

Turinys

Jžanga xi

1 dalis. Susipažinkite su savo imunine sistema

- 1 Kas yra imuninė sistema? 3
- 2 Ką reikia ginti? 10
- 3 Kas yra jūsų ląstelės? 17
- 4 Imuninės sistemos imperijos ir karalystės 27

2 dalis. Katastrofiška žala

- 5 Susipažinkite su savo priešais 35
- 6 Odos dykumų karalystė 41
- 7 Žaizda 48
- 8 Įgimtosios imuninės sistemos kariai: makrofagai ir neutrofilai 55
- 9 Uždegimas. Žaidimas su ugnimi 62
- 10 Nuogos, aklos ir įbaugintos. Kaip ląstelės žino, kur keliauti? 68
- 11 Sudedamųjų gyvybės dalių kvapas 74
- 12 Nematomų žudikų kariauna. Komplemento sistema 79
- 13 Ląstelių žvalgyba. Dendritinė ląstelė 88

- 14 Supergreitkeliai ir didmiesčiai 93
Papildoma informacija. Blužnis ir tonzilės – geriausi limfmazgių draugai 96
- 15 Superpajėgų atvykimas 99
- 16 Didžiausia biblioteka visatoje 103
- 17 Geri receptorių receptai 105
- 18 Užkrūčio liauka – žudikų universitetas 109
- 19 Informacija auksinėje lėkštutėje. Antigeno pristatymas 115
- 20 Įgytosios imuninės sistemos pabudimas. T ląstelės 122
- 21 Ginklų gamyklos ir snajperių šautuvai. B ląstelės ir antikūnai 129
- 22 T ir B ląstelių šokis 140
- 23 Antikūnai 144
Papildoma informacija. Keturios antikūnų klasės 146

3 dalis. Priešiškas perėmimas

- 24 Gleivinės pelkių karalystė 155
- 25 Keista ir nepaprasta jūsų žarnyno imuninė sistema 162
- 26 Kas yra virusas? 168
- 27 Jūsų plaučių imuninė sistema 174
- 28 Gripas – „nekenksmingas“ virusas, kurio neįvertinate 178
- 29 Cheminis karas. Interferonai, įsikiškite! 186
Papildoma informacija. Gripo skirtumas nuo peršalimo 195
- 30 Langas į ląstelių sielą 198
- 31 T ląstelės žudikės – žudymo specialistės 204
- 32 Natūraliosios žudikės 211
- 33 Kaip sunaikinama virusinė infekcija 216
Papildoma informacija. Kodėl nėra geresnių vaistų nuo virusų? 219

- 34 Imūnās sistēmas sustābdymas 222
- 35 Imūnitēta apsaugoti – kāp imūnā sistēma visiem laikam jāsīmēna priesā 225
Papildoma informācija. Tai, kas jūsu nenužudo, nepadaro jūsu stipresnīu.
Tymai ir atminties lāstelēs 230
- 36 Vakcīnos ir dirbtīnē imūnizācija 232

4 dalis. Sukilimas ir pilietinis karas

- 37 Kai imūnā sistēma per silpna. ŽIV ir AIDS 245
- 38 Kai imūnā sistēma pernelyg agresyvi. Alerģijas 251
- 39 Parazītai ir kāp imūnā sistēma gali jū nepastebēti 258
- 40 Autoimūnās līgos 262
Papildoma informācija. Anergija 268
- 41 Higjēnos hipotēzē ir seni draugai 270
- 42 Kāp sustiprinti imūnā sistēmā 279
- 43 Stresas ir imūnā sistēma 286
- 44 Vēžys ir imūnā sistēma 290
Papildoma informācija. Rūkymas ir imūnā sistēma 300
- 45 Koronavīruso pandemija 303
Baigjāmasis žodis 313

Šaltiniai 317

Padēkos 319

Rodyklē 321

Įžanga

Įsivaizduokite, kad ryte atsibundate ir jaučiatės prastokai. Įkyriai skauda gerklę, bėga nosis, šiek tiek kosite. Bet žengdami į dušą ir gerokai irzdami, kad gyvenimas toks sunkus, pagalvojate: apskritai ne taip viskas ir blogai, todėl neiti į darbą priežasties nėra. Nors elgiatės panašiai kaip verkšlenantis kūdikis, jūsų imuninė sistema nesiskundžia. Ji iš visų jėgų stengiasi išsaugoti jūsų gyvybę, kad galėtumėte verkšlenti ir kitą dieną. Taigi, kol po jūsų kūną bastosi įsibrovėliai, pražudydami šimtus tūkstančių ląstelių, imuninė sistema telkia kompleksinę gynybą, didžiuliais atstumais palaiko komunikaciją, aktyvina sudėtingus apsaugos tinklus ir greitai sunaikina milijonus, o gal milijardus priešų. Ir visa tai vyksta tuo metu, kai jūs gana suirzę stovite duše.

Tačiau šios sudėtingos sistemos dažniausiai veikia slapta.

Ir labai gaila, mat nedaug dalykų turi tokią lemiamą įtaką jūsų gyvenimo kokybei kaip imuninė sistema. Ji įtraukia ir apima viską, nes saugo jus ir nuo įkyrių, bet paprastų nemalonumų, pavyzdžiui, peršalimo, įdrėskimų ar įpjovimų, ir nuo gyvybei pavojingų dalykų – vėžio ar plaučių uždegimo, ir nuo mirtinų infekcijų, tokių kaip COVID-19. Jūsų imuninė sistema tokia pat nepakeičiama kaip ir širdis ar plaučiai. Tiesą sakant, ji yra viena didžiausių ir labiausiai išplitusių organų sistemų jūsų kūne, nors šitaip mes paprastai jos nevadiname.

Daugeliui mūsų imuninė sistema yra neaiškus, į debesį panašus darinys, kuris vadovaujasi keistomis, neskaidriomis taisyklėmis ir, rodos, kartais veikia, o kartais ne. Ji truputį primena orus, mat yra nepaprastai sunkiai nuspėjama ir sukelia begalę spėlionių bei nuomonių, todėl jos veiksmai mums atrodo atsitiktiniai. Deja, daugelis žmonių apie imuninę sistemą kalba užtikrintai, nors kai jos iš tikrųjų nesupranti, sunku žinoti, kuria informacija ir kodėl galima pasitikėti. Tačiau kas apskritai yra imuninė sistema ir kaip ji iš tiesų veikia?

Mechanizmų, saugančių jūsų gyvybę, kol skaitote šį tekstą, supratimas yra ne tik malonus intelektualinio smalsumo lavinimas, bet ir nepaprastai reikalingos žinios. Žinodami, kaip veikia imuninė sistema, įvertinsite skiepų naudą ir suprasite, kaip jie gelbsti jūsų ar jūsų vaikų gyvybę, o apie ligas bei negalavimus galvosite visai kitaip, žymiai mažiau baimindamiesi. Jus gerokai menčiau paveiks vaistų „nuo visų ligų“ pardavėjai, siūlantys stebuklingas gydomąsias priemones, prieštaraujančias bet kokiai logikai. Geriau suprasite, kokie vaistai jums iš tikrųjų padės susirgus. Sužinosite, kaip galite sustiprinti imuninę sistemą. Galėsite apsaugoti savo vaikus nuo pavojingų mikrobus ir tuo pat metu pernelyg nesijaudinti, jei žaisdami lauke jie susipurvins. O, tarkime, labai mažai tikėtina pasaulinės pandemijos atveju žinios apie tai, kaip jus paveikia virusai ir kaip organizmas su jais kovoja, padės suprasti, ką sako visuomenės sveikatos specialistai.

Be visų šių praktiškų ir naudingų dalykų, imuninė sistema taip pat yra tiesiog nuostabus gamtos stebuklas, nepanašus į jokią kitą. Imuninė sistema nėra tik kažkoks kosulį numalšinantis reiškinys. Ji glaudžiai susijusi beveik su visais kitais jūsų organizmo procesais – nors atlieka lemiamą vaidmenį saugodama jūsų gyvybę, tikėtina, dėl savo nepakankamo arba per didelio aktyvumo gali tapti ir jūsų ankstyvos mirties priežastimi.

Jau beveik dešimtmetį lyg apsėstas žaviuosi neįtikėtina žmogaus imuninės sistemos sudėtingumu. Viskas prasidėjo universitete, kai studijavau informacinį dizainą ir svarsčiau, kokio semestro projekto imtis, o tema apie imuninę sistemą pasirodė visai gera. Taigi gavau didžiulę krūvą knygų apie imunologiją ir pradėjau gilintis, bet, kad ir kiek skaičiau, niekas man nepaiškėjo. Kuo daugiau sužinodavau, tuo labiau atrodė, kad paprastai paaiškinti imuninės sistemos neįmanoma, mat kiekvienas sluoksnis atskleisdavo dar daugiau struktūrų, daugiau išimčių, daugiau sudėtingų dalykų.

Tad projektas, turėjęs trukti tik pavasarį, užsitęsė visą vasarą, paskui rudenį ir žiemą. Imuninės sistemos dalių sąveika pernelyg elegantiška, o jų šokamas šokis – per daug nuostabus, kad nustočiau gilintis. Šis procesas iš esmės pakeitė tai, kaip suvokiu ir jaučiu savo kūną.

Susirgęs gripu nebegalėjau tiesiog dejuoti – turėjau pažvelgti į savo kūną, paliesti patinusius limfmazgius ir įsivaizduoti, ką šiuo metu daro mano imuninės ląstelės, kuri sistemos dalis ima aktyviai veikti ir kaip T ląstelės nužudo milijonus įsibrovėlių, kad mane apsaugotų. Kai sykį miške neatsargiai susižeidžiau,

pasijutau dėkingas savo makrofagams, didelėms imuninėms ląstelėms, kurios medžioja išsigandusias bakterijas ir suplėšo jas į gabalus, kad nuo infekcijos apsaugotų atvirą žaizdą. Kai prarijau netinkamos granolos batonėlio kąsnį, patyriau alerginį šoką ir buvau skubiai vežamas į ligoninę, galvojau apie putliąsias ląsteles (mastocitus) bei IgE antikūnus – jie manęs vos nepražudė, klaidingai stengdamiesi apsaugoti nuo siaubą keliančio maisto!

Trisdešimt dvejų man diagnozavo vėžį, turėjau iškęsti porą operacijų ir chemoterapiją, bet mano pamišimas dėl imunologijos vis labiau stiprėjo. Vienas iš imuninės sistemos uždavinių – naikinti vėžį. Maniškei tąkart nepavyko.

Bet niekaip negalėjau nei ant jos pykti, nei per daug nusiminti, nes žinojau, koks sunkus šis darbas mano imuninėms ląstelėms ir kaip smarkiai stengtis turi vėžys, kad imtų jas kontroliuoti. Chemoterapijai tirpdant vėžį, mano mintys vėl sukosi apie tai, kaip imuninės ląstelės išsiskverbia į mirštančius auglius ir vieną po kito juos suryja.

Ligos ir negalavimai yra baisūs, nerimą keliantys dalykai, ir man gyvenime daug jų teko patirti. Tačiau žinojimas, kaip mano ląstelės, mano imuninė sistema, ši neatsiejama ir asmeninė mano paties dalis, gina esybę, kuri esu aš, kaip kovoja ir žūsta, gydo ir atkuria šį kūną, kuriame gyvenu, visada mane labai guodė. Mokymasis apie imuninę sistemą padarė mano gyvenimą geresnį ir įdomesnį, be to, smarkiai sumažino nerimą, kuris kyla susirgus. Žinios apie imuninę sistemą visuomet padeda į viską pažvelgti kitomis akimis.

Dėl šio teigiamo poveikio ir tiesiog dėl smagumo mokytis ir skaityti apie imuninę sistemą tai virto mano nuolatiniu pomėgiu, mat galiausiai tapau mokslo populiarintoju, o sudėtingų dalykų aiškinimas tapo mano gyvenimo tikslu. Maždaug prieš aštuonerius metus įkūriau „Kurzgesagt – In a Nutshell“, „YouTube“ kanalą, kurio tikslas – suprantamai ir patraukliai pateikti informaciją, o kartu kuo tiksliau perteikti mokslo žinias. 2021 metų pradžioje „Kurzgesagt“ komanda išaugo iki daugiau nei keturiasdešimties žmonių, įgyvendinančių šią viziją, o kanalas sulaukė per keturiolika milijonų prenumeratorių ir kiekvieną mėnesį pasiekia apie trisdešimt milijonų žiūrovų. Taigi, jei platforma tokia populiari, kam man kęsti siaubingą šios knygos rašymo procesą? Na, nors vieni sėkmingiausių mūsų filmukų yra apie imuninę sistemą, man nuolat nedavė ramybės mintis, kad šios nuostabios temos neišnagrinėjau taip nuodugniai, kaip ji nusipelno. Dešimties minučių trukmės vaizdo įrašo tam paprasčiausiai nepakanka. Todėl ši knyga – tai būdas paversti mano dešimtmetį trunkantį

meilės romaną su imunine sistema labiau apčiuopiamu, o aš tikiuosi, kad ji naudingai ir smagiai padės jums sužinoti apie šią stulbinančią, nuostabią ir sudėtingą sistemą, kasdien saugančią jūsų gyvybę.

Deja, imuninė sistema labai sudėtinga, nors šis žodis nepakankamai stiprus. Imuninė sistema tokia sudėtinga, kad, palyginti su ja, kopimas į Everesto viršukalnę yra malonus pasivaikščiojimas gamtoje. Ji tiek pat intuityviai suprantama, kiek ir Vokietijos mokesčių kodekso vertimo į kinų kalbą skaitymas yra smagi sekmadienio popietės veikla. Imuninė sistema – sudėtingiausia žmonijai žinoma biologinė sistema po žmogaus smegenų.

Kuo didesnį imunologijos vadovėlių skaitai, tuo daugiau informacijos sluoksnių pradeda kauptis, atsiranda vis daugiau taisyklių išimčių, sistema tampa vis sudėtingesnė ir vis labiau atrodo, kad ji kiekvienu įmanomu atveju veikia vis kitaip. Gausybė jos dalių turi begalę darbų, funkcijų ir kompetencijų sričių, kurios susipina ir daro įtaką viena kitai. Bet netgi jei jums pavyks įveikti šiuos iššūkius ir vis dar norėsite perprasti imuninę sistemą, jūsų lauks dar viena problema: apie imunitetą kalbantys ir rašantys žmonės.

Sunki darbu ir begaliniu smalsumu mokslininkai paklojo pamatus nuostabiam šiuolaikiniam pasauliui, kuriuo dabar galime džiaugtis, ir mes už tai jiems labai dėkingi. Deja, savo atrastiems dalykams mokslininkai dažnai visiškai nesugeba sugalvoti gerų pavadinimų ir kalbėti apie juos suprantama kalba. Šiuo požiūriu imunologijos mokslas yra vienas didžiausių netikėlių tarp visų mokslo sričių. Šioje srityje, kurios sudėtingumas jau ir taip net kvapą gniaužia, gausu tokių žodžių, kaip I ir II klasės audinių dermės kompleksas, gama-delta T ląstelės, interferonai alfa, beta, gama ir kapa ar komplemento sistema, kurios veikėjai pavadinti C4b2a3b kompleksu. Visa tai anaip tol nepadeda su malonumu imti į rankas vadovėlių ir savarankiškai mokytis apie imuninę sistemą. Tačiau net ir be šios kliūties sudėtingi gausybės skirtingų imuninės sistemos veiksmų ryšiai, pasižymintys nesuskaičiuojama daugybe išimčių ir nesuprantamomis taisyklėmis, patys savaime yra iššūkis. Imunologija – sudėtingas dalykas net visuomenės sveikatos srityje dirbantiems specialistams, net imunologiją studijuojantiems žmonėms, net didžiausiems šios srities ekspertams.

Visa tai lemia, kad imuninę sistemą paaiškinti siaubingai sunku. Jei ryžtisi viską labai supaprastinti, atimi iš besimokančiojo grožį ir nuostabą, evoliucijos genijaus paslėptus tame begaliniame sudėtingume, sprendžiančiame

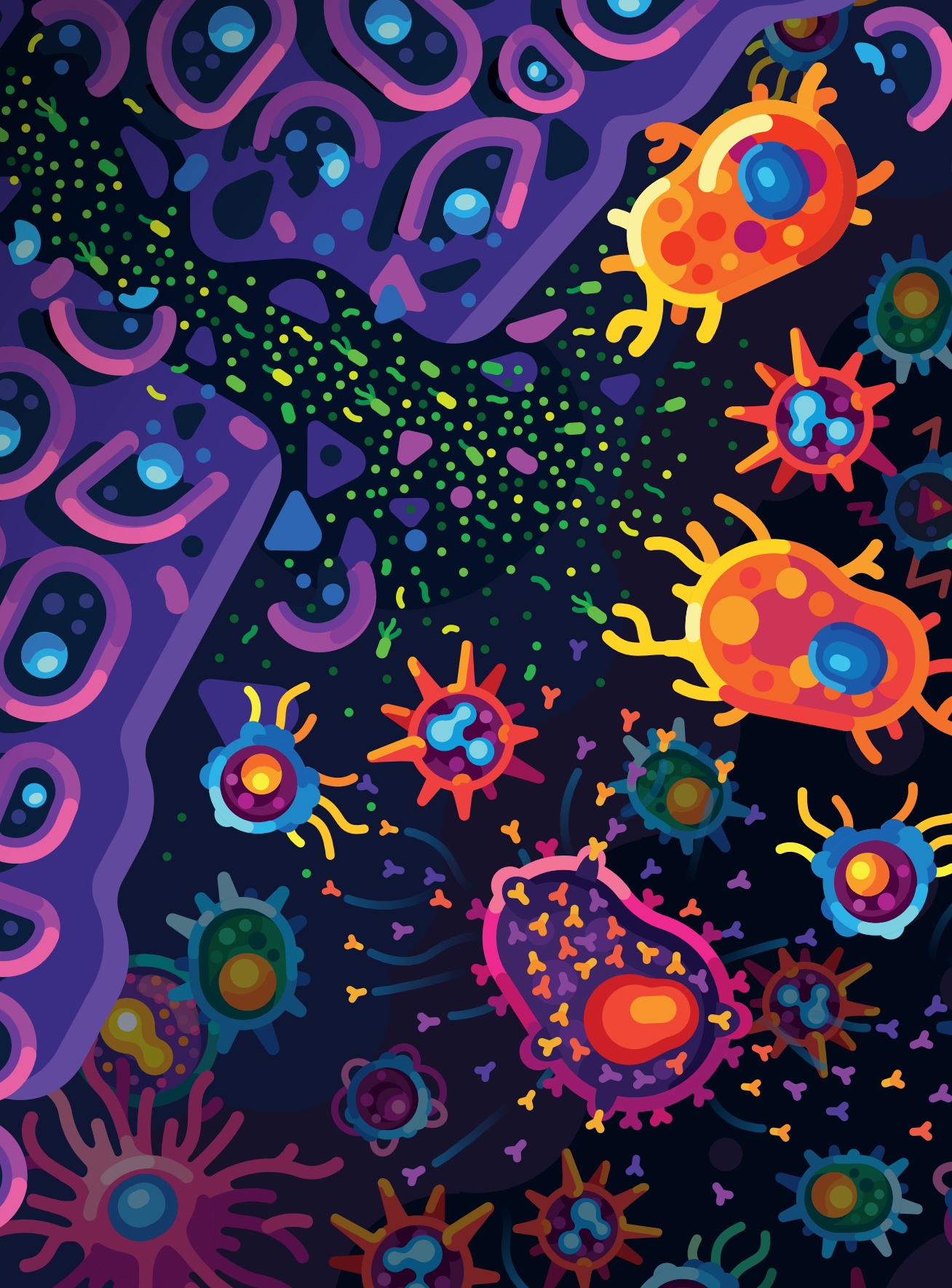
svarbiausias gyvų būtybių problemas. Tačiau jei įtrauksi per daug detalių, jos greitai taps sunkiai suvokiamos. Išvardyti viską – kiekvieną imuninės sistemos dalį – yra tiesiog per daug. Čia kaip per pirmą pasimatymą išpasakoti visą savo gyvenimo istoriją – to tikrai būtų per daug ir labai galimas daiktas, kad toliau susitikinėti jis ar ji nenorėtų.

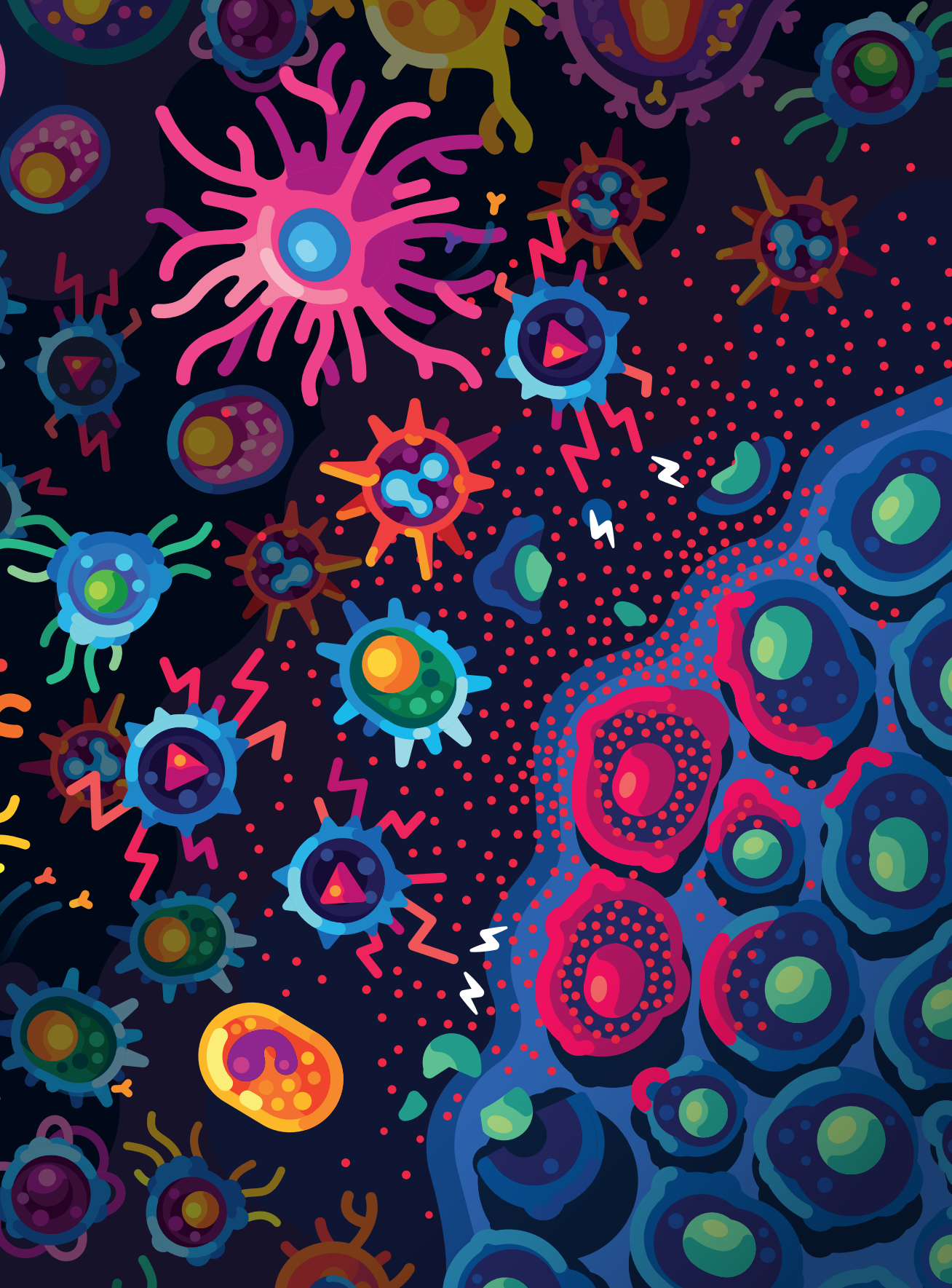
Taigi mano tikslas rašant šią knygą – pasistengti atsargiai apeiti visas šias problemas. Joje pasitelkiu žmonišką kalbą, o sudėtingus žodžius vartoju tik labai prireikus. Kur įmanoma, procesus ir sąveikas supaprastinu, bet stengiuosi kuo tiksliau perteikti mokslo žinias. Skyriai pramaišiu sudėtingesni ir lengvesni, todėl po vietų, kuriose pateikiama itin daug informacijos, lauks ramesnės dalys, kad galėtumėte truputį atsipalaiduoti. Be to, nuolat apibendrinsime naujas žinias. Noriu, kad ši knyga kiekvienam padėtų suprasti savo imuninę sistemą, o tai darant – ir šiek tiek pasilinksminti. O kadangi imuniteto sudėtingumas ir grožis glaudžiai susiję su jūsų sveikata ir gyvybe, galbūt tikrai sužinosite ką nors naudingo. Ir, žinoma, tikiuosi, kad kitą kartą, kai susirgsite ar turėsite kovoti su rimta liga, gebėsite pažvelgti į savo kūną iš kitos perspektyvos.

Be to, štai privaloma išlyga: aš ne imunologas, o mokslo populiarintojas ir imuninės sistemos entuziastas. Ši knyga vieno kito imunologo nepradžiugins – nuo pat tyrimo pradžios tapo akivaizdu, kad apie imuninės sistemos detales egzistuoja daug skirtingų nuomonių ir koncepcijų, o jas puoselėjantys mokslininkai tarpusavyje labai nesutaria (beje, būtent taip ir turi veikti mokslas!). Pavyzdžiui, vieni imunologai tam tikras ląsteles laiko nenaudingomis iškasenomis, o kiti mano, kad jos gyvybiškai būtinos organizmo gynybai. Tad ši knyga kiek įmanoma paremta pokalbiais su mokslininkais, naujausia literatūra, naudojama mokant imunologijos, ir recenzuojamais moksliniais straipsniais.

Vis dėlto kada nors ateityje kai kurias knygos dalis reikės atnaujinti. Ir tai gerai! Imunologijos mokslas – dinamiška sritis, čia vyksta daug nuostabių dalykų, o įvairios teorijos ir idėjos sąveikauja tarpusavyje. Imuninė sistema yra gyva tema ir joje vis dar vyksta dideli atradimai. Puiku, nes tai reiškia, jog vis daugiau sužinome apie save ir pasaulį, kuriame gyvename.

Na gerai! Prieš puldami tyrinėti, ką gi veikia jūsų imuninė sistema, pirmiausia susitarkime dėl apibrėžimo – taip nuo pat pradžių turėsime tvirtą pagrindą. Kas yra imuninė sistema, kokiomis aplinkybėmis ji veikia ir kas yra tos mažulytės





dalelės, atliekančios tikrąjį darbą? Apžvelgę šiuos pagrindinius dalykus, aptarsime, kas nutinka jums susižeidus ir kaip imuninė sistema atskuba jūsų ginti. Tada pakalbėsime apie pažeidžiamiausias jūsų dalis ir pažiūrėsime, kaip organizmas bando apsisaugoti nuo rimtos infekcijos. Galiausiai apžvelgsime įvairius imuninės sistemos sutrikimus, pavyzdžiui, alergijas ir autoimunines ligas, ir aptarsime, kaip galite sustiprinti savo imuninę sistemą. Tačiau dabar grįžkime į pačią šios istorijos pradžią.

1 dalis

Susipažinkite su savo imunine sistema

1. Kas yra imuninė sistema?

Imuninės sistemos istorija prasideda kartu su pačiu gyvybės atsiradimu prieš beveik 3,5 milijardo metų kažkur keistoje baloje, priešiškoje ir labai tuščioje planetoje. Nežinome, ką veikė ir ką ketino veikti tos pirmosios gyvos būtybės, bet žinome, kad labai greitai jos ėmė bjauriai elgtis viena su kita. Jei manote, jog gyvenimas sunkus, nes reikia anksti ryte keltis ir suruošti vaikus dienai ar kad jūsų mėšainis per šaltas, pirmosios gyvos ląstelės Žemėje norėtų su jumis pasikalbėti. Kol vienos iš jų galvojo, kaip aplinkoje esančias chemines medžiagas paversti naudingomis ir gauti iš jų energijos gyvybei palaikyti, kai kurios pirmosios ląstelės pasirinko trumpesnę kelią. Kam vargintis ir pačioms atlikti visą darbą, jei galima tiesiog pavogti iš kitų? Aišku, tai buvo galima atlikti įvairiai, pavyzdžiui, nekramčius praryti visą kitą būtybę arba išplėšti jai skylę ir išsiurbti jos vidų. Tačiau tai buvo pavojinga, mat užuot nemokamai pavalgęs, galėjai pats tapti savo numatomos aukos maistu, ypač jei ji didesnė ir stipresnė už tave. Taigi kitas būdas laimėti grobį ir mažiau rizikuoti – tiesiog įlįsti į jo vidų ir patogiai ten įsitaisyti. Valgai tai, ką valgo jis, ir saugiai gyveni šiltame jo glėbyje. Gana miela, jei šeiminkui tai nebūtų taip baisu.

Kai sėkmingas parazitavimas tapo veiksminga strategija, iškilo evoliucinė būtinybė apsiginti nuo tokių parazitų. Ir taip kitus 2,9 milijardo metų mikroorganizmai, pasitelkę lygiaverčius ginklus, varžėsi ir kovojo tarpusavyje. Jei turėtumėte laiko mašiną ir grįžtumėte į praeitį pasigrožėti šios konkurencijos stebuklais, imtumėte labai nuobodžiauti, mat nepamatytumėte jokių didesnių būtybių, tik vieną kitą neryškia bakterijų plėvelę ant kelių drėgnų uolienu. Pirmuosius kelis milijardus metų Žemė buvo gana nuobodi vieta. Iki kol gyvybė padarė turbūt didžiausią ir sudėtingiausią šuolį per visą savo istoriją.

Nežinia, kas iš tikrųjų paskatino perėjimą nuo pavienių, dažniausiai savarankiškų atskirų ląstelių prie didžiulių jų grupių, kurios ėmė glaudžiai bendradarbiauti ir specializuotis.*

Maždaug prieš 541 milijoną metų staiga visur akivaizdžiai pasipylė daugialąščiai gyvūnai. Be to, jų įvairovė nepaprastai greitai didėjo. Tai, žinoma, sukėlė problemų mūsų naujesiems protėviams. Milijardus metų mikrobai gyveno savo mažulyčiame pasaulėlyje ir kiekvienoje įmanomoje ekosistemoje konkuravo ir kovojo dėl vietos bei išteklių. Juk kas iš tikrųjų yra gyvūnai bakterijoms ir kitiems padarėliams, jei ne labai miela ekosistema? Ekosistema, nuo viršaus iki apačios kimšte prikimšta nemokamų maistinių medžiagų. Taip įsibrovėliai ir parazitai nuo pat pradžių tapo egzistenciniu pavojumi daugialąstei gyvybei.

Išgyventi, toliau vystytis ir sudėtingėti galėjo tik tos daugialąstės būtybės, kurios rado būdų susidoroti su šia grėsme. Deja, ląstelės ir audiniai šimtus milijonų metų neišlieka, todėl negalime patyrinėti imuninės sistemos fosilijų. Tačiau pasitelkę mokslo magiją galime pažvelgti į įvairialypį gyvybės medį bei gyvūnus, kurie tebegyvoja ir šiandien, ir ištirti jų imuninę sistemą. Kuo labiau gyvybės medyje viena nuo kitos nutolusios yra dvi būtybės, kurioms vis dar būdinga ta pati imuninės sistemos savybė, tuo senesnė ta savybė dažniausiai būna.

Tad svarbiausi klausimai yra šie: kuo gyvūnų imuninės sistemos skiriasi ir kas tarp jų bendro? Šiandien bene visos gyvos būtybės turi vienokią ar kitokią vidinę gynybą, o kuo sudėtingesnės jos tampa, tuo labiau tobulėja ir jų imunitetas. Palyginę labai tolimos giminystės gyvūnų organizmų apsaugojimo būdus, daug sužinosime apie imuninės sistemos amžių.

Net ir mažiausios bakterijos turi būdų apsiginti nuo virusų, mat jų neįmanoma užvaldyti be kovos. Kempinės, paprasčiausi ir seniausi padarai gyvūnų pasaulyje, egzistuojantys jau daugiau nei pusę milijardo metų, turi tai, kas tikriausiai buvo pirmasis primityvus gyvūnų imuninis atsakas. Jis vadinamas

* Kad ir kaip keista, iš tikrųjų tai galėjo būti šalutinė vienaląsčių organizmų bjauraus elgesio su kitais pasekmė. Kažkuriuo metu viena ląstelė prarijo kitą, bet jos nesuvalgė. Taip tos dvi ląstelės užmezgė bene sėkmingiausią partnerystę Žemės planetoje, ir ji sėkmingai tęsiasi ir šiandien. „Vidinė ląstelė“ (kuri dabar vadinama mitochondrija) specializavosi gaminti energiją savo šeimininkei, o „išorinė ląstelė“ teikė jai apsaugą ir tiekė nemokamą maistą. Šis sandoris puikiai pasiteisino ir padėjo naujai superląstei vystytis ir tapti vis sudėtingesnei.