAŁECKI, 2022). Isso destaca a importância de se buscar técnicas que minimizem tais consequências. A medicina de precisão e o uso de novas tecnologias, como a inteligência artificial (IA), têm um papel fundamental na redução dos efeitos colaterais, proporcionando tratamentos mais personalizados e menos invasivos (AHERVO et al., 2023).

Nesse sentido, os resultados reforçam a importância da ressonância magnética multiparamétrica (mpMRI) no diagnóstico e estadiamento de cânceres, especialmente quando combinada com a biópsia e o ultrassom transretal (KAMRAN; EFSTATHIOU, 2021). Essa combinação de exames se mostrou eficaz na detecção de cânceres geniturinários, com a mpMRI sendo uma ferramenta valiosa para guiar a administração da dose de radioterapia. Os biomarcadores, como o TMRSS2-ERG no câncer de próstata, demonstram grande potencial para auxiliar na personalização do tratamento radioterápico. Essa abordagem direcionada contribui para uma redução significativa na toxicidade e melhora na qualidade de vida dos pacientes, como foi observado no uso de espaçadores perirretais para minimizar os danos aos tecidos circundantes durante a radioterapia de próstata (KAMRAN; EFSTATHIOU, 2021).

Da mesma forma, a integração de IA e machine learning na elaboração de planos radioterápicos, especialmente em cânceres de cabeça e pescoço, representou um avanço crucial. Os planos gerados por IA, ao reduzir a dose de radiação em órgãos críticos, resultaram em menor incidência de xerostomia e disfagia, o que se traduz em uma melhora substancial na qualidade de vida dos pacientes (AHERVO et al., 2023). O estudo mostra que, ao combinar a expertise humana com IA, os resultados podem ser otimizados, mitigando os efeitos adversos enquanto se mantém a eficácia do tratamento.

4422

Além disso, o uso de agentes radiosensibilizantes, como nanopartículas de ouro e a cisplatina, surge como uma estratégia promissora para aumentar a eficácia da radioterapia enquanto se reduz a toxicidade para tecidos saudáveis (ALHUSSAN; BOZDOĞAN; CHITHRANI, 2021). Estudos pré-clínicos indicam que a combinação dessas substâncias com radiação aumenta a taxa de sobrevivência em modelos animais. Contudo, é importante salientar que esses resultados ainda são preliminares, e mais estudos clínicos são necessários para validar a segurança e eficácia dessa abordagem em humanos.

Entre os efeitos adversos mais prevalentes, a radiodermatite continua sendo uma preocupação significativa, especialmente em pacientes com câncer de mama. Nesse aspecto, a introdução de tecnologias de diagnóstico não invasivas, como a imagiologia térmica e hiperespectral, promete melhorar o monitoramento e o tratamento dessa condição (KONDZIOŁKA; WILCZYŃSKI; MICHAŁECKI, 2022). Também, o uso de cremes fitoterápicos e de medicamentos tópicos, como o timolol, mostrou-se eficaz na redução da severidade da radiodermatite, oferecendo alívio aos pacientes (THANTHONG et al., 2020; NABI-MEYBODI et al., 2022).

No contexto paliativo, a radioterapia continua sendo uma ferramenta valiosa para o controle da dor e de outros sintomas debilitantes em pacientes com câncer em estágio avançado. Estudos demonstram que técnicas como a radioterapia estereotáxica proporcionam controle efetivo da dor em metástases espinhais e cerebrais, com menores efeitos colaterais em comparação à radioterapia convencional (SHAH et al., 2021). No entanto, o controle das metástases periféricas e o aumento das taxas de sobrevivência continuam sendo desafios.

Além dos efeitos físicos, os desafios psicológicos, como ansiedade e estresse, foram identificados como componentes críticos da experiência dos pacientes. Isso sugere a necessidade de um acompanhamento contínuo e de suporte psicológico durante o curso do tratamento, a fim de reduzir o impacto negativo na qualidade de vida e promover um melhor enfrentamento da doença.

Portanto, embora os avanços na radioterapia tenham melhorado significativamente o tratamento oncológico, a eliminação total dos efeitos adversos ainda não foi alcançada. Tecnologias emergentes, como a IA, biomarcadores e agentes radiosensibilizantes, oferecem uma perspectiva promissora para tratamentos mais eficazes e menos tóxicos. No entanto, o constante aprimoramento dessas técnicas é essencial para que os pacientes possam manter a melhor qualidade de vida possível durante o tratamento e após sua conclusão.

6. CONCLUSÃO

Sendo assim, a princípio, este artigo ressalta que a radioterapia, embora seja um pilar de suma importância para os pacientes oncológicos, apresenta dificuldades em relação ao impacto que é gerado na qualidade de vida, em vista dos seus efeitos indesejados como radiodermite, fadiga, náuseas e problemas gastrointestinais, decorrentes deste processo. Por isso, prova a necessidade de protocolos efetivos que busquem o conforto dos pacientes oncológicos.

Logo, os estudos demonstraram diferentes técnicas promissoras que visam um tratamento mais eficaz e menos tóxico e, conseqüentemente, mitigam os efeitos indesejados, proporcionando melhor qualidade de vida. Como os estudos relatam, a ressonância magnética multiparamétrica (mpMRI) se mostrou uma ferramenta valiosa para guiar a administração da dose de radioterapia e detectar cânceres geniturinários; o uso de biomarcadores para a personalização do tratamento radioterápico; a combinação da expertise humana com IA, bem como o uso de agentes radiosensibilizantes para aumentar a eficácia da radioterapia enquanto se reduz a toxicidade para tecidos saudáveis; a imagiologia térmica e hiperespectral, uso de

cremes fitoterápicos e de timolol tópico para controle das radiodermites e a radioterapia corporal estereotáxica para maior controle da dor sem aumento da toxicidade em pacientes sob cuidados paliativos. Não menos importante, é um acompanhamento contínuo e de suporte psicológico durante o curso do tratamento para a saúde mental dos pacientes oncológicos.

Contudo, faz-se necessário reconhecer algumas limitações dos estudos, como o tamanho amostral reduzido e a ausência de análise mais aprofundada sobre subgrupos específicos. Para estudos futuros, é recomendável a inclusão de uma maior diversidade de participantes e a investigação de abordagens mais personalizadas para o manejo dos efeitos colaterais

Apesar do avanço científico, sua aplicação também depende da atualização constante dos profissionais de saúde, de protocolos atualizados que possam difundir esse tipo de conhecimento e de mais estudos na área que contribuam com evidências para o uso seguro de tais práticas, assim como a pesquisa por outros métodos. Tais ações, unidas a todo o conhecimento baseado em evidências, possibilitam focar os esforços na garantia de uma melhor qualidade de vida, com o cuidado centrado no paciente em seus diversos aspectos, não apenas na patologia em si.

REFERÊNCIAS

1. AHERVO, H. et al. Artificial intelligence-supported applications in head and neck cancer radiotherapy treatment planning and dose optimisation. **Radiography (Lond)**, v. 29, n. 3, p. 496-502, maio 2023. DOI: 10.1016/j.radi.2023.02.018. Epub 6 mar. 2023. PMID: 36889022.
2. ALHUSSAN, A.; BOZDOĞAN, E. P. D.; CHITHRANI, D. B. Combining gold nanoparticles with other radiosensitizing agents for unlocking the full potential of cancer radiotherapy. **Pharmaceutics**, 2021 Mar 25; 13(4): 442. DOI: 10.3390/pharmaceutics13040442. PMID: 33805917; PMCID: PMC8064393.
3. CAO, H.; LI, W.; CAI, H. The effect of various interventions on the prevention of radiation dermatitis: a network meta-analysis. **Am J Transl Res**, 2024 May 15; 16(5): 1859-1879. DOI: 10.62347/XLGT5405. PMID: 38883361; PMCID: PMC11170609.
4. CHAPUT, G.; REGNIER, L. Radiotherapy: clinical pearls for primary cancer. **Canadian Family Physician**, v. 67, n. 10, p. 753-757, out. 2021. DOI: 10.46747/cfp.6710753. PMID: 34649900; PMCID: PMC8516179.
5. FALCO, M.; MASOJC, B.; SULIKOWSKI, T. Radiotherapy in pancreatic cancer: to whom, when, and how? **Cancers (Basel)**, 2023 Jun 28; 15(13): 3382. DOI: 10.3390/cancers15133382. PMID: 37444492; PMCID: PMC10340157.
6. FORSTER, T. et al. Fatigue following radiotherapy of low-risk early breast cancer - a randomized controlled trial of intraoperative electron radiotherapy versus standard

- hypofractionated whole-breast radiotherapy: the COSMOPOLITAN trial (NCT03838419). *Radiation Oncology*, v. 15, n. 1, p. 134, 1 jun. 2020. DOI: 10.1186/s13014-020-01581-9. PMID: 32487184; PMCID: PMC7268450.
7. KAMRAN, S. C.; EFSTATHIOU, J. A. Current state of personalized genitourinary cancer radiotherapy in the era of precision medicine. *Frontiers in Oncology*, v. 11, 2021. DOI: 10.3389/fonc.2021.675311.
8. KONDZIOŁKA, J.; WILCZYŃSKI, S.; MICHAŁECKI, Ł. Potential use of novel image and signal processing methods to develop a quantitative assessment of the severity of acute radiation dermatitis in breast cancer radiotherapy. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, v. 15, p. 725-733, 22 abr. 2022. DOI: 10.2147/CCID.S354320. PMID: 35497689; PMCID: PMC9041143.
9. NABI-MEYBODI, M. et al. Effects of topical timolol for the prevention of radiation-induced dermatitis in breast cancer: a pilot triple-blind, placebo-controlled trial. *BMC Cancer*, v. 22, art. 1079, 20 out. 2022. DOI: 10.1186/s12885-022-10064-x.
10. SHAH, N. K.; YEGYA-RAMAN, N.; JONES, J. A.; SHABASON, J. E. Radiation therapy in metastatic soft tissue sarcoma: from palliation to ablation. *Cancers (Basel)*, 2021 Sep 24; 13(19): 4775. DOI: 10.3390/cancers13194775. PMID: 34638260; PMCID: PMC8508247.
11. THANTHONG, S. et al. Prophylaxis of radiation-induced dermatitis in patients with breast cancer using herbal creams: a prospective randomized controlled trial. *Integrative Cancer Therapies*, v. 19, p. 1534735420920714, jan.-dez. 2020. DOI: 10.1177/1534735420920714. PMID: 32406284; PMCID: PMC7238795.