A IMAGEM PODE REVELAR O DNA DO TUMOR? RADIOGENÔMICA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA MEDICINA DE PRECISÃO

CAN IMAGING REVEAL TUMOR DNA? RADIOGENOMICS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PRECISION MEDICINE

Clarice Rodrigues de Almeida[1], Yasmin Lisboa dos Santos[1], Raphaela Maria Costa Pinto de Oliveira[1], Gabriel Mafra Lins Cavalcante[1], Victor Menezes Cardoso[2], Taís Silva Souza[1].

1. Acadêmico do curso de Medicina do Centro Universitário de Maceió UNIMA-Afya.
2. Professor do curso de Medicina do Centro Universitário de Maceió UNIMA-Afya.
clarice.almeida.med@gmail.com

EIXO: Tecnologia e inovação

RESUMO

Introdução: A medicina de precisão busca correlacionar a genética tumoral ao tratamento, enfrentando os riscos biológicos e clínicos das biópsias invasivas convencionais. A radiogenômica surge como alternativa viável ao extrair dados quantitativos de exames radiológicos de rotina. **Objetivo:** Analisar o papel da radiogenômica na medicina de precisão e sua capacidade de revelar o perfil molecular tumoral de forma não invasiva. **Método:** Revisão integrativa da literatura realizada em bases indexadas (PubMed, Scopus, Web of Science, BVS, MEDLINE), englobando artigos publicados de 2020 a 2026. Sete estudos atenderam aos critérios. **Resultados:** Os achados demonstram correlação consistente entre características fenotípicas de imagem e alterações no DNA tumoral em neoplasias gastrointestinais, musculoesqueléticas, ginecológicas e mamárias. A avaliação das imagens de rotina mapeia a heterogeneidade biológica e prevê o status de receptores celulares e a resposta terapêutica. **Conclusão:** A radiogenômica atua como biópsia digital eficaz, permitindo a identificação precoce e não invasiva de assinaturas genômicas tumorais, otimizando o manejo clínico oncológico personalizado.

Palavras-chave: Radiogenômica. Biomarcadores Tumorais. Medicina de Precisão. Diagnóstico por Imagem. Oncologia.

ABSTRACT

Introduction: Precision medicine aims to correlate tumor genetics with treatment, facing the biological and clinical risks of conventional invasive biopsies. Radiogenomics emerges as a viable alternative by extracting quantitative data from routine radiological examinations. **Objective:** To analyze the role of radiogenomics in precision medicine and its ability to non-invasively reveal the tumor molecular profile. **Method:** Integrative

literature review conducted in indexed databases (PubMed, Scopus, Web of Science, VHL, MEDLINE), encompassing articles published from 2020 to 2026. Seven studies met the criteria. **Results:** The findings demonstrate a consistent correlation between phenotypic image features and tumor DNA alterations in gastrointestinal, musculoskeletal, gynecological, and breast malignancies. The evaluation of routine images maps biological heterogeneity and predicts cellular receptor status and therapeutic response. **Conclusion:** Radiogenomics acts as an effective digital biopsy, allowing the early and non-invasive identification of tumor genomic signatures, optimizing personalized oncological clinical management.

Keywords: Radiogenomics. Tumor Biomarkers. Precision Medicine. Diagnostic Imaging. Medical Oncology.

INTRODUÇÃO

A medicina de precisão transformou a oncologia ao associar a genética tumoral ao tratamento, mas as biópsias invasivas tradicionais esbarram na heterogeneidade biológica e nos riscos clínicos. A radiogenômica surge como alternativa ao extrair dados quantitativos de exames de rotina, funcionando como uma biópsia digital não invasiva. Essa abordagem metodológica potencializa a análise radiológica ao identificar padrões fenotípicos complexos em neoplasias musculoesqueléticas[1] e em outras linhagens celulares, o que viabiliza o monitoramento em tempo real da evolução da doença[2].

Contudo, ainda há uma lacuna na padronização de protocolos clínicos e na validação de modelos preditivos para mutações específicas em tumores ginecológicos[3] e mamários[4]. Este estudo justifica-se pela necessidade de sintetizar evidências sobre como o processamento avançado de imagens pode antecipar o perfil de DNA tumoral em cânceres gastrointestinais[5] e em oncologia geral[6,7]. Diante disso, o objetivo desta pesquisa é analisar o papel da radiogenômica na medicina de precisão, avaliando sua capacidade de revelar o perfil molecular de tumores a partir de exames de imagem.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de caráter descritivo e analítico, cujo método permite a busca, avaliação crítica e síntese das evidências disponíveis sobre o tema investigado. O estudo foi conduzido seguindo as diretrizes metodológicas adaptadas do protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). A construção da pesquisa foi guiada pela pergunta norteadora: “De que forma a associação entre radiogenômica e inteligência artificial na medicina de precisão pode revelar de maneira não invasiva o DNA e o perfil molecular de tumores por meio de exames de imagem?”.

O levantamento bibliográfico foi realizado em fevereiro de 2026 por meio do acesso online às bases de dados indexadas PubMed, Scopus, Web of Science, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e MEDLINE. Para a busca dos artigos, utilizaram-se descritores controlados (MeSH e DeCS) combinados com operadores booleanos na seguinte configuração: *(Radiogenomics OR Radiomics) AND (Artificial Intelligence OR Machine Learning) AND (Neoplasms OR Tumor DNA) AND (Precision Medicine)*. Foram selecionados estudos publicados no período compreendido entre 2020 e 2026, visando capturar os avanços mais recentes na interseção entre inteligência artificial e oncologia molecular.

Os critérios de inclusão estabelecidos foram artigos originais de pesquisa e revisões de literatura, publicados no recorte temporal de 2020 a 2026, disponíveis na íntegra, nos idiomas inglês, português ou espanhol, e que abordassem diretamente o uso de inteligência artificial e radiogenômica para a identificação do perfil genético ou molecular tumoral. Em contrapartida, os critérios de exclusão compreenderam editoriais, cartas ao editor, resumos de congressos, estudos em prevenção ou andamento, além de artigos que utilizassem IA na radiologia geral sem correlação genômica ou molecular com o câncer.

A seleção dos estudos seguiu rigorosamente quatro etapas sequenciais. Na fase de identificação, a busca inicial nas cinco bases de dados resultou em um total de 142 artigos. Na etapa de filtragem, foram removidas 38 duplicatas, restando 104 artigos para a triagem; após a leitura sistemática dos títulos e resumos, 71 estudos foram eliminados por não atenderem diretamente ao escopo. Na fase de elegibilidade, 33 artigos foram selecionados para leitura do texto completo, dos quais 26 foram excluídos após análise integral devido à falta de correlação explícita entre imagem e DNA tumoral ou por se tratarem de anais de eventos. Ao final do processo analítico, 7 artigos atenderam a todos os critérios estabelecidos e foram incluídos para compor a amostra final desta revisão.

RESULTADOS

A análise dos estudos selecionados permitiu categorizar os principais achados de acordo com a aplicação da radiogenômica em diferentes linhagens tumorais. Os dados demonstram uma capacidade consistente de correlacionar características fenotípicas extraídas de exames de imagem convencional com alterações moleculares e mutações no DNA tumoral. A síntese estruturada dessas evidências científicas e os respectivos perfis identificados estão apresentados detalhadamente no Quadro 1.

Quadro 1: Síntese dos achados radiogenômicos e mapeamento molecular por tipo de tumor.

Categoria de Tumor	Principais Achados Radiogenômicos e Correlações Moleculares	Fontes
Geral e Sistêmico	Identificação de assinaturas de imagem ligadas à expressão gênica global, predição de resposta terapêutica e estratificação de risco de recorrência de forma não invasiva.	Guo Y, et al.[2] Saxena S, et al.[6] Trivizakis E, et al.[7]
Gastrointestinal	Correlação de dados de tomografia e ressonância magnética com mutações específicas e perfis de microambiente tumoral em neoplasias digestivas.	Hoshino I, Yokota H.[5]
Ginecológico e Mamário	Mapeamento de receptores hormonais e assinaturas de DNA tumoral através de fenótipos radiológicos, auxiliando na predição de quimioresistência.	Kong Q, Ban Y.[3] Wu X, Dai W.[4]
Musculoesquelético	Associação de biomarcadores de imagem quantitativos à agressividade biológica e ao perfil genético de sarcomas e lesões ósseas.	Kumar R, et al.[1]

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O desdobramento das análises revela que o processamento avançado de imagens médicas atua na identificação de heterogeneidades biológicas que exames histopatológicos localizados por fragmento de agulha podem omitir. Nos tumores gerais de caráter sistêmico, as assinaturas extraídas dos exames demonstraram forte associação com perfis de expressão de RNAs mensageiros e mutações específicas de vias de sinalização celular[2,6,7]. Esse mapeamento permite antecipar se um paciente responderá positivamente a terapias-alvo biológicas a partir do primeiro exame de estadiamento radiológico.

No escopo das neoplasias gastrointestinais e musculoesqueléticas, a extração de dados texturais em exames de ressonância magnética e tomografia computadorizada comprovou

viabilidade clínica para diferenciar subtipos histológicos e mutações no DNA tumoral diretamente relacionados à sobrevida global[1,5]. Da mesma forma, nos tecidos mamários e ginecológicos, os parâmetros radiogenômicos exibiram alta sensibilidade para predizer o status de receptores de amplificação gênica, fornecendo uma triagem biológica digital rápida que acelera o início do tratamento oncológico individualizado[3,4].

CONCLUSÃO

A realização desta revisão integrativa permitiu evidenciar que a radiogenômica consolida-se como uma abordagem metodológica altamente promissora e transformadora na oncologia moderna. Ao estabelecer uma ponte sólida entre a radiologia diagnóstica convencional e as ciências genômicas, essa técnica demonstra uma capacidade robusta de revelar o DNA e o perfil molecular de diferentes linhagens tumorais de maneira totalmente não invasiva. A extração de parâmetros texturais e dados quantitativos a partir de exames médicos de rotina viabiliza o mapeamento da heterogeneidade biológica dos tumores, mitigando as limitações técnicas e os riscos assistenciais inerentes às biópsias teciduais tradicionais.

Os achados científicos compilados apontam que o fenótipo macroscópico observado nas imagens de ressonância magnética, tomografia computadorizada e radiografias reflete as alterações moleculares microscópicas do tecido neoplásico. Esse mapeamento permite prever com segurança o status de receptores celulares e predeterminar padrões de resposta terapêutica em tumores gastrointestinais, musculoesqueléticos, ginecológicos e mamários. Na prática clínica da medicina de precisão, essa modalidade de biópsia digital atua como uma ferramenta estratégica de triagem precoce, otimizando o manejo clínico oncológico e acelerando a escolha de tratamentos individualizados.

Como consideração final, embora as evidências atestem o potencial clínico da radiogenômica, o campo ainda necessita de estudos futuros multicêntricos voltados à padronização universal dos protocolos de aquisição de imagem e à validação externa de seus métodos de análise. Superadas essas lacunas metodológicas, a radiogenômica poderá ser plenamente integrada aos sistemas de saúde como um padrão de excelência diagnóstica, proporcionando aos pacientes oncológicos um acompanhamento evolutivo em tempo real, seguro e personalizado.

REFERÊNCIAS

1. Kumar R, Sporn K, Khanna A, Paladugu P, Gowda C, Ngo A, et al. Integrating Radiogenomics and Machine Learning in Musculoskeletal Oncology Care. **Diagnostics.** 2025 May 29;15(11):1377. doi: 10.3390/diagnostics15111377.

2. Guo Y, Li T, Gong B, Hu Y, Wang S, Yang L, et al. From Images to Genes: Radiogenomics Based on Artificial Intelligence to Achieve Non-Invasive Precision Medicine in Cancer Patients. **Adv Sci.** 2025 Jan;12(2):e2408069. doi: 10.1002/advs.202408069.

3. Kong Q, Ban Y. AI-driven radiogenomics in gynecologic oncology: from radiological digital biopsy to a new paradigm in precision therapy. **Front Oncol.** 2026 Feb 4;16:1745519. doi: 10.3389/fonc.2026.1745519.

4. Wu X, Dai W. Beyond Imaging: Integrating Radiomics, Genomics, and Multi-Omics for Precision Breast Cancer Management. **Cancers.** 2025 Oct 23;17(21):3408. doi: 10.3390/cancers17213408.

5. Saxena S, Jena B, Gupta N, Das S, Sarmah D, Bhattacharya P, et al. Role of Artificial Intelligence in Radiogenomics for Cancers in the Era of Precision Medicine. **Cancers.** 2022 Jun 9;14(12):2860. doi: 10.3390/cancers14122860.

6. Hoshino I, Yokota H. Radiogenomics of gastroenterological cancer: The dawn of personalized medicine with artificial intelligence-based image analysis. **Ann Gastroenterol Surg**. 2021 Feb 1;5(4):427-435. doi: 10.1002/ags3.12437.

7. Trivizakis E, Papadakis GZ, Souglakos I, Papanikolaou N, Koumakis L, Spandidos DA, et al. Artificial intelligence radiogenomics for advancing precision and effectiveness in oncologic care (Review). **Int J Oncol.** 2020 Jul;57(1):43-53. doi: 10.3892/ijo.2020.5063.