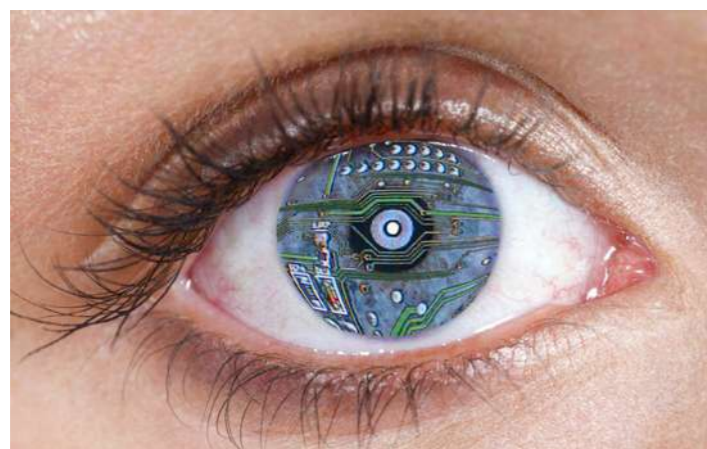


Inizia l'era dell'uomo bionico

OCCHIO ELETTRONICO. Un'iride con circuiti elettronici: ci offrirà percezioni più ricche, ma ci renderà più controllabili.



Getty Images

Luca si sveglia, indossa la cuffia per il controllo telepatico della casa e col pensiero accende il riscaldamento. Mentre fa colazione, sbatte due volte le palpebre: le lenti a contatto digitali si attivano e naviga sul Web. Poi esce a sciare, ma per sua sfortuna cade e perde conoscenza: i sensori incorporati nella tuta chiamano i soccorsi e segnalano la sua posizione. Ha il braccio destro ridotto male: in ospedale lo sostituiranno con uno bionico, 5 volte più potente...

A queste scene i film ci hanno abituati da tempo. Ma stavolta è diverso: il brano è scritto da uno scienziato, Michio Kaku, docente di fisica teorica al City College di New York. Nel libro *Fisica del futuro* (Codice), Kaku descrive così l'uomo del 2100. Secondo i tecnologi, infatti, siamo alla vigilia della terza rivoluzione evolutiva dell'umanità. Dopo i mezzi di trasporto e quelli di comunicazione del sapere, arriva l'era del trapianto delle informazioni: le incorporeremo nel nostro organismo,

insieme con tutta una serie di apparecchiature hi-tech che ci serviranno a potenziare il corpo (vedi alla pag. successiva). Ma diventeremo davvero cyborg? In che modo? Con quali conseguenze sulla nostra vita? E, più in generale: come sarà l'evoluzione futura dell'uomo?

SCHELETRI E GIOCHI. Gli scienziati dipingono scenari diversi, ma una cosa è certa: l'uomo del futuro avrà un rapporto molto stretto con la tecnologia, indossata o impiantata nel corpo. Per rafforzare i sensi, vivere più a lungo, migliorare le prestazioni: è il "potenziamento umano". Secondo l'Istituto McKinsey, nel 2025 questo settore costituirà 1/3 del Pil mondiale, con un giro d'affari di 60 mila miliardi di dollari.

Il suo sviluppo, oltre che dal settore riabilitativo, oggi è trainato dalle industrie della difesa e dei videogame. «Uno degli obiettivi», dice Nicola Vitiello, ricercatore all'Istituto di Biorobotica della Scuola Sant'Anna di Pisa, «è sviluppare

esoscheletri ultraleggeri da incorporare negli abiti. Da usare per la riabilitazione degli anziani e per chi svolge lavori pesanti. O per giocare a videogame immersivi: si comanderanno coi movimenti del corpo invece che col joystick». Sul versante militare la Darpa, l'agenzia di difesa Usa, ha investito milioni per sviluppare la comunicazione "telepatica" fra cervello e computer: in questo modo, i piloti potranno controllare i jet in modo immediato. Ma lo stesso procedimento, è evidente, può servire a un civile per guidare un veicolo, o un esoscheletro. Il futuro è già iniziato: le novità in cantiere sono sorprendenti. L'anno scorso, al Gemelli di Roma i neurochirurghi han-

Siamo alla vigilia di un salto evolutivo: la tecnologia darà nuovi poteri al nostro corpo.



TELEGUIDATO. L'artista Marcellí Antúnez Roca: indossa cyber-armature che fa comandare agli spettatori. Sono le macchine a muovere noi.

www.marcellantunez.com

no impiantato una mano bionica, creata alla Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, a un amputato, Dennis Aabo Sorensen. Dopo l'intervento, con la protesi l'uomo riusciva ad afferrare gli oggetti e a sentirne la consistenza attraverso i polpastrelli di silicone: grazie a elettrodi sottili come un capello, che collegavano il suo sistema nervoso al nuovo arto. Sono proprio i disabili la frontiera in cui si sperimentano le nuove estensioni del futuro: sono loro l'avanguardia del nuovo *Homo technologicus* dotato di protesi bioniche. Capaci non soltanto di interpretare comandi cerebrali, ma persino di visualizzare che cosa stiamo pensando. E, in prospettiva, di scaricare i nostri

ricordi su computer. Gli esperimenti degli ultimi anni sembrano davvero usciti dalla fantasia di un visionario. Nel 2008, al Dipartimento di neuroinformatica dell'Advanced Telecommunications Research Institute di Kyoto, gli scienziati hanno registrato, con la risonanza magnetica funzionale, l'attività cerebrale di volontari che guardavano figure geometriche luminose. E hanno ottenuto la mappa delle aree del cervello che si attivavano quando questi vedevano linee orizzontali, verticali, curve. Elaborando questi dati, un computer può ricostruire l'immagine o la lettera dell'alfabeto che la persona sta osservando. I risultati sono ancora grossolani ma impressionanti.

CRACCARE IL CODICE. Intanto gli scienziati iniziano a capire come registrare i ricordi. «Sono solo impulsi elettrici che si muovono fra i neuroni dell'ippocampo (regione del cervello, ndr)», dice Theodore Berger, neuroscienziato all'Università della California del Sud. I neuroni, infatti, possono essere accesi o spenti: come il sistema binario (1-0) usato dai computer per elaborare i dati. «Nel memorizzare un evento, i picchi elettrici dei neuroni, il modo in cui si muovono e la loro disposizione spaziale formano schemi particolari: se li identifichi tutti, puoi craccare il codice e duplicare i ricordi». È proprio in questo approccio, nota Daniela Cerqui, antropologa all'Univer- ▶

MONDI VIRTUALI.
Visore 3D e guanti: così
si percepisce e ci si
muove nella realtà virtuale.



Gli scienziati sono riusciti a “scaricare” e duplicare il ricordo di un compito appreso da topi. Ce la faranno con noi?

qui. «Lo sperimentiamo già con Internet: una comunicazione senza corpo». Nicolelis, però, è galvanizzato da tali sviluppi: «Un giorno potremmo registrare un ricordo su hard disk e caricarlo sul Web, per condividere un viaggio o una lezione di tango. Lasciando una memoria imperitura ai posteri». Ma il passaggio non è così semplice. Si stima che una mappa di tutte le connessioni neurali di un cervello umano (connettoma) occupi uno zettabyte, 10^{21} byte: la quantità di informazioni contenute oggi sul Web. E comunque, avverte Nunzia Bonifati, coautrice di *Homo immortalis* (Springer), «il cervello non è pura informazione, ma un organo in costante rapporto con l'ambiente. E non si possono trasferire le informazioni su altri supporti senza distorsioni: se riproduco su silicio le molecole del latte, non sarà più latte anche se ne rappresenterà la copia fedele».

GENI PIÙ SANI. Altrettanto ambiziosa (e lontana) la possibilità di costruire nanorobot, macchine grandi pochi atomi, capaci di autoreplicarsi e di viaggiare nel corpo per rilasciare farmaci nelle cellule tumorali, o di ampliare le capacità cerebrali tenendoci sempre connessi al Web. Maneggiare gli atomi, avverte però Richard Smalley, Nobel per la chimica, è come saldare oggetti che si respingono (o attraggono) indossando guanti spessi. In ogni caso le prossime generazioni godranno di salute sempre migliore grazie a esami genetici precoci: sceglieremo solo embrioni sani, o selezioneremo alcune caratteristiche dei figli (colore degli occhi, resistenza alle malattie ecc.). Per Juan Enriquez, direttore del progetto “Scienze della vita” ad Harvard, «siamo a una o due generazioni da un nuovo ominide, *Homo evolutus*, che prende il controllo sulla propria evoluzione». Con quali effetti lo si vede già: si vive più a lungo e aumentano gli anziani bisognosi d'assistenza (e pensioni). Secondo Bonifati, un domani tutte queste tecnologie – se si ridurranno costi e rischi – saranno usate non solo per i ▶

sità di Losanna, che sta lo spirito della nostra epoca. «In passato si riteneva lo spirito superiore al corpo. Oggi, invece, mente e corpo sono considerati materia, un insieme di processi biochimici che possiamo dominare se ne sappiamo il codice, il sistema di funzionamento. Per l'uomo moderno il codice prevale su tutto».

MEMORIE DUPLICATE. Matti Mintz, psicobiologo all'Università di Tel Aviv, il codice l'ha decrittato, almeno quello dei topi. Prima ha impiantato nei loro cervelli un microchip che registrava gli impulsi cerebrali. Poi ha insegnato ai roditori a chiudere gli occhi se sentivano un suono. Quando il loro microchip è stato impiantato su altri topi, questi chiudevano gli occhi allo stesso suono. La memoria del compito era stata “scaricata” e duplicata.

E Miguel Nicolelis, della Duke University, ha mostrato che il cervello può comandare una macchina senza bisogno di un corpo. Prima ha insegnato ad Aurora,

una scimmia, a controllare mentalmente un avatar che vedeva al computer, cui era collegata con vari elettrodi; poi, inviando questi segnali via Web, Aurora ha comandato un robot in Giappone.

Le possibili applicazioni dirette sono enormi: per esempio recuperare le funzioni cerebrali dei malati di ictus o di Alzheimer. Ma c'è anche un risvolto più profondo. «Si afferma l'idea che il corpo è un optional, anzi: è un ostacolo al flusso veloce delle informazioni», avverte Cer-



L'UOMO POTENZIATO E LE SUE PROTESI TECNOLOGICHE

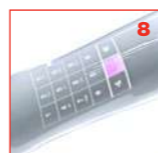
Nei prossimi decenni l'uomo acquisirà sensi e abilità potenziate, grazie a strumenti tecnologici indossati o impiantati nel corpo. Gran parte è già in commercio o è in fase di sperimentazione: alcuni di questi diventeranno parte integrante dell'*Homo technologicus*.



Per controllare il pc con il pensiero, l'uomo bionico potrà avere: elettrodi impiantati nel cervello (1); casco con elettrodi per encefalografia, meno invasivi ma meno precisi (2); elettrocorticografo fra cranio e cervello (3); nanosonde cerebrali (4).



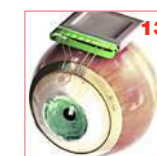
Per individuare cibi tossici e proprietà organolettiche dei cibi, sensori artificiali potenzieranno il gusto (5) e l'olfatto (6).



Al polso indosserà un orologio-smart (7), o avrà il cellulare nell'avambraccio (8). Potrà comandare i computer coi movimenti, usando guanti aptici (ricevono e trasmettono sensazioni tattili, 9) o un bracciale con sensori elettromiografici (10).



Nel sangue potranno circolare nanorobot (11) capaci di rilevare le cellule malate e di aggredirle in modo diretto con farmaci mirati.



L'uomo bionico avrà un visore stereoscopico per la realtà virtuale (12), un chip retinico per navigare sul Web o vedere ologrammi 3D (13), occhiali per la realtà aumentata (14), un impianto cocleare per amplificare i suoni (15).



Una mini videocamera (16) potrà registrare ogni istante per conservare ricordi integrali. Chip sotto pelle (17) potranno rilasciare farmaci a intervalli programmati o serviranno a identificare la persona.



Le nuove generazioni di esoscheletri (18) saranno integrate negli abiti: consentiranno di sollevare 100 kg e correre a 50 km/h senza fare fatica. Tute a mems (micro sistemi elettromeccanici, 19) potranno rilevare i movimenti e duplicarli in un ambiente virtuale.



Così il cervello può comandare un computer

INTERFACCE. Come fa il cervello a comandare un computer? Grazie ai cambi di potenziale elettrico del nostro corpo, spiega Luca Chittaro, docente di interazione uomo-macchina a Udine. Questi cambi (nell'ordine del microvolt, milionesimo di volt) sono registrati da 3 tipi di “interfacce fisiologiche” connesse a un pc: **1) potenziali sensori motori:** sopra un'area del cervello si posizionano elettrodi che colgono l'aumento dei segnali elettrici

quando si immagina un'azione (per esempio, stringere il pugno); **2) potenziali evento-correlati:** l'elettroencefalogramma rileva nelle onde cerebrali un picco, entro 250-500 millisecondi, quando si riconosce un evento (esempio: una parola) a cui si pensava; **3) segnali elettrici muscolari:** i sensori per l'elettromiografia captano l'aumento dell'attività elettrica di un muscolo quando lo si vuole muovere.

Apple Watch e Google Glass portano la tecnologia sul corpo: il prossimo passo è dentro

disabili, ma anche per potenziare individui sani. «Si formerà un battaglione di persone superdotate: più belle, più forti, fornite di sensi più sviluppati. Allavoro si assumeranno solo le persone potenziate, che si stancano di meno e rendono di più: chi non avesse le protesi tecnologiche potrebbe essere emarginato».

CELLULARE SOTTO PELLE. Fino a che punto si spingerà la simbiosi con le macchine? Quando 16 anni fa Kevin Warwick, docente di cibernetica all'Università di Reading (Uk), si fece impiantare per 3 mesi un microchip nell'avambraccio per comandare porte, luci e riscaldamento del suo ufficio, fu preso per pazzo. Ma 2 anni fa, Christian Holz, ricercatore agli Yahoo Labs (Usa), ha inserito a un volontario un mini telefono cellulare sotto uno strato di pelle artificiale. Funzionava benissimo, pare: una vibrazione delicata faceva da suoneria, e per telefonare bastava avvicinare l'avambraccio all'orecchio. Siamo pronti a un passo del genere? Nel 2002, Cerqui lo chiese a 2 mila svizzeri: l'84,8% rispose di no. «Ma il 15,2% (soprattutto i giovani) ha detto sì», osserva. «L'anno prossimo mi aspetto che la percentuale raddoppi».

I microchip, infatti, sono arrivati alla soglia dei nostri corpi. «Pensiamo a due novità di quest'anno: l'Apple Watch e i Google Glass, le tecnologie indossabili», osserva Bruno Siciliano, autore dello *Springer Handbook of Robotics*, manuale di robotica usato in tutto il mondo. «Dalla tecnologia indossabile a quella impiantata, il passo è breve». E gli indossabili sono un gigante pronto a svegliar-



si. Secondo Credit Suisse, entro 5 anni si spenderanno 30-50 miliardi di dollari in questo settore, anche se nel 2013 gli indossabili per il fitness (contapassi, contacalorie) hanno fatturato solo 330 milioni di dollari: ancora non piacciono e sono considerati troppo invadenti. Ma l'orologio Apple può cambiare le carte in tavola. Sembra un gioiello, si può comandare a voce o con le dita. Oltre alle funzioni d'uno smartphone, registra i battiti cardiaci e i passi. Ed è sempre connesso al Web. Indossato al polso, quell'orologio fa cadere il confine fra noi e la tec-

15%
La percentuale di cittadini svizzeri disposti a impiantare un cellulare nel proprio corpo.

nologia: un domani potrebbe sembrare fuori moda chi non condivide in Rete il proprio battito cardiaco. Privacy addio: è proprio questo che vogliamo?

DOPPIA REALTÀ. Altrettanto rivoluzionari i Google Glass: mostrano il mondo arricchito da informazioni digitali. Aprendo scenari inediti, nota Pietro Montani in *Tecnologie della sensibilità* (Cortina): «Potremmo indossarli per vederli durante un amplesso, in un gioco di specchi. Ma questa "realtà aumentata" è diminuita: privata della ricchezza e dell'imprevedibilità del mondo reale». Che fare? «Ogni tecnologia focalizza l'attenzione su un aspetto, ma ne lascia in ombra altri», osserva Luca Chittaro, docente di interazione uomo-macchina all'Università di Udine. «E può innescare automatismi nei comportamenti, farci perdere alcune abilità, spingerci a imitare gli altri in modo acritico. Rischiamo di trasformarci in una macchina efficiente ma stupida: bisogna saperlo e prendere le contromisure». Dovremo difenderci dai nostri stessi superpoteri. **F**

Vito Tartamella

IL PC: POTENTE, MA VINCE IL CERVELLO

SFIDA. Cosa accomuna il nostro cervello a un computer? Entrambi funzionano tramite impulsi elettrici veicolati con un sistema binario: i neuroni possono essere accesi o spenti, proprio come i bit (1-0). In teoria, però, un pc è più veloce di noi: i suoi impulsi viaggiano a quasi 300 mila km/s contro i 120 m/s dei neuroni, e noi possiamo essere rallentati da emozioni o malattie. Eppure, i computer sono ancora lontani dall'emulare il nostro cervello: nel 2013, il supercomputer K (Giappone, il 4° più potente al mondo) con i suoi 88.128 processori ha impiegato 40 minuti per riprodurre 1 solo secondo di lavoro di 1,73 miliardi di neuroni umani. Meno del 2% della dotazione del cervello umano. Ciò accade perché il cervello compensa la sua lentezza "spacchettando" i compiti in più operazioni: è come se nella nostra testa ci fossero 100 miliardi di potenziali processori, i neuroni. Per emularli tutti, la strada è ancora lunga.

CAMMINATA ASSISTITA. L'esoscheletro HAL-5: pesa solo 10 kg ed è comandato dagli impulsi dei muscoli.



SENZA FATICA. L'esoscheletro XOS: permette di reggere per ore queste palle da bowling di 7 kg ciascuna.

