

UBRIS

We know
books

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

TROWSDALE, JOHN

Secretele imunității : ghidul tău pentru creșterea rezistenței la boli / John Trowsdale. - București : Bookzone, 2024

ISBN 978-630-305-351-6

612

Traducător: **Ioana Medeș**
Redactor: **Ana-Maria Nicolae**
Grafician copertă: **Teodora Savu**
Tehnoredactor: **Anca Marisac**

WHAT THE BODY KNOWS

Copyright © 2024 John Trowsdale
All rights reserved.

© Bookzone 2024, pentru prezenta ediție
Toate drepturile rezervate pentru limba română.
Nicio parte a acestei lucrări nu poate fi stocată
sau reprodusă fără acordul editurii.

Editura Bookzone

Șoseaua Berceni nr. 104, sector 4, București
Comenzi și informații:
Telefon: 031-433.50.68
E-mail: office@bookzone.ro
www.bookzone.ro

Prof. JOHN TROWSDALE

SECRETELE IMUNITĂȚII

Ghidul tău pentru creșterea
rezistenței la boli

Bookzone
BUCUREȘTI, 2024

Cuprins

Prolog: Imunitatea inteligentă	11
Partea I. Armata secretă: cum funcționează imunitatea	23
1. Cunoaște-ți inamicul și prietenii: microorganismele	25
2. Strategii și resurse: principiile de bază ale imunității	44
3. Infanteria: sistemul complement	66
4. Detectarea unei amenințări: recunoașterea imunitară	78
5. Să înceapă bătălia: inflamația	92
6. Un răspuns flexibil: anticorpii, „Sfânta Treime” și GD	110
7. Sergenții-majori: celulele T	132
8. Culegerea de informații: moleculele CMH	134
9. Recrutarea aliaților: tolerare și cooperare	172
10. Recunoașterea unei amenințări: corpii străini infecțioși	185

cu boala	203
11. Război civil: autoimunitatea	205
12. Daune colaterale: hipersensibilitatea	234
13. Ocupație: transplantul	256
14. Călit în luptă: memoria imunologică și vaccinarea	287
15. Trădători: cancerul	307
16. Capitulare: îmbătrânirea sistemului imunitar	329
17. Tactici inovatoare: dobândirea de noi gene de apărare	347
18. Tactici diferite: imunologie comparată	361
19. Zbor sub radar: evitarea apărării	378
20. Provizii: regimul alimentar și imunitatea	396
21. Lanțul de comandă: neuroimunologia	418
Epilog: război sau pace	432
Nota autorului	447
Glosar.....	449
Mulțumiri.....	461

Prolog

Imunitatea inteligentă

Cum poți explica cel mai bine funcția organelor umane? O variantă ar fi să îți imaginezi inima ca pe o pompă, creierul ca pe un fel de computer, plămânii ca pe niște foale, iar rinichii ca pe niște filtre. De obicei, îți poți compara organele cu astfel de instrumente familiare ca să înțelegi rolul esențial pe care îl au. Însă, atunci când vine vorba de sistemul imunitar, sarcina e mult mai dificilă. Unde se află? Ce face și cum funcționează? Cum te menține sănătos și cum te apără de inamici invizibili?

S-ar putea să ai nevoie de mai mult de un singur termen de comparație. O modalitate simplă de a explica imunitatea, deși poate e oarecum un argument circular, este să o compari cu un software „antivirus”. *Elk Cloner*, primul virus de computer, codat în 1982 de către Richard Skrenta, pe când era elev în Pittsburgh, pătrundea în sistemul de operare Apple DOS 3.3 prin intermediul dischetelor*. Prima virusare răspândită la scară largă, numită *Brain*, a urmat în anul 1986. De atunci, software-ul antivirus a fost nevoit să

* Dacă ai sub 30 de ani, e posibil să nu fi avut niciodată nevoie de o dischetă, dar acestea încă există, deși doar sub formă de imagine, cum este pictograma „Salvare” de pe desktopul computerului tău (n. a.).

URDIS

We know

țină pasul cu tot mai multe amenințări. Oare imunitatea se actualizează și ea în mod similar ca să facă față fiecărei noi amenințări?

Dar camerele de supraveghere? Sunt peste un miliard în întreaga lume, iar în Marea Britanie, una la fiecare 10 oameni. În oricare zi, mișcărilor îți pot fi urmărite în mod repetat, în timp ce ochi indiscreți caută acțiuni ilegale. Ar putea acest lucru să reflecte modul în care sistemul tău imunitar detectează în corp comportamente deviante și descoperă că ești infectat cu un germene periculos?

De când primul om a aruncat o piatră pentru a îndepărta o amenințare, s-a tot recurs la folosirea armelor. Poate că nici tu, nici eu nu suntem războinici din fire, dar, cu siguranță, suntem predispuși să recurgem la forța letală atunci când suntem confrunțați cu amenințări. Toate țările, cu excepția a vreo 12 dintre ele, sunt implicate în prezent, într-un fel sau altul, în conflicte militare. Modalitatea clasică de a te apăra împotriva unei amenințări este să produci ceva și mai distructiv. Oare sistemul imunitar combate bolile cu o forță din ce în ce mai brutală?

În contrast cu paralela cu forța militară, ar avea sens să privești imunitatea drept o formă de diplomatie sau „putere blândă”? Ce zici de destindere și cooperare, de ideea de a împărți resursele pentru a evita conflictul – oare sistemul imunitar face vreodată ceva similar?

De fapt, toate aceste comparații și multe altele pot fi folosite legitim pentru a explica sistemul imunitar. Acesta trebuie să fie la fel de inovator ca un software antivirus, capabil să detecteze o amenințare, să declanșeze un răspuns puternic și apoi să negocieze o destindere. O sarcină dificilă, dar, în mod curios, pentru beneficiari, sistemul imunitar este aproape invizibil și pare banal. Apărarea funcționează fără ca tu să te gândești la ea, fără să înțelegi cum anume te apără și cum se adaptează sistemul. Corpul permite inclusiv eliminarea unor părți din el; splina, amigdalele, polipii,

apendicele pot fi îndepărtate toate fără ca sănătatea ta generală să fie afectată. Imunitatea este discretă, dar extinsă, nicăieri și peste tot, redundantă, dar esențială, puternică, dar la distanță.

În această carte, propun ideea că sistemul imunitar joacă un rol mult mai important decât cel de simplă apărare împotriva infecțiilor. Vasta sa rețea de celule, proteine și substanțe chimice se infiltrează în fiecare zonă a corpului și este implicată în inflamație, vindecare, refacere și întreținere, chiar și în funcționarea creierului. Este parte a sistemului inteligent al corpului. Știe când și unde există o problemă, o boală sau o leziune, pentru care coordonează un răspuns rapid. Imunitatea este esențială pentru viață: mulți oameni mor de bătrânețe doar pentru că sistemul imunitar cedează și sunt răpuși de o infecție.

Sistemul de protecție imunitară pătrunde în fiecare țesut și în fiecare celulă. Acest lucru ridică o întrebare importantă: de ce nu ne protejează împotriva tuturor bolilor? Dacă apărarea este atât de bună, de ce nu ne scapă de afecțiunile cronice, precum bolile de inimă, bolile neurodegenerative, cancerul sau obezitatea? Unele dintre aceste poveri pentru sănătate par să fie o provocare chiar și pentru cea mai sofisticată apărare. Poate părea absurdă așteptarea ca sistemul imunitar să ofere protecție împotriva tuturor bolilor, însă, după cum vei vedea, acesta e implicat ori de câte ori celulele sunt deteriorate, indiferent de cauză.

Practic, te-ai putea întreba de ce nu au fost create vaccinuri puternice împotriva tuturor agenților infecțioși și a cancerului. S-ar putea argumenta că imunitatea funcționează doar atunci când există ceva străin de recunoscut, cum ar fi un virus care infectează, ceea ce nu e cazul în majoritatea bolilor cronice. Însă aceasta poate fi doar o parte a poveștii, întrucât este de înțeles că imunitatea trebuie să fie indiferentă față de miliardele de organisme străine din intestin și de la nivelul pielii. Iar evoluția fătului

IBDIS

We know

în uter, spre exemplu, presupune, practic, existența unui corp străin în trupul mamei, jumătate dintre proteinele sale fiind codificate de genele tatălui. Prin urmare, existența unui organism străin în corp nu este un indiciu suficient pentru a alerta sistemul de apărare.

Sistemul imunitar are sarcina să știe când și unde există probleme în organism și să le rezolve în mod corespunzător. Cum distinge el între expunerea la o proteină care acoperă un virus periculos și cea la o proteină inofensivă? Cum gestionează sau de ce nu reușește să gestioneze o leziune sau o boală care nu implică niciuna dintre acestea, cum ar fi cancerul sau arterele blocate?

Nu numai că sistemul imunitar nu ne protejează corespunzător de bolile cronice, dar se pare că el însuși este cauza multora dintre acestea. Afecțiunile autoimune, cum ar fi diabetul și scleroza multiplă, alergiile și astmul, toate implică un răspuns agresiv împotriva propriilor țesuturi. Alarmant e faptul că unele dintre aceste boli devin din ce în ce mai frecvente. De ce se întoarce sistemul de apărare împotriva a ceea ce ar trebui să protejeze? Cum se face că ceea ce salvează uneori ucide? Are legătură cu stilul de viață modern?

În mod ideal, ar fi de dorit ca sistemul imunitar să fie capabil să răspundă tuturor afecțiunilor, chiar dacă acestea nu implică o infecție. Acest lucru ridică o altă întrebare fundamentală: cum distinge el țesutul rănit sau deteriorat de țesutul normal? De-a lungul istoriei, modul în care definim boala a variat în funcție de tendințe*, dar, așa cum am menționat anterior, un factor comun este leziunea celulară, cauzată prin orice mijloace, care amenință funcționarea normală. După cum vei vedea, chiar și cea mai mică rană determină o mobilizare imediată a imunității. Acest lucru

* Organizația Mondială a Sănătății a publicat o *Clasificare internațională a bolilor* care include acum și burnoutul – stresul cronic la locul de muncă, precum și obezitatea și alte afecțiuni care nu au fost recunoscute ca boli până de curând (n. a.).

face să fie cu atât mai enigmatic motivul pentru care, în cazul bolilor cronice, pe măsură ce țesuturile se deteriorează, sistemul imunitar este nu doar neputincios, ci devine distructiv.

Odată cu progresul științei, s-au găsit răspunsuri la întrebări fascinante care nu cu mult timp în urmă păreau de neînțeles, de exemplu: cum de este organismul capabil să producă anticorpi pentru orice proteină străină, provenind chiar și de la un organism pe care nu l-a întâlnit niciodată înainte? Primele cunoștințe despre imunitate au fost descoperite din întâmplare, iar de atunci puterea și specificitatea acesteia au fost folosite pentru a combate boli precum variola înainte de a ști de existența germenilor. Peste 300 de milioane de oameni au murit din cauza variolei înainte ca aceasta să fie eradicată, în cele din urmă, prin valorificarea puterii și specificității sistemului imunitar. Această realizare spectaculoasă este, fără îndoială, la fel de importantă ca trimiterea unui om pe lună.

Majoritatea oamenilor au cunoștințe rudimentare despre modul în care funcționează vaccinarea pentru a produce anticorpi împotriva unui organism care îi infectează, lucru care a fost adus în atenție de recenta pandemie de COVID-19. După cum vei vedea, s-au acumulat suficiente cunoștințe despre imunitate încât aceasta să poată fi folosită în crearea unor vaccinuri mai inteligente. Nu doar vaccinuri; acum e posibilă manipularea proteinelor și a celulelor produse de sistemul imunitar în moduri din ce în ce mai creative, așa cum se întâmplă deja cu utilizarea anticorpilor pentru a combate afecțiuni diverse, precum artrita și cancerul.

Vom cerceta aceste progrese, precum și lipsa cunoștințelor generale despre boli și cauzele acestora. Având în vedere că imunitatea este intangibilă, iar microorganismele cu care trebuie să se confrunte sunt invizibile, e de înțeles că, vreme de peste 200 de mii de ani în istoria omenirii, a existat o ignoranță în privința infecțiilor și controlului

IBDIS

We know

acestora. Chiar și astăzi, deși există o îngrijorare constantă în legătură cu acest lucru, pe mulți nu-i interesează să aprofundeze această chestiune. Cu ceva timp în urmă, am participat la o conferință în Las Vegas, iar pe panourile publicitare era scris: „Bun-venit, Donny Osmond și Societatea Americană de Microbiologie.” În acea săptămână, două culturi diferite s-au ciocnit în „orașul tuturor posibilităților”. În timp ce delegații ieșeau în valuri dintr-o sală de ședințe, un trecător m-a întrebat ce căutau toți acești oameni neîngrijiți, cu mape de conferință și ecusoane atârinate de gât (atât de nefirești pentru Las Vegas), printre jucătorii de noroc. Când i-am spus că participăm la o conferință despre studiul germeilor, a răspuns cu un „Bleah!” și a plecat.

Această reacție nu este deloc surprinzătoare, potrivit regretatei Val Curtis, profesor de igienă la London School of Hygiene and Tropical Medicine din Londra, care s-a autointitulat „dezgustolog”. O reacție naturală față de ideea de germeni, de mâncare stricată sau de fecale este retragerea – un răspuns fizic, visceral. Mecanismul de dezgust este extrem de sensibil, dezvoltat în istoria evolutivă ca o modalitate adecvată de a te îndepărta de orice ar putea avea un potențial infecțios. În trecutul mai puțin aglomerat al omenirii, acest răspuns a fost destul de eficient, însă acum există cunoștințele și necesitatea de a acționa mult mai înțelept.

Abia când, cu doar un secol și jumătate în urmă, unii germeni au fost recunoscuți ca fiind cauza bolilor, denunțați ca adevărații ucigași ai omenirii, a fost acceptată, în cele din urmă, necesitatea antisepsiei în spitale și importanța salubrității, a igienei și a inițiativelor de sănătate publică. Acest lucru a pus un accent oarecum exagerat pe curățenia domestică, astfel că suprafețele din bucătărie sunt șterse cu dezinfectanți ai căror producători pretind în van căucid 99% dintre germenii obișnuiți. Sunt aruncate alimente comestibile, când depășesc termenul de expirare, în ciuda faptului că majoritatea microorganismelor sunt, după cum

vei vedea, în cel mai rău caz inofensive și, în cel mai bun caz, benefice. Suntem cu toții germofobi, chiar dacă nu la nivelul multimilionarului Howard Hughes, care purta cutii de șervețele în picioare; totuși cunoștințele generale despre boli, infecții și microorganisme – precum și cele legate de sistemul imunitar, prin care corpul se apără – sunt încă lacunare. Suntem înconjurați de microorganisme, care trăiesc fericite în noi, pe noi și în jurul nostru, peste tot, și, datorită unui capriciu al evoluției, doar unu dintr-un miliard e capabil să ne producă suferințe inimaginabile. Din fericire, sistemul imunitar este bun la a le distinge pe cele câteva dăunătoare de cele inofensive.

Și totuși el nu este infailibil. Odată ce infecțiile cu puține organisme periculoase care se strecoară prin garda sa sunt controlate, prin vaccinare sau antibiotice, apare nepăsarea. După cum arată reacția oamenilor față de COVID-19, e necesar să ni se reamintească, la nivel colectiv și în mod constant, cum să evităm infectarea de la alte persoane. Istoria arată că, în mod repetat, lecția nu e învățată. Literatura și limbajul, chiar și cântecele pentru copii, cum ar fi *Ring-a-Ring-a-Roses*, evocă vremuri în care ignoranța era mai ușor de iertat.

Printr-un proces de selecție naturală, cu milioane de ani în urmă, strămoșii noștri îndepărtați au dezvoltat rezistență la tot felul de boli. Supraviețuirea a însemnat să fii cu un pas înaintea amenințărilor emergente, prin perfecționarea continuă a mecanismelor de apărare. De-a lungul timpului, fiecare breșă în apărarea umană a fost acoperită cu un platură moleculară, la fel cum software-urile antivirus sunt actualizate constant, pentru a combate programele virale inovatoare. După cum vei observa, acest lucru înseamnă că apărarea imunologică e plină de dopuri împotriva scurgerilor și breșe cârpite. Este complexă, dezorganizată, improvizată, dar modul în care funcționează, în cea mai mare parte a timpului, din fericire, e poezie pură, fin reglată și eficientă.

LBDIS

We know

De aceea, cred că este esențial să se acorde importanță informării despre microorganisme și imunitate, pentru a ajuta la menținerea sănătății. De cele mai multe ori, nu suntem conștienți de faptul că imunitatea lucrează constant pentru a ne asigura starea de sănătate. Oamenii se bazează pe instinct, pe sfaturile transmise de părinți și, ocazional, pe medici bine informați. În majoritatea cazurilor, acest lucru funcționează bine. Într-un mod aproape magic, corpul se repară singur. Nu există termen de comparație pentru acest lucru, poate doar cu formarea cristalelor: o ceașcă spartă, o jucărie, o clădire, un castel sau o mașină rămân stricate până când sunt reparate. În cazul corpului, orice ușoară amenințare de avarie, orice rană, orice invazie a unor germeni răătăciți, este, din fericire, respinsă și statu-quo-ul este restabilit, pe măsură ce, în mod miraculos, sistemul imunitar ajută organismul să se refacă.

De ce e important să știi cum funcționează imunitatea? Ei bine, pentru că nu este infailibilă și, ocazional, lucrurile merg prost și te îmbolnăvești. De fapt, unii oameni de știință susțin că suntem specia cea mai afectată de boli de pe planetă. Dacă așa stau lucrurile, nu ar fi bine să aflăm de ce? S-a sugerat chiar că o boală are un avantaj evolutiv, în sensul că modelează societatea umană într-un mod pozitiv. De exemplu, declinul populației din cauza apariției ciumei în Europa a precipitat schimbări sociale valoroase: prăbușirea sistemului feudal și creșterea puterii de negociere a forței de muncă agricolă, din ce în ce mai redusă, au condus, în cele din urmă, către Renaștere. Din păcate, jumătate din populația activă a trebuit să piară înainte ca abilitățile lucrătorilor agricoli să fie apreciate și ca știința, medicina și artele să înflorească. Boala face parte din cultura noastră la fel de mult ca războiul și conflictul. Și – ca să păstrez un ton optimist – boala stimulează progresele medicinei, cel mai recent, în pandemia de COVID-19, de exemplu, aducând un impuls extraordinar tehnologiei vaccinurilor.

Așadar, un prim răspuns la întrebarea inițială – ce este sistemul imunitar? – e acela că se află peste tot în interiorul organismului, circulă prin sânge și se infiltrează în fiecare organ, gata să negocieze pacea sau să înăbușe aproape orice amenințare.

În această carte, folosesc ideea de apărare militară ca metaforă pentru a explora modul în care funcționează sistemul imunitar pentru a menține sănătatea. Metafora este doar pentru a ghida imaginația și nu trebuie luată prea în serios.

Ar trebui să atrag atenția asupra unei alte particularități stilistice. Antropomorfismele, atribuirea de gânduri unui obiect, sunt greu de evitat când tratezi acest subiect și, în orice caz, majoritatea oamenilor știu să nu le interpreteze literal. Cercetarea în imunologia moleculară este, adesea, explicată în termeni antropomorfi, dar, din câte știm, celulele și moleculele nu au „intenții”. Sunt unități lipsite de gândire, autonome, care ne protejează pentru că, în caz contrar, nici noi și nici ele nu am fi aici. În mod similar, germenii sunt entități fără scop, cu excepția faptului că se înmulțesc. Conceptualizez „strategiile” celulelor și moleculelor în termenii comportamentului uman și prezint fără ezitare raporturile dintre apărare și boală în termeni de celule, molecule și germeni ca și cum acestea din urmă ar avea intenții, atunci când acest lucru ajută la clarificarea unui punct de vedere. Sunt conștient că unele dintre simplificări vor fi deranjante pentru unii imunologi.

Această carte face legătura între știința popularizată și manualul academic. Cititorii care au cunoștințe rudimentare despre gene, celule și proteine, studenții la științe și medicină, tehnicienii, cercetătorii, asistentele medicale, medicii și investitorii din domeniul biotehnologiei ar putea considera că le îmbogățește perspectiva asupra imunității. Este scrisă într-un stil care, sper, va distra, va trezi curiozitatea și va atrage și nespecialiștii, inclusiv pe oricine e afectat de

IBDIS

We know

numeroasele afecțiuni legate de imunitate, cum ar fi cei 5% dintre noi care suferă de boli autoimune sau alergii. Chiar dacă unele dintre concepte pot fi dificile, sper că fiecare cititor va aprecia modul surprinzător și fascinant în care sistemul imunitar rezolvă numeroasele probleme pe care le presupune protejarea organismului.

Într-adevăr, în trecut, imunologia, din cauza jargonului obscur, era destul de inaccesibilă. Însă revoluția biologiei moleculare din ultimele decenii a condus la o creștere a înțelegerii din partea publicului, ceea ce a făcut-o mult mai accesibilă, stimulată în parte de sectorul biotehnologic în plină expansiune. De la un subiect secundar în cercetarea medicală, a ajuns în centrul atenției și a devenit de o importanță vitală pentru majoritatea aspectelor care țin de sănătate. Pe măsură ce s-a descoperit modul în care funcționează imunologia, a crescut interesul pentru o gamă largă de subiecte, de la cele legate de ecologie până la cele legate de creier. Scriind această carte, mi-am dorit să explic unele dintre progresele interesante care s-au făcut și să-mi împărtășesc entuziasmul cu privire la acest subiect. Unele dintre descoperiri sunt nemaipomenite, iar măiestria oamenilor de știință este uimitoare.

Prima jumătate a cărții explică în detaliu modul cum funcționează sistemul imunitar și provocările pe care le întâmpină în a se apăra împotriva varietății de organisme infecțioase cu care ar putea intra în contact. Cea de-a doua parte explorează tipurile de boli și afecțiuni asociate cu imunitatea și cunoștințele dobândite în urma studierii unor domenii specializate, cum ar fi alte specii, inclusiv microorganismele. Sunt incluse și unele preocupări actuale, cum ar fi impactul pe care sistemul imunitar îl are asupra îmbătrânirii, obezității și sănătății mintale. Am inclus câteva completări, reflecții și unele dintre episoadele mai puțin glorioase din cercetarea imunologică, precum și succesele spectaculoase, pentru a oferi context subiectului. Aspecte care țin de

genetică apar în mai multe locuri, întrucât au jucat un rol major în descifrarea imunologiei moderne, iar imunogenetica a fost principalul meu obiectiv de cercetare vreme de 40 de ani.

În această lucrare se împletesc trei idei majore: (1) Imunitatea este mult mai complexă, mult mai importantă decât s-a crezut inițial și influențează majoritatea aspectelor care țin și de starea de bine, nu doar de infecții. (2) Deși este cel mai valoros protector al organismului, sistemul imunitar poate deveni extrem de distructiv și, dacă nu e ținut sub control, cauzează sau contribuie la apariția multora dintre bolile cronice. (3) Sunt descoperite modalități creative de valorificare a puterii distructive și a preciziei sistemului imunitar pentru a combate o varietate de afecțiuni umane, cum ar fi demența, îmbătrânirea și cancerul.

Subiectul este într-atât de vast, iar progresele, atât de rapide, încât e inevitabil să fi comis erori și să fi interpretat greșit unele aspecte din afara domeniului meu specific de cercetare în imunologie. De asemenea, nu mi-am propus să ofer referințe complete sau să menționez cine a făcut fiecare descoperire, pentru a nu îngreuna lectura. Am specificat, în principal, doar aspectele critice sau cele care mi-au atras atenția la momentul scrierii cărții.

LIBRIS

We know
books

ARMATA SECRETĂ

Cum funcționează imunitatea

PARTEA ÎNTÂI

Cunoaște-ți inamicul și prietenii

Microorganismele

Lumea e plină de microorganisme – bacterii, virusuri, ciuperci și paraziți –, dintre care cele mai multe sunt inofensive; doar o fracțiune mică, dar semnificativă, nu este. Diversitatea lor reprezintă o provocare dificilă pentru apărarea imunitară.

Cu toții suntem potențial vulnerabili la organismele invizibile. Microorganismele nu țin cont de celebritate, bogăție și statut. Cântăreața și compozitoarea Madonna e un simbol cultural, cunoscută pentru muzica, moda și stilul său de viață. Este una dintre veteranele muzicii pop, cariera sa întinzându-se pe patru decenii. Ceea ce aproape a pus capăt domniei reginei muzicii pop a fost antiteza strălucirii, o infecție cu o bacterie care a adus-o în stare de comă indusă timp de 48 de ore. După spusele ei, ar fi putut să nu supraviețuiască. Originea infecției Madonnei nu e clară, dar e posibil să fi fost cauzată de o bacterie, de altfel benignă, care i-a pătruns în sânge, provocând o infecție la nivelul întregului organism și o reacție exagerată a sistemului imunitar.

Infecțiile grave pot fi produse de diverși membri din toate cele patru categorii principale de microorganisme: bacterii, virusuri, ciuperci și paraziți. Poți afla multe despre sistemul tău imunitar dacă înțelegi tipurile de microorganisme, unde se află și cum se răspândesc. Să analizăm fiecare grup în parte.

Bacteriile

Bacteriile sunt organisme unicelulare care trăiesc liber. Avem o relație mai strânsă cu ele decât cu majoritatea celorlalte creaturi vii. Ele ne-au modelat istoria și continuă să ne influențeze destinul. Unele au nume precum balerinele exotice: *Neisseria*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Bordetella*, *Serratia*, *Treponema**. Cu toate acestea, te temi și încerci să scapi de bacterii. Dar, oricât de des te-ai spăla pe mâini sau ai stropi cu dezinfectant blatul de lucru, nu vei reuși niciodată să le îndepărtezi. Se găsesc în fiecare gură de aer pe care o inspiri. Sunt în apa pe care o bei. La fiecare pas, calci pe trilioane de bacterii. Este greu de apreciat cât de multe sunt, dar ecologia Pământului, căreia îi datorăm existența, e microbială. Din cele aproximativ un trilion de specii de bacterii, sunt cunoscute doar câteva mii, dar ele împreună reprezintă 100 de gigatone de carbon pe Pământ, iar noi, abia 0,06 gigatone. Bacteriile din oceane sunt de 100 de milioane de ori mai multe decât stelele din univers. Bacteriile există de peste 3,6 miliarde de ani, iar oamenii, doar de vreo 200 de mii de ani. Ele vor fi încă aici când noi nu vom mai exista.

Din numărul uriaș de specii de bacterii, marea majoritate sunt inofensive. Unele dintre acestea se găsesc pe pielea ta, pe dinți și în intestine. Porți mai mult de o mie de specii

* Nume mai puțin atrăgătoare pentru bacterii sunt *Staphylococcus* și *Bacillus* (n. a.).

diferite în și pe tine, ca microbiom sau microbiotă*, egalând sau chiar depășind numărul celulelor tale. Iar aceste organisme pasagere au, împreună, până la 20 de milioane de gene microbiene, de aproximativ o mie de ori mai multe decât cele umane. Fiecare individ are propriul set, de până la câteva zeci de trilioane de organisme, la fel de personal ca o amprentă digitală, atât de indivizibil, încât pe baza setului de microorganisme de pe un mouse putem identifica persoana care îl folosește. Microorganismele formează o legătură atât de specială cu tine, încât ceea ce consideri a fi *tu însuți* este, de fapt, o comunitate de celule umane, bacterii și virusuri. Există un cuvânt pentru asta: *holobiont*, combinație de specii. După naștere, copilul preia microorganismele din tractul genital și din sânii mamei, ca un fel de ștafetă predată de la o generație la alta. Până la vârsta de trei ani, ne-am creat microbiomul propriu și, ulterior, acesta poate influența totul, greutatea, tendința de a suferi de demență sau chiar răspunsul la tratamentul împotriva cancerului.

Departate de a fi problematice, bacteriile inofensive pe care le porți sunt esențiale pentru sănătatea, precum și imunitatea ta. Acest lucru este cunoscut întrucât în laborator sunt crescuți șoareci lipsiți de ele, așa-numiții „șoareci fără germeni”, ținuți în izolare pentru a preveni contaminarea. Se pare că aceste animale au o imunitate foarte slabă, în comparație cu frații lor care cresc în libertate, care au o rezervă sănătoasă de bacterii utile. Cât despre șoareci, bacteriile găzduite de ei ajută la producerea de vitamine esențiale, la digerarea fibrelor vegetale și la distrugerea toxinelor. Cel mai important aspect e acela că o microbiotă sănătoasă, ceea ce reclamele la iaurt numesc *bacterii bune*, protejează împotriva îmbolnăvirii, prin modelarea imunității și prevenirea înmulțirii bacteriilor rele. Începe să devină mai clar și

* Termenii „microbiom” și „microbiotă” sunt, adesea, interschimbabili, însă primul se referă, de fapt, la genomurile microbiene, iar al doilea, la organismele microbiene (n. a.).

modul în care alimentele și antibioticele influențează bogăția și sănătatea microbiotei.

Dacă bacteriile fac literalmente parte din organismul uman, atunci de ce sunt ele atât de temute? Ei bine, agenții patogeni, care reprezintă o mică, dar semnificativă, minoritate, sunt extrem de antisociale, adevărați asasini tăcuți. Nu există întotdeauna o distincție netă între agenții patogeni și bacteriile esențiale și, după cum a descoperit Madonna, dacă un organism face rău sau nu depinde de circumstanțe. Un organism de obicei inofensiv care se găsește pe piele, stafilococul, poate, în unele cazuri, să provoace o infecție mortală dacă pătrunde într-o rană. În spitale, alte așa-numite bacterii oportuniste, cum ar fi *Clostridium difficile*, pot infecta pacienții aflați sub tratament cu antibiotice și pot produce o toxină letală. Sărăcia, malnutriția și supraaglomerarea cresc vulnerabilitatea, însă nici bogăția și nici faima nu îți garantează protecție. „Boala consumării”, cunoscută azi sub numele de tuberculoză, era ceva comun atunci când romanierii D.H. Lawrence și George Orwell, precum și cel de-al șaptelea președinte al SUA, Andrew Jackson, au contractat-o. Un sfert dintre noi sunt infectați cu *M. tuberculosis*, însă menținerea unei stări bune de sănătate și o alimentație adecvată ne ajută, pe cei mai mulți, să ținem sub control acest microorganism.

Alte bacterii periculoase secretă neurotoxine extrem de puternice, cum sunt cele responsabile de tetanos sau botulism, care pot cauza paralizie. Toxina botulinică, sau botox, e folosită în industria cosmetică, însă doar câteva grame din această toxină, adică mai puțin de o linguriță, ar fi suficiente pentru a ucide întreaga populație a Marii Britanii. În cazul altor toxine, în mod paradoxal, leziunile sunt o consecință indirectă a răspunsului dat de organism. Sindromul de șoc toxic la femei e cauzat de un așa-numit superantigen, o proteină produsă de bacteria *Staphylococcus aureus*, de obicei inofensivă, care se dezvoltă în tampoane cu putere mare de

absorbție. Proteina stimulează sistemul imunitar într-un mod nediferențiat, producând o *furtună de citokine*, o avalanșă de semnale chimice de alarmă care creează panică imunologică. Alte bacterii conțin o moleculă cunoscută prescurtat ca LPS, care, odată detectată de sistemul imunitar, declanșează semnale ce activează inflamația. Acestea determină apariția simptomelor neplăcute ale infecției, precum temperatura crescută, putând evolua în septicemie și meningită, dacă inflamația acută apare la nivelul creierului. Alți agenți patogeni colonizează tractul respirator, producând toxine și inflamații care cauzează difteria sau tusea convulsivă. Toxinele bacteriene pot contamina și alimentele sau apa, așa cum se întâmplă în cazul holerei. Mai frecvent întâlnite sunt toxiinfecțiile alimentare cauzate de *Salmonella* și bolile diareice provocate de unele tulpini de *E. coli*, atunci când sunt ingerate prin alimente contaminate.

Apariția bacteriilor rezistente la antibiotice a evidențiat că impresia că bolile bacteriene au fost pe deplin înțelese e falsă și că e necesară dezvoltarea continuă a strategiilor imunologice. E important să apreciem felul cum ne ajută bacteriile inofensive și să rămânem vigilenți cu privire la agenții patogeni.

Virusurile

La fel ca bacteriile, virusurile sunt omniprezente, însă nu suntem conștienți de majoritatea dintre ele. Într-o linguriță de apă de mare, ai putea găsi peste un milion de bacterii diverse, precum și mai mult de un miliard de virusuri din mii de specii diferite. O cantitate similară de sol va conține de zece ori mai multe. Virusurile depășesc numeric orice altă formă de viață de pe Pământ, existând într-un număr uluitor, de 1×10^{31} (adică 10 cu 31 de zerouri după el). Deși atât de mici, dacă ar fi puse unul lângă altul, s-ar întinde pe