

# LA IMPENSABILE FORZA DEL PENSIERO

In uno straordinario esperimento, una donna paralizzata utilizza la sua mente per controllare un braccio robotico. Il problema è come trasferire questa tecnologia dai laboratori al mondo esterno.

**Antonio Regalado**

**E**ra la mia prima telefonata a Jan Scheuermann. Stavo per scusarmi del quarto d'ora di ritardo, quando mi ha bloccato con queste parole: «Non è che me ne stessi seduta con le mani in mano ad aspettare la telefonata». Ma prima che potessi controbattere, ha aggiunto: «Cioè, in verità me ne stavo seduta con le mani in mano».

Jan, ora 54enne, si trova su una sedia a rotelle da 14 anni. Ha sempre vissuto in California, svolgendo un'attività part-time come ideatrice di personaggi teatrali per la serie «Cene con delitto». «Perfettamente in salute, sposata, con due figli». Una notte, durante una «cena» da lei organizzata, ha sentito le gambe cedere: «All'inizio ho pensato che fosse l'aria fredda della notte, ma quando ho dovuto salire i due scalini di casa, mi sono sentita crollare il mondo».

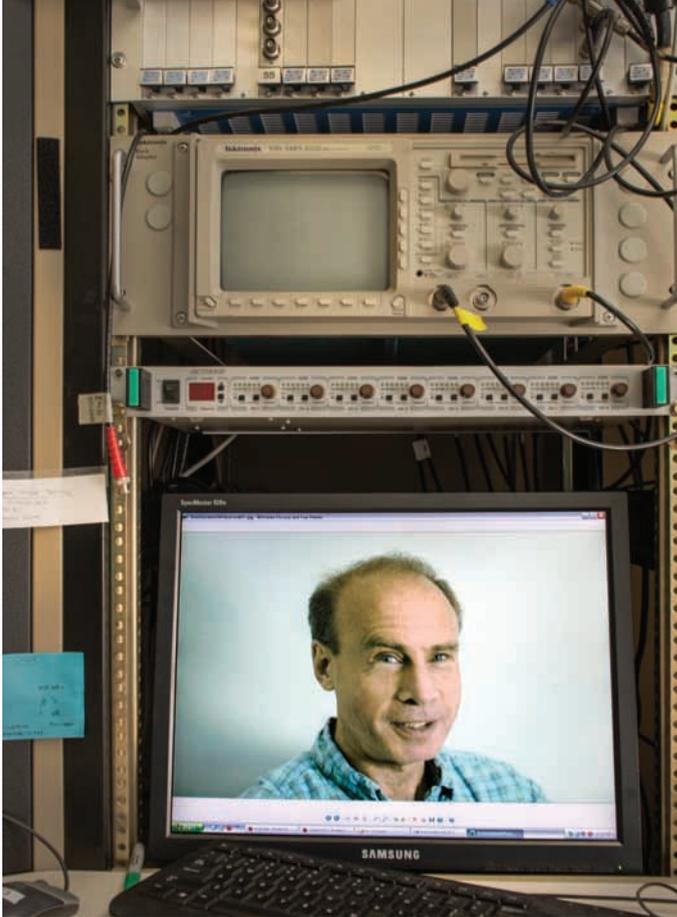
Seguirono alcuni mesi di visite mediche e diagnosi errate; un neurologo le disse che si trattava di sclerosi multipla. Da allora, Jan ha iniziato a muoversi su una carrozzella elettrica e a «spingersi progressivamente». Era ormai convinta di morire, quindi si spostò a Pittsburgh dove la sua famiglia poteva prendersi cura dei figli. Alla fine le venne diagnosticata una malattia rara chiamata degenerazione spino-cerebellare. Jan è in grado di percepire il suo corpo, ma i nervi che trasportano i segnali dal cervello non funzionano più. Il suo cervello dice «Muoviti», ma i suoi arti rimangono fermi.

Due anni e mezzo fa, i medici hanno aperto due «porte» nel cranio di Jan, per inserire dei cavi connessi con due impianti grandi come una puntina da disegno collocati nella corteccia motoria del suo cervello. Due o tre volte la settimana, Jan incontra un gruppo di scienziati dell'University of Pittsburgh per portare avanti un esperimento, in cui viene collegata a un braccio robotico, da lei chiamato Hector, che può controllare con il suo pensiero. Jan con la sua mente sposta blocchi, impila coni, dà il cinque e si mette in posa per foto, in cui simula di «stendere» uno o due ricercatori.

Jan, che dice di sognare di non essere disabile, si è sottoposta all'intervento chirurgico al cervello nel 2012 dopo avere visto un video di un altro paziente paralizzato in grado di controllare il braccio robotico con il pensiero. Immediatamente ha deciso di volersi unire al progetto. Durante l'intervento, i medici hanno utilizzato una pistola ad aria compressa per sparare i due minuscoli strati di aghi di silicio, il cosiddetto *Utah Electrode Array*, nella sua corteccia motoria, vale a dire la sottile striscia di cervello che va dalla cima della testa alle mandibole e controlla il movimento volontario. Jan si è svegliata dall'operazione con un male di testa lacerante e non poteva credere di essersi sottoposta volontariamente all'intervento: «Pensavo: «Gesù, fa in modo che tutto ciò non sia stato inutile». La mia più grande paura era che l'esperimento non funzionasse». Ma nel giro di pochi giorni era in grado di controllare il braccio robotico, con grande successo. «Riuscivo a spostare gli oggetti intorno a me per la prima volta dopo tanti anni. Una sensazione elettrizzante».

Unica a provenire da Pittsburgh, Jan è una dei 15-20 pazienti paralizzati che hanno accettato di partecipare agli studi a lungo termine sugli impianti che convogliano le informazioni dal cervello al computer. Altri nove, tra cui pazienti con forme avanzate di SLA, si sono sottoposti a test simili in uno studio strettamente correlato, chiamato BrainGate. Altri quattro pazienti incapaci di muoversi o parlare hanno riguadagnato una minima capacità di comunicare grazie a diversi tipi di elettrodi prodotti da Neural Signals, un'azienda della Georgia.

Un terzo dei soggetti si è sottoposto agli interventi dal 2011, quando la Food and Drug Administration statunitense ha preannunciato l'intenzione di rendere meno vincolanti le regole per la sperimentazione di «tecnologie veramente pionieristiche» come le interfacce cervello-macchina. Altri esperimenti sull'uomo sono in



Il neurofisiologo Andrew Schwartz nel laboratorio in cui collega menti e computer. Fotografia: Scott Goldsmith

## 5 pietre miliari del controllo mentale

### 1870

Gli scienziati scoprono la corteccia motoria. Applicano l'elettricità al cervello dei cani, provocando un movimento dei loro arti.

### 1969

All'University of Washington, alle scimmie viene insegnato a muovere una manopola utilizzando gli impulsi nervosi registrati dai loro cervelli. È il primo esempio di interfaccia cervello-macchina.

### 1982

Viene dimostrato che l'attivazione elettrica dei neuroni nella corteccia motoria permette di prevedere il tipo di movimento dell'arto della scimmia. La scoperta è alla base dei robot controllati col pensiero.

### 1998

I medici impiantano un singolo elettrodo nel cervello di un paziente paralizzato che non può parlare, ma è così in grado di muovere un cursore per selezionare un messaggio da un menu su computer.

### 2014

I medici dell'OHIO University hanno l'intenzione di "rianimare" un arto paralizzato di un paziente per mezzo del controllo mentale. I suoi segnali cerebrali attiveranno elettrodi sul suo braccio, facendolo muovere.

corso. Uno, al Caltech, intende fornire al paziente «un controllo autonomo su Android, di Google, il sistema operativo per tablet». In aprile, un gruppo dell'Ohio State University, in collaborazione con Battelle, un istituto che si occupa di R&S, ha impiantato un dispositivo in un paziente per sfruttare i segnali cerebrali per il controllo degli stimolatori fissati al suo braccio. Battelle descrive con queste parole l'esperimento: «La rianimazione di un arto paralizzato con il controllo volontario del pensiero del partecipante».

Questi studi pionieristici sui nervi si basano sull'idea che la registrazione dell'attività elettrica di qualche decina di cellule nel cervello possa fornire un quadro sufficientemente accurato del tipo di movimento che si vuole fare con un arto. «Siamo tecnologicamente limitati. Scegliamo campioni di poche centinaia di neuroni tra i miliardi del nostro cervello ed è veramente sorprendente che si ottenga un segnale pulito», dice Kip Ludwig, direttore del programma di ingegneria neurale al National Institute of Neurological Disorders and Stroke.

La tecnologia in adozione a Pittsburgh è stata sviluppata nel laboratorio di fisiologia nel corso di alcuni studi su animali ed è ancora in fase sperimentale. Il fascio di cavi collega la testa di Jan a un gruppo di processori di segnali, amplificatori e computer. Il braccio robotico, pesante circa 4 kg e finanziato dalle forze armate, compie movimenti quasi naturali con la mano destra e le dita, ma è delicato, si rompe frequentemente e può anche diventare pericoloso. Quando qualcosa non funziona, chi interviene deve muoversi tra un fitto groviglio di fili alla ricerca delle connessioni.

John Donoghue, il neuro-scienziato della Brown University responsabile di BrainGate, lo studio in corso da più tempo, paragona le interfacce cervello-macchina attuali ai primi pacemaker. Anche i modelli iniziali dei pacemaker traboccavano di componenti elettronici, con cavi che attraverso la pelle raggiungevano il cuore. Alcuni venivano azionati manualmente. «Quando non si ha una piena comprensione di quanto accade, la soluzione migliore è mantenere tutto il possibile all'esterno e la minima parte all'interno», spiega Donoghue. Oggi, i pacemaker sono autonomi, alimentati da batterie di lunga durata e vengono impiantati in un ambulatorio medico. Donoghue sostiene che le interfacce cervello-macchina stanno percorrendo la stessa traiettoria.

Affinché i computer controllati dal cervello si affermino come prodotto medico, è necessario che ci sia un tornaconto economico e un equilibrio tra rischi e vantaggi. Finora, il caso di Jan sembra soddisfare entrambe le condizioni. Nel 2013, il gruppo di Pittsburgh ha presentato il suo lavoro con Jan sulla rivista medica "Lancet". Dopo due settimane, sostengono i ricercatori, Jan era in grado di muovere il braccio robotico in tre dimensioni. In pochi mesi, poteva fare sette movimenti, tra cui la rotazione della mano di Hector e del pollice. A un certo punto, Jan è stata filmata mentre è riuscita a realizzare uno dei suoi obiettivi iniziali: prendere da sola un pezzo di cioccolata.

I ricercatori hanno provato a sviluppare le capacità necessarie allo svolgimento delle attività quotidiane, che in genere si danno per scontate, come la pulizia dei denti. Durante lo studio, i progressi di Jan sono stati verificati con l'Action Research Arm Test, lo stesso kit di blocchi di legno, palline e cospette che i medici utilizzano per valutare la destrezza manuale in persone che hanno avuto problemi fisici da poco tempo. Jan ha ottenuto 17 su 57, più

**All'inizio è stato un continuo successo, ma nessuno, dice Jan Scheuermann, le aveva detto che l'impianto avrebbe potuto avere dei problemi. Gradualmente, l'attività di registrazione sta limitando il proprio ambito e il controllo sul robot tende a indebolirsi.**

o meno la media di chi è stato colpito da un serio ictus. Senza Hector, Jan non si sarebbe mai mosso da zero. Questi risultati hanno valso la partecipazione al programma televisivo *60 Minutes*.

Quando le telecamere della televisione si sono spente, alcuni dei difetti della tecnologia sono apparsi evidenti. All'inizio Jan otteneva un successo dopo l'altro, ma progressivamente il controllo di Hector è diventato più difficile. La ragione è che gli impianti, con il passare del tempo, smettono di registrare le attività neurali. Il cervello è un ambiente ostile per l'elettronica e i leggeri movimenti degli aghi di silicio provocano delle cicatrici nei tessuti. L'effetto è ben noto ai ricercatori ed è stato osservato ripetutamente negli animali. Di volta in volta, sempre meno neuroni possono venire rilevati.

Jan sostiene che nessuno l'aveva avvertita. «Il gruppo ha detto che prevedevano prima o poi una perdita del segnale dei neuroni. Io non potevo prevederlo e per questa ragione sono rimasta sorpresa», spiega Jan, che ora controlla il robot solo in un numero ridotto di dimensioni, da tre a cinque, e ha gradualmente perso la capacità di aprire e chiudere pollice e dita. Questa nuova delusione le ha fatto riprovare la sensazione dei giorni in cui era del tutto paralizzata? Le ho posto questa domanda qualche giorno dopo per e-mail. Jan mi ha risposto con un messaggio scritto da una assistente che la segue quasi sempre: «Sono rimasta delusa perché probabilmente non potrò mai fare meglio di quanto ho già fatto, ma l'ho accettato senza particolare ansia o amarezza».

### La rianimazione delle facoltà motorie

Il ricercatore che ha ideato l'esperimento di Pittsburgh è Andrew Schwartz, il cui laboratorio occupa un pianterreno soleggiato dominato da tre grigie torri metalliche di attrezzature utilizzate per monitorare le scimmie nelle postazioni adiacenti. Sulle televisioni a circuito chiuso si possono seguire le attività all'interno del laboratorio e quanto si vede, va oltre ogni immaginazione. Su uno schermo, una ruota metallica gira senza sosta, cambiando la posizione di una maniglia arancione. A ogni giro, una grande mano robotica scende dal vertice dello schermo per afferrare la maniglia. Se ci lascia distrarre da questo movimento convulso, è facile che si perda di vista la faccia rosa e grigia della scimmia Rhesus che sta esercitando il controllo su quanto accade mediante un cavo inserito nella sua testa.

La tecnologia ha le sue radici negli anni 1920, con la scoperta che i neuroni convogliano l'informazione attraverso impulsi elettrici che si possono registrare con un sottile cavo metallico, o elettrodo. Nel 1969, il ricercatore Eberhard Fetz collegò un singolo

neurone nel cervello di una scimmia a una manopola che l'animale poteva vedere. La scimmia, scoprì Fetz, riuscì ad attivare con sempre maggiore rapidità il neurone per muovere la manopola e ricevere come ricompensa una caramella al sapore di banana. Anche se allora Fetz non ne era consapevole, aveva creato la prima interfaccia cervello-macchina.

Circa 30 anni fa, Schwartz contribuì a sviluppare questa scoperta nel periodo in cui i fisiologi cominciarono a registrare l'attività di più neuroni in animali viventi. Essi scoprirono che, anche se l'intera corteccia motoria esplose in una serie ininterrotta di segnali elettrici, quando un animale si muove, un singolo neurone tenderà ad attivarsi più rapidamente in connessione con determinati movimenti – per esempio, spostare il braccio a sinistra o piegare il gomito – e più lentamente con altri. Se si registra l'attività di una giusta quantità di neuroni, si può intuire con una buona approssimazione quale movimento stia facendo la persona o abbia intenzione di fare. «È come un sondaggio per le elezioni politiche: più neuroni vengono "interrogati", più i risultati sono accurati», spiega Schwartz.

I 192 elettrodi dei due impianti di Jan hanno registrato simultaneamente l'attività di oltre 270 neuroni alla volta: un record per il cervello di un essere umano. Schwartz dice che sono stati questi dati raccolti a permettere a Jan di esercitare un controllo così avanzato sul robot.

I segnali neurali vengono interpretati da un software chiamato decoder. Nel corso degli anni, gli scienziati hanno implementato i decoder e perfezionato gli schemi di controllo. Nel 1999, Miguel Nicolelis, neuro-scienziato della Duke University, insegnò a un ratto a utilizzare la forza del pensiero per fare oscillare una mensola sospesa al fine di ottenere una ricompensa. Tre anni dopo, una scimmia di Donoghue fu in grado di muovere un cursore in due direzioni su uno schermo di computer e, nel 2004, il gruppo di BrianGate realizzò il primo test umano a lungo termine con l'*Utah Electrode Array*, mostrando che anche chi ha gli arti paralizzati da anni, può controllare un cursore mentalmente. Nel 2008, una scimmia di Schwartz afferrò dei dolci con la mano robotica e li portò alla bocca.

Jan ha dovuto superare una lunga serie di prove. Le è stato chiesto di controllare due bracci robotici allo stesso tempo e di sollevare una scatola («Ci sono riuscita solo una volta o due», dice Jan). Alcuni risultati sono di difficile interpretazione. Per esempio, Jan può stringere le dita di Hector su un cono di plastica, ma spesso solo se chiude gli occhi prima. Ciò vuole dire che l'immagine del cono è in qualche modo riflessa negli schemi di attivazione dei neuroni? Schwartz ha passato mesi a cercare di sviscerare questa tematica. La risposta a una simile domanda potrebbe aprire la strada a nuove scoperte su come il cervello predisponesse ed esegua le azioni.

Una volta la sua assistente le ha appiccicato dei baffi da topo e una coda per "spiazzare" i ricercatori. Una forma di umorismo "nero" che evidenzia il ruolo fondamentale giocato in questi esperimenti dai volontari umani. «Le situazioni da affrontare sono difficili quasi quanto l'addestramento di questi "ragazzacci"», dice Schwartz, indicando il laboratorio con le scimmie.

Questi volontari si sentono in trappola. Alcuni di loro sperano disperatamente che la scienza fornisca una via di fuga. Purtroppo, è improbabile che ciò possa accadere nel corso della loro vita. Il primo volontario di BrainGate è stato il 25enne Matt Nagle, che era colle-



Jan Scheuermann impila coni con un braccio robotico controllato dalla sua mente, sotto il controllo dell'assistente alla ricerca Brian Wodlinger.  
 Fotografia: per gentile concessione di UPMC

gato a un respiratore artificiale da quando il suo midollo spinale era rimasto lesionato per una coltellata. Nel 2004, era in grado di muovere un cursore su uno schermo. Tuttavia, Nagle voleva suicidarsi e chiedeva costantemente di aiutarlo a morire, secondo *The Man with the Bionic Brain*, il libro scritto dal suo medico. Nagle morì per un'infezione nel 2007. Sulle chat on line pazienti paralizzati si scambiano informazioni sulle possibili terapie, come le cellule staminali. Alcuni definiscono "eccentriche" le interfacce cervello-macchina, altri ritengono che siano la loro unica chance. «Voglio provarla! Toglietemi questo braccio inutile e datemene uno robotico con cui possa "sentire" qualcosa!», ha scritto uno di loro.

Quest'anno, Schwartz spera di generare sensazioni fisiche dal braccio robotico, sempre che riesca a trovare un altro volontario tetraplegico. Come Jan, al prossimo paziente saranno impiantate due array nella corteccia motoria per controllare il braccio robotico. Ma Schwartz chiarisce che i chirurghi depositeranno due nuovi impianti nella corteccia sensoriale del volontario, per ricevere segnali dai sensori di pressione fissati alle punte delle dita robotiche. Le ricerche condotte dal laboratorio di Nicolelis, alla Duke University, hanno di recente dimostrato che gli animali avvertono questi stimoli elettrici e vi rispondono. «Non sappiamo se il soggetto proverà la sensazione di toccare», spiega Schwartz. «Per il momento sono solo una serie di ipotesi perché non si può chiedere a una scimmia che tipo di sensazione provi. Crediamo, comunque, di trovarci di fronte a una futura scoperta scientifica. Se il paziente potrà spiegare cosa prova, ne avremo una conferma ufficiale».

Un altro obiettivo importante, condiviso da Schwartz e dai ricercatori di BrainGate, è stabilire una connessione tra la corteccia motoria di un volontario e alcuni elettrodi nei suoi arti, che dovrebbe permettere la contrazione muscolare, per esempio l'apertura e la chiusura di una mano. In aprile, i chirurghi dell'Ohio University che lavorano con Battelle hanno annunciato che saranno i primi a condurre questa sperimentazione. Hanno inserito un impianto cerebrale in un uomo con una lesione al midollo spinale. Appena il paziente si riprenderà, dice Battelle, inizieranno i test per "rianimare" le sue dita, il polso e la mano. «Vogliamo far riacquistare il controllo sugli arti paralizzati. Chiunque deve essere in grado di prendere un telecomando e cambiare canale», sostiene Chad Bouton, l'ingegnere responsabile del progetto, che in precedenza ha collaborato con il gruppo di BrainGate. Anche se Battelle non ha ancora ricevuto l'approvazione ufficiale per portare avanti il tentativo, Bouton anticipa che il passo successivo sarà quello di sperimentare un segnale bidirezionale a e da un arto paralizzato, per mettere insieme controllo e sensazione.

### I problemi delle interfacce

I progressi delle interfacce cervello-macchina sembrano inarrestabili. «É impressionante guardare in progressione il primo video di una scimmia fino a quello di qualcuno che sposta un robot in sette dimensioni, raccoglie oggetti e li poggia su un ripiano», afferma Lee Miller, un neurofisiologo della Northwestern University. «Ma, a guardare bene, una cosa non è mai cambiata: l'array. É la Stanley Steamer, la prima automobile ufficiale di Theodore Roosevelt, degli impianti cerebrali. Anche se si riesce a esercitare un control-



L'*Utah Electrode Array*, inventato negli anni 1990, possiede 96 aghi di silicio che registrano gli impulsi elettrici dei neuroni nel cervello.  
Fotografia: Scott Goldsmith

lo, lo si perde nel corso di due o tre anni. Abbiamo bisogno di un'interfaccia che duri almeno 20 anni prima che si possa parlare di un prodotto completo».

L'*Utah array* è stato realizzato nei primi anni Novanta come un sistema di registrazione delle attività della corteccia, inizialmente nei gatti, che non provocasse traumi significativi al cervello. Si ritiene che i problemi siano provocati dal tessuto cicatriziale che si viene a formare intorno agli aghi di registrazione, ognuno della lunghezza di 1,5 millimetri. Se si risolvesse questo problema delle interfacce, spiega Miller, non ci sarebbe alcuna ragione, a suo parere, perché 100mila persone non vengano dotate di impianti cerebrali per controllare carrozzelle elettriche, cursori di computer o i loro arti. Schwartz aggiunge anche che se fosse possibile registrare simultaneamente le attività di un gruppo consistente di neuroni, si potrebbe addirittura suonare il pianoforte con un braccio robotico controllato dal pensiero.

I ricercatori stanno approfondendo diverse strade per migliorare le interfacce cerebrali. Alcuni cercano di produrre elettrodi ultrasottili, più compatibili con le caratteristiche dell'organismo

**Alcuni pazienti paralizzati stanno guardando all'elettronica come all'unica opportunità di recupero funzionale. «Tagliate il mio inutile braccio e datemene uno robotico per farmi ancora "sentire" qualcosa», ha scritto uno di loro.**

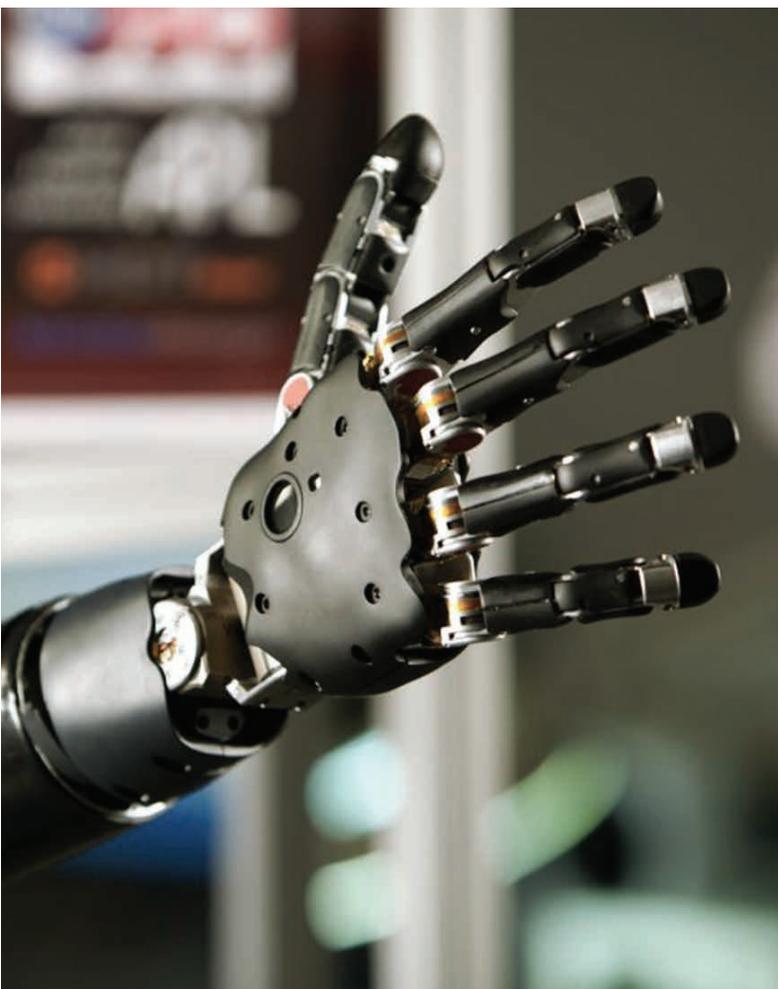
umano, o fogli di elettronica flessibile da avvolgere intorno alla testa. A San Francisco, i medici stanno valutando se si possano utilizzare elettrodi di superficie, anche se meno accurati, nei decoder del linguaggio, permettendo, almeno potenzialmente, a persone come Stephen Hawking di parlare attraverso una interfaccia cervello-macchina. In un ambizioso progetto promosso lo scorso anno dall'University of California, a Berkeley, i ricercatori sono impegnati a sviluppare quella che loro chiamano "polvere neurale". L'obiettivo è di distribuire dei micro-sensori piezoelettrici nel cervello e sfruttare le onde sonore riflesse per catturare le scariche elettriche dai neuroni circostanti.

Jose Carmena, un ricercatore di Berkeley che, come Schwartz, lavora con le scimmie per testare i limiti del controllo mentale, s'incontra settimanalmente con un gruppo di una decina di scienziati per vagliare nuovi possibili sistemi di registrazione delle attività neurali. Ma qualunque saranno i risultati dei loro incontri, le loro ipotesi dovranno passare per anni di sperimentazione sugli animali prima di effettuare dei test sulle persone. «Non credo che l'Utah array stia diventando il pacemaker del cervello», dice Carmena. «Ma il risultato che si vuole raggiungere non è differente. Nelle missioni spaziali non si insegue la tecnologia di moda, ma quella più affidabile. Noi vogliamo seguire lo stesso percorso».

### Costi elevati e scarse risorse

Per avere successo, ogni nuovo apparecchio medico deve rivelarsi sicuro, utile ed economicamente vantaggioso. A oggi, le interfacce cervello-macchina non soddisfano questi requisiti. Un problema è rappresentato dai rischi connessi alla chirurgia cerebrale e alle possibili infezioni. Alla Brown University, Donoghue dice che il gruppo di BrainGate ha quasi finito di sviluppare un trasmettitore wireless, grande come un accendino, che dovrebbe venire collocato sotto la pelle dei pazienti e diminuire i rischi di infezioni, eliminando del tutto i piedistalli e i cavi che rendono ingombranti le interfacce cervello-macchina. Donoghue sostiene che con un sistema wireless gli impianti sarebbero da subito una valida alternativa medica.

Ma ciò solleva un altro serio problema: che cosa controlleranno i pazienti? Il braccio robotico di Jan è ancora un prototipo costoso e spesso si rompe. Preoccupa che non tutti possano permettersene uno. Leigh Hochberg, un neurologo del Massachusetts General Hospital, che segue la ricerca del BrainGate insieme con Donoghue, pensa che i primi utenti saranno probabilmente dei pazienti limitati nella capacità di azione, vale a dire che non possono muoversi e parlare. Hockberg ritiene che sarebbe una importante "conquista" l'acquisizione da parte di questi pazienti del con-



Il *Modular Prosthetic Limb* è stato progettato dall'Applied Physics Laboratory della Johns Hopkins University e finanziato dal DARPA. Fotografia: per gentile concessione del DARPA e dell'Applied Physics Laboratory della John Hopkins University.

trollo di un mouse, che permetterebbe loro di digitare parole o cambiare canale televisivo.

Spesso, anche i pazienti più gravi possono muovere gli occhi e comunicare, utilizzando sistemi di rilevamento del movimento oculare. Un'indagine dell'University of Michigan condotta su 61 pazienti con SLA ha scoperto che circa il 40 per cento avrebbe preso in considerazione un intervento chirurgico per un impianto cerebrale, ma solo se gli avesse permesso di comunicare più di 15 parole al minuto (un quinto delle persone che hanno risposto alle domande non era già in grado di parlare). BrainGate non ha ancora raggiunto queste velocità.

Le singole componenti della tecnologia «hanno raggiunto un discreto livello di sviluppo», spiega Andy Gotshalk, CEO di Blackrock Microsystems, che produce l'*Utah array* e ha acquistato alcune tecnologie del BrainGate. «Ma se mi chiedete che tipo di prodotto sarà – controllerà un braccio protesico o una sedia a rotelle? – non saprei dare una risposta. L'intenzione è quella di offrire un prodotto di alto livello per semplificare la vita di chi soffre di tetraplegia. Ma di cosa si tratti esattamente, non è ancora

**Senza un prodotto determinato e una domanda sufficiente su cui puntare, nessuna grande azienda si impegnerà nella creazione di neuro-protesi per tetraplegici. Una startup è fallita dopo avere raccolto oltre 30 milioni di dollari.**

chiaro. Gli scienziati presentano autorevoli pubblicazioni sull'argomento, ma io devo preoccuparmi del piano commerciale e questo è un problema».

Senza un chiaro obiettivo da perseguire, nessuna azienda accetterà di imbarcarsi nell'impresa. In effetti, i rischi aziendali sono molto alti perché ci sono relativamente pochi pazienti con tetraplegia completa – circa 40mila negli Stati Uniti – e ancora meno con forme di SLA avanzate. Cyberkinetics, un'azienda fondata da Donoghue, è fallita dopo avere raccolto oltre 30 milioni di dollari. I ricercatori, invece, vanno avanti con finanziamenti modesti rispetto ai capitali necessari a produrre un apparecchio medico, il cui costo può arrivare a 100 milioni di dollari. «Non c'è una sola azienda che vuole investire dei soldi per creare una neuro-protesi per tetraplegici e il mercato non è abbastanza grande da attirare il capitale finanziario. I conti non tornano», afferma Gotshalk.

Altri ritengono che la tecnologia delle interfacce cervello-macchina potrebbe avere applicazioni inaspettate, assai lontane dal controllo delle braccia robotiche. Molti ricercatori, tra cui Carmena e il gruppo al Battelle, stanno provando a capire se le interfacce potrebbero aiutare nella riabilitazione dei pazienti colpiti da ictus. Poiché questi pazienti rappresentano un vasto mercato, «non sarebbe una cattiva idea cambiare strategia», dice Carmena. Alcune delle tecnologie di registrazione potrebbero tornare utili per la comprensione di malattie psichiatriche come la depressione o i disturbi ossessivo-compulsivi.

Nel caso di Jan, la sua interfaccia cervello-macchina si è dimostrata una valida terapia. All'inizio, quando è arrivata a Pittsburgh, dicono i medici, era giù di umore e non sorrideva mai. La partecipazione all'esperimento l'ha rivitalizzata. «Ero felice. Collaboravo con altri per la prima volta dopo 20 anni ed ero al centro dell'attenzione», afferma Jan, che ha finito di dettare un romanzo giallo, *Sharp as a Cucumber*, iniziato prima di ammalarsi e pubblicato on line. Ora sta lavorando a un secondo libro. Jan mi ha detto che le piacerebbe avere un braccio robotico a casa, per aprire la porta, andare in giardino e parlare con i vicini. Forse riuscirebbe anche ad aprire il frigorifero e prendere i sandwich che la sua assistente prepara per lei.

La nostra telefonata è ormai alla fine. Il momento è difficile. Io posso poggiare il telefono, ma lei no. Il marito è andato a fare la spesa. Hector si trova nel laboratorio. Jan è sola e non può muoversi. «Va tutto bene», mi dice, «lo lascerò cadere sul pavimento. Arrivederci». ■

*Antonio Regalado è responsabile del settore marketing di MIT Technology Review USA.*