



Visual data

L'Atlante dei parchi a tema
E un incontro al luna park...



racconto di NICOLA GUAGLIANONE
elaborazione di MICHELA LAZZARONI

Libri

McInerney scrive aforismi
per i dolcetti della fortuna



di MARCO BRUNA
e MATTEO PERSIVALE

Sguardi

Una chiesa paleocristiana
sotto il museo Lavazza



di STEFANO BUCCI

Maschere

Vite di Pino Donaggio:
note d'amore, note di paura



di RANIERI POLESE

Percorsi

Di oppioidi si muore
La battaglia di Nan Goldin



di ALESSANDRA COPPOLA,
VIVIANA MAZZA e GIANNI SANTUCCI

Il dibattito delle idee

Il nostro corpo ospita una quantità inimmaginabile di micro-organismi viventi appartenenti alle più diverse specie di gruppi animali. Batteri, virus... vanno a formare il microbiota, un complesso vitale in continua interazione con le attività di tutti gli organi, compreso il cervello. Tutto ciò contribuisce a ridefinire in modo originale l'identità biologica dell'individuo. Oggi dunque, nel secolo della biologia, siamo chiamati — tutti: scienziati, filosofi, umanisti... — a confrontarci con il concetto di «con-individuo»: questo insieme di popolazioni di specie diverse (che ci affollano) mette prepotentemente in crisi il nostro senso del «sé». Ora lo sappiamo: non siamo più quella singolare individualità che credevamo di essere

Noi siamo l'intestino

di MANUELA MONTI e CARLO ALBERTO REDI

Il nostro corpo ospita miliardi e miliardi di organismi viventi appartenenti alle più diverse specie di gruppi animali, batteri, virus... l'insieme dei quali costituisce il microbiota: il numero di cellule batteriche, in un uomo dal peso medio di 70 chilogrammi, equivale a quello delle cellule umane (alcuni milioni di miliardi di cellule) per un totale di circa 0,2-1 chilogrammi di peso corporeo.

Il microbiota è in continua interazione con le attività di tutti gli organi: non fa eccezione il cervello, di cui risulta un potente modulatore dell'attività fisiologica e dunque in grado di influenzare gli stati comportamentali ed emozionali. Le evidenze fornite dallo studio del microbioma (il genoma di tutto il microbiota) ne mettono in luce un ruolo centrale nel regolare lo svolgimento dei tre processi che impieghiamo normalmente per definire l'identità biologica dell'individuo: il sistema immunitario capace di discriminare tra il sé e il non-sé a livelli di raffinata precisione molecolare (si pensi alla immunologia dei trapianti di organo); le funzioni cerebrali sottese al funzionamento del sistema nervoso centrale, alle elaborazioni cognitive, agli stati emozionali e comportamentali alla base della personalità umana (al punto che ormai si parla di asse microbiota-sistema digerente-cervello); e da ultimo l'impronta genetica fondamentale di ciascuno di noi, il nostro genoma (capace di determinare tutti i nostri tratti fenotipici, l'immagine di ciascuno di noi).



La microbiomica sta rivoluzionando l'intera valutazione dei processi fisiologici dei maggiori organi, la composizione dei metaboliti nei fluidi corporei così come la trasmissione ereditaria della suscettibilità a molte malattie. Questo fatto non stupisce se si adotta uno sguardo ecologico-evolutivo allo sviluppo embriologico animale ed umano (l'approccio cosiddetto *Eco-Evo-Devo*, *Ecological Evolutionary Developmental Biology*): i nostri

lontani progenitori prima di acquisire una condizione multi-cellulare erano viventi multi-organismici legati tra loro da relazioni di simbiosi.

Gli individui sono in realtà insieme eterogenei di organismi, animali, batteri, virus eccetera quanto mai diversi tra loro e organizzati in base a relazioni di simbiosi, in genere mutualmente vantaggiose; a volte questa relazione si rivela catastrofica, nel caso si manifesti in termini di parassitismo.

Gli esempi nel solo mondo animale sono sotto gli occhi di tutti noi, basterà ricordare gli erbivori. Nei tre pre-stomaci (rumine, reticolo, omaso) degli erbivori poligastrici (bovini) avviene una fermentazione microbica grazie all'azione di batteri (decine e decine di miliardi per millilitro) e svariate specie di protozoi (piccolissimi organismi animali unicellulari; circa un milione per millilitro) che realizza la digestione della cellulosa e delle proteine; negli erbivori monogastrici (cavallo, coniglio, maiale) la fermentazione microbica avviene nell'intestino crasso. Quello degli erbivori è l'esempio più conosciuto, ma ve ne sono moltissimi altri tra i quali il caso delle termiti che tanti danni procurano al patrimonio librario delle grandi biblioteche storiche perché in grado di «mangiare» la carta e di digerirla grazie al fatto di ospitare nell'intestino dei protozoi del genere *Trichomonas*, *Mixotricha*, *Trichonympha*, tutti capaci di degradare il polimero cellulosa in zuccheri.

L'uomo non fa eccezione a questa descrizione degli individui nel mondo animale, individui intesi quali «comunità» di molteplici organismi, «cenosi» (dal greco *koinosis*, «unione») di tanti e diversi individui appartenenti alle specie e ai gruppi più diversi e lontani in termini evolutivi.

Si pensi solo alla diversità, in termini sia qualitativi sia quantitativi, dei viventi che ospitiamo sulla superficie del nostro corpo e come sia di grande interesse studiarli: ad esempio, il microbiota che si trova nella nostra pelle cambia radicalmente, impoverendosi, se si abita in una grande metropoli ri-

spetto a una piccola città, poiché è legato a parametri di qualità ambientale, di condizione socioeconomica, al livello di urbanizzazione che, inevitabilmente, sono fattori legati a una maggiore incidenza di patologie della pelle. Altre comunità di esseri viventi abitano nel sistema respiratorio e ancora più numerose sono quelle che convivono con noi, dalle prime ore della nostra vita al di fuori del corpo materno, all'interno del sistema digerente: un'enciclopedica collezione di organismi capaci di modellare molti aspetti del nostro stato di salute della primissima infanzia e dell'età adulta.

Evidenze a dimostrazione di questo fatto derivano dalla comparazione del microbiota di bimbi nati prematuri rispetto a quelli nati a termine: i prematuri mostrano una minore biodiversità del microbiota e una più bassa concentrazione microbica benefica di organismi come *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*. Spesso queste carenze provocano stati patologici quali, ad esempio, l'enterocolite necrotizzante, malattia che non a caso si può trattare con miscele di *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*. Anche le modalità della nostra nascita possono influire: il parto cesareo, ad esempio, assicura una dose di microbiota vaginale al neonato e questo aspetto deve essere considerato, soprattutto se la madre ospita batteri pericolosi.



Uno degli aspetti più rilevanti riguarda il ruolo esercitato dall'ambiente e dalla costituzione genetica (ancestralità) nel determinare la composizione del microbioma di un individuo, poiché è ben noto come vi siano gruppi di batteri ereditabili.

Poche settimane orsono un lavoro di Daphna Rothschild e altri colleghi scienziati, pubblicato sulla rivista «Nature», ha dimostrato, grazie all'analisi del microbioma di gemelli identici che vivono in ambienti diversi, come il nostro microbioma sia determinato in gran parte dall'ambiente in cui viviamo; il numero

Due parole in croce

di Luigi Accattoli

Elogio della ribellione

Bergoglio invita i giovani a «ribellarsi» contro le ingiustizie e proclama beato Teresio Olivelli (1916-1945), partigiano cattolico autore della *Pregghiera del ribelle*. «Vi esorto alla ribellione» dice l'arcivescovo di Milano Mario

Delpini presentando ai giovani una vita del santo di Assisi pubblicata dal frate minore Enzo Fortunato con il titolo *Francesco il ribelle* (Mondadori). Finiti in minoranza, papi, vescovi e frati agitano idee di rivolta.

Scienza

Un «popolo» di microbi Sono milioni di miliardi

di GIOVANNI CAPRARA

I batteri hanno popolato la Terra prima di noi; anzi, hanno permesso che l'evoluzione arrivasse all'uomo, poi aiutandola. Ora ci conviviamo. Nell'intestino la loro massa può raggiungere un chilo formando il microbiota, e rappresenta la concentrazione maggiore di una popolazione che conta milioni di miliardi di microbi di almeno mille specie, disseminati ovunque tranne che nel cervello (con cui comunque interagisce) e nel sistema circolatorio. Insieme offrono una biodiversità più ricca di una foresta pluviale e costituiscono un patrimonio genetico (il microbioma) capace di influire nel bene e nel male sul funzionamento del nostro corpo. «Fino a non molto tempo fa era un mondo oscuro, umido e privato in cui abitavano creature che non avevano mai visto la luce del giorno», racconta Michael Mosley nel suo libro *La dieta del microbioma* (traduzione di Laura De Tomasi, Vallardi, pp. 245, € 16,90). Il microbiota non solo protegge l'intestino dagli invasori come si riteneva in passato, ma «istruisce e regola l'intero sistema immunitario», sottolinea Mosley. La potente comunità di batteri affronta pure il cibo non digerito trasformandolo in ormoni e sostanze chimiche in grado di influenzare l'umore, l'appetito e lo stato di salute in generale. È evidente quanto sia rilevante conservare l'equilibrio delle popolazioni intestinali per evitare malattie e vivere meglio. La via per arrivarci è quella degli alimenti adeguati capaci di rafforzare i batteri buoni contrastando i cattivi. In particolare i «fermentati» come yogurt, kimchi, crauti e kefir oltre a numerose verdure (dai porri alla cipolla) e poi frutta a guscio, semi oleosi, legumi, cioccolato fondente, vino rosso, olio d'oliva. Mosley è un medico e un eccellente divulgatore e nel libro racconta le esperienze di scienziati e pazienti portandoci ad esplorare e affrontare il microbico mondo dal quale, inevitabilmente, dipendiamo.

© RIPRODUZIONE RISERVATA



LE ILLUSTRAZIONI DI QUESTA PAGINA E DI QUELLA SUCCESSIVA SONO DI BEPPE GIACOBBE

Gli autori

Manuela Monti (1976), biologa delle cellule germinali, è responsabile del Centro ricerche di medicina rigenerativa della Fondazione Irccs Policlinico San Matteo. Cellule staminali e medicina rigenerativa sono inoltre i temi che insegna all'Istituto universitario di studi superiori (Iuss) di Pavia. **Carlo Alberto Redi** (1949), membro dell'Accademia dei Lincei, professore ordinario di Zoologia all'Università di Pavia. È autore di varie pubblicazioni, tra cui il libro *Il biologo furioso* (Sironi, 2011). Con Manuela Monti ha pubblicato: *Storia di una cellula fantastica* (Sironi, 2016) e *No razza, sì cittadinanza* (Ibis, 2017). **Stefano Cappa** (1953) è professore ordinario di Neurologia allo Iuss di Pavia e direttore scientifico dell'Irccs Centro San Giovanni Di Dio, Fatebenefratelli, Brescia. Ha pubblicato più di 300 lavori su riviste internazionali, e diversi libri, tra cui *Cognitive Neurology* (Oxford University Press, 2008). **Francesco Piccolo** (1964) è scrittore e sceneggiatore. Tra i suoi libri: *La separazione del maschio* (2008); *Momenti di trascurabile felicità* (2010); *Il desiderio di essere come tutti* (2013); *Momenti di trascurabile infelicità* (2015), tutti usciti da Einaudi. Tra le sceneggiature più recenti: *Ella & John - The Leisure Seeker*, regia di Paolo Virzi (2017); *Gli sdraiati*, regia di Francesca Archibugi (2017). **Francesca Balocco** (1971) appartiene alla Congregazione delle suore Dorotee della Frassinetti e insegna Teologia sistematica

Bibliografia

La raccolta di saggi *Vita, conoscenza* (Jaca Book, pp. 351, € 28) è curata da Florinda Cambria e contiene tavole di Carlo Sini. L'articolo di Ron Sender, Shai Fuchs e Ron Milo *Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body* («Stime riviste del numero di cellule umane e batteriche nel corpo») è uscito nel 2016 su «Plos Biology». L'articolo di Sarah DeWeerd *Baby thrivers* («Bambini rigogliosi») è uscito su «Nature» il 5 marzo scorso. S'intitola *How the Microbiome Challenges our Concept of Self* («Come il microbioma sfida il nostro concetto di identità») un contributo di Tobias Rees, Thomas Bosch e Angela E. Douglas apparso su «Plos Biology» il 9 febbraio 2018. *Our Gut Microbiome: The Evolving Inner Self* («Il microbioma delle nostre viscere. Il sé interno che si evolve») è invece un articolo di Parag Kundu, Eran Blacher, Eran Elinav e Aven Petterson uscito su «Cell» il 14 dicembre 2017. L'articolo *The Microbiome and Host Behavior* («Il microbioma e il comportamento dell'ospite») è un articolo di H.E. Vuong e altri autori uscito sulla rivista «Neuroscience» nel 2017

di batteri fortemente ereditabili è assai ridotto (va dall'1,9 all'8,1 per cento).

La composizione del microbioma è in gran parte associata a fattori quali la dieta, lo stile di vita, l'uso di farmaci e altri aspetti di biografia personale. Risulta interessante la singolare costituzione di quello dei super-centenari dove abbondano le specie dei generi *Bifidobacterium*, *Christensenellaceae* e *Akkermansia*. La rilevanza del ruolo svolto dal microbiota risulta ben chiara ricordando che è oggi impiegato quale ausilio terapeutico per il trattamento di patologie severe come la malattia di Crohn: nei casi più resistenti di questa patologia si opera il trapianto di feci in modo tale da rimpiazzare e sostituire del tutto il dannoso microbiota del paziente.

È noto inoltre che il trapianto di un microbiota ricco di *Akkermansia muciphila* (un batterio recentemente scoperto nelle feci umane) facilita il trattamento immunitario di diverse patologie e ben si candida allo sviluppo di prodotti terapeutici di prossima generazione.

L'idea di un sé individuale, singolo e specifico è sempre stata una certezza sia per le scienze della vita sia per le scienze umane. Ora viviamo nel millennio della biologia (non è più il secolo della chimica, l'Ottocento, né quello della fisica, il Novecento) e il concetto di *con-individuo* (*olobionte*) che emerge dall'impiego di paradigmi concettuali derivati dall'ecologia e dalla microbiomica richiede una più complessa definizione della individualità. Il *con-individuo* umano, *olobionte* di popolazioni di specie diverse, mette infatti prepotentemente in crisi il nostro senso del «sé».



Sino a poco tempo fa era inequivocabile per i biologi definire il «sé» sulla base di tre classici parametri (sistema immunitario, cervello e genoma) e per i filosofi catalogare i tanti e diversi modi nei quali, attraverso i secoli, gli umani hanno imparato che cosa significa essere un individuo. Il singolo e unico «sé» era una certezza associata sia in biologia sia in filosofia. Oggi tuttavia la microbiomica mette in crisi la abituale concezione degli individui come unità discrete, cioè singolarità dotate di una propria specifica unità di composizione: questo concetto attiene a una visione dell'individuo ormai superficiale e inesatta e il fatto che i microorganismi che ospitiamo siano una parte costitutiva di noi stessi in continuo dialogo incrociato con il sistema nervoso (cervello) chiede di riconsiderare cosa significhi «individuo umano» non solo da parte della biologia, ma soprattutto da parte delle scienze umane, filosofia soprattutto: siamo il nostro intestino.

E però, per quanto efficace e di diretta comprensione sia, questa affermazione richiede una elaborazione ulteriore, secondo l'indirizzo che sta esplorando l'associazione *Mechri* (in greco «Fin qui»), creata per far maturare un sapere comune, idoneo a combinare le acquisizioni della scienza e umanesimo sulla base di un'impostazione filosofica aperta. È la linea di ricerca illustrata e approfondita dagli autori dei contributi inclusi nel volume *Vita, conoscenza* (Jaca Book) curato da Florinda Cambria e arricchito dalle tavole di Carlo Sini. Sino a qui (*mechri*, appunto) hanno parlato i biologi; ora è la volta dei filosofi di *Mechri* per meglio definire una nuova collocazione dell'individuo.

© RIPRODUZIONE RISERVATA