

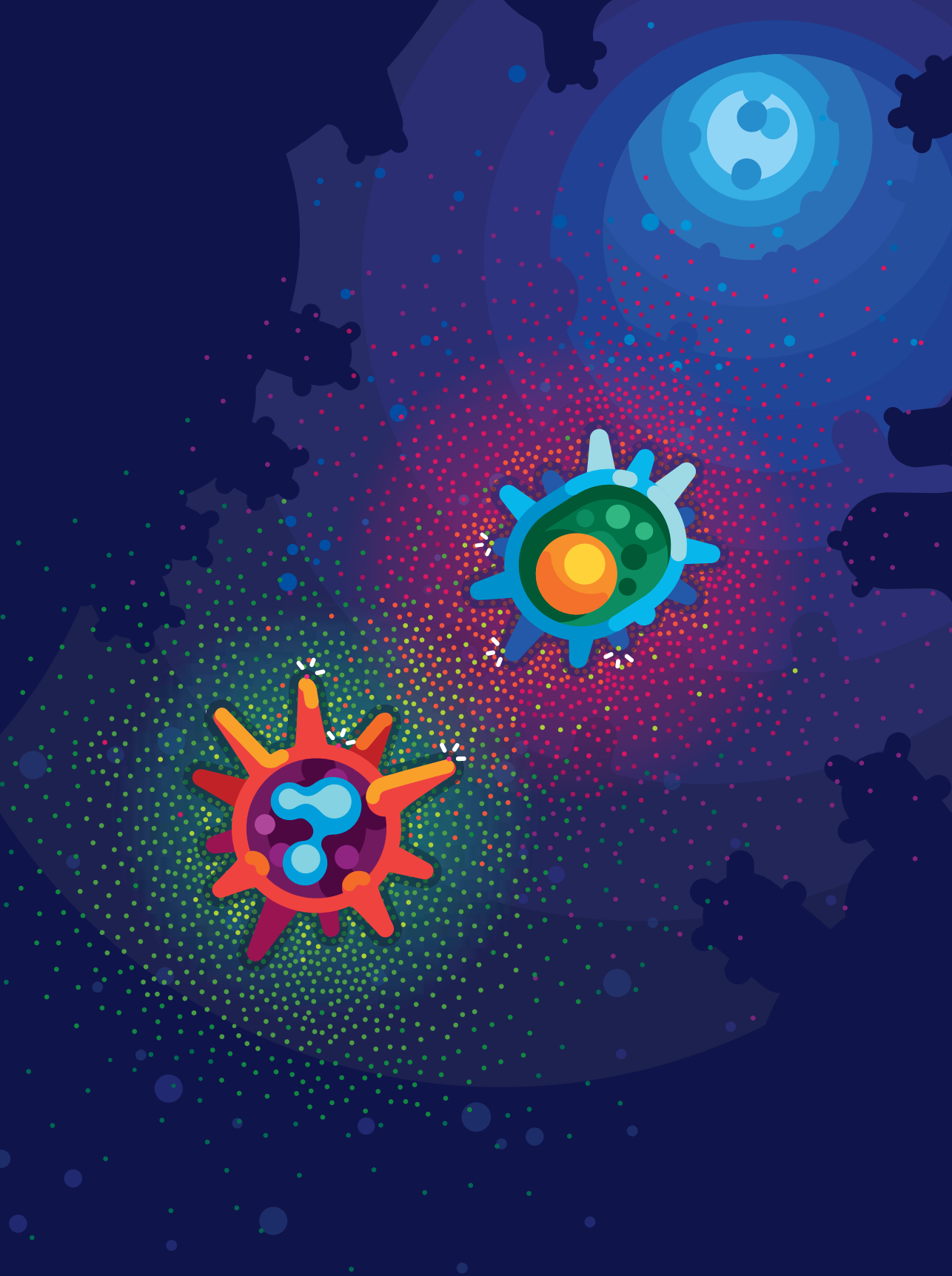
# IMUNITA



Výprava do záhadné soustavy,  
která vás drží naživu

Philipp Dettmer

Imunita



# Imunita

Výprava do záhadné soustavy,  
která vás drží naživu

Philipp Dettmer



aurora

Z anglického originálu Philipp Dettmer: *IMMUNE: A Journey into the Mysterious System That Keeps You Alive*,  
vydaného Penguin Random House LCC v roce 2021 v New Yorku,  
přeložil Vojtěch Ettlér.

Vydalo Vydavatelstvo AURORA spol. s. r. o., v Bratislavě v roce 2022.  
Číslo publikace 15.

Jazyková redakce: Marie Hajdová  
Jazyková korektura: Petra Čáčková  
Odborná redakce: Iva Benešová  
Odpovědný redaktor: Matúš Mládek  
Technická redakce: Ivana Mládeková  
Sazba: Samuel Ryba – Design Ryba  
Tisk: Těšínské papírny, s.r.o., Český Těšín

Vydání první

Copyright © 2021 by Philipp Dettmer. All rights reserved.  
Cover design & Illustrations © Philip Laibacher

Translation © Vojtěch Ettlér 2022  
Czech edition © Vydavatelstvo Aurora 2022

Kniha ISBN 978-80-8250-054-0  
eBook ISBN 978-80-8250-055-7

*Věnováno Cathi a Mochi*

# Obsah

Úvod xi

## První část: Seznámení s imunitním systémem

- 1 Co je imunitní systém? 3
- 2 Co je potřeba bránit? 10
- 3 Co jsou buňky? 17
- 4 Říše a království imunitního systému 27

## Druhá část: Osudné zranění

- 5 Seznamte se s nepřáteli 35
- 6 Pouštní říše pokožky 41
- 7 Šrám 48
- 8 Vojáci vrozeného imunitního systému: Makrofágy a neutrofilny 55
- 9 Zánět: Hra s ohněm 62
- 10 Nahé, slepé a vyděšené: Jak se buňky orientují? 68
- 11 Vůně stavebních bloků života 74
- 12 Neviditelná armáda zabijáků: Komplementový systém 79
- 13 Buněčná rozvědky: Dendritické buňky 88
- 14 Dálnice a velkoměsta 93  
    Odbočka: Slezina a krční mandle — lymfatické superuzliny a nejlepší partáci 96
- 15 Příchod superzbraní 99

- 16 Největší knihovna ve vesmíru 103
- 17 Kuchtění libových recept(or)ů 105
- 18 Vražedná akademie brzlíku 109
- 19 Informace na zlatém podnose: Prezentace antigenu 115
- 20 Nástup adaptivního imunitního systému: T-lymfocyty 122
- 21 Továrny na zbraně a odstřelovačky: B-lymfocyty a protilátky 129
- 22 Tanec Téčka s Běčkem 140
- 23 Protilátky 144
  - Odbočka: Čtyři třídy protilátek 147

## **Třetí část: Nepřátelské převzetí**

- 24 Bažinatá říše sliznice 155
- 25 Zvláštní a jedinečný imunitní systém střev 162
- 26 Co je virus? 168
- 27 Imunitní systém plic 174
- 28 Chřipka — „neškodný“ virus, kterého se dost nebojíte 178
- 29 Chemické zbraně: Interferony, interferujte! 186
  - Odbočka: Rozdíl mezi chřipkou a běžným nachlazením 195
- 30 Okno do buněčné duše 198
- 31 Smrtonosní experti: Cytotoxické T-lymfocyty 204
- 32 Přirození zabíječi 211
- 33 Jak se ničí viróza 216
  - Odbočka: Proč nemáme lepší léky proti virům? 219
- 34 Vypnutí imunitního systému 222
- 35 Imunita — jak si imunitní systém pamatuje nepřátele do konce života 225
  - Odbočka: Co tě nezabije, to tě neposílí — spalničky a paměťové buňky 230
- 36 Očkování a umělá imunizace 232



## Čtvrtá část: Vzpoura a občanská válka

- 37 Když je imunitní systém příliš slabý: HIV a AIDS 245
- 38 Když je imunitní systém příliš agresivní: Alergie 251
- 39 Paraziti a jak můžou imunitnímu systému chybět 258
- 40 Autoimunitní onemocnění 262
  - Odbočka: Anergie 268
- 41 Hygienická hypotéza a staří přátelé 270
- 42 Jak posílit imunitní systém 279
- 43 Stres a imunitní systém 286
- 44 Rakovina a imunitní systém 290
  - Odbočka: Kouření a imunitní systém 300
- 45 Pandemie koronaviru 304
  - Slovo závěrem 313

*Zdroje* 317

*Poděkování* 319

*Rejstřík* 321

*O autorovi* 341

# Úvod

PŘEDSTAVTE SI, ŽE SE ZÍTRA VZBUDÍTE A NECÍTÍTE SE VE SVÉ KŮŽI. OTRAVNĚ VÁS škrábe v krku, teče vám z nosu, trochu kašlete. Když lezete do sprchy, přiznáte si, že to všehovšudy není tak zlé, abyste se hodili marod, a brbláte nad tím, jaký máte těžký život. Ačkoli nejste ani v nejmenším rozmazlený ufnukánek, váš imunitní systém si nestěžuje. Dělá, co může, abyste přežili do zítřka a mohli fňukat zase o den déle. A tak zatímco se vám po těle potulují vetřelci a zabíjejí stovky tisíc vašich buněk, imunitní systém organizuje důmyslnou obranu, komunikuje na obrovské vzdálenosti, aktivuje složité obranné sítě a servíruje rychlou smrt milionům, ne-li miliardám nepřátel. A vy během toho všeho stojíte pod sprchou a remcáte.

Tyhle komplexní děje ovšem zůstávají z velké části skryté pod povrchem.

Což je vážně škoda, protože máloco má tak zásadní dopad na kvalitu života jako právě imunitní systém. Je to všezahrnující a všepostihující soustava, která vás chrání jak před protivnými nepříjemnostmi typu nachlazení, odřenin a ranek, tak před životu nebezpečnými chorobami, jako je rakovina či zápal plic, nebo smrtícími infekcemi, jako je covid-19. Imunitní systém je nepostradatelný, zrovna tak jako srdce nebo plíce. A vlastně se jedná o jednu z největších a nejrozsáhlejších orgánových soustav v těle, ačkoli o něm takhle zpravidla nepřemýšlíme.

Pro většinu z nás představuje imunitní systém jakousi mlhavou a nejasnou záležitost, která se řídí podivně neprůhlednými pravidly a která někdy funguje, a jindy ne. Tak trochu se podobá počasí, protože se dá jen stěží předvídat a vyvolává nekonečné spekulace a názorové bitvy, takže nám její činnost připadá nahodilá. K imunitnímu systému se bohužel sebejistě vyjadřuje leckdo, i když

mu ve skutečnosti nerozumí, a tak se člověk těžko orientuje v tom, čemu má věřit a proč. Ale co je to vůbec ten imunitní systém a jak vlastně funguje?

Snaha o pochopení mechanismů, které vás při čtení těchto řádků udržují naživu, není jen nějaké intelektuální cvičení — jsou to nezbytně nutné znalosti. Když víte, jak imunitní systém pracuje, najednou pochopíte a oceníte, jak vám i vašim dětem může očkování zachránit život, a začnete k nemocem přistupovat úplně jinak, mnohem méně ustrašeně. Už neskočíte na lep šarlatánům nabízejícím zázračné léky, které zcela odporují logice. Lépe porozumíte léčivům, která vám mohou při marodění opravdu pomoci. Dozvíte se, co dělat (a nedělat), abyste svůj imunitní systém posílili. Můžete svoje děti uchránit před nebezpečnými mikroby, ale přitom se příliš nestresovat, když se venku ušpiní. A ve velmi nepravděpodobném případě, řekněme, celosvětové pandemie vám obeznámenost s tím, co virus páchá a jak s ním tělo bojuje, pomůže pochopit, o čem mluví odborníci na veřejné zdraví.

Kromě všech těchto praktických a užitečných výhod je imunitní systém prostě krásný, je to zázrak přírody, který nemá obdoby. Obransychopnost nepředstavuje pouhý nástroj k zahnání kašle. Nerozlučně se proplétá s téměř všemi ostatními tělesnými pochody — a přestože má hlavní podíl na tom, že žijete, je zároveň dost pravděpodobné, že právě ona způsobí vaši předčasnou smrt, ať už tím, že selže, nebo že se naopak příliš rozohní.

Neuvěřitelná složitost lidského imunitního systému mě fascinuje už bezmála deset let. Začalo to na univerzitě, kde jsem studoval informační design, a když jsem hledal téma na semestrální práci, imunitní systém vypadal jako dobrá volba. Takže jsem si sehnal hromadu knih o imunologii a začal se jimi prokousávat, ale ať jsem toho přečetl sebevíc, komplikovanost všech těch dějů nebrala konce. Čím víc jsem se toho dozvěděl, tím mi připadalo nemožnější imunitní systém zjednodušit, protože každá vrstva odkrývala další mechanismy, další výjimky, další spletené vztahy.

A tak se projekt, který měl zabrat jedno jaro, protáhl do léta, pak do podzimu a nakonec do zimy. Interakce jednotlivých složek imunity byly tak elegantní a jejich vzájemný tanec tak nádherný, že jsem se jich nemohl nabažít. A během toho se od základů proměnilo moje prožívání a vnímání vlastního těla.

Když jsem dostal chřipku, už jsem si nedokázal jenom stěžovat, ale musel jsem si svoje tělo prohlížet, mačkal jsem zduřelé mízní uzliny a představoval

si, co moje imunitní buňky právě dělají, jaká část sítě je právě aktivní a jak T-lymfocyty na mou ochranu zabíjejí miliony útočníků. Když jsem si v lese nedával pozor a řízal se, byl jsem vděčný za svoje makrofágy, velké imunitní buňky, které lovily vyděšené bakterie a trhaly je na kusy, aby otevřenou ránu ubránily před infekcí. Když jsem si ukousl ze špatné müsli tyčinky a dostal alergický záchvat, cestou do nemocnice jsem v záchrance přemýšlel nad žírnými buňkami a IgE protilátkami, které mě málem zabily v pomýlené snaze zachránit mě před děsivými potravinami!

Ve dvaatřiceti mi zjistili rakovinu, takže jsem musel podstoupit několik operací i chemoterapii, a tehdy moje posedlost imunologií ještě narostla. Mezi hlavní úlohy imunitního systému patří mimo jiné zamezit rakovině. V mém případě to nezvládl.

Přesto jsem se na něj nedokázal zlobit, protože už jsem věděl, jaká je to pro moje imunitní buňky těžká práce a jak se musí rakovina snažit, aby je udržela v šachu. A tak zatímco chemoterapie rakovinu rozpouštěla, myšlenky se mi stáčely k tomu, jak obranné složky pronikají do odumírajících nádorů a buňku po buňce je požírají.

Onemocnění a choroby jsou děsivé, pořádně člověkem otřesou a já si s nimi za život užil dost. Ovšem vědomí, že moje buňky, můj imunitní systém, tahle moje nedílná a osobní součást, brání bytost, za kterou se považuju, že bojují, umírají a opravují tohle tělo, které obývám, mi pokaždé dodalo velkou útěchu. Díky tomu, že jsem imunitnímu systému lépe porozuměl, mi život přijde lepší a zajímavější, a když onemocním, už mi to nenahání takovou hrůzu. Znáte-li totiž vlastní imunitu, vnímáte věci v širších souvislostech.

Kvůli tomuhle pozitivnímu efektu a taky prostě kvůli tomu, že je čtení a bádání o imunitním systému zábava, se z toho stala moje trvalá záliba, já se mezitím stal popularizátorem vědy a vysvětlování složitých témat se stalo mým posláním. Zhruba před osmi lety jsem založil YouTube kanál Kurzgesagt — In a Nutshell (V kostce), který divákům předkládá informace tak, aby byly atraktivní a snadno pochopitelné, ale zároveň zůstaly co nejvěrnější vědeckým poznatkům. Na začátku roku 2021 se tým Kurzgesagt rozrostl na víc než čtyřicítku lidí, kanál nasbíral přes čtrnáct milionů odběratelů a měsíčně ho zhlédne asi třicet milionů uživatelů. Když tedy existuje taková velká platforma, proč se mořit s psaním knížky? Protože i když se imunitním systémem zabývalo několik

našich nejúspěšnějších videí, vždycky mě štvalo, že tohle úžasné téma nemůžu prozkoumat do takové hloubky, jakou si zaslouží. V desetiminutovém spotu na to zkrátka není prostor. Takže tahle kniha představuje způsob, jakým jsem svůj desetiletý román s imunitním systémem přetvořil v něco hmatatelného, co vám snad zábavnou i poučnou formou představí ohromující a nádhernou spleť, díky níž den za dnem přežíváte.

Imunitní systém je bohužel vážně složitý, a to je ještě slabé slovo. Je složitý tak, že výprava na Mount Everest je proti tomu pohodovou procházkou v přírodě. A intuitivně tak, jako je čtení čínského překladu německého daňového zákoníku příjemnou zábavou na nedělní odpoledne. Imunitní systém představuje hned po lidském mozku tu nejkomplexnější biologickou soustavu, kterou lidstvo zná.

Čím obsáhlejší učebnice imunologie se vám dostane do ruky, tím víc se začne kupit podrobností, přibývat výjimek z pravidel a celý systém bude čím dál tím složitější, až se bude zdát, že se v každém konkrétním případě chová úplně jinak. Každíčká jeho součást má vícero úloh, funkcí a specializací, které se navzájem překrývají a ovlivňují. A i když všechny tyhle výzvy zdoláte a pořád byste chtěli přijít imunitnímu systému na kloub, narazíte na další potíž: na lidi, kteří ho popisují.

Vědci zásluhou usilovné práce a bezbřehé touhy po vědomostech položili základy úžasnému modernímu světu, který si dneska užíváme, a za to jim dlužíme velké díky. Jenže řada z nich to bohužel vůbec neumí s názvy a nedokáže svoje objevy pojmenovat srozumitelnou řečí. Ze všech vědních oborů patří imunologie v tomhle ohledu mezi největší hříšníky. Už tak obrovsky složité odvětví se hemží slovy jako hlavní histokompatibilní komplex I. a II. třídy, gama delta T-buňky, interferon alfa, beta, gama a kappa nebo komplementový systém obsahující složky s názvem komplex C4b2a3b. Nic z toho člověka dvakrát nemotivuje sáhnout po učebnici a pustit se do zkoumání imunitního systému na vlastní pěst. Ale i když od téhle překážky odhlédneme, spleť vazby mezi mnoha různými prvky imunitního systému doplněné o nespočet výjimek a neintuitivních pravidel představují výzvu samy o sobě. Imunologie je náročná disciplína pro lidi pracující ve zdravotnictví, pro studenty imunologie i pro největší kapacity v oboru.

Kvůli tomu všemu se fungování imunitního systému vysvětluje opravdu těžko. Když věci příliš zjednodušíte, připravíte zvědavého čtenáře o krásu a divy

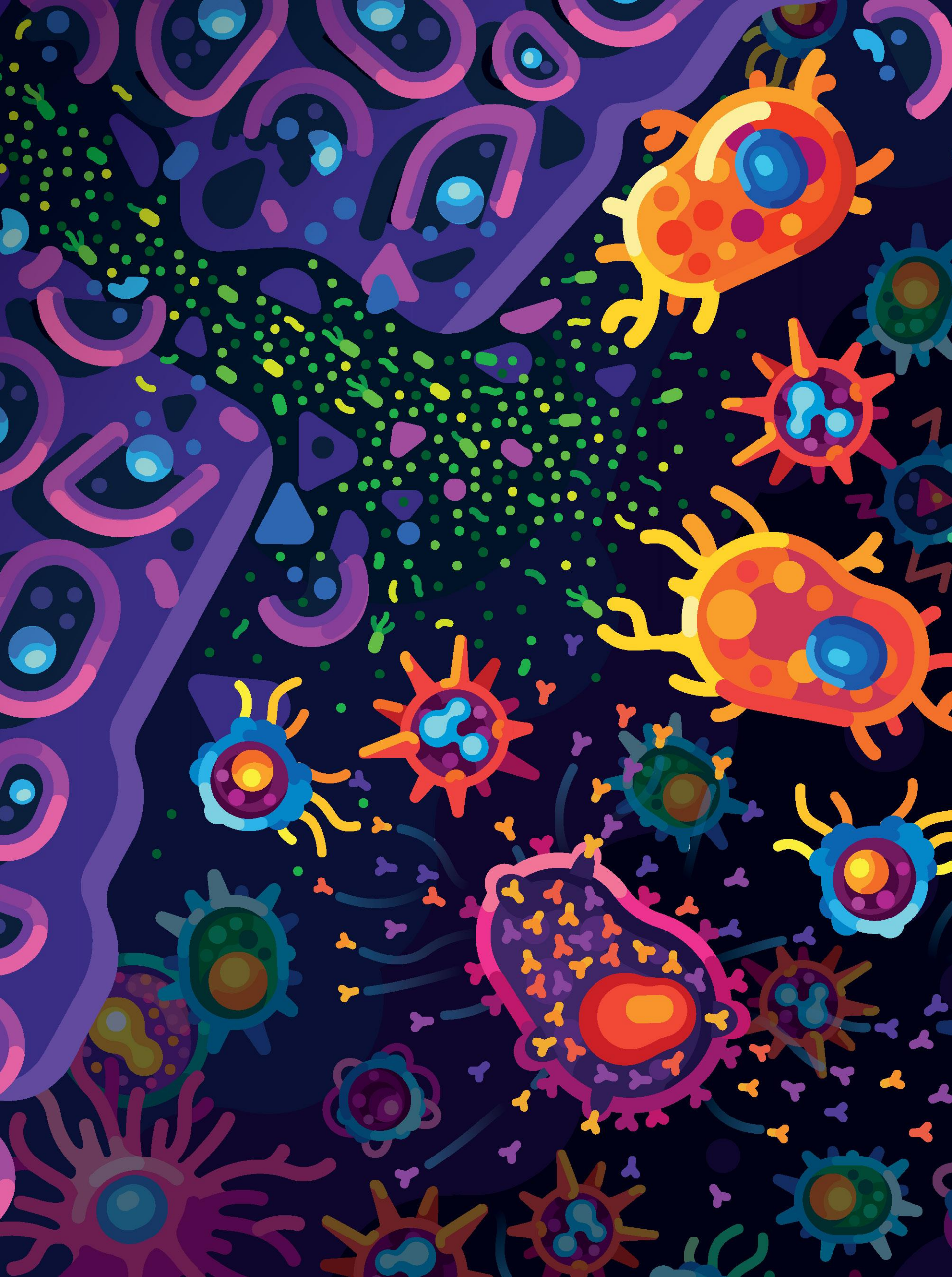
spočívající v evoluční genialitě nezměrně komplikované soustavy, která řeší ty nejpodstatnější problémy živých organismů. Jenže pokud naopak zahrnete příliš mnoho podrobností, člověka to rychle unaví a za chvíli odpadne. Asi jako kdybyste někomu hned na prvním rande odvykládali celou svou historii: zahltili byste ho a nejspíš byste ho už podruhé neviděli.

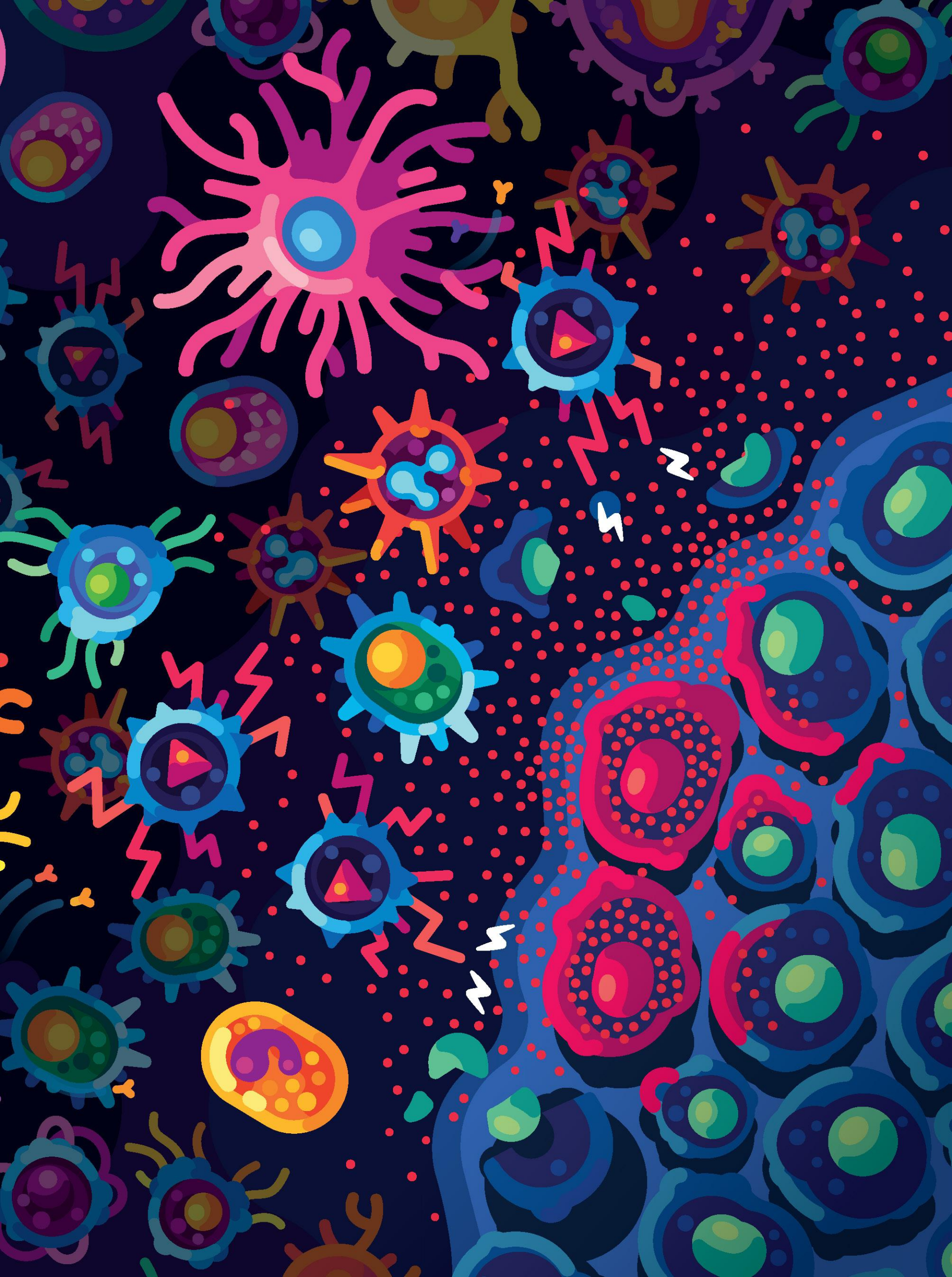
V téhle knize jsem se tedy snažil opatrně balancovat na pomezí všech zmíněných nástrah. Napsal jsem ji lidským jazykem a komplikované názvy jsem použil jen tam, kde nebylo zbylí. Kde to šlo, tam jsem všemožné procesy a interakce zjednodušil, ale zároveň se pořád držel vědeckých faktů. Náročnost jednotlivých kapitol kolísá, a tak jakmile dostanete nálož informací, čekají vás odlehčenější pasáže, abyste si trochu odpočinuli. A v pravidelných intervalech si probrané poznatky shrneme. Mým cílem je, aby se při čtení téhle knížky každý něco dozvěděl o vlastní imunitě a trochu se u toho pobavil. Jelikož je všechna ta složitost a krása úzce spjatá s vaším zdravím i přežitím, třeba si odnesete něco užitečného. A samozřejmě až příště onemocníte nebo se budete potýkat s nějakým neduhem, snad se na svoje tělo dokážete podívat jinýma očima.

Ještě jedno nezbytné upozornění: nejsem imunolog, ale popularizátor vědy a nadšenec do imunitního systému. Tahle kniha asi všechny imunology nepotěší — hned od začátku rešerší vyšlo najevo, že na detaily fungování imunitního systému existuje spousta různých názorů a mezi vědci, kteří je zastávají, panuje značná neshoda. (A přesně tak má věda vypadat!) Například někteří imunologové považují určité buňky za dávné přežitky bez jakékoli funkce, kdežto jiní je mají za nezbytný pilíř naší obrany. Takže jak to jen bylo možné, informace na následujících stranách se zakládají na rozhovorech s vědci, současné literatuře používané k výuce imunologie a odborně recenzovaných článcích.

Přesto bude někdy v budoucnu potřeba některé části téhle knihy aktualizovat. Což je dobře! Imunologie je dynamické odvětví, ve kterém se pořád něco děje a různé teorie či koncepce se neustále předhánějí. Imunitní systém je živé téma a v jednom kuse dochází k novým objevům. A to je skvělé, protože to znamená, že se dozvídáme stále víc o sobě i o světě, ve kterém žijeme.

Fajn! Než se do toho vrhneme a prozkoumáme, co vlastně imunitní systém dělá, nejdřív si definujme premisy, abychom měli pevnou půdu pod nohama. Co je imunitní systém, v jakém prostředí funguje a co jsou jeho složky, které







odvádějí samotnou práci? Až tyhle základy sfoukneme, podíváme se na to, co se stane, když se zraníte, a jak vám imunitní systém přispěchá na pomoc. Potom probereme vaše nejnáchylnější části a ukážeme si, jak se vás tělo snaží ubránit před závažnou infekcí. A nakonec se zaměříme na různé poruchy imunity, jako jsou alergie nebo autoimunitní onemocnění, a povíme si, jak můžete nebo nemůžete imunitní systém posílit. Ale všechno hezky popořádku — příběh začíná!

První část

# **Seznámení s imunitním systémem**



# 1 Co je imunitní systém?

PŘÍBĚH IMUNITNÍHO SYSTÉMU ZAČÍNÁ SPOLEČNĚ S PŘÍBĚHEM SAMOTNÉHO ŽIVOTA téměř před 3,5 miliardami let v jakési prapodivné louži na nehostinné a holé planetě. Netušíme, co byly tyhle prvotní organismy zač ani jaký byl jejich úděl, ale víme, že netrvalo dlouho a začaly se spolu prát. Jestli si myslíte, že život je těžký, protože musíte ráno brzy vstávat a chystat děti do školy nebo protože vám donesli vychladlý hamburger, první živé buňky na Zemi by vám o tom mohly něco vyprávět. Jakmile zjistily, že se chemické látky v okolí dají přeměnit na živiny, které lze využít a ještě z nich získat energii, několik raných buněk to vzalo zkratkou. Proč se s tím vším namáhat, když můžete krást od ostatních? To šlo zařídit různými způsoby, například někoho spolknout v celku nebo do něj provrtat díry a vysát mu vnitřnosti. Ovšem jednalo se o riskantní podnik, protože místo toho, že si bez práce pochutnáte, jste mohli sami skončit jako potrava zamýšlené oběti, zejména pokud byla větší a silnější než vy. Takže jiná a bezpečnější cesta ke kýžené odměně vedla do útrob kořisti, kde jste se pohodlně zabydleli. Jedli jste to, co váš hostitel, a hověli si v jeho hřejivém objetí. Bylo by to vlastně krásné, kdyby hostitel tolik netrpěl.

Spolu s tím, jak se z odčerpávání živin ostatním stala právoplatná strategie, začalo být evoluční nutností, aby se organismus proti takovým pijavicím dokázal ubránit. A tak spolu mikroorganismy bojovaly a zápolily rovnými zbraněmi po dalších 2,9 miliard let. Kdybyste měli stroj času a odcestovali byste do minulosti s úmyslem rozplývat se nad divy takového soupeření, docela byste se nudili, protože kromě pár sotva patrných bakteriálních povlaků na jakýchsi mokrých kamenech by nebylo nic dost velkého k vidění. Země byla prvních několika miliard let poměrně nezáživné místo. Dokud život neudělal zřejmě ten největší skok ve vlastní složitosti za celou svou historii.