

# IMUNITA

Cesta dovnútra záhadného systému,  
ktorý vás drží nažive

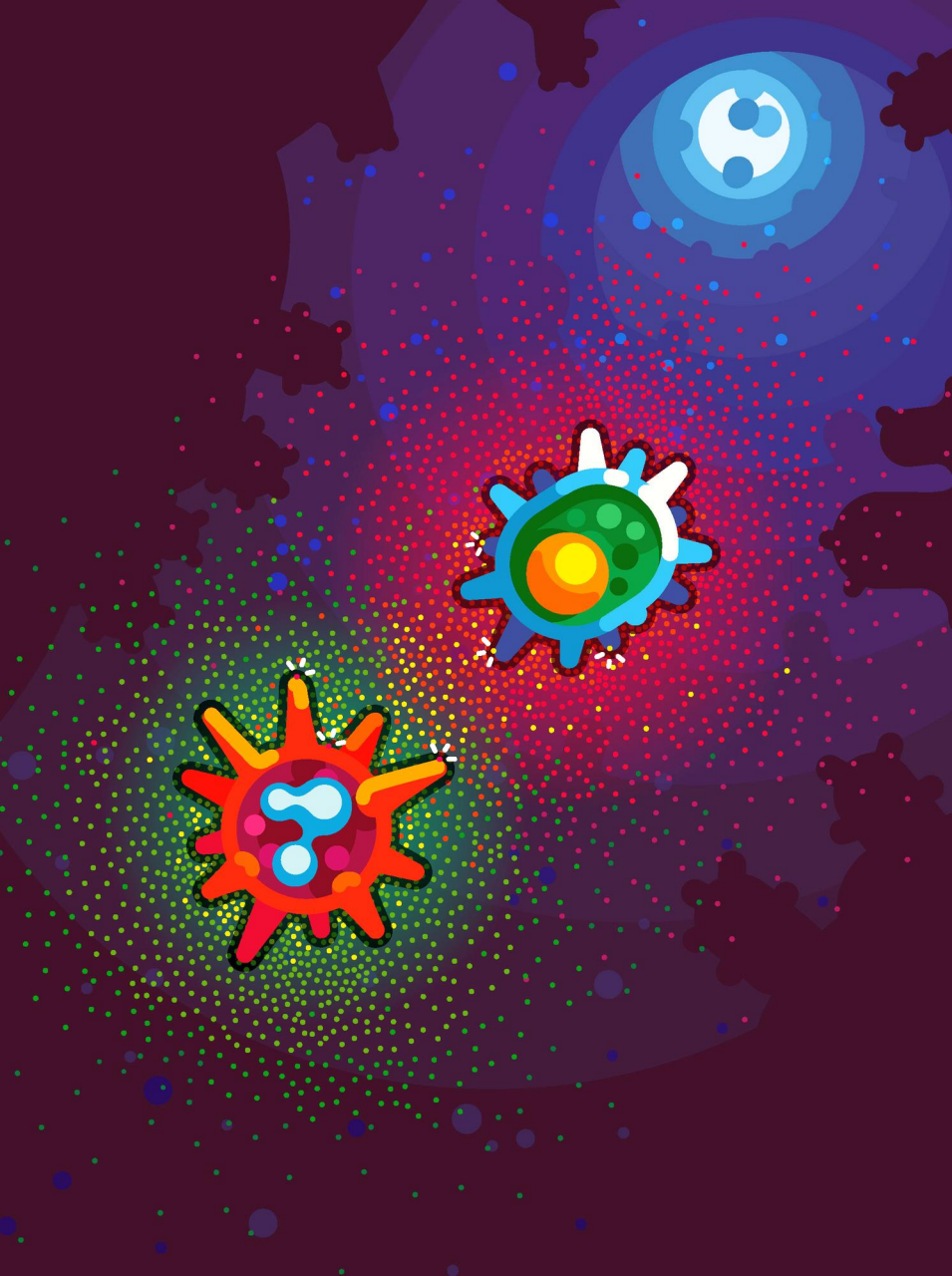


Philipp Dettmer

TATRAN



Imunita



# Imunita

Cesta dovnútra  
záhadného systému,  
ktorý vás drží nažive

Philipp Dettmer

TATRAN

Z anglického originálu Philipp Dettmer: IMMUNE,  
ktorý vyšiel vo vydavateľstve Random House, an imprint and division  
of Penguin Random House LLC, New York 2021,  
preložila Miroslava Bešešová.  
Vyšlo vo Vydavateľstve TATRAN, Bratislava 2022 ako 5339. publikácia.  
Vydanie I.  
Prebal podľa pôvodného návrhu spracoval Oto Dóra – DESIGN.  
Zodpovedná redaktorka Daniela Šinková  
Jazykové redaktorky Ivana Fábryová, Marta Bábiková  
Technická redaktorka Eva Zdražilová  
Sadzba Oto Dóra – DESIGN  
Vytlačil FINIDR, s.r.o., Český Těšín.

[www.slovtatran.sk](http://www.slovtatran.sk)

:: knihy pre **hodnotnejší** život

All rights reserved.

Copyright © 2021 by Philipp Dettmer  
Translation © Miroslava Bešešová 2022  
Slovak edition © Vydavateľstvo TATRAN 2022

ISBN 978-80-222-1292-2

Pre Cathi a Mochi





# Obsah

Úvod 13

## Časť prvá Zoznámte sa so svojim imunitným systémom

- 1 Čo je imunitný systém? 23
- 2 Čo treba obraňovať? 30
- 3 Čo sú bunky? 37
- 4 Ríše a kráľovstvá imunitného systému 47

## Časť druhá Katastrofálne poškodenie

- 5 Zoznámte sa so svojimi nepriateľmi 55
- 6 Púštne kráľovstvo kože 61
- 7 Porezanie 68
- 8 Vojaci vrodeneho imunitného systému: makrofágy a neutrofilny 75
- 9 Zápal: hra s ohňom 82
- 10 Nahé, slepé a vydesené: Ako bunky vedia, kam sa vydať? 88
- 11 Ovoniavanie stavebných kameňov života 94
- 12 Neviditeľná vražedná armáda: komplementový systém 99

## Imunita

- 13 Bunková spravodajská služba: dendritová bunka 108
- 14 Superdialnice a megamestá 113  
Poznámka na okraj: slezina a mandle – najlepší priatelia lymfatických uzlín 116
- 15 Príchod superzbraní 119
- 16 Najväčšia knižnica v univerze 123
- 17 Chutné recepty receptorov 125
- 18 Vražedná univerzita týmusu 129
- 19 Informácie na zlatej tácke: prezentácia antigénov 135
- 20 Prebudenie adaptívneho imunitného systému: T-lymfocyty 142
- 21 Zbrojárne a ostreľovacie pušky: B-lymfocyty a protilátky 149
- 22 Tanec téčka a béčka 160
- 23 Protilátky 164  
Poznámka na okraj: štyri triedy protilátok 167

## Časť tretia Nepriateľské prevzatie

- 24 Močiarne kráľovstvo sliznice 175
- 25 Zvláštny a jedinečný imunitný systém čriev 182
- 26 Čo je vírus? 188
- 27 Imunitný systém pľúc 194
- 28 Chrípka – „neškodný“ vírus, pred ktorým nemáte dostatočný rešpekt 198
- 29 Chemická vojna: Interferóny, interferujte! 206  
Poznámka na okraj: rozdiel medzi chrípkou a bežným prechladnutím 215
- 30 Okno do duše buniek 218
- 31 Špecialisti na zabíjanie – vražedné T-lymfocyty 224
- 32 Prirodzené zabíjače 231

- 33 Ako sa zbavujeme vírusovej infekcie 236
  - Poznámka na okraj: Prečo nemáme lepšie lieky proti vírusom? 239
- 34 Vypnutie imunitného systému 242
- 35 Imunita – Ako si váš imunitný systém navždy zapamätá nepriateľa 245
  - Poznámka na okraj: Čo vás nezabije, to vás neposilní: osyčky a pamätové bunky 250
- 36 Vakcíny a umelá imunizácia 252

## Časť štvrtá Povstanie a občianska vojna

- 37 Keď je imunitný systém prislabý: HIV a AIDS 265
- 38 Keď je imunitný systém priveľmi agresívny: alergie 271
- 39 Parazity a ako môžu imunitnému systému chýbať 278
- 40 Autoimúnne ochorenie 282
  - Poznámka na okraj: anergia 288
- 41 Hypotéza o hygiene a starí priatelia 290
- 42 Ako si posilniť imunitný systém 299
- 43 Stres a imunitný systém 306
- 44 Rakovina a imunitný systém 310
  - Poznámka na okraj: fajčenie a imunitný systém 321
- 45 Pandémia koronavírusu 324
- Záver 333

*Zdroje* 337

*Podakovania* 339

*Register* 341



# Úvod

PREDSTAVTE SI, ŽE SA RÁNO ZOBUDÍTE A CÍTITE SA TROCHU POD PSA. Škriabe vás v hrdle, tečie vám z nosa, trochu pokašliavate. Nie je to také zlé, aby ste nešli do práce, pomyslíte si, keď vkročíte do sprchy, otrávení zo svojho ťažkého života. Kým vy fňukáte ako dieťa, váš imunitný systém sa nesťažuje. Má plné ruky práce s tým, aby vás udržal pri živote, aby ste si mohli zafňukať aj na druhý deň. A tak kým sa vám po tele motajú votrelci zabíjajúci stovky tisíc vašich buniek, imunitný systém organizuje komplexnú obranu, komunikuje na dlhé vzdialenosti, aktivuje zložité obranné siete a rozdáva rýchle smrteľné rany miliónom, ak nie rovno miliardám nepriateľov. A to všetko, kým vy stojíte mierne otrávení v sprche.

Táto komplexnosť je však do veľkej miery skrytá.

Čo je naozaj škoda, pretože málo vecí má na kvalitu vášho života taký kľúčový vplyv ako imunitný systém. Je všeobjímajúci a chráni vás pred otravnými nepríjemnosťami, ako bežné prechladnutie, odreniny, rezné rany, aj pred život ohrozujúcimi stavmi od rakoviny cez zápal pľúc až po smrtiace infekcie ako COVID-19. Imunitný systém je rovnako nenahraditeľný ako srdce a pľúca. A v skutočnosti je jedným z najväčších a najrozšírenejších orgánových systémov v tele, hoci o ňom nezvykneme takto premýšľať.

Pre väčšinu z nás je imunitný systém vágna a nejasná entita, ktorá sa riadi zvláštnymi a netransparentnými pravidlami, a zdá sa, že občas pracuje a občas nie. Je trochu ako počasie, je extrémne ťažké ho predpovedať, je predmetom nekonečných špekulácií a názorov a podniká zdanlivo náhodné kroky. Nanešťastie, mnoho ľudí sa o imunitnom systéme vyjadruje sebaisto, no v skutočnosti mu nerozumejú. Je ťažké odhadnúť, ktorej

informácii veriť a prečo. Tak čo je vlastne imunitný systém a ako v skutočnosti funguje?

Pochopenie mechanizmov, ktoré vás držia pri živote, kým toto čítate, nie je len pekným cvičením v intelektuálnej zvedavosti; je zúfalo potrebným poznaním. Ak porozumiete imunitnému systému, pochopíte a oceníte vakcíny a to, ako môžu zachrániť život vám alebo vašim deťom. K ochoreniam a chorobám budete pristupovať s veľmi odlišným postojom a oveľa menším strachom. Nenaletíte tak ľahko predavačom hadieho oleja, ponúkajúcim zázraky na počkanie, ktorým absolútne chýba logika. Dokážete lepšie uchopiť druhy liekov, ktoré vám môžu v chorobe naozaj pomôcť. Naučíte sa, čo môžete urobiť na posilnenie imunitného systému. Deti uchránite pred nebezpečnými mikróbmi a nebudete sa priveľmi stresovať, keď sa pri hre vonku zašpinia. A vo veľmi nepravdepodobnom prípade, napríklad takej globálnej pandémie vám vedomosť o tom, čo s vami robí vírus a ako s ním telo bojuje, pomôže pochopiť slová expertov na verejné zdravie.

Okrem všetkých týchto praktických a užitočných vecí je imunitný systém prosto aj krásny, je to div prírody ako žiadny iný. Nie je obyčajným nástrojom na zbavenie sa kašľa. Je neoddeliteľne spojený s takmer všetkými ostatnými procesmi v tele – a hoci ho potrebujete, aby ste ostali nažive, môže vám spôsobiť aj predčasnú smrť, či už svojím zlyhaním alebo tým, že bude priveľmi aktívny.

Neuveriteľná zložitosť ľudského imunitného systému ma fascinuje a uchvacuje už takmer desať rokov. Začalo sa to na univerzite, kde som študoval informačný dizajn. Hľadal som semestrálny projekt a imunitný systém sa mi javil ako dobrý nápad. Zadovážil som si teda kopu kníh o imunológii a začal som sa v nich vrtať, no nech som čítal koľkokol'vek, bolo to stále rovnako zložitú. Čím viac som sa toho dozvedel, tým nemožnejšie sa mi zdalo imunitný systém zjednodušiť, lebo každá ďalšia vrstva odhaľovala viac mechanizmov, viac výnimiek, viac komplikovanosti.

A tak sa projekt, ktorý mal trvať jednu jar, natiahol až do leta, potom do jesene a zimy. Interakcie medzi jednotlivými časťami imunitného systému boli priveľmi elegantné a ich tanec priveľmi krásny, aby som ich prestal študovať. Tento vývoj zásadne zmenil môj pohľad na vlastné telo.

Keď som dostal chrípku, nemohol som sa už len sťažovať. Musel som sa pozrieť na svoje telo, dotknúť sa opuchnutých lymfatických uzlín a predstavovať si, čo v tej chvíli robia moje imunitné bunky, ktorá časť siete je aktivovaná a ako T-lymfocyty zabili milióny votrelcov, aby ma ochránili. Keď som sa z nepozornosti porezal v lese, cítil som vďaka za svoje makrofágy, veľké imunitné bunky prenasledujúce vystrašené baktérie, ktoré po-trhali na kusy, aby otvorenú ranu uchránili pred infekciou. Keď som si odhryzol z nesprávnej müsli tyčinky a dostal som alergickú reakciu, cestou do nemocnice som premýšľal o mastocytoch a protilátkach IgE, ktoré ma takmer zabili pri pomýlenom pokuse o moju ochranu pred strašidelným jedlom!

Keď mi ako tridsaťdvaročnému diagnostikovali rakovinu a musel som podstúpiť viacero operácií a chemoterapiu, moja posadnutosť imunológiou sa ešte zintenzívnila. Jednou z úloh môjho imunitného systému je zabiť rakovinu. V tomto prípade zlyhal.

Akosi som sa však nedokázal hnevať ani byť podráždený. Vedel som, ako sa moje imunitné bunky narobili a ako veľmi sa musela snažiť rakovina, aby si ich podmanila. A keď chemoterapia rakovinu rozpustila, znova som premýšľal nad imunitnými bunkami, ktoré napádali a bunku po bunke požierali zomierajúce tumory.

Choroby a ochorenia sú strašidelné a znepokojivé a ja som ich mal v živote dosť. No vedomie, že bunky a imunitný systém, táto moja neoddeliteľná a vlastná súčasť, obraňovali moju entitu, bojovali, umierali, liečili a obnovovali telo, ktoré obývam, ma vždy upokojilo. Vedomosti o imunitnom systéme spravili môj život lepším a zaujímavejším a do veľkej miery zmiernili úzkosť, ktorá sprevádza ochorenie. Poznanie imunitného systému vždy uviedlo veci na pravú mieru.

Pre tento pozitívny vplyv a preto, aká zábava bola učiť sa a čítať si o imunitnom systéme, sa z neho stal dlhodobý koníček. Napokon sa zo mňa stal vedecký komunikátor a vysvetľovanie zložitých vecí je dnes mojím životným poslaním. Zhruba pred ôsmimi rokmi som založil Kurzgesagt – In a Nutshell (V skratke, pozn. prekladateľky), youtubový kanál, v ktorom sa usilujeme podávať vedecké informácie zrozumiteľne a príťažlivo. Začiat-



kom roka 2021 sa tím Kurzgesagt pracujúci na tejto vízii rozrástol na vyše štyridsať ľudí, kanál pritiahol vyše štrnásť miliónov odberateľov a každoročne má okolo tridsať miliónov videní. Keď teda jestvuje táto veľká platforma, prečo si dať námahu s písaním knihy? Nuž, hoci niektoré z našich najúspešnejších videí boli o imunitnom systéme, vždy ma mávalo, že som túto úžasnú tému nemohol preskúmať do hĺbky, akú si zasluhuje. Desaťminútové video na to prosto nestačí. Táto kniha teda predstavuje spôsob, ako moju desaťročnú romancu s imunitným systémom premeniť na čosi hmatateľné, čo vám azda zábavnou formou pomôže pochopiť ohromujúci, nádherný a zložitý systém, ktorý vám umožňuje prežiť každý deň.

Nanešťastie, imunitný systém je veľmi komplikovaný, hoci ani to slovo nie je dostatočne výstižné. Je taký komplikovaný, že výstup na Mount Everest je popri ňom prechádzkou ružovou záhradou. Je asi taký intuitívny, ako je čítanie čínskeho prekladu daňového kódu Nemecka príjemnou nedeľnou kratochvíľou. Po ľudskom mozgu je imunitný systém najzložitejší biologický systém známy človeku.

Čím hrubšiu knihu o imunológii čítate, tým viac vrstiev detailov sa začne nabalovať, tým viac výnimiek z pravidla sa objaví, tým zložitejším sa systém stáva a tým špecifickejším sa javí byť pre každú možnú eventualitu. Každá jedna z mnohých jeho častí má viacero úloh, funkcií a špecializácií, ktoré sa prekrývajú a navzájom ovplyvňujú. A ak vás tieto výzvy neodradia a stále budete chcieť imunitný systém pochopiť, narazíte na ďalší problém: ľudí, ktorí ho opisujú.

Vedci svojou tvrdou prácou a nekonečnou zvedavosťou položili základy úžasného moderného sveta, ktorý si dnes užívame, a za to im patrí naša veľká vďaka. Nanešťastie, mnohí pri svojich objavoch vyberajú veľmi nevhodné názvy a používajú nezrozumiteľný jazyk. Imunológia je v tomto jednou z najhorších vedeckých disciplín. Už aj bez toho ohromujúco zložitú odvetvie je navyše prešpikované pojmi ako MHC I. a II. triedy, gama/delta T-lymfocyty, interferón alfa, beta, gama a kappa a komplementový systém s C5-konvertázou s názvom C4b2a3b. Nič z tohto neurobí z čítania učebnice a učenia sa o imunitnom systéme na vlastnú päsť potešenie. No aj bez tejto prekážky sú zložité vzťahy mnohých rozličných aktérov

imunitného systému výzvou pre svoje nespočetné výnimky a neintuitívne pravidlá. Imunológia je zložitá dokonca aj pre ľudí pracujúcich vo verejnom zdravotníctve, dokonca aj pre tých, čo ju študujú, dokonca aj pre najpoprednejších expertov v tejto oblasti.

Pre toto všetko sa imunitný systém vysvetľuje veľmi ťažko. Ak veci príveľmi zjednodušíte, študenta pripravíte o krásu a čaro čírej a nekonečnej komplexnosti z geniálnej dielne evolúcie, ktorá rieši najkľúčovejšie problémy živých bytostí. Ak však zjídete príveľmi do detailov, rýchlo prestane stíhať. Ak by ste mu vymenovali všetko, každú časť imunitného systému, bolo by toho naňho prosto priveľa. Bolo by to, ako vyrozprávať človeku celý svoj životný príbeh na prvom rande: zahltili by ste ho informáciami a veľmi pravdepodobne by o vás stratil záujem.

V tejto knihe chcem opatrne preklúčkovať okolo všetkých týchto problémov. Budem sa vyjadrovať ľudsky a používať zložité slová, len keď to bude nevyhnutné. Keď to bude vhodné, procesy a interakcie zjednoduším, no stále budú čo najvedeckejšie. Niektoré kapitoly budú zložitejšie, iné jednoduchšie, keď vás teda zahltím množstvom informácií, potom budú nasledovať jednoduchšie, oddychové časti. A v pravidelných intervaloch budeme sumarizovať, čo sme sa naučili. Chcem, aby táto kniha umožnila každému pochopiť imunitný systém aj sa pritom trochu zabaviť. A keďže táto zložitosť a krása úzko súvisia s vaším zdravím a prežitím, možno sa dokonca naučíte čosi užitočné. Keď najbližšie ochoriete alebo sa budete musieť pasať s chorobou, azda sa budete vedieť na svoje telo pozrieť z odlišnej perspektívy.

A ešte obligátne zrieknutie sa zodpovednosti: nie som imunológ, ale vedecký komunikátor a nadšenec imunitného systému. Táto kniha nepoteší každého imunológa – hneď od začiatku výskumu bolo jasné, že na detaily imunitného systému jestvuje mnoho odlišných názorov a ich zástancovia z vedeckej obce sa o ne sporia. (A tak by veda mala fungovať!) Napríklad niektorí imunológovia považujú určité bunky za zbytočné fosílie, kým iní si myslia, že sú pre vašu obranu kľúčové. Táto kniha je teda do najväčšej možnej miery založená na konverzáciách s vedcami, na súčasnej literatúre, ktorá sa používa na výučbu imunológie, a na recenzovaných článkoch.

