La Filosofia della Scienza sulle orme di Geymonat

Garzanti Scuola pubblica "La realtà e il pensiero", un innovativo manuale di filosofia per i Licei in continuità con l'opera di Ludovico Geymonat

COMUNICATO STAMPA

Milano, 12 marzo 2012 – **Ludovico Geymonat** ha introdotto nel panorama filosofico italiano il pensiero scientifico e logico-matematico. Laureato in filosofia e in matematica, titolare della prima cattedra di Filosofia della Scienza istituita nel 1956 presso l'Università Statale di Milano, Geymonat cambiò radicalmente l'approccio allo studio del pensiero filosofico opponendosi apertamente alla dicotomia delle "due culture" separate, quella umanistica da un lato e quella scientifica dall'altro, in un contesto marcato in modo asfittico dall'eredità delle filosofie di Gentile e Croce. Una vera e propria rivoluzione culturale che Geymonat non vedeva confinata alla teoria delle aule universitarie ma che doveva trasformarsi in impegno civile: elaborazione culturale, quindi, come partecipazione, comunicazione e crescita. Un intento quanto mai attuale che si è concretizzato – negli anni '70 - nella pubblicazione della *Storia del pensiero filosofico e scientifico* (Garzanti, 1970)

Oggi **Garzanti Scuola** pubblica il manuale, in tre volumi, ***La realtà e il pensiero. La ricerca filosofica e scientifica*** realizzato da **Silvano Tagliagambe** – allievo di Ludovico Geymonat, professore universitario di Filosofia della Scienza e consulente del MIUR – e da **Edoardo Boncinelli** – già Direttore SISSA di Trieste, docente di Filosofia dell'Università Vita-Salute di Milano – insieme con un team di docenti di scuola superiore.

I volumi **si pongono esplicitamente in linea di continuità con l'opera di Geymonat**, non tanto per la ripresa e la riproposizione di pagine e capitoli originali del suo manuale di Filosofia della scienza, quanto per la proposta di una feconda e innovativa prassi didattica, davvero interattiva, per aiutare lo studente a cogliere le intersezioni tra i saperi e, in ultima istanza, imparare a *"collocare il pensiero scientifico anche all'interno di una dimensione umanistica"*, secondo gli insegnamenti di Geymonat stesso.

La realtà e il pensiero è allora un'opera figlia dell'epistemologia geymonattiana in senso ampio, duplice: da un lato accoglie in sé importanti passi e stralci dell'opera originale del filosofo – pur sottoposti a un radicale e profondo rinnovamento, indispensabile per porla al passo con gli ultimi sviluppi della filosofia contemporanea, delle prospettive storiografiche e critiche e, non ultimo, per l'esigenza di adeguare l'esposizione e il linguaggio ai tempi –, dall'altro fa propria l'idea che non c'è vera conoscenza se questa non si pone anche come accrescimento di se stessa, come continua ricerca.

L'attualità del pensiero di Ludovico Geymonat è d'altronde confermata dalla recente riforma scolastica, esplicitata nelle **Indicazioni nazionali per i nuovi Licei** del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (di cui Silvano Tagliagambe è consulente per la Riforma) e nel **Profilo Educativo, Culturale e Professionale dello studente** (**PECUP**) a esse allegato, in cui si sottolinea l'importanza della piena consapevolezza – per la formazione dello studente – della diversità dei metodi utilizzati nei vari ambiti disciplinari, oltre che dell'elaborazione di un pensiero critico e personale sul proprio vissuto.

I volumi sono stati progettati, in conformità con le *Indicazioni nazionali*, con l'obiettivo di proporre percorsi didattici che affrontino sia lo studio degli autori e delle correnti di pensiero filosofico, sia specifici nuclei tematici, sia singole opere filosofiche, lasciando al docente un'ampia libertà di scelta nell'approccio didattico.
La realtà e il pensiero è stato strutturato per adattarsi alle esigenze dei cinque principali indirizzi liceali: nella *Guida per l'insegnante* si trovano **suggerimenti didattici impostati per curvature di indirizzo** (classico, scientifico, linguistico, artistico, scienze umane).

Risultano poi di particolare rilevanza le **Schede *Filosofia e Scienza*, realizzate da Edoardo Boncinelli, che esaltano l'interdisciplinarietà** e sottolineano l'attenzione sistematica del testo ai problemi scientifici, ai contenuti delle scienze sociali, alle nuove epistemologie e collocano "*il pensiero scientifico, la storia delle sue scoperte e lo sviluppo delle invenzioni tecnologiche nell'ambito più vasto della storia delle idee*", come recitano le *Indicazioni* del MIUR. Le Schede sono arricchite, nei CD-Rom che accompagnano ciascuno dei volumi, da immagini, rimandi e spunti per l'approfondimento.

I Laboratori delle competenze filosofiche sono un'altra innovativa sezione dell'opera, in cui **lo studio del pensiero diventa un "fare filosofia" nella prassi didattica**: i Laboratori, da un lato, invitano lo studente a interpretare e a trattare in modo efficace le situazioni che incontra nel proprio percorso di studio, dall'altro si rivolgono esplicitamente alla classe come "comunità di ricerca" attribuendo un ruolo centrale alla pratica del confronto dialogico e della discussione razionale. È così sollecitata la trasformazione delle conoscenze e delle abilità acquisite in un ampio spettro di competenze, riconducibili in particolare alle aree logico-argomentativa e linguistico-comunicativa individuate nel PECUP allegato alle *Indicazioni nazionali*.

Tra i materiali presenti nei **CD-Rom abbinati ai volumi dell'opera**, oltre all'Antologia dei testi degli autori classici, alle Schede di *Filosofia e Scienza* e ai Laboratori, si trovano le Sintesi, organizzate in domande e risposte (scaricabili in formato Mp3), e un ampio Dizionario filosofico con i lemmi che compaiono in tutti i volumi del corso.

A corredo dell'opera sono disponibili sul sito www.scuola.com, il portale di **De Agostini Scuola** dedicato al mondo dell'istruzione, le pagine *visual* di apertura e le Mappe concettuali di ciascun Percorso, proiettabili sulla LIM (Lavagna interattiva), la Timeline interattiva e materiali di aggiornamento dei contenuti e delle risorse didattiche.

Gli Autori:

Silvano Tagliagambe. Allievo di Ludovico Geymonat, Professore di Filosofia della Scienza (Università di Cagliari, Pisa, Roma, Sassari), consulente del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca per la Riforma, Direttore scientifico del progetto "Scuola digitale" della Regione Sardegna.

Edoardo Boncinelli. Saggista, docente di Filosofia dell'Università Vita-Salute di Milano, è stato Direttore della SISSA di Trieste e Capo del Laboratorio di Biologia Molecolare al San Raffaele di Milano. Fisico di formazione, si è dedicato allo studio delle genetica e della biologia molecolare.

Francesca Cattaneo. Insegnante di filosofia al Liceo scientifico.
Piero Cresto-Dina. Insegnante di filosofia al Liceo scientifico.
Micol Guffanti. Insegnante di filosofia al Liceo linguistico.
Dario Zucchello. Insegnante di filosofia e formatore al Liceo classico.

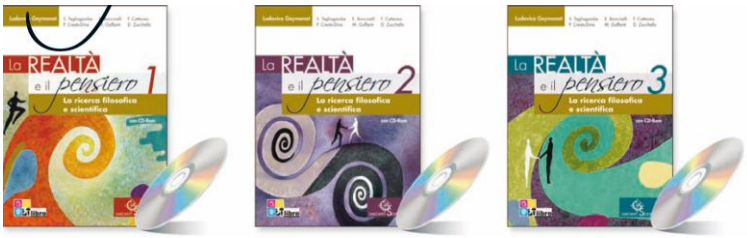
COMUNICATO STAMPA

COMUNICATO STAMPA

Titolo: La realtà e il pensiero 1. La ricerca filosofica e scientifica
ISBN: 978-88-6964-402-3
Pagine: 626 + CD-Rom
Prezzo: € 28,00

Titolo: La realtà e il pensiero 2. La ricerca filosofica e scientifica
ISBN: 978-88-6964-403-0
Pagine: 846 + CD-Rom
Prezzo: € 33,00

Titolo: La realtà e il pensiero 3. La ricerca filosofica e scientifica
ISBN: 978-88-6964-404-7
Pagine: 1002 + CD-Rom
Prezzo: € 38,00



De Agostini Scuola S.p.A.
De Agostini Scuola S.p.A., società controllata al 100% da De Agostini Libri S.p.A., è uno dei principali operatori di editoria scolastica con una produzione rivolta a scuole e istituti di ogni ordine e grado, fino all'Università. Nel marzo 2002, con l'acquisizione del gruppo Utet, alla produzione scolastica De Agostini si sono aggiunti marchi di lunga tradizione quali Petrini, Garzanti Scuola, Garzanti Linguistica, Marietti Scuola, Valmartina, Theorema Libri e Liviana. Le successive acquisizioni, avvenute tra la fine del 2006 e l'inizio del 2007, dei marchi Ghisetti&Corvi, Cedam Scuola e Cideb hanno ulteriormente rafforzato la presenza di De Agostini Scuola nelle materie scientifiche, tecniche, letterarie e linguistiche per le scuole secondarie di primo e secondo grado. I portali www.scuola.com e www.garzantilinguistica.it, inoltre, offrono sussidi didattici multimediali complementari ai libri, unendosi alla crescente offerta di De Agostini Scuola di contenuti per per iPhone e iPod touch.

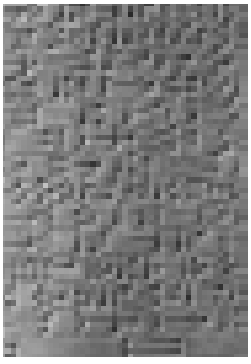
Per informazioni
Ufficio stampa De Agostini S.p.A.
Elena Dalle Rive – elena.dallerive@deagostini.it
T. 02 62499592
C. 335 7835912
Pasquale Martinelli – pasquale.martinelli@deagostini.it
T. 02 62499587
C. 335 5725067
Lucio Gilberti - lucio.gilberti@deagostini.it
T. 02 62499593

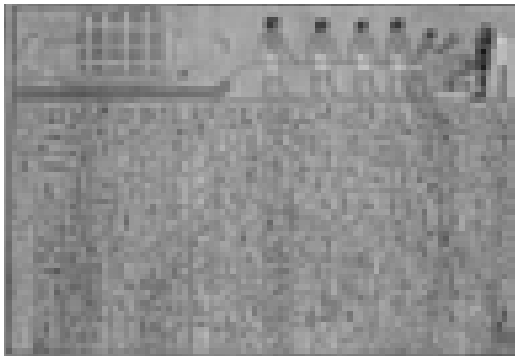
PROGRESSO ED EVOLUZIONE CULTURALE

Quella di progresso è tra le idee più radicate nella nostra cultura e spesso invocate nelle più diverse argomentazioni. Concetti affini sono quelli di civiltà, di cultura e di evoluzione culturale.
L'idea di progresso fa parte del nostro bagaglio culturale da qualche tempo, anche se con fortune alterne. A tempi ancora più remoti risale l'idea di civiltà, cioè di quella che oggi chiameremmo "evoluzione culturale". Sull'esistenza e sulla rilevanza di quest'ultima ci sono pochi dubbi. L'uomo si distingue dagli animali proprio – e forse solo – per la sua capacità di far tesoro delle esperienze del passato, anche remoto, magari opera di persone e civiltà con le quali non siamo venuti e non potremmo mai essere venuti in contatto diretto.

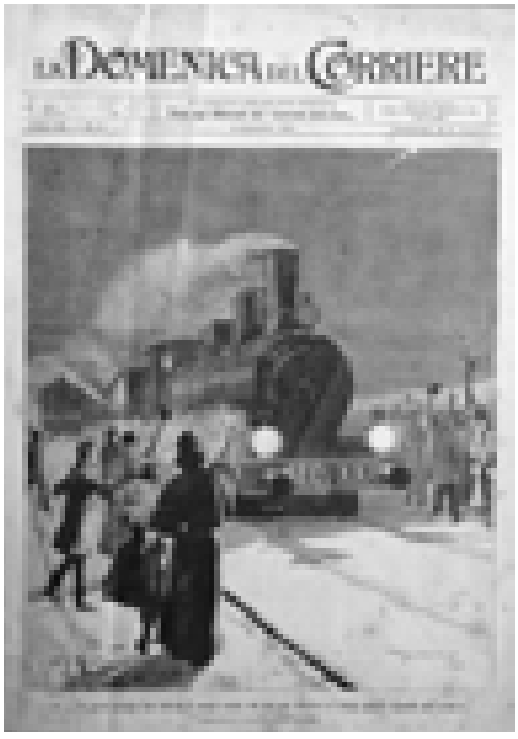
Evoluzione biologica ed evoluzione culturale

L'evoluzione ha forgiato le caratteristiche di tutte le innumerevoli specie, vegetali e animali, e ci ha portato a essere quello che siamo dal punto di vista biologico. Le piante e gli animali non hanno niente altro che questo: possono contare cioè solamente sugli esiti della loro evoluzione biologica. Su questa base di partenza la nostra specie ha innestato il processo dell'evoluzione culturale. Nel momento in cui viene al mondo, ciascun essere umano non è diverso da quello che sarebbe stato più o meno 150 000 anni fa, quando si calcola che abbia avuto luogo l'ultimo cambiamento biologicamente significativo della nostra specie. Ma poche ore o pochi giorni dopo la sua nascita le cose cambiano drasticamente, perché tutto è diverso intorno a lui o a lei. Vede, sente, mangia, "respira" cose completamente diverse dal suo antenato e si inserisce rapidamente nello spirito del proprio tempo, quando è ancora infante e poi via via per tutta la sua vita. Con particolare riguardo a quello che impara con la testa: concetti, valutazioni e comportamenti.
Come succede per l'evoluzione biologica, non ha molto senso cercare di individuare eventuali cambiamenti positivi o miglioramenti nella no-





L'invenzione della scrittura rappresenta una svolta fondamentale nel processo di evoluzione culturale e segna, per convenzione, il passaggio dalla preistoria alla storia: la scrittura cuneiforme, in uso tra Babilonesi e Assiri (tavoletta del XVIII secolo a.C.), è diversa dai geroglifici egizi (*Libro dei morti*, XVI-XIV secolo a.C.), ma risponde alla medesima esigenza di "fissare" e tramandare dati, storie, concetti.



Tra la fine dell'Ottocento e i primi del Novecento – gli anni della *Belle Époque* – i progressi nel campo della scienza e della tecnica furono enormi: l'illuminazione elettrica, le automobili, il vaccino contro la tubercolosi, la radio, il cinema e molte altre invenzioni contribuirono a migliorare le condizioni di vita di gran parte della popolazione europea e fecero nascere un sentimento di grande ottimismo. Tale sentimento è ben rappresentato nell'illustrazione realizzata da Achille Beltrami per la copertina della «Domenica del Corriere» del 6 gennaio 1901, in cui una folla festosa accoglie l'arrivo del XX secolo.

stra evoluzione culturale. Anche se indubbiamente se ne possono individuare alcuni, non è lì il punto. L'evoluzione culturale è un processo storico in cui si possono distinguere soprattutto cambiamenti, estensioni ed espansioni e che sfugge comunque al nostro controllo, certamente individuale, ma anche collettivo. Il suo procedere, in larga parte erratico, ha avuto momenti di svolta e lunghi periodi di stasi, anche se negli ultimi secoli sembra aver preso un indirizzo più definito e aver acquisito un ritmo particolarmente accelerato. Osservato attentamente, mostra tuttavia molti più aspetti rilevanti dal punto di vista quantitativo che da quello qualitativo.

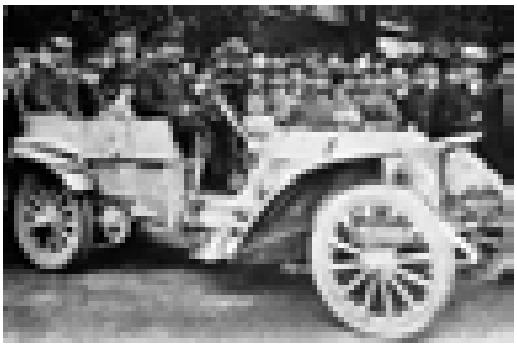
L'idea di progresso

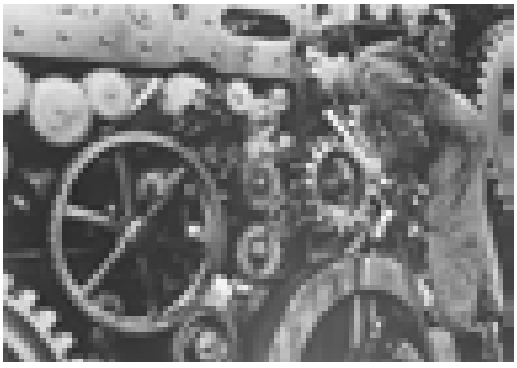
Diversa è l'idea di progresso, quale si è andata imponendo negli ultimi tre secoli circa. Questa, ridotta all'osso, s'identifica con la convinzione che nelle vicende umane qualcosa è cambiato, sta cambiando e probabilmente cambierà in meglio: più conoscenze, più strumenti per alleviare la fatica e la sofferenza dell'uomo, meno spazio concesso all'imprevisto, più giustizia sociale, e via discorrendo.

Due sono gli elementi fondamentali di questa visione: in primo luogo la convinzione che qualcosa si muove, e in secondo luogo che in questo movimento esiste una direzione, un procedere direzionato degli eventi. Progredire significa infatti "muoversi in avanti". A rigore, che cosa voglia dire "in avanti", e quindi quale sia la direzione del progresso, lo si può stabilire soltanto a posteriori, voltandosi indietro a considerare che cosa è successo e dandone una valutazione. Molto spesso però chi parla di progresso assume di essere in grado di prevedere che cosa ci riserverà il futuro. Si tratta di un'operazione doppiamente illecita, perché nessuno può sapere che cosa ci riserverà il futuro e ancor meno può indovinare quale valutazione degli eventi daranno i nostri remoti successori.

Il fondamento cognitivo dell'idea di progresso

È tuttavia un'operazione comprensibile. Le neuroscienze ci hanno insegnato, infatti, che ciascuno di noi percepisce gli eventi quotidiani, anche i più ordinari come l'ascolto di una frase, sul-





Vincenzo Lancia, pilota automobilistico e fondatore dell'omonima casa automobilistica, fotografato nel 1905 su una FIAT 24 HP. L'invenzione dell'automobile è considerata una delle tappe fondamentali del progresso tecnologico. Fu proprio uno dei maggiori costruttori mondiali di automobili, Henry Ford, ad introdurre per primo, nelle sue fabbriche, la catena di montaggio, un processo di assemblaggio che ottimizzava il lavoro degli operai riducendo i tempi di produzione. La catena di montaggio, sinonimo di modernità, di efficienza e di "progresso", condizionava tuttavia l'esistenza degli operai, all'interno e all'esterno della fabbrica: *Tempi moderni*, il celebre film di Charlie Chaplin uscito nel 1936, è una delle migliori testimonianze degli effetti alienanti di questo sistema di produzione e della loro incidenza sulla vita degli operai.

la base di ciò che conosce e di ciò che si aspetta che possa accadere. Tanto cognitivamente quanto emotivamente, il presente è il teatrino mobile dove le aspettative si confrontano con la realtà e vengono confermate o sconfessate. Senza conoscenza pregressa e senza aspettative per il futuro non ci sarebbe percezione, né esperienza e acquisizione di nuove conoscenze. A proposito dell'idea di un progresso futuro, quindi, noi non facciamo altro che trasportare sul piano collettivo qualcosa che non possiamo non fare sul piano individuale.
Ciò non giustifica tuttavia la pretesa di alcuni di sapere che cosa verrà considerato progresso in futuro. Ci può essere, in sostanza, un progresso *passato*, ma non è affatto chiaro che cosa possa significare un progresso *futuro*. La convinzione che il progresso continuerà e l'indicazione di quale direzione prenderà può essere solo un'assunzione e in definitiva un atto di fede.

Quale progresso, e per chi?

Questo non vuol dire che non ci sia stato progresso nei decenni e nei secoli passati. Certe cose sono cambiate e molto probabilmente continueranno a cambiare in meglio, almeno per qualche tempo. Limitandoci al passato più o meno recente e a un prevedibile futuro, possiamo notare che alcune cose sono progredite e altre no. Penso che si possa sostenere che il progresso si è avuto e si avrà, almeno per un po', nei campi nei quali poteva esserci, mentre non c'è stato in quei campi dove non poteva esserci. Il punto quindi non è se c'è o meno progresso, ma in che cosa c'è stato e in che cosa no, almeno fino a questo momento.
Nessuno può negare che negli ultimi decenni ci sia stato un progresso materiale. Il motore sono state le scoperte scientifiche e le loro applicazioni tecniche, che hanno riguardato prima alcune fasce ristrette di individui e si sono poi diffuse a strati sempre più ampi della popolazione, anche se siamo ben lontani da una diffusione uniforme, all'interno delle diverse nazioni e tanto più fra le varie nazioni. Sulla diffusione ed estensione a tutti dei vantaggi pratici pesano vari fattori, di natura sociale ed economica, e quindi in definitiva politica. È ovvio però che se una cosa non è disponibile *in assoluto*, non può essere messa a disposizione di nessuno. Un avanzamento delle conoscenze tecnico-scientifiche sembra quindi una premessa indispensabile per ogni progresso materiale.

Benessere materiale e felicità

È innegabile tuttavia che buona parte degli individui degli Stati a sviluppo avanza-

Negli ultimi decenni la ricerca scientifica e tecnologica ha portato a importanti innovazioni nel campo delle energie rinnovabili, come i pannelli fotovoltaici. La questione dell'inquinamento e dello sfruttamento delle risorse naturali è strettamente connessa alla nostra idea di progresso e di benessere.

to sia rimasta abbastanza delusa dall'impatto che gli eccezionali avanzamenti nel campo tecnico-scientifico hanno avuto sugli ordinamenti politici delle nazioni e sullo stato di soddisfazione dei singoli, fino al punto di mettere in discussione l'idea stessa di un progresso materiale. Questo è comprensibile se si considera che molti hanno confuso l'aumento delle conoscenze con l'acquisizione di una saggezza sociale, e il benessere materiale con la felicità.

Si tratta di una doppia illusione. In primo luogo il benessere materiale è una cosa e la felicità un'altra. Se non c'è dubbio che il progresso tecnico-scientifico degli ultimi decenni abbia aumentato considerevolmente il benessere materiale dei singoli, è altrettanto indubbio che non li ha resi più felici, né poteva farlo. Il benessere materiale può contribuire e contribuisce ad assicurare una certa tranquillità psicologica, ma non è la felicità. Questa appartiene a un altro piano di realtà.

In secondo luogo, è tutt'altro che automatico che l'avanzamento delle conoscenze produca una saggezza sociale. Nel passato sono state propagandate molte idee secondo le quali la migliore conoscenza delle dinamiche psicologiche, economiche e sociali avrebbe permesso la nascita e la realizzazione di una sorta di "ingegneria sociale", che avrebbe portato a una società più giusta e alla pace tra i popoli. A parte il fatto che questi grandi avanzamenti nella comprensione delle dinamiche psicologiche e sociali non si sono visti, non è così ovvio che avrebbero portato a cambiamenti reali nello sviluppo del vivere civile. Non è saggio confondere il piano del comprendere con quello dell'agire, soprattutto sociale.

Anche quando avessimo capito molto di più di quanto abbiamo capito delle dinamiche umane, è comunque difficile che sia possibile ottenere con gli esseri umani i risultati che si sono ottenuti con i metalli o le materie plastiche. Ogni essere umano ha una sua interiorità, una sua coscienza, una sua volontà, uno spirito di indipendenza, e all'occorrenza un atteggiamento di ribellione. È assai dubbio che si giungerà in tempi brevi a dare agli esseri umani un assetto politico pienamente soddisfacente e stabile, anche se questo non significa che tale obbiettivo non vada perseguito e che su questa linea molto, moltissimo, non sia già stato ottenuto.

SPUNTI PER APPROFONDIRE
i grandi temi del pensiero filosofico e scientifico ... *su CD-Rom*

LA BIOMEDICINA

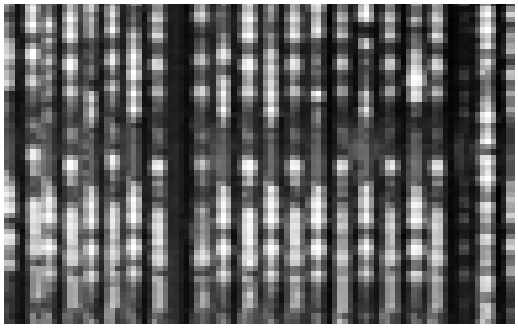
Biomedicina e fattori ereditari

Oggi si parla spesso di biomedicina, la scienza che deriva dall'applicazione alla medicina delle nuove conoscenze che vengono via via acquisite dalla biologia del nostro tempo. Moltissime di queste applicazioni ruotano intorno al concetto di ereditarietà e comunque di componente ereditaria, o genetica, pure per quelle malattie che non hanno un evidente carattere ereditario. Questo accade perché anche l'influenza dell'ambiente circostante e dello stile di vita viene comunque esercitata sui prodotti dei geni. Centrali in questa disciplina sono i concetti di *cellula* e *fisiologia cellulare* da una parte, e quelli di *gene* e di *azione genica* dall'altra. Vediamo queste applicazioni, alcune delle quali già attuali e altre riservate a un prevedibile futuro.

Diagnosi

Da sempre la medicina opera su tre fronti: la diagnosi, la prevenzione e la terapia vera e propria. Vediamo il versante diagnostico. Non c'è dubbio che i suoi più grossi trionfi la biomedicina li ha celebrati a tutt'oggi nel settore della diagnosi, e in particolare nella diagnosi delle malattie ereditarie monofattoriali (come la fibrosi cistica, la talassemia, la distrofia muscolare o l'emofilia), le quali dipendono direttamente dal cattivo funzionamento di un solo, specifico gene. Si è giunti a condurre l'analisi direttamente sul DNA dell'individuo in questione – adulto, bambino, feto o concepito di solo otto cellule in attesa dell'impianto nell'utero materno. Una diagnosi condotta sul DNA di un individuo non ammette ambiguità o errori e può anche indicarci con precisione di quale sottotipo di quella malattia di volta in volta si tratta, in modo da poter pensare a un trattamento più mirato.

Esistono poi le malattie multifattoriali (quali il diabete, l'ipertensione o l'asma), che dipendono dal comportamento di diversi geni allo stesso tempo e dall'incidenza delle condizioni di vita del soggetto. Una diagnosi del genere è molto più difficile da condurre e per il momento siamo solo all'inizio, ma questo rappresenterà senza dubbio un capitolo fondamentale della medicina di domani.



L'analisi del DNA, in presenza di malattie ereditarie monofattoriali, permette di arrivare a diagnosi certe. Per compiere questo tipo di indagine è necessario prelevare il DNA del soggetto, sezionarlo con appositi enzimi e farlo correre in un gel sotto la spinta di un campo elettrico: in questo modo i frammenti del DNA si posizionano in ragione della loro lunghezza, formando delle bande visibili su uno sfondo scuro. La presenza, l'assenza o la lunghezza alterata di uno di questi frammenti ha valore diagnostico.

Un'equipe medica impegnata in un trapianto di cuore e polmoni.

Tra le malattie multifattoriali possiamo annoverare anche i *tumori*, che sono un insieme di più di cento patologie diverse, aventi in comune una crescita sregolata delle cellule di un tessuto o di un distretto anatomico. Sappiamo dal 1977 che una cellula del corpo diventa tumorale quando in essa si verificano contemporaneamente sei o sette mutazioni in alcuni geni particolari: quelli che appartengono alla famiglia degli "oncogeni" (ossia i geni che determinano l'insorgenza di una forma tumorale) e quelli che appartengono alla famiglia degli "oncosoppressori" (cioè quei geni che inibiscono la formazione di un tumore). Di queste mutazioni, una o due possono essere presenti fin dalla nascita, ma le altre devono necessariamente accumularsi durante la vita dell'individuo in questione. Ciò spiega perché la probabilità di contrarre un tumore cresce con l'età e perché l'esposizione ad alcune radiazioni o a sostanze chimiche di un certo tipo può aumentare di molto la probabilità di osservare la formazione di un tumore. Va da sé che chi si trova a possedere nelle proprie cellule una di queste mutazioni deve essere messo in guardia e occorre che stia più attento di coloro che partono senza alcuna mutazione.

Prevenzione

Passiamo alla prevenzione. Qui è opportuno fissare due concetti fondamentali, quello di *predeterminazione* e quello di *predisposizione*. Il primo si riferisce ai disturbi monofattoriali, il secondo a quelli multifattoriali. Nel primo caso, se uno possiede nel proprio patrimonio genetico il gene in questione alterato, non può non sviluppare la corrispondente patologia: è cioè predestinato. Nel secondo caso, invece, anche chi possiede uno dei geni in questione alterato, non è affatto detto che sviluppi la patologia, perché è solamente predisposto a essa. Di fatto, chi è predisposto può anche non svilupparla mai, mentre chi non lo è può invece svilupparla, per sfortuna o per una cattiva condotta di vita. Sapere di essere predisposti a una malattia multifattoriale può però comunque servire a mettere in guardia l'individuo interessato dall'andare incontro a particolari condizioni di vita che potrebbero rivelarsi controindicate, se non deleterie.

Terapia

E veniamo alla terapia. Esisteranno sempre una *terapia chirurgica* e una *terapia farmacologica*. Ma entrambe stanno cambiando a velocità vertiginosa. Da una parte, i materiali e le tecniche chirurgiche sono in perenne evoluzione. Dall'altra, le conoscenze di biologia molecolare e di genetica ci fanno sperare di avere a disposizione farmaci sempre migliori, vale a dire sempre più efficienti e con il minor numero possibile di effetti collaterali.
Il massimo livello della terapia potrebbe essere poi la cosiddetta "*terapia genica*", di cui si parla da anni. Il concetto ispiratore è semplicissimo. Ammettiamo che si sappia che un determinato tipo di cellule di un dato organismo non funzionano come dovrebbero per-

ché contengono un gene mutato che non è in grado di svolgere il suo ruolo. Si può allora inserire in quelle cellule una copia del gene in questione nella sua forma normale e funzionante. Il risultato è il recupero della funzione mancante: semplice a dirsi, ma non così semplice da realizzare nella pratica clinica. Perché le cellule che ricevono il gene dall'esterno tendono a "sputarlo" o a "metterlo a tacere". È necessario imparare ancora qualcosa in più sul controllo dell'attività dei geni da parte delle cellule per riuscire a far loro accettare il nuovo gene. È quindi una grande promessa, ma appunto rimane per ora solo una promessa.

E veniamo ai *trapianti*, la grande novità degli ultimi quarant'anni. È solo nel 1967, infatti, che è stato effettuato il primo trapianto di cuore, mentre oggi queste operazioni sono all'ordine del giorno e si eseguono con grande naturalezza anche trapianti multipli, ad esempio di cuore, di fegato e di rene. La domanda di organi è però sempre molto superiore alla loro disponibilità e le liste di attesa dei pazienti bisognosi di un trapianto sono sempre lunghissime.

Da una decina di anni si è aperta una nuova possibilità di risolvere tale problema: quella che passa per le cosiddette "cellule staminali". Con questo nome si intendono cellule in grado di moltiplicarsi e disposte a farsi riprogrammare a comando, per dar luogo a cellule di fegato, di muscolo o magari di cornea, secondo le necessità. È chiaro che con tali cellule si potrebbero fabbricare in laboratorio tessuti, parti di organo o organi interi da usare per un trapianto. Per fare questo occorre contare su una certa quantità di cellule staminali umane e su una varietà di tecniche biologiche che conducano alla loro riprogrammazione. A parte qualche eccezione, tali tecniche non sono ancora in nostro possesso, ed esiste qualche problema, come è ben noto, per reperire quantità adeguate di cellule staminali. Queste si possono prelevare dall'embrione ai primissimi stadi di sviluppo, dall'embrione vero e proprio, dal feto e anche da alcune regioni del corpo dell'adulto. Tutto ciò solleva al momento forti obbiezioni di natura etica, soprattutto per quanto concerne le staminali di derivazione embrionale, ma si può supporre che con il tempo queste difficoltà vengano superate producendo le staminali direttamente in laboratorio.

Preparazione di cellule staminali per l'innesto terapeutico.

Si può immaginare quindi la possibilità di costruire a piacimento, in futuro, tessuti e organi di ricambio per ogni emergenza clini-

Le cellule staminali possono essere ricavate, oltre che da alcune parti del corpo umano, dal cordone ombelicale e dagli embrioni. La possibilità di ricavare tali cellule dall'embrione, tuttavia, pone interrogativi sul piano etico cui non è facile dare risposta: è giusto utilizzare embrioni che potrebbero diventare esseri umani per ricavarne cellule staminali, che d'altra parte sono potenzialmente in grado di migliorare la vita di persone gravemente malate?
La questione si fa particolarmente spinosa nel caso degli embrioni "congelati" conservati in numerosi centri di procreazione assistita che, probabilmente, non potranno mai essere impiantati e che rischiano quindi di essere distrutti.

ca. Ciò potrebbe a sua volta rivivificare anche gli interventi di terapia genica, utilizzando le cellule staminali come cellule nelle quali inserire la copia del gene sano e funzionante, selezionarle e fare poi crescere solo quelle dove il gene è sicuramente presente e attivo. Le cellule selezionate sarebbero infine utilizzate per ricostruire il tessuto o l'organo richiesti.
Da qualche tempo si parla sempre più insistentemente di medicina rigenerativa, quella branca della biomedicina che può servire a ripristinare l'integrità e la funzionalità di tessuti o di organi danneggiati o usurati. Quest'area di intervento si articola a sua volta su due grandi filoni, da una parte quello dei trapianti dei quali abbiamo appena parlato, e dall'altra quello dell'ingegneria tissutale che si prefigge di "persuadere" i tessuti e gli organi danneggiati o usurati a rigenerare spontaneamente nella maniera migliore.

I capisaldi della biomedicina

Diagnosi	Prevenzione
Malattie ereditarie monofattoriali	Conoscenza della predestinazione
Malattie multifattoriali (tumori)	Conoscenza della predisposizione
Terapia	
Terapia chirurgica	
Terapia farmacologica	
Terapia genica (cellule staminali)	
Trapianti	
Medicina rigenerativa	

SPUNTI PER APPROFONDIRE
i grandi temi del pensiero filosofico e scientifico ... *su CD-Rom*

L'ETÀ DELLA TECNICA

Un nuovo modo di vedere il mondo

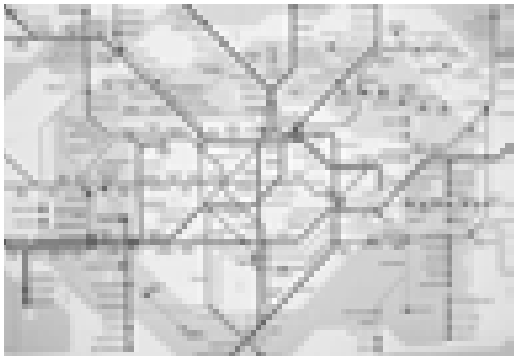
Possiamo definire la "tecnica" come il complesso delle macchine, dei loro prodotti e delle infrastrutture necessarie per assicurare il loro funzionamento. La nostra è l'*età della tecnica*. Non stiamo parlando ovviamente solo dei beni e dei servizi offerti dall'innovazione tecnologica e oggetto di uso quotidiano. La progettazione delle macchine e la familiarità con esse hanno cambiato anche il nostro modo di essere e di vedere il mondo che ci circonda, inclusi gli esseri viventi e, più recentemente, il nostro corpo e la nostra anima. Ciò è accaduto soprattutto negli utlimi anni, perché si sono registrati due sviluppi di capitale importanza: l'ingresso sempre più massiccio delle macchine nel mondo della salute e la progressiva miniaturizzazione di alcune di esse.

La storia della tessitura corre da sempre in parallelo alla storia dell'uomo. I primi rudimentali telai apparvero in epoca neolitica e per secoli furono gradualmente modificati con accorgimenti volti a migliorare la loro efficienza e la qualità dei manufatti che da essi si ricavavano. Nel XVIII secolo, nell'ambito della prima rivoluzione industriale, su questi macchinari furono apportate modifiche tecniche in grado di rivoluzionare completamente il processo di produzione.

Dalle caverne ai sistemi tecnologici

«Senza la tecnica l'uomo non esisterebbe, né sarebbe esistito mai», afferma a questo proposito Ortega y Gasset nel 1933. È un fatto che fin dagli albori della sua storia l'uomo ha utilizzato qualche *strumento*, e questo è ciò che lo distingue dagli altri animali e dai suoi predecessori evolutivi. La presenza di strumenti contrassegna in maniera inequivocabile un insediamento umano e costituisce anche il dato più sicuro per circoscrivere il momento del passaggio dai nostri antenati ominidi a quegli individui cui attribuiamo il genere *Homo*. Le caratteristiche biologiche, dalla forma della mascella alle dimensioni del cranio, dall'altezza delle spalle alla configurazione del bacino, dalla dentatura all'articolazione delle dita dei piedi, forniscono tutte validi criteri per una classificazione anatomica di massima, ma la comparsa dell'uomo sulla scena del mondo è segnalata in maniera inconfondibile solo dalla presenza di strumenti.

Dall'uso di semplici strumenti si è passati poi a strumenti più complessi e alla progettazione



La rete della metropolitana, che si estende per chilometri nel sottosuolo delle nostre città, costituisce un vero e proprio sistema tecnologico.

e all'utilizzazione di vere e proprie *macchine*, prima direttamente dipendenti dal controllo umano, poi via via sempre più automatiche, se non autonome. Da un certo momento in poi l'uomo non si è neppure accontentato di macchine singole, ma ne ha riunito e collegato tra loro un certo numero, in modo da comporre un *sistema tecnologico*, concentrato come una filanda o una fabbrica, o diffuso come una rete ferroviaria o telefonica. Sistemi e reti hanno finito per modificare sempre più a fondo il nostro ambiente quotidiano e hanno condizionato la nostra stessa vita.

Una delle cose più interessanti di tutta la questione è probabilmente il cambiamento globale, la trasformazione complessiva del clima collettivo e degli stili di vita individuali che l'uso delle macchine ha prodotto, grazie anche alla spinta incontenibile dei *processi economici*. È contro questo silenzioso ma inesorabile cambiamento globale che si scagliano prevalentemente i critici della modernità e dello strapotere della tecnica. Ma per poter valutare appieno, nel bene e nel male, le conseguenze di questo complesso di eventi, occorrerebbe ipotizzare il quadro storico che si sarebbe potuto sviluppare se fossero venuti a mancare gli imponenti avanzamenti della tecnica degli ultimi secoli. Anche se non è facile, vale la pena ogni tanto soffermarcisi, e considerare a mente aperta che cosa sarebbe il nostro mondo senza la tecnica.

L'irresistibile connubio fra scienza e tecnica

È interessante riflettere anche sul *rapporto intercorrente fra la scienza e la tecnica*. In una visione ideale, prima viene la scienza, con la formulazione di principi generali e la scoperta di sempre nuovi campi di applicazione, poi viene la tecnica, con le sue realizzazioni concrete che traducono in pratica un progetto scientifico mirato. Nella realtà le cose non sono mai andate così.

Nella storia dell'uomo la tecnica ha preceduto – e di gran lunga – la scienza. Quando ancora non si profilava all'orizzonte neppure un barlume di ciò che poi si sarebbe chiamato "scienza", l'uomo aveva già messo in campo un certo numero di realizzazioni tecniche, dai primi rudimentali strumenti litici al controllo del fuoco, dalla primitiva metallurgia all'addomesticamento degli animali, dall'agricoltura alla ruota, dal carro al tornio. Per millen-

Vari tipi di microscopi in un'incisione realizzata nel 1820 per illustrare l'*Enciclopedia Londinese* e un moderno microscopio elettronico: nell'ultimo secolo sono stati compiuti enormi progressi tecnici nell'ambito della creazione di strumenti scientifici sempre più precisi ed efficienti, premessa indispensabile a ricerche e scoperte di grande importanza anche in ambito medico.

ni l'innovazione tecnica è andata avanti per la sua strada – anche se in maniera intermittente e con un passo molto diverso nelle diverse aree geografiche – senza l'ausilio di una vera comprensione dei meccanismi sottostanti ai fenomeni.

Con il Seicento e la nascita della nuova *scienza sperimentale* si registrò un cambiamento dei rapporti intercorrenti fra la scienza e la tecnica, con un primo vero contatto tra le due. Aristotele aveva contrapposto la *téchne* dei suoi tempi, tendente alla tradizione e alla conservazione, all'*epistéme*, ricca di fermenti autenticamente innovativi. Tale contrapposizione sembrava ancora appropriata per la società della fine del Cinquecento, ma lo fu per l'ultima volta. Nel XVII secolo si cominciò infatti a comprendere che *conoscere meglio la natura* aiuta a progettarne lo sfruttamento e il controllo, e che avere a disposizione *macchine e strumenti di osservazione e di misura* amplia enormemente la portata dell'osservazione scientifica. Da quel momento in poi lo sviluppo della tecnica, ancora largamente tributario di ritrovati empirici piuttosto che di una progettazione basata sulle conoscenze scientifiche, iniziò lentamente ad avvalersi dei contenuti delle scoperte che si andavano succedendo. Si trattava però più di una simbiosi che di una identificazione. Gli obiettivi, i metodi, le pratiche e i personaggi erano diversi: si poteva fare senza capire e soprattutto capire senza fare. Non c'è dubbio tuttavia che i grandi avanzamenti tecnici non avrebbero più potuto prescindere dalle nuove scoperte scientifiche. Si era inaugurata infatti una nuova era, quella del progresso tecnico-scientifico, quella che qualcuno chiama l'"era della tecno-scienza". Chi oggi non vede di buon occhio né la scienza né la tecnologia si sente colto tra due fuochi, in una morsa la cui presa si fa sempre più salda. Chi invece saluta con favore l'allargamento delle conoscenze e il progresso tecnico vive un'avventura esaltante in un crescendo che non accenna a declinare.

Con la rivoluzione industriale e l'invenzione delle macchine a vapore, la collaborazione – quasi un connubio – fra scienza e tecnica si fece sempre più stretta, determinando scam-

I continui progressi nei settori dell'informatica e delle telecomunicazioni, insieme ai processi di digitalizzazione, hanno cambiato profondamente le nostre abitudini quotidiane. La diffusione degli *smartphone* e dei *tablet* ci permette, in ogni momento della giornata, di telefonare e videochiamare, navigare in Internet, essere costantemente aggiornati sulle notizie provenienti da tutto il mondo, leggere libri e riviste in formato digitale, guardare video e molto altro ancora.

bi d'informazioni molto significativi nei due sensi. Se con la meccanica, l'idraulica e la termodinamica si poteva arrivare infatti solo fino a un certo punto, anche nelle applicazioni tecniche, con l'elettricità e poi con l'elettromagnetismo, si raggiunsero più arditi traguardi, realtà diverse e inusitate, difficilmente afferrabili senza l'intervento determinante delle scienze sperimentali. L'illuminazione notturna, il motore elettrico, il fonografo, il telegrafo, il telefono e la radio furono il prodotto tecnologico dell'acquisizione di queste nuove conoscenze scientifiche.

Si è registrato in seguito un uso imponente e deliberato della chimica e si è assistito all'esplorazione del mondo delle molecole e degli atomi. Così sono stati prodotti le materie plastiche e nuovi materiali ed è nata la grande industria chimica, per non parlare dell'elettronica, figlia diretta delle nuove conoscenze sulle molecole, sugli atomi e sugli elettroni. L'ultimo tocco l'hanno dato, a metà del secolo scorso, le telecomunicazioni e soprattutto l'informatica, la più tecnica delle scienze e la più scientifica delle tecnologie, che in un crescendo travolgente ci ha dotato di calcolatori di tutti i tipi e di tutte le dimensioni. Il resto è storia di oggi.

La tecnica è ormai strettamente correlata alla scienza e viceversa. In un mondo nel quale venisse meno l'impresa scientifica, anche la tecnica finirebbe progressivamente per soffrirne e per rallentare il passo, se non per scomparire del tutto. Ma è anche vero il contrario. In un mondo che sostenesse con minor vigore e minore urgenza il progresso tecnico, anche la ricerca scientifica finirebbe per rallentare il suo ritmo in conseguenza di una strumentazione impoverita, di più esigui investimenti e di una ridotta pressione sociale.

SPUNTI PER APPROFONDIRE
i grandi temi del pensiero filosofico e scientifico ... *su CD-Rom*

GENI ED ETÀ

Un cambiamento incessante

Ciò che è vivo non può restare immoto. Deve mutare continuamente, svilupparsi, crescere, maturare, invecchiare e… morire. La *necessità del cambiamento* è insita nella natura del vivente. Il perché non è del tutto chiaro, ma questa è la condizione di tutti gli organismi. Senza eccezione.

Si capisce abbastanza facilmente la necessità del primo sviluppo e della crescita di un essere vivente. Partiamo tutti da una singola cellula, la cellula-uovo fecondata, e per arrivare alle migliaia di miliardi di cellule di cui siamo composti sono necessari molti cicli di duplicazione cellulare: da una cellula a due, da due a quattro, da quattro a otto e così via. Mentre aumentano vertiginosamente di numero, le cellule del nostro corpo si devono anche specializzare, per divenire cellule della pelle, cellule nervose, cellule muscolari ecc. Dai pochi chili della nascita dobbiamo poi arrivare alle decine di chili dell'età adulta e tutti i sistemi e gli apparati del corpo devono raggiungere la loro piena funzionalità. Bisogna crescere, quindi, e strutturarsi nella maniera più opportuna.

La natura ci abbandona

È più difficile capire invece che cosa succede durante il periodo della maturità e perché si debba invecchiare. L'uomo si è sempre chiesto perché si invecchi e, alla fine di un tale processo, si debba morire, e ha avanzato per questo le spiegazioni più fantasiose. Oggi, per la prima volta, sappiamo rispondere adeguatamente a questi interrogativi e sappiamo spiegare anche i meccanismi dell'invecchiamento. Si invecchia perché alla natura non interessa assolutamente ciò che ci succede dopo l'età riproduttiva. Fa di tutto per portarci a questa età nelle condizioni psico-fisiche migliori e poi ci "abbandona". L'invecchiamento non è quindi una condanna ineluttabile, ma il risultato di un abbandono. E i viventi abbandonati a se stessi non vanno molto lontano; tendono a degenerare e ad avvicinarsi allo stato di materia non vivente.

Quella che abbiamo chiamato "natura" è in realtà la *selezione naturale*, la quale assicura che i membri di ciascuna specie possiedano

Gustav Klimt, *Le tre età della donna* (1905), Roma, Galleria Nazionale d'Arte Moderna.

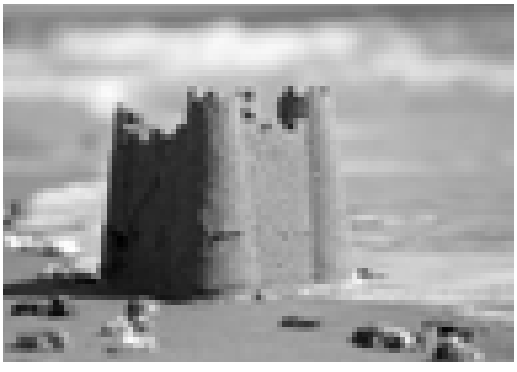
i geni migliori per crescere e svilupparsi fino all'età della riproduzione. Se questi stessi geni sono utili anche per le età successive, tutto bene. La natura non ha obiezioni specifiche e non ci è pregiudizialmente ostile. Se però alcuni di questi non sono d'aiuto, o sono addirittura di detrimento, per la piena funzionalità biologica dell'età post-riproduttiva, ecco che allora la loro azione si fa sentire con gli anni. Per far sì che questo non accada, occorrerebbe un processo selettivo che operasse per darci una forma ottimale anche nella tarda età. Ma questo processo non può essere la selezione naturale, che agisce sull'evento riproduttivo e sulla sua maggiore o minore riuscita. Dopo la riproduzione siamo quindi abbandonati a noi stessi, o meglio al *procedere casuale degli eventi*; ed è estremamente improbabile, anche se non impossibile, che il procedere casuale degli eventi ci sia favorevole.

Una giovane famiglia: la selezione naturale prevede che i membri di ciascuna specie arrivino nelle migliori condizioni possibili all'età della riproduzione.

L'entropia

Esiste infatti una legge fondamentale di natura che sancisce l'inevitabile e continuo aumento dell'*entropia*, cioè del disordine del mondo nel suo complesso. Questa legge, il secondo principio della termodinamica, vale per tutta la materia di cui è costituito il mondo, tanto quella inanimata che quella animata, anche se quest'ultima sembra riderne. A noi piace l'ordine e la forma ordinata, alla natura il disordine e il mescolamento progressivo di tutto con tutto.

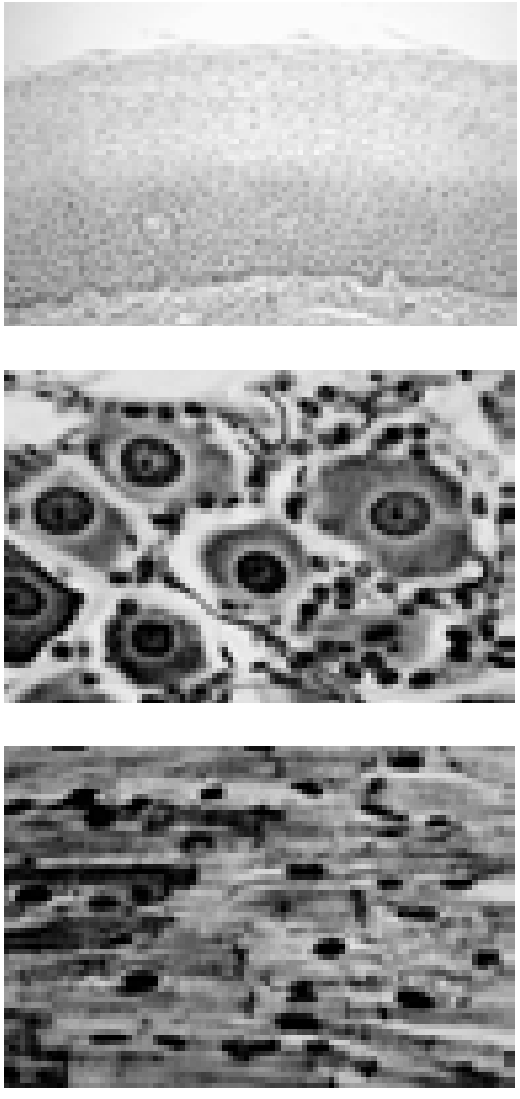
Se lasciamo sulla spiaggia un castello di sabbia, possiamo essere sicuri che dopo qualche tempo scomparirà e la sabbia del quale era composto andrà a confondersi con quella del resto della spiaggia. Il distinto è così ritornato indistinto e l'ordinato è scomparso a favore del disordinato e dell'uniforme. Lasciata a se stessa, la natura procede così. Solo se noi proteggiamo il castello di sabbia o lo ripariamo via via che viene smussato ed eroso possiamo mantenerlo così com'è, come facciamo con le



nostre case e con i campi coltivati, ma per far questo occorre un certo investimento d'energia e l'attività di un essere vivente che abbia un suo progetto.

La vita è ordine

A noi piace l'ordine perché la vita è ordine e perché le nostre attività rispondono a criteri di ordine ancora superiori. Per mantenere questo ordine occorrono diverse condizioni, che in definitiva caratterizzano la vita nel suo complesso: il possesso di un genoma, un'incessante spesa energetica e il cambiamento continuo. L'ordine può quindi essere creato e mantenuto, almeno per qualche tempo, ma a spese di un investimento direzionato d'energia o, come si dice in gergo tecnico, con un "investimento di energia libera", cioè utilizzabile. La vita stessa e l'esistenza dei singoli organismi sono possibili grazie a un continuo dispendio d'energia. È per questo che tutti gli animali si nutrono e respirano, oltre a possedere un genoma, che rappresenta il loro progetto vitale. La vita insomma è un'isola di ordine, anche se provvisorio, in un oceano di disordine. Gli organismi si mantengono per lunghi periodi simili a se stessi, ma se vi guardiamo dentro vediamo che tutte le loro molecole sono in continua trasmutazione: molecole che vanno e molecole che vengono, anche se all'interno di ogni organismo vivo le ultime arrivate finiscono per essere posizionate esattamente nella stessa maniera di quelle precedenti. Permane la *forma*, ma cambia in conti-



Cellule specializzate del corpo umano: le cellule dell'epitelio della faringe, i neuroni dei gangli spinali e le cellule del muscolo cardiaco (in cui sono ben evidenti i nuclei).

nuazione la *materia*, vale a dire l'insieme dei suoi vari componenti materiali.
Il cibo fornisce sempre nuove molecole da incorporare e sempre nuova energia libera, mentre ci sbarazziamo di continuo delle vecchie molecole e di calore, la forma più degradata e "inutile" di energia. L'utilizzazione di queste risorse, e quindi il mantenimento dell'ordine, è però opera del genoma che controlla tutta l'organizzazione biologica attraverso l'azione dei *geni* che lo compongono. Senza la sua regia le diverse parti della cellula e dell'intero organismo perderebbero la bussola, si comporterebbero in maniera scoordinata e il tutto degenererebbe.

I meccanismi dell'invecchiamento

Con il passare degli anni, però, i geni che possediamo ci aiutano sempre meno, perché non sono stati scelti in vista di questa loro funzione "tardiva". E qui veniamo alla spiegazione dei meccanismi dell'invecchiamento, ai modi cioè attraverso i quali invecchiamo. Che sono tanti, molti dei quali abbastanza ben compresi, ma tutti riconducibili alla *dialettica logoramento/riparazione*. Con il passare del tempo le diverse parti del nostro corpo si usurano e si logorano come qualsiasi parte meccanica di qualsiasi macchina da noi costruita. A differenza di una macchina costruita da noi, le parti usurate del nostro corpo possono venire riparate quasi in tempo reale, grazie a meccanismi riparatori presenti nel corpo stesso.
I processi di riparazione, però, sono prontissimi ed efficacissimi nella prima età, meno rapidi e efficaci negli anni della maturità, e sempre meno efficaci via via che si avanza con gli anni. Questi processi sono controllati a loro volta da altrettanti geni e abbiamo visto come questi ultimi vengano selezionati in maniera più o meno stringente dalla selezione naturale: alcuni di essi, quelli corrispondenti alle riparazioni da eseguire in età infantile e comunque prima dell'età riproduttiva, sono selezionati rigorosamente per dare il massimo; tutti gli altri vengono selezionati sempre più "stancamente" col succedersi degli anni nei quali è richiesta la loro azione. Il risultato è che, episodio dopo episodio, si accumulano i danni dell'età in tutte le strutture biologiche, dalle più grandi come i vasi sanguigni e le ossa alle più piccole come le membrane cellulari o lo stesso DNA contenuto in questa o quella cellula. Ogni singolo difetto può anche avere ben poca importanza, ma il complesso di tutti i difetti accumulati dalle diverse strutture biologiche porta a un lento decadere delle funzioni vitali che condurrà prima o poi alla morte. Con questa le molecole ritornano al loro stato naturale, inanimato.

SPUNTI PER APPROFONDIRE
i grandi temi del pensiero filosofico e scientifico ... *su CD-Rom*

I GENI E IL GENOMA

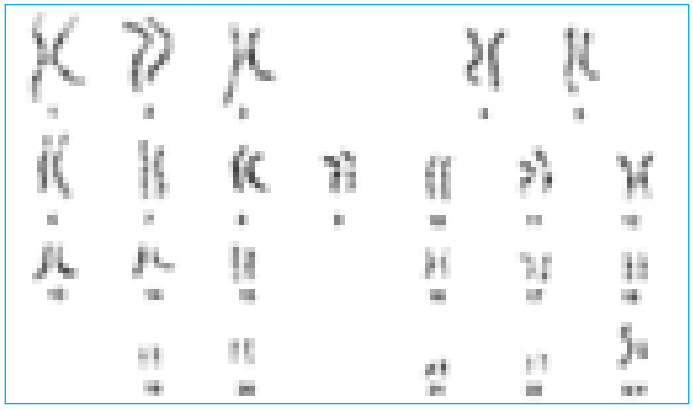
Una scienza rivoluzionaria

La nostra è l'età della genetica, la scienza che studia la trasmissione delle caratteristiche biologiche degli organismi da una generazione all'altra. Quali caratteristiche? Innanzitutto quelle tipiche delle diverse *specie*. Dall'accoppiamento di un cavallo e di una cavalla nasce un cavallino e non una mimosa e dall'accoppiamento di due rane nasce una rana. Questa è forse una banalità, ma è opportuno sottolinearla: i tratti caratteristici di ogni specie sono ereditati da una generazione all'altra e sono quindi registrati nel patrimonio genetico di ogni individuo. Dove e come esattamente è un altro discorso.

All'interno degli individui della stessa specie ci sono però anche delle differenze biologiche – chi è alto, chi è basso, chi è biondo e chi è bruno – e sappiamo che una data caratteristica compare più facilmente in un dato individuo se era già presente nel padre, nella madre o nei nonni. Moltissime di queste differenze hanno poca importanza e permettono soltanto di distinguere tra di loro gli individui della stessa specie. Alcune altre sono invece più rilevanti e altre, infine, possono anche implicare menomazioni fisiche o psichiche che talvolta conducono all'invalidità o alla morte.

Sperimentando nel giardino del suo monastero, Gregor Mendel arrivò centocinquanta anni fa alla conclusione, concettualmente rivoluzionaria, che a ogni caratteristica biologica ereditabile corrisponde un'entità materiale

La diversità umana: all'interno della nostra specie esiste un'enorme differenziazione di caratteri biologici, fisici e psichici.



Il corredo di cromosomi (cariotipo) di un individuo di sesso maschile. Il numero dei cromosomi cambia per ogni singola specie; nell'essere umano sono 46: 22 coppie di cromosomi omologhi e una coppia di cromosomi sessuali (XX nella femmina e XY nel maschio, come in questa immagine).

definita e distinta, successivamente chiamata "gene", che agisce e si muove indipendentemente dalle altre. Questa entità può assumere nelle diverse persone almeno due forme alternative. A ciascuna di queste due forme corrisponde un aspetto diverso del carattere in questione: occhi azzurri oppure occhi castani, capelli normali oppure capelli albini. Nasceva così la genetica, la scienza dei geni, anche se fino a quel momento e per molto tempo ancora nessuno ne vide mai uno né seppe immaginarsene la natura.

Il patrimonio genetico

Verso l'inizio del secolo scorso si scoprì che nel nucleo di ogni cellula sono presenti i *cromosomi*, da quattro a sessanta secondo le specie. Tali corpiccioli divennero i candidati naturali per portare fisicamente i diversi geni, che acquistavano in questa maniera una certa concretezza. Oggi sappiamo che è proprio così e che ogni cromosoma è un bastoncello di proteine che porta avvolta una lunga molecola di DNA, la sostanza chimica di cui sono fatti i geni. Ogni gene è un frammento di questo DNA e può assumere varie forme. In ogni specie esistono decine di migliaia di geni che costituiscono nel loro insieme il patrimonio genetico di ciascun organismo.

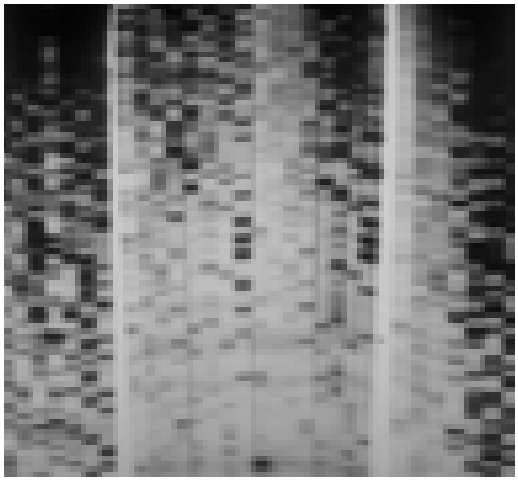
Tutti questi geni non fanno solo atto di presenza, ma svolgono *funzioni specifiche*, il cui primo passo è rappresentato dalla sintesi di un loro prodotto chimico, che è quasi sempre una proteina. Si ha a questo punto un grosso cambiamento di orizzonte. Il gene non è solo un portatore astratto di caratteri biologici che vengono trasmessi da una generazione all'altra e che si limita a far notare la propria presenza una volta ogni tanto, ma diviene un protagonista della nostra vita. La sua azione, infatti, è costante e la cellula che lo ospita lo consulta in continuazione sollecitandone l'intervento in ogni ora e in ogni giorno della sua esistenza. Il suo intervento è necessario per farci vivere bene e stare in salute.

Talvolta, purtroppo, un gene non è presente nella sua forma normale, ma in una forma difettosa, e questo può causare disordini, disfunzioni, malattie e morte. Quando si parla del gene dell'emofilia, per esempio, si intende quel gene che normalmente ha il compito di far coagulare prontamente il sangue che sgorga da una ferita, ma che nella sua forma difettosa può portare alla morte per dissanguamento. Così quando si parla del gene del daltonismo, si intende quel gene che ci permette di vedere bene tutti i colori, ma che in una delle sue forme mutate può portare un individuo a non distinguere il rosso dal verde.

Le istruzioni per la vita

In questa luce il patrimonio genetico si presenta nel suo insieme come il *complesso delle istruzioni biologiche* necessarie e sufficienti per far nascere, crescere, vivere e riprodurre ogni individuo, e rappresenta così la vera essenza della vita organica.

Più o meno cinquanta anni fa è stata chiari-



Una radiografia del DNA, la molecola responsabile della trasmissione dei caratteri ereditari, che mostra la sequenza dei nucleotidi. Ciascun filamento di DNA corrisponde a una catena di nucleotidi; ogni nucleotide è composto da tre elementi: un gruppo fosfato, mediante il quale si può legare ad altri nucleotidi, uno zucchero (desossiribosio per il DNA e ribosio per l'RNA) e la base azotata che gli conferisce la sua specificità.

ta la natura chimica del DNA e si è appurato che un gene è una sequenza ordinata di quattro componenti fondamentali, detti "nucleotidi". I nucleotidi sono formati da un fosfato, da uno zucchero e da una base azotata, che può essere: adenina (A), guanina (G), citosina (C) o timina (T). Ogni terzetto di questi nucleotidi rappresenta un determinato *aminoacido* che sarà prodotto dalla cellula su indicazione del gene: CAG corrisponde alla glutamina, GGG corrisponde alla glicina, e via discorrendo per tutti i venti aminoacidi, i componenti elementari delle *proteine*.

Da una trentina di anni siamo poi in grado di visualizzare i vari geni e di determinarne la struttura più riposta, ovverosia la sequenza di tutti i nucleotidi – da qualche centinaio a qualche migliaio – di cui sono composti. All'alba del terzo millennio, grazie a un progetto internazionale, si è compiuto lo sforzo di determinare la struttura di tutti i geni, presenti nella nostra specie ma anche in molte altre, dal topo al riso, dallo scimpanzé al granturco e alla vite. Si è lentamente imposto in questo periodo il termine "genoma" per indicare l'insieme di tutti i geni presenti in una specie, vale a dire il suo patrimonio genetico. Il genoma è quindi il complesso delle istruzioni biologiche presenti nelle cellule di ogni individuo e necessarie per farlo vivere. Tali istruzioni sono portate dal suo DNA e si presentano come un gigantesco *testo lineare ininterrotto*, scritto in un *alfabeto di solo quattro caratteri*, i quattro nucleotidi.

Un libro da leggere nel suo complesso

Il quadro a questo punto si è chiarito notevolmente e si è registrato un altro rivolgimento concettuale. È il genoma nel suo complesso il protagonista della vita di ciascun organismo; è quello che è necessario per vivere ed è quello che viene trasmesso da una generazione all'altra. Di tanto in tanto subisce qualche alterazione, che noi chiamiamo "mutazione", che può essere assolutamente innocua o comportare un qualche difetto. A lungo andare la struttura complessiva del genoma di ogni spe-

cie cambia ed evolve, dando così luogo a individui progressivamente un po' diversi. Questo processo è continuo, ma i suoi effetti sono rilevabili concretamente soltanto dopo centinaia e migliaia di generazioni.

E i geni? Oggi possiamo vedere i geni come i diversi capitoli di senso compiuto nei quali è suddivisibile il testo rappresentato dal genoma: ciascuno di essi specifica una determinata istruzione. Non hanno perso niente della loro rilevanza, ma vanno considerati elementi di un tutto più comprensivo: è il genoma nel suo complesso quello che ciascuno di noi eredita dai genitori, anche se sono i singoli geni quelli che determinano le nostre caratteristiche biologiche, agendo da soli o, molto più spesso, in collaborazione con gli altri.

Una domanda si impone a questo punto: il genoma è in tutto e per tutto equivalente alla somma dei geni che contiene o porta qualcosa in più? E questo qualcosa che cos'è? Se per geni intendiamo quei tratti di DNA che codificano specifiche proteine, come abbiamo sempre fatto, è molto probabile che anche nel loro complesso non esauriscano i compiti e le funzioni del genoma. Sembra probabile che quest'ultimo porti molte *regioni regolative* che provvedono nel loro insieme alla regia del comportamento dei geni stessi. I geni dell'uomo e dello scimpanzé sono infatti straordinariamente simili, quasi al 99%, e non c'è dubbio che fra noi e loro ci sia qualche differenza. La forma del cranio, della mascella o dei piedi, la presenza o assenza di pelo su tutto

Piantine geneticamente modificate ottenute in laboratorio.

il corpo, la capacità di apprendere e utilizzare un linguaggio articolato, non sono che alcune di queste differenze. Dove e come stanno scritte? Non lo sappiamo, ma tutto lascia pensare che queste, più che nei singoli geni, siano codificate nel complesso della sequenza dei due genomi. Scoprirlo rappresenterà certamente un'impresa esaltante.

Con la decifrazione del proprio genoma l'uomo moderno ha compiuto il massimo sforzo per conoscersi intimamente. È andato alle radici del suo essere biologico, che è alle radici del suo essere *tout court*.

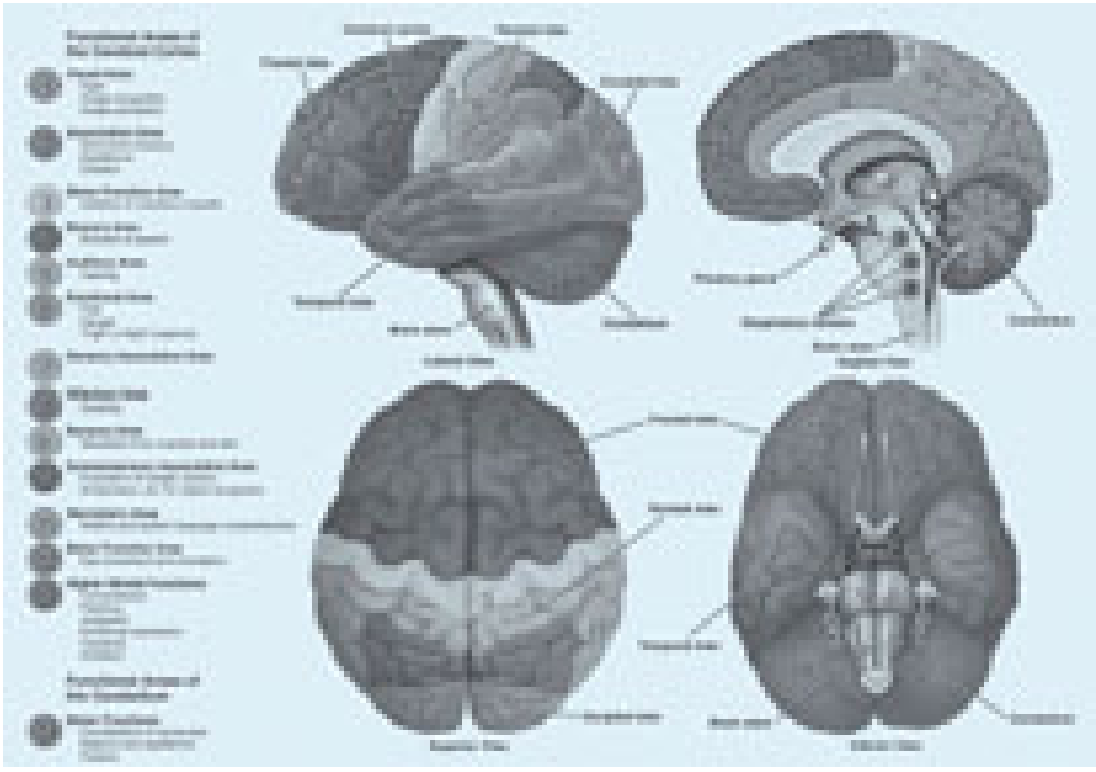
SPUNTI PER APPROFONDIRE
i grandi temi del pensiero filosofico e scientifico ... *su CD-Rom*

LE NEUROSCIENZE COGNITIVE

Un campo in piena espansione

La scienza attuale ha raggiunto un gran numero di traguardi, talvolta clamorosi. Uno dei campi di maggior successo è quello delle cosiddette "*neuroscienze cognitive*". Si dà oggi questo nome a un complesso abbastanza vasto di discipline indirizzate alla comprensione del funzionamento del *sistema nervoso* e del *cervello*, con particolare riguardo per il cervello dell'uomo e per le sue capacità cognitive. In questo campo in tumultuosa espansione sono confluite la neurologia clinica, la neurofisiologia, la neurobiologia, la psicologia e certi settori dell'Intelligenza Artificiale e della linguistica, il tutto passato attraverso il vaglio di un'attenta riflessione filosofica, soprattutto nel quadro di quella che viene definita "*filosofia della mente*". A ciò si è recentemente aggiunta anche una parte relativamente nuova della riflessione economica, che prende il nome di "psicologia della decisione" o "neuroeconomia". Come si vede, ce n'è per tutti i gusti, un po' perché sono in molti a voler salire su di un carro di successo e un po' perché per una volta si avverte forse l'angustia di etichettature troppo rigide che suddividono il sapere e la ricerca in ambiti disciplinari chiusi e non comunicanti tra di loro.

Lo psicologo tedesco Wilhelm Wundt (1832-1920, al centro della fotografia, seduto) circondato da alcuni collaboratori. La fotografia venne scattata intorno al 1910 nel Laboratorio di psicologia sperimentale di Lipsia – il primo di questo genere – fondato dallo stesso Wundt nel 1879.



Lo studio del sistema nervoso e del cervello ha portato, negli ultimi decenni, a una conoscenza approfondita dell'anatomia di questo straordinario organo e delle aree funzionali della corteccia cerebrale.

Sia come sia, abbiamo imparato più cose sul cervello e sulla sua azione negli ultimi cinque decenni che nei precedenti cinque millenni. Il momento attuale è eccezionalmente favorevole. Perché?

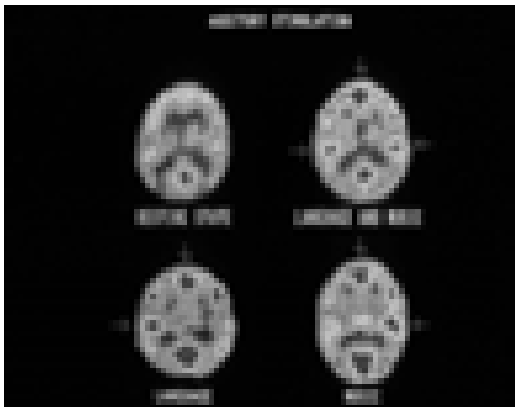
Psicologia, biologia e *brain imaging*

La risposta a tale domanda è che negli ultimi tempi si è realizzata la fruttuosa *convergenza di tre linee di ricerca sperimentale*, illuminate da una linea di riflessione teorica.

La prima linea di ricerca, la più vecchia, è quella rappresentata dalla *psicologia sperimentale*, che ha più di un secolo. È abbastanza chiaro che se si vuole studiare l'essere umano, è necessario fargli delle domande, ascoltarne le risposte, metterlo alla prova con test di tutti i tipi. In parole povere occorre uno studio psicologico. Il problema è che la psicologia sperimentale è eccezionalmente lenta; per raggiungere una qualche conclusione ci vogliono anni. Così, se fosse rimasta l'unica linea di ricerca, avremmo saputo sì cose vere, ma poche, e saremmo ancora lì ad aspettare.

Per nostra fortuna, si è registrata anche l'esplosione della *biologia* – in particolare della genetica e della biologia molecolare e, un po' più tardi, della neurobiologia. Lo studio del sistema nervoso, e nello specifico del cervello, è ovviamente fondamentale per la comprensione approfondita delle facoltà mentali e psichiche.

Però, sia nel caso della psicologia che nel caso della biologia, si è trattato in fondo di sviluppi che erano attesi. La terza linea di ricerca, invece, è stata una vera sorpresa. È una linea relativamente nuova ed è come sbucata dal nulla: un regalo del cielo o meglio della fisica moderna. In inglese si chiama *brain imaging* o *neuroimaging*, in francese si chiama *neuro-imagerie*, in italiano non ha ancora un nome. Qualcuno parla di "neuroimmagi-



Brain imaging: l'immagine rende conto della "risposta" delle diverse aree del cervello a differenti stimoli uditivi (stato di quiete, linguaggio, musica, linguaggio e musica).

ni", ma il termine rende molto limitatamente l'idea. È comunque la più incisiva e risolutiva delle tre discipline, quella che ha dato un vero e proprio scossone a tutto il campo.

Di che cosa stiamo parlando? Parliamo della visualizzazione dell'attività cerebrale mediante pratiche comunemente utilizzate negli ospedali per gli esami diagnostici: la Tomografia a Emissione di Positroni (PET) e la Risonanza Magnetica Nucleare o Funzionale (RMN o fMRI). Queste tecniche permettono di guardare dentro la testa di un essere umano vivo e vegeto, generalmente sano, che sta eseguendo uno specifico compito. Si tratta di un grandissimo passo avanti rispetto al passato, quando ci si doveva quasi invariabilmente basare sull'osservazione dei deficit cognitivi o comportamentali di individui portatori di lesioni cerebrali più o meno gravi, la cui entità doveva essere successivamente stabilita con precisione mediante specifiche analisi anatomiche, per lo più *post mortem*.

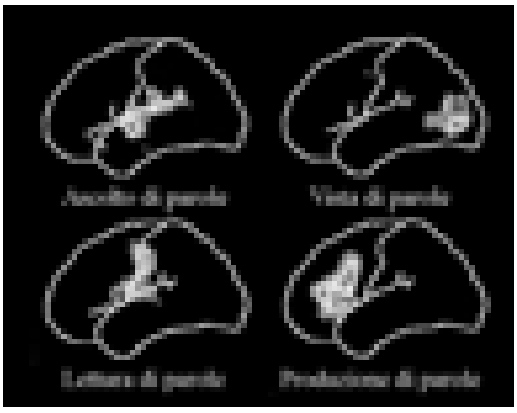
Tutte le metodiche del *brain imaging* si basano sull'*afflusso differenziato di sangue* in certe regioni cerebrali: sebbene il sangue sia diffuso in tutto l'organo, che – com'è ovvio – ne deve essere continuamente irrorato, una regione impegnata in compito particolare riceve un maggiore afflusso sanguigno. La differenza è minima ma rilevabile.

Le immagini registrate con tali analisi vengono poi elaborate da un computer che sottrae automaticamente al segnale proveniente da ogni regione il segnale di fondo corrispondente all'irrorazione sanguigna media. Si possono osservare in questo modo le aree che stanno ospitando un po' più di sangue delle altre. Si ottengono così nuove immagini, in bianco e nero o a colori, che sono molto suggestive e raffigurano una particolare regione del cervello in azione come se soltanto lì ci fosse del sangue.

Tutto quello che avreste voluto sapere sul cervello…

All'inizio del ricorso alle tecniche di *imaging* ci si è dovuti assicurare che fossero affidabili e si è quindi operato un confronto con le conoscenze che già erano state acquisite per altre vie. Il ruolo di alcune aree del cervello era già noto da studi precedenti condotti con le *metodologie più classiche*: le nuove tecniche hanno confermato questi risultati dando così prova anche della propria validità. Esse hanno confermato, per esempio, che quando il soggetto parla, si attiva una regione temporale sinistra, chiamata "area di Broca", mentre se ascolta e cerca di capire quello che gli viene detto, si attiva una regione sinistra leggermente posteriore alla prima, detta "area di Wernicke".

Una volta provato e tarato il metodo, si è passati alla ricerca di ulteriori localizzazioni cerebrali. Molte di queste hanno a che fare con il linguaggio, che è una delle facoltà più semplici da studiare. Si sapeva, per esempio, che abbiamo un'area cerebrale specifica per la prima lingua, per noi l'italiano, e un'area per la



Analisi dell'attivazione delle aree cerebrali quando si ascoltano parole, quando le si vedono su uno schermo, quando le si leggono e quando si producono.

seconda lingua, come l'inglese o altro. Ma è stato stupefacente scoprire che la distanza tra i centri delle due aree è proporzionale agli anni che sono passati tra l'apprendimento della prima lingua (di solito a uno-due anni) e l'apprendimento della seconda. Non è difficile capire il perché (la ragione è che il cervello si è nel frattempo espanso in maniera uniforme), ma la cosa resta a suo modo sorprendente.

Così si è scoperto che possediamo un centro cerebrale dedicato ai nomi comuni e un centro per i nomi propri. Si è verificato che possediamo una regione per i nomi comuni di oggetti naturali (come le foglie, gli alberi e gli animali) e un centro per i nomi comuni di oggetti artificiali (come le tenaglie e i martelli). Ma si è potuto imparare una cosa ancora più interessante: c'è una distinzione fra l'area dei sostantivi e l'area dei verbi. È stato in questo modo fornito un fondamento scientifico alle intuizioni dei grammatici di centinaia e centinaia di anni fa: la frase è composta essenzialmente da un sostantivo e da un verbo, che sono ben distinti. Fin dalla nascita il nostro cervello classifica i termini che impara in sostantivi, tanti, e in verbi, pochi.

Il confronto con le macchine intelligenti

Le tre linee di ricerca della psicologia, della biologia e del *brain imaging* hanno portato un enorme ampliamento delle conoscenze, ma – come abbiamo già accennato – sono state illuminate da una linea di profonda riflessione teorica, quella che corrisponde grosso modo allo studio dell'**Intelligenza Artificiale**. Nel momento in cui si è dovuto costruire un *computer* o un *robot*, qualcuno si è interrogato sul significato della parola "desiderare", dell'espressione "raggiungere un obiettivo", della parola "ricordare", della parola "tradurre" e via discorrendo. Questi studiosi in sostanza si sono dovuti interrogare sul significato profondo dei termini quotidiani più usuali. Ciò non vuole assolutamente dire che il nostro cervello funzioni come un computer o viceversa. L'indagine è servita a farci riflettere sul significato fondamentale di certe operazioni, sia che queste siano eseguite da un essere vivente – o anche da un uomo –, sia che vengano realizzate da un congegno meccanico. Nei fatti, quello che abbiamo imparato dallo studio degli elaboratori elettronici è servito a farci comprendere come funziona la *mente*, ma anche come certamente questa non funziona.

SPUNTI PER APPROFONDIRE
i grandi temi del pensiero filosofico e scientifico ... *continua su CD-Rom*