

# Nanorrobôs no auxílio CONTRA O CÂNCER

Do tamanho de um grão de arroz, eles podem conduzir até quatro medicamentos, de uma só vez, em dosagens precisas que atacam diretamente o tumor. Outra vantagem é que não atingem áreas ao redor nem provocam efeitos colaterais

» HADASSA LIMA\*

Pesquisadores da Universidade Tecnológica de Nanyang, em Singapura, lançaram um projeto inovador no campo da robótica e da medicina: um robô em miniatura magnético, pequeno como um grão de arroz, projetado para administrar diversos medicamentos com precisão, visando aprimorar tratamentos complexos, como os que combatem tumores. Com capacidade para dispensar até quatro medicamentos de forma sequencial e controlada de uma só vez, essa tecnologia apresenta uma alternativa promissora para terapias que requerem doses específicas em locais exatos, como na oncologia e em doenças neurológicas.

No contexto da nano medicina, um robô que entregue medicamentos em miniatura, projetado para se mover no corpo humano e administrar medicamentos diretamente nas áreas mais necessárias. Esses robôs, muitas vezes menores do que um milímetro, são construídos com materiais que permitem sua navegação e controle por meio de estímulos externos, como campos magnéticos. A expectativa é entregar de forma mais precisa e controlada de medicamentos, atingindo diretamente o tumor, reduzindo a possibilidade de afetar outras áreas e causar efeitos colaterais.

## Campos magnéticos

Esse nanorrobô se move pelo corpo via campos magnéticos e busca suprir deficiências dos métodos tradicionais de administração de medicamentos: a falta de controle sobre o direcionamento e a dosagem. Por meio de campos, o robô alcança níveis de precisão incomparáveis, permitindo que diferentes medicamentos sejam administrados em áreas específicas onde as células-alvo se encontram. Cada medicamento é armazenado em módulos distintos do robô, os quais são ativados conforme os requisitos do tratamento.

Em testes, utilizando um sistema de controle de frequência, os campos magnéticos atuaram para vibrar os módulos em ritmos específicos e com medicamentos em dosagem precisa. Esse processo é realizado por um circuito fechado em que cada módulo de medicação reage a comandos independentes. Em testes, as taxas de distribuição se adaptaram às necessidades terapêuticas específicas dos tratamentos.

Os desafios foram superados por diversas experiências, segundo o professor assistente, Lum Guo Zhan da Escola de Engenharia Mecânica e Aeroespacial (MAE). “(Trabalhamos para) minimizar os vazamentos de medicamentos, especialmente em ambientes aquosos, em que o risco de liberação indesejada era elevado. As cápsulas foram projetadas para se afastarem das válvulas quando inativas, garantindo que elas permanecessem fechadas até que uma vibração específica as ativasse.”

## Estrutura

A estrutura do robô é de silicone biocompatível e micropartículas magnéticas, combinando flexibilidade com durabilidade. A biocompatibilidade, fator crucial para seu uso em terapias humanas, foi amplamente testada em laboratório, em que células de fibroblastos são expostas ao material do robô por 24 horas, apresentando taxas de viabilidade acima de 98%. Segundo os cientistas, isso minimiza os riscos de rejeição e permite que o sistema opere no corpo sem causar efeitos adversos, como resposta imunológica. Tem capacidade de rolar e rastejar, superando obstáculos inclusive em locais de difícil acesso.

Com essas habilidades, o sistema consegue reposicionar-se para aplicações múltiplas, o que é essencial em terapias que exigem várias dosagens em intervalos controlados. Anderson Figueiredo da Costa, doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais, disse que o nanorrobô é um avanço bastante esperado. “Embora tenha sido um desafio incorporar materiais magnéticos sem comprometer a biocompatibilidade, os testes realizados demonstraram que o robô e seus compo-

NTU Singapura



Quase microscópico, o robô magnético apresenta bastante eficácia

## Três perguntas/ Thiago Souza

DOUTOR EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO PELA COPPE/UFRJ, MESTRE EM INFORMÁTICA PELO PPG/UFRJ, ESPECIALISTA EM PLANEJAMENTO, IMPLEMENTAÇÃO E GESTÃO DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA PELO LANTE/UFRJ E ESPECIALISTA EM GERÊNCIA E DESENVOLVIMENTO

### Como a utilização de materiais magnéticos contribui para a eficácia e precisão da administração de múltiplos medicamentos?

O uso de materiais magnéticos permite guiar o robô com precisão, utilizando campos magnéticos externos para movê-lo e posicioná-lo. Isso facilita a administração precisa de múltiplos medicamentos, pois o robô pode ser controlado remotamente e direcionado a diferentes áreas do corpo sem a necessidade de uma cirurgia invasiva.

### Quais são as perspectivas para a utilização dos nanorrobôs em tratamentos médicos?

Nos próximos anos, os nanorrobôs

Arquivo pessoal



deverem se tornar parte fundamental de tratamentos médicos avançados. Com a combinação de inteligência artificial e nanotecnologia, a expectativa é que

esses robôs possam operar de forma autônoma ou semiautônoma, realizando diagnósticos, monitoramentos e tratamentos diretamente dentro do corpo humano, tornando as terapias mais seguras e precisas.

### Quais são as possíveis aplicações desse robô fora do campo da medicina?

Devido à precisão e destreza, esse nanorrobô poderia ser utilizado em outras áreas, como em inspeções de equipamentos industriais de difícil acesso, na reparação de componentes eletrônicos minúsculos, ou até em pesquisas científicas que envolvem manipulação de materiais em microescala.

## Palavra de especialista

### Inovação terapêutica

O sistema de dosagem e sequência reprogramável do robô tem o potencial de transformar as terapias combinadas e personalizadas de forma significativa, oferecendo diversas vantagens para o tratamento de condições complexas. A principal inovação está na flexibilidade terapêutica, permitindo que médicos ajustem a sequência e a dosagem dos medicamentos de acordo com as necessidades específicas de cada paciente, e tudo isso em tempo real. Essa capacidade de personalizar o tratamento pode melhorar a eficácia terapêutica, especialmente em tratamentos como terapias anticâncer combinadas. A

Arquivo pessoal



administração de múltiplos medicamentos de maneira sequencial e controlada pode reduzir a resistência dos patógenos ou células cancerígenas, que muitas vezes desenvolvem resistência a terapias com medicamentos únicos, aumentando as chances de sucesso. Ao direcionar os

medicamentos de forma precisa para o local da doença e controlar rigorosamente as dosagens, reduz a toxicidade sistêmica e os efeitos adversos para o paciente. A utilização de um único dispositivo para administrar múltiplos medicamentos pode otimizar recursos, eliminando a necessidade de procedimentos e equipamentos e, assim, reduzir custos. O sistema também oferece a vantagem de adaptação durante o tratamento: caso a condição do paciente mude ou ajustes sejam necessários, o robô pode ser reprogramado sem necessidade de intervenção invasiva com base no perfil genético e fisiológico de cada paciente.

**Anderson Figueiredo da Costa,** professor na Universidade São Judas Tadeu, doutor em engenharia e ciências e mestre em engenharia mecânica

## Para saber mais

Arquivo pessoal



### Da ficção para a realidade

O projeto foi inspirado no filme *Viagem Fantástica*, de 1966, em que o pesquisador Jan Benes descobre uma fórmula científica que pode miniaturizar qualquer objeto. Mas ele sofre um atentado, é ferido e entra em coma. Para salvá-lo, cientistas americanos usam a fórmula em um submarino para transformar o veículo em uma miniatura pequena o suficiente para inspecionar o corpo de Benes por dentro, via corrente sanguínea. O projeto realizado pelos pesquisadores da Universidade Tecnológica de Nanyang, em Singapura, foi inspirado no filme.

O professor assistente Lum Guo Zhan, da Escola de Engenharia Mecânica e Aeroespacial, comenta a inspiração do filme. “O que era um cenário de filme de ficção científica, agora está se tornando mais próximo da realidade, com a inovação do nosso laboratório”, afirmou ele. “Métodos tradicionais de administração de medicamentos, como administração oral e injeções, parecem comparativamente ineficientes quando comparados ao envio de um pequeno robô pelo corpo para administrar o medicamento exatamente onde ele é necessário.”

nentes são seguros para uso em ambientes biológicos.”

A equipe agora se dedica a elaborar a miniaturização do robô para ser usada em áreas corporais mais delicadas, como o sistema nervoso central e o trato gastrointestinal. A ideia é aplicar esse sistema aprimorado em terapias combinadas

de alta precisão para potencializar os efeitos terapêuticos e reduzir os efeitos colaterais. “Será possível acessar regiões mais estreitas do corpo, como o sistema nervoso central e o trato urinário”, afirmou Anderson Figueiredo.

Para Thiago Souza, doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela

COPPE/UFRJ, o nanorrobô permitirá, por exemplo, personalizar os tratamentos de forma cada vez mais precisa. “Possibilita terapias combinadas e personalizadas, ajustando o tratamento diretamente no corpo do paciente conforme a progressão da doença ou a resposta ao tratamento”, afirmou ele. Anderson Figueiredo com-

plementa: “Essa capacidade de personalizar o tratamento pode melhorar a eficácia terapêutica, especialmente em tratamentos como terapias anticâncer combinadas, nas quais a precisão é crucial”.

\* Estagiária sob a supervisão de Renata Giraldi