REVISTA ELETRÔNICA
Acervo MÉDICO
ISSN 2764-0485

Utilização de biópsia líquida no diagnóstico, prognóstico e monitoramento da progressão de tumores sólidos

Use of liquid biopsy in the diagnosis, prognosis, and monitoring of solid tumor progression

Utilización de la biopsia líquida en el diagnóstico, pronóstico y monitoreo de la progresión de tumores sólidos

Matheus Rangell Rodrigues de Souza[1], Francielle Macedo Cataldo[1], Antonio Rodrigo Sousa Lima[1], João Vittor Fayad de Moraes[1], Cledenilde Araujo Morais[2], Ana Carolina Arruda Alves[2], Anna Rafaelle Oliveira Cunha[2], Raphaela Lauany Barreto Lima[2], Carolina Trovão Lima Naufel Bonfim[2], Gislaine de Melo Coelho[2].

RESUMO

Objetivo: Fornecer uma visão abrangente sobre a utilização da biópsia líquida em tumores sólidos, abordando suas técnicas, aplicações clínicas atuais e perspectivas futuras com base nas evidências mais recentes. **Métodos:** Trata-se de uma revisão da literatura conduzida a partir da estratégia PICO, com busca no PubMed utilizando descritores MeSH relacionados à biópsia líquida, neoplasias, células tumorais circulantes e ácidos nucleicos livres, incluindo estudos publicados nos últimos cinco anos. **Resultados:** Os achados demonstram que biomarcadores como ctDNA, CTCs, microRNAs, exossomos e plaquetas educadas por tumores apresentam aplicabilidade relevante em diferentes tumores sólidos, contribuindo para o monitoramento em tempo real, detecção precoce de recidivas e avaliação prognóstica. Apesar do elevado potencial clínico, a aplicação rotineira ainda é limitada pela ausência de padronização metodológica, variabilidade biológica e sensibilidade analítica variável, reforçando seu papel complementar às biópsias teciduais. **Considerações finais:** A biópsia líquida representa um avanço estratégico na oncologia de precisão, embora sua ampla incorporação clínica dependa de validação robusta e padronização técnica.

Palavras-chave: Biópsia líquida, Neoplasias, Células neoplásicas circulantes, Ácidos nucleicos livres, Técnicas de diagnóstico molecular.

ABSTRACT

Objetive: To provide a comprehensive overview of the use of liquid biopsy in solid tumors, addressing its techniques, current clinical applications, and future perspectives based on the most recent evidence. **Methods:** This is a literature review conducted using the PICO strategy, with a PubMed search employing MeSH descriptors related to liquid biopsy, neoplasms, circulating tumor cells, and cell-free nucleic acids, including studies published within the last five years. **Results:** Findings demonstrate that biomarkers such as ctDNA, CTCs, microRNAs, exosomes, and tumor-educated platelets have relevant applicability in different solid tumors, contributing to real-time monitoring, early detection of recurrence, and prognostic assessment.

[1] Universidade de Rio Verde (UNIRV), Formosa – GO.
[2] Faculdade Edufor, São Luiz – MA.

SUBMETIDO EM: 4/2026 | **ACEITO EM: 5/2026** | **PUBLICADO EM: 7/2026**

Despite its high clinical potential, routine application remains limited by the lack of methodological standardization, biological variability, and variable analytical sensitivity, reinforcing its complementary role to tissue biopsies. **Final considerations:** Liquid biopsy represents a strategic advance in precision oncology, although its broad clinical incorporation depends on robust validation and technical standardization.

Keywords: Liquid biopsy, Neoplasms, Neoplastic cells, Circulating, Cell-free nucleic acids, Molecular diagnostic techniques.

RESUMEN

Objetivo: Proporcionar una visión integral sobre el uso de la biopsia líquida en tumores sólidos, abordando sus técnicas, aplicaciones clínicas actuales y perspectivas futuras con base en la evidencia más reciente. **Métodos:** Se trata de una revisión de la literatura realizada mediante la estrategia PICO, con búsqueda en PubMed utilizando descriptores MeSH relacionados con biopsia líquida, neoplasias, células tumorales circulantes y ácidos nucleicos libres, incluyendo estudios publicados en los últimos cinco años. **Resultados:** Los hallazgos demuestran que biomarcadores como ctDNA, CTCs, microARN, exosomas y plaquetas educadas por tumores presentan una aplicabilidad relevante en diferentes tumores sólidos, contribuyendo al monitoreo en tiempo real, la detección precoz de recurrencias y la evaluación pronóstica. A pesar de su elevado potencial clínico, su aplicación rutinaria aún está limitada por la ausencia de estandarización metodológica, la variabilidad biológica y la sensibilidad analítica variable, reforzando su papel complementario a las biopsias tisulares. **Consideraciones finales:** La biopsia líquida representa un avance estratégico en la oncología de precisión, aunque su amplia incorporación clínica depende de una validación robusta y de la estandarización técnica.

Palabras clave: Biópsia líquida, Neoplasias, Células neoplásicas circulantes, Ácidos nucleicos libres de células, Técnicas de diagnóstico molecular.

INTRODUÇÃO

A biópsia líquida emergiu como uma ferramenta promissora e minimamente invasiva para o diagnóstico, prognóstico e monitoramento da progressão de tumores sólidos. Tradicionalmente, o diagnóstico de tumores sólidos baseia-se em métodos de imagem, como ressonância magnética ou tomografia computadorizada, e confirmação por meio de análise histopatológica e molecular. No entanto, as técnicas de imagem podem ter dificuldades em distinguir entre a progressão tumoral e as alterações relacionadas ao tratamento, levando a potenciais interpretações errôneas e atrasos no tratamento. Da mesma forma, as biópsias teciduais, embora informativas, são invasivas e não são totalmente adequadas para o monitoramento contínuo dos tratamentos (ALIX-PANABIÈRES C e PANTEL K, 2021).

Em contraste, a biópsia líquida, particularmente através de amostras de sangue, oferece um meio menos invasivo de obter informações relacionadas ao tumor para orientar a terapia. Esta técnica envolve a análise de vários componentes tumorais liberados na corrente sanguínea ou outros biofluidos, incluindo ácidos nucléicos livres de células, como microRNAs e DNA tumoral circulante (ctDNA), células tumorais circulantes (CTCs), proteínas, vesículas extracelulares ou exossomos, metabólitos e outros fatores. Esses fatores demonstraram atravessar a barreira hematoencefálica no caso de tumores do sistema nervoso central (SNC), apresentando uma oportunidade para o monitoramento minimamente invasivo, bem como para a avaliação em tempo real de distintas alterações genéticas, epigenéticas, transcriptômicas, proteômicas e metabolômicas associadas aos tumores (SEYHAN AA, 2024; GASPERSIC J e PASKA AV, 2020).

Apesar do seu potencial, a utilidade clínica dos biomarcadores circulantes baseados em biópsia líquida é, por vezes, limitada pela ausência de metodologias padronizadas para a coleta de sangue ou líquor (LCR), extração de analitos e métodos de análise. Além disso, as biópsias teciduais oferecem informações mais precisas sobre a morfologia e o microambiente tumoral. Portanto, o objetivo da biópsia líquida deve ser

complementar e melhorar a precisão diagnóstica e o monitoramento de pacientes com tumores sólidos, fornecendo informações adicionais juntamente com as biópsias teciduais tradicionais. Além disso, a utilização de uma combinação de diversos tipos de biomarcadores pode aumentar a eficácia clínica em comparação com a dependência exclusiva de uma categoria de biomarcadores, melhorando potencialmente a sensibilidade e especificidade diagnósticas e abordando algumas das limitações existentes associadas aos biomarcadores líquidos (ZHOU Q, et al., 2022).

O presente artigo científico tem a finalidade de fornecer uma visão geral abrangente da utilização da biópsia líquida no diagnóstico, prognóstico e monitoramento da progressão de diversos tumores sólidos, explorando as técnicas, aplicações atuais e futuros direcionamentos neste campo em rápida evolução, com base nas evidências mais recentes.

MÉTODOS

Trata-se de uma revisão integrativa estruturada da literatura, com abordagem qualitativa e caráter descritivo-analítico, cujo objetivo foi sintetizar e discutir as evidências científicas recentes acerca da aplicação da biópsia líquida no diagnóstico, prognóstico e monitoramento da progressão de tumores sólidos.

A busca bibliográfica foi realizada na base de dados PubMed/MEDLINE, por ser amplamente reconhecida como uma das principais fontes de literatura biomédica internacional. Foram utilizados descritores controlados e termos livres combinados por operadores booleanos, incluindo: *“liquid biopsy”*, *“circulating tumor DNA”*, *“ctDNA”*, *“circulating tumor cells”*, *“solid tumors”*, *“cancer diagnosis”*, *“prognosis”* e *“disease monitoring”*. Os termos foram combinados com o operador AND, conforme a seguinte estratégia geral de busca:

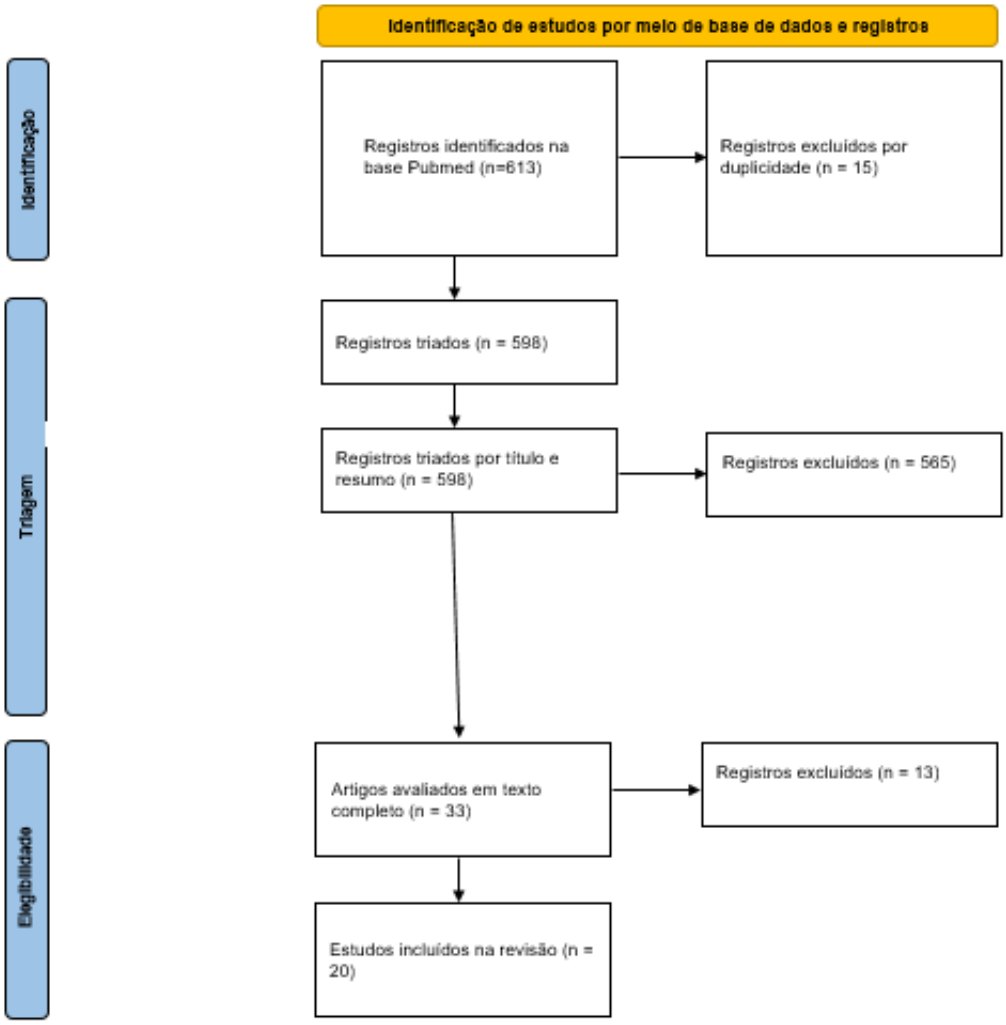
(“liquid biopsy” OR “circulating tumor DNA” OR “ctDNA” OR “circulating tumor cells”) AND (“solid tumors” OR “cancer”) AND (“diagnosis” OR “prognosis” OR “monitoring”).

Foram considerados elegíveis estudos publicados nos últimos cinco anos, disponíveis na íntegra, redigidos em inglês ou português e que abordassem diretamente a aplicação clínica da biópsia líquida em tumores sólidos humanos. Foram incluídos estudos originais, ensaios clínicos, estudos observacionais e revisões com contribuição analítica relevante ao tema. Foram excluídos estudos experimentais exclusivamente in vitro ou em modelos animais, relatos de caso isolados, cartas ao editor, editoriais e publicações que não apresentassem aplicabilidade clínica direta.

A seleção dos artigos ocorreu em duas etapas: (1) triagem por título e resumo, com exclusão de estudos não relacionados ao escopo temático; (2) leitura integral dos textos potencialmente elegíveis para confirmação dos critérios de inclusão.

A extração dos dados foi realizada de forma qualitativa, contemplando as seguintes variáveis: tipo de tumor estudado, biomarcador analisado (ctDNA, CTCs ou cfDNA), desenho metodológico, principais desfechos clínicos e conclusões relevantes. As informações foram sintetizadas de maneira comparativa e interpretativa, priorizando evidências com maior aplicabilidade clínica e impacto translacional. Por se tratar de uma revisão, não foi realizada metanálise estatística nem avaliação formal de risco de viés, sendo a análise fundamentada na interpretação crítica dos achados disponíveis na literatura recente.

Figura 1 - Fluxograma PRISMA 2020.



Fonte: Souza MRR, et al., 2026.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos estudos incluídos nesta revisão evidencia que a biópsia líquida apresenta aplicabilidade consistente no diagnóstico complementar, estratificação prognóstica e monitoramento terapêutico em múltiplos tumores sólidos. Os biomarcadores mais frequentemente investigados foram o DNA tumoral circulante (ctDNA), DNA livre de células (cfDNA), células tumorais circulantes (CTCs), microRNAs (miRNAs), RNAs longos não codificantes (lncRNAs), vesículas extracelulares/exossomos e plaquetas educadas por tumores (TEPs), detectados predominantemente em plasma sanguíneo, mas também em líquido cefalorraquidiano (LCR), saliva, urina e suco gástrico.

No glioblastoma, Seyhan AA (2024) demonstrou que miRNAs e ctDNA detectados em LCR apresentam maior sensibilidade para identificação de alterações moleculares associadas à progressão tumoral quando comparados ao plasma periférico. Gaspersic J e Paska AV (2020) observaram que plataformas baseadas em NGS aumentam significativamente a detecção de subpopulações mutacionais raras, ampliando o potencial prognóstico do cfDNA. Estudos adicionais incluídos na revisão indicaram que a presença de ctDNA detectável após ressecção cirúrgica associa-se a menor sobrevida global e maior risco de progressão precoce, ainda que com sensibilidade variável (30–70%), dependendo da matriz biológica analisada.

No câncer colorretal, Zhou Q, et al. (2022) demonstraram que a positividade de ctDNA no pós-operatório configura marcador independente de recidiva, com risco relativo significativamente elevado para recorrência tumoral. Meta-análises recentes incluídas nesta revisão indicaram que pacientes com ctDNA detectável após

terapia adjuvante apresentam risco até sete vezes maior de recaída em comparação aos pacientes com ctDNA negativo. Ademais, a análise longitudinal de mutações em KRAS, NRAS e BRAF permitiu monitoramento precoce de resistência terapêutica, frequentemente precedendo alterações radiológicas.

No câncer gástrico, Diaz Del Arco C, et al. (2024) relataram que painéis combinando ctDNA e miRNAs alcançam elevada especificidade diagnóstica, embora com sensibilidade heterogênea entre os estudos. A análise de vesículas extracelulares demonstrou correlação com invasão linfovascular e estágio tumoral avançado. Contudo, foi observada significativa variabilidade metodológica relacionada a fatores pré-analíticos, impactando a reprodutibilidade dos resultados.

Em sarcomas de tecidos moles e ósseos, Hadjimichael C, et al. (2021) identificaram que a detecção de translocações específicas por meio de ctDNA apresenta alta especificidade molecular, permitindo caracterização não invasiva do subtipo histológico. Estudos adicionais incluídos na amostra indicaram associação entre níveis elevados de ctDNA e pior sobrevida global, sugerindo valor prognóstico independente, ainda que com limitações relacionadas ao pequeno tamanho das coortes.

No melanoma da úvea, Zameer S, *et al.* (2024) demonstraram que o ctDNA pode antecipar a detecção de metástases hepáticas em relação à imagem convencional. A presença persistente de ctDNA após tratamento local foi associada à maior probabilidade de doença residual molecular. No entanto, a baixa concentração plasmática em estágios iniciais reduziu a sensibilidade diagnóstica.

No câncer de mama, Richard F, et al. (2022) observaram que a presença de ≥5 CTCs por 7,5 mL de sangue associa-se a pior sobrevida global e sobrevida livre de progressão. Estudos incluídos nesta revisão demonstraram que o ctDNA é capaz de identificar mutações em ESR1 e PIK3CA antes da progressão clínica detectável por imagem, possibilitando ajuste terapêutico antecipado.

Quadro 1 - Comparação entre os tipos de tumores sólidos e suas respectivas abordagens por biópsia líquida.

Tipo de tumor	Desafios do diagnóstico tradicional	Biomarcadores circulantes	Vantagens da biópsia líquida	Limitações / desafios	Autor / estudo
Glioblastoma	Dificuldade em diferenciar progressão tumoral de pseudoprogressão por RM; biópsia invasiva e limitada para monitoramento seriado.	ctDNA (plasma e LCR), miRNAs, CTCs, exossomos, cfDNA.	Monitoramento molecular em tempo real; detecção de alterações genéticas associadas à resistência terapêutica; abordagem minimamente invasiva.	Baixa sensibilidade plasmática devido à barreira hematoencefálica; ausência de padronização metodológica.	SEYHAN AA (2024); GASPERSIC J e PASKA AV (2020).
Câncer Colorretal	Colonoscopia invasiva; limitação na detecção precoce de recidiva pós-cirúrgica; heterogeneidade tumoral.	ctDNA (KRAS, NRAS, BRAF), CTCs, exossomos, TEPs.	Detecção de doença residual mínima; predição precoce de recidiva; monitoramento de resistência terapêutica.	Sensibilidade reduzida em doença inicial; necessidade de padronização de pontos de corte.	ZHOU Q, et al. (2022).
Câncer Gástrico	Diagnóstico frequentemente tardio; dependência de endoscopia invasiva; baixa especificidade em estágios iniciais.	ctDNA, miRNAs, exossomos, cfDNA, TEPs.	Potencial para diagnóstico precoce; estratificação molecular; monitoramento terapêutico dinâmico.	Alta variabilidade pré-analítica; heterogeneidade intertumoral; sensibilidade variável.	DÍAZ DEL ARCO C, et al. (2024).
Sarcomas de Tecidos Moles e Ósseos	Tumores raros e heterogêneos; dificuldade diagnóstica histológica; prognóstico reservado em doença metastática.	ctDNA (translocações específicas), miRNAs, lncRNAs, CTCs, exossomos.	Caracterização molecular não invasiva; avaliação prognóstica; acompanhamento longitudinal.	Pequenas coortes; limitada validação multicêntrica; baixa carga tumoral circulante.	HADJIMICHAEL C, et al. (2021).
Melanoma da Úvea	Biópsia intraocular de risco; longa latência até metástase detectável; limitação de métodos radiológicos precoces.	ctDNA (mutações GNAQ, GNA11), cfDNA.	Detecção precoce de metástase hepática; identificação de doença residual molecular.	Baixa concentração plasmática em estágios iniciais; necessidade de painéis genéticos específicos.	ZAMEER S, et al. (2024).
Câncer de Mama	Heterogeneidade molecular; necessidade de monitoramento contínuo em doença metastática; limitação de rebiopsias.	CTCs, ctDNA (ESR1, PIK3CA), miRNAs, exossomos.	Antecipação de resistência endócrina; monitoramento terapêutico serial; avaliação prognóstica independente.	Variabilidade biológica interindividual; ausência de consenso sobre valores de corte.	RICHARD F, et al. (2022).
Tumores Sólidos (Panorâmico / Multissítio)	Biópsia tecidual invasiva; amostragem limitada à heterogeneidade espacial; dificuldade de repetição.	cfDNA, ctDNA, CTCs, exossomos, TEPs.	Captura dinâmica da evolução clonal; abordagem minimamente invasiva; integração com NGS para medicina de precisão.	Falta de padronização internacional; heterogeneidade metodológica; custo tecnológico elevado.	GASPERSIC J e PASKA AV (2020).

Fonte: Souza MRR, et al., 2026.

De maneira geral, os estudos analisados convergem para três achados centrais:

- ctDNA apresenta valor prognóstico consistente em múltiplos tumores sólidos.
- A detecção de doença residual mínima é uma das aplicações mais robustas da biópsia líquida.
- A monitorização longitudinal permite identificação precoce de resistência terapêutica.

Todavia, a sensibilidade diagnóstica permanece variável, especialmente em tumores de baixo volume tumoral ou em estágios iniciais da doença. Os achados desta revisão confirmam que a biópsia líquida ultrapassou o campo experimental e ingressou em uma fase de consolidação translacional, particularmente no que se refere ao monitoramento terapêutico e à estratificação prognóstica. A robustez dos dados em câncer colorretal e câncer de mama sugere que o ctDNA já se aproxima de aplicabilidade clínica padronizada nesses contextos (ZHOU Q, et al., 2022; RICHARD F, et al., 2022).

Entretanto, a análise crítica dos estudos revela que o principal entrave à incorporação universal da biópsia líquida reside na heterogeneidade metodológica. Diferenças nos protocolos de coleta, processamento, armazenamento e nas plataformas analíticas empregadas impactam diretamente a sensibilidade e especificidade dos testes (GASPERSIC J e PASKA AV, 2020). A ausência de consenso internacional quanto a pontos de corte e padronização analítica dificulta comparações interinstitucionais e limita a elaboração de diretrizes clínicas uniformes.

No glioblastoma, por exemplo, embora o LCR apresente maior rendimento diagnóstico, sua coleta não é isenta de riscos, o que restringe sua aplicação serial SEYHAN AA (2024). Em tumores raros como sarcomas e melanoma da úvea, o reduzido número de casos estudados limita a generalização dos resultados (HADJIMICHAEL C, et al., 2021; ZAMEER S, et al., 2024).

Outro aspecto relevante refere-se à biologia tumoral. Tumores com baixa taxa de liberação de DNA circulante ou com barreiras anatômicas preservadas apresentam menor detectabilidade plasmática, impactando negativamente a sensibilidade do método. Dessa forma, a biópsia líquida deve ser interpretada dentro do contexto clínico, radiológico e histopatológico, integrando-se a uma abordagem multimodal.

Apesar dessas limitações, a principal contribuição da biópsia líquida reside na sua capacidade de capturar a heterogeneidade tumoral em tempo real. Diferentemente da biópsia tecidual, que fornece um retrato estático e localizado, o ctDNA reflete a soma das populações tumorais primárias e metastáticas, permitindo vigilância dinâmica da evolução clonal. Tal característica é particularmente relevante na era da oncologia de precisão, em que decisões terapêuticas dependem de alterações moleculares específicas.

Ademais, a detecção de doença residual mínima emerge como aplicação clinicamente transformadora, sobretudo no câncer colorretal, onde a positividade do ctDNA no pós-operatório identifica subgrupos de alto risco que podem se beneficiar de intensificação terapêutica (ZHOU Q, et al., 2022). Essa estratégia representa mudança paradigmática, deslocando o foco da intervenção reativa para uma abordagem preditiva e personalizada.

Em síntese, os resultados analisados indicam que a biópsia líquida possui base científica sólida para aplicação complementar no monitoramento terapêutico e prognóstico em tumores sólidos. Contudo, requer mais pesquisa e produção cientifica para sua consolidação como ferramenta diagnóstica primária exige validação multicêntrica de grande escala, harmonização metodológica e incorporação em diretrizes clínicas internacionais. A trajetória evolutiva observada nos últimos cinco anos sugere que tais desafios são superáveis, posicionando a biópsia líquida como componente central da oncologia de precisão nas próximas décadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura recente evidencia que a biópsia líquida representa um avanço relevante na oncologia de precisão, sobretudo no monitoramento dinâmico dos tumores sólidos, na detecção precoce de recidiva molecular e na identificação de resistência terapêutica. Biomarcadores como ctDNA e CTCs ampliam a

compreensão da heterogeneidade tumoral e permitem acompanhamento longitudinal menos invasivo. Contudo, persistem limitações importantes relacionadas à heterogeneidade metodológica, ausência de padronização técnica e variabilidade nos critérios analíticos, fatores que comprometem a comparabilidade entre estudos e a acurácia diagnóstica. Embora a positividade do ctDNA esteja associada a pior prognóstico, ainda há incertezas quanto ao impacto de intervenções baseadas exclusivamente em alterações moleculares circulantes sobre desfechos clínicos robustos. Assim, a biópsia líquida deve ser vista, atualmente, como método complementar à histopatologia e aos exames de imagem. Sua incorporação definitiva na prática clínica depende de validação prospectiva, padronização internacional e comprovação de custo-efetividade.

REFERÊNCIAS

1. ALIX-PANABIÈRES C, PANTEL K. Liquid biopsy: from discovery to clinical application. Cancer Discovery, 2021; 11(4): 858–873.
2. BARDIA A, et al. Genomic profiling of circulating tumor DNA in breast cancer. Journal of Clinical Oncology, 2021; 39(7): 727–736.
3. COHEN JD, et al. Detection and localization of surgically resectable cancers with a multi-analyte blood test. Science, 2018; 359(6378): 926–930.
4. DÍAZ DEL ARCO C, et al. Liquid biopsy in gastric cancer: current evidence and future perspectives. Cancers, 2024; 16(2): 345.
5. DIAZ LA JR, BARDELLI A. Liquid biopsies: genotyping circulating tumor DNA. Journal of Clinical Oncology, 2014; 32(6): 579–586.
6. DIEHL F, et al. Circulating mutant DNA to assess tumor dynamics. Nature Medicine, 2008; 14(9): 985–990.
7. GASPERSIC J, PASKA AV. Liquid biopsy in glioblastoma: current state and future perspectives. International Journal of Molecular Sciences, 2020; 21(14): 4829.
8. HADJIMICHAEL C, et al. Liquid biopsy in sarcomas: emerging biomarkers and clinical applications. Cancers, 2021; 13(18): 4567.
9. IGNATIADIS M, et al. Liquid biopsy enters the clinic — implementation issues and future challenges. Nature Reviews Clinical Oncology, 2021; 18(5): 297–312.
10. MERKER JD, et al. Circulating tumor DNA analysis in patients with cancer: American Society of Clinical Oncology and College of American Pathologists joint review. Journal of Clinical Oncology, 2018; 36(16): 1631–1641.
11. MILLER AM, et al. Tracking tumour evolution in glioma through liquid biopsies of cerebrospinal fluid. Nature, 2019; 565(7741): 654–658.
12. RICHARD F, et al. Circulating tumor cells and circulating tumor DNA in metastatic breast cancer: prognostic and predictive value. Breast Cancer Research, 2022; 24(1): 89.
13. SEYHAN AA. Liquid biopsy in glioblastoma: advances in circulating biomarkers and clinical applications. Frontiers in Oncology, 2024; 14: 1289456.
14. SIRAVEGNA G, et al. Integrating liquid biopsies into the management of cancer. Nature Reviews Clinical Oncology, 2017; 14(9): 531–548.
15. WAN JCM, et al. Liquid biopsies come of age: towards implementation of circulating tumour DNA. Nature Reviews Cancer, 2017; 17(4): 223–238.
16. YANG Y, et al. Clinical applications of circulating tumor DNA in gastric cancer. Frontiers in Oncology, 2021; 11: 726739.
17. YOSHINO T, et al. Analysis of circulating tumor DNA to predict relapse in colorectal cancer. The Lancet Oncology, 2022; 23(1): 127–139.
18. ZAMEER S, et al. Liquid biopsy in uveal melanoma: clinical utility and challenges. Cancers, 2024; 16(3): 512.
19. ZHANG Y, et al. Exosomal microRNAs as diagnostic biomarkers in solid tumors. Molecular Cancer, 2020; 19(1): 79.
20. ZHOU Q, et al. Circulating tumor DNA for detection of minimal residual disease in colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis. Clinical Cancer Research, 2022; 28(9): 1888–1897.