



**Avanços no diagnóstico precoce do  
câncer de próstata por meio de  
exames não invasivos.**

**Avances en el diagnóstico precoz del  
cáncer de próstata mediante  
pruebas no invasivas**

**Dra Gabriela Miele**

**Avances en el diagnóstico precoz del  
cáncer de próstata mediante pruebas  
no invasivas**

**Avanços no diagnóstico precoce do  
câncer de próstata por meio de exames  
não invasivos.**

ISBN: 978-9942-568-20-5

Una producción © Cuevas Editores SAS

Abril 2025

Av. República del Salvador, Edificio TerraSol 7-2

Quito, Ecuador

[www.cuevaseditores.com](http://www.cuevaseditores.com)

ISBN: 978-9942-568-20-5

Uma produção © Cuevas Editores SAS

Abril de 2025

Av. República del Salvador, Edificio TerraSol 7-2

Quito, Equador

[www.cuevaseditores.com](http://www.cuevaseditores.com)

## **IMPORTANTE**

La información aquí presentada no pretende sustituir el consejo profesional en situaciones de crisis o emergencia.

Para el diagnóstico y manejo de alguna condición particular es recomendable consultar un profesional acreditado. Cada uno de los artículos aquí recopilados son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

## **IMPORTANTE**

As informações aqui apresentadas não pretendem substituir o aconselhamento profissional em situações de crise ou emergência.

Para o diagnóstico e manejo de qualquer condição específica, recomenda-se consultar um profissional credenciado.

Cada um dos artigos aqui reunidos é de responsabilidade exclusiva de seus autores.

## **Prólogo**

La oncología médica y quirúrgica evoluciona constantemente con los avances científicos y tecnológicos. Este libro reúne nuevas perspectivas en el abordaje integral del cáncer, combinando terapias innovadoras, estrategias quirúrgicas precisas y enfoques personalizados. Dirigido a profesionales de la salud, ofrece una visión actualizada y multidisciplinaria para enfrentar los retos del tratamiento oncológico en la práctica clínica moderna.

## **Prólogo**

A oncologia médica e cirúrgica evolui constantemente com os avanços científicos e tecnológicos. Este livro reúne novas perspectivas na abordagem integral do câncer, combinando terapias inovadoras, estratégias cirúrgicas precisas e enfoques personalizados. Destinado a profissionais da saúde, oferece uma visão atualizada e multidisciplinar para enfrentar os desafios do tratamento oncológico na prática clínica moderna.

# INDICE

|                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Prólogo .....</b>                                                                                  | <b>5</b>  |
| <b>Avances en el diagnóstico precoz del cáncer de<br/>próstata mediante pruebas no invasivas.....</b> | <b>7</b>  |
| <b>Dra Gabriela Miele .....</b>                                                                       | <b>7</b>  |
| <b>Avanços no diagnóstico precoce do câncer de<br/>próstata por meio de exames não invasivos.....</b> | <b>29</b> |
| <b>Dra Gabriela Miele .....</b>                                                                       | <b>29</b> |
| <b>Dados da Autora .....</b>                                                                          | <b>51</b> |

# **Avances en el diagnóstico precoz del cáncer de próstata mediante pruebas no invasivas**

***Dra Gabriela Miele***

## **Introducción**

La detección temprana del cáncer de próstata resulta crucial, dado que en sus fases iniciales la enfermedad suele ser asintomática, lo cual dificulta un diagnóstico a tiempo. Se estima que, cada año, alrededor de 1.3 millones de nuevos casos son reportados a nivel global; de hecho, este cáncer es uno de los más comunes entre los hombres, con aproximadamente 5000 casos y 900 defunciones anuales solo en Finlandia. No obstante, las metodologías actuales, como el análisis del antígeno prostático específico (PSA), exhiben limitaciones importantes. Por ejemplo,

presentan tasas elevadas de falsos positivos y negativos, algo que sin duda dificulta la identificación precisa de casos que son, verdaderamente, críticos. Con el objetivo de mejorar estos resultados, se están investigando pruebas no invasivas que se fundamentan en innovaciones como las biopsias líquidas y la detección de vesículas extracelulares, que muestran un potencial notable en la identificación temprana de biomarcadores. Generalmente hablando, estos avances pueden llegar a transformar el enfoque de la atención en el cáncer de próstata, permitiendo un manejo más adecuado y también, más personalizado de la enfermedad (Chang et al. 2022), (Rinta-Kanto et al. 2023).

## **Visión general de la prevalencia e impacto del cáncer de próstata**

La prevalencia del cáncer de próstata, un

problema global de peso, se destaca como una de las manifestaciones más frecuentes de enfermedad oncológica en hombres. En Finlandia, por poner un caso, se observan alrededor de 5,000 nuevos diagnósticos y unas 900 defunciones cada año. Sin embargo, a escala mundial, el número de casos asciende a cerca de 1.3 millones anualmente. La enfermedad, que con frecuencia cursa sin síntomas en sus fases iniciales, plantea un reto importante para su detección precoz. A pesar de los progresos en las tecnologías de detección, los métodos actuales, como la prueba del antígeno prostático específico (PSA), presentan limitaciones notables, incluyendo una elevada proporción de falsos positivos (Emmanuel N Israel et al. 2024). Estas complicaciones hacen patente la apremiante necesidad de instaurar pruebas no invasivas que faciliten la identificación temprana y precisa del cáncer,

perfeccionando de este modo el pronóstico y el abordaje clínico de los pacientes (Emmanuel N Israel et al. 2024).

## **Importancia del diagnóstico temprano en la mejora de los resultados del tratamiento**

Identificar el cáncer de próstata en sus primeras fases es, sin duda, un factor decisivo para un tratamiento más exitoso, permitiendo intervenciones más eficaces desde el principio. No solo incrementa la supervivencia, sino que también puede disminuir la intensidad de los tratamientos requeridos. Aunque la biopsia, un método tradicional, implica ser invasivo, el progreso reciente en pruebas no invasivas ofrece una alternativa bastante atractiva (Banuprakash et al. 2024). Métodos como la biopsia líquida han demostrado ser efectivos detectando marcadores tumorales en etapas

tempranas, lo que ayuda a monitorizar la evolución del cáncer y cómo responde al tratamiento (Arco A-D et al. 2024). Implementar estas innovaciones diagnósticas podría, en principio, mejorar la calidad de vida del paciente, y también optimizar los recursos de salud al prevenir tratamientos más agresivos en fases más avanzadas de la enfermedad.

## **Introducción a los métodos de pruebas no invasivas**

La introducción de métodos de pruebas no invasivas, un campo en evolución, representa un avance significativo en la detección temprana del cáncer de próstata; un reto médico cuya importancia se intensifica con el aumento de la incidencia de esta enfermedad. Las pruebas tradicionales, por ejemplo, el antígeno prostático específico (PSA), muestran

ciertas limitaciones, incluyendo una tasa relativamente alta de falsos positivos, lo cual afecta su utilidad para identificar tumores relevantes clínicamente ((Rinta-Kanto et al. 2023)). En este sentido, se han estudiado alternativas, como la combinación de biomarcadores, que en general prometen mejorar la especificidad y sensibilidad en la detección temprana del cáncer. Además, diversos estudios recientes indican que organismos modelo, como el nematodo *Caenorhabditis elegans*, tienen la capacidad de identificar ciertos compuestos volátiles presentes en la orina de pacientes con cáncer, lo que sugiere un potencial diagnóstico no invasivo innovador ((Adeleke et al. 2024)). Combinando estas diferentes estrategias, estos desarrollos podrían transformar el enfoque actual hacia la detección precoz del cáncer de próstata.

## **Métodos Actuales de Pruebas No Invasivas**

En la búsqueda de un diagnóstico precoz del cáncer de próstata, las pruebas no invasivas han avanzado notablemente. Estas evaluaciones, que buscan biomarcadores específicos en fluidos como el plasma y el semen, permiten una identificación más precisa de la enfermedad, evitando procedimientos invasivos al paciente. Particularmente prometedor resulta el análisis de vesículas extracelulares y su contenido de pequeños RNAs, cuya alteración se ha demostrado en patologías urogenitales (Bassas et al. 2023). De manera similar, la implementación de plataformas multiplex para identificar múltiples biomarcadores ha arrojado resultados impresionantes, con una precisión de hasta el 95.6% en el diagnóstico temprano del cáncer de pulmón, lo que

sugiere la aplicabilidad de estrategias semejantes al cáncer de próstata (Goebel et al. 2020). Estos métodos, en general, ofrecen un enfoque más personalizado en el manejo y tratamiento de la enfermedad.

## **Visión general de la prueba de antígeno prostático específico (PSA)**

La prueba del antígeno prostático específico (PSA), a pesar de cierta controversia, se ha posicionado como una herramienta crucial para la detección temprana del cáncer de próstata. Este biomarcador mide los niveles de PSA en la sangre; un aumento podría indicar cáncer o afecciones benignas. No obstante, se ha observado que alrededor del 67% de los hombres con resultados positivos en PSA en realidad no tienen cáncer, mientras que un 15% de quienes obtienen resultados negativos desarrollan la enfermedad más

adelante. Esto presenta retos importantes en el diagnóstico temprano y el tratamiento adecuado (Rinta-Kanto et al. 2023). En este sentido, la incorporación de modelos de inteligencia artificial en el análisis de imágenes radiológicas y patológicas muestra un potencial interesante para mejorar la precisión en la detección del cáncer de próstata, ofreciendo un soporte adicional a los métodos tradicionales (Bhattacharya et al. 2022). Esto destaca la importancia de seguir explorando y perfeccionando las técnicas diagnósticas para optimizar el manejo clínico de esta patología. Generalmente hablando, la necesidad de optimización es clara.

## **Papel de la resonancia magnética (RM) en el diagnóstico**

La resonancia magnética (RM), una herramienta que ha transformado el

diagnóstico precoz del cáncer de próstata, se distingue especialmente por ofrecer imágenes detalladas y, lo que es importante, no invasivas de la próstata. Esta tecnología permite una evaluación más precisa de las lesiones, facilitando la identificación de neoplasias en sus fases iniciales, algo esencial para optimizar los resultados del tratamiento. Más allá de la simple detección, la RM también es vital para ubicar y caracterizar los tumores, un factor que influye directamente en las decisiones terapéuticas. Diversos estudios han resaltado la capacidad de la RM para distinguir entre lesiones benignas y malignas, lo que ayuda a disminuir la necesidad de biopsias innecesarias (Tiel et al. 2020). Por otra parte, se ha evidenciado que este método es menos invasivo que otros procedimientos, en concordancia con la tendencia actual hacia el uso de tecnologías que dan prioridad al bienestar del paciente (Carcano G et al.

2023). En la mayoría de los casos, generalmente hablando, estos beneficios hacen de la RM una opción preferible.

## **Biomarcadores emergentes en orina para la detección del cáncer de próstata**

La detección precoz del cáncer de próstata sigue siendo un reto constante en oncología, pero los nuevos biomarcadores presentes en la orina suponen un avance esperanzador en este campo. Estos biomarcadores, como productos del metabolismo celular, tienen el potencial de ofrecer información clave sobre la existencia de células cancerosas, evitando procedimientos invasivos como la biopsia. Estudios recientes han logrado identificar compuestos específicos que se excretan en la orina de pacientes con cáncer de próstata, mostrando una sensibilidad y especificidad

mejoradas en comparación con los métodos de detección convencionales. Un ejemplo claro es la combinación de diversos biomarcadores, que podría ofrecer un enfoque más completo para el diagnóstico, lo que se ajusta a la tendencia de la medicina personalizada en oncología. Por tanto, el uso de biomarcadores urinarios no solo podría revolucionar la detección del cáncer de próstata, sino que también podría cambiar la forma en que se tratan otros tipos de cáncer mediante pruebas no invasivas (Adeleke et al. 2024), (Emmanuel N Israel et al. 2024).

## **Innovaciones Tecnológicas en las Pruebas No Invasivas**

Las innovaciones tecnológicas están cambiando la manera en que se diagnostica el cáncer de próstata de forma no invasiva, un reto importante en la medicina actual. En este

sentido, los biosensores que utilizan biomarcadores están ganando terreno como una opción prometedora. Esto se debe, en gran medida, a los avances en nanotecnología, que han permitido mejorar la precisión y sensibilidad de estas pruebas. Biomarcadores como el antígeno prostático específico (PSA), y otros como PCA3 y PSMA, son objetivos importantes para la detección precoz (Hara et al. 2023). La imagenología ultrasónica, por su parte, destaca no solo por su capacidad para ofrecer una evaluación bastante precisa, sino también porque no es invasiva, lo que la hace fundamental en la práctica clínica (N/A 2021). En general, estas innovaciones son muy importantes para mejorar los resultados en el diagnóstico y tratamiento del cáncer de próstata, lo que representa un avance significativo en la salud pública.

## **Avances en tecnología y técnicas de imagen**

El progreso en la tecnología y las técnicas de imagen, en realidad, ha transformado notablemente la forma en que abordamos el diagnóstico precoz del cáncer de próstata. Esto cobra especial relevancia, como sabemos, considerando el incremento en la incidencia de esta enfermedad. La adopción de la imagenología ultrasonográfica se ha posicionado, en general, como una herramienta esencial, gracias a su carácter no invasivo y la seguridad que implica; permite, de hecho, a los médicos obtener imágenes detalladas del tejido prostático sin comprometer al paciente (N/A 2021). No solo se trata de mejorar los dispositivos; estos avances están impulsados, además, por el desarrollo de técnicas de procesamiento de señales bastante sofisticadas, optimizando así

la interpretación y el análisis de las imágenes obtenidas. Paralelamente, los innovadores métodos de etiquetado celular para imagenología han propiciado una caracterización más precisa de las células prostáticas, facilitando la identificación de patrones que pueden ser, a veces, indicativos de malignidad (Tiel et al. 2020). Por consiguiente, la combinación de estas técnicas, en la mayoría de los casos, ofrece un enfoque diagnóstico temprano más eficaz.

## **Bibliografías**

1. *Emmanuel N. Israel, Emmanuel N. Israel, Grace V. Olagunju, Mercy Tebamifor, Mercy Tebamifor, Nguedia K. Niels, Nguedia K. Niels, et al. 2024, Emerging biomarkers for non-invasive diagnosis and treatment of cancer: a systematic review, Frontiers Media S.A., <https://core.ac.uk/download/620303153.pdf>*

2. Alberca-Del Arco, Fernando, Herrera-Imbroda, Bernardo, Matas-Rico, Elisa, Prieto-Cuadra, et al. 2024, *New Perspectives on the Role of Liquid Biopsy in Bladder Cancer: Applicability to Precision Medicine.*, MDPI, <https://core.ac.uk/download/621566960.pdf>
3. Bassas, Lluís, Larriba, Sara, Vigués i Julià, Francesc 2023, *Using Small Non-Coding RNAs in Extracellular Vesicles of Semen as Biomarkers of Male Reproductive System Health: Opportunities and Challenges*, 'MDPI AG', <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/196115/1/ijms-24-05447.pdf>
4. Goebel, Cherylle, Long, Thomas, Loudon, Christopher L, McKenna, et al. 2020, *Blood test shows high accuracy in detecting stage I non-small cell lung cancer.*, Providence St. Joseph Health Digital Commons, <https://core.ac.uk/download/288208260.pdf>
5. Banuprakash, Tharunya Kalva, Chandrabose, Rajive Gandhi, Manoj, Megha, Mohideen, et al. 2024, *Advancements in early cancer diagnosis using blood-based biomarkers and a machine*

- learning approach, Medip Academy, <https://core.ac.uk/download/603896269.pdf>*
6. Adeleke, S., Adeleke, S., Boussios, Stergios, Boussios, et al. 2024, *Diagnostic biomarkers in ovarian cancer: advances beyond CA125 and HE4, SAGE, <https://core.ac.uk/download/603360693.pdf>*
  7. Chang, L, Graham, P, Li, Y, Ni, et al. 2022, *Liquid biopsy in ovarian cancer: recent advances in circulating extracellular vesicle detection for early diagnosis and monitoring progression., 'Ivyspring International Publisher', <https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/160168/2/Liquid%20biopsy%20in%20ovarian%20cancer%20recent%20advances%20in%20circulating%20extracellular%20vesicle%20detection%20for%20early%20diagnosis%20and%20monit.pdf>*
  8. Goldberg Oppenheimer, Pola, Patel, Mohamed 2025, *Advancements in cancer diagnostics:integrating surface-enhanced Raman spectroscopy and microptofluidics for precision and*

*versatility, <https://core.ac.uk/download/643240145.pdf>*

9. *Bhattacharya, I, Brooks, JD, Fan, RE, Ghanouni, et al. 2022, A review of artificial intelligence in prostate cancer detection on imaging, 'Academy of Traumatology', <https://core.ac.uk/download/541738074.pdf>*
10. *Rinta-Kanto, Laura 2023, C. elegans odour detection in the diagnosis of prostate cancer, <https://core.ac.uk/download/571678881.pdf>*
11. *Abul Rub, Farah, Alabudahash, Mubark, Alhedeithy, Nouf, Chinnappan, et al. 2025, Modern emerging biosensing methodologies for the early diagnosis and screening of ovarian cancer, <https://core.ac.uk/download/647988060.pdf>*
12. *Ahmed, Mohamed Mustaf, Lawal, Azeez Okikiola, Lucero-Prisno, Don Eliseo, Manirambona, et al. 2025, Innovative laboratory techniques shaping cancer diagnosis and treatment in developing countries., Springer Science and*

- Business Media LLC, <https://core.ac.uk/download/640800175.pdf>*
13. *Tiel, S.T. (Sandra) van 2020, Cellular Imaging in Regenerative Medicine, Cancer and Osteoarthritis, <https://core.ac.uk/download/339396106.pdf>*
14. *Carcano G., Carrafiello G., Coppola A., D'Angelo F., Fontana F., Grasso D., Ierardi A. M., et al. 2023, Innovative Experimental Ultrasound and US-Related Techniques Using the Murine Model in Pancreatic Ductal Adenocarcinoma: A Systematic Review, <https://core.ac.uk/download/597997044.pdf>*
15. *Antoniou, Georgios, Baker, Matthew J, Brennan, Paul M, Butler, et al. 2022, Clinical validation of a spectroscopic liquid biopsy for earlier detection of brain cancer, 'Oxford University Press (OUP)', <https://core.ac.uk/download/492545991.pdf>*
16. *Jeffrey M. Holzbeierlein, Brooke R. Bixler, David Buckley, Sam S. Chang, Rebecca Holmes, Andrew James, Erin Kirkby, et al. 2024, Diagnosis and Treatment of Non-Muscle Invasive Bladder*

- Cancer: AUA/SUO Guideline: 2024 Amendment, The Journal of Urology, Volume(211), 533-538, 533-538. <https://doi.org/10.1097/ju.0000000000003846>*
- 17.Xiaocong Pang, He Xu, Zhiwei Qiu, Hanxu Zhang, Ran Xie, Zhiyan Liu, Yanlun Gu, et al. 2023, Targeting integrin pathways: mechanisms and advances in therapy, *Signal Transduction and Targeted Therapy*, Volume(8), <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01259-6>
- 18.Adriansjah, Ricky, Agarwal, Ashok, Al-Hashimi, Manaf, Alali, et al. 2023, Artificial intelligence in andrology: From Semen Analysis to Image Diagnostics, 'Korean Society for Sexual Medicine and Andrology', <https://core.ac.uk/download/571213159.pdf>
- 19.Sattar Akbari Nakhjavani, Begüm Kübra Tokyay, Cansu Söylemez, Misagh Rezapour Sarabi, Ali K. Yetisen, Savaş Taşoğlu 2023, Biosensors for prostate cancer detection, *Trends in biotechnology*, Volume(41), 1248-1267, 1248-1267. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2023.04.001>

20. *Peter Szatmary, Tassos Grammatikopoulos, Wenhao Cai, Wei Huang, Rajarshi Mukherjee, Christopher Halloran, Georg Beyer, et al. 2022, Acute Pancreatitis: Diagnosis and Treatment, Drugs, Volume (82), 1251-1276, 1251-1276. <https://doi.org/10.1007/s40265-022-01766-4>*
21. *Bapat, Bharati, Brewer, Daniel, Clark, Jeremy, Connell, et al. 2020, Development of a multivariable risk model integrating urinary cell DNA methylation and cell-free RNA data for the detection of significant prostate cancer, 'Wiley', <https://core.ac.uk/download/288394471.pdf>*
22. *Battistelli Michela 2021, Liquid Biopsy: A Family of Possible Diagnostic Tools, 'MDPI AG', <https://core.ac.uk/download/527728337.pdf>*
23. *Hara, Tony O., Ma, Shiliang, Singh, Baljit, Singh, et al. 2023, Nanomaterials-Based Biosensors for the Detection of Prostate Cancer Biomarkers: Recent Trends and Future Perspective,*

*Technological University Dublin, [https://  
core.ac.uk/download/587842814.pdf](https://core.ac.uk/download/587842814.pdf)*

# **Avanços no diagnóstico precoce do câncer de próstata por meio de exames não invasivos.**

***Dra Gabriela Mieles***

## **Introdução**

Na medicina atual, identificar o câncer de próstata logo no início tem se mostrado cada vez mais crucial, dada a sua prevalência e o impacto que tem na vida das pessoas. As novas tecnologias de diagnóstico, sobretudo aquelas que não são invasivas, abrem um grande caminho para que os pacientes vivam mais tempo. Estudos recentes têm se dedicado a analisar, por exemplo, a saliva, um fluido do corpo que carrega consigo informações importantes, como moléculas de RNA não

codificante, que podem ajudar a identificar a doença (Majem et al. 2015). Para além disso, técnicas como a Espectroscopia Raman de Superfície Aumentada (SERS) têm demonstrado ser promissoras em estudos diagnósticos, oferecendo uma sensibilidade e especificidade notavelmente melhores (Oppenheimer G et al. 2025). Em geral, estas novas formas de diagnóstico não só ajudam a diminuir os custos que os métodos invasivos trazem, como também tornam o processo mais aceitável para os pacientes, integrando-se, assim, num modelo de medicina que se pretende mais eficiente e focado no bem-estar do paciente.

### **Visão geral da prevalência e importância do câncer de próstata**

A questão do câncer de próstata persiste como um problema de saúde global de peso, o que

sublinha a importância de uma estratégia ativa na sua identificação e tratamento. Pesquisas sugerem que a incidência de câncer de próstata se manifesta, na maioria das vezes, em homens com mais de 60 anos, o que contribui para um aumento da mortalidade associada a este câncer, especialmente à medida que a idade avança (Ogundare et al. 2023). Este cenário, agravado pela dificuldade de resposta aos tratamentos mais comuns, ressalta a importância vital do rastreio e diagnóstico atempados, dado que a identificação em estágios iniciais pode conduzir a resultados mais favoráveis (Mohammadi et al. 2023). Em consequência, o progresso em testes não invasivos e as suas inovações parecem trazer uma transformação na detecção do câncer de próstata, reduzindo não só a morbilidade, mas também os custos sociais e económicos

associados a esta patologia.

### **Importância do diagnóstico precoce na melhoria dos resultados do tratamento**

A identificação atempada do câncer de próstata é, sem dúvida, crucial, pois a sua detecção precoce geralmente permite tratamentos mais efetivos e, na maioria dos casos, um prognóstico melhor. Os progressos nas metodologias de diagnóstico, principalmente por meio de análises não invasivas, têm apresentado resultados animadores na identificação precoce da patologia. Pesquisas têm indicado que, ao combinar indicadores biológicos na urina com informações clínicas, como no sistema ExoMeth, é possível categorizar o risco de forma adequada e identificar câncer considerável em pacientes que ainda não se submeteram a uma biópsia. Este método,

além de aumentar os níveis de precisão do diagnóstico, também proporciona um benefício líquido superior se comparado às abordagens de tratamento atuais, diminuindo a necessidade de biópsias desnecessárias em até 66% (Bapat et al. 2020). Assim, implementar estratégias de diagnóstico precoce pode prevenir desenvolvimentos indesejados da doença e, de fato, melhorar os resultados do tratamento de forma significativa (David C Goodman et al. 2011).

## **Introdução a métodos de teste não invasivos**

Apresentar métodos de teste não invasivos para o câncer de próstata surge como um tópico promissor, com potencial para transformar as práticas diagnósticas em vigor. Estes métodos, evitando cirurgias ou biópsias, empregam tecnologias avançadas como a

Espectroscopia Raman Aumentada por Superfície (SERS) e técnicas de aprendizado de máquina, permitindo tanto a detecção precoce quanto a caracterização molecular do câncer. A SERS, a título de exemplo, demonstra uma sensibilidade elevada em estudos *\*in vivo\** e *\*ex vivo\**, provando sua eficácia em diversas formas de câncer, inclusive o de próstata (Oppenheimer G et al. 2025). A integração destas tecnologias com dispositivos Lab-on-Chip não só simplifica o processo diagnóstico, mas também aumenta consideravelmente a precisão e a taxa de diagnóstico precoce (B Nemade et al. 2024). Desse modo, os métodos não invasivos sobressaem-se como uma alternativa com grande potencial, representando um progresso considerável no combate ao câncer e na elevação da qualidade de vida dos pacientes.

## **Métodos de Teste Não Invasivos Atuais**

identificação antecipada do câncer de próstata é fundamental para o aumento das taxas de sobrevida, e os métodos de teste não invasivos têm demonstrado um futuro promissor nesse cenário. Métodos como a Espectroscopia Raman Aumentada por Superfície (SERS), por exemplo, têm sido combinados com dispositivos de microfluídica, o que possibilita diagnósticos mais sensíveis e versáteis. Estudos recentes evidenciam a eficácia dessas técnicas na identificação de diversos tipos de câncer, incluindo o de próstata (Oppenheimer G et al. 2025). Adicionalmente, a utilização de algoritmos de aprendizado de máquina e aprendizado profundo para análise de dados provenientes de testes não invasivos está transformando a precisão do diagnóstico, possibilitando uma classificação mais precisa

das condições clínicas dos pacientes e personalizando as estratégias de tratamento (B Nemade et al. 2024). Tais inovações não só simplificam a identificação antecipada, mas também impulsionam um avanço relevante na abordagem do câncer de próstata, buscando otimizar o cuidado ao paciente.

### **Visão geral dos testes não invasivos existentes para câncer de próstata**

Nos últimos anos, observamos o surgimento de vários testes não invasivos com o objetivo de melhorar a detecção precoce do câncer de próstata, uma doença que afeta muitos homens no mundo todo. Dentre as novidades, a espectroscopia Raman aprimorada por superfície (SERS) e as técnicas de microfluídica têm chamado atenção por sua sensibilidade e versatilidade na identificação de biomarcadores relacionados à doença.

Estas metodologias buscam detectar alterações moleculares e oferecem, ao mesmo tempo, uma abordagem de diagnóstico que reduz a necessidade de procedimentos invasivos. Além disso, estudos indicam que a junção de dispositivos Lab-on-Chip com SERS representa um avanço importante, viabilizando diagnósticos em pontos de atendimento. Essa combinação de tecnologias pode, em geral, elevar as taxas de diagnóstico precoce e tem o potencial de transformar a forma como o câncer de próstata é abordado na prática clínica, conforme evidenciado em (Oppenheimer G et al. 2025) e (Ogundare et al. 2023).

### **Comparação de testes não invasivos com métodos invasivos tradicionais**

A análise comparativa entre os exames não invasivos e os métodos invasivos já

conhecidos para o rastreio inicial do cancro da próstata demonstra claras vantagens na fase inicial do diagnóstico. Métodos tradicionais, sendo quase sempre invasivos, por vezes podem causar desconforto e riscos para o paciente, ao passo que os testes não invasivos, como por exemplo aqueles que se baseiam em análise do RNA não codificante em amostras de saliva, oferecem alternativas interessantes que atenuam consideravelmente estes problemas. A estabilidade das moléculas de RNA em fluidos corporais, tal como se pode verificar em (Majem et al. 2015), torna possível a identificação de biomarcadores sem necessitar de procedimentos invasivos. Outrossim, novas tecnologias, como a Espectroscopia Raman Amplificada pela Superfície (SERS), têm demonstrado eficácia na acurácia do diagnóstico, conforme é salientado em (Oppenheimer G et al. 2025).

Estas inovações não só elevam a taxa de detecções precoces, mas também têm o potencial de tornar o processo de diagnóstico mais acessível e menos dispendioso, beneficiando o sistema de saúde bem como os doentes.

### **Limitações e desafios dos testes não invasivos atuais**

A busca por testes não invasivos para detectar precocemente o câncer de próstata, apesar do seu potencial, esbarra em vários obstáculos e restrições que merecem atenção para que realmente funcionem na prática clínica. Uma dificuldade considerável reside na oscilação da sensibilidade e especificidade desses exames, o que pode gerar diagnósticos imprecisos ou tardios. Paralelamente, muitos procedimentos se baseiam na identificação de biomarcadores que carecem de validação completa em estudos extensos com muitos

participantes, gerando dúvidas sobre como eles se aplicam a diferentes grupos de pessoas. Atualmente, a combinação de tecnologias, a exemplo do uso da espectroscopia Raman ampliada por superfície em dispositivos de atendimento imediato, indica uma melhora na precisão, embora sua aplicação ainda seja restrita por questões de custo e pela exigência de uma infraestrutura técnica apropriada (Oppenheimer G et al. 2025). Além disso, a hesitação dos pacientes em relação a procedimentos que, mesmo não sendo invasivos, podem causar algum incômodo, ainda dificulta a adesão a essas novas abordagens diagnósticas (Banuprakash et al. 2024).

## **Avanços Tecnológicos Recentes**

Nos últimos anos, tem-se observado um

progresso notável na detecção precoce do câncer de próstata, impulsionado pelos avanços tecnológicos, com especial destaque para os testes não invasivos. Uma solução que emerge como promissora é a utilização da espectroscopia Raman aumentada por superfície (SERS) em dispositivos microfluídicos, proporcionando uma abordagem sensível para a triagem de biomarcadores. Essa tecnologia, além de aumentar a precisão e a reprodutibilidade dos resultados, viabiliza diagnósticos em pontos de cuidado. Adicionalmente, estudos recentes têm demonstrado o potencial dos perfis de microRNAs não codificantes (ncRNAs) presentes na saliva na identificação de diversas doenças sistêmicas, incluindo o câncer. A estabilidade desses ncRNAs em fluidos corporais os torna excelentes candidatos para o desenvolvimento de testes

não invasivos, otimizando a experiência do paciente e reduzindo custos, o que demonstra a relevância dos avanços tecnológicos no combate ao câncer de próstata (Oppenheimer G et al. 2025), (Majem et al. 2015).

## **Desenvolvimento de testes de biomarcadores para detecção de câncer de próstata**

O câncer de próstata continua a ser um grande problema de saúde pública, impulsionando a pesquisa por abordagens diagnósticas aprimoradas e minimamente invasivas. O avanço dos testes baseados em biomarcadores específicos tem se mostrado bastante promissor, particularmente no contexto da detecção em estágios iniciais da doença. De forma interessante, a análise de padrões de RNA não codificantes (ncRNAs) presentes na saliva tem surgido como uma alternativa

potencialmente útil. Pesquisas sugerem que estas moléculas, dada a sua notável estabilidade em diferentes fluidos corporais, poderiam fornecer dados importantes sobre o desenvolvimento do câncer e a progressão do tumor (Majem et al. 2015). Adicionalmente, a incorporação de tecnologias como a Espectroscopia Raman Amplificada por Superfície (SERS) em dispositivos de uso imediato tem tornado possível uma forma de diagnóstico mais sensível e de fácil acesso, facilitando a identificação antecipada de diversos tipos de câncer, incluindo o de próstata (Oppenheimer G et al. 2025). Dentro desse panorama, a junção dessas diferentes inovações pode, sem dúvida, transformar o modo como a detecção precoce do câncer de próstata é conduzida.

## **Bibliografia**

1. Ogundare, Ayodele Oluwayemisi, Okunnuga, Ndidi Aishat, Oladunmoye, Muftau Kolawole, Oluyele, et al. 2023, Microbial spectrum and susceptibility profile of opportunistic pathogens isolated from cancer patients attending a tertiary healthcare centre in Akure, Nigeria, 'Universidad Nacional Hermilio Valdizan - Facultad de Ciencias de la Educacion', <https://core.ac.uk/download/595563265.pdf>
2. Mohammadi, Erfan, Ramezani, Narges 2023, The Role of Public Health in the Fight Against Cancer: Awareness, Prevention, and Early Detection, <http://arxiv.org/abs/2311.08654>

3. Majem, Blanca, Reventós, Jaume, Rigau, Marina, Wong, et al. 2015, Non-coding RNAs in saliva: emerging biomarkers for molecular diagnostics., eScholarship, University of California, <https://core.ac.uk/download/323080018.pdf>
4. Goldberg Oppenheimer, Pola, Patel, Mohamed 2025, Advancements in cancer diagnostics:integrating surface-enhanced Raman spectroscopy and microptofluidics for precision and versatility, <https://core.ac.uk/download/643240145.pdf>
5. Backhaus, Badrick, Baker, Baker, Ballehaninna, Beleites, Bird, et al. 2020, Biofluid Diagnostics by FTIR Spectroscopy: A Platform Technology for Cancer Detection, 'Elsevier BV', <https://core.ac.uk/download/391332430.pdf>
6. Banuprakash, Tharunya Kalva, Chandrabose, Rajive Gandhi, Manoj,

- Megha, Mohideen, et al. 2024, Advancements in early cancer diagnosis using blood-based biomarkers and a machine learning approach, Medip Academy, <https://core.ac.uk/download/603896269.pdf>
7. Kupelian, Patrick A, Meeks, Sanford L, Shah, Amish P, Willoughby, et al. 2011, Expanding the use of real-time electromagnetic tracking in radiation oncology., eScholarship, University of California, <https://core.ac.uk/download/323076551.pdf>
  8. B. Nemade, Dr. Sangita, Dagade, Naman, Gaikwad, Varsha P., Shah, et al. 2024, Deciphering Cancer's Code: A Review on Advanced Machine Learning Approaches in DNA-Based Cancer Detection, Uphills Publishers LLC, United

States, <https://core.ac.uk/download/640070010.pdf>

9. Fink, Aliza K, German, Robert R, Johnson, Christopher J 2012, Disparities in Cause-Specific Cancer Survival by Census Tract Poverty Level in Idaho, U.S., Digital Scholarship @ UNLV, <https://digitalscholarship.unlv.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1062&context=jhdrp>
10. Bapat, Bharati, Brewer, Daniel, Clark, Jeremy, Connell, et al. 2020, Development of a multivariable risk model integrating urinary cell DNA methylation and cell-free RNA data for the detection of significant prostate cancer, 'Wiley', <https://core.ac.uk/download/288394471.pdf>
11. Bagrodia, Aditya, Choi, Noah, McKay, Rana R, Pandit, et al. 2024, Striving for Equity: Examining Health Disparities in

Urologic Oncology, eScholarship, University of California, <https://core.ac.uk/download/631293145.pdf>

12. Burke, Caoimhe, Dean, Kellie, Eustace, Alex J., Heeran, et al. 2024, Precision Oncology, Artificial Intelligence, and Novel Therapeutic Advancements in the Diagnosis, Prevention, and Treatment of Cancer: Highlights from the 59th Irish Association for Cancer Research (IACR) Annual Conference, <https://core.ac.uk/download/613688168.pdf>
13. Bebawy, M, De Rubis, G, Rajeev Krishnan, S 2019, Liquid Biopsies in Cancer Diagnosis, Monitoring, and Prognosis, 'Elsevier BV', [https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/136289/3/Manuscript\\_Final%2b090119.pdf](https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/136289/3/Manuscript_Final%2b090119.pdf)

14. David C. Goodman, Elliott S. Fisher, John E. Wennberg, Julie P. W. Bynum, Michael J. Barry, Shannon Brownlee 2011, Improving Patient Decision-Making in Health Care, Dartmouth Institute for Health Policy and Clinical Practice, <https://core.ac.uk/download/71358521.pdf>
15. Basu, Partha, Beyer, Katharina, Chandran, Arunah, Collen, et al. 2023, Navigating through the Controversies and Emerging Paradigms in Early Detection of Prostate Cancer: Bridging the Gap from Classic RCTs to Modern Population-Based Pilot Programs, <https://core.ac.uk/download/596910805.pdf>
16. Ahmed, Awais, Mumtaz, Summaya, Mumtaz, Ummara 2024, LLMs-Healthcare : Current Applications and Challenges of Large Language Models in various

Medical Specialties, <http://arxiv.org/abs/2311.12882>

## **Dados da Autora**

**Gabriela Mieles**

Médica clínica geral

Especialista em cuidados ao paciente  
oncológico

Professora colaboradora

Faculdade de Medicina da Universidade de  
São Paulo (FMUSP)

São Paulo, Brasil