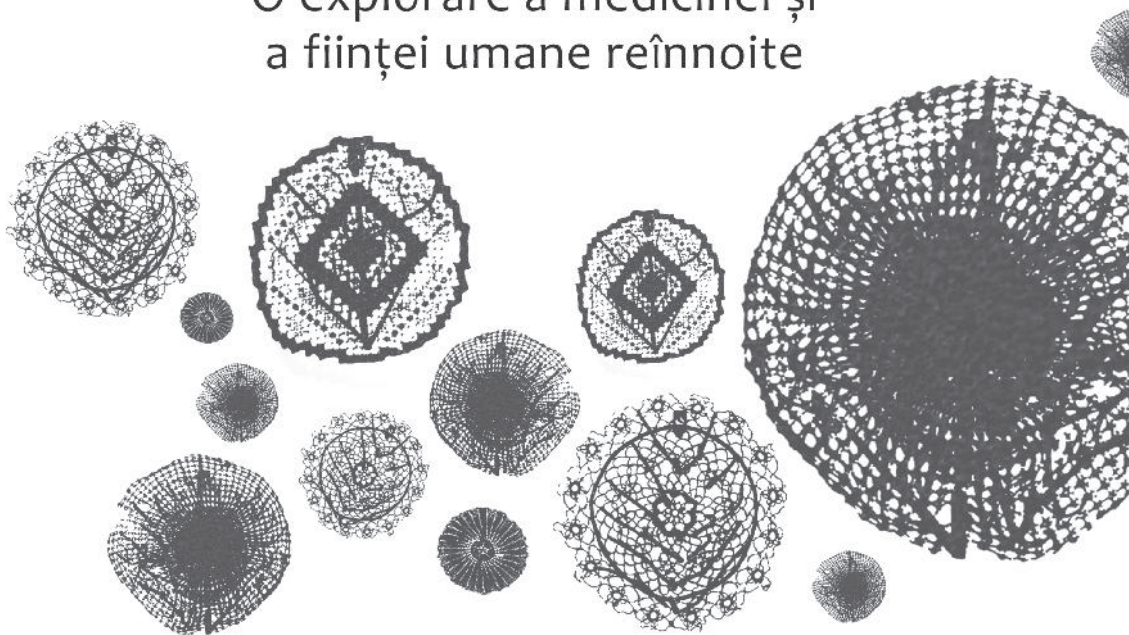


CÂNTECUL CELULEI

O explorare a medicinei și
a ființei umane reînnoite



SIDDHARTHA
MUKHERJEE

Traducere din limba engleză de
Dan Crăciun

TREI

Editori:
Silviu Dragomir
Magdalena Mărculescu
Vasile Dem. Zamfirescu

Redactare:
Loreta Budin

Design copertă: Jaya Miceli
Ilustrație copertă: ©Kiki Smith/Courtesy Pace Gallery

Director producție:
Cristian Claudiu Coban

Dtp:
Mirela Voicu

Corectură:
Dana Anghelescu

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

MUKHERJEE, SIDDHARTHA

Cântecul celulei : o explorare a medicinei și a ființei umane reinnoite /

Siddhartha Mukherjee ; trad. din lb. engleză de Dan Crăciun. - București :

Editura Trei, 2024

Conține bibliografie

Index

ISBN 978-606-40-2373-5

I. Crăciun, Dan (trad.)

61
576

Versioni modificate ale paginilor 19-23, 218, 224, 258-259, 309-310, 347-350, scrise de Siddhartha Mukherjee, doctor în medicină, au apărut în numere anterioare ale revistelor *The New Yorker*, *The New York Times Magazine* și *Cell*.

Titlul original: *The Song of the Cell. An Exploration of Medicine and the New Human*

Autor: Siddhartha Mukherjee

Copyright © 2022 by Siddhartha Mukherjee
All rights reserved

Copyright © Editura Trei, 2024
pentru prezenta ediție

O.P. 16, Ghișeu 1, C.P. 0490, București
Tel.: +4 021 300 60 90 ; Fax: +4 0372 25 20 20
e-mail: comenzi@edituratrei.ro
www.edituratrei.ro

ISBN: 978-606-40-2373-5

Cuprins

| | |
|--|----|
| <i>Preludiu: „Particulele elementare ale organismelor“</i> | 11 |
| <i>Introducere: „Ne vom reîntoarce mereu la celulă“</i> | 17 |

Partea I. Descoperirea.....37

| | |
|--|----|
| Celula originară: O lume invizibilă..... | 39 |
| Celula vizibilă: „Povești fantastice despre niște animale minuscule“ | 47 |
| Celula universală: „Cea mai mică particulă din această lume mărunță“ | 60 |
| Celula patogenă: Microbi, infecții și revoluția antibioticelor..... | 82 |

Partea a doua. Unul și multiplul 101

| | |
|---|-----|
| Celula organizată: Anatomia interioară a celulei | 103 |
| Celula divizibilă: Reproducerea celulară și nașterea fertilizării <i>in vitro</i> | 127 |
| Celula abuzată: Lulu, Nana și abuzul de încredere..... | 154 |
| Celula evolutivă: O celulă devine un organism | 174 |

Partea a treia. Sângele..... 189

| | |
|---|-----|
| Celula neobosită: Circuitele sângelui | 191 |
| Celula vindecătoare: Trombocite, cheaguri și o „epidemie modernă“ | 206 |
| Celula protectoare: Neutrofilele și îndârjitul lor <i>Kampf</i> cu patogenii..... | 217 |
| Celula apărătoare: „Când un trup alt trup găsește“ | 231 |
| Celula ageră: Inteligența subtilă a limfocitelor T | 250 |
| Celula tolerantă: Sinele, <i>horror autotoxicus</i> și imunoterapia..... | 278 |

Partea a patra. Cunoașterea299

| | |
|----------------|-----|
| Pandemia | 301 |
|----------------|-----|

Partea a cincea. Organele315

| | |
|--|-----|
| Celula cetățean: Beneficiile apartenenței | 318 |
| Celula contemplativă: Neuronul versatil..... | 331 |
| Celula orchestratoare: Homeostazie, stabilitate și echilibru | 363 |

Partea a șasea. Renașterea.....383

| | |
|---|-----|
| Celula regeneratoare: Celulele stem și nașterea transplantului..... | 386 |
|---|-----|

| | |
|---|------------|
| Celula reparatoare: Vătămare, declin și constanță | 411 |
| Celula egoistă: Ecuația ecologică și cancerul | 426 |
| Cântecele celulei..... | 441 |
| <i>Epilog: „Versiunile mele mai bune“</i> | <i>449</i> |
| <i>Mulțumiri</i> | <i>459</i> |
| <i>Note</i> | <i>460</i> |
| <i>Bibliografie</i> | <i>518</i> |
| <i>Sursele ilustrațiilor</i> | <i>531</i> |
| <i>Index.....</i> | <i>534</i> |

PRELUDIU

„Particulele elementare ale organismelor“

„Elementar — mi-a răspuns el. E unul din acele cazuri când cel ce face raționamentul poate produce un efect ce pare remarcabil semenilor săi, pentru că aceștia trec cu vederea tocmai amănuntul important care stă la baza deducției.”¹

— Sherlock Holmes către Dr. Watson în
SIR ARTHUR CONAN DOYLE, *Ghebosul*

Discuția s-a purtat la cină în octombrie 1837. Foarte probabil că se înserase și că felinarele cu gaz fuseseră aprinse pe străzile din centrul Berlinului. Din acea seară au supraviețuit doar frânturi de amintiri. Nu s-a notat nimic și nu a urmat nicio corespondență științifică. Ceea ce rămâne este povestea a doi prieteni — colegi de laborator — discutând despre experimentele lor la o cină destinsă și schimbul unei idei cruciale. Unul din cei doi meseni, Matthias Schleiden, era botanist. Era desfigurat de o cicatrice proeminentă pe frunte, stigmatul de neșters al unei încercări anterioare de suicid. Celălalt, Theodor Schwann, zoolog, avea perciuni alungiți până la maxilarul inferior. Amândoi lucrau sub conducerea lui Johannes Müller, eminentul fiziolog de la Universitatea din Berlin.²

Schleiden, avocat devenit botanist, studiasse structura și dezvoltarea țesuturilor vegetale. Multă vreme „strânsese fânul“ de pe câmp (*Heusammelei*)*³, după cum spunea el, și colecționase sute de specimene din regnul vegetal: lalele, laur, molid, ierburi, orhidee, salvie, *Linanthus*, mazăre și zeci de soiuri de crini. Colecția lui era prețuită de botaniști.⁴

În acea seară, Schwann și Schleiden discutau despre fitogeneză — originea și dezvoltarea plantelor. Și iată ce i-a spus Schleiden lui Schwann: examinând toate speciemenle sale vegetale descoperise o

* Limba germană în original: *Heusammelei* — recoltarea fânului (N.t.).

„unitate“ prezentă în construcția și organizarea lor. În timpul dezvoltării țesuturilor plantei — frunze, rădăcini, cotiledoane — o structură subcelulară, numită nucleu, a devenit accentuat vizibilă. (Schleiden nu cunoștea funcția nucleului, însă i-a recunoscut forma distinctivă.)

Dar, poate și mai surprinzător, exista o profundă uniformitate în construcția țesuturilor. Fiecare parte a plantei era construită ca de mâna unui meșter bun la toate, din unități autonome, independente — *celule*. „Fiecare celulă duce o viață dublă“, avea să scrie Schleiden un an mai târziu, „una pe deplin independentă, ce aparține doar propriei dezvoltări; și una secundară, în măsura în care a devenit parte dintr-o plantă“. ⁵

O viață înăuntrul altei vieți. O entitate independentă — o unitate — care e o parte dintr-un întreg. Un element constitutiv viu înglobat în cea mai cuprinzătoarea ființă vie.

Schwann a ciulit urechile. Și el remarcase importanța nucleului, dar în celulele unui *animal* în curs de dezvoltare, un mormoloc. Și el observase uniformitatea din construcția microscopică a țesuturilor animale. „Unitatea“ pe care o remarcase Schleiden în celulele plantelor era, poate, una mai profundă, care se regăsea în toate formele de viață.

O idee abia înfiripată, însă radicală — care avea să zguduie istoria biologiei și a medicinei — începea să-i încolțească în minte. Poate chiar în acea seară sau curând după aceea l-a invitat pe Schleiden (ori, tot ce se poate, l-a dus cu de-a sila) în laboratorul din amfiteatrul de anatomie, unde Schwann își păstra speciemele sale. Schleiden a privit la microscop. Structura microscopică a animalului în curs de dezvoltare, din care nu lipsea nucleul foarte clar vizibil, după cum a observat Schleiden, părea aproape identică cu cea dintr-o plantă. ⁶

Animale și plante — aparent atât de diferite pe cât puteau fi niște organisme vii și totuși, după cum remarcaseră atât Schwann, cât și Schleiden, asemănarea dintre țesuturile lor privite la microscop era stranie. Intuiția lui Schwann fusese corectă. În acea seară de la Berlin, avea să își amintească el mai târziu, cei doi prieteni căzuseră de acord asupra unui adevăr științific universal și esențial: atât animalele, cât și plantele, aveau un „mijloc comun de formare prin intermediul celulelor“. ⁷

În 1838, Schleiden și-a strâns observațiile într-un lung articol intitulat *Contribuții la cunoașterea fitogenezei*.⁸ După un an, Schwann

i-a adăugat lucrării lui Schleiden despre plante volumul său despre celulele animale: *Cercetări microscopice despre concordanța în structura și dezvoltarea animalelor și plantelor*.⁹ Atât plantele, cât și animalele, postula Schwann, aveau o organizare similară — fiecare fiind un „agregat de ființe pe deplin individualizate și independente“.

În două lucrări fundamentale, publicate într-un interval de nici douăsprezece luni, lumea vie s-a concentrat într-un singur principiu clar. Schleiden și Schwann nu au fost primii care să fi văzut celulele ori să fi înțeles că acestea erau unitățile fundamentale ale organismelor vii. Acuitatea viziunii lor se regăsea în ipoteza că o profundă unitate de organizare și funcționare se regăsea în toate ființele vii. „O relație unificatoare“ leagă între ele diferitele ramuri ale vieții, a scris Schwann.¹⁰

Spre sfârșitul lui 1838, Schleiden a părăsit Berlinul pentru un post la Universitatea din Jena¹¹ iar, în 1839, Schwann a plecat la rândul său în Belgia pentru un post la Universitatea Catolică din Leuven.¹² În pofida despărțirii de laboratorul lui Müller, au păstrat o vie corespondență și prietenie. Activitatea lor întemeietoare legată de fundamentele teoriei celulare își are neîndoielnic începuturile la Berlin, unde fuseseră colegi, colaboratori și prieteni apropiați. Acolo descoperiseră, după cum a spus Schwann, „particulele elementare ale organismelor“.

*

Această carte este povestea celulei. Este o cronică a descoperirii faptului că toate organismele, printre care și oamenii, sunt alcătuite din aceste „particule elementare“. Este o poveste a modului în care acumulările cooperante și organizate ale unor astfel de unități vii, autonome — țesuturi, organe și sisteme de organe — fac posibile forme profunde ale fiziologiei: imunitate, reproducere, sensibilitate, cogniție, vindecare și reîntinerire. Pe de altă parte, este o poveste a ceea ce se întâmplă când celulele devin disfuncționale, basculându-ne corpurile dinspre fiziologia celulară înspre patologia celulară — funcționarea defectuoasă a celulelor accelerând funcționarea anormală a organismului. În sfârșit, este o poveste a modului în care aprofundarea înțelegerii fiziologiei și patologiei celulare a declanșat

o revoluție în biologie și în medicină, o revoluție care a dus la nașterea terapiilor transformaționale și a ființelor umane modificate de aceste terapii.

*

Între 2017 și 2021, am scris trei articole pentru revista *The New Yorker*. Primul avea ca temă medicina celulară și viitorul ei — mai ales despre limfocitele T reprojectate prin inginerie genetică să atace tumorile canceroase. Al doilea se referea la o nouă viziune despre cancer centrată pe ideea de *ecologie* a celulelor — nu celule canceroase izolate, ci cancerul *in situ*, și încerca să arate de ce anumite regiuni specifice din corp par mult mai ospitaliere pentru tumorile maligne decât alte organe. Al treilea, scris în primele zile ale pandemiei de COVID-19, arăta cum se comportă virusurile în celulele și corpurile noastre și cum acel comportament ne-ar putea ajuta să înțelegem devastările fiziologice cauzate oamenilor de anumite virusuri.¹³

Am reflectat la legăturile tematice dintre cele trei lucrări. Părea că în centrul tuturor se găsea istoria celulelor și a reprojecării genetice a celulelor. Aveam de-a face cu o revoluție în desfășurare și o istorie (plus un viitor) care nu fuseseră scrise: toate legate de celulă, de capacitatea noastră de manipulare a celulelor și de transformarea medicinei care are loc odată cu această revoluție.

Ieșită din sămânța celor trei articole, acestei cărți i-au crescut propriile tulpini, rădăcini și lujere. Cronica noastră începe în anii 1660 și 1670, când, lucrând independent și la o distanță de vreo două sute de mile unul de altul, un solitar vânzător olandez de postavuri și un enciclopedist englez mai puțin conformist s-au uitat prin microscopul lor artizanale și au descoperit primele dovezi ale existenței celulelor. Avansează apoi către prezent — când celulele umane stem sunt manipulate de oameni de știință și sunt transplantate pacienților cu boli cronice, potențial mortale, precum diabetul sau anemia falciformă, și când se introduc electrozi în circuitele celulare din creierul bărbaților și femeilor care suferă de maladii neurologice recalcitrante. Și ne conduce spre abisul unui viitor incert, în care oameni de știință „rebeli“ (unul dintre ei a fost condamnat la trei ani de închisoare și definitiv exclus din comunitatea medicală din cauza experimentelor pe care le-a

efectuat) proiectează embrioni editați genetic și folosesc transplantul de celule ca să estompeze granițele dintre natural și bioameliorat.

M-au inspirat o mulțime de surse: interviuri; întâlniri cu pacienții; plimbări fără țintă cu oameni de știință (și cu câinii lor); vizite la laboratoare; imagini văzute la microscop; discuții cu asistente medicale, pacienți și doctori; surse istorice; studii științifice; scrisori personale. Scopul meu nu este să scriu o istorie cuprinzătoare a medicinei sau a nașterii biologiei celulare. *The Greatest Benefit to Mankind: A Medical History of Humanity* („Cel mai mare beneficiu dăruit omenirii: o istorie medicală a umanității“) de Roy Porter,¹⁴ *The Birth of the Cell* („Nașterea celulei“) de Henry Harris¹⁵ și *Müller's Lab* („Laboratorul lui Müller“) de Laura Otis sunt expuneri exemplare. Aceasta este mai degrabă povestea modului în care conceptul de celulă și felul în care înțelegem fiziologia celulară au modificat medicina, știința, biologia, structurile sociale și cultura. Ea culminează cu viziunea unui viitor în care învățăm să manipulăm aceste unități ca să le dăm forme noi sau poate chiar să creăm versiuni sintetice ale celulelor și ale unor părți din ființele umane.

Inevitabil, există discrepanțe și lacune în această versiune a istoriei celulei. Biologia celulară este inextricabil legată de genetică, patologie, epidemiologie, epistemologie, taxonomie și antropologie. Cei împătimiți de nișe specifice din medicină sau din biologia celulară, având un interes legitim față de un tip anume de celulă, se prea poate să vadă această istorie printr-o lentilă foarte diferită; botaniștii, bacteriologii și micologii vor fi neîndoielnic privați de focalizarea adecvată asupra plantelor, bacteriilor și ciupercilor. A pătrunde în fiecare dintre aceste domenii într-un mod nesistematic ar însemna intrarea într-un labirint care se ramifică în alte labirinturi. Am mutat multe aspecte ale istoriei în note de subsol și în note finale*. Îi îndemn insistent pe cititori să le parcurgă cu toată atenția.

De-a lungul acestui periplu vom întâlni mulți pacienți, unii dintre ei tratați de mine. Unii au acceptat să le fie dezvăluit numele

* O întrebare inevitabilă despre care am scris puțin, dar pe care trebuie să o admit, este cea legată de cost, echitate și acces. Capitolele finale din această carte abordează parțial unele dintre aceste întrebări, dar acestea necesită o discuție mult mai profundă decât este posibil în paginile acestei cărți. Este imposibil ca o istorie a celulelor să funcționeze și ca un manual de inițiere în politici, sănătate publică, costuri, echitate și incluziune (N.a.).

real; alții au ales să rămână anonimi, numele lor și detaliile care i-ar putea identifica fiind omise. Simt o nemărginită recunoștință față de acești bărbați și aceste femei care s-au aventurat pe teritorii neexplorate, încredințându-și trupurile și mințile unui tărâm nesigur și în plină evoluție al științei. Și mă cuprinde o bucurie tot atât de nemărginită în calitate de martor al procesului prin care biologia celulară se trezește la viață într-un nou tip de medicină.

INTRODUCERE

„Ne vom reîntoarce mereu la celulă”

*Oricât de șerpuită ne-ar fi calea, în cele din urmă
ne vom întoarce la celulă.¹*

— RUDOLF VIRCHOW, 1858

În noiembrie 2017 am fost martorul morții prietenului meu Sam P., care s-a stins fiindcă celulele lui s-au răzvrătit împotriva corpului său.²

Sam fusese diagnosticat cu un melanom malign în primăvara lui 2016. La început, cancerul i-a apărut aproape de obraz ca o aluniță de forma unei monede, neagră cu nuanțe purpurii și cu o aureolă ca un halou. Mama lui, Clara, care era pictoriță, a remarcat-o pentru întâia oară în timpul unei vacanțe de vară târzie pe Block Island. Îl rugase cu duhul blândeții — apoi l-a implorat și l-a amenințat — să meargă la un dermatolog ca să fie examinat, dar Sam era un comentator sportiv ocupat și activ, care publica într-un ziar important, și nu avea timp să își facă griji din pricina unei bube nesuferite de pe obrazul său. Când l-am văzut și l-am examinat în martie 2017 — nu eram oncologul său, dar un amic mă rugase să arunc o privire — tumora crescuse, devenind o umflătură lunguiată de mărimea degetului mare și în pielea lui erau semne de metastază. Când am atins excrescența, Sam a tresărit de durere.

Una este să descoperi un cancer și cu totul altceva să fii martorul mobilității lui. Melanomul începuse deja să alunece pe față spre urechea lui Sam. Dacă priveai cu atenție, umflătura canceroasă își marcuse înaintarea ca un feribot, lăsând în urma ei un siaj de puncte purpurii gravate în piele.

Până și Sam, comentator de competiții sportive care își petrecuse viața studiind viteza, motilitatea și agilitatea, era uluit de ritmul în care avansa melanomul. Cum, mă întreba insistent — *cum, cum, cum* — cum se face că o celulă care stătuse decenii atât de cuminte

în pielea lui dobândise brusc proprietățile uneia capabile să-i umble pe față, în timp ce se și înmulțea frenetic?

Însă celulele canceroase nu „inventează“ niciuna dintre aceste proprietăți. Ele nu construiesc de la zero, ci deturneză — mai precis, celulele care sunt cele mai capabile de supraviețuire, creștere și metastazare sunt selectate în mod natural. Genele și proteinele pe care celulele le folosesc ca să genereze unitățile constructive de bază, necesare pentru creștere, sunt selectate dintre genele și celulele folosite de embrionul în dezvoltare ca să alimenteze extraordinara sa expansiune din primele zile de viață. Căile urmate de celula canceroasă pentru a se deplasa pe distanțe mari în corp se bazează pe acele căi care permit deplasarea celulelor cu mobilitate inerentă.

Genele care fac posibilă diviziunea celulară neîngrădită sunt versiuni denaturate, mutante, ale genelor care permit diviziunea celulară în celulele normale. Pe scurt, cancerul este biologia celulară reflectată într-o oglindă patologică. Ca oncolog, eu sunt în primul rând specialist în biologie celulară — numai că unul care percepe lumea normală a celulelor proiectată pe dos, ca într-o oglindă.

*

În primăvara lui 2016, lui Sam i s-a prescris un medicament menit să îi transforme limfocitele T într-o armată capabilă să lupte cu oastea rebelă care se înmulțea în corpul lui. Imaginați-vă următoarea situație: ani de-a rândul, poate decenii, melanomul lui Sam și limfocitele sale T au coexistat, în esență ignorându-se reciproc. Locatarii săi maligni erau invizibili pentru sistemul său imunitar. Milioane de limfocite T trecuseră zi de zi în grabă pe lângă melanomul său, fără să se oprească, simpli trecători care își întorseseră privirile de la o catastrofă celulară.

Se spera că medicamentul prescris lui Sam avea să anihileze invizibilitatea tumorii, făcând ca limfocitele lui să recunoască melanomul ca pe un invadator „străin“ pe care să îl respingă, în mare măsură așa cum limfocitele T resping celulele infectate de microbi. Trecătorii pasivi ar fi putut deveni participanți activi. Reproiectam celulele din corpul său pentru a face vizibil ceea ce anterior fusese invizibil.

Descoperirea acestei terapii „de dezvoltare“ era apogeul progreselor radicale din biologia celulară care începuseră în anii '50: înțelegerea mecanismelor folosite de limfocitele T ca să distingă sinele de non-sine, identificarea proteinelor folosite de aceste celule imunitare ca să detecteze invadatorii străini, descoperirea căilor care le permit celulelor noastre normale să evite atacurile acestui sistem de detecție, modul în care celulele canceroase cooptează aceste căi pentru a deveni nevăzute, precum și invenția unei molecule apte să dea jos mantia de invizibilitate de pe celulele maligne — fiecare perspectivă fiind clădită pe cea dinainte și obținută prin truda susținută a specialiștilor din biologia celulară.

Aproape imediat ce Sam a început tratamentul, în organismul lui s-a declanșat un război civil. Trezite brusc și avertizate de prezența cancerului, limfocitele lui T au fost asmuțite împotriva celulelor maligne, răzbunarea lor provocând alte cicluri de răzbunare. Abcesul stacojiu de pe obraz s-a înfierbântat într-o dimineață, fiindcă celulele imunitare se infiltraseră în tumoră și declanșaseră un ciclu inflamatoriu; apoi celulele maligne au bătut în retragere, lăsând în urma lor focuri de tabără muribunde. Când l-am revăzut după câteva săptămâni, excrescența alungită și punctele rămase în urmă dispăruseră. În locul lor mai erau doar rămășițele în agonie ale unei tumori, zbârcită ca o stafidă mare. Era în remisie.

Am sărbătorit împreună la o cafea. Remisia nu îl schimbase pe Sam numai sub aspect fizic; îl încărcase cu energie psihică. Pentru prima oară după multe săptămâni, am văzut cum i se destind cutele de îngrijorare de pe chip. Râdea.

*

Dar pe urmă lucrurile și-au schimbat cursul: aprilie 2016 a fost o lună chinuitoare. Limfocitele T care îi atacaseră tumora s-au întors împotriva ficatului său, provocând o hepatită autoimună, o inflamație a ficatului care cu greu putea fi controlată cu medicamente imunosupresoare. În noiembrie am descoperit că boala — deși în remisie cu doar câteva săptămâni mai devreme — i se răspândise în piele, mușchi și plămâni, pitindu-se în noi organe și găsim noi nișe în care să supraviețuiască atacului lansat de celulele sistemului său imunitar.

Sam și-a păstrat o demnitate de oțel cât a durat succesiunea de victorii și reculuri. Uneori, umorul său nimicitor părea să fie propria lui formă de contraatac: *avea să se bată cu cancerul până îl va omorî prin epuizare*. Într-o zi, când l-am vizitat la biroul său din redacție, l-am întrebat dacă nu și-ar dori să mergem într-un spațiu privat — toaleta bărbaților, poate — unde să-mi poată arăta unde se iviseră noi tumori. A râs degajat: „Până ajungem noi la toaletă, tumora se va fi mutat deja în altă parte. Mai bine să o vedem cât încă mai este aici.“

Doctorii au potolit asaltul imunitar ca să regleze hepatita autoimună, dar atunci cancerul s-a răspândit din nou. Au reînceput imunoterapia ca să atace cancerul și hepatita fulminantă a revenit. Era ca și cum am fi asistat la un fel de război al fiarelor: puneți în lesă celulele imunitare, și animalele se vor năpusti împotriva lanțurilor, ca să atace și să ucidă. Dați-le drumul din lesă, și vor ataca orbește atât cancerul, cât și ficatul. Sam a murit într-o dimineață de iarnă, la aproape șase luni după ce i-am palpat pentru prima oară tumora. Până la urmă, melanomul a învins.

*

Într-o după-amiază vântoasă din 2019, am participat la o conferință organizată de Universitatea Pennsylvania din Philadelphia. Aproape o mie de oameni de știință, doctori și cercetători în domeniul biotehnologiei s-au reunit într-un edificiu de cărămidă și piatră de pe Spruce Street. Erau acolo ca să discute despre progresele într-un domeniu îndrăzneț din medicină: folosirea celulelor modificate genetic și transplantate la oameni pentru vindecarea unor boli. Au fost expuneri despre modificările limfocitelor T, despre noi virusuri care ar putea să introducă gene în celule și despre următorii pași importanți în transplantul celular. Cele rostite pe scenă și în culise dădeau impresia că biologia, robotica, literatura science fiction și alchimia se întruniseră într-o seară extatică, în care au dat naștere unui copil precoce. *Repornirea sistemului imunitar; Reproiectarea celulară în scop terapeutic; Persistența pe termen lung a grefelor celulare*. Era o conferință despre viitor.

Dar prezentul era și el de față. Cu doar câteva rânduri în fața mea stătea Emily Whitehead, pe atunci în vârstă de 14 ani, având