

UVOD

Nabor znanja o možganih, živčevju in nas samih zaradi nevroznanstvenih napredkov skokovito narašča, zato je spremljanje vsakega novega odkritja pogosto zahtevno. Ravno v času pisanja te knjižice so mednarodno nagrado za raziskovanje možganov (The Brain Prize) za leto 2017 prejeli nevroznanstveniki, katerih odkritja razlagajo sistem učenja in nagrajevanja v možganih ter tako prispevajo k razumevanju sprožilcev nezaželenih vedenjskih vzorcev, na primer kompulzivnega hazardiranja ter odvisnosti od prepovedanih drog in alkohola. Istega leta je bila Nobelova nagrada za medicino in fiziologijo podeljena raziskovalcem, ki so razkrili delovanje cirkadianega ritma ali telesne ure, podelitev nagrade The Brain Prize za leto 2018 pa je prepoznala dosežke na področju razumevanja nevrodegenerativnih bolezni, kot sta Alzheimerjeva in Parkinsonova bolezen.

Čeprav se odkritja ne zgodijo čez noč, se jih je od zadnje izdaje Spoznanj o možganih nabralo kar precej. Knjižica ponuja priložnost za umirjeno, postopno spoznavanje osnov, ki predstavljajo temelj za raziskovanje in odkritja v nevroznanosti. Ta, že osma izdaja, predstavlja nabor najbolj ažurnih uvidov in naslavlja tudi področja v nevroznanosti, ki se šele razvijajo.

Temelj vsakega novega spoznanja je znanje, nabrano skozi več kot stoletje preučevanja možganov. Člani Društva za nevroznanost (angl. *Society for Neuroscience*) so jih pred več kot desetletjem izrazili kot osem Osnovnih nevroznanstvenih konceptov, ki naj bi jih bralci spoznali ter tako pridobili boljše razumevanje delovanja možganov. Ti osnovni koncepti predstavljajo izhodiščno znanje, v katerega bralci lahko umestijo dodatna spoznanja – tako kot se spoznanja o cirkadianih ritmih, na primer, umeščajo v kontekst znanja o tem, da možgani za obdelovanje informacij uporabljajo določena nevronska omrežja. Vloga učenja in nagrajevanja pri vedenjskih vzorcih, kot sta kompulzivno hazardiranje in razvoj odvisnosti, odraža osnovno načelo, da možgani prihodnje dogodke napovedujejo s kombinacijo sklepanja, čustvovanja, spominov in domišljije.

Osnovni koncepti naj bralcem torej služijo kot opora pri umeščanju novih spoznanj v širši nevroznanstveni okvir in kot vodnik pri čedalje boljšem uvidu v delovanje možganov. V ta namen smo jih oblikovali kot platnico, ki je lahko uporabna tudi kot knjižno kazalo.



Možgani so zapleteni

Človeške možgane sestavlja približno 86 milijard živčnih celic ali nevronov, ki jih, v nasprotju z zmotnim, a razširjenim prepričanjem, da večinoma uporabljamo le njihov manjši delež, vseskozi uporabljamo v celoti.

Vsaka izmed teh celic pošilja električne signale več tisoč drugim celicam ter tako ustvarja nešteto omrežij, ki skupaj z nevroni v perifernem živčevju tvorijo živčni sistem. Slednji se je skozi milijone let razvil iz dokaj skromnih začetkov, zato živčne sisteme glist, vinskih mušic, cebric, močeradov, miši, opic in ljudi kljub razlikam povezujejo njihove osnovne značilnosti. Živčevje je ključno za usklajeno delovanje različnih

organskih sistemov, na primer srca, ožilja, prebavil in imunskega sistema. Njegova kompleksnost ponuja tudi številne možnosti motenj v njegovem delovanju, od Alzheimerjeve bolezni do depresije. Po nekaterih ocenah se bo četrtnina svetovnega prebivalstva v življenju soočila z diagnozo nevrološke ali psihiatrične bolezni, kar pomeni ogromno finančno in družbeno breme, temelj za učinkovito naslavljanje tega izziva pa je razumevanje delovanja možganov in živčevja.



Kako se nevroni sporazumevajo?

Možgani lahko kot nadzorni center telesa delujejo zato, ker se nevroni med seboj sporazumevajo, s čimer pošiljajo sporočila po celotnem telesu ter nam tako omogočajo celostno delovanje, od mišljenja do gibanja. Za pošiljanje sporočil med nevroni so pomembni tako kemijski kot električni signali.

Udarec v nožni palec sproži električne signale, akcijske potenciale, v senzoričnih nevronih, ki se hitro širijo do sinaps, kot pravimo stikom med živčnimi celicami. Tam se ustavijo in pretvorijo v kemijska sporočila, ki lahko (glede na vrsto sporočilne molekule) sprožijo ali zavrejo

nastanek novih akcijskih potencialov v postsinaptičnih nevronih.

To se dogaja znova in znova, ponavljajoča aktivnost pa ojača sinapse in prispeva k večji verjetnosti za uspešen prenos sporočila. Pomembne informacije se tako prenesejo naprej, manj pomembne pa ne, kar možganom omogoča učenje in prilaganje na spremembe v okolju.



Kako možgani obdelujejo informacije?

Živčevje je sestavljeno iz omrežij nevronov, ki po njih pošiljajo informacije v različne dele možganov in telesa ter so tako odgovorni za vsako misel, dejanje, izrečeno besedo in čustvo. Senzorična omrežja prenašajo signale iz čutil do možganov, motorična omrežja možganom omogočajo upravljanje z mišicami, preprosta omrežja pa prispevajo k refleksnim odzivom.

Višje umske sposobnosti, kot so spomin, sprejemanje odločitev in dojetanje sveta, zahtevajo kompleksnejša omrežja.

Vsa omrežja se oblikujejo še pred rojstvom, ko geni v razvijajočih se možganih usmerjajo razvoj živčnih celic. Spremembe v nevronih in njihovih povezavah z drugimi nevroni, ki nastanejo na podlagi novih izkušenj, pa enostavna omrežja preoblikujejo v kompleksna. Ta proces večinoma poteka v otroštvu, vendar so tudi odrasli možgani sposobni učenja in prilagajanja.



Kako izkušnje oblikujejo možgane?

Rodimo se z večino nevronov, ki jih bomo kdajkoli imeli, vendar se povezave med njimi lahko spreminjajo glede na to, kako jih uporabljamo – pojav, ki ga nevroznanstveniki imenujejo (nevro)plastičnost. Pri učenju novega jezika ali večšine se nekatere povezave okrepijo, druge ošibijo, nekatere pa se celo pojavijo tam, kjer jih prej ni bilo. Vsaka nova izkušnja prispeva k temu, da smo mi in naši možgani edinstveni.

Ta sposobnost prilagajanja je ključna zlasti takrat, ko pride do poškodb ali okvar, saj preusmerjene povezave lahko prispevajo

k ohranjanju ali povrnitvi izgubljenih sposobnosti. Žal je okrevanje velikokrat počasno, ob tem pa število nevronov sčasoma upada tudi v zdravih možganih. V času razvoja nastane presežek nevronov, v zgodnjem življenju pa s procesom, ki mu pravimo sinaptično klešččenje, možgani ohranijo predvsem tiste, ki so potrebni in ki jih uporabljamo, zato sta telesna in umska dejavnost osnovni pogoj za zdravje možganov.



Mišljenje, načrtovanje in reševanje nalog

Množica (okoli 86 milijard) nevronov možganom daje sposobnost razumevanja sveta, načrtovanja ter reševanja nalog in izzivov, za vse naštetu pa je nujno potrebna ustrezna obdelava razpoložljivih informacij. Z združevanjem prilivov iz vseh čutil v možganih tako nastaja podoba zunanjega sveta, s sklepanjem in intuicijo pa si jo lahko smiselno razlagamo.

Možgani tvorijo in uporabljajo čustva – vrednostne sodbe, ki pripomorejo k ustreznemu odzivanju na dogodke. Oblikovano predstavo o dogajanju povezujejo s čustvi in tako ustvarjajo spomine, te pa shranju-

jejo, se iz njih učijo in naučeno uporabljajo v novih okoliščinah. Z dodatkom domišljije lahko predvidevajo tudi prihodnje dogodke, sprejemajo odločitve in načrtujejo prihodnost, vsi našteti procesi pa skupaj tvorijo zavest. Z drugimi besedami: prav usklajeno delovanje milijard povezav je tisto, kar možganom vsakega posameznika omogoča razumevanje sveta, načrtovanje prihodnosti in razvoj njihovih edinstvenih značilnosti.



Moč jezika

Ena izmed edinstvenih lastnosti človeštva je naša nadarjenost za medsebojno sporazumevanje. Najsi gre za obsežno in podrobno predavanje ali enostavno, zbadljivo šalo, človeško jezikovno izražanje izkazuje višjo raven kompleksnosti kot sporazumevanje drugih živali – in tudi pri tem so naši možgani ključnega pomena.

Človeški možgani imajo v primerjavi z možgani drugih živali zelo obsežno skorjo, zapolnjeno z nevralnimi vezji, udeleženi pri jezikovnem sporazumevanju. Nevroni senčnih, temenskih in čelnih režnjev tvorijo omrežja, ki tolmačijo tako zvoke kot sim-

bole. Ista omrežja sodelujejo pri sestavljanju in iskanju besed, njihovi pretvorbi v zvoke ter razumevanju zvokov, ki jih slišimo v odziv. Naši možgani so že od rojstva dalje edinstveno prilagojeni učenju jezikov, ki obogatijo naše misljenje in ustvarjalnost, nam omogočajo izmenjavo idej in informacij, deljenje lastnih opažanj ter odpirajo pot drugim, da na naših temeljih gradijo dalje. Prav to je skozi čas botrovalo nastanku človeške kulture in vsem izumom sodobnega sveta.



Vir vedoželjnosti

Marsikdo ne ve, da možgani za svoje delovanje porabijo toliko energije, kot povprečna LED žarnica (približno 25 vatov), ali pa, da se v njih nahaja približno 10.000 različnih vrst nevronov. Dejstvo, da smo to izvedeli in da nas to sploh zanima, lahko pripišemo še eni posebnosti naših možganov: radovednosti.

Vedoželjnost in radovednost nas spremljata od otroštva ter nam dajeta zagon za iskanje odgovorov na vprašanja o tem, kako deluje svet okoli nas, naše telo in naši možgani. Prav o slednjih smo se, po zaslugi nevroznanstvenih napredkov v zadnjih dvesto letih, veliko naučili: čedalje bolje spoznavamo, kako nevroni delujejo na molekularni ravni in kako nam prek nešteto povezav, ki jih tvorijo,

omogočajo hojo, govor, učenje in mišljenje. Učimo se tudi, zakaj se je sladkorju tako težko upreti, kako telesna dejavnost koristi možganom in zakaj se preprosto moramo popraskati, ko nas kaj srbi.

Spotoma smo pridobili tudi dragocene uvide, ki nam omogočajo spopadanje s številnimi izzivi človeštva: na voljo imamo zdravila za lajšanje bolečine in simptomov Parkinsonove bolezni, kar pa ne pomeni, da ne stremimo k razvoju boljših. Čedalje bolje razumemo tudi tegobe, kot sta depresija in Alzheimerjeva bolezen, vendar na številna vprašanja še nimamo odgovorov, zato je pred nami še veliko dela.



Kako raziskovanje prispeva k boljšemu zdravju

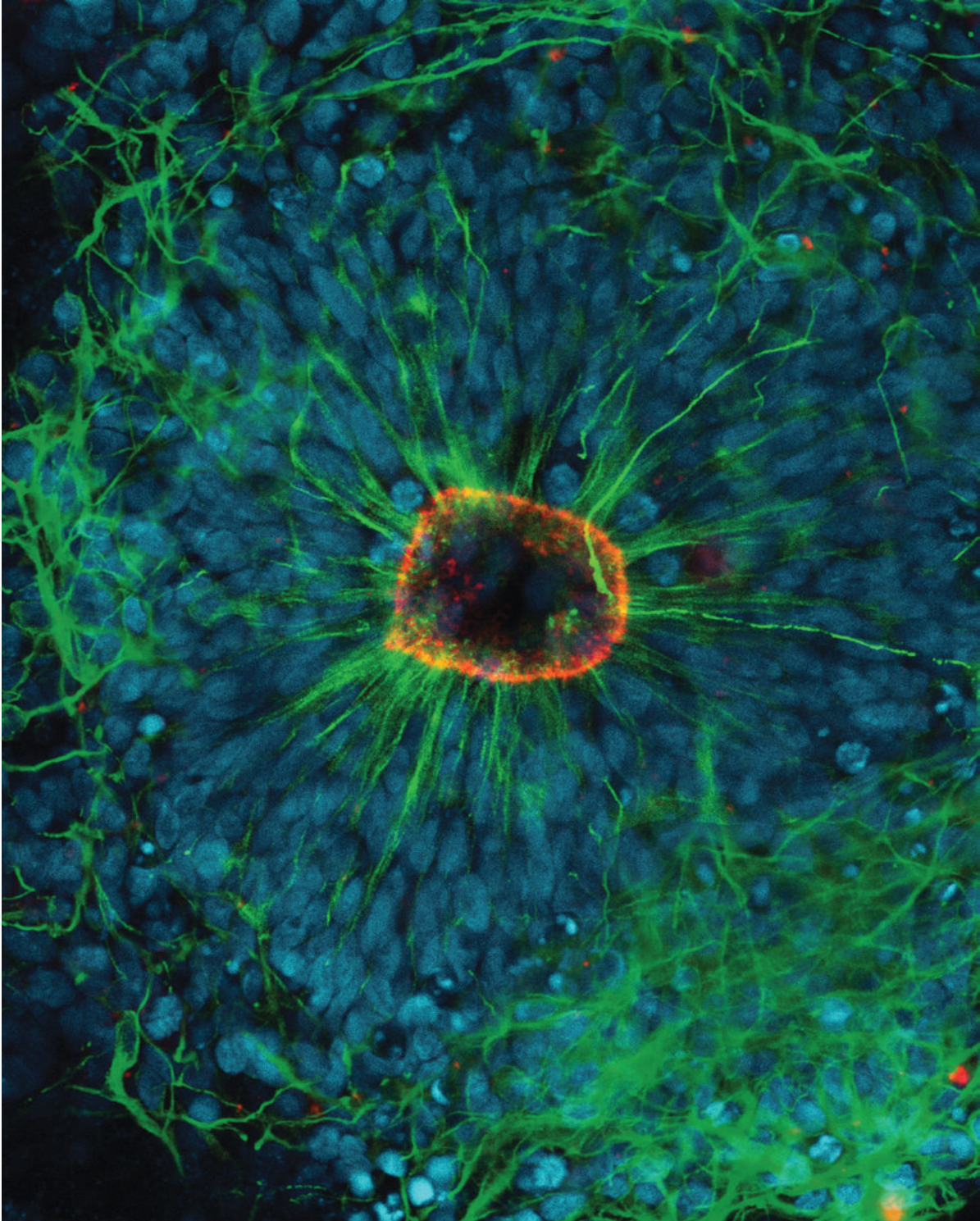
Po ocenah Združenih narodov se z diagnozo nevrološke ali psihiatrične motnje, kot so Alzheimerjeva in Parkinsonova bolezen ter depresija, spopada četrtnina svetovnega prebivalstva. Te motnje vsako leto v večji meri prispevajo k invalidnosti kot srčni infarkti, različne oblike rakov ter okužbe s HIV/AIDS, botrujejo hudemu trpljenju ter bolnike oropajo zdravja in samostojnosti. Stroški zdravljenja in oskrbe zgolj v Združenih državah Amerike presegajo 1,5 bilijonov USD. Te številke so, skupaj z življenjskimi zgodbami bolnikov, glavno gonilo za doseganje napredkov v nevroznanstvenem raziskovanju.

Nevroznanstveniki raziskujejo biologijo živčnih celic in možganov pri živalih in ljudeh z namenom boljšega razumevanja bolezenskih procesov in razvoja zdravil. Ob odkritju obetavnega načina zdravljenja se povežejo z drugimi zdravstvenimi strokovnjaki ter skupaj temeljito preizkusijo, ali zdravilo deluje – najprej na živalih, kasneje pa tudi na ljudeh. Če se izkaže, da je zdravilo varno in učinkovito, sledi odobri-

tev za uporabo z namenom zdravljenja določene(-ih) bolezni. Raziskovalci so z opisanim postopkom v zadnjih desetletjih že velikokrat pomembno prispevali k lajšanju tegob, ki jih bolnikom predstavljajo različne duševne in nevrološke motnje.

V petdesetih in šestdesetih letih 20. stoletja se je tako uveljavilo zdravljenje z Levodopo, ki je milijonom bolnikov omogočila določeno mero nadzora nad simptomi in znaki Parkinsonove bolezni, v devetdesetih letih pa je po enakem postopku sledila vpeljava selektivnih zaviralcev ponovnega privzema serotonina za zdravljenje depresije.

Danes je nevroznanost napredovala do točke, ko si v bližnji prihodnosti z nekaj upanja lahko obetamo nove načine zdravljenja številnih motenj, od Alzheimerjeve bolezni in epilepsije do shizofrenije. Ker gre za področje, kjer vsako odkritje lahko pomeni nov pristop za lajšanje trpljenja, nadaljnje raziskovanje ni zgolj poklic, temveč obveza.



Couthard, et al., Journal of Neuroscience, 2017.

Za raziskovanje človeških možganov je lahko uporabna tudi petrijevka. Slika prikazuje nevrnalno rozeto, model razvijajočih se človeških možganov, s katerim raziskovalci preučujejo rojstvo novih nevronov.

V središču rozete so izvorne celice, ki se delijo in spreminjajo v nevrone in glijo. Rdeči obroč je prikaz povezav med izvornimi celicami, novorojeni nevrone in celice glije pa se iz središču rozete širijo navzven proti zunanemu robu možganov (označeno z zeleno barvo), pri čemer jim izvorne celice služijo kot ogrodje in opora. Predstavljeni model raziskovalcem omogoča opazovanje procesov v ozadju samih začetkov razvoja človeških možganov.