



JONATHAN KENNEDY

PATHO GENESIS

**COME I GERMI
HANNO FATTO LA STORIA
DEL MONDO**

SAGGI
BOMPIANI



SAGGI



JONATHAN KENNEDY
PATHOGENESIS
Come i germi hanno fatto
la storia del mondo

Traduzione di Jadel Andreotto

SAGGI
BOMPIANI

Immagine di copertina: © Science Photo Library / Getty Images
Progetto grafico: Francesca Zucchi

www.giunti.it
www.bompiani.it

JOHATHAN KENNEDY, *Pathogenesis. How Germs Made History*
Copyright © Jonathan Kennedy, 2022

© 2024 Giunti Editore S.p.A. / Bompiani
Via Bolognese 165 – 50139 Firenze – Italia
Via G.B. Pirelli 30 – 20124 Milano – Italia

ISBN 979-12-217-0470-9

Prima edizione digitale: maggio 2024

Per Farrab e Zaha

Introduzione PIAGHE PRIMORDIALI

Dove finisce il telescopio, comincia il microscopio.

Victor Hugo

Attraverso lo specchio

Secondo Sigmund Freud le tre grandi rivoluzioni scientifiche occidentali avrebbero inferto un colpo durissimo a quell'“ingenua autostima” che ci ha sempre spinto a crederci speciali.¹ Copernico ci ha svelato che la Terra non è il centro dell'universo, ma solo uno dei tanti pianeti che ruotano attorno al sole spedendoci di colpo alla periferia dello spazio. Una bella batosta, non c'è che dire. Il Libro della Genesi, secondo cui Dio avrebbe creato l'uomo a sua immagine e somiglianza dandogli il dominio sulla terra, l'acqua e le bestie, ci dava ancora qualche certezza a cui aggrapparci, ma l'arrivo di Charles Darwin ci ha rimesso al nostro posto come una tra le tante specie animali, per di più con un antenato in comune con le scimmie. Infine, come se non bastasse, la scoperta dell'inconscio ci ha rivelato di non poter controllare nemmeno i nostri processi cognitivi: “L'insulto più irritante alla nostra mania di grandezza”... Certo, che Freud sostenesse che l'impatto della psicoanalisi fosse più significativo di quello della rivoluzione copernicana e darwiniana potrebbe suonare un po' egotico...² In ogni caso, l'assunto generale – più gli esseri umani imparano a conoscere il mondo, più si rendono conto della loro nullità – è lapalissiano.

I telescopi più avanzati ci hanno rivelato che la Terra è una roccia minuscola che gravita attorno a una stella insignificante

in una galassia di almeno cento miliardi di stelle, che a sua volta è solo una delle miriadi di galassie nell'universo... Svariate rivoluzioni scientifiche successive hanno minato ulteriormente l'autostima della nostra specie, ma a mio avviso la più importante è stata la scoperta di un mondo vasto come il cosmo, eppure così piccolo da essere invisibile a occhio nudo: il regno dei batteri, dei virus e dei microbi.³

Al principio del XVII secolo Galileo si rese conto che invertendo la posizione delle lenti del suo telescopio riusciva a osservare cose minuscole.⁴ Per la prima volta nella storia l'uomo fu tecnicamente in grado di vedere i microbi. Galileo, però, preferì concentrare i suoi sforzi sulle stelle e sui pianeti e fu solo cinquant'anni più tardi che un merciaio di Delft iniziò a esplorare quell'universo in miniatura. Antony van Leeuwenhoek aveva sviluppato le sue lenti per ispezionare la qualità dei tessuti che commerciava, ma dopo un po' rivolse il suo interesse verso il mondo naturale. Le sue lettere alla *Royal Society* di Londra descrivono come tutto, da una goccia d'acqua alla placca dentale, sia animato da quelli che definiva *animalcules*. Ne era estasiato: "Mai vista più gradevole si presentò ai miei occhi".⁵ La scoperta del regno microscopico da parte di Leeuwenhoek sembra la cosa più simile a cadere nella tana del Bianconiglio, attraversare lo specchio o entrare in un armadio che conduce in un mondo fatato.

Fu solo nella seconda metà del XIX secolo, quasi duecento anni dopo, che la scienza cominciò davvero a comprendere l'importanza del nuovo universo in cui si era imbattuto il merciaio olandese. Louis Pasteur cambiò per sempre la nostra comprensione della natura quando riuscì a dimostrare che gli *animalcules* erano alla base di un'intera serie di processi, tra cui la fermentazione dell'uva, l'acidimento del latte e la putrefazione della carne. Il chimico francese chiarì una volta per tutte che le infermità e le infezioni non sono causate da interventi divini, magia nera, squilibrio degli umori, cattivi odori o infausti allineamenti planetari, ma che ci si ammala quando certi minuscoli e invisibili agenti patogeni presenti nell'ambiente entrano nel nostro corpo. Gli *animalcules*, però, non sono solo fonte di

deperimento, morte e malattia e negli ultimi due decenni molti ricercatori hanno iniziato a capire come batteri e virus svolgano un'ampia gamma di funzioni vitali per l'ecosistema del nostro pianeta, dei nostri corpi e persino delle nostre menti. La vita umana, anzi, la vita complessa in qualsiasi sua forma sarebbe inconcepibile senza microbi.

L'Albero della Vita

Reduce da un viaggio di cinque anni attorno al mondo sulla HMS *Beagle*, nell'estate del 1837 Darwin fece uno schizzo sul suo taccuino sotto la scritta "io penso". Lo scarabocchio ricordava il ramo di un albero e coglieva alla perfezione le caratteristiche principali della sua futura teoria dell'evoluzione per selezione naturale: quando le popolazioni di una stessa specie si trovano a vivere in ambienti diversi, la mutazione casuale – combinata con la selezione naturale delle caratteristiche più vantaggiose in determinate condizioni – alla fine conduce all'emergere di una specie separata. Questo processo, ripetuto più volte nel corso di centinaia di milioni di anni, spiega la caleidoscopica varietà delle forme di vita presenti sul nostro pianeta; se ne tracciamo uno schema genealogico su carta, appare come un grande albero.

Alla base del tronco dell'*Albero della Vita* c'è l'*Ultimo Antenato Comune Universale* (LUCA*): un organismo unicellulare simile a un batterio che è il lontano progenitore di tutti gli esseri viventi, compresi gli umani. Quell'unico ascendente condiviso è il motivo per cui tutto, dalle balene azzurre alle sequoie giganti e ai batteri, ha ereditato alcune caratteristiche comuni come il DNA, che serve per immagazzinare informazioni genetiche, e la molecola chiamata ATP, il trasportatore universale di energia. Più in alto il fusto si divide in tre rami che rappresentano i grandi domini della vita. Due di questi sono costituiti da organismi invisibili a occhio nudo: i batteri e gli archei, dei microbi uni-

* Last Universal Common Ancestor.

cellulari simili ai primi.* Il terzo ramo rappresenta gli eucarioti, che si distinguono perché immagazzinano il DNA in un nucleo e utilizzano strutture specializzate dette mitocondri per produrre energia. Questa categoria comprende l'intera vita complessa tra cui la flora, la fauna e i miceti, che però sono solo alcuni dei ramoscelli nel vasto *Albero della Vita*. Sulla Terra esistono circa 8,7 milioni di specie di animali, piante e funghi,⁶ rispetto al trilione – un milione di bilioni – di batteri e archei.⁷ Meno dello 0,001 per cento di tutte le specie presenti sul pianeta sono eucarioti.

Il paleontologo americano Stephen Jay Gould sostiene che “sulla base di ogni ipotesi possibile, ragionevole e ponderata, i batteri sono – e sono sempre stati – le forme di vita dominanti sulla Terra” grazie al lunghissimo corso della loro esistenza.⁸ Il nostro pianeta si è formato circa 4,6 miliardi di anni fa; un miliardo di anni dopo sono comparse le prime tracce di vita batterica. Gli eucarioti unicellulari sono entrati in scena più o meno 1,8 miliardi di anni fa e ci è voluto più di un miliardo di anni prima che gli animali multicellulari più antichi – minuscole creature vermiformi – si evolvessero. In tutto questo gli esseri umani sono solo dei *parvenu*: si sono differenziati dagli scimpanzé tra 6 e 8 milioni di anni fa⁹ e le prime tracce dell'*Homo sapiens* risalgono a circa trecentomila anni fa.¹⁰ Questi immensi lassi di tempo sono ardui da concepire, ma se paragonassimo 4,6 miliardi di anni a un anno solare i batteri si sarebbero evoluti durante l'equinozio di primavera mentre gli umani si sarebbero presentati giusto in tempo per il veglione di capodanno alle 23:30 del 31 dicembre.¹¹

I batteri sono ovunque: tra i ghiacciai dell'Antartide e sul fondo dell'oceano, dove l'acqua bollente fuoriesce dal centro della Terra; a chilometri di profondità e ad altezze vertiginose, dove influenzano la formazione delle nuvole e forse dei fulmini.¹² Sono così numerosi che, nonostante le dimensioni minu-

* Gli archei sono stati identificati solo nel 1977. Fino ad allora si riteneva che l'*Albero della Vita* avesse solo due rami principali: batteri ed eucarioti.

scole, la loro massa totale è trentacinque volte quella di tutti gli animali messi assieme e mille volte il peso degli esseri umani.¹³ I batteri, insomma, sono onnipresenti e hanno avuto un impatto fondamentale sul pianeta.

Circa 2,5 miliardi di anni fa il nostro mondo era sommerso dalle acque, con l'eccezione di qualche picco vulcanico che si stagliava sul mare.¹⁴ Il metano nell'atmosfera creava un effetto serra che rendeva il pianeta molto più caldo di oggi. L'ossigeno libero nell'acqua e nell'aria era scarso o nullo perché era intrappolato in altre molecole e la vita sulla Terra era costituita da batteri anaerobi. In seguito l'ecosistema è mutato grazie a delle alghe azzurre che utilizzano i raggi solari per la fotosintesi: i cianobatteri. Il processo li ha resi molto più efficaci nel generare energia e ha dato loro un enorme vantaggio evolutivo facendoli crescere di numero. Per svariati milioni di anni questi organismi hanno pompato grandi quantità di ossigeno come sottoprodotto della fotosintesi negli oceani e nell'atmosfera innescando il Grande Evento di Ossidazione che trasformò il pianeta.¹⁵ Una parte dell'elemento chimico prodotto dai cianobatteri ha reagito con il metano presente nell'aria formando l'anidride carbonica, un gas serra molto meno efficace nel trattenere il calore. Con il raffreddamento globale le distese di ghiaccio si sono estese fino ai tropici, il livello del mare si è abbassato e le terre sono emerse dalle acque, l'ossigeno è diventato sempre più abbondante e poco dopo hanno fatto la loro comparsa gli organismi eucarioti. Non si tratta di una coincidenza: tutte le piante e gli animali producono energia tramite la respirazione aerobica, che è venti volte più efficace di quella anaerobica e quindi più adatta a sostenere gli organismi multicellulari di grandi dimensioni.¹⁶

I microbi continuano a svolgere un ruolo cruciale nel mantenere un'atmosfera in grado di sostenere la vita complessa e i cianobatteri negli oceani contribuiscono ancora a immettere ossigeno nell'atmosfera. In totale il fitoplancton – i microrganismi fotosintetizzanti marini – è responsabile di almeno la metà dell'ossigeno prodotto dagli organismi viventi.¹⁷ I batteri svolgono anche un'altra serie di funzioni di vitale importanza:

convertono carbonio, azoto, zolfo e fosforo in sostanze nutritive che possono essere utilizzate da animali, piante e funghi e, quando muoiono, restituiscono questi composti all'ecosistema con la decomposizione. Non sarebbe esagerato dire che i batteri abbiano reso il pianeta abitabile per la vita complessa, tra cui gli esseri umani. Insomma, è un mondo di batteri e noi siamo solo di passaggio.

La lotta per la sopravvivenza

Darwin non ha elaborato la sua teoria dell'evoluzione per selezione naturale in una torre d'avorio. Grazie a uno dei suoi taccuini sappiamo che nel settembre del 1838, un anno dopo aver abbozzato l'*Albero della Vita*, lesse il *Saggio sul principio di popolazione* (1798) di Thomas Malthus. Il naturalista fu colpito dall'argomentazione secondo cui la popolazione, se non controllata, aumenta a un ritmo molto più veloce della capacità di produrre cibo, innescando così la "lotta per la sopravvivenza". Nella concezione darwiniana del mondo naturale il conflitto dilagante per le risorse scarse è il motore del cambiamento evolutivo, poiché gli individui e le specie che sopravvivono e si riproducono prendono il sopravvento su quelli che non lo fanno. Nello stesso periodo il naturalista si dedicò anche allo studio de *La ricchezza delle nazioni* (1776) e, infatti, il suo modello evolutivo in sostanza trasferiva l'approccio economico di Adam Smith alla natura invocando la mano invisibile della selezione naturale.¹⁸

Tuttavia, alcuni biologi moderni mettono in discussione l'assunto fondamentale del darwinismo secondo cui la natura sia, per dirla con il poeta Alfred Tennyson, "rossa di dente e artigiano". Negli anni sessanta Lynn Margulis, una giovane ricercatrice dell'Università di Boston, affrontò quello che allora era ancora un mistero irrisolto per la microbiologia: l'origine delle cellule eucariotiche. Questi mattoni alla base della vita complessa sono più grandi dei batteri e degli archei unicellu-

lari e si differenziano per la presenza di una serie di strutture specializzate (tra cui il nucleo che contiene la maggior parte del DNA della cellula) dette mitocondri, che producono energia attraverso la respirazione aerobica, e cloroplasti per la fotosintesi nelle piante e nelle alghe. Margulis ha ipotizzato che i mitocondri abbiano avuto origine come batteri liberi in grado di trarre energia dall'ossigeno.¹⁹ Secondo lei le cellule eucariotiche sono nate quando uno di questi batteri aerobi è stato inglobato da un altro organismo unicellulare più grande, probabilmente un archeo. I due organismi hanno iniziato a coesistere all'interno di una stessa membrana, con il batterio aerobico che produceva energia in cambio di carburante, e nel corso di centinaia di milioni di anni si sono trasformati in cellule eucariotiche che, contenendo mitocondri specializzati nella produzione di energia, si sono evoluti in organismi più complessi. La teoria di Margulis metteva in discussione la concezione dominante darwiniana dell'evoluzione alla sua radice. Se l'evoluzione per selezione naturale ricordava il capitalismo di Smith applicato alla flora e alla fauna, quella che più tardi divenne nota come teoria dell'endosimbiosi sembrava una versione del socialismo utopico di Marx: "Da ogni microbo secondo la sua capacità, a ciascun microbo secondo il suo bisogno".

Margulis sovvertì l'idea della sopravvivenza del più adatto, sostenendo che gli organismi prosperano quando cooperano tra loro. La reazione iniziale dei suoi colleghi fu un misto di indifferenza e scetticismo. La ricercatrice sottopose l'articolo originale con la sua teoria a quindici riviste scientifiche diverse prima di trovarne una disposta a pubblicarlo. Negli anni ottanta alcune nuove ricerche dimostrarono che il DNA mitocondriale era significativamente diverso da quello del nucleo della cellula, avvalorando così la sua ipotesi e chiarendo che i cloroplasti erano nati da un processo simile partito dai cianobatteri liberi.²⁰

La scoperta di Margulis non ha confutato la teoria dell'evoluzione per selezione naturale, ma ha dimostrato che competizione e collaborazione sono entrambi aspetti importanti dell'evoluzione. Questa visione ha rivoluzionato il modo di

comprendere in termini scientifici la storia della vita complessa. Il primo, e più importante, passo evolutivo non è stato una conseguenza di una competizione all'interno delle specie, ma di un'intima cooperazione tra i vari domini della vita. Tutti gli organismi complessi mai esistiti – animali, piante e funghi – sono il risultato dell'unione simbiotica tra un archeo e almeno un batterio. La cooperazione può guidare – e guida – il cambiamento nel mondo naturale.

Negli ultimi anni è diventato sempre più chiaro che le interazioni tra virus e vita complessa hanno svolto un ruolo centrale anche nell'evoluzione umana e, infatti, alcune delle nostre funzioni corporee più importanti sono state acquisite come risultato di infezioni virali centinaia di milioni di anni fa.

Diventare virali

I virus non fanno parte dell'*Albero della Vita* perché si trovano al confine tra due mondi, quello degli esseri viventi e quello dei non viventi. A differenza dei batteri, degli archei e degli eucarioti, non sono costituiti da cellule – i mattoni degli organismi in grado di generare energia e riprodursi – bensì da materiale genetico sotto forma di DNA o RNA ricoperto di proteine. Presi singolarmente sono un'aggregazione di materia inerte, ma quando riescono a penetrare – o a infettare – la cellula di un essere vivente si impadroniscono del suo apparato per replicarsi e gemmare e molto spesso questo processo si rivela letale per l'ospite.

I virus sono minuscoli, anche per gli standard dei microbi. Arrivano a essere centinaia di volte più piccoli di un batterio medio, tanto da non lasciare alcuna traccia nemmeno nei fossili, e le loro origini sono ancora oscure. Potrebbero essere emersi subito dopo, se non assieme, alle prime forme di vita unicellulare. In ogni caso, per la maggior parte dei 3,5 miliardi di anni di presenza della vita sul pianeta, i virus sono stati in grado di infettarla. Si trovano ovunque ci siano esseri viventi e sono molto

più numerosi di qualsiasi altra creatura sulla Terra, persino dei batteri. Un litro d'acqua marina contiene più di cento miliardi di particelle virali e un chilo di terra essiccata circa un trilione.²¹ Si stima che sul pianeta ce ne siano circa $10^{31} - 1$ seguito da 31 zeri.²² Per fortuna solo duecentoventi di essi possono infettare l'uomo²³ e la maggior parte è costituita dai cosiddetti batteriofagi o fagi (dal greco φαγεῖν – *fagein* “mangiare”). I fagi uccidono ogni giorno tra il 20 e il 40 per cento di tutti i batteri, tenendo così in equilibrio vari ecosistemi, dagli oceani ai nostri corpi, e assicurando che nessun ceppo di batteri possa diventare troppo numeroso.²⁴

Un retrovirus è un tipo specifico di virus che si riproduce inserendo una copia del suo DNA nel genoma della cellula ospite, ma quando infetta uno spermatozoo o una cellula uovo accade qualcosa di straordinario: il DNA virale viene trasmesso a tutte le cellule delle generazioni successive e ben l'8 per cento del genoma umano è costituito da geni di questo tipo.²⁵ Molte di queste sequenze di DNA non sembrano svolgere alcuna funzione all'interno del corpo umano, eppure le infezioni da retrovirus hanno permesso ai nostri lontani antenati di acquisire le capacità di svolgere alcune funzioni fondamentali all'esistenza. Un esempio notevole è un gene ereditato da un'infezione da retrovirus circa quattrocento milioni di anni fa che svolge un ruolo cruciale nella formazione della memoria. Il gene codifica per piccole bolle proteiche che aiutano a spostare le informazioni tra i neuroni, in modo analogo a quello in cui i virus diffondono le loro informazioni genetiche da una cellula all'altra:²⁶ i topi da laboratorio a cui era stato rimosso il gene non erano più in grado di sviluppare ricordi.

Un altro esempio strabiliante di funzione acquisita dagli antenati dell'uomo dai retrovirus è la capacità di partorire. Quando gli animali si sono evoluti hanno cominciato a riprodursi deponendo le uova e la maggior parte delle creature del regno animale continua a farlo. Poi, tra i cento e i duecento milioni di anni fa, una creatura simile a un toporagno ha sviluppato la capacità di gestare i propri piccoli all'interno del suo corpo: un

progresso evolutivo straordinario, visto che in questo modo il feto è decisamente più protetto. Tutto ciò è possibile solo grazie alla placenta, un organo temporaneo che si attacca all'utero e permette il passaggio di sostanze nutritive e ossigeno dalla madre al bambino – e di anidride carbonica e scorie nella direzione opposta – senza innescare alcuna risposta aggressiva del sistema immunitario materno. L'interazione tra placenta e utero non è presente in nessun'altra parte nel nostro corpo. I ricercatori che hanno esaminato il gene responsabile della sua creazione, si sono resi conto che era quasi identico a quelli utilizzati dai retrovirus per produrre le proteine che si attaccano alle cellule che infettano senza scatenare una risposta immunitaria.²⁷ La funzione cruciale della placenta non è emersa gradualmente quale risultato dell'evoluzione per selezione naturale, è stata acquisita all'improvviso quando un retrovirus ha inoculato il suo DNA nel genoma dei nostri progenitori. A conti fatti, se uno dei nostri antenati non fosse stato infettato da quel piccolo virus centinaia di milioni di anni fa, oggi ci riprodurremmo ancora deponendo le uova.

Ridisegnare l'Albero della Vita

Gli esseri umani si sono evoluti su un pianeta abitato da un gran numero di batteri e virus e sono stati in grado di sopravvivere e prosperare solo sviluppando la capacità di difendersi dai microbi potenzialmente dannosi. Le malattie infettive hanno ucciso così tante persone nel corso della storia da essere uno dei principali motori dell'evoluzione. Si stima che i virus che interagiscono con le cellule umane siano i responsabili del 30 per cento di tutte le mutazioni genetiche che hanno condotto alla divergenza della nostra specie dagli scimpanzé.²⁸ La peste nera – causata dal batterio *Yersinia pestis* – uccise quasi il 60 per cento della popolazione e chi sopravvisse ci riuscì perché possedeva dei geni specifici in grado di aumentare la risposta immunitaria.²⁹ Nell'Africa subsahariana la malaria ha falciato così

tante persone da essere la “più grande forza di selezione evolutiva mai conosciuta nella storia recente del genoma umano”.³⁰ Non erano i membri più forti o intelligenti della nostra specie ad avere le maggiori probabilità di sopravvivere abbastanza da trasmettere il proprio DNA alla generazione successive, ma quelli con il sistema immunitario capace di far fronte all’assalto delle malattie infettive o che presentavano mutazioni in grado di rendere le cellule inappetibili per i microbi. Molte di queste mutazioni non solo conferivano resistenza agli agenti patogeni, ma avevano anche un impatto negativo sulla funzione cellulare. La lotta per la sopravvivenza degli esseri umani sembra dunque più una lotta con i microbi che non con i maschi alfa e i vari predatori apicali.

Il nostro corpo pullula di vita microscopica. Ognuno di noi ospita circa 40 trilioni di batteri, il che significa che superano il numero delle cellule umane...³¹ E i virus sono almeno dieci volte tanto. In totale il microbioma umano – l’insieme dei microbi che vivono dentro di noi – pesa più o meno come il nostro cervello, tra uno e due chili.³² La stragrande maggioranza di questi batteri e virus non ci fa ammalare. Anzi, molti di essi si sono evoluti con i nostri antenati nel corso di milioni di anni, formando relazioni strette e interdipendenti tra loro. In altre parole gli esseri umani hanno esternalizzato alcuni compiti essenziali ai microbi. Questo perché i batteri sono in grado di adattarsi molto più in fretta dell’uomo alle nuove situazioni. Le nostre cellule contengono tra i 20.000 e i 25.000 geni e il microbioma ne contiene una quantità cinquecento volte più grande.³³ L’enorme numero di geni, unito al fatto che si riproducano molto più in fretta delle forme di vita più complesse e siano in grado di trasferire i geni “orizzontalmente” da una specie all’altra, permettono ai batteri di evolversi molto più velocemente dell’uomo. La cooperazione tra microbi ed esseri umani è più evidente nell’intestino, dove i batteri hanno a disposizione un’abbondante riserva di proteine, grassi e carboidrati e, in cambio, contribuiscono a processi essenziali come la digestione del cibo e la produzione di vitamine e minerali. Anche i virus ci

mantengono in salute, soprattutto i fagi che uccidono i batteri nocivi all'interno del nostro corpo.

Abbiamo intuito da tempo che il microbioma intestinale ha un impatto importante sul nostro cervello, tanto che diversi modi di dire collegano testa e pancia: si può avere una sensazione o un istinto viscerale riguardo a qualcosa; farfalle, nodi o un buco nello stomaco; trovare una situazione poco digeribile; o ruminare su un problema. Un editoriale recente di *Nature* riporta che “solo dieci anni fa l'idea che i microrganismi intestinali potessero influenzare il cervello veniva liquidata come una stupidaggine... Ora non è più così”. Lo studio che ha spinto i redattori a scrivere l'articolo analizzava i batteri presenti nelle feci di più di duemila cittadini belgi.³⁴ Degli oltre cinquecento ceppi di batteri analizzati, più del 90 per cento era in grado di produrre neurotrasmettitori come la dopamina e la serotonina, che svolgono un ruolo chiave nella regolazione dell'umore umano. Poiché questa capacità è unica per i batteri che vivono nel corpo degli animali, sembra che questi microbi si siano evoluti nel corso di milioni di anni per creare messaggeri chimici in grado di comunicare con i loro ospiti e influenzarli. La ragione evolutiva per cui i batteri producono sostanze chimiche che migliorano il nostro stato d'animo potrebbe essere che ci rendono più propensi al gregarismo e quindi a fornire loro opportunità di colonizzare altri ospiti.

I ricercatori hanno confrontato il microbioma di alcuni volontari a cui era stata diagnosticata la depressione con quello di alcune persone sane e si sono imbattuti in due tipi di batteri – *Coprococcus* e *Dialister* – che erano comuni nell'intestino di entrambi, ma assenti in chi soffriva di depressione. Entrambi i batteri producono sostanze note per le loro proprietà antidepressive. Non è di certo una prova definitiva del legame tra il microbioma intestinale e la mente, ma è un buon inizio, soprattutto se sommato alla grande quantità di ricerche sul nesso tra cervello e batteri intestinali in topi e ratti “privi di germi”.³⁵ La scoperta ha suscitato la speranza che i trapianti fecali da persone con microbioma sano possano un giorno fornire un

trattamento più efficace per la depressione rispetto al Prozac o alla somministrazione di altre terapie.

Le implicazioni sono stupefacenti. Non solo ci siamo evoluti dai batteri e abbiamo acquisito segmenti vitali del nostro genoma dai virus, ma è acclarato ormai che i nostri corpi e i nostri cervelli siano in grado di funzionare solo grazie al contributo vitale dei microbi che si sono evoluti a fianco – e all'interno – dei nostri antenati. La scoperta che i microscopici batteri del nostro intestino siano in grado di influenzare i sentimenti e il comportamento in modi impercettibili ma fondamentali suggerisce che gli esseri umani non abbiano il pieno controllo della propria mente. Ma se batteri e virus sono una parte così fondamentale di ciò che siamo a livello individuale, che ruolo svolgono a livello collettivo? In altre parole, come hanno influito i microbi sull'evoluzione sociale e politica umana? Qual è stato il loro impatto sulla storia?

Storia dal basso

I continui progressi delle scienze naturali hanno rivelato quanto la nostra specie sia insignificante e impotente nel grande schema delle cose. La nostra reazione a questi sviluppi è decisamente riluttante. La maggior parte di noi conserva ancora una visione del mondo antropocentrica. Continuiamo a fantasticare di avere il dominio sulla natura, nonostante tutte le prove indichino il contrario. Il pianeta viene considerato poco più di un palcoscenico su cui recitare la nostra parte del copione: è evidente nel modo in cui la maggior parte delle persone intende la storia. Di norma gli individui più carismatici, coraggiosi e visionari – quasi tutti maschi – venivano considerati il motore del progresso. Come scrisse il commentatore e filosofo scozzese Thomas Carlyle a metà del XIX secolo “la storia del mondo non è altro che la biografia dei grandi uomini”.³⁶ Questa teoria è stata accusata di aver incoraggiato l'ascesa di dittatori totalitari come Hitler e Stalin ed è stata totalmente screditata dagli storici

a partire dalla metà del XX secolo, eppure molti degli eroi di Carlyle continuano a essere venerati: in senso letterale come nel caso di Gesù, Maometto e – più o meno – Martin Lutero o in senso figurato come gli eroi nazionali del calibro di Alessandro Magno,* (* Sia la Grecia che la Macedonia del Nord rivendicano la figura di Alessandro quale eroe nazionale. Il dibattito sulla sua origine greca o slava – e quindi della sua opportunità di essere celebrato in Macedonia del Nord – è oggetto di un aspro disaccordo tra i due paesi.) Washington, Napoleone e “il fondatore dell’Europa” Carlo Magno. Il XX secolo ci ha regalato un intero parterre di nuovi “grandi uomini”, che molto spesso erano anche dei gran farabutti: Lenin, Stalin, Churchill, Roosevelt, Hitler, Mao, de Gaulle ecc... E tra loro c’era anche qualche “grande donna” come Eva Perón o Margaret Thatcher. Un cast di personaggi che va per la maggiore nelle sezioni delle biblioteche di quartiere dedicate alla storia e nei palinsesti televisivi più recenti.³⁷

La principale alternativa alla teoria dei “grandi uomini” è quella che lo storico francese Lucien Febvre all’inizio degli anni trenta definì “histoire vue d’en bas et non d’en haut”, storia dal basso e non dall’alto.³⁸ Questo tipo di approccio si concentra sulle masse di uomini e donne comuni, spesso in lotta contro lo sfruttamento e l’oppressione. Secondo questo punto di vista, sarebbe l’effetto complessivo delle loro lotte a promuovere le continue trasformazioni sociali, politiche ed economiche come descritto per esempio in *The Making of the English Working Class* (1963) di E.P. Thompson e in *Storia del popolo americano* (1980) di Howard Zinn. L’idea della storia dal basso è molto più inclusiva di quella legata al culto di pochi eroici individui, ma anch’essa, nonostante tutto, si concentra sugli esseri umani quale forza motrice della storia.

Questo libro si propone di assumere uno sguardo diverso che incorpori gli sviluppi scientifici delineati in questo capitolo: non solo l’osservazione generale di Freud, secondo cui gli esseri umani occupano un posto meno prominente di quanto pensino, ma anche la consapevolezza che i microbi svolgono

un ruolo molto più importante nella vita umana di quanto mai ritenuto fino a pochi anni fa. In medicina la patogenesi fa riferimento alle origini e allo sviluppo (*genesis* o γένεσις) di una malattia (*pathos* o πάθος), con particolare attenzione al modo in cui gli agenti patogeni infettano le cellule e all'effetto che questo ha sul nostro organismo. Nelle pagine che seguono indagheremo il modo in cui virus, batteri e altri microbi hanno condizionato gli aggregati di individui – ossia il corpo economico e sociale dell'umanità: una vera storia dal basso. Invece di concentrarci sul ruolo collettivo di migliaia, o milioni, di “piccoli” esseri umani nel cambiamento globale, andremo alla scoperta di quello che miliardi, se non trilioni, di microscopici virus e batteri hanno inconsapevolmente svolto nella storia.

A quasi cinque decenni dalla sua pubblicazione *La peste nella storia* (1976) di William McNeill resta ancora il libro più letto e importante sull'impatto delle epidemie sulla società, la politica e l'economia; nel corso degli anni però molte cose sono cambiate ed era urgente una nuova prospettiva sull'argomento. Negli anni settanta le voci delle persone che avevano vissuto le pandemie erano al centro della ricerca. Era senz'altro di una preziosa panoramica sul passato, ma nel migliore dei casi, si trattava di testimonianze occasionali legate alla storia recente e alle società alfabetizzate. McNeill lamentava già nelle pagine iniziali del suo lavoro la mancanza di “informazioni precise con cui creare una storia delle infezioni umane”. In effetti, le lacune nella documentazione storica erano tali che per mettere insieme un resoconto coerente e convincente *La peste nella storia* si basava sui fatti quanto sull'immaginazione dell'autore. Nel 2017 l'antropologo e politologo statunitense James C. Scott sottolineava ancora la scarsità di prove in merito: “Le malattie epidemiche sono il silenzio più assordante di tutta l'archeologica del Neolitico”.³⁹ Nello stesso periodo in cui veniva scritto *La peste nella storia*, archeologi e antropologi cercavano di analizzare gli scheletri antichi alla ricerca di segni di malattie infettive. Purtroppo, erano in grado di trarre solo conclusioni limitate perché la stragrande maggioranza degli agenti patogeni

non lascia alcun segno visibile nelle nostre ossa. In molti casi l'unico modo per capire davvero qualcosa sullo stato di salute di un individuo era quello di stimarne l'altezza. All'epoca sembrava che non avremmo mai scoperto altro sull'interazione tra malattie infettive e storia. Negli ultimi anni invece i progressi nell'analisi del DNA hanno rivoluzionato la nostra comprensione degli agenti patogeni e del passato e le ossa hanno iniziato a rivelare molti segreti sconvolgenti. Il volume che avete tra le mani fa riferimento a diverse di queste ricerche rivoluzionarie, molte delle quali sono state pubblicate in varie riviste scientifiche che difficilmente escono dall'ambito accademico, e le inquadra nel contesto di altre discipline, tra cui archeologia, storia, antropologia, economia e sociologia. Le epidemie di malattie infettive hanno falciato milioni di vite e decimato intere civiltà, ma hanno anche concesso ad altre società e idee l'opportunità di emergere e prosperare. Gli agenti patogeni sono stati i protagonisti di molte delle più importanti trasformazioni sociali, politiche ed economiche della storia: il passaggio da un pianeta abitato da più specie umane al domino incontrastato dell'*Homo sapiens*; la sostituzione della società nomade dei cacciatori-raccoglitori con quella dedita all'agricoltura stanziale; la scomparsa dei grandi imperi dell'antichità; le trasformazioni del cristianesimo e dell'Islam da piccole sette della Palestina e dell'Egitto a religioni mondiali; il passaggio dal feudalesimo al capitalismo; la devastazione operata dal colonialismo europeo; le rivoluzioni in campo agricolo e industriale; la creazione del moderno stato sociale. Una volta giunti alla fine, spero di essere riuscito a cambiare il vostro modo di pensare alla storia e al ruolo rivestito in essa dalla nostra specie, e a convincervi che il mondo contemporaneo è stato plasmato dai microbi tanto quanto dalle donne e dagli uomini.