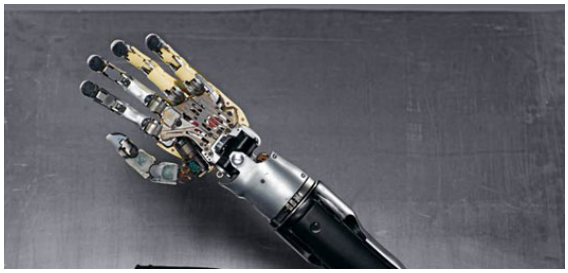
A era biônica
National Geographic

Etimologia: junção de bio ("vida") + ônica (de "eletrônica"); o estudo de sistemas mecânicos que funcionam como organismos vivos ou partes de organismos vivos.

Por Josh Fischman
Foto de Mark Thiessen



Corpo de metal: vinte motores dão vida a um braço biônico que imita um membro de carne e osso com precisão. Os usuários os controlam por meio de impulsos nervosos. E ele dispõe de sensores com sensibilidade tátil. Amanda Kitts é cercada pelas crianças de 4 ou 5 anos assim que entra na sala de aula da escolinha Kiddie Kottage Learning Center, perto de Knoxville, no estado americano do Tennessee. "E aí, crianças, como estão os meus queridinhos?", exclama ela enquanto distribui carinhos para uns e outros. Esguia e animada, ela é a dona dessa pré-escola há quase duas décadas. Ela agacha-se para falar com uma menininha, apoiando as mãos nos joelhos. "O braço de robô!", gritam várias crianças. "Lembra de quando lhe dei a mão?", diz Amanda estendendo o braço e girando o pulso. Um menino tenta, de maneira hesitante, tocar os dedos dela. O que encontra são dedos de plástico, da cor da pele, ligeiramente curvados para dentro. Por baixo deles há três motores, uma estrutura de metal e uma rede de sofisticados equipamentos eletrônicos. O conjunto é completado por um suporte côncavo de plástico branco que fica no meio dos bíceps de Amanda, circundando o coto que é quase tudo o que restou de seu braço após um acidente de trânsito em 2006.

Quase tudo, mas não tudo. Em seu cérebro, em um nível abaixo da consciência, resta uma imagem daquele braço, uma imagem abstrata, fantasmagórica. Quando Amanda pensa em dobrar o cotovelo, o fantasma se move. Então, impulsos emitidos pelo cérebro são captados por sensores elétricos no suporte de plástico e convertidos em sinais que acionam os motores, os quais fazem o cotovelo dobrar.

"Não preciso pensar nem me esforçar. Simplesmente mexo o braço", conta Amanda, que tem 40 anos de idade e usa tanto esse modelo padronizado como um outro braço, mais experimental, que permite um controle ainda maior. "Depois do acidente me senti perdida, sem entender por que Deus faria algo tão terrível assim comigo. Agora, porém, vivo o tempo todo entusiasmada. Algum dia ainda vou ser capaz de sentir as coisas e de bater palmas seguindo o ritmo das músicas cantadas pelas crianças."

Amanda é uma prova viva de que, mesmo quando a carne e os ossos são avariados ou totalmente destruídos, os nervos e as regiões do cérebro que os controlavam continuam ativos. Graças a eletrodos microscópicos e façanhas cirúrgicas, os médicos estão reconectando essas partes do corpo a dispositivos como câmeras, microfones e motores. Em consequência disso, cegos voltam a ver, surdos voltam a ouvir e Amanda Kitts pode até dobrar suas blusas.

Ela é uma das "pessoas do futuro", um grupo de gente cujas partes lesionadas do corpo estão sendo substituídas por dispositivos conectados ao sistema nervoso que reagem aos comandos emitidos pelo cérebro. Essas máquinas são chamadas "próteses neurais" ou - à medida que os cientistas se acostumam com um termo popularizado por autores de ficção científica - "próteses biônicas". Eric Schremp, que se tornou tetraplégico em 1992, ao mergulhar em uma piscina e fraturar o pescoço, agora conta com um dispositivo eletrônico sob a pele que lhe permite mover os dedos da mão e agarrar um garfo. Jo Ann Lewis, uma mulher cega, passou a distinguir a silhueta das árvores com a ajuda de uma minúscula câmera ligada ao nervo óptico. E Tammy Kenny consegue falar com Aiden, seu filho de 18 meses, e ele pode responder, pois o menino, embora tenha nascido surdo, agora tem 22 eletrodos no interior do ouvido que transformam os sons captados por um microfone em sinais compreensíveis ao nervo da audição.

Ao mesmo tempo que descobriram ser possível conectar máquinas ao cérebro, os cientistas aprenderam o quão difícil é manter estável essa conexão. Se o suporte preso ao que resta do braço do Amanda se desloca um pouco, ela pode não ser mais capaz de fechar os dedos. Mesmo assim, a biônica constitui um grande salto, permitindo aos pesquisadores devolver às pessoas uma parte considerável da capacidade perdida.

"Na verdade, tudo isso é trabalho de restauração", diz Joseph Pancrazio, diretor do programa de engenharia neural no Instituto Nacional de Danos e Desordens Neurológicos. "Se uma pessoa com lesões na medula espinhal consegue ir a um restaurante e se alimentar sem que ninguém perceba isso, esse é o meu critério de sucesso."

Uma história das tentativas de recuperação do corpo humano pode ser vista nas prateleiras do gabinete de Robert Lipschutz, no Instituto de Reabilitação de Chicago (RIC, na sigla em inglês). "A tecnologia das próteses de braços não avançou muito no último século", diz ele. "Os materiais são diferentes, e agora usamos plástico em vez de couro, mas a ideia básica é a mesma: ganchos e dobradiças movidos por cabos ou motores e controlados por alavancas. Muitos soldados amputados que voltam do Iraque recebem próteses assim." Lipschutz tira de uma prateleira uma carapaça de plástico.
Logo se nota que é um ombro e um braço esquerdos. A parte do ombro é fixada no tórax por uma espécie de colete. O braço, com articulações no ombro e no cotovelo, termina em uma garra metálica. Para estender o braço, é preciso virar

a cabeça para a esquerda, pressionar uma alavanca com o queixo e dar um pequeno giro com o corpo de modo a liberar a prótese. É algo tão desajeitado quanto se imagina por essa descrição. E a prótese é pesada. Depois de 20 minutos, o pescoço dói devido à postura incomum e ao esforço de pressionar as alavancas. Por isso, muitos amputados acabam desistindo de usar tais braços artificiais.

"Às vezes, penso bastante antes de propor essas próteses às pessoas", diz Lipischutz. Na opinião dele e de seus colegas no RIC, talvez seja mais vantajoso o tipo de prótese que está sendo testado por Amanda Kitts - aquele que é controlado pelo cérebro, e não por meio de partes do corpo que normalmente nada têm a ver com os movimentos da mão. Nesse caso, uma técnica denominada "reinervação dos músculos-alvo" aproveita os nervos que restaram após a amputação para o controle do membro artificial. Ela foi experimentada em um paciente pela primeira vez em 2002. Quatro anos depois, Tommy Kitts, o marido de Amanda, leu sobre a técnica na internet enquanto sua mulher se recuperava, no hospital, do acidente no qual seu carro chocou-se contra um caminhão, esmagando seu braço do cotovelo para baixo. Ela ficou esperançosa. "Parecia a melhor opção existente, bem melhor que algo com motores e interruptores", diz Tommy. Logo em seguida, os dois tomaram um avião com destino a Illinois.

O médico Todd Kuiken, engenheiro biomédico do RIC, era o responsável pelo que o instituto já começava a chamar de "braço biônico". Ele sabia que os nervos em um coto de membro amputado ainda podiam transmitir os sinais enviados pelo cérebro. E também sabia que um computador em uma prótese era capaz de controlar os motores elétricos necessários para mover o membro artificial. O problema era fazer a conexão. Os nervos conduzem eletricidade, mas não podem ser ligados diretamente a um cabo de computador. (As fibras nervosas e os filamentos metálicos não se dão bem. E uma ferida aberta, ali onde o filamento penetra no corpo, seria um perigoso foco de infecções.)

Kuiken precisava de um amplificador para reforçar os sinais transmitidos pelos nervos, evitando assim a necessidade de uma junção direta. A solução estava nos músculos. Quando se contraem, eles emitem um pulso elétrico forte o bastante para ser detectado por um eletrodo colocado sobre a pele. Kuiken então aperfeiçoou uma técnica para redirecionar nervos rompidos de seus antigos locais avariados até outros músculos que poderiam amplificar seus sinais.

Em outubro de 2006, Kuiken iniciou o procedimento para redirigir os nervos de Amanda Kitts. O primeiro passo foi recuperar os nervos principais que antes se estendiam por todo o braço. Os nervos originavam-se no cérebro de Amanda, em seu córtex motor, que guarda um mapa aproximado do corpo, mas terminavam na ponta do coto - eram como fios telefônicos desconectados. Por meio de uma operação, um cirurgião redirecionou esses nervos às diferentes regiões dos músculos que haviam restado na parte superior do braço. Durante meses, esses nervos foram crescendo, milímetro por milímetro, entranhando-se cada vez mais em seus novos locais.

"Depois de três meses, comecei a sentir formigamentos e contrações", diz Amanda. "Com quatro meses, conseguia perceber as diferentes partes da mão quando encostava na parte superior do braço. Dependendo do lugar em que tocava, eu sentia dedos diferentes." O que ela estava sentindo eram as partes do braço fantasma que continuavam mapeadas em seu cérebro e agora eram reconhecidas na carne. Quando Amanda tentava mover esses dedos fantasmas, os músculos da parte superior do braço se contraíam.

Um mês depois, ela recebeu seu primeiro braço biônico, dotado de eletrodos no interior do suporte côncavo que se adaptava ao coto, para captar os sinais emitidos pelos músculos. O desafio era converter esses sinais em comandos que movimentassem o cotovelo e a mão.

O microprocessador instalado na prótese teria de ser programado para reconhecer o sinal correto e enviá-lo a um determinado motor.

A identificação desses sinais foi possível graças ao braço fantasma de Amanda. Em um laboratório do RIC, o engenheiro pesquisador Blair Lock faz os ajustes finos na programação. Ele pede a Amanda que retire o braço artificial e, em seguida, instala eletrodos sobre o coto do braço. Ela fica diante de uma tela plana de TV, na qual se vê apenas um braço, da cor da pele, flutuando em um espaço azulado - uma visualização de seu braço fantasma. Os eletrodos captam os comandos que o cérebro de Amanda envia até o coto, fazendo o braço virtual mover-se.

Em um sussurro, de modo a não prejudicar a concentração dela, Lock pede a Amanda que gire a mão com os dedos alinhados e voltados para seu rosto. "Agora dobre o pulso, de modo que a palma fique para cima", orienta ele. A mão move-se na tela. "Está melhor que na última vez?", pergunta ela. "Está sim; os sinais estão fortes." Amanda ri. Agora Lock pede a ela que alinhe o polegar ao lado dos dedos. Na tela, a mão cumpre a missão. Amanda arregala os olhos. "Uau! Nem tinha ideia de que conseguia fazer isso!" Uma vez identificados os sinais musculares associados a determinado movimento, o processador do braço é programado para reconhecê-los e reagir acionando o motor correto.

Amanda exercitou-se no uso do braço no andar inferior ao do gabinete de Kuiken, em um apartamento especialmente montado por terapeutas ocupacionais. Observar Amanda preparando um sanduíche de pasta de amendoim na cozinha é uma experiência assombrosa. Com a manga enrolada e revelando o suporte de plástico da prótese, todos os seus movimentos são fluidos. Seu braço normal segura uma fatia de pão, os dedos artificiais agarram uma faca, o cotovelo dobra e ela esparrama a pasta de um lado para o outro.

Hoje, o que ela sente falta mesmo é do tato, fundamental em muitas ações, entre as quais uma de suas prediletas - tomar café. "Minha mão continua apertando até prender com firmeza. Com um copo de papel, porém, isso não é possível", diz ela. "E aí, certa vez, no Starbucks, ela continuou apertando até romper o copo."

Há boa chance de que Amanda recupere essa sensibilidade, diz Kuiken, e também graças ao membro fantasma. Em parceria com bioengenheiros do Laboratório de Física Aplicada da Universidade Johns Hopkins, o RIC está aperfeiçoando um protótipo de prótese, para Amanda e outros pacientes, que não só tem maior flexibilidade - ou seja, mais motores e articulações - como conta com sensores de pressão na ponta dos dedos.

Tais sensores estão conectados a bastonetes similares a pequenos pistões que cutucam a pele no coto do braço. Quanto maior a pressão, mais forte é a sensação em seus dedos fantasmas. "Posso sentir a força que estou usando ao agarrar algo", entusiasma-se Amanda. Ela também é capaz de distinguir entre uma superfície crespa, como uma lixa, e outra lisa, como o vidro, pela velocidade com que vibram os bastonetes.

Eric Schremp, diferentemente de Amanda, não precisa de mãos artificiais. Tudo o que necessita é que suas mãos naturais funcionem. E isso não acontecia desde 1992, quando Schremp quebrou o pescoço e ficou tetraplégico. Agora, porém, esse nativo de Ohio de 40 anos voltou a segurar uma faca ou um garfo graças a um implante desenvolvido pelo engenheiro Hunter Peckham. "Nosso objetivo é recuperar a capacidade que a mão tem de agarrar", diz Peckham. "O uso da mão é crucial para uma vida independente."

Os músculos dos dedos de Schremp e os nervos que os controlam ainda existem, mas os sinais emitidos por seu cérebro chegam apenas ao pescoço. A equipe de Peckham instalou oito eletrodos subcutâneos, extremamente finos, desde o peito de Schremp, passando pelo braço até os músculos dos dedos da mão. Quando um músculo do peito se contrai, ele emite um sinal que é enviado, por rádio, a um computador pendurado na cadeira de rodas. O computador interpreta o sinal e o reenvia, também por rádio, a um receptor implantado no peito, de onde o sinal segue por filamentos no braço até a mão de Schremp. Ali o sinal avisa os músculos dos dedos para que se contraiam - tudo isso em frações de segundo. "Consigo segurar um garfo e comer sozinho", diz Schremp. "Isso faz muita diferença."

Cerca de 250 pessoas foram beneficiadas por essa técnica ainda experimental. No entanto, outro dispositivo biônico mostra que o casamento entre máquina e cérebro pode ser eficaz e duradouro, tendo sido implantado em quase 200 mil pessoas nos últimos 30 anos. Trata-se do implante coclear, e Aiden Kenny está entre os seus mais recentes beneficiários. A mãe de Aiden, Tammy Kenny, lembra-se do momento, um ano atrás, em que recebeu a notícia de que seu bebê não conseguiria ouvir nem mesmo com aparelhos auditivos. "Eu o segurava nos braços e chorava", conta, "sabendo que ele não podia me ouvir. Como ele iria se relacionar comigo? Certa vez, meu marido chegou a bater duas panelas, na esperança de obter alguma reação." Aiden, porém, nem se deu conta do ruído.

Hoje ele consegue ouvir o barulho das panelas. Em fevereiro de 2009, os cirurgiões do Hospital Johns Hopkins implantaram filamentos sinuosos com 22 eletrodos em cada uma de suas cócleas, a parte do ouvido interno que normalmente detecta a vibração dos sons. No caso de Aiden, um microfone capta os sons e envia sinais aos eletrodos, que os transmitem diretamente aos nervos. "No dia em que ligaram o implante, um mês depois da cirurgia, já notamos que ele passou a reagir aos sons", conta Tammy Kenny. "Ele se virou na direção de minha voz. Foi algo incrível." Graças a uma terapia intensiva, Aiden está aprendendo a falar e chegando ao nível dos colegas com audição normal.

Depois dos ouvidos, devem vir os olhos biônicos. Anos atrás, Jo Ann Lewis perdeu a visão por causa de retinite pigmentosa, uma doença degenerativa que destrói os bastonetes e os cones, ou seja, as células fotossensíveis da retina. Mas ela recuperou em parte a visão, graças às pesquisas do oftalmologista Mark Humayun.

Tal como costuma ocorrer nessa doença, parte de uma camada interna da retina de Jo Ann Lewis havia sobrevivido. Essa camada, repleta de células bipolares e ganglionares, normalmente recebe os sinais dos bastonetes e cones mais externos e os envia aos filamentos que se fundem ao nervo óptico. Ninguém sabia que língua falava a área interna da retina nem como lhe transmitir imagens de uma maneira que pudesse entender. Em 1992, porém, Humayun começou a colocar, por breves períodos, uma rede de minúsculos eletrodos nas retinas de pacientes com retinite pigmentosa que eram submetidos a cirurgias por outros motivos.

"Pedíamos a eles que seguissem um ponto, e conseguiam fazer isso", conta ele. "Podiam distinguir fileiras e também colunas." Após uma década de experimentos, Humayun e seus colegas desenvolveram um sistema que batizaram de Argus (na mitologia grega, Argos era um gigante com 100 olhos). Os pacientes recebiam óculos escuros equipados com uma minúscula câmera de vídeo e um transmissor de rádio. Os sinais de vídeo eram enviados a um computador preso ao cinto, traduzidos em padrões de impulsos elétricos entendidos pelas células ganglionares, e, em seguida, irradiados para um receptor atrás da orelha. Dali um fio os conduzia ao interior do olho até uma grade com 16 eletrodos fixada na superfície da retina. Os impulsos ativavam os eletrodos, os quais ativavam as células. Depois o cérebro fazia o resto, permitindo a esses pacientes distinguir bordas e algumas formas vagas.

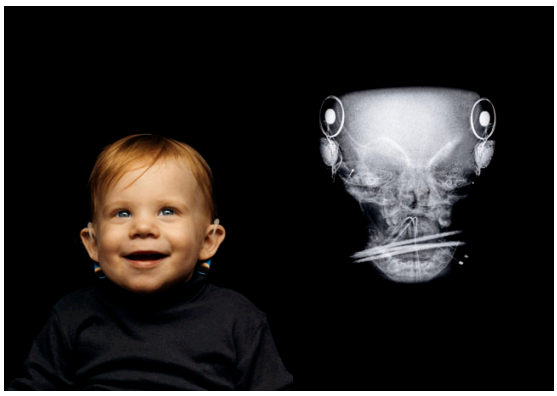
No segundo semestre de 2006, Humayun, a empresa Second Sight e uma equipe internacional aumentaram para 60 unidades a quantidade de eletrodos na grade. Tal como uma câmera digital capaz de registrar mais pixels, o conjunto de eletrodos produzia imagens mais nítidas. A texana Jo Ann Lewis foi uma das primeiras a receber esses dispositivos. "Agora consigo distinguir a silhueta das árvores", diz ela. "Essa é uma das últimas coisas de que me lembro antes de ficar cega. Hoje consigo ver os galhos balançando."

Levando mais adiante o conceito das próteses neurais, os pesquisadores começam a estendê-lo ao próprio cérebro. Os cientistas associados ao projeto BrainGate tentam conectar o córtex motor de pacientes paralisados a um computador, de modo que possam mover objetos a distância com a mente. Por enquanto, os participantes dos experimentos foram capazes de mover apenas o cursor em uma tela de computador. Mas os cientistas pretendem desenvolver até mesmo uma prótese do hipocampo, a parte do cérebro que armazena as lembranças, com o objetivo de implantá-la em pessoas acometidas de amnésia.

Nem tudo isso funciona perfeitamente. Um dos quatro pacientes iniciais do BrainGate preferiu que a conexão fosse removida, pois interferia com outros equipamentos médicos. E Jo Ann Lewis ainda acha que sua visão não é boa o suficiente para atravessar uma rua em segurança. No entanto, Amanda Kitts já está usando, sobre o coto do braço, um novo suporte mais flexível que possibilita um melhor alinhamento dos eletrodos com os nervos que controlam a prótese.

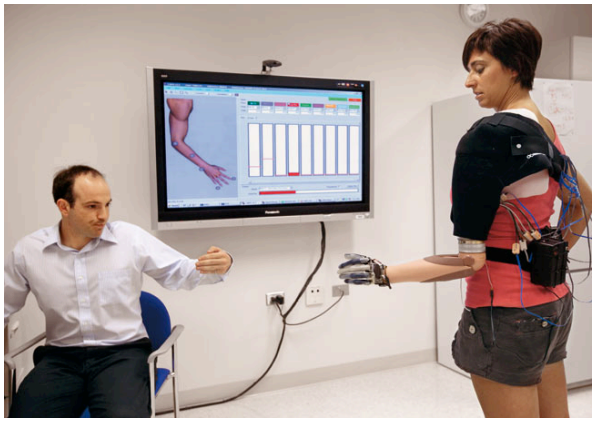
"Isso significa que posso fazer mais", diz ela. "Quero poder pegar moedas e brinquedos com as crianças." Segundo Kuiken, é razoável esperar isso de uma prótese. "As ferramentas são melhores que as anteriores. Mas ainda são grosseiras, como um martelo, se comparadas com a complexidade do corpo humano. Elas são como uma vela diante

do sol da mãe natureza." As pessoas beneficiadas estão felizes em poder vislumbrar o brilho dessas velas no meio da escuridão.



Aiden Kenny recebeu dois implantes cocleares quando tinha 10 meses de vida. Passando por cima das partes inoperantes do ouvido, os implantes - visíveis em um raio X (acima) - levam sinais eletrônicos aos nervos auditivos. Meses depois da cirurgia, ele pronunciou as palavras que seus pais tanto queriam ouvir: mamãe e papai. "Estamos diante de uma criança biônica", diz o cirurgião John Niparko, da Universidade Johns Hopkins. Johns Hopkins Hospital (Imagem composta de raio X obtida durante cirurgia)

Sensores captam os movimentos que Amanda Kitts produz no coto do braço graças ao redirecionamento cirúrgico de seus nervos. Novas próteses obedecem sinais transmitidos, funcionando cada vez mais como o membro original.



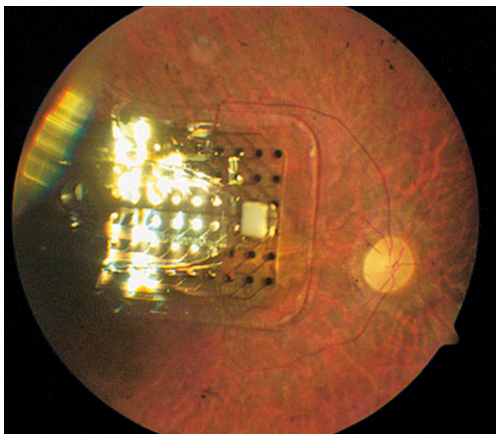
Amanda Kitts imagina um movimento da mão e as contrações musculares no coto do braço - decodificadas por um computador em suas costas - fazem com que ele se realize. Quando acopla o braço artificial, "muitas vezes sinto como se não me faltasse nada", conta ela.

Molas motorizadas em um calcanhar artificial impulsionam como uma perna verdadeira, poupando energia e aliviando problemas nas articulações. "Militares que sofreram amputações são jovens e atléticos", diz o projetista Tom Sugar. "Eles querem voltar a fazer tudo como antes."

Em 2007, no Iraque, uma bomba destruiu as pernas do tenente-coronel Greg Gadson

Agora o tenente-coronel Greg Gadson testa próteses motorizadas, concebidas para que amputados recuperem a mobilidade. Seus joelhos artificiais chamam a atenção de jovens e idosos. Segundo Gadson, ele recupera seu equilíbrio "fundindo meu corpo de 43 anos com uma máquina".

Com as pálpebras abertas e sob anestesia, Jo Ann Lewis, de 79 anos, recebeu novos dispositivos no interior e ao redor de seu globo ocular. Em conjunto com um microprocessador, eles transmitem imagens ao cérebro. Os dispositivos eletrônicos substituem as células fotossensíveis avariadas e dá a esta texana cega um vestígio de visão - linhas tremidas, formas vagas e manchas de cor. "Ainda estamos dando os primeiros passos com essa tecnologia", diz ela.



Cada ponto desta grade fixada na retina de um paciente é um eletrodo que envia estímulos visuais ao nervo óptico, perceptível como um círculo branco à extrema direita. Fabricada pela empresa americana Second Sight, a grade, com 8 milímetros, é composta de 60 eletrodos - uma versão anterior tinha apenas 16. Tal como nos sensores das câmeras digitais, quanto mais eletrodos, mais detalhes são captados.