

# Spopadanje z izzivi človeštva

## MOŽGANSKO-RAČUNALNIŠKI VMESNIK



Vsakdo, ki pozna nevrološko oškodovanega posameznika – nekoga, ki na primer trpi zaradi cerebralne paralize, posledic prometne, športne ali druge nesreče, ali koga, ki je preživel možgansko kap – iz prve roke razume, da je sporazumevanje z zunanjim svetom in opravljanje vsakodnevnih nalog lahko izziv. Na srečo tehnološki napredki zadnjih desetletij ponujajo nove iztočnice za premostitev tovrstnih ovir. Možgansko-računalniški vmesniki lahko na podlagi zaznane aktivnosti nevronov, običajno prek elektrod na površju skalpa ali v notranjosti možganov, predvidijo namero preiskovancev za izvedbo določenega giba ali vedenjskega vzorca, kar živalskim in človeškim preiskovancem lahko omogoča ali povrne nadzor nad okolico, od krmiljenja kurzorja ali robotskega uda do igranja videoiger zgolj z mislimi.

Kljub temu, da se sliši kot znanstvena fantastika, večina napredka na področju elektronskih možganskih vsadkov izhaja iz **bazičnih poskusov**, ki so preverjali, kako človeški ali živalski preiskovanci načrtujejo in nadzorujejo različne vrste gibov. Žice, tanjše od lasu in vsajane globoko v možgane opic in podgan, so omogočile beleženje vzorcev proženja nevronov premotorične, primarne motorične in zadajšnje temenske skorje takrat, ko so živali izvajale določeno nalogo, kot je pritiskanje ročice. Ti vzorci so se sčasoma prevedli v računalniške algoritme, ki so živalim omogočile izvedbo iste naloge tako, da so zgolj z mislimi krmilile umetni ali robotski ud.

Možgansko-računalniški vmesniki so se hitro izkazali za klinično uporabne: nevroznanstveniki in kirurgi

so bolnikom z epilepsijo, paralizo, amiotrofično lateralno sklerozo ali po možganski kapi v možgane vsadili elektrode v upanju, da jim bodo s tem omogočili sporazumevanje in samostojno premikanje. V zgodnjih poskusih so bolniki pridobili zgolj omejen nadzor nad računalniško miško. Temu je leta 2011 sledil preboj: tetraplegični bolniki so, po večmesečni vadbi, lahko nadzorovali robotski ud do te mere, da so spili požirek vode ali segli po roki bližnje osebe.

Nadaljnji razvoj te tehnologije bolnikom omogoča tudi čedalje boljši nadzor nad lastnimi paraliziranimi udi: elektrodni čipi v njihovih možganih so povezani z rokavi ali rokavicami na prizadetem udu in lahko s pošiljanjem majhnih električnih impulzov, ki vzdražijo bolnikove živce, znova predramijo ohromljene mišice. Tovrstne naprave je potrebno pred splošno uporabo še poenostaviti, zmanjšati in izpiliti njihovo zanesljivost, k čemur bo verjetno pomembno prispeval razvoj brezžične tehnologije.

Vzporedno poteka raziskovanje uporabe podobnih naprav na širšem področju nevroprotez, ki ne le prejemajo ukaze neposredno iz bolnikovega živčevja, temveč lahko vanj pošiljajo tudi povratne informacije (kot to na primer počnejo mrežnični vsadki in prostetični udi). Proteze za zgornje ude se že dolgo niso pomembno izboljšale, kar se tiče vodljivosti, nekateri novi modeli pa v svoje delovanje vključujejo tudi mišice in živčevje uporabnikov ter jim po eni strani omogočajo boljši nadzor nad protezo, po drugi pa celo zaznavanje predmetov, s katerimi so v stiku. Kljub temu so tudi najnaprednejše nevroproteze, na primer možganski vsadki, omejeni s številom in življenjsko dobo elektrod, saj se trenutno lahko povezujejo le z okoli 100 nevroni. Raziskovalce in razvijalce

tehnologij torej čaka še precej dela, vendar jih to ne omejuje pri raziskovanju širših področij, kjer bi se tovrstna tehnologija izkazala za uporabno – na primer povrnitev spomina, izboljšanje umskih sposobnosti in zdravljenje motenj, kot so depresija, Alzheimerjeva bolezen in epilepsija.

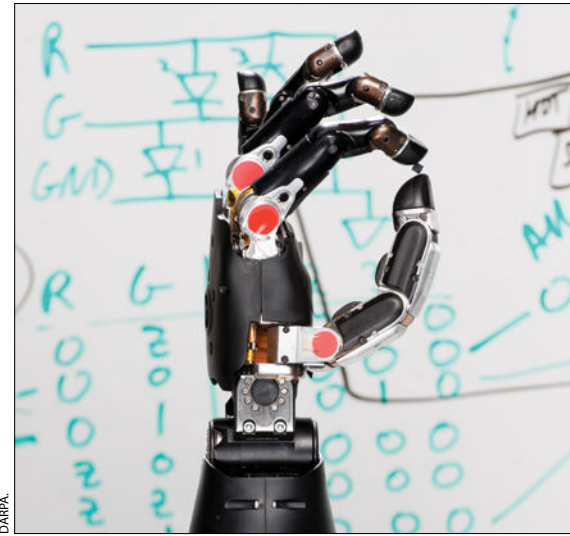
### GLOBOKA MOŽGANSKA STIMULACIJA



Uvid v patofiziološko ozadje motenj gibanja je ponovno

zanetil zanimanje za njihovo zdravljenje z uporabo usmerjene električne stimulacije. Najnaprednejšo in najnatančnejšo metodo, globoko možgansko stimulacijo (angl. *deep brain stimulation* - DBS), so navdihnili srčni spodbujevalniki. Pri DBS se elektrode namesto v srčno mišico vsadijo v vnaprej določena področja možganov, glede na njihovo nahajališče pa lahko lajšajo različne motnje v delovanju možganov.

Bolniki so med posegom za vsaditev elektrod običajno budni, zato da lahko nevrolog sproti preverja, ali se nahajajo na pravem mestu. Bolnikovo glavo pri miru drži **stereotaktični okvir**, kirurg pa vmes v lobanjo (eno- ali obojestransko) zavrti majhne luknjice, skozi katere globoko v možgane porine tanke, izolirane žice, ki imajo na koncih elektrode. V ločenem posegu jih nato poveže z generatorji električnih impulzov, ki so vsajeni v podkožje zgornjega prsnega koša in ki, ko so prižgani, po žicah pošiljajo električni tok do tarčnih nevronov, kar spremeni njihovo delovanje. Uporaba DBS temelji na dejstvu, da se nevroni sporazumevajo z električnimi signali, ki so lahko spremenjeni pri številnih motnjah gibanja – in tako, kot lahko kričanje popolnoma preglaši ostale zvoke v prostoru, lahko tudi odkloni v električnih signalih vodijo v spremenjene, bolezenske gibalne vzorce. DBS to »kričanje« prekine in ponovno vzpostavi

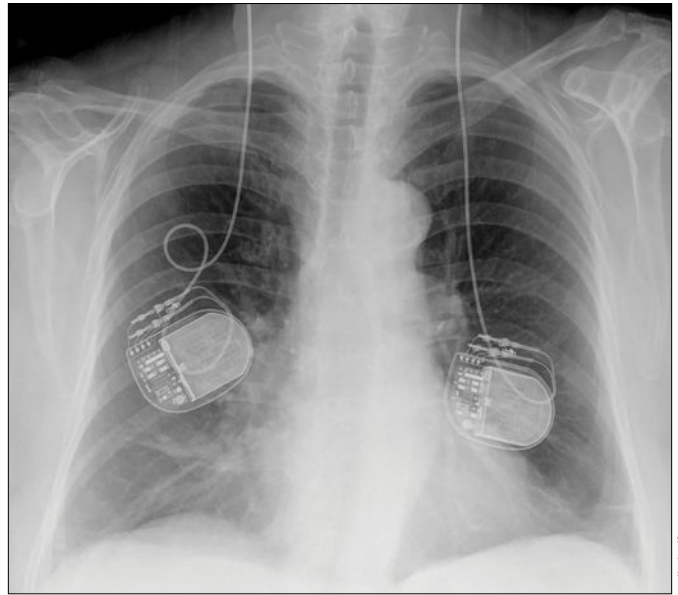
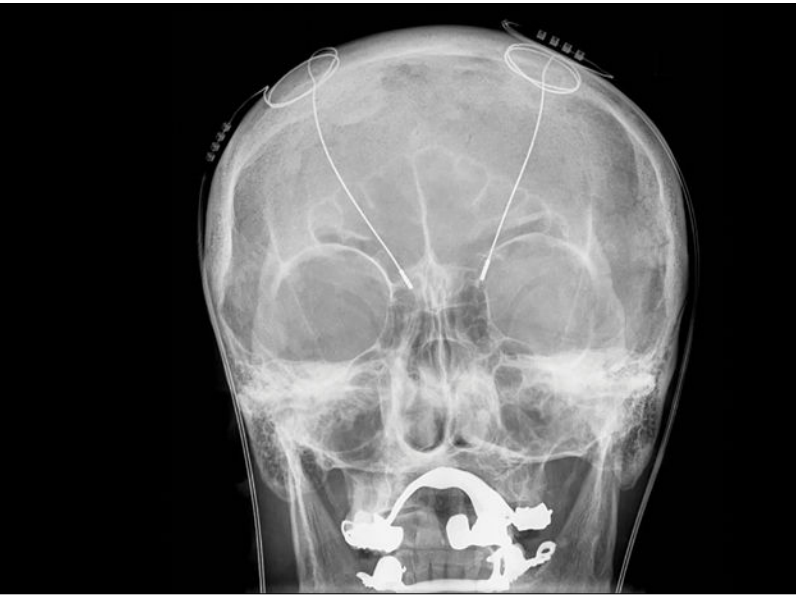


Razvoj možgansko-računalniških vmesnikov je omogočil osupljive napredke pri zdravljenju, vključno z nadomestnimi udi, ki jih bolniki nadzirajo z mislimi.

normalno stanje.

Pri odločanju o tem, kje je možgansko aktivnost treba utišati ali ponovno vzpostaviti, se nevrokirurgi opirajo na leta raziskav, ki so pri bolnikih s tremorjem zaradi Parkinsonove bolezni to ugotovljale z uporabo slikovnih metod, preučevanja nevroatomskih značilnosti in temeljnih poskusov na nečloveških primatih. DBS se uporablja tudi za zdravljenje epilepsije, distonije, Tourettovega sindroma in celo obsesivno-kompulzivne motnje, potekajo pa tudi raziskave, ali morda pride v poštev pri zdravljenju posameznikov z depresijo, ki se ne odzivajo na zdravljenje z zdravili, in podobnimi duševnimi motnjami.

Kljub temu pa so z DBS, kot z vsakim kirurškim posegom, povezana določena tveganja. Gre za močno invaziven poseg, ki ga lahko spremljajo zapleti, vključno z okužbami, možgansko kapjo in možganskimi krvavitvami. Bolnika mora po posegu redno pregledovati nevrolog, potrebno pa je poskrbeti tudi za pravočasno menjavo baterij (na 3 do 4 leta).



Hellenhoff.

Pri globoki možganski stimulaciji so elektrode vsajene v globoke možganske strukture, kamor pošiljajo električne impulze. Te ustvarjajo baterije, vsajene v podkožje bolnikovega prsnega koša, kot kaže rentgenska slika na desni.

## PSIHOAKTIVNO ZDRAVLJENJE



### Transkranična stimulacija

Poznamo tudi nekatere neinvazivne oblike zdravljenja, s katerimi lahko vzdražimo nevrone v bližini površja možganov: transkranično magnetno stimulacijo (TMS), transkranično stimulacijo z direktnim električnim tokom (angl. *transcranial direct current stimulation* - tDCS) in transkranično stimulacijo z izmeničnim električnim tokom (angl. *transcranial alternating current stimulation* - tACS). Vse uporabljajo bodisi magnetno polje ali šibak električni tok, kar spremeni aktivnost živčnih celic v tarčnem delu možganske skorje in vpliva tudi na globlja področja možganov, s katerimi se povezujejo.

Med zdravljenjem s TMS bolnik sedi, medicinska sestra ali tehnik pa k njegovi glavi približa magnetni stimulator. Ta naprava s kratkimi, nebolečimi magnetnimi impulzi, ki so podobne jakosti, a precej bolj usmerjeni od tistih pri magnetnoresonančnem slikanju, vzdraži nevrone

v možganski skorji. Pri zdravljenju depresije je tarčno področje skorja levega prefrontalnega režnja, z vzdraženjem tamkajšnjih nevronov pa se bolnikovo razpoloženje sčasoma izboljša.

Pri tDCS je princip delovanja podoben, le da namesto magnetnih polj uporabljamo nekaj miliamperov direktnega električnega toka. Čeprav sta tDCS in tACS še v zgodnjih fazah razvoja, imata v primerjavi z DBS in TMS nekaj pomembnih prednosti: bolniki ob njihovi uporabi poročajo le o blagem mravljinčenju ali občutku lahkega dotika, naprave pa so cenejše, lažje premične in manj zahtevne za uporabo kot tiste pri TMS in DBS.

Izsledki nekaterih raziskav nakazujejo, da bi tDCS in tACS lahko prispevali k boljšemu delovnemu spominu, lažšanju kronične bolečine in simptomov depresije, fibromialgije, shizofrenije ter drugih motenj. Zaključki meta-analiz jih žal ne podpirajo, strokovnjaki pa tudi še niso soglasni glede tega, kako naj bi te naprave pravzaprav delovale in kakšen

je najboljši pristop k njihovi uporabi.

### Nova zdravila

Večina zdravnikov za zdravljenje nevroloških in psihiatričnih motenj najprej poseže po zdravilih. Vsi antidepresivi, antipsihotiki in druge psihoaktivne učinkovine so danes v uporabi zato, ker so prestali obsežna klinična preizkušanja, njihovo predpisovanje pa je precej podobno tistemu iz petdesetih let prejšnjega stoletja, ko smo jih začeli uporabljati. V vsaki skupini teh zdravil se je pojavilo nekaj novih učinkovin, ki se na svoje tarče vežejo bolje, zaradi česar so bolj učinkovite in, v nekaterih primerih, povzročajo tudi manj neželenih učinkov. Vseeno pa gre v veliki večini zgolj za izboljšave že obstoječih zdravil, povsem nova zdravila pa so redka, saj jih je težko razviti.

Med pomembnejše izzive, ki upočasnjujejo razvoj novih učinkovin za zdravljenje nevroloških in psihiatričnih motenj, sodi iskanje molekul, ki zlahka prečkajo **krvno-možgansko pregrado** – sloj tesno povezanih en-



Oxford Centre for Functional MRI of the Brain, Oxford University.

Magneto-sonančno slikanje podrobno prikaže zgradbo možganov. Tkiva, bogata z vodo in maščobami, so na sliki svetlejša.

dotelijskih celic, ki openja notranost možganskih žil, in visoko specializiranih astrocitov. Čeprav v normalnih pogojih pregrada ščiti možgane pred vdorom neželenih ali nevarnih snovi, je v tem celo preveč uspešna, saj obenem tudi preprečuje vstop mnogim zdravilom, ki jih bolnik prejme v obliki tablet, obližev, injekcij ali klistirjev. Raziskovalci so morali zato razviti zelo majhne molekule in nove tehnologije, kot so nanodelci, encimi, ki učinkovine pretvorijo v aktivno obliko šele, ko prečkajo krvno-možgansko pregrado, in ustrezno prirejena protitelesa.

Veliko pozornosti so, zlasti pri tistih, ki se ukvarjajo z zdravljenjem Alzheimerjeve bolezni, požela tudi prva preizkušanja zdravil, ki za odstranjevanje neželenih beljakovin iz možganov izkoriščajo imunski sistem. Če so miši in opice prejele cepivo z delom molekule, ki v možganih bolnikov z Alzheimerjevo boleznijo tvori amiloidne plake, so njihovi imunski sistemi izdelali protitelesa, ki so lahko prehajala v možgane in te

plake »označila«, to pa je mikroglijo spodbudilo k temu, da jih je začela odstranjevati. Cepljene miši, ki so bile sicer vzrejene tako, da je pri njih prišlo do razvoja stanja, podobnega Alzheimerjevi bolezni, so se v primerjavi z necepljenimi istovrstnimi mišmi bolje izkazale na preizkusih spomina (kot je Morrisov vodni labirint), kar morda pomeni, da cepivo lahko blaži motnje spomina pri Alzheimerjevi bolezni.

Žal se je večina teh cepiv v kasnejših kliničnih preizkušanjih izkazala za neučinkovite, včasih so se pojavili tudi hudi stranski učinki, kot je vnetje možganov, zato so bile novejšje različice prirejene tako, da niso izzvale tolikšnega avtoimunskega odziva ali pa so bile usmerjene proti stopnji amiloidne beljakovine, ki se še ni začela združevati v plake.

Nekatere druge oblike zdravljenja delujejo tako, da spodbujajo delovanje možganom lastnih rastnih dejavnikov – beljakovin in peptidov, ki podpirajo rast in preživetje posameznih vrst živčnih celic – z

namenom zaviranja celične smrti pri različnih nevrodegenerativnih boleznih. Izsledki posameznih predkliničnih in zgodnjih kliničnih preizkušanj podpirajo uporabno vrednost enega izmed tovrstnih dejavnikov, **rastnega dejavnika živčevja** (angl. *nerve growth factor* - NGF), ki je, ko so ga injicirali v možgane bolnikov z Alzheimerjevo boleznijo, prispeval k obnovi in razrastu holinergičnih živčnih vlaken okoli mesta injekcije, učinki pa so se v nekaterih primerih ohranili tudi deset let.

Tudi **možganski nevrotrofični faktor** (angl. *brain-derived neurotrophic factor* - BDNF) se zdi obetaven kot morebitno sredstvo za zdravljenje Alzheimerjeve, pa tudi Huntingtonove in Parkinsonove bolezni, amiotrofične lateralne skleroze ter Rettovega sindroma, saj se zdi, da so njegovi učinki še bolj izraziti od učinkov NGF. Zanimivo pa je, da lahko bolnikom koristi tudi zaviranje delovanja nekaterih rastnih dejavnikov, na primer zaviralca izražanja nevrotonov. Njegovo izražanje je, glede na nekatere raziskovalne izsledke, povečano v zgodnjih fazah določenih motoričnih motenj, kar bi lahko preprečevalo obnavljanje okvarjenih živcev. Raziskovalci zato pri bolnikih z ALS in poškodbami hrbtenjače izvajajo klinična preizkušanja protiteles, usmerjenih proti tej beljakovini, tudi v splošnem pa velja, da naraščajoča potreba po učinkovitih načinih zdravljenja nevroloških in duševnih motenj spodbuja raziskovalce in zdravnike pri razvijanju novih pristopov in zdravil.

**NAPOVEDOVANJE BOLEZNI S SLIKOVNIMI METODAMI IN POSAMEZNIKU PRILAGOJENO ZDRAVLJENJE**



Čedalje boljše razumevanje

odklonov v zgradbi in delovanju živčevja, ki so značilni za posamezne nevrološke motnje, pomeni tudi možnost hitrejše diagnoze – celo pred pojavom simptomov in znakov bolezni. Številna bolezenska stanja, na primer Alzheimerjevo bolezen, spremljajo vzorci možganske aktivnosti in sprememb v zgradbi možganov, ki bi jih lahko z magnetnoresonančnim slikanjem (MR) spremljali skozi čas ter, na podlagi primerjave teh posnetkov z modelom zdravih možganov, (teoretično) napovedali, ali je bolnik ogrožen za razvoj bolezni.

Čeprav je še prezgodaj, da bi si z opisanim pristopom lahko pomagali pri kliničnem delu, raziskovalci upajo, da bo to nekega dne tako rutinsko, kot je snemanje elektrokardiografskega zapisa in izvajanja laboratorijskih preiskav za opredelitev težav z delovanjem srca. Prvi korak k temu cilju je izdelava modela zdravih možganov za primerjavo, ki temelji na povprečenju stotin naključno izbranih MR posnetkov, iz tega nabora podatkov pa lahko nato s pomočjo strojnega učenja opredelimo lastnosti, ki nam pridejo prav pri razločevanju zdravih od bolnih možganov.

Podatki, zbrani z namenom napovedovanja verjetnosti za razvoj bolezni možganov, so nam lahko v pomoč tudi pri vrednotenju učinkov zdravljenja. Izsledki nekaterih raziskav, v katerih so sodelovali bolniki z depresivno motnjo razpoloženja, kažejo na večjo verjetnost uspeha psihoterapije pri posameznikih, ki so imeli na funkcijskem slikanju povečano aktivnost amigdale (predela možganov, udeleženega pri čustvovanju), pri bolnikih s povečano aktivnostjo prednje insule (ki prav tako sodeluje pri čustvovanju) pa so se bolje obnesla zdravila. V prihodnje bi morda tovrstna tehnologija, ki izkazuje biološke značilnosti bolni-

kov, psihiatrom lahko dodatno koristila pri izbiri zdravljenja, saj se trenutno zanašajo predvsem na klinično sliko ter (bolnikove ali strokovne) zadržke glede uporabe posameznih učinkovin.

### CELIČNI KAZALNIKI BOLEZNI



V zadnjih letih zdravniki čedalje bolj pozivajo k dopolnitvi ali celo zamenjavi Diagnostičnega in statističnega priročnika duševnih motenj (angl. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders - DSM*), ki duševne motnje razvršča glede na pojavnost in pogostnost posameznih simptomov (npr. žalosti, utrujenosti in motenj spanca), z bolj objektivnimi biološkimi kazalniki prisotnosti tovrstnih motenj.

Slednji bi, podobno kot uporaba slikovnih metod, lahko prispevali k napovedovanju posameznikovega tveganja za razvoj določene motnje še pred pojavom njenih simptomov ali znakov, kakor tudi k oceni učinkovitosti zdravljenja. Nabor kazalnikov bi lahko vključeval beljakovine, maščobe, hormone, nukleinske kisline ali druge spojine, ki jih lahko zaznamo v vzorcih krvi, urina, sline ali likvorja.

Čeprav raziskovanje bioloških kazalcev nevropsihiatričnih motenj zaostaja v primerjavi z raziskovanjem na primer rakavih bolezni, raziskovalci preverjajo povezave med genskimi in celičnimi mehanizmi številnih duševnih motenj. Malo verjetno je, da bomo odkrili en sam temeljni vzrok za nje – številni skeptiki celo trdijo, da je zgolj z razumevanjem delovanja možganov nemogoče razumeti duševne motnje, saj so njihovi vzroki verjetno (še) bolj zapleteni – vendar napredki v nevroznanosti vseeno ponujajo čedalje boljši uvid v skriv-

nosti možganov. Raziskovalci lahko s slikovnimi metodami opredelijo posamezna nevrnska omrežja kot verjetne podstati številnih duševnih stanj in preverijo, kako se na ravni posameznih živčnih celic spreminja biokemijsko ravnovesje. Odkritje biološkega kazalnika, ki dobro odraža tovrstne spremembe, bi lahko pomembno opredelilo nove tarče, izboljšalo razvoj zdravil in omogočilo verodostojnejšo primerjavo učinkov zdravljenja, tako na ravni posameznikov kot pri zasnovi kliničnih preizkušanj.

### CELIČNI PRESADKI



Pri iskanju novih načinov zdravljenja shizofrenije, možganske kapi, Parkinsonove bolezni in drugih stanj si raziskovalci po celem svetu pomagajo z matičnimi celicami. Te nespecializirane celice, pridobljene iz zarodkov ali tkiv odraslih posameznikov, imajo neverjetno sposobnost razvoja v katero koli izmed treh glavnih vrst celic v možganih: nevrone; astrocite, ki z uravnavanjem mikrookolja in dostavo hranil nevronom omogočajo delovanje; ali oligodendrocite, ki obdajajo aksone živčnih celic in zagotavljajo učinkovitejši prenos signalov. Raziskovalci upajo, da bi lahko presadki matičnih celic v možgane bolnikov nadomestili in popravili že obstoječo škodo zaradi bolezni ali poškodb.

Terapija z matičnimi celicami se je v nekaterih poskusih izkazala za obetavno, saj so miši, paralizirane zaradi poškodbe hrbtenjače, nekaj tednov po prejemu presadka matičnih celic lahko ponovno hodile. Doslej je le nekaj poskusov z matičnimi celicami vključevalo človeške preiskovance, največkrat bolnike po možganski kapi ali s Parkinsonovo boleznijo, nekateri med njimi pa so dosegli klinično

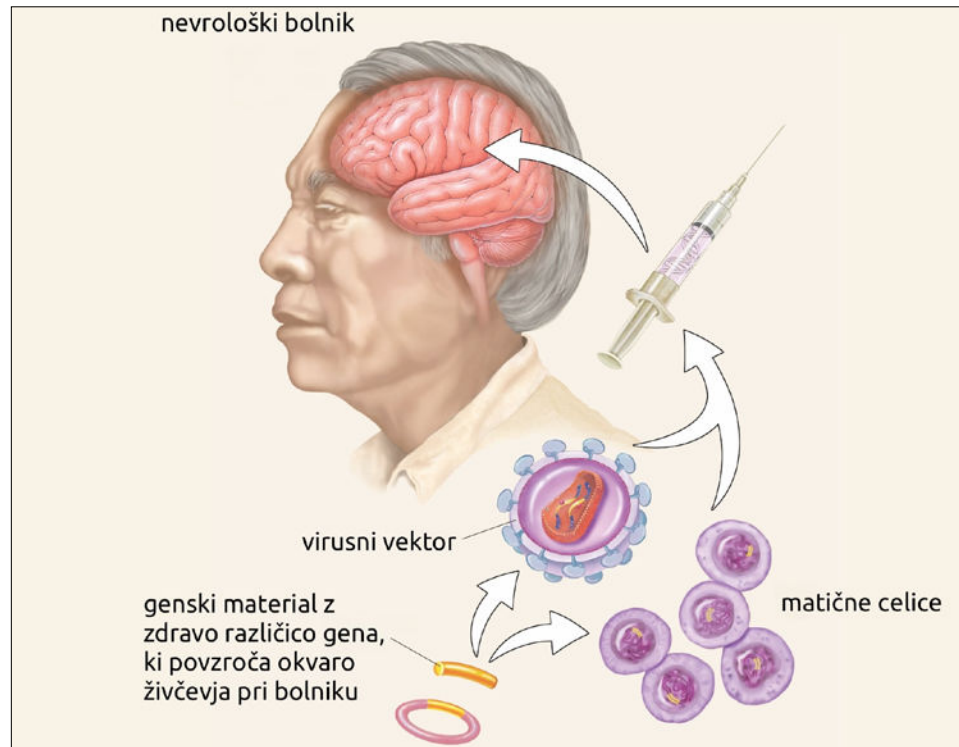
pomembno izboljšanje stanja. Drugi poskusi, pri katerih so presadki začeli proizvajati prekomerne količine dopamina, se žal niso izkazali za učinkovite. Zdi se torej, da je potrebno pred splošno uporabo terapije z matičnimi celicami v klinični praksi premostiti še nekaj ovir, vključno z zahtevnimi postopki pridobivanja, boljšim nadzorom njihovega razvoja po presaditvi ter spremljanjem, ali iz njih res nastanejo tiste celice, ki jih bolniku primanjkuje, bolnikov imunski sistem pa lahko presadek tudi zavrne. Čeprav je znanstvenikom nedavno uspelo celice iz možganov bolnika pretvoriti v dopaminske nevrone in bi s tem lahko rešili številne prej omenjene zagate, so ti postopki še v razvoju in brez dovoljenja za uporabo v klinični praksi, podeljenega s strani Uprave za hrano in zdravila v ZDA (angl. *U.S. Food and Drug Administration* - FDA).

## GENSKO ZDRAVLJENJE



V času, ko raziskovalci razvijajo varnejša in učinkovitejša genska in celična zdravila, poskušajo nevroznanstveniki ugotoviti, kako jih lahko dostavijo celicam, ki jih potrebujejo, skritim za krvno-možgansko pregrado. Nedavne raziskave kažejo, da v ta namen morda lahko izkoristimo viruse, ki jih opremimo z zdravimi različicami genov, okvarjenih pri različnih boleznih.

Adenovirusom pridruženi virusi (angl. *adeno-associated viruses*) in lentivirusi, ki se zdijo kot najvarnejša in najučinkovitejša izbira, so zato že del kliničnih preizkušanj, v katerih sodelujejo bolniki s Parkinsonovo boleznijo in nekaterimi redkimi genskimi okvarami. Med morebitno uporabne vektorje sodita tudi virus herpes simplex in adeno-virus, ki sta bila že vključena v zgodnja klinična preizkušanja za zdravljenje možganskih tumorjev pri človeških



Tako celično kot gensko zdravljenje veliko obetata pri lajšanju tegob, povezanih z motnjami v delovanju možganov. Zdrave različice genov lahko nevronom dostavijo ustrezno prilagojeni virusi, matične celice pa lahko nadomestijo ali popravijo okvare.

bolnikov.

V zadnjih letih je pomemben preboj na področju genskega zdravljenja dosegla tehnologija CRISPR (angl. *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*, tj. »gručasto urejeno razporejene palindromne ponovitve«), pri kateri encimi, prilagojeni določenim ribonukleinskim zaporedjem, lahko izrežejo ali dodajajo izseke v DNK (deoksiribonukleinsko kislino), kar raziskovalcem omogoča prej nedosegljivo stopnjo natančnosti pri spreminjanju celičnega genskega zapisa. CRISPR je kot poskus zdravljenja že vključen v raziskave mišjih modelov Huntingtonove bolezni, izsledki pa so obetavni, saj v možganih živali nekaj tednov po prejemu terapije skorajda ni bilo več beljakovinskih skupkov, ki so sicer značilni za to bolezen, obenem pa je prišlo tudi do pomembnega izboljšanja motenj gibanja.

Uporabnost metod za spremi-

njanje genskega zapisa presega zgolj zdravljenje bolezni, saj omogočajo tudi hiter in učinkovit razvoj živalskih modelov, ki bi olajšali nadaljnje raziskovanje nevroloških in duševnih motenj. Hkrati pa drži, da je tehnologija sveža in zahteva še nekaj izboljšav. CRISPR lahko namreč zareže v DNK tudi na nepredvidenih mestih, ki so po nukleotidnem zaporedju dovolj podobna tarčnim, in vodi v pojav mutacij, ki lahko pomembno vplivajo na zdravje poskusne živali. Obenem (še) ne pride v poštev za zdravljenje bolj zapletenih motenj, kot sta shizofrenija in avtizem, pri katerih so verjetno vpleteni številni geni. Obstajajo tudi etični zadržki glede njegove uporabe pri ljudeh, zato bo šele čas pokazal, ali lahko CRISPR prištevamo v naraščajoč nabor orodij, s katerimi se lotevamo reševanja izzivov, tako ali drugače povezanih s človeškimi možgani. ■