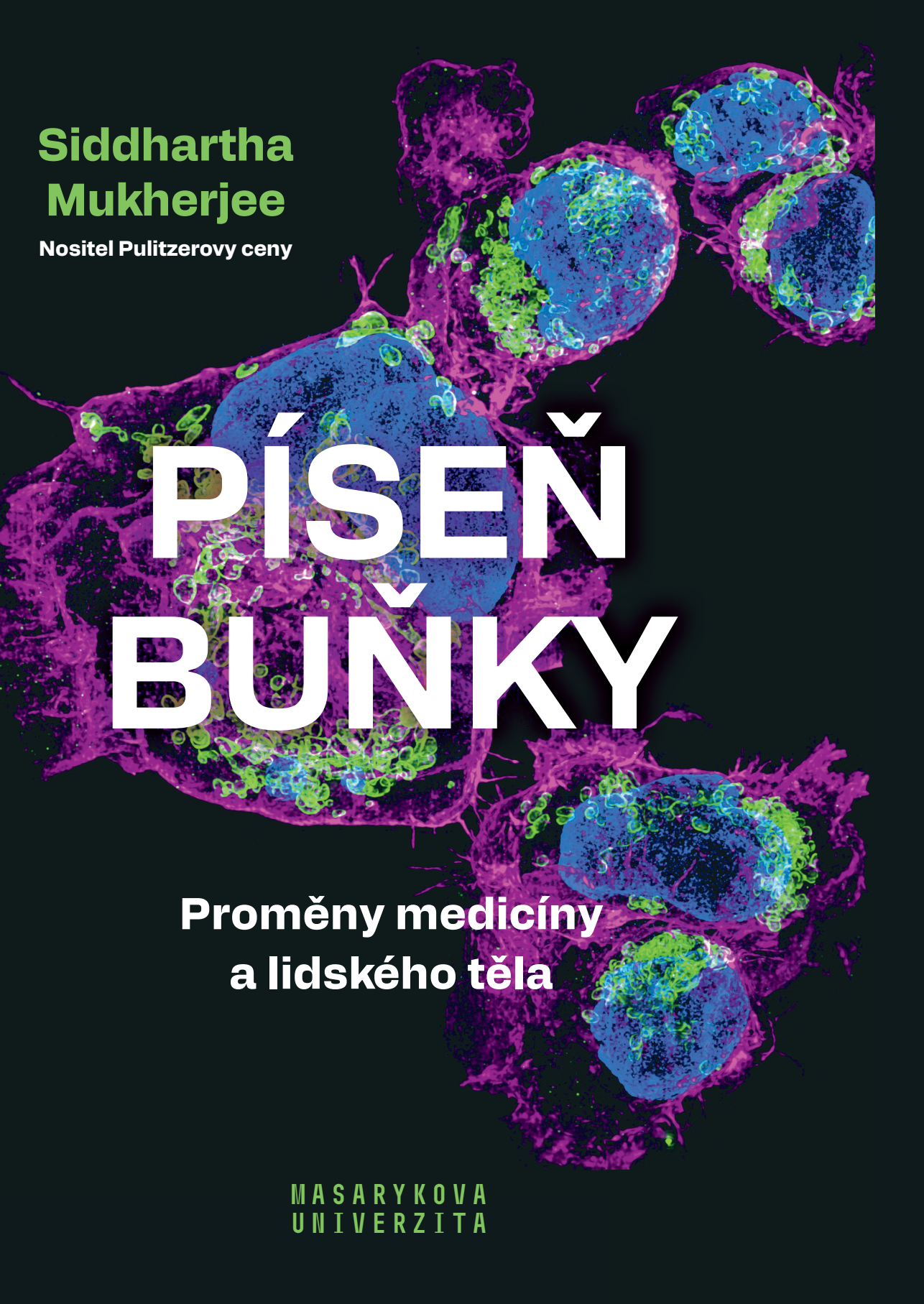




**Siddhartha
Mukherjee**

Nositel Pulitzerovy ceny

PÍSEŇ BUŇKY

**Proměny medicíny
a lidského těla**

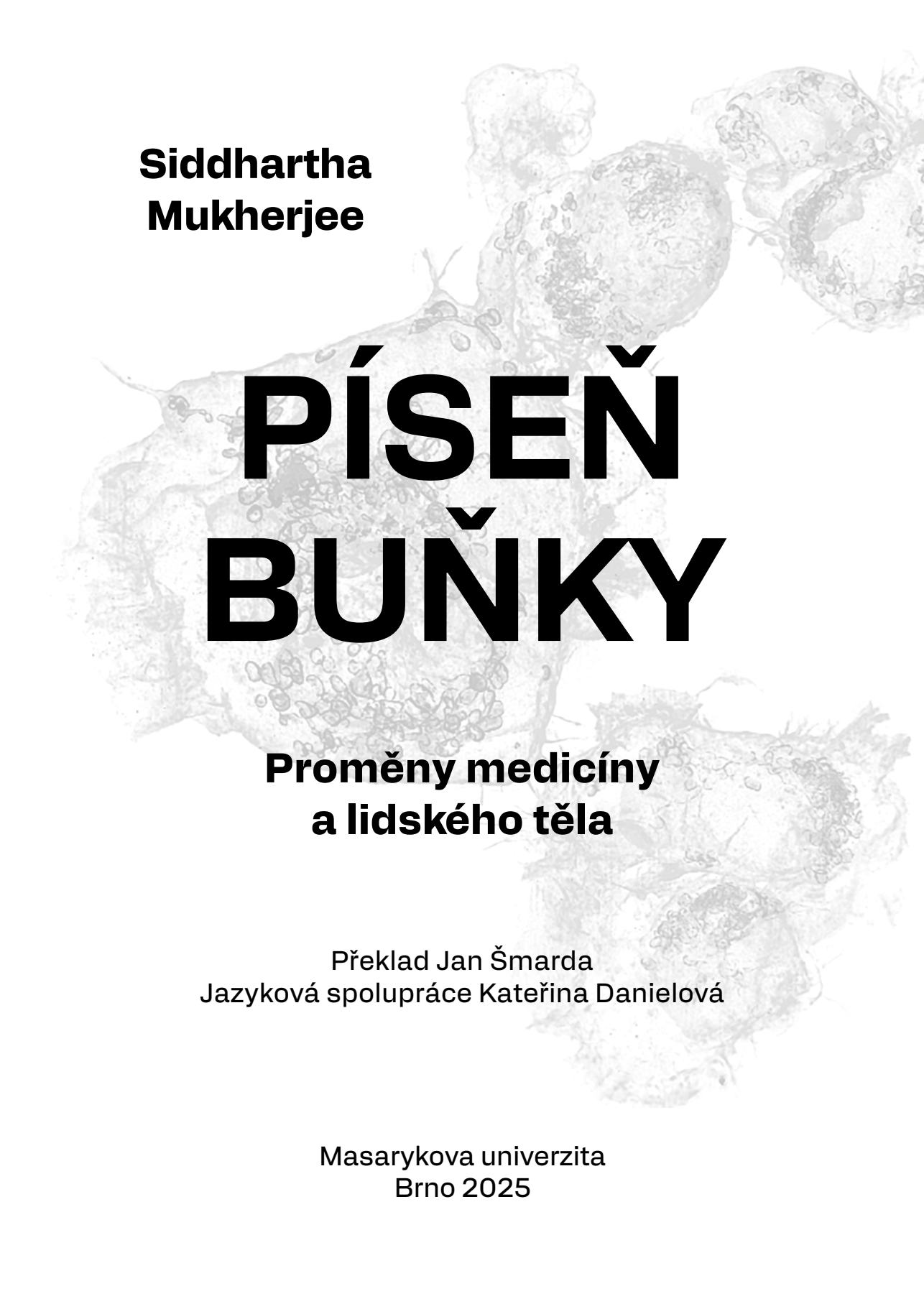
MASARYKOVA
UNIVERZITA

EDICE
POPRVÉ
V ČEŠTINĚ
SVAZEK 10

Siddhartha Mukherjee

PÍSEŇ BUŇKY

MUNI
PRESS

A faint, grayscale microscopic image of cells, likely showing various organelles and cellular structures, serves as a background for the entire cover.

**Siddhartha
Mukherjee**

PÍSEŇ BUŇKY

**Proměny medicíny
a lidského těla**

Překlad Jan Šmarda
Jazyková spolupráce Kateřina Danielová

Masarykova univerzita
Brno 2025

Přeloženo z anglického originálu The Song Of The Cell: An Exploration of Medicine and the New Human vydaného nakladatelstvím Scribner v roce 2023.

Copyright © 2022 Siddhartha Mukherjee

All rights reserved

Zdroje pro obrazovou přílohu poskytlo nakladatelství Simon & Schuster.

Kniha vychází s podporou společností:

Roche s.r.o.

Life M s.r.o.

Fotografie na obálce: „Cellular harmony: The Interplay of action, mitochondria and the nucleus in B cells“. Vítězný mikrosnímek soutěže CELLIM Best Microscopy,

Picture Contest 2024, autorem je Narendra Varma Gottumukkala,

Masarykova univerzita, CEITEC, výzkumná skupina Michala Šmídy.

© 2025 Překlad Jan Šmarda

© 2025 Grafika Jiří Mičkal

© 2025 Layout Jan Bůřil

© 2025 Masarykova univerzita

ISBN 978-80-280-0713-3 (vázaná)

ISBN 978-80-280-0770-6 (brožovaná)

ISBN 978-80-280-0714-0 (online : pdf)

Věnováno W. K. a E. W., kteří byli mezi prvními.

*V součtu součástí jsou pouze části.
Svět je třeba poměřovat zrakem.*
Wallace Stevens

*Život je trvalý rytmický pohyb
pulsu, chůze, dokonce i buněk.*
Friedrich Nietzsche

Obsah

Předehra: Základní částice organismu	ix
Úvod: K buňce se budeme pořád vracet	1

PRVNÍ ČÁST

OBJEV

Původní buňka: Neviditelný svět	17
Viditelná buňka: Fiktivní příběhy o zvířátkách	23
Univerzální buňka: Nejmenší částice tohoto malého světa	33
Patogenní buňka: Mikrobi, infekce a antibiotiková revoluce	49

DRUHÁ ČÁST

JEDNA A MNOHÉ

Organizovaná buňka: Vnitřní anatomie buňky	67
Dělicí se buňka: Buněčná reprodukce a objev IVF	85
Zmanipulovaná buňka: Lulu, Nana a zneužití důvěry	105
Vyvíjející se buňka: Buňka se stává organismem	119

TŘETÍ ČÁST

KREV

Neklidná buňka: Krevní oběh	131
Hojivá buňka: Krevní destičky, sraženiny a moderní epidemie	142
Buněčná ochranka: Neutrofily a jejich <i>Kampf</i> proti patogenům	150
Buňka zachránkyně: Někoho-li potká někdo	161
Bystrá buňka: Rafinovaná inteligence T-lymfocytu	175
Tolerantní buňka: Vlastní já, <i>horror autotoxicus</i> a imunoterapie	195

ČTVRTÁ ČÁST

POZNÁNÍ

Pandemie	213
----------	-----

PÁTÁ ČÁST

ORGÁNY

Buňka občanka: Výhody sounáležitosti	225
Přemýšlivá buňka: Mnohostranný neuron	234
Buňka organizátorka: Homeostáze, stálost a rovnováha	257

ŠESTÁ ČÁST

ZNOVUZROZENÍ

Obnovující se buňka: Kmenové buňky a první transplantace	273
Napravující buňka: Zranění, rozklad a stálost	291
Sobecká buňka: Ekologická rovnice a rakovina	302
Písňe buňky	313
Epilog: Lepší verze mého já	319

Poděkování	327
------------	-----

Poznámky	328
----------	-----

Literatura	374
------------	-----

Reprodukční práva k obrázkům	382
------------------------------	-----

Rejstřík	385
----------	-----

O autorovi	413
------------	-----

Obrazová příloha	415
------------------	-----

Zahraniční ohlasy na knihu	427
----------------------------	-----

Předehra

Základní částice organismu

„Jak prosté,“ řekl. „Je to jeden z těch případů, kdy logicky uvažující člověk může vyvolat dojem, jenž se jeho sousedovi, který přehlédl jeden drobný fakt tvořící základ dedukce, jeví jako pozoruhodný.“

Sherlock Holmes dr. Watsonovi v povídkce Mrzák
(Sir Arthur Conan Doyle)

Rozhovor, o kterém bude řeč, se odehrál při večeři někdy v říjnu 1837. Zřejmě už bylo po setmění a na ulicích v centru Berlína svítily plynové lampy. Z toho večera se zachovaly jen útržkovité vzpomínky. Nikdo si nepsal poznámky, ne-následovala žádná vědecká korespondence. Zůstal jen příběh dvou přátel – kolegů z laboratoře, kteří si u jídla povídali o svých pokusech a přišli na zásadní myšlenku.* Jedním ze stolovníků byl botanik Matthias Schleiden. Na čele měl výraznou nevzhlednou jizvu, památku na dávný pokus o sebevraždu. Tomu druhému, zoologu Theodoru Schwannovi, sahaly kotlety až ke spodní čelisti. Oba pracovali pod vedením významného fyziologa Johannese Müllera na berlínské univerzitě.

Schleiden, původně právník, který se stal botanikem, studoval strukturu a vývoj rostlinných pletiv. Věnoval se „senoseči“ („*Heusammelei*“), jak tomu říkal, a sesbíral stovky vzorků rostlinné říše: tulipány, leukothoé, kousky smrku, traviny, orchideje, šalvěj, linanthus, hrách a desítky druhů lilií. Botanikové považují jeho sbírku za velmi hodnotnou.

Schwann a Schleiden debatovali toho večera o fytoogenezi, tedy o původu a vývoji rostlin. Schleiden Schwannovi prozradil, co při procházení všech svých rostlinných vzorků zjistil: že všechny mají jednotnou stavbu a organizaci. Během vývoje rostlinných tkání – listů, kořenů, děložních lístků – se významně

* Poznámky pod čarou ke kapitole Předehra jsou přesunuty do poznámek na konci knihy.

zviditelňuje podbuněčná struktura zvaná jádro. (Schleiden neznal funkci jádra, ale povšíml si jeho zvláštního tvaru.)

Snad ještě překvapivější však byla výrazná shoda ve stavbě tkání. Všechny části rostliny tvořily autonomní a nezávislé jednotky – *buňky*. „Každá buňka vede dvojí život,“ napsal Schleiden o rok později, „jeden je zcela nezávislý a týká se výhradně její vlastní existence; druhý je vedlejší a souvisí s tím, že je součástí rostliny.“

Život uvnitř života. Nezávislá živá bytost – jednotka, která tvoří součást celku. Stavební kostka obsažená uvnitř větší živé bytosti.

Schwann zbystřil. Také si všiml zvýrazněného jádra, ovšem u buněk vyvíjejícího se živočicha – pulce. I on zaznamenal jednotnou mikroskopickou stavbu živočišných tkání. Jednota, kterou Schleiden vypožadoval u rostlinných buněk, by mohla být výrazem hlubší jednoty všeho živého.

V jeho mysli začal klíčit zásadní a radikální názor, který měl změnit historii biologie a medicíny. Možná ještě téhož večera, nebo brzy poté, pozval (nebo možná dotlačil) Schleiden do své laboratoře v anatomickém ústavu, kde uchovával svou sbírku vzorků. Schleiden se zahleděl do mikroskopu a potvrdil, že mikroskopické struktury vyvíjejících se živočichů, včetně zvýrazněného jádra, vypadají téměř stejně jako u rostlin.

Zvířata a rostliny – životní formy zdánlivě tak odlišné, jak jen živé organismy mohou být. Přesto Schwann i Schleiden zaznamenali, že podobnost jejich tkání pod mikroskopem je podivuhodná. Schwannovo tušení bylo správné. Později vzpomínal, jak se tehdy večer se svým přítelem shodli na univerzální a základní vědecké pravdě: živočichové i rostliny mají „společný způsob stavby, zajišťovaný buňkami“.

V roce 1838 Schleiden svá pozorování shrnul v rozsáhlé práci nazvané *Beiträge zur Phytogenese* (Příspěvky k našemu poznání fytoogeneze). O rok později následovala jeho práci o rostlinách Schwannova kniha věnovaná živočišným buňkám *Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen* (Mikroskopické výzkumy shody ve stavbě a růstu živočichů a rostlin). Schwann postuloval, že rostliny i živočichové jsou organizovány podobně – v obou případech jako „seskupení plně individualizovaných nezávislých bytostí“.

Díky dvěma zásadním dílům, publikovaným s odstupem přibližně dvanácti měsíců, se veškerý živý svět propojil v jediném pevném bodě. Schleiden a Schwann nebyli první, kdo buňky rozpoznal nebo kdo si uvědomil, že představují základní jednotky živých organismů. Jejich vhléd byl originální tím, že předpokládal hlubokou jednotu organizace a funkce všech živých bytostí. Jak napsal Schwann, rozmanité větve života spojuje „společné pouto“.

Schleiden se koncem roku 1838 odstěhoval z Berlína a přijal místo na univerzitě v Jeně. V roce 1839 odešel i Schwann, aby nastoupil na Katolickou univerzitu v belgické Lovani. I když se po odchodu z Müllerovy laboratoře jejich cesty rozešly, nadále udržovali čilou korespondenci a přátelský vztah. Jejich

zásadní práce o základech buněčné teorie je nepochybně spjatá s jejich působením v Berlíně a s dobou, kdy byli blízkými kolegy, spolupracovníky a přáteli. Podle Schwannova vyjádření objevili „základní částice organismů“.



Tato kniha je příběhem o buňce. Je kronikou objevu, že všechny organismy, včetně člověka jsou tvořeny buňkami jako základními částicemi. Je příběhem o tom, jak se tyto autonomní jednotky života organizují a spolupracují při vytváření tkání, orgánů a orgánových systémů, a umožňují tak důmyslné fyziologické funkce, jako je imunita, reprodukce, schopnost vnímat, chápat, opravovat se a omlazovat se. Popisuje i to, co se děje, když buňky přestanou fungovat a naše těla se překlápí z buněčné fyziologie do buněčné patologie, kdy následkem selhání funkce buněk dochází k selhání tělesných funkcí. A konečně přináší příběh o tom, jak prohlubování našich znalostí buněčné fyziologie a patologie podnítilo revoluci v biologii a medicíně, vedlo ke zrodu transformační medicíny a jejím prostřednictvím i k transformaci lidských bytostí.



Mezi lety 2017 a 2021 jsem napsal tři články pro magazín *New Yorker*. První z nich se týkal buněčné medicíny a její budoucnosti – zvláště objevu T-lymfocytů upravených pro léčbu rakoviny. Druhý se zaměřoval na nový pohled na rakovinu vycházející z *ekologie* buněk – tedy nikoliv na izolované nádorové buňky, ale na nádory *in situ* a na otázku, proč se určitá místa v těle jeví jako mnohem příhodnější pro růst maligních buněk než jiné orgány. Třetí jsem napsal během prvních dnů pandemie covidu-19 a věnoval jsem se v něm chování virů v našich buňkách a tělech i tomu, jak by nám toto chování mohlo pomoci pochopit defekty fyziologie člověka vyvolané určitými viry.

Přemýšlel jsem o tematickém propojení těchto textů. Zdá se, že ústředním tématem všech tří je příběh buněk a buněčného reinženýrství. Probíhala přípravná fáze revoluce a bylo zřejmé, že minulost (ani budoucnost) není dosud popsána: pro buňky, naši schopnost s nimi manipulovat ani pro transformaci medicíny, k níž dochází v návaznosti na tyto revoluční události.

Ze semínek zasetých ve zmíněných třech článcích samy od sebe vyrašily stonky, kořeny a úponky této knihy. Kronika začíná v šedesátých a sedmdesátých letech 17. století, v době, kdy jeden samotářský holandský obchodník s látkami a jeden neortodoxní anglický polyhistor, vzdálení od sebe stovky kilometrů, pracovali nezávisle na sobě, hleděli do svých podomácku vyrobených mikroskopů a objevili první důkazy existence buněk. Pokračuje až do přítomnosti – kdy vědci upravují lidské kmenové buňky a infuzí je přenášejí do těl pacientů s chronickými nemocemi s potenciálně fatálním průběhem, jako je cukrovka či srpkovitá anémie, kdy se do buněčných okruhů mozku osob

s nepoddajnými neurologickými potížemi vpravují elektrody. A to nás přivádí k propasti nejisté budoucnosti, kdy „šílení“ vědci (jeden z nich byl na tři roky uvězněn a doživotně zbaven práva provádět experimenty) připravují embrya s upravenými geny a provádějí transplantace buněk, aby rozostřili hranici mezi tím, co je přirozené a co nadpřirozené.

Čerpal jsem z řady zdrojů: z rozhovorů, setkání s pacienty, z procházek s vědci (a s jejich psy), z návštěv laboratorí, pozorování mikroskopem, rozhovorů se sestrami, pacienty a lékaři; z historických pramenů, vědeckých prací i soukromých dopisů. Mým cílem není napsat ucelenou historii medicíny nebo zrodu buněčné biologie, jako to ve svých vynikajících pracích učinili třeba Roy Porter, autor knihy *Dějiny medicíny: od starověku po současnost*, Henry Harris – *The Birth of the Cell* (Zrození buňky) nebo Laura Otis – *Müller's Lab* (Müllerova laboratoř). Jde mi spíše o vyličení, jak koncept buňky a poznání buněčné fyziologie změnily medicínu, vědu, biologii, společenské struktury i kulturu. Jeho vrcholem je vize budoucnosti, v níž se naučíme tyto jednotky upravovat do nových forem, nebo dokonce vytvářet umělé buňky a části lidského těla.

Příběh buňky v této podobě nevyhnutelně vykazuje mezery a prázdná místa. Buněčná biologie je neoddelitelně spjata s genetikou, patologií, epidemiologií, epistemologií, taxonomií a antropologií. Nadšenci pro konkrétní oblasti medicíny nebo buněčné biologie s legitimním zájmem o určitý buněčný typ mohou historii nahlížet úplně jinou optikou; botanikům, bakteriologům a mykologům bude nepochybně chybět přiměřená pozornost věnovaná rostlinám, bakteriím a houbám. Vstupovat jednotlivě do všech těchto oblastí by znamenalo vydat se na cestu labyrintem, který se větví do dalších labyrintů. Mnoho aspektů příběhu jsem přesunul do poznámek pod čarou a poznámek na konci textu.* Velmi čtenářům doporučuji, aby si je skutečně přečetli.

V průběhu naší cesty se setkáme s mnoha pacienty, včetně několika mých vlastních. U některých z nich jsem uvedl jejich jména, ostatní si přáli zůstat v anonymitě a jejich identifikační údaje jsou z textu odstraněny. Cítím nesmírnou vděčnost k těmto mužům a ženám, kteří měli odvahu vydat se na neprobádaná území a svěřit své tělo i ducha vyvíjející se a nejisté oblasti vědy. A cítím také obrovské nadšení, že mohu být u toho, když buněčná biologie ožívá v novém odvětví medicíny.

* Musím přiznat, že o jedné nevyhnutelné otázce jsem psal jen málo, a to o nákladech, spravedlnosti a dostupnosti. Částečně se jimi zabývají poslední kapitoly této knihy, ale tato témata si vyžadují mnohem hlubší diskusi, než jaká je možná na následujících stránkách. Není možné, aby historie buněk sloužila současně jako učebnice politiky, veřejného zdraví, ekonomie, spravedlnosti a inkluze.

Úvod

K buňce se budeme pořád vracet

Bez ohledu na změny a zvraty se nakonec vrátíme k buňce.

Rudolf Virchow, 1858

V listopadu 2017 jsem sledoval, jak můj přítel Sam P. umírá, protože jeho buňky se vzbouřily proti jeho tělu.

Na jaře 2016 Samovi diagnostikovali maligní melanom. Rakovina se mu nejprve objevila na tváři jako černo-fialové mateřské znaménko ve tvaru mince, obklopené jakousi svatozáří. Jeho matka Clara, malířka, si jej poprvé všimla koncem léta na Block Islandu, kde trávili dovolenou. Přemlouvala ho, aby si jej nechal zkontrolovat dermatologem, potom prosila a nakonec vyhrožovala – ale Sam neměl čas. Jako aktivní sportovní novinář ve velkém deníku se nechtěl zdržovat nějakou otravnou skvrnou na tváři. V březnu 2017 jsem se s ním viděl a vyšetřil ho – nebyl jsem jeho onkolog, ale jeden přítel mne o to požádal – nádor už dorostl do podlouhlého útvaru o velikosti palce a na kůži byly patrné metastázy. Když jsem se výrůstku dotkl, Sam sebou škubnul bolestí.

Setkat se s rakovinou je jedna věc, ale být svědkem její pohyblivosti je něco zcela jiného. Melanom se začal přesouvat ze Samovy tváře k uchu. Při bližším pohledu bylo vidět, že za sebou zanechává brázdu fialových teček jako trajekt plující po vodě.

Dokonce i sportovní redaktor Sam, který se celý život zaměřoval na rychlost, pohyblivost a hbitost, byl ohromen tempem progresu melanomu. Opakovaně na mě naléhal – jak je možné, že buňka, která desítky let klidně spočívala v jeho kůži, najednou získala schopnost prohánět se mu po tváři, a ještě se přitom divoce dělit?

Nádorové buňky však žádnou z těchto vlastností „nevynalezly“. Nejsou to nově vzniklé buňky, ale něco jako rukojmí – nebo přesněji řečeno, buňky, které mají nejvyšší míru zdatnosti s ohledem na přežití, růst a tvorbu metastáz, jsou

k tomu přirozeně vybrány. Geny a proteiny, které buňky používají pro výstavbu stavebních dílů nutných pro růst, se rekrutují z genů a proteinů určených pro vyvíjející se embryo při jeho prudkém růstu v prvních dnech života. Dráhy, jež nádorová buňka využívá pro překonání rozsáhlých tělních prostorů, jsou zcizeny buňkám, které jsou ze své podstaty v těle pohyblivé. Geny umožňující neomezené buněčné dělení jsou poškozenými, mutantními variantami genů, které zajišťují normální dělení buněk. Rakovina zkrátka představuje buněčnou biologii zviditelněnou v patologickém zrcadle. Jako onkolog jsem především buněčným biologem – jenomže normální svět buněk vnímám jako převrácený zrcadlový odraz.



Začátkem jara 2017 Samovi předepsali léky, které měly donutit jeho vlastní T-lymfocyty k boji s armádou rebelů rostoucí v jeho těle. Jen si to představte: Samův melanom a jeho T-lymfocyty žily po několik let, možná desetiletí, vedle sebe a v podstatě se ignorovaly. Maligní nádor byl pro jeho imunitní systém neviditelný. Miliony T-lymfocytů potkávaly každý den jeho melanom a bez povšimnutí ho míjely jako kolemjdoucí odvracející tvář od buněčné katastrofy.

Lék, který dostal Sam předepsaný, měl jeho T-lymfocytům pomoci odhalit nádor, jenž pro ně byl dosud neviditelný, a přimět je, aby melanom rozpoznaly jako „cizího“ agresora a zapudili ho, podobně jako zapuzují buňky, které jsou infikované mikroby. Z pasivních kolemjdoucích se měli stát aktivní činitelé. Tělní buňky jsme upravili tak, aby se dosud neviditelné stalo viditelným.

Objev této „odhalovací“ medicíny znamenal vyvrcholení radikálního pokroku buněčné biologie, k němuž došlo již v padesátých letech 20. století: pochopení mechanismů, kterými T-lymfocyty rozlišují vlastní buňky od cizích, nalezení proteinů, díky nimž tyto imunitní buňky odhalují cizí útočníky, objasnění drah, jejichž pomocí naše normální buňky odolávají útokům tohoto detekčního systému, čehož zase využívají nádorové buňky, aby se staly neviditelnými, a objevení molekuly, která zbavuje maligní buňky jejich pláště neviditelnosti – každý z těchto vhlédů byl postaven na vhledu předchozím a každý byl buněčnými biology těžce vydobyt z tvrdé a chladné země.

Téměř okamžitě po zahájení Samovy léčby se v jeho těle rozpoutala občanská válka. Jeho probuzené T-lymfocyty zaznamenaly přítomnost rakoviny a vrhly se pomstychtivě na maligní buňky, což rozpoutalo cyklus msty. Karmínový výrůstek na Samově tváři se jednoho rána rozpálil, protože imunitní buňky nádor infiltrovaly a vyvolaly zánět, načež se maligní buňky spakovaly a odešly; zůstaly po nich jen doutnající, vyhasínající ohníčky. Když jsem se s ním po několika týdnech zase sešel, podlouhlý útvar a tečky za ním zmizely. Zůstal jen odumírající zbytek nádoru, scvrklý jako velká rozinka. Sam byl v remisi.

Na oslavu jsme si dali kávu. Remise Sama nezměnila jen po fyzické stránce, ale nabíla ho i psychicky. Poprvé po dlouhých týdnech jsem si všiml, že úzkostné vrásky v jeho obličejí se uvolnily. Smál se.



Pak se ale karta obrátila: duben 2017 byl krutý. T-lymfocyty, které útočily na Samův nádor, se obrátily proti jeho vlastním játrům, vyvolaly autoimunitní hepatitidu, zánět jater, který téměř nešlo řešit imunosupresivou. V říjnu jsme zjistili, že rakovina – před pouhými pár týdny v remisi – se opevnila v kůži, svalech a plicích, našla si úkryt v nových orgánech a hledala další skrýše, kde by útok imunitních buněk přežila.

Sam zůstával během těchto vítězství a proher stoicky klidný. Někdy se zdálo, že jeho suchý humor je specifická forma protiútoku: jako by chtěl rakovinu vysušit k smrti. Když jsem ho jednoho dne navštívil a seděli jsme u jeho redakčního stolu, zeptal jsem se ho, jestli se mnou nechce jít někam do ústraní – třeba na pánskou toaletu – a ukázat mi, kde se mu objevily nové nádory. Zlehka se usmál: „Než dorazíme na toaletu, nádory se přesunou jinam. Raději je zkontroluj hned, dokud jsou ještě na svých místech.“

Lékaři zmírnili nápor imunitního útoku, aby dostali pod kontrolu autoimunitní hepatitidu, jenomže rakovina začala prorůstat zpět. Když znovu zahájili imunoterapii, aby zaútočili na rakovinu, prudká hepatitida se vrátila. Jako by se odehrávalo nějaké brutální sportovní klání: uvážeme imunitní buňky na vodítko, a ony se vzepnou proti řetězům, aby mohly útočit a zabíjet. Odvážeme je, a ty bestie zaútočí bez rozdílu jak na rakovinu, tak na játra. Sam zemřel jednoho zimního rána, několik měsíců poté, co jsem si poprvé sáhnul na jeho nádor. Melanom nakonec zvítězil.



Jednoho větrného odpoledne roku 2019 jsem se účastnil konference na Pensylvánské univerzitě ve Filadelfii. V auditoriu na Spruce Street, zbudovaném z kamení a cihel, se sešlo téměř tisíc vědců, lékařů a badatelů z oblasti biotechnologií, aby zde diskutovali o novinkách s přesahem do medicíny: o terapeutickém využití geneticky upravených buněk transplantovaných do lidského těla. Hovořilo se o modifikacích T-lymfocytů, o nových virech, které by do buněk mohly dopravovat geny, a o dalších významných pokrocích v buněčné transplantaci. Jazyk používaný na pódiu i mimo něj působil, jako by se během nějakého extatického večera spojila biologie, robotika, science-fiction a alchymie a společně stvořily předčasně vyspělé dítě. *Restartování imunitního systému. Terapeutické buněčné reinženýrství. Dlouhodobá perzistence transplantovaných buněk.* Byla to konference o budoucnosti.

V sále však měla své zastoupení i přítomnost. Jen pár řad přede mnou seděla Emily Whitehead, čtrnáctiletá dívka; bylo jí o rok víc než mojí starší dceři. Měla rozčuchané hnědé vlasy, na sobě žluto-černou košili a tmavé kalhoty a procházela sedmým rokem remise z leukemie. „Raduje se z každého dne, kdy se ulije ze školy,“ řekl mi její otec Tom. Emily se při té poznámce usmála.

Emily byla pacientkou číslo 7 v Dětské nemocnici ve Filadelfii. Téměř všichni přítomní v auditoriu ji znali a věděli o ní – vždyť změnila historii buněčné terapie. V květnu 2010 byla Emily diagnostikována akutní lymfoblastická leukemie (ALL). Tento typ leukemie má ze všech rychle se vyvíjejících forem rakoviny největší tendenci postihovat malé děti.

Léčba ALL je založena na jednom z nejintenzivnějších režimů chemoterapie, který kdy byl zaveden: aplikuje se kombinace sedmi až osmi léků. Některé z nich se injekčně vpravují přímo do míšního moku, aby zničily nádorové buňky, které by se mohly ukrývat v mozku a míše. I když vedlejší účinky léčby, mimo jiné například trvalá necitlivost prstů na rukou i na nohou, poškození mozku a riziko fatálních infekcí, jsou skličující, léčba dokáže zachránit až devadesát procent pediatrických pacientů. Rakovina, kterou měla Emily, však naneštěstí patřila ke zbývajícím deseti procentům a na standardní terapii nereagovala. Po šestnácti měsících léčby se vrátila. Emily byla zapsána do seznamu čekatelů na transplantaci kostní dřeně jako na jedinou možnost léčby, avšak její stav se během čekání na vhodného dárce zhoršoval.

Její maminka Kari mi řekla, že jí doktoři zakázali „googlovat“, jaké má Emily šance na přežití. „Samozřejmě to byla ta první věc, kterou jsem udělala.“

Informace, které Kari našla na webu, byly zdrcující: z dětí, jimž se nemoc vrátí brzy nebo podruhé, nepřežije skoro žádné. Když Emily začátkem března 2012 přijali do dětské nemocnice, měla téměř všechny orgány přeplněné maligními buňkami. Vyšetřoval ji pediatr a onkolog Stephan Grupp, jemný, podsaditý muž s výrazným, věčně se pohybuujícím knírem. Doktor Grupp rozhodl o jejím zařazení do klinické studie.

Pro Emily to znamenalo, že do jejího těla budou infuzí přeneseny její vlastní T-lymfocyty. Ty však musely být pomocí genové terapie vyzbrojeny tak, aby dokázaly rakovinu rozeznat a eliminovat. Na rozdíl od Sama, jemuž byly léky pro aktivaci imunity vpraveny do těla, Emilyiny T-lymfocyty byly z těla vyjmuty a pěstovány mimotělně. Průkopníky tohoto typu léčby, postaveného na dřívější práci izraelského výzkumníka Zeliga Eshhara, se stali imunolog Michal Sadelain z Institutu Sloana a Ketteringa v New Yorku a Carl June z Pensylvánské univerzity.



Pár desítek metrů od místa, kde jsme seděli, se nacházelo oddělení buněčné terapie, uzavřený prostor s ocelovými dveřmi, sterilními místnostmi a inkubátory, podobný sklepu. Týmy laborantů zde pečovaly o buňky odebrané desítkám

pacientů zapojených do klinických studií a uchovávaly je ve velkých mrazácích. Každý mrazák byl pojmenován podle některé postavy z animovaného sitcomu *Simpsonovi*. Část Emilyných buněk byla zamražena v Šášovi Krustym. Jiná část jejich T-lymfocytů, pozměněných tak, aby exprimovaly gen, jehož produkt by dokázal rozeznat a zlikvidovat leukemii, se kultivovala v laboratoři s cílem exponenciálně navýšit jejich počet a pak je poslat zpět do nemocnice, kde měly být infuzí vpraveny do těla Emily.

Infuze, které dostávala v průběhu tří dnů, byly většinou bezproblémové. Emily lízala ovocného nanuka a Dr. Grupp jí přitom kapal do žíly buňky. Večer odjížděla s rodiči k tetě, která bydlela poblíž, a přespávali tam. První dva večery hrála hry a nechala se od otce nosit na zádech. Třetího dne ale přišla krize: zvracení a vysoká horečka. Whiteheadovi ji rychle dopravili zpět do nemocnice. Vše se najednou začalo hroutit. Selhávaly ledviny. Emily se potácela na hranici bezvědomí a multiorgánového selhání.

„Nedávalo to žádný smysl,“ řekl mi Tom. Jeho šestiletou dceru převezli na jednotku intenzivní péče, kde nad ní rodiče a doktor Grupp probdělali celou noc.

Carl June, lékař a vědec, který se na léčbě Emily rovněž podílel, mi řekl na rovinu: „Obávali jsme se, že zemře. Napsal jsem e-mail děkanovi, abych mu sdělil, že jedno z prvních dětí procházejících touto léčbou umírá. Studie skončila. E-mail jsem si uložil do složky k odeslání, ale tlačítko ‚odeslat‘ jsem nikdy nestiskl.“

Laboranti se po celou noc snažili zjistit příčinu horečky. Nenašli žádnou stopu infekce, v krvi však objevili zvýšenou hladinu molekul zvaných cytokiny, které představují signály vylučované během aktivního zánětu. Zvláště hladina cytokinu interleukinu 6 (IL-6) byla téměř tisícinásobně vyšší. T-lymfocyty likvidující nádorové buňky uvolňovaly hrozivý koktejl těchto chemických signálních látek, podobaly se davu povstalců, vrhajících Molotovovy koktejly.

Podivnou hrou osudu Juneova vlastní dcera právě prodělávala dětskou artritidu provázenou zánětem. Proto znal nový lék, krátce předtím schválený Americkým úřadem pro potraviny a léky (FDA – *US Food and Drug Administration*), který IL-6 inhibuje. V poslední zoufalé snaze pomoci Emily doktor Grupp spěšně odeslal do nemocniční lékárny žádost o mimořádné povolení této nové terapie. Příslušný orgán použití blokátoru IL-6 ještě téhož večera schválil a Grupp mohl Emily na jednotce intenzivní péče dávku aplikovat.

O dva dny později, v den svých sedmých narozenin, se Emily probudila. „Byla to trefa,“ řekl mi doktor June a vítězně přitom zvedl ruce. „Dokonalá trefa,“ zopakoval. „Nemoc prostě zmizela. Po třiatvaceti dnech jsme provedli biopsii kostní dřene a ta prokázala, že Emily je v úplné remisi.“

„Nikdy jsem neviděl, aby se pacient v tak vážném stavu zlepšil tak rychle,“ řekl mi Grupp.

Dobré zvládnutí Emilyna kritického stavu – a její pozoruhodné uzdravení – buněčnou terapii zachránilo. Emily Whitehead zůstává dodnes v hluboké

remisi. V kostní dřeni ani v krvi nemá žádné detekovatelné známky rakoviny. Je považována za vyléčenou.

„Kdyby Emily zemřela,“ řekl mi June, „celý klinický test by byl pravděpodobně předčasně ukončen.“ Buněčná terapie by se tak patrně vrátila o deset či ještě více let nazpátek.



Během přestávky v jednání konference jsme se s Emily připojili k exkurzi po kampusu, vedené Brucem Levinem, jedním z Juneových kolegů. Doktor Levin je zakládajícím ředitelem oddělení na Pensylvánské univerzitě, které se věnuje kultivacím, modifikacím a kontrole kvality T-lymfocytů a které se jako jedno z prvních staralo o Emilyiny buňky. Laboranti zde pracovali jednotlivě nebo ve dvojicích, kontrolovali boxy, optimalizovali protokoly, přenášeli buňky mezi inkubátory, sterilizovali si ruce.

Toto zařízení mohlo stejně dobře sloužit jako Emilyin pomníček. Na stěnách visely její fotografie: Emily s copánky v osmi letech; Emily s plakitou v deseti letech; Emily ve dvanácti letech s úsměvem bez předních zubů vedle prezidenta Baracka Obamy. V jednom okamžiku jsem během exkurze sledoval opravdovou Emily, jak se dívá z okna na nemocnici přes ulici. Mohla téměř nahlédnout do rohového pokoje jednotky intenzivní péče, kde strávila skoro měsíc.

Pršelo, provazy deště se rozstříkovaly po oknech.

Rád bych byl věděl, jak se cítila při vědomí toho, že se v nemocnici nachází ve třech verzích sebe sama: v té dnešní, když se ulívá ze školy; té z obrázků, kdy přežívala a téměř zemřela na jednotce intenzivní péče; a té uložené v mrazáku Šáši Krustyho ve vedlejších dveřích.

„Pamatuješ si, jak tě přijímali do nemocnice?“ ptám se.

„Ne,“ odpovídá s pohledem upřeným do deště. „Pamatuju si jenom, jak mě pouštěli domů.“



Když jsem sledoval postup a ústup Samovy nemoci a pozoruhodné uzdravení Emily Whitehead, uvědomoval jsem si, že jsem zároveň svědkem vzniku nové oblasti medicíny, ve které se buňky účelově přeměňují na nástroje boje s nemocí, že sleduji zrození buněčného inženýrství. Šlo však také o opakování jednoho staletého příběhu. Jsme zbudováni z buněčných jednotek. Jsme tak zranitelní, jak zranitelné jsou naše buňky. Naše schopnost inženýrsky zasahovat do buněk a upravovat je (v případě Sama i Emily se jednalo o buňky imunitní) klade základy medicíny nového typu – medicíny, která se však teprve rodí. Kdybychom věděli, jak účinněji vyzbrojit Samovy imunitní buňky proti jeho melanomu, aniž by se rozpoutala autoimunitní reakce, byl by dnes

Sam naživu? Držel by v ruce spirálový blok a psal by články do sportovního časopisu?



Dva noví, proměnění lidé, dva příklady buněčné manipulace a reinženýrství. Emily, pro kterou bylo, jak se zdá, naše poznání zákonů biologie T-lymfocytů dostatečné, aby udrželo její smrtelnou nemoc na uzdě více než deset let, a doufejme, že to tak zůstane i po celý její další život. Sam, u něhož nám zřejmě stále chyběl nějaký důležitý poznatek, který by pomohl správně vyvážit sílu útoku T-lymfocytů na rakovinu a proti tělu samému.



Co přinese budoucnost? Nejprve bych rád něco vysvětlil. Když v této knize i jejím názvu (to platí pro anglický originál, v českém překladu je podtitul knihy jiný – pozn. překl.) používám výraz „nový člověk“, mám tím na mysli něco velmi specifického. Rozhodně tím nemyslím „nového člověka“, jak se objevuje ve vizích budoucnosti ze sci-fi filmů: bytost vybavenou umělou inteligencí, roboticky vylepšenou, člověka, který využívá infračervené záření a polyká modré pilulky a kterému se báječně žije jak v reálném, tak ve virtuálním světě. Ne, nemyslím tím žádného Keanu Reevease v černém hábitu. Ani transhumanoida, obdařeného rozšířenými schopnostmi a možnostmi, které přesahují ty naše současné lidské.

Myslím tím nově vybudovaného člověka, který má v těle upravené buňky a který vypadá a cítí se (většinou) jako vy nebo já. Může to být žena s úpornou, ochromující depresí, jejíž nervové buňky (neurony) jsou stimulovány elektrodami. Mladík, podstupující experimentální transplantaci kostní dřeně, který dostal buňky s upravenými geny, aby se zbavil srpkovité anémie. Diabetik 1. typu, který přijímá v infuzi vlastní kmenové buňky, upravené tak, aby produkovaly hormon inzulin a udržovaly normální hladinu buněčného paliva glukózy v krvi. Nebo osmdesátník, který prodělal několik srdečních infarktů, a nyní byl do jeho těla injekčně vpraven virus, aby se uhnízdil v jeho játrech, trvale tam snižoval hladinu cholesterolu, ucpávajícího tepny, a snižoval tak riziko dalších srdečních příhod. A představuji si také svého otce a to, že mu byly implantovány neurony nebo zařízení, které neurony stimuluje, což by pomohlo stabilizovat jeho chůzi, takže by neutrpěl pád a nemusel by kvůli tomu zemřít.

Takoví „noví lidé“ – a buněčné technologie použité pro jejich vytvoření – mi připadají mnohem zajímavější než jejich imaginární sci-fi protějšky. Proměnili jsme tyto lidi, abychom zmírnili jejich utrpení, a využili jsme k tomu vědu, která musela být do detailu vyladěna a prosazena s vynaložením obrovského množství práce a lásky, použili jsme technologie tak důmyslné, že

je to až neuvěřitelné, například fúzi nádorové a imunitní buňky spojenou se vznikem nesmrtelné buňky, která je schopná léčit rakovinu; nebo extrahování T-lymfocyty z těla mladé dívky, jeho úpravu virem tak, aby se stal zbraní proti leukemii, a následnou transfuzi zpět do těla pacientky. Čím více se budeme učit proměňovat těla a jejich části prostřednictvím buněk, tím více „nových lidí“ budeme potkávat dnes i v budoucnu v kavárnách, supermarketech, na nádražích a letištích, v naší čtvrti i v našich vlastních rodinách. Najdeme je mezi svými bratranci, sestřenicemi, prarodiči, rodiči i sourozenci – a možná i v nás samotných.



Od konce třicátých let 19. století, kdy Matthias Schleiden a Theodor Schwann přišli s myšlenkou, že všechny živočišné a rostlinné tkáně jsou složeny z buněk, do chvíle, kdy se Emily začala uzdravovat, uběhla necelá dvě století. Biologií a medicínou se prohnal radikální koncept, který se dotkl prakticky všech aspektů těchto dvou věd a navždy je změnil. Komplexní živé organismy jsou sestaveny z malinkých, do sebe uzavřených autoregulačních jednotek, nebo chcete-li, živých oddílků, „živých atomů“, jak je v roce 1676 nazval holandský mikroskopik Antonie van Leeuwenhoek. Lidé představují ekosystémy těchto živých jednotek. Jsme pixelovanými soubory, složeninami, naše existence je výsledkem spolupráce tohoto shluku.

Jsme součtem částí.

Objev buněk a pojetí lidského těla jako buněčného ekosystému rovněž předznamenaly zrození medicíny nového typu, medicíny založené na terapeutických úpravách buněk. Zlomenina kyčle, zástava srdce, imunodeficience, demence související s Alzheimerovou nemocí, AIDS, zápal plic, rakovina plic, selhání ledvin, artritida – to vše lze vnímat jako poruchy buněk nebo buněčných systémů, které nefungují tak, jak by měly. A na toto všechno lze nahlížet jako na cíl buněčných terapií.

Transformaci medicíny, kterou naše nové chápání buněčné biologie umožňuje, můžeme obecně rozdělit do čtyř kategorií.

První kategorie je založená na použití léků, chemických látek nebo fyzické stimulaci buněk za účelem změny jejich vlastností – jejich vzájemných interakcí, komunikace a chování. Do této kategorie patří antibiotika nasazovaná proti choroboplodným zárodkům, chemoterapie a imunoterapie používaná proti rakovině a stimulace nervových buněk elektrodami za účelem ovlivnění nervových okruhů v mozku.

Druhou kategorií tvoří přenos buněk z jednoho těla do druhého (a také jejich navrácení zpět do původního těla); spadá sem například transfuze krve, transplantace kostní dřeně a oplodnění *in vitro* (*in vitro fertilization* – IVF).

Třetí kategorie využívá buňky pro syntézu nějaké látky, inzulinu nebo antibiotik, která zajišťuje léčebný účinek.

Nejnovější je čtvrtá kategorie: genetická úprava buněk a následná transplantace, jejímž cílem je vytvořit buňky, orgány a těla s novými vlastnostmi.

Některé z těchto terapií, například antibiotika a krevní transfuze, zakořenily v praktické medicíně tak hluboce, že už o nich ani neuvažujeme jako o buněčných terapiích. Vycházely však z našich znalostí buněčné biologie (zárodečná teorie, jak brzy uvidíme, je rozšířením buněčné teorie). Jiné terapie, jako třeba imunoterapie rakoviny, jsou výdobytkem 21. století. A další, například infuze modifikovaných kmenových buněk, která se používá při léčbě cukrovky, jsou natolik nové, že je pořád považujeme za experimentální. Přesto patří všechny tyto metody, staré i nové, mezi „buněčné terapie“, protože zásadním způsobem závisí na našem poznání buněčné biologie. A každý pokrok změnil směr vývoje medicíny, stejně jako změnil naše pojetí člověka i chápání lidského života.

V roce 1922 byl čtrnáctiletý chlapec s cukrovkou 1. typu resuscitován z kómatu pomocí infuze inzulínu, který byl extrahovaný z buněk slinivky psa. Ten chlapec jako by se znovu narodil. V roce 2010 dostala Emily Whitehead infuzi T-lymfocytů CAR (*chimeric antigen receptor*) a o dvanáct let později přežívají díky geneticky upraveným krvetvorným kmenovým buňkám první pacienti se srpkovitou anémií, aniž by měli nějaké příznaky. Přecházíme ze století genu do století buňky.



Buňka je jednotkou života. To nás však vede k hlubší otázce: Co je to život? Možná je život jednou z metafyzických hádanek biologie – stále se snažíme definovat to, co nás definuje. Život není možné definovat jedinou vlastností. Jak řekl ukrajinský biolog Serhyi (známější pod jménem Sergej) Tsokolov: „Každá teorie, hypotéza nebo názor přejímá definice života podle svých vědeckých zájmů a předpokladů. V odborné literatuře existují stovky pracovních, konvenčních definic života, ale na žádné z nich nepanuje všeobecná shoda.“ (A Tsokolov, který v roce 2009, v době svého intelektuálního vrcholu, bohužel zemřel, to dobře věděl, protože tento kamínek tlačil v botě právě jeho. Byl to astrobiolog, který se ve svém výzkumu zabýval hledáním života mimo Zemi. Jak ale chcete najít život, když se vědci potýkají se samotnou jeho definicí?)

Definice života ve své současné podobě připomíná jídelní lístek. Neobsahuje jednu vlastnost, ale celou řadu věcí, projevů chování, procesů. Živý organismus musí mít schopnost se rozmnožovat, růst, metabolizovat, přizpůsobovat se podnětům a udržovat své vnitřní prostředí. Komplexní mnohobuněčné živé bytosti mají také vlastnosti, které bych mohl označit jako emergentní, tj. vlastnosti, které se vyvinuly uvnitř systémů buněk a kam patří například ochranné mechanismy proti poranění a narušení, orgány se specializovanými funkcemi, fyziologické systémy komunikace mezi orgány, a dokonce i schopnost vnímat a poznávat. A není náhoda, že všechny tyto vlastnosti jsou v konečném

důsledku zajišťovány buňkami nebo buněčnými systémy. V jistém smyslu bychom tedy život mohli definovat jako disponování buňkami a buňky jako nositelky života.

Tato rekurzivní definice není nesmyslná. Kdyby se byl Tsokolov setkal se svou první astrobiologickou bytostí – řekněme, že by to byl ektoplazmatický mimozemšťan z Alfa Centauri – a chtěl by zjistit, zda je „živý/živá“, nebo ne, mohl by zkoumat, zda si u této bytosti může odškrtnout všechny položky ze seznamu vlastností, jimiž je život definován. Ale mohl by se toho stvoření také zeptat: „Máte buňky?“ Je obtížné představit si život bez buněk a stejně tak je nemožné představit si buňky bez života.

A možná právě tato skutečnost naznačuje, jak je příběh buňky důležitý: abychom rozuměli lidskému tělu, musíme porozumět buňkám. Potřebujeme jim porozumět, abychom rozuměli medicíně. A především potřebujeme příběh buňky, abychom mohli vyprávět příběh života i náš vlastní.



Co je to vlastně buňka? V úzkém smyslu je to autonomní živá jednotka, jež funguje jako přístroj, který dekoduje gen. Geny poskytují instrukce, nebo chcete-li kód, pro výstavbu proteinů, tj. molekul, které v buňce odvádějí téměř veškerou práci. Proteiny umožňují biologické reakce, koordinují signály uvnitř buňky, tvoří její strukturní součásti, zapínají nebo vypínají geny, a regulují tak buněčnou identitu, metabolismus, růst a smrt. Jsou hlavními funkčními prvky v biologii, molekulárními stroji, jež umožňují život.*

Geny, které kódují proteiny, jsou fyzicky umístěny ve dvouřetězcové šroubovicové molekule zvané deoxyribonukleová kyselina (DNA). Ta se dále skládá do struktury podobné přadenu, která se nazývá chromozom. Pokud je nám známo, DNA se nachází v každé živé buňce (nebyla-li z buňky vypuzena). Vědci se velmi snažili najít buňky, které by jako nosiče svých instrukcí používaly jiné molekuly než DNA (např. RNA), dosud však žádnou takovou neobjevili.

Dekódováním myslím to, že molekuly uvnitř buňky čtou určité části genetického kódu, podobně jako hudebníci v orchestru čtou své partitury – čtou vlastní buněčnou píseň, a tím umožňují, aby se genové instrukce fyzicky projevíly v daném proteinu. Zjednodušeně řečeno: gen nese kód; buňka tento kód dešifruje. Buňka tak vyjádří informaci do fyzické formy; genetický kód se v ní převede do podoby proteinů. Gen bez buňky je mrtvý – je jako manuál s instrukcemi, uložený uvnitř inertní molekuly, notový záznam bez hudebníka, opuštěná knihovna bez čtenářů. Buňka dává souborům genů materiálnost a fyzičnost. Buňka geny *oživuje*.

* Geny poskytují kód pro tvorbu kyseliny ribonukleové (RNA), podle které se následně syntetizují proteiny. Některé typy RNA však kromě toho, že nesou kód pro tvorbu proteinů, plní v buňkách různé úkoly, z nichž některé dosud nebyly objasněny. RNA může rovněž regulovat geny a v některých biologických reakcích fungovat ve spolupráci s proteiny.

Buňka však není jen zařízením na dekodování genů. Poté, co využije kód pro syntetizování vybrané sady proteinů podle vlastních genů, se buňka stává integrujícím strojem. Využívá tuto sadu proteinů (a biochemických produktů vytvořených s jejich pomocí), aby mohla ve spojení s dalšími buňkami koordinovat své funkce, své *chování* (pohyb, metabolismus, vysílání a přijímání signálů, dodávání živin dalším buňkám, identifikaci a zkoumání cizích objektů), a tak získala vlastnosti života. Toto chování se pak promítá do chování organismu. Metabolismus organismu závisí na metabolismu buňky. Reprodukce organismu závisí na reprodukci buňky. Opravy, přežití nebo smrt organismu závisí na opravě, přežití nebo smrti buněk. Chování orgánu, respektive organismu, závisí na chování buňky. Život organismu závisí na životě buňky.

A konečně, buňka je dělicí stroj. Molekuly uvnitř buňky – a jsou to opět proteiny – vyvolávají proces duplikace genomu. Vnitřní organizace buňky se mění. Chromozomy, ve kterých je fyzicky umístěn genetický materiál buňky, se dělí. Buněčné dělení pohání růst, opravy, regeneraci a ve svém důsledku i rozmnožování, což jsou všechno základní a určující vlastnosti života.



S buňkami jsem strávil celý život. Pokaždé, když nějakou sleduji pod mikroskopem – zářivou, třpytivou, živou – znovu prožívám stejné rozechvění, jako když jsem buňku viděl poprvé. Jednoho pátečního odpoledne na podzim 1993, asi týden poté, co jsem nastoupil do laboratoře Alaina Townsenda na Oxfordské univerzitě na studium imunologie, jsem rozdrtil myši slezinu a na Petriho misku jsem spolu s faktory pro stimulaci T-lymfocytů nanесl krvavě zbarvenou polévku. Uplynul víkend a v pondělí ráno jsem zapnul mikroskop. Místnost byla osvětlená tak matně, že ani nebylo třeba zatahovat závěsy – Oxford se vždy vyznačoval tlumeným světlem (je-li bezmračná Itálie stvořená pro dalekohledy, pak tmavá a mlhavá Anglie jako by byla přesně na míru pro mikroskopy). Umístil jsem misku na stolek mikroskopu. Pod růstovým médiem klouzala spousta průsvitných T-lymfocytů ledvinovitého tvaru, které se vyznačovaly něčím, co dokážu popsat jen jako zářivé vnitřní světlo – což je známka zdravých, aktivních buněk. (Když buňky odumřou, jejich záře potmí, stanou se zrnitými, získají pyknotický charakter, abych použil žargon buněčné biologie.)

„Jako by se na mě dívaly oči,“ zašeptal jsem si pro sebe. A pak se k mému úžasu jeden T-lymfocyt pohnul – záměrně, účelově, hledal infikovanou buňku, kterou by mohl zlikvidovat a zabít. Byl živý!

Sledovat, jak u člověka probíhá buněčná revoluce, pro mě nepřestává být vzrušující a fascinující podívaná ani po letech. Když jsem se v zářivkách osvětlené chodbě před auditoriem Pensylvánské univerzity seznámil s Emily Whitehead, měl jsem pocit, jako by mi umožnila vstoupit do brány spojující budoucnost s minulostí. Mým prvním odborným zaměřením byla imunologie, potom

jsem se jako vědecký pracovník specializoval na kmenové buňky, později jsem se stal nádorovým biologem a nakonec lékařem – onkologem.* Emily ztělesňovala všechny tyto minulé životy – nejen ten můj, ale především životy a nasazení tisíců výzkumníků, kteří tisíce dní i nocí hleděli do tisíců mikroskopů. Ztělesňovala naši touhu proniknout do prozářeného srdce buňky a pochopit její nekonečně fascinující tajemství. A ztělesňovala i naši bolestnou touhu stát u zrodu medicíny nového typu – buněčné terapie, založené na poznání fyziologie buněk.

Setkávat se v nemocničním pokoji s přítelem Samem a sledovat, jak ho týden co týden bičují remise a recidivy, znamenalo prožívat opačné pocity, ne radost, ale obavy z toho, co všechno se ještě musíme naučit a pochopit. Jako onkolog se zaměřuji na buňky, které začaly škodit a zplundrovaly místa, kde by neměly vůbec být, které se začaly nekontrolovaně dělit. Tyto buňky narušují a převracejí právě ty pochody, které v knize popisují, a já se snažím přijít na to, proč a jak se to děje. Můžete si mne představit jako buněčného biologa, jenž uvízl ve světě, kde je všechno vzhůru nohama. A proto je příběh buňky vetknán přímo do vláken mého vědeckého i osobního života.

Zatímco jsem od prvních měsíců roku 2020 do roku 2022 intenzivně psal, pandemie covidu-19 se šířila po celém světě jako nekontrolovaný požár. Nemocnice, kde jsem zaměstnaný, New York, který jsem přijal za své město, i moje vlast byly zaplaveny těly nemocných a mrtvých. V únoru 2020 už byla lůžka na jednotce intenzivní péče v Lékařském centru Kolumbijské univerzity, kde pracuji, plná pacientů, kteří se topili ve vlastních sekretech, a mechanické ventilátory jim tlačily vzduch do plic a zase ven. Začátek jara 2020 byl obzvlášť pochmurný: New York se změnil v liduprázdné město, po jehož bulvárech i uličkách se proháněl jen vítr, a lidé se schovávali jeden před druhým. Indii zasáhl smrtelný nápor o necelý rok později – v dubnu a květnu 2021. Těla se tam pálila na parkovištích, v zadních uličkách, ve slumech i na dětských hřištích. Ohně v krematoriích hořely tak často a intenzivně, že kovové mříže, na které se kladou těla, se žářem tavily a bortily.

Nejprve jsem seděl v nemocniční ambulanci a pak, když se provoz onkologické kliniky omezil na naprosté minimum, jsem se s rodinou izoloval doma. Zíral jsem z okna na horizont a neustále jsem se v myšlenkách vracel k buňkám. Imunita a její slabiny. Viroložka z Yaleovy univerzity Akiko Iwasaki mi vysvětlila, že hlavním patologickým účinkem viru SARS-CoV-2 (těžký akutní respirační syndrom koronavirus 2) je imunologické selhání – deregulace imunitních buněk. O tomto termínu jsem dosud nikdy neslyšel, ale jeho

* Dokonce jsem se v letech 1996–1999 nakrátko dostal k neurobiologii, když jsem pracoval u profesorky Connie Cepko na Lékařské fakultě Harvardovy univerzity, kde jsem studoval vývoj sítnice. Zabýval jsem se gliovými buňkami dlouho předtím, než se v neurobiologii dostaly do módy. Vývojová bioložka a genetička Connie Cepko mě naučila vědeckým základům a umění sledování rodových linií, což je metoda, s níž se v této knize setkáme později.

závažnost mne zasáhla: dokonce i pandemie je ve své podstatě nemocí buněk. Ano, byl zde virus, ale viry jsou bez buněk inertní, neživé. To naše buňky nákazu umožnily a probudily viry k životu. Abychom pochopili hlavní rysy pandemie, musíme rozumět nejen zvláštnostem virů, ale také biologii imunitních buněk a jejím slabinám.

Chvíli se mi tedy zdálo, jako by mě každá ulička i hlavní třída mého myšlení a bytí přiváděla zpět k buňkám. Nejsem si jistý, do jaké míry jsem tuto knihu přivedl k životu já a nakolik si své napsání vyžádala ona sama.



Ve *Vládkyni všech nemocí* jsem psal o bolestném hledání léku na rakovinu a její prevenci. Při tvorbě *Genu* mě hnala vpřed snaha rozluštit a dešifrovat kód života. *Píseň buňky* nás zve na zcela jinou cestu, která směřuje k pochopení života prostřednictvím jeho nejjednodušší jednotky – buňky. V této knize nejde o hledání léku ani o dešifrování kódu. Není tu jeden jediný nepřítel. Hlavní postavy této knihy chtějí porozumět životu tím, že pochopí anatomii, fyziologii, chování buňky – i to, jak se dorozumívá s buňkami kolem sebe. Chtějí naslouchat hudbě buňky. Jejich lékařským cílem je nalézt buněčné terapie: využít stavební kameny lidského těla k jeho obnově a opravě.

Musel jsem tedy zvolit jinou než chronologickou strukturu. Každá část knihy se zabývá nějakou základní vlastností komplexních živých bytostí a zkoumá její příběh. Každá část představuje mini dějiny s časovou posloupností příslušného objevu. Každá část objasňuje nějakou základní vlastnost života (reprodukcii, anatomii, metabolismus), která závisí na určitém buněčném systému. A v každé najdeme nově vzniklou buněčnou technologii (například transplantaci kostní dřeně, oplodnění *in vitro* [IVF], genovou terapii, hloubkovou stimulaci mozku, imunoterapii), která vzešla z našeho poznání buněk a přinesla nové podněty k našemu nahlížení na strukturu a fungování lidského těla. I sama tato kniha je součtem částí: jsou v ní obsaženy dějiny i osobní příběhy, píše se v ní o fyziologii a patologii, o minulosti i budoucnosti – a představuje také osobní kroniku mého vlastního růstu jako buněčného biologa a lékaře, všechno je v ní propletené do jednoho celku. A nebo chcete-li, je uspořádána jako buňka.



Když jsem na ní v zimě 2019 začal pracovat, chtěl jsem ji věnovat Rudolfovi Virchowovi. Byl jsem okouzlen tímto tichým, samotářským, pokrokovým německým lékařem a vědcem, který odolal patologickým společenským trendům své doby, podporoval svobodné myšlení, stal se bojovníkem za veřejné zdravotnictví, pohrdal rasismem, vydával svůj vlastní časopis, v medicíně prosazoval originální a nosné přístupy a jako první založil studium nemocí orgánů a tkání na poruchách buněk – popisoval je jako „buněčnou patologii“.

Nakonec jsem se vrátil k pacientovi – k příteli procházejícímu léčbou rakoviny založenou na nové formě imunoterapie, a k Emily Whitehead. Oba pacienti nám otevřeli nové cesty k pochopení buněk a buněčné terapie. Byli jedni z prvních, kdo prožili zkušenost našich „záběhových“ pokusů – někdy úspěšných, jindy méně – o zkracení buněk, jejich využití v terapii člověka a k transformaci buněčné patologie v buněčnou medicínu. Tato kniha je věnována jim – a jejich buňkám.

První část

OBJEV

A grayscale microscopic image of cells. A large, irregularly shaped cell with a textured, granular interior is the central focus. It is surrounded by several smaller, more rounded cells, some of which appear to have a distinct nucleus or internal structure. The overall image has a high-contrast, almost ethereal quality, with the cells appearing as bright, intricate patterns against a darker background.

Na začátku našich životů, mého i vašeho, byla jediná buňka. Naše geny se liší, i když jen v maličkostech. Naše těla se vyvíjela různým způsobem. Naše kůže, vlasy, kosti, mozky mají rozdílnou stavbu. Máme hodně odlišné životní zkušenosti. Přišel jsem o dva strýce, zemřeli kvůli duševní chorobě. Ztratil jsem otce, který nešťastně upadl a podlehl následným komplikacím. Artritida v koleni. A moji přátelé – ach, kolik jich jen bylo! – podlehl rakovině.

A přesto, navzdory všem očividným propastným rozdílům mezi našimi těly a zkušenostmi, máme dva společné rysy. Za prvé, vznikli jsme z jednobuněčného embrya. A za druhé, z této buňky vzniklo mnoho dalších buněk, které teď obývají moje i vaše tělo. Jsme postaveni ze stejných hmotných částic a podobáme se dvěma různým hrudkám hmoty, tvořeným stejnými atomy.

Z čeho vlastně jsme? Za dávných časů se věřilo, že naše těla jsou stvořena ze ztuhlé a vytvarované menstruační krve. Někteří lidé věřili, že jsme vznikli z preformovaných miniaturních bytostí tím, že jsme se postupně zvětšovali a nafukovali jako nějaké balónky ve tvaru člověka, nachystané do průvodu. Další se domnívali, že jsme byli vymodelováni z bláta a říční vody. A jiní si zase mysleli, že se v děloze postupně přeměňujeme z tvorů podobných pulcům na stvoření s rybí tlamou a nakonec na lidské bytosti.

Kdybyste se však podívali pod mikroskopem na vaši a moji kůži nebo na vaše a moje játra, zjistili byste, že jsme si nápadně podobní. A uvědomili byste si, že ve skutečnosti jsme všichni tvořeni živými jednotkami: buňkami. První buňka dala vzniknout dalším buňkám a ty se pak dělily a vytvářely ještě další, až se postupně vytvořila naše játra a střeva a mozky – a všechna ta propracovaná anatomická architektura našich těl.

Kdy jsme si uvědomili, že člověk je vlastně složený ze samostatných živých jednotek? A že tyto jednotky jsou základem všech funkcí, které je tělo schopné vykonávat – nebo jinými slovy, že naše fyziologie je v konečném důsledku dána buněčnou fyziologií? A kdy jsme pochopili druhou stránku věci – že náš aktuální i budoucí zdravotní stav úzce souvisí se změnami v těchto živých jednotkách? Že naše nemoci jsou důsledkem buněčné patologie?

Na tyto otázky – a také na příběh objevu, který ovlivnil a radikálně proměnil biologii, medicínu i naše chápání člověka a který je v nich obsažen, se zaměříme ze všeho nejdříve.

Původní buňka

Neviditelný svět

Skutečné poznání znamená být si vědom vlastní nevědomosti.

Rudolf Virchow v dopise svému otci,
asi ve třicátých letech 19. století

Nejprve vzdejme hold tichému hlasu Rudolfa Virchowa. Narodil se 13. října 1821 v pruském Pomoránsku (dnes je toto území rozděleno mezi Polsko a Německo). Jeho otec Carl byl zemědělec a městský pokladník. O jeho matce Johanně Virchow, rozené Hesse, toho moc nevíme. Rudolf byl pracovitý a bystrý student – přemýšlivý, pozorný, nadaný na jazyky. Naučil se německy, francouzsky, arabsky a latinsky a za svou akademickou práci získal vyznamenání.

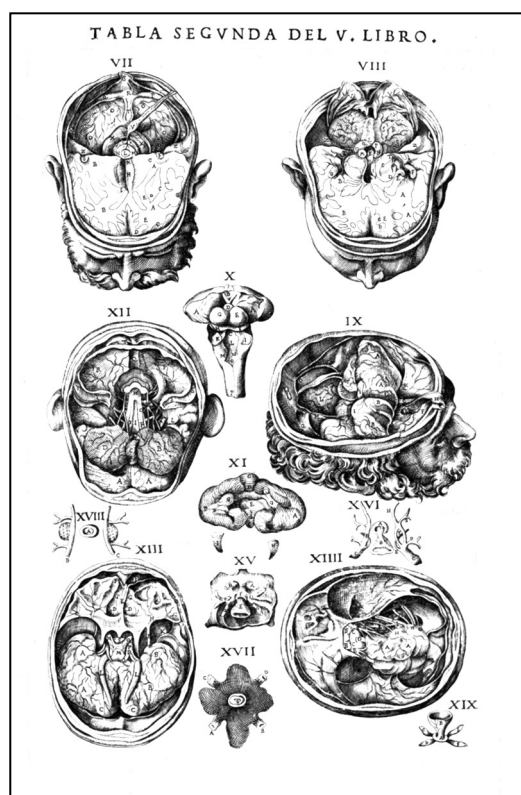
V osmnácti letech napsal středoškolskou práci Život naplněný prací a dřinou není prokletím, ale požehnáním a začal se připravovat na povolání duchovního. Chtěl se stát farářem a kázat věřícím. Virchowa však znepokojovalo, že má slabý hlas. Víra vychází ze síly inspirace a inspirace ze síly řečnického umění. Ale co když ho z kazatelny nikdo neuslyší? Medicína a věda se zdály být pro samotářského, svědomitého chlapce s tichým hlasem shovívavější profesí. Po promoci v roce 1839 získal Virchow vojenské stipendium a rozhodl se studovat medicínu na Univerzitě Fridricha Viléma v Berlíně.

Svět medicíny, do kterého Virchow vstoupil v polovině 19. století, by se dal rozdělit na dvě části – na relativně pokročilou anatomii a stále ještě zmatenou patologii. S přesným popisem tvaru a struktury lidského těla začali anatomové v 16. století. Nejznámějším anatomem byl vlámský vědec Andreas Vesalius, profesor na univerzitě v italské Padově. Byl synem lékárníka a v roce 1533 přijel do Paříže studovat a praktikovat chirurgii. Zjistil, že v chirurgické anatomii panuje naprostý chaos. Existovalo pár učebnic, ale žádná systematická mapa lidského těla. Chirurgové a jejich studenti většinou volně vycházeli z učení anatomie podle Galéna, lékaře ze starověkého Říma, který žil v letech 129 až 216 n. l.

Galénova stovky let stará pojednání o lidské anatomii, založená na studiích na zvířatech, beznadějně zastarala a upřímně řečeno, obsahovala hodně chyb.

Suterén pařížské nemocnice Hôtel Dieu, kde se pitvaly rozkládající se lidské ostatky, byl špinavý, nevětraný a špatně osvětlený prostor. Pod pitevními stoly pobíhali zdivočelí psi a ohryzávali vše, co upadlo – „masný trh“, pojmenoval Vesalius jednu takovou anatomickou komoru. Profesori seděli na „vyvýšených židlích [a] krákali jako kavky“, popisoval; jejich asistenti zatím bez ladu a skladu sekali do těl, cloumali jimi a vyvrhovali z nich orgány a jiné části, jako když se vytahuje cupanina z plyšové hračky.

„Doktoři se sami řezat ani nepokoušejí,“ psal s hořkostí Vesalius, „a lazebníci, na které bylo chirurgické řemeslo delegováno, nejsou dost vzdělaní na to, aby rozuměli pitevním zápiskům profesorů pitevníků... Prostě jen vyříznou vzorky podle návodu doktora, který se sám nikdy skalpelu ani nedotkne a jednoduše všechno řídí podle Galéna – navíc ještě nikoliv bez arogance. A tak se všechny věci vyučují chybně a dny plynou v hloupých sporech. Divákům se v tom zmatku dostane méně poznatků, než kolik by se jich naučil lékař od řezníka na masném trhu.“ A ponuře uzavřel: „S výjimkou osmi svalů břicha, těžce poškozených a ve špatném pořadí, mi ještě nikdy nikdo neukázal žádný jiný sval ani kost, nemluvě o poslušnosti nervů, žil a tepen.“



Obrázek z Vesaliovy knihy *De humani corporis fabrica* (1543), který dokládá jeho metodu postupně ukrajovaných řezů anatomickou strukturou, aby se zdůraznily vztahy mezi substrukturami uloženými nad ní a pod ní – moderní CT skener by ukazoval něco podobného. Knihy jako *De humani* s ilustracemi Jana van Kalkara byly pro studium lidské anatomie převratné. V oblasti fyziologie ani patologie však ve třicátých letech 19. století žádná podobně srozumitelná učebnice neexistovala.

Frustrovaný a zmatený Vesalius se rozhodl vytvořit vlastní mapu lidského těla. Objížděl kostnice v okolí nemocnice, někdy i dvakrát denně, aby pro svou laboratoř získal vzorky. Hroby na hřbitově Neviňátek, často odkryté, s těly obnaženými na kost, poskytovaly dokonale zachovalé vzorky k nákresům kostry. Při procházkách kolem mohutné třístupňové pařížské šibenice Montfaucon Vesalius zaznamenal visící těla vězňů. Čerstvé oběšence potajmu odřezával a odvážel si je. Jejich svaly, vnitřnosti a nervy byly natolik neporušené, že je mohl vrstvu po vrstvě odhalovat a mapovat umístění orgánů.

Složitě náčrty, které během následujícího desetiletí Vesalius vytvářel, způsobily převrat v anatomii člověka. Občas prováděl vodorovné řezy mozkem, jako když se od špičky porcuje meloun, což mu umožnilo kreslit obrázky podobné skenům moderní počítačové axiální tomografie (CAT). Jindy zase převerstvil svaly krevními cévami nebo na svalech udělal otevírací klapky, jako by vytvářel řadu anatomických okének, aby si divák dokázal představit, že jimi prochází a vidí povrchy a vrstvy pod nimi.

Kreslil dokonce lidské břicho z pohledu zdola nahoru, v podobné perspektivě, jakou v 15. století použil italský malíř Andrea Mantegna k zobrazení Kristova těla na obraze *Oplakávání Krista*, a kresbu rozdělil do řezů podobných vizualizacím prostřednictvím skenů magnetické rezonance (MRI). Ve spolupráci s malířem a grafikem Janem van Kalkarem vytvořil dosud nejpodrobnější a nejjemnější kresby lidské anatomie. V roce 1543 vydal své anatomické dílo v sedmi svazcích s názvem *De humani corporis fabrica* (O materiálu lidského těla). Slovo „materiál“ v názvu naznačovalo charakter a smysl díla: s lidským tělem se zde zacházelo jako s fyzickým materiálem složeným z hmoty, ne jako s tajemným duchem. Částečně šlo o učebnici medicíny s téměř sedmi sty ilustracemi a částečně o vědecké pojednání se schématy a diagramy, které položily základy studia anatomie člověka v následujících staletích.

Shodou okolností ve stejném roce vyšla i monumentální „anatomie nebes“ polského astronoma Mikuláše Koperníka pod názvem *De revolutionibus orbium coelestium* (O obězích nebeských sfér), kde Koperník představil mapu heliocentrické sluneční soustavy se Zemí umístěnou na oběžné dráze a se Sluncem zasazeným pevně ve středu.

Vesalius zase ustanovil lidskou anatomii jako ústřední bod medicíny.



Zatímco v anatomii zaměřené na studium stavebních prvků lidského těla docházelo k radikálním pokrokům, patologie, orientovaná na studium lidských nemocí a jejich příčin, podobný ústřední bod postrádala. Byl to nezmapovaný, rozptýlený vesmír. Neexistovala žádná srovnatelná kniha o patologii ani žádná společná teorie vysvětlující nemoci – žádná odhalení ani *revolutiones*. V 16. a 17. století byla většina nemocí připisována tzv. miasmatům, jedovatým výparům vycházejícím ze splašků nebo z kontaminovaného vzduchu. Tyto

výpary přenášely částice vzniklé rozpadem hmoty – miasmata, která nějakým způsobem pronikala do těla a působila jeho rozklad. (Malárie si tuto historii dodnes nese ve svém názvu, který vznikl spojením italských slov *mala* a *aria*, tedy „špatný vzduch“.)

První reformátoři zdravotnictví se proto ve jménu prevence a léčby nemoci soustředili na sanitární reformu a veřejnou hygienu. Vykopali kanalizační systémy odvádějící odpad a v domácnostech i továrnách budovali ventilační šachty, aby se v místnostech nehromadila mlhovina nakažlivých miasmat. Tato teorie nesporně působila logicky. Mnohá města, která procházela rychlou industrializací a bojovala s přílivem námezdních dělníků a jejich rodin, se stala páchnoucími aglomeracemi, vydechujícími smog a přetékajícími splašky, přičemž nemoci, jak se zdálo, řádily právě v jejich nejsmrduťjších a nejlidnatějších oblastech. Chudší části Londýna a jeho okolí, jako byl East End (dnes jsou v této části nablýskané obchody a restaurace, kde se prodávají designové lněné zástěry a luxusní láhve ginu), opakovaně decimovaly vlny cholery a tyfu. Syfilis a tuberkulóza byly na denním pořádku. Porod byl děsivou záležitostí s vysokou mírou rizika, že neskončí narozením, ale smrtí dítěte, matky nebo obou dvou. V bohatších částech města, kde měli čistý vzduch a likvidaci splašků přiměřeně vyřešenou, bylo zdravěji, zatímco chudina v oblastech plných miasmat nevyhnutelně podléhala nemocem. Pokud tajemství dobrého zdraví představovala čistota, pak nemoc musela být podmíněna nečistotou nebo nákazou.

I když představa nákazy z výparů a miasmat působila přijatelně a dokonale ospravedlňovala další segregaci bohatých a chudých městských čtvrtí, patologie byla stále plná zvláštních hádanek. Proč například má žena, která rodí v jedné části porodnické kliniky ve Vídni, téměř třikrát vyšší pravděpodobnost úmrtí v souvislosti s těhotenstvím než žena, která rodí ve druhé části kliniky? Co způsobuje neplodnost? Proč by naprosto zdravý mladý muž měl náhle podlehnout nesnesitelně bolestivé nemoci kloubů?

Během 18. a 19. století lékaři a vědci usilovali o systémové vysvětlení lidských nemocí. Maximem, jehož dosáhli, však bylo neuspokojivé vysvětlení založené na hrubé anatomii: každá nemoc znamenala poruchu funkce určitého orgánu. Jater. Žaludku. Sleziny. Existuje snad nějaký hlubší organizační princip, spojující tyto orgány s jejich nejasnými a podivnými onemocněními? Lze vůbec v lidské patologii hledat systémové pojitko? Je možné, že odpověď lze najít spíše v mikroskopické anatomii než v anatomii viditelné. Ostatně chemici již v 18. století začali chápat, že vlastnosti hmoty – hořlavost vodíku nebo tekutost vody – jsou důsledkem emergentních vlastností neviditelných částic, molekul a atomů, které ji tvoří. Bylo snad uspořádání v biologii podobné?



Rudolfu Virchowovi bylo pouhých osmnáct let, když byl přijat na lékařskou fakultu Univerzity Fridricha Viléma v Berlíně. Ústav byl zaměřený na výcvik lékařských důstojníků pro pruskou armádu a pracovní morálka tam byla náležitě bojová: od studentů se očekávalo, že ve dne budou navštěvovat výuku v rozsahu šedesáti hodin týdně a v noci memorovat fakta. (Na chirurgickém ústavu Pépinière konali starší vojenští lékaři často přepadové kontroly docházky. Pokud se zjistilo, že některý student ve výuce chybí, následoval trest pro celou skupinu.) „Takhle to funguje bez přestání každý den od šesti hodin ráno do jedenácti hodin v noci s výjimkou neděle,“ psal Virchow zasmušile otci, „... a tento režim člověka tak unaví, že večer zjistí, jak moc touží po tvrdé posteli – na které se po otupujícím spánku ráno probudí skoro stejně unavený, jako když uléhal.“ Jedli denní přiděl masa, brambor a vodnaté polévky, bydleli v malých, izolovaných pokojích pro jednoho. V celách (buňkách).

Virchow se fakta učil nazpaměť. Výuka anatomie probíhala rozumně: hrubou mapu těla od dob Vesaliových pozvolna zdokonalily generace chirurgů, provádějících vivisekce a tisíce pitev. Patologie a fyziologie však postrádaly základní logiku. Proč orgány fungují, jakou činnost vykonávají a proč přestávají fungovat správně, to vše nebylo nic než jen spekulace – rozkročené jako na vojenský rozkaz od domněnky ke skutečnosti. Patologové byli už dávno rozděleni do škol, které se přely, co je příčinou nemoci. Miasmisté si mysleli, že nemoci mají původ v kontaminovaných výparech; galénisté věřili, že nemoc je důsledkem patologické nerovnováhy mezi čtyřmi tělními tekutinami a polotekutinami zvanými „šťávy“; psychisté zase tvrdili, že nemoc je projevem poruchy mentálního nastavení. V době, kdy Virchow vstupoval do světa medicíny, byla už většina těchto teorií považována za zmatečné nebo neplatné.

Virchow získal svůj lékařský diplom v roce 1843 a nastoupil do berlínské nemocnice Charité, kde začal úzce spolupracovat s Robertem Frierepem, patologem, mikroskopikem a kurátorem tamější sbírky patologických preparátů. V novém prostředí se Virchow cítil zbaven intelektuální strnulosti svého bývalého působiště a zatoužil systematicky porozumět lidské fyziologii a patologii. Ponořil se do historie patologie. „Existuje naléhavá a dalekosáhlá potřeba poznat [mikroskopickou patologii],“ napsal – ale cítil, že příslušná disciplína selhává. Mikroskopikové mohli mít pravdu: možná nelze nalézt systematickou odpověď ve viditelném světě. Co když selhávající srdce nebo cirhotická játra představují pouhé epifenomény – projevy poruch, které vznikají hlouběji a nejsou pouhým okem viditelné?

Když se Virchow probíral minulostí, zjistil, že průkopníci, kteří se také snažili zviditelnit tento neviditelný svět, existovali už před ním. Vědci už od konce 17. století věděli, že rostlinné a živočišné tkáně jsou vystavěny z jednotných živých struktur nazývaných buňky. Bylo by možné, aby tyto buňky

zaujímalý ústřední postavení i ve fyziologii a patologii? Pokud ano, odkud se vzaly a co dělají?

„Skutečné poznání znamená být si vědom vlastní nevědomosti,“ napsal student medicíny Virchow ve třicátých letech 19. století v dopise svému otci. „Jak moc a jak bolestně pociťuji mezery ve svých znalostech. Právě proto nedokážu vydržet jen u jednoho vědního oboru. ... Pokud jde o mě, spousta věcí zůstává nejasných a nevyřešených.“ Virchow nakonec našel pevnou půdu pod nohama v lékařské vědě; jako by mu to pomohlo utišit bodavou bolest v duši. „Jsem svým vlastním rádcem,“ napsal s nově nabytou sebedůvěrou v roce 1847. Kdyby buněčná patologie neexistovala, byl by ji vydupal ze země. Se získanou zkušeností lékaře a hlubokými znalostmi historie medicíny mohl konečně zaujmout správné místo a začít vyplňovat mezery.

Viditelná buňka

Fiktivní příběhy o zvířátkách

V součtu součástí jsou pouze části. Svět je třeba poměřovat zrakem.

Wallace Stevens

„Svět je třeba poměřovat zrakem.“

Moderní genetika vzešla ze zemědělské praxe: Geny objevil moravský řeholník Gregor Mendel, když ve své klášterní zahradě křížil rostliny hrachu tak, že je opyloval štětečkem. Ruského genetika Nikolaje Vavilova inspirovala selekce plodin. Dokonce i anglický přírodovědec Charles Darwin zaznamenal výrazné změny živočišných forem vyvolané selektivním křížením. Buněčnou biologii rovněž podnítila nenáročná praktická technologie. Špičková věda se zrodila z přízemního kutilství.

V případě buněčné biologie šlo prostě o umění pozorovat: měřit, sledovat a rozpitvat svět prostřednictvím zraku. Na počátku 17. století umístili dva holandské optikové, Hans a Zacharias Janssenovi, otec a syn, dvě zvětšovací čočky na horní a spodní část trubice a zjistili, že tak dokážou zvětšit dosud neviditelný svět.* Mikroskopům se dvěma čočkami se nakonec začalo říkat „složené mikroskopy“, zatímco ty s jednou čočkou se nazývaly „jednoduché“; oba typy vycházely ze staletí zkušeností při výrobě foukaného skla, které si proklestilo cestu z arabského a řeckého světa do dílen italských a holandských sklářů. Spišovatel Aristofanes popsal ve 2. století před naším letopočtem „pálící koule“: skleněné koule prodávané jako cetky na trhu, jež umožňovaly soustředit a naměřovat paprsky světla; když se člověk skrze pálící kouli pozorně díval, uviděl stejný miniaturní vesmír, jenomže zvětšený. Když se pálící koule roztáhla

* Podle některých historiků složený mikroskop vynalezli nezávisle konkurenti Janssenových, výrobci očních čoček Hans Lippershey a Cornelis Drebbel. Datování všech těchto vynálezů je sporné, ale pravděpodobně k nim došlo mezi devadesátými lety 16. století a dvacátými lety 17. století.

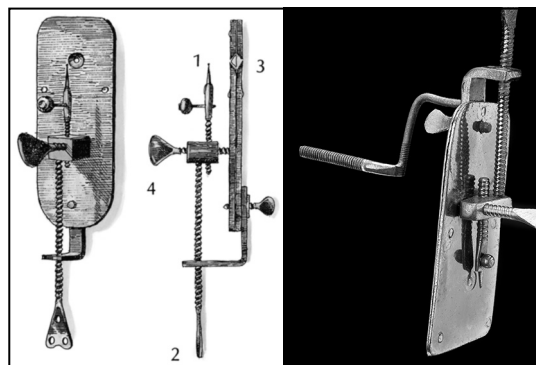
do čočky velikosti oka, dostalo se nám podívané, kterou patrně vynalezl italský sklář Amati ve 12. století. Když se sklo nasadilo na rukojeť, získali jsme lupu.

Zásadní inovací, kterou provedli Janssenovi, bylo propojení umění foukání skla s technikou posunu skleněných částí nad destičkou připevněnou k podstavci. Připojením jednoho nebo dvou dokonale jasných kusů skla čočkovitého tvaru ke kovovým destičkám nebo trubicím se systémy šroubů a ozubených kol pro zajištění jejich posunu se vědcům otevřela cesta k neviděnému miniaturnímu světu, k dosud neznámému vesmíru, jež dosud lidské oko nespátřilo – k protějšku makroskopického vesmíru, pozorovatelného dalekohledem.



Za objev, jak zviditelnit neviditelný svět, vdčíme jednomu tajnůstkářskému Holandanovi. Antonie van Leeuwenhoek, obchodník s látkami z Delftu, potřeboval v sedmdesátých letech 17. století nástroj ke zkoumání kvality a celistvosti vláken. Nizozemsko 17. století bylo vzkvétajícím centrem obchodu s oděvy – hedvábí, samet, vlna, len a bavlna se dovážely ve velkém z přístavů a kolonií a přes Nizozemsko je obchodníci rozváželi dál po celém evropském kontinentu. Leeuwenhoek navázal na práci Janssenových a sestavil si jednoduchý mikroskop s jedinou čočkou upevněnou na mosazné destičce a malým stolcem k umístění vzorků. Zpočátku své zařízení používal k posouzení kvality látek. Brzy se však tento ručně vyrobený nástroj stal jeho vášní: zaostřoval svou čočku na jakékoliv předměty, které mu přišly pod ruku.

Dne 26. května 1675 zasáhla město Delft bouře. Leeuwenhoek, tehdy dvaadvacetiletý, si ze střešního okapu nabral trochu vody. Druhý den kapku odstáté vody umístil pod mikroskop a podržel ji proti světlu. Okamžitě byl uchvácen. Něco takového nikdo nikdy neviděl. Vodou vířily desítky drobných organismů – pidizvírátek, „animalkulů“, jak jim začal říkat. Hvězdáři dalekohledem pozorovali makroskopické světy – modře zabarvený Měsíc, plynnou Venuši, Saturn s prstenci, Mars s červenými skvrnami – ale nikdo se nikdy



(a)

(b)

(a) Schematické znázornění jednoho z prvních Leeuwenhoekových mikroskopů s úchytem pro umístění vzorku (1), hlavním šroubem (2) pro ovládání čoček (3) a knoflíkem pro fixaci zaostření (4).
(b) Leeuwenhoekův mikroskop sestavený na mosazné destičce.

nezmínil o existenci úžasného vesmíru, tvořeného živým světem v kapce dešťové vody. „Mezi všemi zázraky, které jsem v přírodě objevil, byl tento ze všech nejúžasnější,“ napsal Leeuwenhoek v roce 1676. „Nikdy jsem nezažil žádné větší potěšení než podívanou na tisíce živých tvorů v kapce vody.“*

Přál si vidět více, sestavit jemnější nástroje pro zviditelnění tohoto fascinujícího nového vesmíru živých bytostí. A tak nakoupil korálky a kuličky z benátského skla nejvyšší kvality, které zbrousil a pracně vyleštil do dokonale čočkovitého tvaru (jak dnes víme, některé z jeho čoček byly vyrobeny vytažením skleněné tyčinky do tenké kapiláry nad otevřeným plamenem, odlomením konce a následným „probubláním“ kapiláry do kapičky ve tvaru čočky). Tyto čočky upevňoval na tenké kovové destičky, vyrobené z mosazi, stříbra nebo zlata, a postupně zdokonaloval složitý systém miniaturních nástavců a šroubů zajišťujících pohyb částí přístroje nahoru a dolů pro dokonalé zaostření. Vyrobil téměř pět set takových mikroskopů; každý z nich je puntičkářský kutilský zázrak.

Nacházejí se takoví tvorové i v jiných vzorcích vody? Leeuwenhoek poprosil muže, který cestoval k moři, aby mu v „čisté skleněné láhvi“ přivezl vzorek mořské vody. I v ní pak objevil plovoucí drobné jednobuněčné organismy – „s tělem barvy myši, projasněným směrem k místu ohybu“. Nakonec své poznatky v roce 1676 zaznamenal a poslal nejvznešenější vědecké společnosti své doby.

„V roce 1675,“ napsal Královské společnosti v Londýně, „jsem v dešťové vodě, která několik málo dní stála v novém hliněném hrnci, objevil živé tvory. ... Když se tito animalkulové neboli živé atomy pohnuli, vystrčili dva neustále se pohybující rohy. ... Zbytek těla byl kulovitý, trochu zaostřený směrem k zadní části, ze které trčel ocas téměř čtyřnásobné délky vzhledem k velikosti těla.“

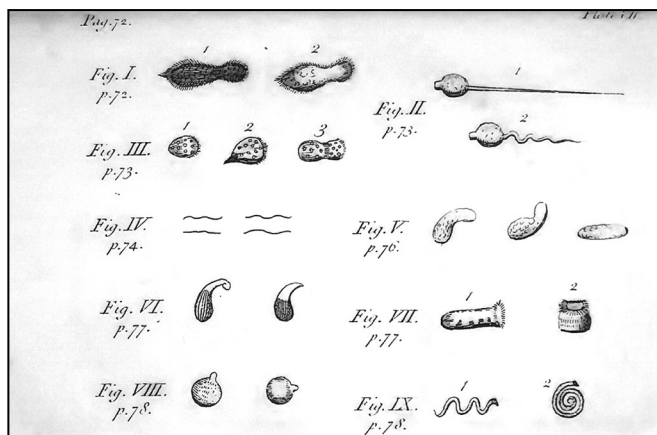
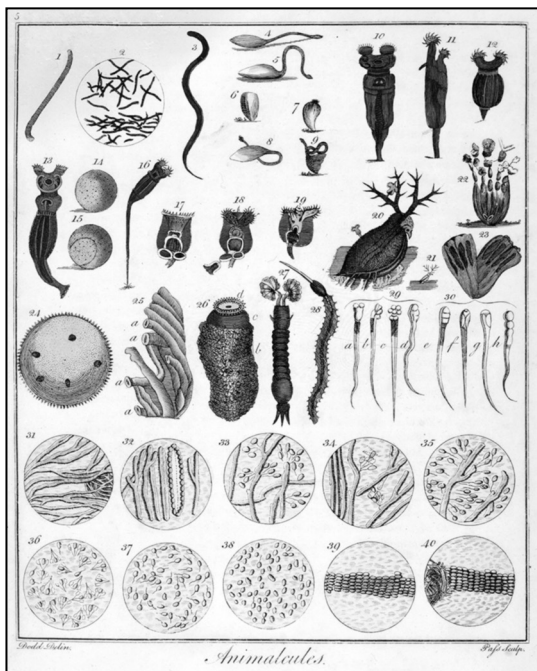


Když jsem dopisoval tento poslední odstavec, zachvátila mne podobná posedlost: Chtěl jsem se taky podívat. Právě jsem pobýval v naprostém pandemickém vzduchoprázdnu, a tak jsem se rozhodl sestavit vlastní mikroskop, nebo alespoň něco, co by se mu maximálně podobalo. Objednal jsem si kovovou destičku a otočný knoflík, vyvrtal jsem díрку a upevnil na destičku tu nejlepší malinkou čočku, jakou jsem dokázal sehnat. Můj výtvar měl k modernímu mikroskopu podobně daleko jako volský povoz k vesmírné lodi. Zlikvidoval jsem desítky prototypů, než se mi konečně podařil jeden, který by mohl fungovat.

* Leeuwenhoek si povšiml přítomnosti mikroskopických jednobuněčných organismů již v roce 1674, ale až jeho dopis Královské společnosti datovaný rokem 1676 obsahoval nejživější popis těchto organismů ve sjaté dešťové vodě.

Jednoho slunečného odpoledne jsem umístil kapku stojaté dešťové vody z louže na výstupek pro nanesení vzorku a přístroj si přidržel proti slunci.

Nic. Přes zorné pole se mi míhaly mlhavé tvary jako stíny ze světa duchů. Rozmazané čmouhy. Zklamaně jsem jemně pohnul zaostřovacím knoflíkem, jako to asi dělal Leeuwenhoek. Moje očekávání způsobilo, že jsem každou otáčku šroubu niterně pociťoval, jako by mi spirálově stoupal po páteři. A na jednu jsem to uviděl. V zorném poli se ostře zjevila kapka a potom celý svět



Někteří z „animalkulů“, které Leeuwenhoek pozoroval svým jednoduchým mikroskopem. Všimněte si části označené „Fig. II.“ na spodním obrázku, znázorňující buď lidskou spermii, nebo bakterii s vláknitým bičíkem.

v ní. Přes čočku se mihla nějaká měňavka. Tamhle se větví jakýsi organismus, který nedokážu pojmenovat. Pak další ve tvaru spirály. A pohyblivá kulička, obklopená svatozáří z nejkrásnějších a nejněžnějších vláken, jaká jsem kdy viděl. Nemohl jsem se toho pohledu nabažít. *Buňky*.

V roce 1677 Leeuwenhoek pozoroval lidské spermie, „pohlavní pidizvířátka“, ve svém spermatu a ve vzorku spermatu muže s kapavkou. Připadalo mu, že se „plazí jako had nebo plavou jako úhoř ve vodě“. Navzdory svému zaujetí pro věc a výkonnosti se však tento obchodník s látkami notoricky zdráhal předložit svoje přístroje ke zkoumání jiným pozorovatelům nebo vědcům. Podezíravost byla oboustranná, protože vědci se namnoze stavěli stejně přezíravě k němu. Henry Oldenburg, tajemník Královské společnosti, Leeuwenhoekův úpěnlivě žádal: „Seznamte nás se svou metodou pozorování, aby vaše pozorování mohli potvrdit jiní.“ Prosil o poskytnutí náčrtů a potvrzujících údajů, protože jen asi polovina ze zhruba dvou set dopisů, které Leeuwenhoek společnosti zaslal, nabízela důkazy nebo pracovala s vědeckou metodikou považovanou za vhodnou pro publikování. Leeuwenhoek však byl ochoten o svých přístrojích nebo metodách poskytnout jen mlhavé údaje. Jak napsal historik vědy Steven Shapin, Leeuwenhoek nebyl „ani filozof, ani lékař, ani gentleman. Nestudoval na žádné univerzitě, neuměl latinsky, francouzsky ani anglicky. ... Jeho tvrzení [o mikroskopických organismech hojně se vyskytujících ve vodě] naráželo na tehdejší vzorce věrohodnosti a jeho osoba důvěryhodnosti těchto tvrzení moc nepřidávala.“

Občas se zdálo, že si libuje v poloze málomluvného, zdrženlivého amatéra – obchodníka s látkami, který přemlouvá přítele, aby mu ve skleněné láhvi přivezl vodu z oceánu. Jediný způsob, jak uvěřit, že se tento obchodník s textilem stal mikroskopikem, který objevem nového světa mikroskopických organismů obrátil biologii vzhůru nohama, bylo důvěřovat svědectví nesourodé skupiny osmi obyvatel Delftu, kterou dal dohromady. Přísahali, že pomocí jeho přístrojů skutečně lze pozorovat „plovoucí zvířátka“. Věda založená na čestném prohlášení Leeuwenhoekově pověsti neprospěla. Otrávený a podezíravý Leeuwenhoek se stáhl hlouběji do světa miniaturních bytostí, který, jak se zdálo, dokázal spatřit jen on sám. „Svou práci, které se věnuji už dlouho,“ napsal rozhořčeně v roce 1716, „nevykonávám proto, abych se dočkal chvály, které se nyní těším, ale hlavně z touhy po vědění, které se mně, jak se domnívám, dostává více než většině ostatních lidí.“

Jako by ho jeho vlastní mikroskop pohltil a on se umenšil. Brzy se měl stát téměř neviditelným, maličkým, zapomenutým.

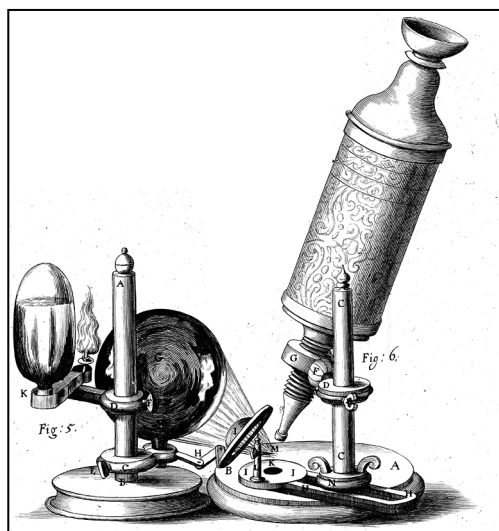


V roce 1665, téměř deset let předtím, než Leeuwenhoek zveřejnil svůj dopis popisující vodní animalkuly, pozoroval buňky rovněž anglický vědec a polyhistor Robert Hooke – i když nebyly živé a zdaleka tak rozmanité jako ty

Leeuwenhoekovy. Jako vědec byl Hooke asi pravým opakem Leeuwenhoekova. Vzdělání získal na Wadhamově koleji v Oxfordu, jeho intelekt byl široce rozkročen mezi různými světy vědy a postupně absorboval celé její oblasti. Hooke byl fyzik, ale také architekt, matematik, astronom, vědecký ilustrátor a mikroskopik.

Na rozdíl od většiny gentlemanů-vědců své doby – mužů z bohatých rodin, kteří si mohli dovolit přemítat o přírodních vědách, aniž by museli vyhlížet další výplatu, Hooke pocházel z nemajetné anglické rodiny. V Oxfordu přežíval díky stipendiu a studoval u významného fyzika Roberta Boylea. V roce 1662, stále ještě jako Boyleův podřízený, se už etabloval jako výrazný nezávislý myslitel a získal pozici „kurátora experimentů“ v Královské společnosti.

Hookeova inteligence byla flexibilní a jiskrná, jako gumička, která svítí, když se natahuje. Pouštěl se do nových oborů, které rozšiřoval a jako by prosvětloval nějakým vnitřním světlem. Hodně psal – o mechanice, optice a materiálových vědách. Po velkém požáru Londýna v září 1666, který zrušil pět dní a zničil čtyři pětiny města, Hooke pomáhal váženému architektu Christopheru Wrenovi při průzkumu a rekonstrukci budov. Sestrojil nový výkonný dalekohled, kterým dokázal pozorovat povrch Marsu, studoval a klasifikoval fosilie.



Znázornění složeného mikroskopu se dvěma čočkami, který používal Robert Hooke. Všimněte si mosazné trubice, která nesla dvě čočky, plamínku se soustavou zrcátek pro zajištění trvalého zdroje světla a vzorku naneseného pod spodní část trubice.

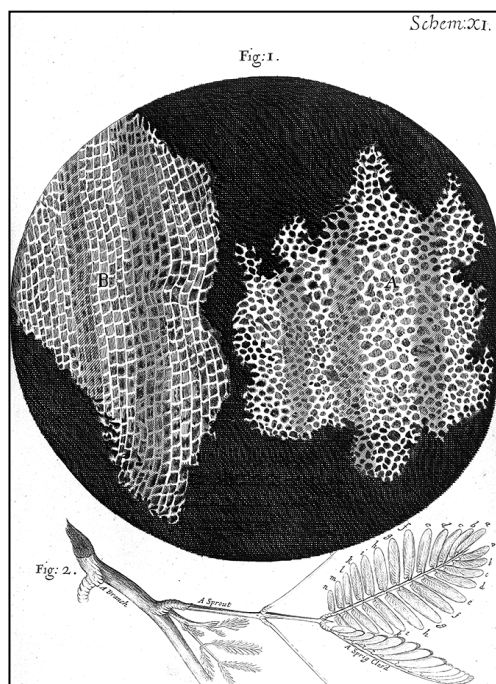
Na počátku šedesátých let 17. století zahájil Hooke sérii mikroskopovacích studií. Na rozdíl od vynálezů Antoniea van Leeuwenhoekova používal složené mikroskopy se dvěma jemně vybroušenými skleněnými čočkami umístěnými na opačných koncích pohyblivé trubice, která byla poté pro zvýšení jasnosti naplněna vodou. Jak napsal: „Pokud ... se objekt umístí velmi blízko a je skrz něj pozorován, bude větší a zřetelnější než při pozorování jakýmkoliv jiným velkým mikroskopem. S těmito mikroskopy, i když se dají [neobyčejně] snadno vyrobit, se však velmi obtížně pracuje kvůli jejich malé velikosti a blízkosti

objektu. Abych obojí vyřešil při zachování dvou míst lomu světla, opatřil jsem si mosaznou trubici.“

V lednu 1665 Hooke vydal knihu *Micrographia: Or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made with Magnifying Glasses with Observations and Inquiries Thereupon* (Mikrografie aneb Několik fyziologických popisů nepatrných tělísek, provedených pomocí zvětšovacích skel, spolu s pozorováním a šetřením s nimi spojenými), ve které své experimenty a mikroskopická pozorování podrobně popsal. Stala se překvapením roku – „Nejdůmyslnější kniha, kterou jsem v životě četl,“ zapsal kronikář Samuel Pepys. Kresby nepatrných tělísek, které nebyly nikdy předtím v takovém zvětšení pozorovány, čtenáře mrazily a zároveň fascinovaly. Mezi desítkami pečlivě provedených ilustrací byla obrovsky zvětšená blecha, gargantuovský obrázek vši s groteskní parazitickou tlamou zvětšenou na osminu stránky a složené oko mouchy se stovkami čoček, připomínající miniaturní lustr s množstvím broušených plošek. „Oči mouchy ... se jeví téměř jako mřížka,“ napsal. Hooke taky opil mravence brandy, aby mohl načrtnout detailní obrázek jeho tykadel. Ale mezi tyto výjevy parazitů a škůdců byl zasunutý poměrně prozaicky působící obrázek, který měl nenápadně otrást biologii v základech. Průřez stonkem rostliny – tenký plátek korku, který Hooke umístil pod mikroskop.

Zjistil, že korek není jen plochý, jednolitý blok hmoty. „Vzal jsem si pěkný a čistý kousek korku,“ vysvětloval ve své knize *Micrographia*, „a kapesním nožem ostrým jako břitva jsem z něj kousek odřízl, což zanechalo velmi hladký

Náčrtek kousku korku v knize Roberta Hookea *Micrographia* (1665). Kniha vyvolala nečekaný a enormní ohlas; díky zvětšeným obrázkům miniaturních živočichů a rostlin si získala popularitu v celé Anglii. Na tomto vzorku Hooke patrně viděl buněčné stěny, i když později se mu podařilo zviditelnit i skutečné buňky ve vodě.



povrch; pak jsem jej velmi pečlivě prozkoumal pod mikroskopem a uvědomil jsem si, že je poněkud porézní.“ Tyto póry nebo buňky nebyly nijak hluboké, ale sestávaly z „velké spousty malých přihrádek“. Daný kousek korku zkrátka tvořily pravidelné sestavy struktur mnohoúhelníkového tvaru se samostatnými, opakujícími se „jednotkami“ seskupenými tak, aby vytvářely celek. Připomínaly plástve v úlu – nebo obytné prostory mnichů.

Hledal pro ně jméno a nakonec se rozhodl pro *buňky* (angl. *cells*), odvozeninu latinského slova *cella*, znamenajícího „malá místnost“. (Hooke ve skutečnosti neviděl buňky, ale spíše obrysy stěn, které rostlinné buňky kolem sebe staví; není vyloučené, že v nich sídlila nějaká skutečně živá buňka, ale žádná ilustrace to nedokazuje.) Představoval si je jako „velkou spoustu malých přihrádek“. Nevědomky tak otevřel cestu k novému pojetí všeho živého, včetně člověka.

Hooke pokračoval v dalším a hlubším pátrání po malých, nezávislých živých jednotkách, pouhým okem neviditelných. Na shromáždění Královské společnosti v listopadu 1677 popsal svá mikroskopická pozorování dešťové vody. Společnost jeho postřehy zaznamenala takto:

Prvním prezentovaným experimentem byl devítidenní nebo desetidenní vzorek dešťové vody s pepřem. V něm pan Hooke po celý týden objevoval velký počet nesmírně malých živočichů plouvoucích sem a tam. Přes sklo, které stotisíckrát zvětšovalo, měli velikost roztoče; a následně bylo usouzeno, že jejich velikost je stotisíckrát menší než velikost roztoče. Vzhledem připomínali velmi malou čírou bublinku oválného nebo vejcovitého tvaru; a největší část této vejčité bubliny se nejvíc pohybovala. Byly zaznamenány všechny možné způsoby jejich pohybu ve vodě; a všichni, kdo je viděli, byli vskutku přesvědčeni, že jde o živočichy a že se nemůže jednat o žádný omyl.

V desetiletí, jež následovalo, se Antonie van Leeuwenhoek seznámil s dřívější prací Roberta Hookea a po vzájemné komunikaci dospěl k názoru, že míhající se miniživočichové, které viděl pod svými mikroskopy, by mohli odpovídat živým jednotkám – buňkám – které Hooke popsal v korku nebo v pepřové vodě. V jeho dopisech zaznívá ponížení a zklamání, jako například v tom z listopadu 1680: „Jak často jsem slýchal, že o těch zvírátkách jen vyprávím vymyšlené pohádky...“ Pokračoval však jasnozřivou poznámkou, napsanou v roce 1712: „Ale co, můžeme v tom postoupit ještě dál a v nejmenší částici tohoto malého světa objevit nový nevyčerpatelný hmotný kapitál, který nás může přenést do jiného vesmíru.“



Hooke odpovídal jen sporadicky, ale zajistil, aby byly Leeuwenhoekovy dopisy přeloženy a předloženy Královské společnosti. Přesto, i když Hooke pravděpodobně zachránil Leeuwenhoekovu pověst pro příští generace, jeho vlastní vliv na způsob myšlení o biologii buňky byl stále spíše omezený. Historik buněčné biologie Henry Harris to popisuje takto: „Hooke ani v nejmenším nenaznačoval, že by tyto struktury byly zbytkovými kostrami základních podjednotek, které tvoří těla všech rostlin a zvířat. Pokud vůbec měl na mysli základní podjednotky, ani ho nenapadlo, že by měly mít velikost a tvar pozorovaných korkových dutin.“ Viděl „stěny živé buňky v korku, ale nepochopil jejich funkci a je zřejmé, že neměl ani žádnou představu, co v živém stavu obývá prostory uvnitř těchto stěn.“* Kus mrtvého korku s póry; co více z jeho mikrografického náčrtu můžeme vyčíst? Proč je rostlinný stonek postaven tímto způsobem? Jak tyto buňky vznikají? Jaká je jejich funkce? Jsou ve všech organismech stejné, univerzální? A jaký je vztah těchto živých dílků k normálnímu nebo nemocnému tělu?

Hookeův zájem o mikroskopii nakonec vypřchal. Jeho kočovný intelekt se potřeboval dál toulat, a tak se vrátil k optice, mechanice a fyzice. Zájem o všechno na světě byl zřejmě Hookeovou největší slabinou. Jeho osobní mantrou bylo motto Královské společnosti, *Nullius in verba*, volně přeloženo jako „neber ničí slovo jako důkaz“. Přeskakoval z jedné vědecké disciplíny do druhé, nabízel pronikavé vhledy, nedal na ničí slova, považoval se za mistra v kritických oblastech vědy, ale nikdy se neprosadil jako nesporná autorita v jedné oblasti. Podle vzoru aristotelovského filozofa-vědce pojímal sám sebe spíše jako tazatele hledajícího odpovědi na všechny záležitosti světa a posuzovatele všech důkazů než jako vědce s autoritou v jediné oblasti, jak to odpovídá současnému pojetí. Jeho pověst tím utrpěla.



V roce 1687 vydal Isaac Newton *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Matematické principy přírodní filozofie), dílo svou hloubkou a šíří záběru tak dalekosáhlé, že roztříštilo minulost na kousky a zformovalo nové prostředí pro budoucnost vědy. K jeho odhalením patří Newtonův zákon univerzální

* V roce 1671 obdržela Královská společnost dvě další sdělení: jedno od italského vědce Marcella Malpighiho a jedno od Nehemiaha Grewa, tajemníka společnosti. Obě popisovala buněčné formy v různých tkáních, zejména rostlinného původu. Ačkoliv Leeuwenhoek i Hooke jejich práci oceňovali, pozorování Malpighiho i Grewa týkající se anatomie buněk po celé 17. století téměř nikdo nebral na vědomí. Grewovy nákresy buněk v rostlinném stonku se staly historií, ale jméno Malpighi, který začal zkoumat mikroskopickou anatomii živočišných tkání, žije dál v mnoha buněčných strukturách, které jsou po něm pojmenovány: patří k nim Malpighiho vrstva kůže a Malpighiho buňky v ledvinách.

gravitace. Hooke však tvrdil, že on sám zákony gravitace formuloval dříve a že Newton jeho pozorování opsál.

Bylo to však absurdní tvrzení. Hooke a několik dalších fyziků skutečně naznačovali, že planetární tělesa jsou přitahována ke Slunci neviditelnými silami, ale žádná z jejich analýz se ani nepřiblížila matematické přesnosti a vědecké hloubce, které Newton vložil do spisu *Principia*. Spor mezi Hookem a Newtonem doutnal celá desetiletí, i když poslední slovo měl pravděpodobně Newton. Podle jednoho často citovaného, možná vymyšleného příběhu došlo v roce 1710 během stěhování Královské společnosti do nového sídla v Crane Court pod Newtonovým vedením ke ztrátě jediného Hookeova portrétu. Stalo se to sedm let po jeho smrti – a k objednávce posmrtné verze nedošlo. Průkopník optiky, muž, který nám zjevil celé vesmíry, je pro nás neviditelný. Žádná spolehlivá Hookeova podobizna ani portrét dnes neexistují.

Univerzální buňka

Nejmenší částice tohoto malého světa

Zcela jasně jsem viděl, že je celý perforovaný a porézní, podobně jako plástev medu, avšak tyto póry byly nepravidelné. ... Tyto póry, nebo buňky ... byly úplně prvními mikroskopickými póry, jaké jsem kdy viděl.

Robert Hooke, 1665

Jakmile se ke zkoumání struktury rostlin začal používat mikroskop, značná jednoduchost jejich struktury ... nutně začala přitahovat pozornost.

Theodor Schwann, 1847

V historii biologie po vrcholech monumentálních objevů často následují údolí ticha. Po Mendelově objevu genu v roce 1865 následovalo to, co jeden historik nazval „jedním z nejpodivnějších mlčení v dějinách vědy“: genům (nebo „faktorům“ či „prvkům“, jak je Mendel volně nazýval) nikdo nevěnoval po dalších téměř čtyřicet let ani zmínku; znovu objeveny byly teprve počátkem 20. století. Londýnský lékař Benjamin Marten přišel v roce 1720 s úvahou, že tuberkulóza – ftíza nebo souchotiny, jak se tehdy říkalo – je nakažlivé onemocnění dýchacího systému, pravděpodobně způsobené mikroskopickými organismy. Potenciální infekční činitele nazval „úžasně nepatrnými živými bytostmi“ a *contagium vivum* neboli „živá nákaza“ (povšimněte si slova *živý*). Kdyby Marten své lékařské objevy dále prohloubil, mohl se stát otcem moderní mikrobiologie. Trvalo však téměř dalších sto let, než mikrobiologové Robert Koch a Louis Pasteur našli spojitost onemocnění a hniloby s mikrobiální buňkou.

Když se na tato údolí historie přesto zaměříme, zjistíme, že ani zdaleka nejsou tak tichá nebo nečinná. Představují mimořádně plodná období, kdy vědci pracují na tom, aby obsáhli velikost, platnost a vysvětlovací potenciál daného objevu ve své mysli. Jde o objev univerzální, dalekosáhlý princip týkající se všech živých systémů, nebo o zvláštní výstřednost kuřete, orchideje či žáby?

Vysvětluje dosud nevysvětlitelná pozorování? Následují po něm další organizační úrovně?

Existenci údolí ticha lze částečně vysvětlit časem nutným pro vývoj nástrojů a modelových systémů k zodpovězení uvedených otázek. Genetika si musela počkat na práci biologa Thomase Morgana, který ve dvacátých letech 20. století zkoumal dědičnost znaků u ovocných mušek a dokázal, že gen fyzicky existuje, a konečně také na objev rentgenové krystalografie, techniky použité v padesátých letech k odhalení trojrozměrné struktury molekul typu DNA, abychom pochopili, jak geny po fyzické stránce vypadají. Atomová teorie, poprvé vyslovená Johnem Daltonem na počátku 19. století, musela čekat do roku 1890 na vývoj katodové trubice a až do počátku 20. století na matematické rovnice potřebné k modelování kvantové fyziky, aby bylo možné objasnit strukturu atomu. Buněčná biologie musela počkat na centrifugaci, biochemii a elektronovou mikroskopii.

Možná platí totéž i pro koncepční nebo heuristické změny potřebné k posunu od popisu určité entity – buňky pod mikroskopem, genu jako jednotky dědičnosti – k porozumění její univerzálnosti, organizaci, funkci a chování. Atomistická tvrzení jsou ze všech nejodvážnější: vědec navrhuje zásadní reorganizaci světa do jednotkových entit. Atomů. Genů. Buněk. Musíme změnit způsob, jak o buňce přemýšlíme: ne jako o objektu pod čočkou, ale jako o funkčním elementu, kde probíhají všechny fyziologické chemické reakce, o organizační jednotce pro všechny tkáně a o jednotčím centru fyziologie a patologie. Musíme přejít od kontinuální organizace biologického světa k popisu nespojitých, diskrétních, autonomních prvků, které tento svět spojují. Metaforicky bychom mohli říci, že musíme odhlédnout od „masa“ (kontinuálního, tělesného a viditelného), abychom si dokázali představit „krev“ (neviditelnou, korpuskulární a nespojitou).



Pro buněčnou biologii představuje takové údolí období mezi lety 1690 a 1820. Od Hookeova objevu buněk – nebo přesněji buněčných stěn – na řezu korku si zástupci botaniků a zoologů zkoušeli práci s mikroskopem na zvířecích i rostlinných vzorcích a snažily se porozumět jejich mikroskopickým substrukturám. Antonie van Leeuwenhoek se až do své smrti v roce 1723 nepřestal oddávat mikroskopickým pozorováním a dokumentováním prvků neviditelného světa, které nazýval „živými atomy“. Vzrušení z prvního setkání s tímto neviditelným světem ho nikdy neopustilo (a mám pocit, že nikdy neopustí ani mě).

Koncem 17. a začátkem 18. století si mikroskopici jako Marcello Malpighi a Marie-François-Xavier Bichat uvědomili, že Leeuwenhoekovy „živé atomy“ nejsou nutně nebo výhradně jednobuněčné; u složitějších živočichů a rostlin se organizují do tkání. Zvláště francouzský anatom Bichat rozlišil jednadvacet forem (!) základních tkání, z nichž jsou vystavěny lidské orgány. Bohužel zemřel

ve třiceti letech na tuberkulózu. I když se Bichat ve strukturách některých elementárních tkání občas zmylil, posunul buněčnou biologii směrem k histologii: studiu tkání a dalších systémů spolupracujících buněk.

François-Vincent Raspail šel dál než všichni mikroskopici a na základě těchto raných pozorování se snažil vytvořit teorii buněčné fyziologie. Ano, uznával, že buňky existují, že jsou všude, v rostlinných i živočišných tkáních, ale abychom porozuměli tomu, proč existují, musí něco vykonávat.

Raspail byl mužem činu. Tento samouk v oborech botaniky, chemie a mikroskopie se narodil v roce 1794 v Carpentras v regionu Vaucluse na jihovýchodě Francie. Stal se osvíceným volnomyšlenkářem odmítajícím katolická příkázání a stojícím v opozici vůči morálním, kulturním, akademickým a politickým autoritám. Uvolil se vstoupit do vědeckých společností, jen aby zjistil, že jsou zkostnatělé a staromódní, a rozhodl se vyhnout také studiu na lékařské fakultě. Bez výčitek svědomí se ovšem zapletl s tajnými spolky, které během revoluce v třicátých letech 19. století usilovaly o osvobození Francie, což vedlo k jeho uvěznění od roku 1832 až do začátku roku 1840. Ve vězení Raspail učil své spoluvězně antisepsi, sanitaci a hygienu. V roce 1846 stál znovu před soudem za pokus o vládní převrat – a za poskytování lékařských rad vězňům bez formálního lékařského vzdělání. Byl vyhoštěn do Belgie, ačkoliv i jeho žalobci volili omluvný tón: „Před soudem dnes stojí významný vědec, člověk, jehož přijetí za člena lékařské komunity by pro ni bylo poctou, pokud by se jen uvolil k ní připojit a přijmout diplom od lékařské fakulty.“ Pro Raspaila bylo příznačné, že odmítl.

Ač zmítán všemi těmito politickými peřejemi a bez formálního vzdělání v biologii, publikoval v letech 1825 až 1860 více než padesát článků z nejrůznějších oblastí od botaniky, anatomie přes forenzní vědy až po buněčnou biologii a antisepsi. Své předchůdce navíc předstihl v tom, že začal zkoumat složení, funkci a původ buněk.

Z čeho se buňky skládají? „Každá buňka si vybírá ze svého okolního prostředí jen to, co potřebuje,“ napsal Raspail koncem třicátých let 19. století, čímž předznamenal století buněčné biochemie. „Buňky mají na výběr různé možnosti, což vede k odlišnému podílu vody, uhlíku a zásad vstupujících do jejich stěn. Lze si snadno představit, že určité buněčné stěny umožňují průchod určitým molekulám,“ pokračoval a předpověděl tak existenci selektivní, porézní buněčné membrány i představu buňky jako autonomní a metabolické jednotky.

Co buňky dělají? „Buňka je ... jakousi laboratoř,“ postuloval. Zastavme se na chvíli a zamysleme se nad rozsahem této myšlenky. Aniž by měl k dispozici více než základní domněnky o chemii a buňkách, Raspail vydedukoval, že buňka provádí chemické procesy, aby tkáně a orgány fungovaly. Jinými slovy, *buňka umožňuje fyziologii*. Buňku si představoval jako místo, kde se odehrávají reakce nezbytné pro život. Biochemie však byla dosud v plenkách, takže chemické procesy a reakce probíhající v této buněčné „laboratoři“ byly pro Raspaila neviditelné. Mohl je popsat pouze jako teorii nebo hypotézu.

Konečně, odkud se buňky vzaly? Zastrčená jako epigraf v rukopisu z roku 1825 je Raspailova latinská formulace aforismu *Omnis cellula e cellula*: „Každá buňka pochází z buňky.“ Dále to nezkoumal, protože neměl k dispozici žádné nástroje ani experimentální metody, jimiž by toto tvrzení mohl dokázat, ale i tak změnil základní představu o tom, co buňka je a co dělá.

Neortodoxním duším se dostává neortodoxních odměn. Raspail, který ukázal dlouhý nos jak celé společnosti, tak společností vědeckým, se nikdy nedomáhal uznání evropských vědeckých institucí. Je po něm však pojmenován jeden z nejdelších pařížských bulvárů, táhnoucí se od katakomb až po Saint-Germain. Když půjdete po Boulevard Raspail, budete míjet Giacomettiho institut, kde jsou vystavené jeho sochy osamělých, kostnatých mužů stojících na ostrůvcích svých podstavců a pohroužených do věčných myšlenek. Pokaždé, když jdu kolem, myslím na nevstřícného, vzdorovitého průkopníka buněčné biologie (i když musím podotknout, že Raspail sám nijak kostnatý nebyl). Vrací se mi koncept buňky jako laboratoře zajišťující fyziologii organismu: Každá buňka rostoucí v jednom z mých inkubátorů představuje laboratoř v laboratoři. T-lymfocyty, které jsem sledoval pod mikroskopem na Oxfordu, jsou „kontrolními laboratořemi“ proplouvajícími tekutinou a hledajícími virové patogeny ukrývající se v jiných buňkách. Spermatické buňky, jež spatřil Leeuwenhoek ve svém mikroskopu, jsou „informační laboratoře“ shromažďující mužskou genetickou informaci, kterou balí do DNA a opatřují ji výkonným motorem, aby ji dopravil do vaječné buňky k reprodukci. Faktem je, že buňka si experimentuje s fyziologií, posílá molekuly sem a tam, vytváří a likviduje chemické látky. Je to laboratoř s reakcemi umožňujícími život.



V jiné době, nebo možná na jiném místě by objev jednotné, autonomní formy živé hmoty – buňky – žádný velký poprask v biologii asi nevyvolal. Buněčná biologie se však na svém samém počátku střetla se dvěma velmi kontroverzními debatami o životě, které rozvířily evropskou vědu 17. a 18. století. Obě dnes mohou vypadat poněkud ezotericky, ale pro buněčnou teorii znamenaly vážnou výzvu. Pokud chtěli buněční biologové ve třicátých letech 18. století zajistit svému čerstvě narozenému oboru další vývoj, museli se s nimi nějak vypořádat.

První debatu rozpoutali vitalisté – skupina biologů, chemiků, filozofů a teologů, kteří byli přesvědčeni, že živé bytosti nemohou být tvořeny stejnými chemickými látkami, které jsou běžnou součástí přírody. Teorie vitalismu existovaly již od doby Aristotela, ale jejich prolnutí s romantismem konce 18. století vedlo k extatickému pojetí přírody, prosycené specifickým „organickým“ duchem, jež nelze redukovat na nějakou chemickou nebo fyzikální hmotu či sílu. Vlivnými zastánci této koncepce byli francouzský histolog Marie-François-Xavier Bichat v devadesátých letech 18. století a německý fyziolog Justus von Liebig na počátku 19. století. Svůj nejsilnější poetický hlas

získalo hnutí v roce 1795 v Samuelu Tayloru Coleridgeovi, který si představoval veškerou „živou přírodu“, jak se chvěje pulsující životní silou, stejně jako rezonuje harfa vystavená vánku a vytváří tak hudbu, kterou není možné redukovat na pouhé tóny. Coleridge napsal: „A co když celá živá příroda / není víc než různě rámovaná organická harfa / rozechvívající myšlení, když je pohladí / tvárný a nekonečný, intelektuální vánek / náhle je Duší pro každého a Bohem pro všechny.“

Podle vitalistů musí existovat nějaké božské znamení, které odlišuje tekutiny a těla živých bytostí. Vítr v harfě. Lidé nejsou jen seskupením „neživých“ anorganických chemických reakcí, a i kdybychom měli být stvořeni z buněk, pak buňky samotné musí také disponovat těmito vitálními tekutinami. S buňkami jako takovými vitalisté neměli žádný problém. Viděli to tak, že když božský Stvořitel během šesti dnů utvářel veškeré biologické organismy, mohl se rozhodnout pro jejich sestavení z typizovaných bloků (je přece o tolik jednodušší sestavit slona i mnohonožku ze stejných bloků, zvláště vezmeme-li v úvahu, že na tuto spěšnou zakázku měl pouhých šest dní). Co jim dělalo starosti, byl *původ* buněk. Někteří vitalisté tvrdili, že buňky se rodí v buňkách, stejně jako lidé v lidské děloze; jiní spekulovali, že buňky „krystalizují“ spontánně z vitální tekutiny, podobně jako krystalizují chemikálie v anorganickém světě – jenomže v tomto případě krystalizací živé hmoty vzniká živá hmota. Přírozeným důsledkem vitalismu byl pojem „spontánní geneze“ – tedy předpoklad, že tato vitální tekutina prostupující všemi živými systémy je nezbytná, a zároveň sama o sobě dostačující k vytvoření života. Včetně buněk.

Proti vitalistům stála malá bojovně naladěná skupina vědců, kteří tvrdili, že chemikálie v živé i v neživé přírodě jsou jedno a totéž a že živé bytosti pocházejí ze živých bytostí – nikoliv spontánně, ale narozením a vývojem. V Berlíně koncem třicátých let 19. století pozoroval německý vědec Robert Remak žabí embrya a kuřecí krev pod mikroskopem. Doufal, že se mu v kuřecí krvi podaří spatřit obzvlášť vzácnou událost – zrození buňky. A tak čekal a čekal. Jednou pozdě večer to nakonec opravdu spatřil: pod mikroskopem viděl chvějící se buňku, jak se zvětšuje, vyboolí a rozdělí, čímž vzniknou dvě dceřiné buňky. Remakovi musel z euforie přeběhnout mráz po zádech, protože právě získal nezvratný důkaz, že vyvíjející se buňky vznikají dělením již existujících buněk – *Omnis cellula e cellula*, poznatek, jež Raspail tak nenápadně vsunul do svého epigrafu.* Ale Remakovo průkopnické pozorování zůstalo víceméně bez povšimnutí, protože jako Židovi mu na univerzitě nebylo umožněno získat plnou profesuru. (Jeho vnuk, významný matematik, zahynul o sto let později v nacistickém táboře smrti v Osvětimi.)

* Zrození buněk z buněk rostlinných meristémů rovněž pozoroval německý botanik Hugo von Mohl. Remak i Virchow von Mohlovu práci znali; později ji dále rozvíjeli Theodor Boveri, Walther Flemming a další. Popsali jednotlivé etapy buněčného dělení u buněk rostlin a mořských ježků.

Vitalisté nadále tvrdili, že se buňky vyvíjejí z vitálních tekutin. Aby nevitalisté dokázali, že se mýlí, museli najít způsob, jakým vznik buněk vysvětlit. Takové výzvě podle vitalistů nebylo možné čelit.

Druhá debata, která na počátku 19. století probíhala, se týkala preformace. Šlo o představu, že lidský plod je hned po oplodnění, tedy v okamžiku, kdy se objeví v děloze, plně zformován, i když v miniaturní podobě. Preformace má dlouhou a barvitou historii: Možná vznikla ve folklóru a mýtech a později byla přejata ranými alchymisty. Švýcarský alchymista a lékař Paracelsus psal v polovině 16. století, že „průhlední“ minilidé, kteří vypadají „trochu jako člověk“, jsou přítomni již v plodu. Někteří alchymisté byli o preexistenci všech lidských forem v plodu přesvědčeni do té míry, že věřili v úspěšný vznik plně zformovaného člověka z kuřecího vajíčka inkubovaného se spermií, protože veškeré instrukce pro výstavbu lidského těla se měly nacházet ve spermatu. Holandský mikroskopik Nicolaas Hartsoeker publikoval roku 1694 kresby, které znázorňovaly miniaturní pidilidi uvnitř spermií. Hlavičky, ručičky, nožičky, vše naskládáno na způsob origami do hlavičky spermie, jak to údajně viděl pod mikroskopem. Hádankou, již museli buněční biologové vyřešit, bylo vysvětlit způsob vzniku tak složité bytosti, jako je člověk, z oplozeného vajíčka, pokud by v něm již předem nebyla připravena preformovaná matrice.

Vyvrácení teorií vitalismu a preformace a jejich vytěsnění buněčnou teorií pevně zakotvilo nástup nové vědy a otevřelo brány do století buněk.



V polovině třicátých let 19. století, kdy François-Vincent Raspail strádal ve vězení a Rudolf Virchow se ještě pral se studiem medicíny, pociťoval mladý německý právník jménem Matthias Schleiden frustraci ze své profese. Neúspěšně se pokusil zabít kulkou do hlavy, ale nemířil přesně. Jako pokání za nepovedenou sebevraždu se Schleiden rozhodl opustit právo a věnovat se své skutečné vášni: botanice.

Začal se studiem rostlinných pletiv pod mikroskopem. Přístroje, které měl k dispozici, byly mnohem sofistikovanější než za dob Hooke a Leeuwenhoeka, disponovaly vynikajícími čočkami a jemně vyladěnými ovladači ostření. Jako botanik byl Schleiden přirozeně zvědavý na povahu rostlinných tkání; když si prohlížel stonky, listy, kořeny a okvětní lístky, nacházel stejné jednotkové struktury, jaké už dříve objevil Hooke. Zapsal si, že tkáně jsou tvořeny shluky malých polygonálních jednotek: „soubor plně individualizovaných, nezávislých, oddělených bytostí, buněk jako takových.“

Schleiden svá zjištění konzultoval se zoologem Theodorem Schwannem, v němž našel věrného, účastného partnera a celoživotního spolupracovníka. Schwann u živočišných tkání rovněž vypožadoval organizační systém viditelný pouze mikroskopem – sestával z jednotlivých uspořádaných buněk.

„Velká část živočišných tkání vzniká z buněk, nebo se z nich skládá,“ napsal Schwann ve svém pojednání z roku 1838. „Mimořádná rozmanitost obrazců [organů a tkání] je dána rozmanitým spojováním jednoduchých elementárních struktur, které, ač přítomné v různých modifikacích, jsou v podstatě stále stejné – jde o *buňky*.“ Z těchto živých jednotek jsou vystavěny komplexní rostlinné a živočišné tkáně – jako mrakodrapy z kostiček lega. Všechny mají stejný systém organizace. Vlákenné svalové buňky mohou vypadat úplně jinak než červené krvinky nebo jaterní buňky, ale „i když se vyskytují v různých modifikacích“, píše Schwann, jsou stejné: Živé jednotky slouží k výstavbě živého organismu. V každé tkáni, kterou Schwann pečlivě zkoumal, se nacházely malé jednotky života: „velká spousta malých přihrádek“, které popsal Hooke.

Schwann ani Schleiden neobjevili nic nového, ani neodhalili žádnou dosud neznámou vlastnost buněk. Slávu jim nepřineslo novátorství, ale čirá nehoráznost jejich tvrzení. Vyšli z prací svých předchůdců – Hooke, Leeuwenhoeka, Raspaille, Bichata a holandského lékaře a zároveň vědce Jana Swammerdama – a spojili je do radikálního návrhu. Uvědomili si totiž, že to, co všichni zmínění výzkumníci odhalili, není nějaká zvláštní nebo osobitá vlastnost určitých tkání, případně zvířat či rostlin, ale dalekosáhlý a univerzální biologický princip.* Cože to buňky dělají? Inu, budují organismy. Jelikož se dosah a všeobecná platnost tohoto tvrzení postupně potvrdily, Schleiden se Schwannem navrhli první dva principy buněčné teorie:

1. Všechny živé organismy se skládají z jedné nebo více buněk.
2. Buňka je základní jednotkou struktury a organizace organismů.

Přesto se i oni snažili pochopit, odkud se buňky vzaly. Jsou-li zvířata i rostliny vystavěny z nezávislých autonomních živých jednotek, odkud se tedy tyto jednotky berou? Buňky zvířete musí koneckonců vznikat z první oplozené buňky, která se tudíž musí milionkrát pomnožit, aby dala vzniknout celému organismu. Jakým procesem tedy buňky vznikají a množí se?

Schwann i Schleiden byli studenti a obdivovatelé hvězdného fyziologa Johannea Müllera, který v přidušeném světě německých biologických

* Jak se historici vědy při zkoumání raného období buněčné biologie dostávají hlouběji, získává tvrzení, že Schwann a Schleiden objasnili buněčnou teorii jako první, trhliny. Zdá se, že dosud bylo relativně ignorováno zejména průlomové dílo vědce Jana Purkyně a některých jeho studentů, například Gabriela Gustava Valentina. Částečně by to mohlo vyplývat z vědeckého nacionalismu: Schwann, Schleiden a Virchow pracovali v Německu a psali svá díla v němčině, která byla považována za intelektuální jazyk vědy, zatímco Purkyně a jeho žáci působili ve Vratislavi. Ačkoli se město formálně nacházelo na pruském území, bylo obecně považováno za zapadákov osídlený převážně polskými občany. Purkyně a Valentin získali roku 1834 nový mikroskop; následně učinili několik pozorování na tkáních a poslali Francouzskému institutu pojednání s tvrzením, že těla některých zvířat a rostlin jsou vystavěna ze základních jednotkových částí. Na rozdíl od Schwanna a Schleidena však nezastávali názor, že jde o plošný, univerzální princip společný pro veškerou živou hmotu.

věd představoval ojedinělou výraznou sílu. „Konfliktní, záhadná, hraniční postava,“ popsala mi Müllera historička přírodních věd Laura Otis. Byl to rozporuplný vědec – na jedné straně zastával vitalistickou představu, že živá hmota má zvláštní vlastnosti, ale zároveň neustále pátral po univerzálních vědeckých principech, jimiž se řídí živý svět.* Schleiden se pod vlivem tohoto Mülleroва pátrání zaměřil na otázku původu buněk. Jediný mechanismus, kterým dokázal vysvětlit své poznatky z mikroskopického pozorování buněk – jak může uvnitř tkání vznikat tak velké množství organizovaných jednotek – byla paralela s chemickým procesem, jehož výsledkem je také velký počet organizovaných jednotek v chemické látce – tedy s *krystalizací*. Buňky musí vznikat nějakou formou krystalizačního procesu v životodárné tekutině, tvrdil Müller, a Schleiden to nedokázal rozporovat.

Čím horlivěji se však Schwann věnoval studiu tkání pod mikroskopem, tím víc se přibližoval k popření této teorie. Kde by se tyto takzvané živé krystaly mohly nacházet? Ve své knize *Mikroskopische Untersuchungen* (Mikroskopická zkoumání) napsal: „Růst organismů byl skutečně srovnáván s krystalizací ... avšak [krystalizace] s sebou nese velké množství nejistot a rozporů.“ Ať to však bylo jakkoliv rozporné, ani Schwann nedokázal překonat ortodoxní vitalismus, navzdory tomu, co viděl na vlastní oči. Formuloval to takto: „Hlavním výsledkem je, že základem vývoje je společný princip ... podobně jako jednotné zákony, jimiž se řídí tvorba krystalů.“ Ač se snažil ze všech sil, nedokázal přijít na to, jak může dojít ke zrození buňky.



Stalo se to na podzim roku 1845 v Berlíně. Tehdy byl čtyřiaadvacetiletý čerstvý absolvent lékařské fakulty Rudolf Virchow povolán k případu padesátileté ženy s nesnesitelnou únavou, oteklým břichem a hmatatelně zvětšenou slezinou. Odebral jí kapku krve a prozkoumal ji pod mikroskopem. Vzorek vykazoval mimořádně vysokou hladinu bílých krvinek. Virchow její diagnózu označil jako leukocytemie a později jednoduše leukemie – nemoc z nadbytkem bílých krvinek v krvi.

Podobný případ se vyskytl i ve Skotsku. Jednoho březnového večera roku 1845 byl skotský lékař John Bennett naléhavě přivolán k osmadvacetiletému pokrývači, který ze záhadných důvodů umíral. „Má tmavší pleť,“ poznamenal si Bennett, „obvykle zdravý a střídavý; uvádí, že před dvaceti měsíci začal cítit při námaze velkou malátnost, která přetrvává až dosud. Vloni

* Müllerův vnitřní konflikt týkající se vitalismu byl zřejmý z velké části jeho spisů. V úvodu své klíčové knihy *Handbuch der Physiologie* (Příručka fyziologie) například zmiňuje svou nejistotu ohledně toho, zda život pochází z životodárných tekutin, nebo z „obyčejné“ anorganické hmoty: „Musí se ale v každém případě připustit, že způsob, jakým jsou v organických tělech kombinovány základní prvky, stejně jako energie, jejichž prostřednictvím se kombinace odehrává, je velmi zvláštní [a] nemůže být regenerován žádným chemickým procesem.“

v červnu si povšiml nádoru na levé straně břicha, který se po dobu čtyř měsíců postupně zvětšoval, ale potom se jeho růst zastavil.“

Během několika následujících týdnů se u Bennettova pacienta vyvinuly masivní nádory v podpaží, tříslech a na krku. Při jeho pitvě o několik týdnů později Bennett zjistil, že pokrývačova krev byla plná bílých krvinek. Bennett dospěl k závěru, že pacient podlehl infekci. „Následující případ se mi zdá obzvláště cenný,“ poznamenal si Bennett, „protože poslouží k prokázání existence pravého hnisu vznikajícího v celém cévním systému.“ Spontánní „hnisání krve“, jak to nazval, se v duchu vitalistů a jejich přístupu opět implicitně vrací ke spontánnímu zrodu. Nikde se však žádná známka infekce nebo zánětu nevykytovala, což lékaře mátl.

Tento skotský případ byl považován za lékařskou kuriozitu nebo anomálii, ale Virchowa, který podobnou zvláštnost viděl na vlastní oči, zaujal. Pokud byla Schwannova, Schleidenova a Müllerova domněnka, že se buňky tvoří krystalizací životodárných tekutin, pravdivá, tak proč – nebo jak – v krvi zničehonic vykrystalizovaly miliony bílých krvinek?

Původ těchto buněk Virchowovi nedal spát. Nedokázal si představit, že by se desítky milionů bílých krvinek mohly vyvinout z ničeho a pro nic za nic. Začal zvažovat, zda by tyto miliony abnormálních bílých krvinek nemohly pocházet z dalších buněk. Buňky dokonce *vypadaly* jedna jako druhá, čímž se podobaly rakovinným buňkám, které jsou monotónní a svým vzhledem obdobné. Virchow znal pozorování Huga von Mohla na rostlinných buňkách, kdy dělením vznikají dvě dceřiné buňky. A samozřejmě zde byl Remak, trpělivě čekající u svého mikroskopu, dokud nespátřil, jak z žabích a kuřecích buněk vznikají buňky nové. Pokud k tomuto procesu může docházet u rostlin a živočichů, proč by to nešlo i v lidské krvi? A co když ta pozorovaná leukemie vznikla fyziologickým buněčným dělením, které se zbláznilo? Co když dysfunkční buňky plodí další dysfunkční buňky a právě toto trvalé deregulované přibývání buněk způsobuje leukemii?



Virchowův život doposud určovala pozoruhodně konzistentní témata: neodbytná a neutuchající zvědavost a skepticismus vůči uznávaným pravdám a ortodoxním poučkám. V roce 1848 tato neodbytnost získala i politický rozměr. Počátkem onoho roku ve Slezsku vypukl hladomor a následně se zemí prohnala smrtící epidemie tyfu. Ministerstva vnitra a školství podněcovaná tiskem a veřejným míněním se zpožděním vytvořila komisi, která měla vznik epidemie prošetřit. Virchow se jako člen komise vypravil do Slezska, hraniční oblasti mezi Polskem a Pruskem (nyní z velké části v Polsku). Strávil tam několik týdnů a během této doby si začal uvědomovat, že patologický stav státu se projevil v patologickém stavu jeho občanů. Virchow napsal rozhořčený článek věnovaný epidemii a publikoval jej v lékařském časopise, který nedávno

Vážení čtenáři, právě jste dočetli ukázkou z knihy Píseň buňky.

Pokud se Vám ukázka líbila, na našem webu si můžete zakoupit celou knihu.