

TOMAS ŠULC

Medicina budućnosti

KAKO SILICIJUMSKA DOLINA NAMERAVA
DA UKLONI BOLESTI I PRODUŽI NAM ŽIVOT

Prevela s nemačkog
Dušica Milojković

■ Laguna ■

Naslov originala

Thomas Schulz

ZUKUNFTSMEDIZIN: Wie das Silicon Valley Krankheiten
besiegen und unser Leben verlängern will

Copyright © 2018 by Deutsche Verlags-Anstalt,
A division of Verlagsgruppe Random House GmbH,
München, Germany

Translation copyright © za srpsko izdanje 2020, LAGUNA



Kupovinom knjige sa FSC oznakom pomažete razvoj projekta
odgovornog korišćenja šumskih resursa širom sveta.

NC-COC-016937, NC-CW-016937, FSC-C007782

© 1996 Forest Stewardship Council A.C.

Za Sama

Kako je veliki napredak čovečanstva ako pogledamo na tačku iz koje je krenulo, a kako mali ako gledamo u tačku ka kojoj stremi.

FRANC GRILPARCER

Veliki napredak je već kada se ima volje za napredak.

SENEKA

Sadržaj

Uvod

Era digitalne medicine upravo počinje. 11

Digitalna biologija

Kako ćelija postaje softver i zašto se borba
protiv Alchajmera vodi u Silicijumskoj dolini. . . 25

Mašinska medicina

Kako veštačka inteligencija i moć algoritama
menjaju zdravstveni sistem 66

Napad tehnoloških giganata

Zašto *Gugl*, *Epl*, *Majrosoft*, *Fejsbuk*
i ostali prodiru u medicinu 100

Era genetike

Kako manipuliramo svojom DNK
da bismo stvorili boljeg, zdravijeg čoveka 135

Borba protiv raka

Nove terapije koje ulivaju nadu lekarima i pacijentima	168
---	-----

Sintetička biologija

Kako jetra iz štampača, veštački spermatozoidi i modem za mozak treba da poprave i – i prošire – naše telo	202
--	-----

Živeti dvesta godina

Kako postajemo sve stariji i kako utopisti iz Silicijumske doline planiraju besmrtnost	226
---	-----

Digitalni pacijent

Zbog čega će medicina budućnosti biti personalizovana, precizna i preventivna	254
--	-----

Medicina 2030.

Zašto Nemačka nije spremna za revoluciju u zdravstvu – i šta sad treba uraditi.	283
--	-----

Uvod

Era digitalne medicine upravo počinje

Svakog januara u centru San Franciska možete da posmatrate čudnovatu predstavu: ulice do duboko u noć ispunjava dvadeset hiljada ljudi koji uzbuđeno raspravljaju, u vazduhu se oseća raspoloženje koje podseća na rok festival. Ko pažljivije sluša, svaki čas će čuti iste čudne reči: „ekspresija proteina“, „T-ćelije“, „antigeni“, „PD-1-inhibitor“. U skoro svim barovima, restoranima i galerijama okupljaju se medicinari, biolozi i naučnici, a natpisi na ulazima prelepljeni su novim: *Merk*, *Genentech*, Institut „Maks Plank“, Univerzitet Harvard.

Razlog ovog vanrednog stanja je JP Morgan Heltker, najveća konferencija za biotehnologiju i medicinska istraživanja u svetu, decentralizovani, haotični praznik istraživanja, sa stotinama manifestacija na desetinama mesta. Ne postoji veb-sajt, nema ulaznica, ali svi protagonisti koji se bave istraživanjima iz oblasti ljudskog zdravlja, koji zarađuju na medicini ili uređuju zdravstveni sistem u januaru će doći u San Francisko: koncerni farmakološke

industrije, univerziteti, istraživačke laboratorije, novoo-snovane kompanije, političari. Na pozornicama i u konferencijskim dvoranama raspravlja se o velikim temama koje najavljuju budućnost. Teme su, recimo, „Dizajniranje ljudske budućnosti“ ili „Sledeći korak u ratu protiv raka“. Ali najvažniji događaj odigrava se van podijuma, na privatnim zabavama i u razgovorima iza zatvorenih vrata.

Recimo, na proslavi u apartmanu jednog luksuznog hotela. Pred vratima je mnoštvo službenika obezbeđenja, a iza zatvorenih vrata oko trideset gostiju. Četvoro vode koncerne koji vrede milijarde, dvoje su dobitnici Nobelove nagrade, a dvoje važe za sigurne kandidate, koji će je dobiti u doglednoj budućnosti. Spontano okupljanje posle ponoći, kome je nekoliko sati ranije prethodilo razmenjivanje SMS poruka i mejlova, a da biste ušli neophodne su vam odgovarajuće veze. I boca šampanjca na brzinu nabavljenog u hotelskom baru, ali, molim vas, ne onog najjeftinijeg.

Raspoloženje je uzavrelo, glasovi se mešaju, ali raspravlja se ipak samo o jednoj temi: kako bi uz pomoć nove genetske terapije moglo ne samo bolje da se bori protiv raka već i da se ova bolest porazi, pobedi pa i izleči. Naposljetku, neko od istraživača izvlači marker i počinje da ispisuje formule po zidovima hotela. Nakratko okleva, ali jedan od šefova farmakoloških kompanija viče: „Zabole te, samo nastavi, ja ću preuzeti troškove renoviranja!“ Prostoriju prožima nervozna energija, neobična mešavina grozničavog oduševljenja i usredsređene napetosti.

Slična atmosfera ovih dana vlada skoro svuda gde su u toku istraživanja koja se bave ljudskim zdravljem: u

laboratorijama univerziteta i tek pokrenutim biotehničkim kompanijama, u istraživačkim institutima i centralama farmakoloških koncerna. Među biologima i lekarima vlada do sada neviđeni optimizam, podstaknut bezbrojnim procesima u bezbroj oblasti, koji se svi istovremeno sustiču i omogućavaju mnogo toga što je još donedavno delovalo potpuno utopijski: lečenje raka, programiranje ćelija, odgajanje veštačkih organa, povezivanje mozga s mašinama, manipulaciju genima, uklanjanje bolesti pritiskom na dugme, produžavanje života za dvadeset do trideset godina. Mogućnost da se ljudi učine ne samo zdravijim već i pametnijim, lepšim, mlađim.

Svejedno koga pitate – stručnjaci, istraživači i naučnici slažu se da je medicina na pragu revolucije. Čovečanstvo je na putu ka jednom tehnologizovanom, podacima pokretanom, digitalnom svetu zdravstva, s novim mogućnostima da se bolesti ustanove i leče i lekovima koji treba da donesu duži, zdraviji život.

„Nalazimo se na početku ere preobražaja u nauci i medicinskoj tehnologiji“, kaže šef FDA (Administracija za hranu i lekove SAD), američke državne službe zadužene za puštanje novih lekova u promet.

„Medicinska revolucija je počela“, kaže šefica Instituta „Dejna Farber“, vodećeg centra za proučavanje raka u SAD.

„Naučni napredak je ogroman“, smatra i šef farmakološkog giganta *Roš*.

„Tehnički razvoj doneo je novu eru u medicini“, tvrdi šef istraživanja kompanije *Majkrosoft*.

„Razvili smo sposobnost da kontrolišemo evoluciju“, kaže Dženifer Dudna, šefica tima koji je osmislio

tehnologiju CRISPR*, neku vrstu genetskih makaza pomoću kojih može da se prekroji i popravi genetski materijal biljaka, životinja i ljudi.

Šta se tu događa? Odakle najednom taj tako ogromni optimizam, to oduševljenje? Nisu li isti ti istraživači i stručnjaci dosad uvek sa žaljenjem naglašavali da su medicinska istraživanja besкраjno teška, a biologija suviše složena da bi se istinski dešifrovala?

Danas se, međutim, sve promenilo. Na pragu smo ogromnih promena, ne samo u medicini već i u svim oblastima našeg života. To je glavna spoznaja, koja mi se neizbežno nametnula tokom više od pola decenije, koliko sam kao dopisnik časopisa *Špil* proveo u Silicijumskoj dolini, centru globalnog napretka.

Stigli smo, naime, do tačke u kojoj se susreću otkrića i događaji iz proteklih decenija, u kojoj se stapaju nove tehnologije iz svih mogućih oblasti: iz hemije, fizike, nauke o materijalima, robotike. Na engleskom postoji reč za ovaj proces, koja istovremeno znači susticanje i ubrzavanje, i ona ovde, u Silicijumskoj dolini, služi kao neka vrsta čarobne reči, koja se koristi kad god treba objasniti neki naredni, naizgled iznenađujući skok u napretku: konvergencija.

Digitalizaciji su bile potrebne dve decenije kako bi polako prodrila u svaki zakutak, svaki ugao civilizacije. A sada počinje istinski da oslobađa svoju moć, koja sve ubrzava. U tome leži pravo objašnjenje ogromnog napretka koji upravo doživljavamo, kako u medicini, tako i u mnogim drugim oblastima: ovaj napredak ne odvija se

* Engl.: *clustered regularly interspaced short palindromic repeats*. (Prim. prev.)

pravolinijski, već eksponencijalno. On se skokovito udvostručuje, a ti skokovi s vremenom postaju sve veći. Kao metafora može da nam posluži priča o pronalazaču šaha. Legenda kaže da je pronalazač šaha o svojoj nagradi s vladarom Indije pregovarao ovako: „Hoću samo nešto pirinča. Nabavite mi količinu koju ćemo izračunati tako što ćemo na prvo polje šahovske table staviti jedno zrno pirinča, na drugo dva zrna, na treće četiri, na peto osam, i tako dalje, na svako polje dvostruko više, sve do poslednjeg, 64. polja.“

Na prvim poljima je, dakle, bilo veoma malo pirinča. To je bila dosadašnja priča o napretku, tokom 10.000 godina ljudske istorije: napredak je, doduše rastao eksponencijalno, ali mi smo ga doživljavali linearno jer je efekat udvostručavanja u ukupnom zbiru i dalje bio relativno mali. Zaista zanimljivo postaje tek na drugoj polovini šahovske table. Tu brojke eksplodiraju: posle trideset drugog šahovskog polja pirinčanih zrna već ima na milijarde. Mnogi naučnici misle da smo na početku ovoga veka dostigli drugu polovinu šahovske table, pa su zato eksponencijalni skokovi koje napredak ostvaruje sada toliko zapanjujući da sve teže možemo da ih razumemo.

Posledice ovog napretka, koji ogromnom brzinom raste, osećaju se, međutim, već danas. A u narednoj deceniji biće još nedvosmislenije i proširiće se na sve oblasti života. Nigde, međutim, neće biti od egzistencijalnijeg značaja nego u medicini i biologiji.

Proteklo stoleće obeleženo je time da smo naučili da razumemo dva osnovna gradivna elementa ovog sveta: atom i bit. Oba otkrića pokazala su nam koliko velike posledice može da ima vladanje najmanjim jedinicama.

Sada smo na putu da ovladamo trećom osnovnom jedinicom. Genom. Ako nam uspe da steknemo kontrolu nad biološkom informacijom, ovaj svet će se iznova suštinski izmeniti. Tada će čovek postati tvorac, koji naredni stupanj evolucije uzima u sopstvene ruke.

Danas teško da može da nas iznenadi to što se radnja ove knjige uglavnom odvija u Silicijumskoj dolini. Taj region oko San Franciska prerastao je u centar globalnog napretka. Ne samo zato što se tu, s hiljadama koncerna i tek pokrenutih kompanija, nalazi kičma tehnološke industrije već i zato što se tu okupljaju vizionari i utopisti, megalomani i bezobzirni. Zato što novac tu pritiče kao nigde drugde na svetu. Milijarde i milijarde kapitala uloženog u smelost svake godine. Savršena hranljiva podloga za velike ideje i procese koji menjaju svet.

Dešifrovanje biologije je naredna ideja u Silicijumskoj dolini, koja menja svet, a na čoveka se pritom gleda pre svega kao na računski zadatak. Logika je ovakva: revolucija koja dolazi je digitalna revolucija. Procena ogromnog mnoštva podataka postaje lakša iz dana u dan, moć računara eksplodira, a u tome pomaže veštačka inteligencija, novo čudesno oružje. Ko svim tim instrumentima vlada bolje od tehnoloških giganata?

U isto vreme, medicina je branša koja u celom svetu vredi i donosi milijarde. A time je i ogromno poslovno polje. Najveći deo bruto društvenog proizvoda u većini zemalja odlazi na zdravstvo. U SAD se, recimo, u zdravstveni sistem sliva dvadeset procenata državnih izdataka. Zbog toga centrale koncerna u San Francisku i Sijetlu sada rade na jednom fundamentalnom medicinskom istraživanju:

kako pobediti rak? Kada je reč o medicinskim aparatima: kako da se tokom 24 sata analiziraju krvna slika, količina insulina i puls? Kada je reč o obradi medicinskih podataka: kako da se podaci o pacijentima, kliničke studije i rezultati istraživanja mašinski obrade i procene?

Već postoje cele banke podataka prepune genetskih informacija, milijarde i milijarde gigabajta analiza DNK, znanja o našem naslednom materijalu. Nastali su novi, mešoviti oblici naučnih disciplina, kao što su sintetička biologija, ili bio-IT, čije znanje neprestano raste, širi se i razvija u nove vrste terapija i lekova.

Tumori su već danas detaljno proanalizirani, pa pacijenti uz pomoć sopstvenih, genetskom tehnologijom opremljenih imunih ćelija mogu uspešno da se bore protiv raka. Genetska terapija je stara ideja, koju su mudre glave smislile još pre više decenija, ali dugo je morala da bude odlagana kao tehnički nemoguća. To je prva polovina medicinske revolucije: vizije koje su proglašene mrtvima sada najednom oživljavaju i postaju moguće.

Uz to, kao drugi deo, idu potpuno nove ideje, poput ove: istraživači razvijaju molekule koji će dobiti ubrzanje u ćelijama i koji će telu poslužiti kao podsticaj da proizvede svoj sopstveni lek. To zvuči kao naučna fantastika, kao ideja koju bi još pre nekoliko godina svaki lekar i svaki biolog proglasio uvrnutom. „Napredak postignut u proteklih deset godina upravo je nadrealan“, kaže Stiven Bensele, šef *Moderne*, nove kompanije u sferi biotehnologije koja je razvila opisanu tehnologiju. „Osećamo se kao da već danas živimo u novoj eri u odnosu na 2006.“

Odatle nije dalek put ni do ekstremnih vizija: probijanja granica biologije i mogućnosti da se život produži

ne za deset, već za pedeset godina. Sve dok smrt ne bude samo još tehnološki problem? U Silicijumskoj dolini ima ljudi koji tako misle, a već odavno se ne može reći da se svi oni bave utopijom. *Gugl* je, recimo, osnovao zavisno preduzeće koje istražuje mogućnosti za produženje života. Tamo ne rade ljudi bujne mašte, već neki od vodećih genetičara u svetu.

Utopisti i pragmatičari, tehnobiolozi i predstavnici školske medicine slažu se u jednom: put do dužeg, zdravijeg života vodi preko personalizovane medicine, s terapijama skrojenim po meri pojedinca, a zasnovanim na analizi njegovog naslednog materijala i drugih individualnih podataka. To znači suštinsko okretanje od sveta masovnih lekova, kod kojih jedna terapija mora da deluje na što više ljudi. U najmanju ruku, sistem će podjednako promeniti i to što personalizovana digitalna medicina nije samo reaktivna već pre svega proaktivna: ona insistira na tome da se bolesti kao što su rak ili srčana oboljenja prepoznaju u što ranijem stadijumu kako bi se lakše borilo protiv njih.

Kako će ovaj novi zdravstveni svet izgledati za pacijente? Kao što danas više ne možemo ni da zamislamo kako je bilo živeti bez mobilnog telefona, kroz nekoliko godina ćemo se pitati kako smo mogli da puštamo da nas lekar leči bez pristupa ogromnom blagu podataka: analizi naše DNK, sastavu našeg mikrobioma, osnovnim crtama ličnog proteoma*. Pri dijagnozama će pomagati novi medicinski senzori, koje ćemo nositi na telu, u njemu

* Clokupan set proteina izraženih genomom, ćelijom, tkivom ili organizmom. Specifično, on je set proteina koji izražava specifični tip ćelija ili organizma u datom vremenu po definisanim uslovima. Termin je formiran iz reči proteini i genom. (Prim. prev.)

ili će moći jednostavno da se uklope u smartfon. Oni će meriti kretanje, puls, krvni pritisak i upozoravaće nas ako te vrednosti nisu normalne.

Jasno je da ključ ove nove medicine budućnosti predstavljaju podaci: podaci koji se očitavaju s uređaja, iz genoma, senzora i bezbroj testova za sve moguće biomarkere. Najbolje će biti da se rade kod kuće, vrlo brzo, a u SAD već postoje genetski testovi i analize mikrobioma koji mogu da se kupe u apotekama i da se tamo i očitaju vrednosti, izvrši mašinska analiza i da preduzeće koje ih je proizvelo napravi obradu i procenu. Na podacima o našem zdravlju moći će da se zaradi. Je li to cena koju treba platiti? Lični podaci nasuprot zdravlju?

Lekar u tom svetu neće više samo da leči i da propisuje lekove već će biti i zdravstveni trener i menadžer podataka. Ili će ga na kraju, bar delimično, zameniti mašina. Informatika se, prema mišljenju stručnjaka, nalazi u najvećem procesu preobražaja od pronalaska kompjutera, zahvaljujući veštačkoj inteligenciji. Pametne mašine spremaju se da u sve više oblasti budu dopuna lekarima. A uskoro će od njih i potpuno preuzeti neke zadatke.

Kakva ogromna obećanja leže u ovoj mašinskoj medicini: novi lekovi jer softver može da traga za novim kombinacijama delotvornih supstanci. Novi planovi lečenja jer se analiziraju algoritmi individualne istorije bolesti i upoređuju sa algoritmima istorije bolesti hiljada drugih pacijenata. Olakšanje posla za lekare jer softver kroz analizu lica analizira genetska oboljenja ili uz pomoć magnetne rezonance analizira tumore.

Mada neki već upozoravaju na mogućnosti zloupotrebe naših podataka i nadmoć i svemoć mašina, nada ipak

znatno preteže, već i zato što je kompjuterizacija i dosad sve činila efikasnijim i jeftinijim. Troškovi zdravstva koji neprestano rastu najveći su strukturni problem društava koja stare. Ako zahvaljujući tehnologiji troškovi za pojedince i zajednicu mogu da se smanje, ko bi se tome usprotivio? Jasno je: ovaj novi svet prosto juri napred, a ne može se sagledati kako će pritom da se uobličiti i da izgleda. I ko će ga uobličiti. Ko će biti dobitnici, a ko gubitnici. Zbog toga je ovo u suštini knjiga o napretku koji treba razumeti, savladati, a pre svega – o kome treba raspravljati.

Napredak se ne može zaustaviti i dobro je što je tako: istorija potvrđuje da čovečanstvu sa svakom decenijom ide sve bolje. Sve brži tempo napretka, međutim, izuzetno mnogo povećava i pritisak da se što pre pozabavimo mogućim scenarijima budućnosti. O terapiji matičnim ćelijama raspravlja se već dvadeset godina, dok se ta tehnologija razvija vrlo polako. Ali ako se sada za godinu dana događa ono za šta je još donedavno bilo potrebno deset godina, ne možemo mirno da čekamo, već moramo što pre da raspravimo koje društvene i etičko-moralne probleme nam novi razvoj donosi.

Društvena, ekonomska, politička i etička pitanja s kojima ćemo se suočavati su, naime, takva da ne mogu biti veća niti suštinskija: hoće li svako moći sebi da priušti duži i zdraviji život? Ili će zdravlje postati statusni simbol? Da li sve što je medicinski moguće treba i da se uradi? Čak i ako se pritom radi o zahvatima na oplođenoj jajnoj ćeliji ili nerođenom ljudskom biću? Ko će odlučivati koji eksperimenti i koje terapije su dopušteni, a koji nisu? Ko utire put u tu budućnost medicine?

Naravno da se i dalje mnogo toga što je već odavno u toku, budućnost koja je već počela da se uobličava, odbacuje kao neopravdani naučni optimizam. Kao ideologija futurista i uzbuđeno brbljanje ljudi koji nemaju pojma i nisu dovoljno kritični. Kao uzbuđenje koje Silicijumska dolina stvara da bi prodala svoje proizvode. Jednom je već bilo tako – na početku internet revolucije. Tada su mnogi umanjivali značaj digitalizacije, pa su se najpre smejali ambiciji *Gugla* da promeni svet, a zatim i *Fejsbuku*. Neki su prvi ajfon ismevali kao igračku za nezrele, koja nema veliku budućnost.

Sigurno je da neće valjati sve ono što naučnici sada izmaštaju u svojim laboratorijama. Biće i stranputica, delom opasnih. Ali čak i ako ono što se sada nagoveštava na horizontu postane stvarnost tek za petnaest umesto za pet godina, ispašće sasvim drugačije nego što smo mislili: u uobličavanju budućnosti možemo da učestvujemo samo sada. Pre nego što je ponovo uobliče malobrojni.

Kako, dakle, da se ophodimo s ovom novom erom genetike koja upravo nastupa? A koja će na svom vrhuncu dovesti do jedne nove medicine. Ili do novog čoveka. To nije retoričko preterivanje, već će verovatno uskoro biti stvarnost. Uz pomoć CRISPR-a, neke vrste genetskih makazica, geni mogu planski da se pretražuju i zamenjuju, kao u nekom programu za obradu teksta, da se jednostavno iseku, ili zamene, i da se na taj način manipuliše suštinskim osobinama biljaka, životinja i ljudi. Ova tehnologija stara je nepunih pet godina, ali Kina i SAD već je koriste u eksperimentima na embrionima. Zahvati na liniji razvoja polnih ćelija, nasledne promene u prirodi, za naučnike više ne predstavljaju veliki izazov.

Koliko je dalek put odatle do večne mladosti? Do sveta bez raka? Do beba dizajniranih po želji? Do eugenike? Ne morate da budete doktor molekularne genetike, niti je neophodno da ste studirali filozofiju, da biste shvatili: ako najpre možemo da dešifrujemo sopstvenu sudbinu, onako kako je sadržana u našem naslednom materijalu, a zatim da naučimo da tu sudbinu sami iznova tehnološki napišemo, put čovečanstva suštinski se menja.

„Ako sebi predočimo kakvi nas ogromni izazovi u tom kontekstu čekaju, čudi što o tome još nema intenzivnije rasprave“, kaže Peter Dabrok, teolog i etičar s Univerziteta Erlangen-Nirnborg i predsedavajući Nemačkog saveta za etiku. Cilj ove knjige je da to promeni, da informiše o ovom novom svetu budućnosti koji je u nastanku, da sklopi deliće mozaika i da pokrene široku debatu. To znači da *Medicina budućnosti* nije knjiga koja nudi savete o zdravlju, a nije ni knjiga o farmakološkoj industriji i njenim brojnim mračnim stranama. Ne radi se samo o pojedinim modelima poslovanja i o pitanjima koje ideje, projekti i tehnologije će do detalja profunkcionisati i hoće li se ovaj ili onaj konkretan lek probiti za primenu.

Mnogo pre bi se moglo reći da ova knjiga treba da pruži pregled onoga što nam se sprema i zbog čega se to događa. Ona će nas povesti u tajne istraživačke laboratorije i radionice, do nosilaca Nobelove nagrade i šefova najmoćnijih preduzeća na svetu, zaviriće iza kulisa novih kompanija koje mnogo obećavaju i velikih koncerna. Osnovu za to predstavljaju moji gotovo celu deceniju prikupljeni uviđi u sedišta preduzeća i laboratorije Silicijumske doline, brojni susreti i razgovori s protagonistima digitalne revolucije, od osnivača Gugla Larija Pejdzha, preko lidera

Fejsbuka Marka Zakerberga, do šefa *Majkrosofta* Satje Nadela. Tu je, sem toga, i više od sto pedeset intervju a s istraživačima, rukovodiocima preduzeća, investitorima, stručnjacima za biotehnologiju, lekarima, etičarima.

Pritom na početku knjige, u poglavlju *Digitalna biologija*, najpre treba rasvetliti osnove ovog prelomnog novog doba koje dolazi: mikrokosmos Silicijumske doline s njegovom jedinstvenom mešavinom ideologije i ogromnog priliva novca.

To je savršena podloga za razvoj tehnologija koje će naš svet još jednom promeniti jednako temeljno kao što je internet to već učinio: kako veštačka inteligencija najednom pravi tolike skokove i šta to znači za naše zdravlje opisuje drugo poglavlje *Mašinska medicina*. Nakon njega, u poglavlju *Napad tehnoloških giganta*, sledi zbog čega sada *Gugl*, *Epl*, *Majkrosoft*, *Fejsbuk* i vodeće finansijske institucije Silicijumske doline prodiru u medicinu i na čemu svi oni rade. Moć digitalnih instrumenata čini ljudsku biologiju predvidljivijom, pa tako otvara, recimo, put za genetske terapije: da bi se ovladalo DNK, nju ne treba samo analizirati već treba njome i manipulirati, i to je suština medicine podataka, kako nam pokazuje četvrto poglavlje *Era genetike*. Ako treba da ispuni svoja obećanja, ova nova medicina budućnosti moraće pre svega da se dokaže u borbi protiv raka. Veliki skokovi postignuti proteklih godina opisani su u petom poglavlju *Borba protiv raka* i daju nadu. Šesto poglavlje *Sintetička biologija* baca pogled dalje u budućnost, na suštinski nove ideje koje se već istražuju, ali čije se ostvarenje još proteže nekoliko godina u budućnost: uzgajanje veštačkih organa i dopunjavanje ili čak poboljšanje čoveka uz pomoć implanata.

Hoćemo li zahvaljujući medicini budućnosti živeti duže? Većina stručnjaka u poglavlju *Živeti dvesta godina* kaže da hoćemo, očekivani životni vek će se znatno povećati, možda čak i na sto dvadeset godina. Neki u Silicijumskoj dolini, nasuprot tome, nadaju se i očekivanom životnom veku od dvesta, a poneki čak i od petsto godina. U svakom slučaju, medicina budućnosti biće preciznija, individualnija i proaktivna. Osmo poglavlje *Digitalni pacijent* detaljno prikazuje kako se svi ovi novi instrumenti uklapaju s pacijentom. To su bez sumnje velike promene i one možda donose i velika iskušenja: šta treba da se radi, kakvi zadaci se postavljaju za politiku i za sve nas, raspravljajemo na kraju, s pogledom na *Medicinu 2030*. Pritom se pre svega postavlja pitanje: hoće li svako sebi moći da priušti ovu novu medicinu budućnosti?

Tokom mojih istraživanja upadljivo je bilo da su svi protagonisti veoma svesni da će uskoro nastupiti novo doba i svesni su njegovog značaja. Oni se i po tome razlikuju od najvećeg dela društva, koji o ogromnim promenama u medicini ne zna još gotovo ništa. Velike nade se s pravom polažu u napredak nauke i istraživanja, ali ako većina ljudi sve manje razume ili uopšte ne može da razume šta se dešava, sve više nas neće uočiti ni ključno pitanje – ko će od toga imati koristi. A opasnost da profiteri naposljetku budu samo jedna obrazovana elita, mali broj imućnih ili šačica američkih koncerna sve više raste.

Od nas i našeg znanja o medicinskoj revoluciji s kojom ćemo se uskoro suočiti zavisi hoće li ovaj novi digitalni zdravstveni svet postati san ili noćna mora.

Digitalna biologija

Kako ćelija postaje softver i zašto se borba protiv Alchajmera vodi u Silicijumskoj dolini

Start ap, to jest novoosnovana kompanija, može da bude naziv koji dovodi u zabludu ovih dana, obeleženih nespontanom eksplozijom velikih nada u Silicijumskoj dolini, gde novac naizgled pada s neba. Onaj ko pri spomenu novih preduzeća i start ap kompanija i dalje zamišlja garaže, picu u kutijama i pisaće stolove iz *Ikee* brzo će se razočarati. Umesto toga, preduzeće staro nepune dve godine može da izgleda ovako: staklena palata s dugim belim hodnicima, oivičenim vratima blistavih laboratorija u kojima radi i po više od sto naučnika, a mnogi od njih zvezde su na svom polju. Tri metra visok spektroskop za magnetnu rezonancu, vredan dva miliona dolara, prede iza staklenih vrata.

U toj novoj kompaniji, na rubu Zaliva San Franciska, ne radi se o razvoju aplikacija, već o borbi protiv Alchajmera, jedne od bolesti zapadnog sveta koje se najbrže umnožavaju. Očekivani životni vek čoveka sa svakom generacijom primetno raste, ali što je čovek stariji, mozak

mu je skloniji propadanju: pamćenje nestaje, ličnost se raspada. Neurodegenerativne bolesti, u koje se ubraja i Alchajmerova bolest, prete da postanu velika zla kob zapadnih društava koja stare. Broj obolelih od demencije iz godine u godinu dramatično raste jer delotvorne terapije nema. Eksperimenti koji su decenijama vođeni nisu doneli nikakav proboj, istraživanja koja su koštala milijarde ostala su gotovo bez ikakvih rezultata.

Samo nada da će se to promeniti navodi investitore da na raspolaganje stavljaju dosad teško zamislive sume novca. Ali tu sigurno ima i nešto više od nade: „Najzad postoji šansa da se razviju delotvorni lekovi protiv Alchajmerove, Parkinsonove i drugih neurodegenerativnih bolesti i ona nam je nadomak ruke“, kaže Aleksandar Šut, osnivač i organizacioni direktor kompanije *Denali therapeutics*. A mnogi mu veruju. Oko dvesta dvadeset miliona dolara, tek kao prvu podsticajnu finansijsku tranšu, Šut i dvoje njegovih suosnivača prikupili su za samo nekoliko dana u januaru 2015. Za jedva nešto više od godinu dana, kompanija *Denali* postala je jednorog: tako se nazivaju ona izuzetno retka mlada preduzeća koja doživljavaju munjevit uspon i ubrzo nakon osnivanja i s malim brojem zaposlenih već vrede više od milijardu dolara. *Fejsbuku* je bilo potrebno 396 dana da preskoči granicu od jedne milijarde. Kompaniji *Denali* bilo je potrebno 390 dana.

Pritom su Šut i njegovi suosnivači najpre hteli samo da puste probni balon kako bi videli da li njihove ideje i planovi istraživanja nailaze na interesovanje. Ali novac je prosto počeo da im se sliva iz svih pravaca: od *Gugla*, od Investicionog fonda američke savezne države Aljaske.

I od Bila Gejtsa. Osnivač *Majkrosofta* angažovao se na mnogim poljima medicinskih istraživanja, ali naposljetku je težište stavio na Alchajmerovu bolest. „To je ogroman problem, sve veći problem i ogromna tragedija za ljude“, kaže Gejts. U istraživanje demencije ne ulaže samo njegova fondacija već je Gejts uzeo i novac koji spada u njegovu privatnu imovinu i uložio je, na primer, pedeset miliona dolara u Fond za otkrivanje demencije*, fond koji smelo ulaže kapital s namerom da okupi državne i privatne istraživačke inicijative. Gejts kaže da je „optimista“ da će usredsređenost i dobro finansiranje dovesti do inovativnih terapija. Osnivač *Majkrosofta* je i lično doleteo na sastanak sa Šutom i njegovim suosnivačima i pustio ih je da mu dva sata objašnjavaju zbog čega njihova tehnologija mnogo obećava i zašto je vredna njegovog novca. Kao i uvek kada se Gejts angažuje lično, sastanak je održan u najvećoj tajnosti. Njegov tim za bezbednost pregledao je okolinu i naručio hranu: jedan čizburger, moliću lepo. Niko osim osnivača nije znao za ovu posetu, a jedan od Šutovih kolega zamalo se nije onesvestio kod pisoara kad je kraj njega stao da se olakša niko drugi do Bil Gejts.

Za Šuta nije uspešan bio samo susret s Gejtsom već i mnogi drugi. *Denali* neće propasti zbog nedostatka investitora voljnih da ulože novac. U Silicijumskoj dolini ima dovoljno spremnih da u budućnost ulažu znatne sume, koji podržavaju težnju istraživača za napretkom i snose deo finansijskog rizika njihovih eksperimenata. Upravo zato Šut nije više lekar na klinici Šarite u Berlinu, gde je svojevremeno studirao medicinu. Krajem 1990-ih otišao

* Engl.: *Dementia discovery fund*. (Prim. prev.)

je u SAD da bi učio i istraživao i napravio je karijeru u *Genentehu*, gigantu u domenu biotehnologije i koncernu vrednom milijarde dolara, koji razvija novu generaciju lekova protiv raka.

Napredovao je do šefa odeljenja za razvoj u domenu neuroloških bolesti i pritom je upoznao Marka Tesije-Lavina, glavnog naučnika ovog koncerna, poznatog neurologa i jednog od vodećih stručnjaka za razvoj i popravku mozga u svetu. Kao profesor Univerziteta Kalifornije u San Francisku (UCSF), a kasnije i na Univerzitetu Stanford, Tesije-Lavin je učinio temeljna otkrića o biologiji nervnog sistema i razvoju ljudskih neuronskih kola. Kao šef istraživanja *Genenteha* pod sobom je imao hiljade naučnika i budžet koji se merio milijardama, ali ipak mu nije pošlo za rukom da pronade ono za čime je tokom cele svoje karijere tragao, delotvorno oružje protiv neurodegenerativnih bolesti – Alchajmerove i Parkinsonove.

Možda bi bolje bilo da ovu potragu nastavi nekim manjim, bržim vozilom, nekom novom kompanijom u sferi biotehnologije, gde nekolicina pametnih glava može da se usredsredi na neku ideju za koju postoji nada da je revolucionarna? Tesije-Lavin i Šut godinama su se bavili tom mislju. Sve do početka 2015, kada su se dovoljno jasno iskristalisali ne samo početak istraživanja za osnivanje zajedničke kompanije *Denali* već i mreža koja je omogućila da se okupe za to neophodne umne glave. Tesije-Lavin je, naime, u tom trenutku već predsednik Rokfelerovog univerziteta u Njujorku, jednog od vodećih istraživačkih univerziteta u zemlji. Za njega je, međutim, to bio samo međukorak do možda najpoželjnijeg akademskog položaja uopšte: početkom 2016. Tesije-Lavin

postao je predsednik Univerziteta Stanford – verovatno vodećeg, a sigurno najuticajnijeg svetskog univerziteta u ovom dobu prevlasti digitalnog.

Stanford je nova žiža Silicijumske doline, tu se stiču sve mreže istraživača, osnivača, finansijera i lidera koncerna. Blistav, svetski univerzitet u podnožju večito zelenog brda u zaleđu obale Pacifika, 3310 hektara u španskom kolonijalnom stilu, oivičeno bezbrojnim palmama. Elegantna unutrašnja dvorišta ukrašena su dobro negovanim travnjacima i blistavim Rodenovim statuetama, a uvek miriše na drveće u cvatu, čak i u januaru. Istraživači sa Stanforda vodeći su na mnogim poljima, u informatici, matematici, fizici, biologiji i medicini. A tu naučnu prednost koriste za izgrađivanje ekonomske dominacije ovog „biotopa“ u Severnoj Kaliforniji: svake godine studenti sa Stanforda osnivaju nekoliko start ap kompanija, a univerzitet planski pokreće spin of preduzeća (zavisna preduzeća matičnih preduzeća, koja se prodaju i tako postaju nova preduzeća) i finansijski učestvuje u njima. To umrežavanje nije nov koncept, već nešto što je ovde usavršeno tokom proteklih decenija. Još 1930-ih godina dekan Odseka tehničkih nauka počeo je od studenata i profesora da traži da paralelno s istraživanjem osnivaju i sopstvena preduzeća. Tako su, recimo, nastali *Hjulit-Pakard* i *Gugl*, koje su osnovali doktorandi sa Stanforda Lari Pejđž i Sergej Brin.

Tesije-Lavin, stručnjak za medicinu i biotehnologiju, nije slučajno postavljen za predsednika Stanforda upravo sada. Silicijumska dolina i Stanford pripremaju se, naime, za naredni talas napretka. Tesije-Lavin o tome kaže: „Nalazimo se u zlatnoj eri istraživanja bolesti, zahvaljujući sekvencioniranju ljudskog genoma i drugim moćnim

tehnologijama.“ Vitak i visok, prosede kose s razdeljkom na stranu i visokih jagodica, Tesije-Lavin je markantna pojava, deluje ozbiljno i intenzivno. Njegovi odgovori na pitanja takvi su da skoro bez doterivanja mogu da idu u štampu. Budućnost vidi na sledeći način: „Ako obezbedimo neophodne investicije, moći ćemo da razumemo kako se tumori šire, naučićemo kako nervne ćelije rade i dešifrovaćemo tajne sistema imuniteta. A to znanje nam je potrebno da bismo savladali rak, pobedili demenciju i razvili vakcine protiv HIV-a.“ Tesije-Lavin smatra da tehnološki napredak „u ovom vremenu ogromnih ekonomskih i naučnih šansi“ predstavlja društveni zadatak. A i zadatak države naglašava kao da stoji pred američkim Kongresom: „Da bismo u ovom zlatnom dobu biomedicine sačuvali prevlast, moraju da se obezbede neophodna sredstva i stvore okvirni strukturni uslovi“, kaže on.

To, dakle, ne sme da se zaboravi: uz svu nadu koju polažemo u medicinski, tehnički i digitalni napredak celog čovečanstva, tehnologija je i instrument moći. Industrijska dominacija obezbeđuje društvenu prednost. Onaj ko to razume, i stvori odgovarajuće okvirne uslove, biće uspešniji od drugih. To se nigde nije pokazalo jasnije nego u Silicijumskoj dolini, jezgru ekonomske i kulturne nadmoći SAD.

Jasno je sledeće: onaj ko je blisko povezan s Univerzitetom Stanford već ima prednost u trci za preduzetnički uspeh u digitalnom svetu. A nimalo ne čudi što novoosnovana kompanija u kojoj svoj udeo ima i predsednik Stanforda privlači naročito veliku pažnju. Osnivači *Denalija* prikupili su dvesta jedanaest miliona dolara kao početni kapital samo da bi uopšte započeli s radom. To

zvuči uvrnuto, mada su u pitanju poznati naučnici. Čak i naučni veterani smatrali su da je to rekordna suma koja privlači pažnju, bar 2015.

Samo dve godine kasnije, 2017, ona deluje skoro normalno jer u međuvremenu svakih nekoliko meseci stotine miliona dolara pritiču u nove novoosnovane kompanije. Nove kompanije kao što su *AnaptisBio*, koja razvija imunoterapije protiv raka, ili *Gral*, gde se istražuju novi testovi za otkrivanje raka. Nastale su stotine biotehno-loških preduzeća, mnoga od njih u Silicijumskoj dolini, ali i u Evropi, pa i u Nemačkoj. Nisu sva već prvog dana prikupila dvesta miliona dolara, ali mnoga jesu bar četrdeset, šezdeset, osamdeset miliona. A da bi počela sa istraživanjima nisu im potrebni meseci, već dani. To je jedan novi svet, u kome se naizgled sve odvija u trku: četiri nedelje nakon što su Šut i njegovi suosnivači predstavili svoju ideju, prvi istraživači pohrlili su u tek uređene laboratorije, u kojima sada radi skoro dvesta lekara, biologa, informatičara i hemičara, većina njih s doktoratom.

„Nauka hvata zalet“, kaže Šut. A pritom otkriva nove puteve, koji su dosad bili nevidljivi. Delom i doslovno. Kada je Šut 1990-ih godina studirao medicinu, u udžbenicima je pisalo da se dijagnoza Alchajmerove bolesti postavlja autopsijom.

Danas novi kompjuterski postupci omogućavaju da se zaviri i u žive ljudske glave.

Prošlo je više od sto godina otkako je bavarski lekar Alojz Alchajmer prvi put govorio o toj „čudnovatoj bolesti moždane kore“, najčešćem uzroku demencije, čiji je tok nemilosrdan i na čijem kraju ličnost obolelog prosto nestaje. Medicina, međutim, danas nije skoro nimalo

napredovala u tretmanu i izlečenju ove bolesti. Neurodegenerativne bolesti su područje istraživanja koje naučnike baca u očajanje. Jedna studija lečenja, sprovedena između 2002. i 2012, ustanovila je da je 99,6 procenata svih pokušaja lečenja koji su ovom studijom bili obuhvaćeni pretrpelo neuspeh. Tokom proteklih dvadeset godina propalo je više od sto eksperimentalnih terapija. Kakva porazna statistika. Širom sveta od Alchajmera će uskoro oboleti više od sto miliona ljudi, a ne postoji ni jedna jedina delotvorna terapija? Jasno je: onaj ko prvi iznese na tržište lek koji može da izleči, ili bar zaustavi, Alchajmerovu bolest, zaradiće milijarde. Uprkos tome, čak i veliki farmakološki koncerni privremeno su odustali od istraživanja ove bolesti. Ljudski mozak se dosad činio previše složenim, previše nepristupačnim i previše specifičnim: životinje ne obolevaju od Alchajmerove demencije. Dakle, nedostaju modeli i objekti za testiranje.

Šta se u međuvremenu promenilo? „Ono što je naposljetku pretrpelo neuspeh počivalo je na saznanjima iz 1990-ih godina“, kaže Šut, a time misli: isto tako je moglo da potiče iz 1950-ih godina jer u poređenju s današnjim znanjem između tadašnjih istraživanja i današnjih pristupa leže čitavi svetovi. Pre svega zahvaljujući genetici koja je ostvarila izuzetno brz razvoj: sekvencioniranje ljudskog genoma, dakle analiziranje celokupnog naslednog materijala, pre deset godina još je koštalo više miliona dolara. Danas košta samo nekoliko stotina dolara. Danas za potrebe studija mogu da se urade genetske analize desetina hiljada pacijenata, brže i jeftinije nego što je to ikad bilo moguće. Na taj način u međuvremenu je otkriveno više od 30 gena koji doprinose Alchajmeru,

35 gena koji doprinose Parkinsonu i 34 gena za ALS*. Poređenja radi: broj genetskih mutacija koje su krajem 1990-ih godina dovođene u vezu sa svakom od ovih bolesti iznosio je 3, 0 i 1.

Genetika ne daje automatski terapiju, ali obezbeđuje uvid u biologiju bolesti. Tek kada se zna kako bolest nastaje i kakav joj je tok, mogu ciljano da se potraže tačke za napad u kojima treba upotrebiti lekove. Sličnim putem proteklih decenija se već išlo i u istraživanju raka; otkriće takozvanih onkogenih gena raka, dalo je krila istraživačima. *Denali* težište svoje pažnje stavlja na takozvane degenogene: ova nova kompanija hoće da razvija lekove usmerene na mutacije gena koji učestvuju u izazivanju neurodegenerativnih bolesti. Nije nimalo slučajno što su mnogi od važnih istraživača *Denalija* prethodno radili u *Genentehu*, jednom od vodećih proizvođača lekova za rak i pioniru biotehnoške industrije.

Druga inovacija u koju istraživači polažu svoje nade jeste imidžing, dijagnostika pomoću slika: zahvaljujući ovoj tehnologiji moguće je da se, delimično čak i uživo, zaviri u ljudske glave, sve do pojedinačnih ćelija mozga. To je veliki korak jer je veoma teško istraživati nešto što ne može da se vidi. „Čak i na studijama o nečemu takvom mogla sam samo da sanjam“, kaže Stejsi Henri, pri čemu je od njenih studija prošlo nepunih pet godina. Ona sada radi u jednoj od laboratorija *Denalija*, gde stoji za nekom vrstom elektronskog supermikroskopa, koji nazivaju „velika ptica“ (*Big bird*), i nežno prelazi rukom preko svoje mašine. Uređaj nije veći od sanduka

* Amiotrofična lateralna skleroza, Lu-Gerigova bolest. (Prim. prev.)

za pivo, ali „velika ptica“ analizira hiljadu ćelijskih proba istovremeno i odmah izbacuje detaljne snimke molekula i ćelijskih struktura na velikom monitoru. Fascinantne slike, koje podsećaju na snimke dalekih galaksija načinjene svemirskim teleskopom Hابل: bizarne strukture svetlucaju ljubičasto i zeleno. „San“ za Henrijevu, koja rukovodi istraživanjem Parkinsonove bolesti na nivou biologije ćelija u *Denaliju*. Ova mašina za deset minuta obavi ono za šta je još pre samo nekoliko godina bilo potrebno nedelju dana.

A to je ipak tek početak jednog razvojnog procesa. U istraživanju Alchajmerove bolesti odavno se ide i sasvim drugim putevima: novoosnovana kompanija *Alzeka* prikupila je, recimo, mnogo miliona dolara za svoju tehnologiju snimanja pomoću nanočestica. Nanočestice se usmeravaju na takozvane amiloidne plakove, po kojima se prepoznaje Alchajmer, a pomoću magnetne rezonance oni postaju vidljivi. U Kini je otvorena neka vrsta fabrike za skeniranje mozga, u kojoj se snimci visoke rezolucije proizvode kao na tekućoj traci da bi se brzo i jeftino stvorile mape mozga u 3D tehnologiji. Baš kao što sekvencioniranje genoma postaje svakodnevni instrument, jer analiza DNK više ne traje mesecima, već samo satima, i kartografija mozga će neurolozima pomoći da shvate kako se odvijaju procesi u neuronima. Dosad su ovakvi procesi izrade mapa često značili višemesečni i skup rad: naučnici su, recimo, u tom cilju ponekad morali čak i mišje mozgove, velike nekoliko milimetara, dijamantskom oštricom da seku na 15.000 ekstremno tankih kriški, da na svakom sloju hemikalijama obeleže ono što traže, pa da zatim prave snimke uz pomoć mikroskopa i da ih na kraju