

Gli studi italiani sulla scienza bioispirata

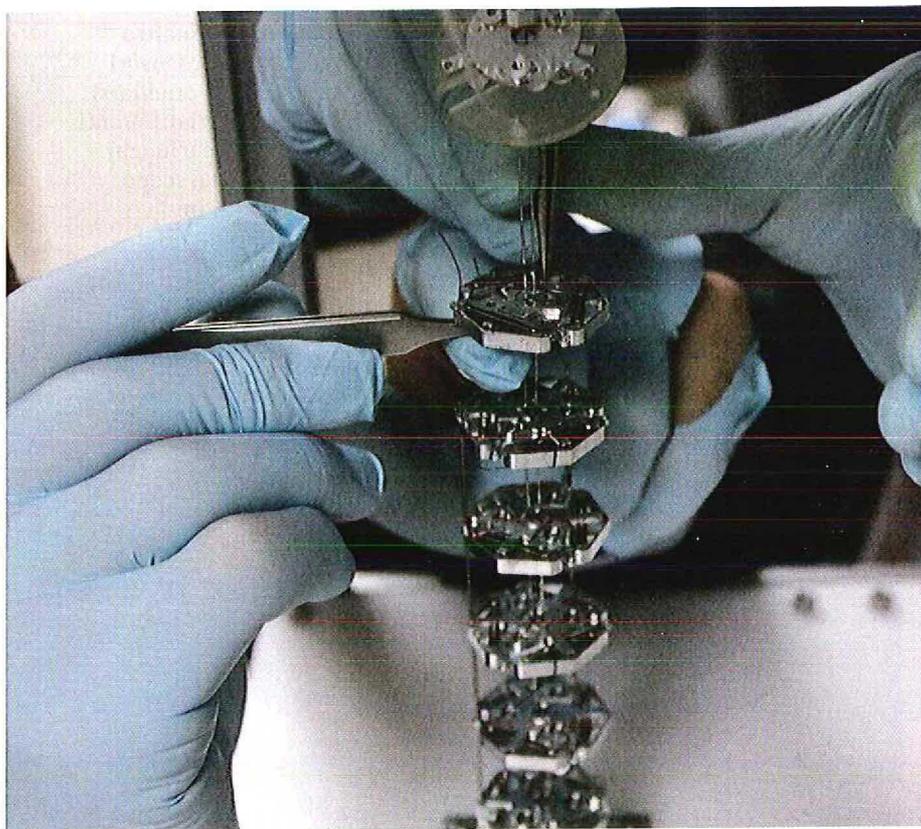
L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA? *La natura è maestra*

Dalla robotica soft ai plantoidi, dalle tele di ragno in grafene ai metamateriali, ecco le ricerche made in Italy che si ispirano al mondo naturale. E puntano dritte al futuro

“La natura è la più grande fonte di ispirazione per la scienza e ci fornisce ogni giorno lezioni su come semplificare i meccanismi e trovare soluzioni a problemi posti dal mondo reale, dove qualsiasi sistema, per operare con successo, deve saper gestire le incertezze e reagire prontamente ai cambiamenti nell'ambiente”. A sostenerlo è Cecilia Laschi, ricercatrice dell'Istituto di Biorobotica della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa e “inventrice”, insieme con la collega Barbara Mazzolai dell'Istituto Italiano di Tecnologia, della robotica soft. Considerate tra le 25 donne più influenti nel campo della ricerca mondiale del settore, le due scienziate italiane hanno infatti avviato un filone che sta riscuotendo molto interesse nel mondo e che punta a sviluppare robot con una consistenza soffice perché, dice Laschi, “simulano nel modo migliore il modo con cui gli esseri viventi interagiscono con l'ambiente e con i propri simili: esternamente noi non siamo rigidi, ma siamo coperti di tessuti 'soffici', pieni di sensori, che ci restituiscono un'idea precisa dell'ambiente e, quindi, la possibilità di reagire ai cambiamenti, condividere gli spazi, avere consapevolezza”. In altre parole, di essere ciò che siamo.

UN TREND IN CRESCITA

Cecilia Laschi, che per prima al mondo con il suo team ha sviluppato un robot ispirato al polpo, l'essere “morbido” per



Tecnici dell'Istituto di Biorobotica della Scuola Superiore Sant'Anna al lavoro nell'assemblaggio di un braccio flessibile di nuova concezione, ispirato all'anatomia dei serpenti.

eccellenza e al contempo intelligente e capace di compiere ogni tipo di azione, e Barbara Mazzolai, con il suo robot plantoide, che simula l'accrescimento delle radici quando penetrano nel terreno, sono solo due rappresentanti di una schiera di scienziati che ogni giorno diventa sempre più ampia: i

“biomimetici”. La biomimetica non è una scienza in sé, ma un approccio, che cerca proprio nella natura le soluzioni a problemi che si possono presentare in ogni ambito di indagine, dalla medicina alla meccanica, senza dimenticare lo sviluppo di nuovi materiali o l'informatica. Un'analisi



pubblicata nel 2016 dalla rivista *Nature* su oltre 25mila studi scientifici che si ispirano ai meccanismi naturali ha mostrato un loro aumento esponenziale, ma finora limitato quasi esclusivamente alle discipline "fisiche", come chimica, ingegneria, biologia molecolare. Le potenzialità però sono enormi. Secondo Emilie Snell-Rood, professore di Ecologia, evoluzione e comportamento all'Università del Minnesota a Saint Paul, autrice dello studio, "con circa un milione e mezzo di specie descritte e probabilmente circa 9 milioni di specie eucariote esistenti, i ricercatori che adottano un approccio biomimetico hanno appena scalfito la superficie dell'ispirazione biologica".

ROBOT BIOISPIRATI

Come si pone l'Italia in questo settore? L'Istituto di Biorobotica della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, fondato e diretto da Paolo Dario, è una delle punte di diamante. Al suo interno nascono robot ispirati in vari modi alla natura: da insetti (come i coleotteri) o da invertebrati (come gli anellidi) sviluppa microrobot medici che si

Una cavalletta viene presa come modello in uno studio all'Istituto di Biorobotica della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa: l'insetto viene esaminato per capire il meccanismo del salto e sviluppare idee da trasferire a robot in grado produrre prestazioni simili

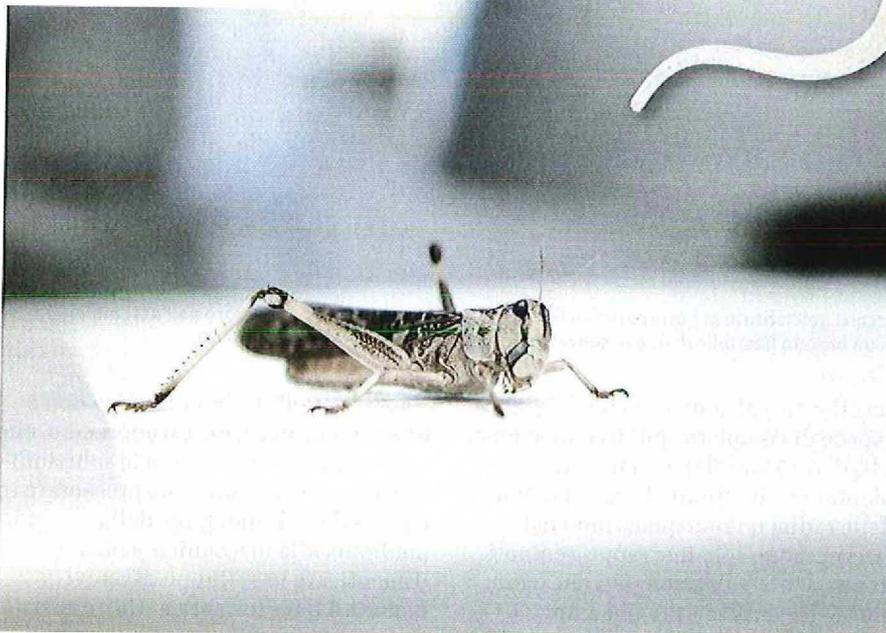
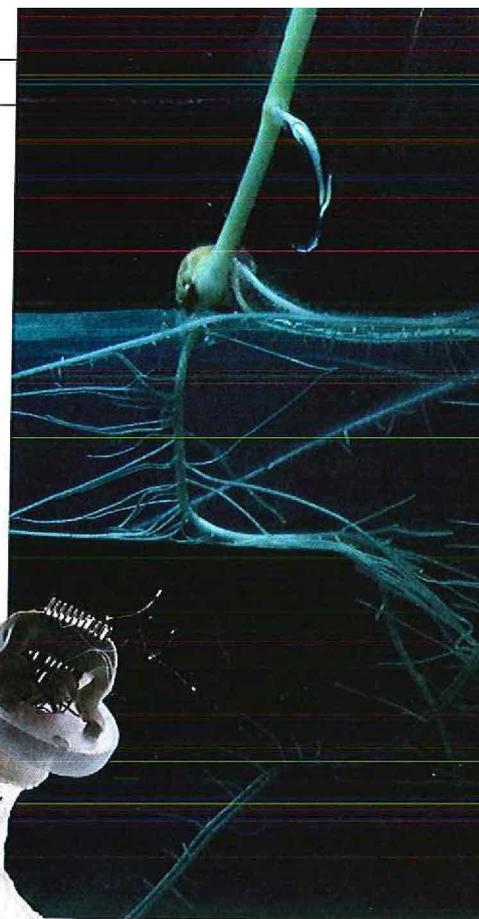


FOTO SSSUP - MASSIMO BREGA (PROGETTO OCTOPUS)

possono inghiottire e si muovono all'interno del nostro organismo per effettuare analisi o rilasciare farmaci. Inoltre, dall'osservazione delle articolazioni di ginocchio, spalla, gomito e polso realizza protesi robotiche o sistemi robotici per la riabilitazione di malati o infortunati o anche esoscheletri indossabili per darci più forza e resistenza.

Anche all'IIT di Genova nascono molti robot bioispirati. Un esempio è HyQ2Max, quadrupede idraulico, sviluppato in un laboratorio congiunto tra l'istituto e Moog, una società statunitense che produce sistemi di controllo per macchine industriali, auto di Formula Uno e veicoli spaziali. La macchina è una sorta di mulo meccanico, lungo e alto un metro e pesante 80 chilogrammi, con quattro zampe e un sistema di sensori che gli consentono di orientarsi nello spazio in scenari differenti come boschi, cantieri o luoghi colpiti da calamità. Lo scopo è assistere gli umani in lavori pericolosi e gravosi. HyQ2Max



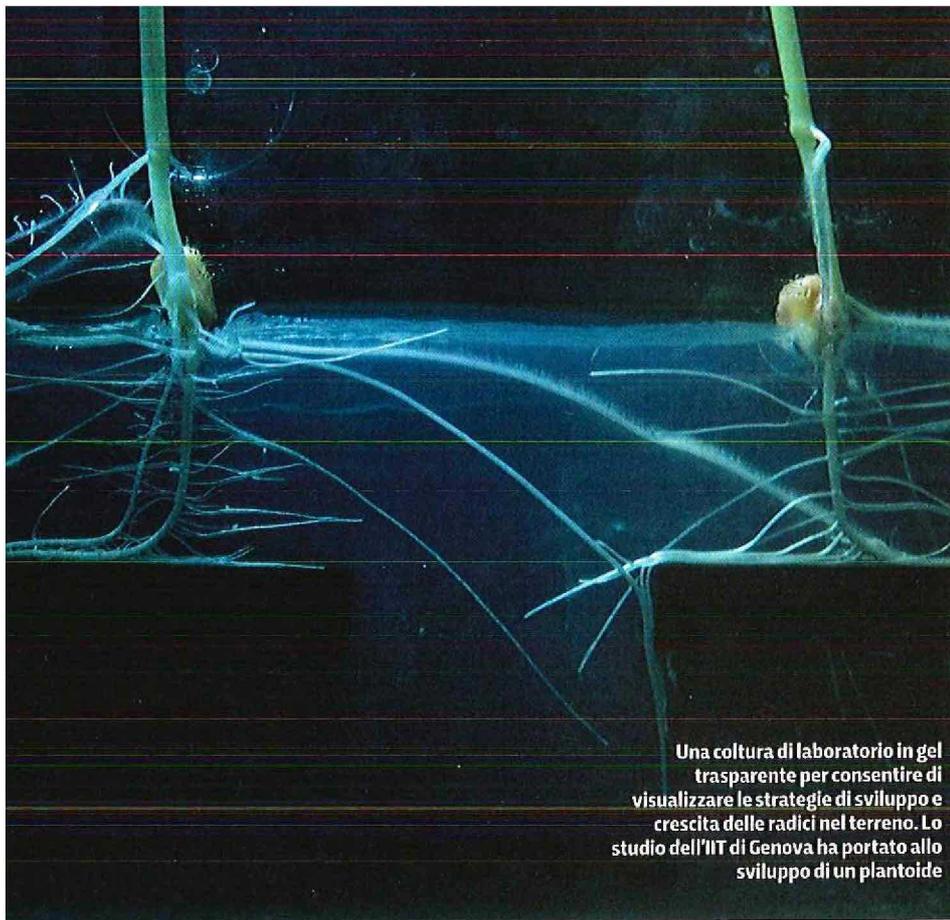
Un prototipo di braccio robotico ispirato al polpo e sviluppato dal team di ricerca di Cecilia Laschi dell'Istituto di Biorobotica della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa

assomiglia al mezzo robotico creato dalla società statunitense Boston Dynamics, acquisita da Google, con la differenza che, anziché usare un rumoroso motore a scoppio per dargli l'energia necessaria a muoversi, adotta batterie e motori elettrici. Questo lo rende più silenzioso e gli consente di adottare giunti e soluzioni meccaniche molto più simili a quelli degli animali a quattro zampe.

MATERIALI FUNZIONALI

Ma c'è un altro ambito in cui la biomimesi sta dando risultati molto promettenti, ed è quello dello sviluppo di nuovi materiali. Del resto questo orientamento della ricerca prende storicamente le mosse alla fine degli anni Quaranta del secolo scorso, quando l'ingegnere svizzero George de Mestral, osservando dei fiori di bardana rimasti impigliati alla sua

AGOSTO 2017



Una coltura di laboratorio in gel trasparente per consentire di visualizzare le strategie di sviluppo e crescita delle radici nel terreno. Lo studio dell'IIT di Genova ha portato allo sviluppo di un plantoide

e colleghi illustrano le proprietà di quelli che hanno definito "metamateriali", strutturati in modo tale che, una volta impiegati su grande scala per realizzare costruzioni, mostrano eccezionali proprietà antisismiche, in grado di riflettere, ridirezionare e assorbire le onde elastiche che si sprigionano durante un terremoto. "La loro caratteristica peculiare", spiega Pugno, "è data dalla loro geometria interna invece che dalla loro composizione chimica. Potrebbero essere usati come una semplice schermatura degli edifici esistenti, applicata sulle strutture senza modificarle e, quindi, non soltanto in nuove costruzioni".

Tra i metamateriali realizzati dal team di Pugno c'è, per esempio, un composito creato con una seta artificiale simile a quella prodotta dai ragni per la loro tela e il grafene (la particolare struttura della grafite costituita da fogli dello spessore

giacca durante una passeggiata in montagna, ebbe l'idea del velcro, il sistema di chiusura a uncino e asola oggi diffusissimo nel mondo.

Attualmente in molti laboratori si seguono le sue orme, utilizzando metodi di indagine e di sintesi assai più sofisticati di quelli disponibili nel secondo dopoguerra. Sono molti i

La biomimetica cerca nella natura le soluzioni a problemi che si possono presentare in ogni ambito di indagine

centri di ricerca italiani che lavorano in questa direzione, ma quello forse più noto a livello internazionale è il Laboratorio di nanomeccanica bioispirata e grafene del Dipartimento di Ingegneria civile, ambientale e meccanica dell'Università di Trento, diretto da Nicola Pugno. La ricerca del suo team si ispira alla natura per concepire materiali strutturati in modo innovativo da destinare agli impieghi più vari. Per esempio, in un articolo pubblicato a fine 2016 sulla rivista *New Journal of Physics*, Pugno



Un dettaglio della soluzione messa a punto all'IIT di Genova per creare radici robotiche in grado di accrescersi e penetrare nel terreno seguendo un preciso impulso, per esempio la ricerca dell'umidità e dell'acqua



di un solo atomo di carbonio). Per arrivare alla sua formulazione Pugno ha condotto un lungo studio, insieme a un gruppo di ricercatori del MIT di Boston, per capire che cosa rendesse la tela del ragno così robusta ed elastica allo stesso tempo. "All'inizio si modifica in modo lineare", racconta lo scienziato italiano. "Se sottoposta a una prova di trazione la sua deformazione cresce in proporzione alla tensione. A un certo livello di allungamento, però, inizia a irrigidirsi, con un comportamento iperelastico che la rende assai robusta e capace di evitare danni estesi". Questa scoperta, pubblicata dalla rivista *Nature*, è scaturita dal programma quinquennale di ricerca BIHSNaM (Bio-inspired hierarchical super nano materials), finanziato dall'Unione Europea nel 2011 e coordinato dal team di Pugno.

MOLECOLE SPECIALI

L'ispirazione che gli scienziati traggono dalla natura, però, non si limita a ciò che è visibile o organico. Arriva fino alla dimensione delle molecole e ai materiali inorganici, che in certe condizioni si organizzano naturalmente in strutture o reticoli di particolare

interesse per i ricercatori. Ne è un esempio un altro studio condotto da Pugno e dal suo team sull'aerografite, un materiale leggerissimo, superelastico e idrorepellente creato nel 2012 in Germania partendo dal grafene. Il team trentino lo ha studiato usando nuove metodiche di modellazione analitica e simulazioni numeriche e ha scoperto che, al suo interno, il grafene si organizza spontaneamente in nanotubi di carbonio, che si uniscono a formare "tetrapodi", strutture piramidali molto stabili. Le applicazioni di questo materiale andranno dagli accumulatori di energia ultraleggeri per automobili ai componenti biocompatibili per applicazioni mediche, ai filtri per la purificazione di aria.

Su un indirizzo biomimetico ci si muove anche per sviluppare materiali compatibili con i tessuti viventi e, quindi, utilizzabili in medicina o in chirurgia. È quanto, per esempio, fa il gruppo di ricerca in Biomimetica e Chimica dei materiali dell'Università di Bologna, in cui lavorano Adriana Bigi, Elisa Boanini e Silvia Panzavolta. Tra gli obiettivi del team c'è lo sviluppo di composti in grado di riprodurre le



Nicola Pugno osserva un esemplare di migale. Il ragno è stato protagonista di uno studio, condotto dal suo team, che ha indagato, insieme con i ricercatori del MIT, le proprietà meccaniche della tela per sviluppare nuovi materiali

LE RICERCHE INTERNAZIONALI: DAL MARE ALLO SPAZIO

Sono migliaia gli studi scientifici che hanno un approccio biomimetico e le applicazioni sono davvero innumerevoli. Ecco alcune tra quelle più promettenti

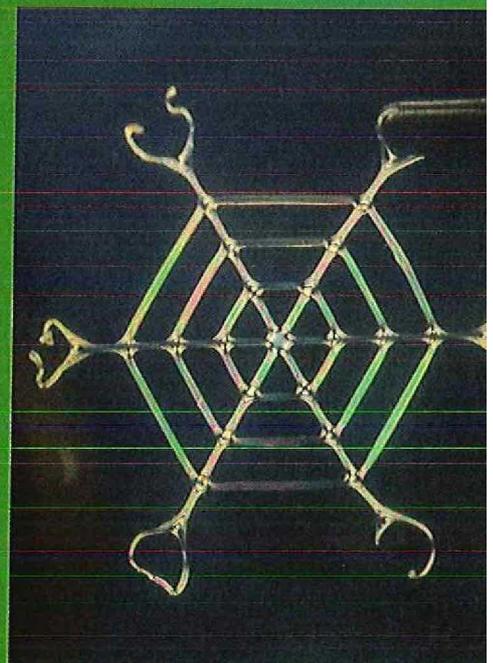
Il geco con la conformazione a pieghe dei suoi polpastrelli (che gli consente una perfetta adesione a superfici lisce e verticali) è uno dei modelli più gettonati dagli scienziati "biomimetici". Un team congiunto della NASA e dell'Università di Stanford lo ha copiato per sviluppare una pinza robotica che serve a raccogliere detriti spaziali prodotti dai satelliti fuori uso. Il rettile ha suggerito anche a Jeffrey Karp, tra i pionieri della scienza bioispirata, l'idea di uno speciale cerotto per suture, che concepì nel 2005 ed è stato realizzato nel 2014. Ora Karp, nel suo laboratorio al Brigham and Women's Hospital di Cambridge, in Massachusetts, lavora a due nuovi progetti: una clip per suture copiata dagli aculei dei porcospini, in grado di prevenire infezioni batteriche, e una colla chirurgica ispirata alle secrezioni di certi vermi marini, in grado di fissare tessuti all'interno di organi molli.

Ad Harvard, al Wyss Institute for Biologically

inspired engineering (Istituto di ingegneria bioispirata), è stato messo a punto un materiale che replica le caratteristiche della cuticola esterna degli insetti, tra le più resistenti e leggere in natura e anche eco-compatibile. Si chiama Shriik ed è composto di chitina recuperata dai gusci dei gamberi. Potrebbe un giorno sostituire le materie plastiche.

In Irlanda, alla University of Ireland Galway, si è lavorato sul tema dei batteri resistenti agli antibiotici: per eliminarli si è pensato a sviluppare molecole capaci di comportarsi come enzimi prodotti dal nostro sistema immunitario, in modo da contrastare infezioni batteriche che non possono più essere curate con normali terapie farmacologiche.

Affine alle ricerche di Nicola Pugno sulla tela del ragno è uno studio della Tufts University, negli Stati Uniti, che ha sviluppato una tecnica per trasformare le proteine della seta in materiali complessi con spiccate proprietà di resistenza e robustezza. Gli studiosi hanno replicato il modo con cui le strutture naturali si formano a partire dalle proteine, dando vita a composti estremamente resistenti, impossibili da ottenere con classici processi di sintesi. Anche all'estero la



Questa rete di nanofibre di seta, sviluppata da un team della Tufts University, è in grado di sostenere un carico pari a quattromila volte il suo peso



La biomimesi non indaga solo nel campo del visibile. Sconfina anche in dimensioni micro o nanoscopiche

caratteristiche dell'osso, come cementi a base di fosfati di calcio, materiali biocompatibili per la rigenerazione di tessuti ossei o cartilagini, rivestimenti di protesi metalliche capaci di innestarsi nell'osso e di favorirne la rigenerazione.

Nanomed3D è invece una spinoff dell'Università di Milano Bicocca che sviluppa materiali speciali, costituiti da piccoli frammenti di aminoacidi che si assemblano da soli in strutture microscopiche, dell'ordine dei 10-100 nanometri. Il loro scopo è di fungere da base per colture di tessuti biologici, come pelle e neuroni, utilizzati per trapianti.

La struttura rugosa del carapace del granchio, che non viene aggredita dai batteri, è stata invece fonte di ispirazione per i ricercatori dell'Istituto dei sistemi complessi del Cnr (Isc-Cnr) che, insieme ai colleghi delle università romane de La Sapienza e Cattolica del Sacro Cuore, hanno sviluppato un sistema per ricoprire di grafene gli strumenti chirurgici. "Si tratta di un rivestimento

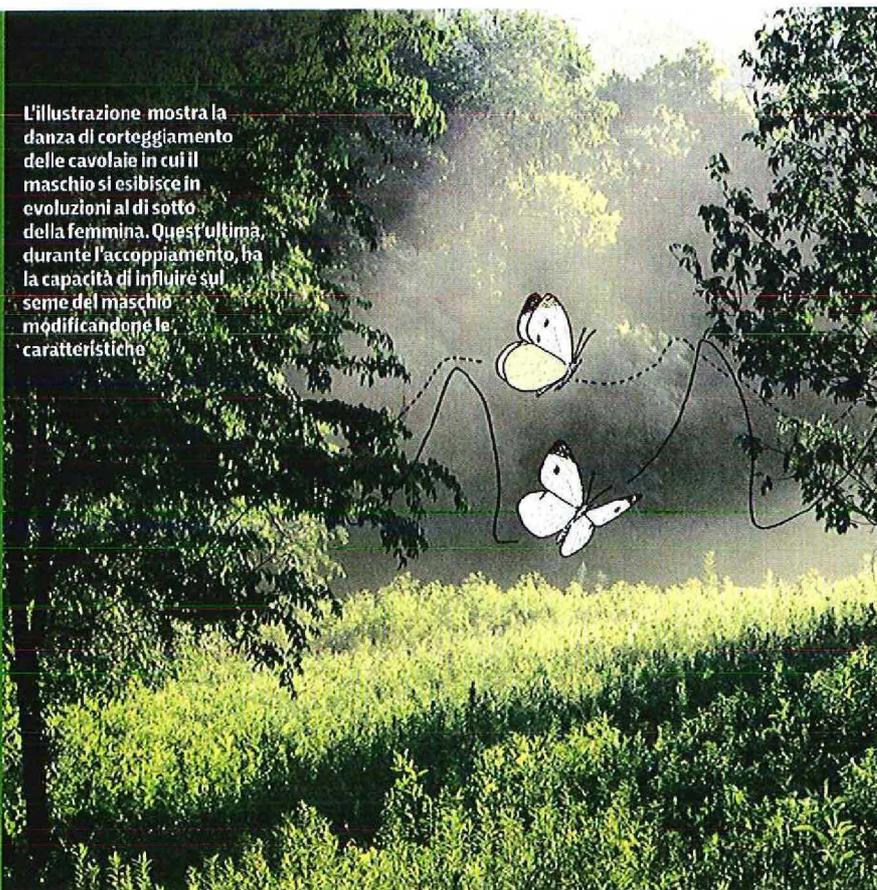
con un idrogel a base di ossido di grafene", spiega Massimiliano Papi, professore di Fisica e microbiologia al Sacro Cuore e tra gli autori della ricerca, "che esercita un'azione antibatterica e contrasta così lo sviluppo di patogeni resistenti ai farmaci". D'altra parte, come afferma Claudio Conti, direttore dell'ISC-Cnr, "lo European Center for Diseases Prevention and Control (Ecdc) ha dichiarato che dal 2009, in Europa, oltre 400mila persone hanno sviluppato infezioni batteriche resistenti agli antibiotici. Abbiamo quindi l'esigenza di maturare nuove strategie per la difesa di superfici sensibili come quelle delle protesi e dell'attrezzatura chirurgica". Se un domani potremo continuare a entrare nelle sale operatorie senza paura di sviluppare infezioni dovremo forse dire grazie a un crostaceo. La natura è una maestra eccezionale. ■

Riccardo Oldani è un giornalista specializzato nella robotica

natura è grande fonte di ispirazione per i robotici. Tra gli ultimi progetti in questa direzione: un robot-pesce per l'analisi ambientale ideato all'Università Politecnica di Madrid da uno scienziato italiano, Claudio Rossi; un robot parassita messo a punto in Corea all'Istituto avanzato di Scienza e Tecnologia, che si ancora a una tartaruga per riuscire a muoversi più facilmente in mare; e un robot volante ispirato al pipistrello, sviluppato all'Università dell'Illinois a Urbana-Champaign che si è rivelato più robusto dei droni a rotori nel volo e nel trasporto. Potrebbe presto diventare il veicolo ideale per fare consegne a domicilio.

Infine, un team internazionale di biologi guidati dall'Università di Pittsburgh, negli Usa, ha condotto un approfondito studio sulla riproduzione delle farfalle cavolaie, scoprendo che le femmine della specie sono in grado di produrre enzimi capaci di "aggiustare" il seme del maschio se questo è troppo "pigro" o inadatto a fecondarle. Ora il team vuole trarre ispirazione da questa scoperta per sviluppare una soluzione che agisca in modo simile anche sulla nostra specie, per fronteggiare i crescenti problemi di infertilità che affliggono le coppie.

L'illustrazione mostra la danza di corteggiamento delle cavolaie in cui il maschio si esibisce in evoluzioni al di sotto della femmina. Quest'ultima, durante l'accoppiamento, ha la capacità di influire sul seme del maschio modificandone le caratteristiche



NATHAN MOREHOUSE