



"Chip" para diagnosticar câncer

Biossensor desenvolvido pela USP detecta marcador do tumor de pâncreas em uma gota de sangue. Em minutos, o teste identifica uma proteína associada à doença, especialmente nos estágios precoces, quando chance de tratamento é maior

» PALOMA OLIVETO

Desenvolvido por pesquisadores brasileiros, um pequeno dispositivo conseguiu diagnosticar, em poucos minutos, um biomarcador do câncer de pâncreas a partir de uma gota de sangue. A inovação, publicada na revista *ACS Omega*, da Associação Norte-Americana de Química, poderá beneficiar futuramente pacientes desse que é um dos tumores oncológicos mais letais, justamente pela dificuldade de diagnosticá-lo precocemente. Em vez de exames laboratoriais demorados, laboratórios bem-equipados e mão de obra especializada, a expectativa dos cientistas é de que o dispositivo, semelhante a um chip, possa identificar a doença nas fases iniciais e em qualquer lugar do Brasil, mesmo longe de grandes centros de diagnósticos. O biossensor, que combina engenharia de materiais, eletrônica e biotecnologia, foi desenvolvido para detectar o biomarcador CA19-9, atualmente usado para monitorar a doença em pacientes com câncer de pâncreas.

Na base da inovação, está o dispositivo construído com materiais condutores organizados em múltiplas camadas microscópicas. Os polímeros com propriedades elétricas específicas são depositados sobre eletrodos de ouro e funcionam como uma interface sensível entre o sangue e o sistema eletrônico.

Inteligente

O funcionamento lembra o de sensores usados em dispositivos inteligentes: quando o biomarcador CA19-9 presente no sangue se liga a anticorpos fixados na superfície do sensor, ocorre uma alteração nas propriedades elétricas do sistema. Essa mudança é captada e interpretada como um sinal mensurável. Na prática, isso transforma uma interação biológica invisível em um dado elétrico quantificável.

O tempo de resposta é um dos principais avanços: o sistema atinge equilíbrio em cerca de sete minutos, permitindo análises rápidas e potencialmente em tempo real. "Quanto maior a concentração de CA19-9, maior a variação detectada no sensor. Em minutos, o sistema compara o resultado com uma curva de calibração preestabelecida, estimando a quantidade da proteína no sangue. Isso nos permite identificar concentrações muito baixas de CA19-9, o que possibilita o diagnóstico precoce da doença de forma rápida e acessível", explica Gabriella Soares, doutoranda em engenharia de materiais na Universidade de São Paulo (USP) e primeira autora do artigo. O projeto foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).

Além disso, o sistema demonstrou

Três perguntas para

MÁRCIO ALMEIDA, ONCOLOGISTA E MEMBRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ONCOLOGIA CLÍNICA (SBOC)

O marcador CA19-9 já é usado hoje. O que muda com essa nova tecnologia em relação aos exames atuais?

O CA19-9 já é utilizado na prática clínica, principalmente para acompanhamento de pacientes com diagnóstico conhecido, avaliação de resposta ao tratamento e suspeita de recidiva. A proposta desse biossensor é diferente: ele tenta detectar o CA19-9 de forma mais sensível, rápida e com potencial de menor custo, usando uma plataforma elétrica baseada em capacitância. No estudo, o dispositivo detectou concentrações muito baixas de CA19-9, com limite de detecção de 0,01 U/mL, e atingiu equilíbrio de leitura em cerca de 7 minutos. Isso sugere uma tecnologia potencialmente mais ágil e portátil que métodos laboratoriais convencionais, embora ainda em fase de validação.

Quais os principais cuidados antes de se adotar essa tecnologia?

O principal cuidado é entender que esse exame ainda não pode ser usado isoladamente para diagnosticar câncer



Arquivo pessoal

de pâncreas. No estudo, houve um falso positivo em indivíduo saudável e um caso próximo de falso negativo em paciente doente. Antes de incorporar a tecnologia, seria necessário validar o teste em populações maiores, com diferentes estágios da doença, doenças benignas pancreatobiliares, icterícia, pancreatite, diabetes e outras condições que podem alterar o CA19-9. Também seria essencial padronizar coleta, processamento da amostra, controle de qualidade, pontos de corte e confirmar

resultados suspeitos com exames de imagem e avaliação clínica.

Biossensores como esse têm potencial para ampliar o acesso no SUS e mudar o prognóstico do câncer de pâncreas no Brasil?

Têm potencial, mas ainda não estão prontos para mudar a prática clínica. A grande promessa é oferecer um teste rápido, sensível, possivelmente mais barato e aplicável em larga escala, o que poderia beneficiar especialmente serviços com menor acesso a exames especializados. No SUS, isso poderia ter impacto se for incorporado como ferramenta de triagem para grupos de alto risco, e não como rastreamento indiscriminado da população geral. Para mudar o prognóstico do câncer de pâncreas no Brasil, esse tipo de tecnologia precisaria demonstrar, em estudos maiores, que detecta casos realmente precoces, reduz falsos resultados e leva a intervenções capazes de aumentar a sobrevida. Portanto, é uma inovação promissora, mas ainda depende de validação clínica robusta antes de uso assistencial amplo. (PO)

portáteis — como equipamentos de diagnóstico point-of-care, usados fora de grandes laboratórios.

Os autores destacam, inclusive, a possibilidade de transferência da tecnologia para o sistema público de saúde (SUS), ampliando o acesso ao diagnóstico. "Nos estágios iniciais, o câncer de pâncreas é assintomático, o que faz com que a doença seja identificada, na maioria das vezes, tardiamente", explica Débora Gonçalves, professora do Instituto de Física de São Carlos da USP (IFSC-USP) e coordenadora do projeto. "A ideia de desenvolver esse biossensor simples e barato surge do princípio de dar acesso à rastreabilidade dessa doença."

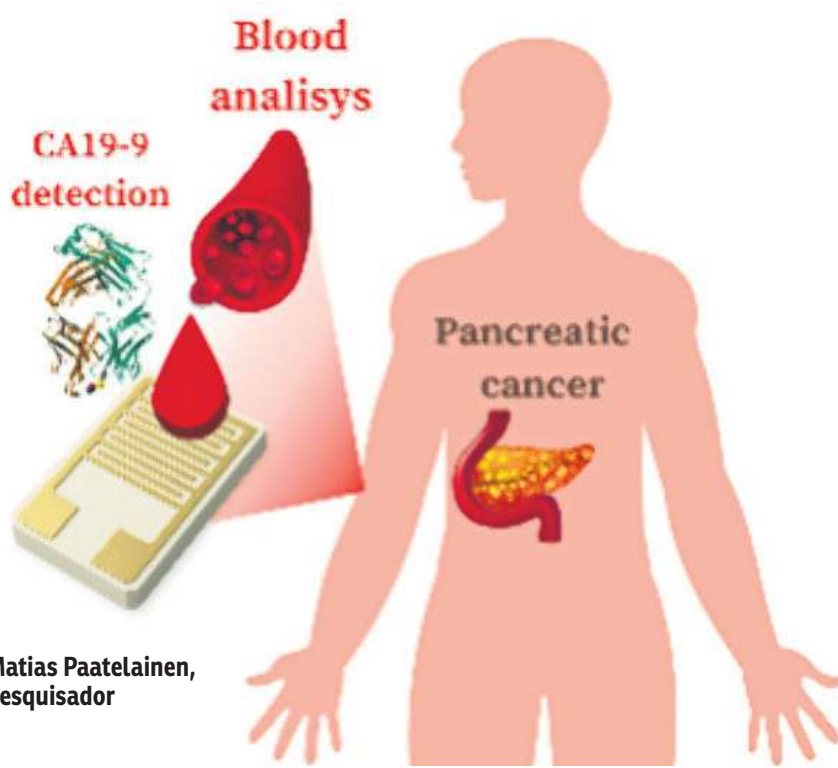
Agora, o grupo de pesquisadores trabalha com técnicas de aprendizado de máquina para compor uma ferramenta chamada "língua bioeletrônica", capaz de analisar os resultados obtidos de amostras de sangue, urina e saliva. "Como o volume de dados gerado é grande, algoritmos são utilizados para identificar padrões, fazer previsões e corrigir rotas ou erros de leitura", explica Gabriella Soares.

Desafio

"O câncer de pâncreas é um dos maiores desafios da oncologia contemporânea justamente porque ele se desenvolve de forma silenciosa e agressiva", diz Felipe José Fernández Coimbra, secretário-geral da Sociedade Mundial de Cirurgia Oncológica e líder do Centro de Referência em Tumores do Aparelho Digestivo Alto do A.C. Camargo Cancer Center. No Brasil, embora seja responsável por apenas 1% das enfermidades oncológicas, provoca cerca de 5% dos óbitos por câncer.

Segundo Fernández Coimbra, cerca de 80% dos pacientes descobrem a doença em estágios avançados. Por isso, a taxa de sobrevida de cinco anos costuma ser de 3%. O cirurgião oncológico destaca que avanços tecnológicos, como testes baseados em biomarcadores, exames de imagem mais refinados e auxílio da inteligência artificial na radiologia são essenciais para mudar esse cenário.

O oncologista Ramon Andrade de Mello, do Centro Médico Paulista High Clinic Brazil e vice-presidente da Sociedade Brasileira de Cancerologia, esclarece que os principais fatores de risco para o câncer de pâncreas são obesidade, tabagismo e pancreatite crônica. Segundo o médico, quando surgem os sintomas, geralmente é realizada uma tomografia, que aponta a presença de uma massa no órgão. "O diagnóstico se confirma mesmo por meio da biópsia feita por um exame que combina endoscopia e radiografia", diz. O tratamento, ressalta, depende de cada caso. "Caso seja operável, a cirurgia pode ser indicada. Outra opção é a realização de quimioterapia seguida de cirurgia e, posteriormente, retornamos com a quimioterapia."



Matias Paatelainen, pesquisador

seletividade, ou seja, capacidade de distinguir o CA19-9 de outras moléculas presentes no sangue. Experimentos mostraram que o sensor responde de forma diferente a proteínas e vírus não relacionados, reduzindo o risco de interferência, o

que aumenta a chance de o protótipo ser traduzido em soluções clínicas.

Testes

O dispositivo foi testado em 24

amostras de sangue humano, incluindo pacientes com câncer de pâncreas em diferentes estágios e indivíduos saudáveis. Os resultados foram comparados com o método padrão (Elisa), amplamente utilizado em laboratórios. O biossensor apresentou desempenho consistente, principalmente em concentrações baixas e moderadas do biomarcador — justamente a faixa mais relevante para detecção precoce da doença.

Em concentrações muito altas do marcador — geralmente associadas a estágios mais avançados do câncer de pâncreas — o dispositivo tende a subestimar os valores em comparação ao método tradicional. Esse tipo de comportamento é comum em sensores baseados em superfícies, que podem sofrer saturação quando há excesso de moléculas. Segundo os cientistas, embora promissora, a inovação precisa passar por ajustes antes de ser aplicada na prática clínica.

Um dos diferenciais do estudo está no uso de técnicas avançadas de análise de dados. Os pesquisadores aplicaram métodos de projeção multidimensional para interpretar os sinais elétricos do sensor, transformando informações complexas em padrões visuais que facilitam a classificação das amostras. Por ser compacto, rápido e de baixo custo, dispositivo pode futuramente ser integrado a plataformas

MATERIAIS

Dispositivos ajustáveis pela luz

A luz pode ser usada para remodelar com precisão materiais macios sem contato mecânico, abrindo novas possibilidades para dispositivos ajustáveis em fotônica, sensoriamento e biomedicina. Em um artigo publicado na revista *Nature Communications*, pesquisadores da Universidade de Tampere, na Finlândia, demonstraram filmes finos de hidrogel que permitem a criação de superfícies programáveis com alta sensibilidade, resposta rápida, controle espacial preciso e reversibilidade.

Hidrogéis fotossensíveis são

particularmente interessantes para mimetizar microestruturas dinâmicas encontradas na natureza. Esses materiais absorvem e liberam água quando expostos à luz, permitindo a atuação precisa e remota em estruturas leves. Essas propriedades são ideais para aplicações como microrrobôs flexíveis, sistemas remotos de administração de fármacos e plataformas ativas para cultura de células.

Escala

Porém, até agora, as respostas em

filmes de hidrogel eram tipicamente limitadas a escalas de tempo de dezenas de segundos e resoluções espaciais de dezenas de micrômetros — aproximadamente a espessura de um fio de cabelo humano fino —, restringindo as aplicações práticas. Agora, o grupo de pesquisa em Materiais Fotônicos Inteligentes alcançou o controle em escalas de tempo sub-segundo e resolução sub-micrométrica, marcando um avanço significativo em velocidade e precisão.

Segundo o autor principal, Matias Paatelainen, a inovação poderá viabilizar

dispositivos ópticos mais simples e adaptáveis, superfícies de detecção inteligentes e plataformas biomédicas que se assemelhem mais ao comportamento biológico natural. "Esses materiais nos aproximam um passo mais da reprodução do dinamismo dos microambientes biológicos, oferecendo estimulação mecânica cíclica às células em frequências semelhantes às dos batimentos cardíacos", diz. "Ainda há um longo caminho a percorrer, mas vemos um grande potencial para a criação de culturas celulares adaptáveis e dinâmicas, plataformas microfluidicas reconfiguráveis e muito mais, tudo controlado remotamente por luz", acrescentou o professor Arri Priimägi, da Universidade de Tampere.



Paatelainen: proximidade biológica