

Nevrofarmakološke tehnologije človeškega izboljševanja: inovacijski potenciali in tveganja

Uvod: inovacije in nevrotehnologije

Inovacije se danes v čedalje večji meri obravnavajo kot eden ključnih gonilnikov gospodarske rasti in konkurenčnosti. Čeprav so za okolje, ki je sposobno spodbujati in širiti inovacije, pomembni številni raznoliki materialni in družbenokulturni infrastrukturni elementi, znanstveni in tehnološki razvoj ostajata primarni vir inovativnih aplikacij, ki so po svoji naravi lahko družbene ali tehnološke. Nekateri strokovnjaki za inovacije (Canton, 2005: 37) na primer ocenjujejo, da je več kot tretjina BDP ZDA v letu 2005 izvirala iz inovacij, predvsem tehnoloških, kar je spodbudilo označitev takšnih naprednih gospodarstev za »inovacijska gospodarstva«, obenem pa je spodbudilo predvidevanja, da se bosta delež in pomen tehnoloških inovacij v BDP še povečevala. Takšen trend je razviden tudi iz koncepta in prizadevanj za vzpostavitev »inovacijske unije«, ki bi s širokim spodbujanjem in rabo inovacij zagotovila konkurenčnost in rast Evropske unije (EK, 2011). Tako se številna nova in nastajajoča področja znanosti in tehnologije omenjajo kot osrednji bodoči viri inovativnih aplikacij, ki bodo poganjali rast nacionalnih gospodarstev v prihajajočih desetletjih.

Sočasno se je v zadnjem desetletju s prizadevanji različnih strokovnjakov in interesnih skupin (Humanity+, 2011) razširil koncept človeškega izboljševanja – ideje, da je mogoče človeške zmožnosti razširiti prek obstoječih referenčnih vrednosti z neposrednimi tehnološkimi posegi v človeško telo in možgane – ter postal predmet intenzivnih razprav in polemik v nekaterih znanstvenih in akademskih krogih, posamezna vprašanja pa so že prodrla v različne strokovne in javne diskurze ter vplivala na oblikovanje javnih politik (STC, 2007).

Tehnologije človeškega izboljševanja (TČI) so aplikacije, ki so tesno povezane s strukturo in procesi v človeškem telesu in možganih, zagovorniki njihovega razvoja pa predvidevajo, da bi med drugim lahko znatno podaljšale človeški življenjski razpon in odpravile staranje, okrepile moč, hitrost in vzdržljivost, izboljšale zmožnosti pomnjenja in razmišljanja ter povečale občutek sreče (Savulescu in drugi, 2011). Čeprav potencialne nastajajoče in predvidene aplikacije TČI segajo od naprednih tehnik genskega inženiringa na ljudeh do razvoja vmesnikov med človeškimi

možgani in računalniki, je bilo področje nevrotehnologij kot skupka učinkovin, naprav in diagnostik za proučevanje in spreminjanje možganov in osrednjega živčnega sistema, predvsem pa njihova podskupina nefrofarmakoloških učinkovin, v številnih študijah omenjeno kot glavna skupina obstoječih in novih potencialnih aplikacij v domeni TČI (Bostrom in Sandberg, 2006; STC, 2007; Williams in Frankel, 2007; Coenen in drugi, 2009), kot kategorija tehnologij, ki omogočajo potencialno »izboljšanje« in »razširitev« nekaterih funkcionalnosti človeškega telesa in uma.

Ne glede na to, ali je vse pričakovane in predvidene potenciale nevrotehnoloških oziroma nefrofarmakoloških TČI dejansko mogoče uresničiti, je mogoče, da bodo pričakovanja političnih odločevalcev o njihovem prispevku h gospodarski rasti in konkurenčnosti, potrošnikov o koristih in investitorjev o donosih usmerila javna in zasebna sredstva v nadaljnji razvoj vsaj nekaterih aplikacij, ki že obstajajo oziroma pomenijo naslednjo generacijo izdelkov, ki so že zdaj dostopni na trgih. Z obstoječim načinom tržno gnanega tehnološkega razvoja in naraščajoče razširjenosti postakademskega modela znanosti je mogoče, da bo velikost nastajajočih trgov močan dejavnik za realizacijo nefrofarmakoloških aplikacij TČI, kljub vsem pomislekom, ki so jih izrazili nasprotniki in celo previdni zagovorniki njihovega razvoja.

V članku je izražena domneva, da obstaja znatna verjetnost, da bo vzporedna uporabnost, ki je lastna številnim potencialnim aplikacijam TČI, skupaj s pričakovanji o bodočih tržnih deležih in donosih teh pričakovanih inovacijah poganjala razvoj vsaj nekaterih obstoječih in nastajajočih predvidenih nefrofarmakoloških aplikacij, ne glede na raznolika potencialna tveganja in negativne implikacije. V nadaljevanju članek proučuje morebitno rabo in razširjenost nefrofarmakoloških učinkovin na štirih področjih človeškega izboljševanja ter navaja nekatere indikatorje, kot so patentni trendi, ocene o velikosti pričakovanih obstoječih in nastajajočih trgov in potrošnikov, ki bi lahko skupaj z lastnostjo vzporedne uporabnosti poganjali nadaljnji razvoj takšnih nevrotehnologij in omogočali inovacije, ki bi lahko povečale gospodarsko rast in konkurenčnost. Hkrati so poudarjene tudi nekatere potencialne individualne in družbene koristi, bodoči trendi in morebitne nevarnosti takšnega razvoja.

Človeško izboljševanje in nefrofarmakologija: inovacijski potenciali

Hiter tehnološki napredek in komercializacija potencialno disruptivnih tehnologij, ki pogosto prehitavata temeljito proučevanje morebitnih negativnih fizikalnih in družbenih učinkov ter razdiralnih vplivov na sisteme prepričanj, vrednote, navade, družbene trende, institucije in morda celotne družbe, sta spodbudila oblikovanje nacionalnih poročil o širših razsežnostih vplivov TČI in mogočih odzivih v obliki javnih politik in regulacije. Tako sta na primer nastali dve reprezentativni poročili, eno (Allhoff in drugi, 2009) pod okriljem Nacionalne fundacije za znanost v ZDA, drugo (Coenen in drugi, 2009) pa v sklopu STOA skupine pri Evropskem parlamentu v EU. Ker je bodoči razvoj tehnoloških aplikacij in sistemov v veliki meri odvisen tudi od percepcij in odločitev oblikovalcev politik, lahko specifična formulacija, torej definicija posameznih konceptov, ki so ji izpostavljeni, prek njihovih odločitev o javnem financiranju in regulaciji igra pomembno vlogo pri bodočem (ne)razvoju, ne glede na obsežne potenciale novih in nastajajočih trgov. Od posameznih spodbujevalnih in regulativnih politik je končno v veliki meri odvisno, ali bodo na voljo javna in zasebna sredstva in institucionalna naklonjenost takšnemu raziskovanju in razvoju, prav tako pa tudi, ali bodo potrošniki in javnost naklonjeni uvajanju in uporabi novih aplikacij.

Allhoff in sodelavci so zapisali, da strogo gledano »človeško izboljševanje« vključuje vsako dejavnost, s katero izboljšamo svoje telo, um ali zmožnosti – stvari, ki jih počnemo za izboljšanje svoje blaginje, vendar pa je ustrezneje razmišljati o »človeškem izboljševanju« kot o krepitvi naših zmogljivosti onkraj za vrsto tipične ravni ali statistično normalnega razpona delovanja posameznika. Sorodno je »človeško izboljševanje« mogoče razumeti kot drugačno od »terapije«, nanašajoče se na zdravljenje patologij, ki ogrožajo zdravje ali zmanjšujejo posameznikovo raven funkcionalnega delovanja pod tipično ali statistično normalno raven. Tehnologije človeškega izboljševanja je kot drugačne od terapije mogoče obravnavati tudi s sprejetjem predpostavke, da spreminjajo strukturo in delovanje telesa (Allhoff in drugi, 2009: 3). Kaj šteje za izboljšavo in ali je moralno pomembna, je odvisno od konteksta (Allhoff in drugi, 2010: 4).

Coenen in sodelavci pa človeško izboljševanje opredeljujejo kot »kakršno koli modifikacijo, usmerjeno v izboljšanje človeške zmogljivosti posameznika, povzročeno s posegi v človeško telo, ki temeljijo na znanosti ali tehnologiji«. Razločujejo med (i) povrnitvenimi ali preventivnimi neizboljševalnimi posegi, (ii) terapevtskim izboljševanjem in (iii) neterapevtskim izboljševanjem. Človeško izboljševanje se obravnava primarno kot eno posameznih gledanj na razvoj v znanosti, tehnologiji, medicini in družbi. Učinki TČI so lahko ali dolgotrajni oziroma celo trajni (kot pri genskem inženiringu), ali začasni (kot na primer izboljšana koncentracija, ki jo povzroči uporaba farmacevtskih učinkovin). Namen je lahko izboljšanje naravnih zmožnosti (na primer povečanje moči ali sreče) ali podelitev značilnosti ali zmožnosti, ki jih do zdaj ni imelo še nobeno človeško bitje, na primer polni nočni vid (Coenen in drugi, 2009: 13). Ta opredelitev zajema »močne«, drugostopenjske oblike človeškega izboljševanja z dolgoročnimi učinkovitimi ali trajnimi rezultati, kakor tudi »začasne« izboljšave. Ker ni povezana z določeno definicijo zdravja, gre za nemedicinski koncept človeškega izboljševanja (Coenen in drugi, 2009: 17).

Potencialne TČI je mogoče razdeliti na štiri področja, in sicer na aplikacije za podaljševanje življenja, fizično izboljševanje, izboljševanje razpoloženja in kognitivno izboljševanje (Savulescu in drugi, 2011).

Podaljševanje življenja, kot je opredeljeno v okviru človeškega izboljševanja, je mogoče natančneje označiti kot podaljševanje zdravega življenjskega razpona ali kot posege proti staranju oziroma pomlajevalne posege. Življenjski razpon v vseh razvitih državah in v številnih državah v razvoju se sicer neprekinjeno povečuje (CIA, 2011), vendar pa mu ne sledi nujno tudi podaljšanje zdravega življenjskega razpona, saj velik odstotek starejših doživlja neprekinjeno naraščanje števila bolezni, demence, krhkosti, invalidnosti in odvisnosti od pomoči drugih. Kolikšen delež teh težav izvira iz vplivov sodobnih zahodnih načinov življenja z nezdravo prehrano, pomanjkanjem gibanja in fizične vadbe, hudim kroničnim stresom in številnimi okoljskimi onesnaževali (Kurzweil in Grossman, 2004; Weil, 2007) in kolikšen delež izvira iz notranje akumulacije poškodb celičnih in molekularnih struktur v tkivih in organih, ki žene izgubo zdravja in vitalnosti v normalnem biološkem procesu staranja, je predmet drugega polemičnega vprašanja, toda družbeni stroški tega trenda so jasno razvidni iz vročekrvnih razprav o problemih rastočih izdatkov za zdravstveno varstvo ter iz poskusov reform pokojninskih sistemov.

Nebogljene geriatrične osebe v povprečju v zadnjih mesecih svojega življenja porabijo večjo količino zdravstvenih virov kot v vsem svojem predhodnem življenju, prav tako pa se zdi čedalje bolj verjetno, da bi ti stopnjujoči se stroški z naraščajočim številom osemdeset-, devetdeset- in stoletnikov, v prihodnosti lahko zlomili proračune in gospodarstva razvitih držav. Rastoče število strokovnjakov predlaga, da bi investicije v znanstvene in tehnološke poklice in raziskave lahko povečale zaposlenost in inovativnost ter zmanjšale stroške zdravstvenega varstva ter probleme,

s katerimi se soočajo starejši zaradi napredovanja degenerativnih bolezni staranja, predvsem z inovacijami v biogerontologiji in na drugih področjih (Comer in Mooney, 2011). Bistvo rabe TČI za podaljševanje zdravega življenjskega razpona je podaljšanje obdobja dobrega zdravja skupaj s samim življenjskim razponom, kar bi omogočilo »zdravo staranje« s preokrenitvijo (pomlajevanjem) ali preprečevanjem strukturne škode, ki povzroča kronična stanja biološkega staranja. V razvoj takšnih tehnologij »izboljševanja« so na primer usmerjene tekmovalne razvojne nagrade in projekti *Methuselah Foundation* (2011), Strategije za inženirano nezna-tno staranje (de Grey in Rae, 2007) *Fundacije SENS*, ali na primer genomski pristop podjetja *Genescient* (2011; Rose, 2005). Čeprav biološko staranje danes ni priznано kot bolezen in posegi proti staranju, ki so usmerjeni v njegovo zdravljenje, ne morejo vstopiti v klinična preizkušanja, ima večina obstoječih aplikacij, predvsem nevrofarmakoloških učinkovin, vzporedno uporabnost (de Grey in Rae, 2007: 85), kar pomeni, da se lahko uporabljajo za zdravljenje drugih, priznanih bolezni, ki so del staranja, na primer različne oblike demence. Verjetno je, da se bo razvoj takšnih tehnologij nadaljeval tudi v prihodnje, še posebno glede na naraščajoče stroške negovanja rastoče in v vedno večji meri onemogle populacije starejših. Predvsem zdravila za zdravljenje nevroloških bolezni pomenijo naglo rastoč delež geriatrične medicine, s svojim vzporednim delovanjem pa po eni strani zdravijo neurodegenerativne bolezni, po drugi pa s tem zadržujejo del procesa »naravnega« staranja.

Fizično izboljševanje ali izboljševanje fizičnih zmogljivosti je trenutno najbolj razvidno v domeni poklicnega športa. Čedalje več poklicnih športnikov nezakonito uporablja raznovrstna nevrofarmakološka poživila, ki delujejo na osrednji živčni sistem, da bi povečali agresijo, samozavest ali budnost, in so bila prvotno razvita za zdravljenje različnih motenj in bolezni (STC, 2007: 39). Medtem ko se trenutne razprave osredinjajo na etične, pravne in družbene razsežnosti takšnih praks in njihove dopustnosti (Miah, 2006; Savulescu in Foddy, 2007) ali nedopustnosti (Murray, 2008) v poklicnem športu, se uporaba takšnih nevrofarmakoloških TČI pri »normalnih« in »zdravih« posameznikih že razširja med splošno populacijo, pa naj gre za namene tekmovalnosti in zmogljivosti v amaterskih športih in rekreativnih dejavnostih, ali pa za kozmetične namene, saj nekatere ankete kažejo, da je njihova raba najbolj razširjena ravno med mladimi, ki želijo s športom izboljšati svoj videz (Harmer, 2010).

Izboljševanje ali spreminjanje razpoloženja in osebnosti z uporabo nevrofarmakoloških sredstev je v razvitem svetu prisotno že vsaj tri desetletja, morda najočitneje v rabi antidepresivnih učinkovin, danes predvsem selektivnih zaviralcev ponovnega privzema serotonina (SSRI), ki se predpisujejo za kronično depresijo. Predpisana in nepredpisana uporaba antidepresivov se je postopno razširila tudi na lažje oblike depresije, različna stanja tesnobe, nespečnosti, nekatere oblike motenj osebnosti ter blaženje kronične bolečine, celo do redne uporabe majhnih odmerkov antidepresivov, ki jih uporabljajo ljudje, ki v svojem vsakdanjem poklicnem življenju doživljajo kronični stres (Rosack, 2006), med katerimi so tudi zdravniki in psihiatri. Raba beta-blokatorjev, ki lahko oslabijo negativni čustveni del travmatičnega spomina ter tudi spomin sam (Kindt in drugi, 2009), obenem pa zmanjšujejo tesnobo v družbenih situacijah in pri javnih nastopih, so še ena izmed nevrofarmakoloških aplikacij, ki je bila prvotno razvita za zdravljenje, in sicer povišanega krvnega tlaka. Z naraščajočo rabo nevrofarmakoloških sredstev za soočanje z negativnimi stranskimi učinki sodobnih načinov življenja, ki izvirajo iz rastočih družbenih in poklicnih zahtev, takšni načini delovanja postajajo normalizirani, uporaba izboljševal razpoloženja pa se širi onkraj zdravljenja kroničnih stanj na spreminjanje stanj razpoloženja, ki so bila nekoč sprejeta kot »normalna«, za lajšanje brezvoljnosti ali povečevanje povprečnih občutkov

dobrega počutja. S takšno široko razširjeno uporabo in naraščajočim povpraševanjem je verjetno, da se bo razvoj učinkovitejših in še bolj selektivnih učinkovin nadaljeval, še zlasti, če se bo njihova raba še naprej širila med »zdravimi« ljudmi, ki poskušajo izboljšati svoje razpoloženje in osebnost za uspešnejše delovanje v družbenih ali poklicnih situacijah, povečati svoje splošno občutenje in razpoloženje ter morda celo oslabiti neželene spomine in z njimi povezana neprijetna čustva.

Kot zadnje je področje kognitivnega izboljševanja, opredeljeno kot ojačenje ali razširitev osrednjih zmogljivosti uma, izboljšanje mentalnih funkcij, kot so kognicija, pomnjenje, inteligentnost, motivacija, pozornost in koncentracija, predvsem s spreminjanjem dostopnosti možganskih zalog nevrokemikalij (nevrotransmiterjev, encimov in hormonov), z izboljšanjem oskrbe možganov s kisikom ali s spodbujanjem rasti možganskih živčnih celic. Posegi za izboljšanje kognitivnega delovanja so lahko usmerjeni v katerega koli od teh sistemov, posamezno ali v več sistemov sočasno.

Številni obstoječi in v kratkem roku nastajajoči posegi, katerih cilj so možgani, za izboljšanje kognicije, prav tako izvirajo s področja neurofarmakologije, ter med drugimi zajemajo amfetaminu podoben metilfenidat (Ritalin), na amfetaminu temelječi Adderall in modafinil. Prva dva se predpisujeta za zdravljenje motnje pomanjkanja pozornosti in hiperaktivnosti, slednji pa za zdravljenje različnih motenj spanja, medtem ko se vsi trije uporabljajo tudi za zdravljenje neurodegenerativnih bolezni. Medtem ko se velik odstotek receptov za Ritalin in Adderall izdaja za otroke (predvsem v ZDA, kjer približno 10 odstotkov desetletnih dečkov redno jemlje takšna zdravila, kar je samo po sebi dokaj skrb zbujujoče) (Samuel, 2008), takšna farmacevtska sredstva, skupaj z modafinilom, uporablja čedalje več zdravih odraslih za povečanje osredotočenosti, koncentracije, budnosti in spomina. Od pet do 15 odstotkov univerzitetnih študentov v ZDA občasno uporablja takšna zdravila za izboljšanje rezultatov študija in izpitov (BMAED, 2007) in kot je pokazala neuradna raziskava med znanstveniki in akademiki, ki berejo revijo Nature, je petina od 1400 anketirancev že uporabljala takšna zdravila za kognitivno izboljševanje (Maher, 2008). Izmed 280, ki so izvajali takšno kognitivno izboljševanje, jih je 62 odstotkov uporabljalo Ritalin za krepitev osredotočenosti, 44 odstotkov Provigil za povečanje koncentracije in 15 odstotkov betablokatorje za zmanjševanje tesnobe v družbenih situacijah. Do danes še ni bila izvedena nobena študija, ki bi proučila morebitno rabo takšnih zdravil za kognitivno izboljševanje v evropskem prostoru ali v Sloveniji.

Znova, kot v primeru TČI za izboljševanje razpoloženja, je verjetno, da bodo rastoča kompleksnost sodobnih družbenih zahtev, naraščajoče delovne obremenitve, tekmovalni pritiski ter službe, ki zahtevajo večopravnost, še naprej poganjali nadaljnji razvoj in nepredpisano uporabo kognitivnih terapevtskih izdelkov, ki jih lahko uporabljajo zdravi ljudje za namene izboljševanja. Nekatere koristi takšnih trendov bi lahko bile potencialni družbeni prihranki, izhajajoči iz zmanjšane števila nesreč zaradi izboljšane budnosti, zmanjšani stroški in izguba zaradi boljšega pomnjenja, ter morebitna povečana inovativnost in ustvarjalnost, izhajajoča iz izboljšanja specifičnih kognitivnih zmožnosti.

V vseh primerih potencialnih TČI, ki so bile omenjene zgoraj, razlikovanje med terapevtsko in izboljševalno rabo še zdaleč ni očitno ali utemeljeno, čeprav nekateri strokovnjaki (Sandel, 2007) argumentirajo, da bi bilo treba takšne tehnologije omejiti na formalno opredeljene terapevtske aplikacije, medtem ko drugi (Hughes, 2004) trdijo, da bi bile takšne definicije skrajno poljubne ter nepotrebno omejujoče, saj obstaja širok in nejasen spekter, ki se razprostira od očitne terapije do očitnega izboljševanja. Ključna lastnost številnih izmed ome-

njenih TČI je zmogljivost vzporedne uporabnosti, ki pomeni, da aplikacije, ki se uporabljajo za zdravljenje motenj ali bolezni pri »nezdravih« osebah, lahko uporabljajo tudi »zdrave« osebe za izboljševanje svojih »normalnih« zmožnosti. Tako ostaja zelo verjetno, da se bodo ne glede na to, ali bo vzpostavljena skrajno omejujoča regulacija, moratoriji ali celo prepovedi raziskovanja in razvoja eksplicitnih TČI zaradi etičnih, pravnih in družbenih ali varnostnih in zdravstvenih skrbi, številne potencialne aplikacije TČI še naprej razvijale kot terapevtske aplikacije. Čeprav se takšne aplikacije ne bodo eksplicitno proizvajale, regulirale ali tržile kot »izboljševala«, se bo njihova vzporedna (zlo)raba za namene izboljševanja pri zdravih posameznikih najverjetneje nadaljevala, če predpostavimo nadaljevanje trenutnih družbenih zahtev in pritiskov ter trenutnih načinov soočanja z njimi. Mogoč je tudi razvoj novih trendov, kot so na primer nove oblike »izboljševalnega turizma«, podobne trenutnemu kozmetičnemu ali zdravstvenemu turizmu, v države in regije z regulativnimi ozračji, ki so manj omejujoča in bolj naklonjena TČI.

Skupna značilnost večine obstoječih in nastajajočih aplikacij, ki so bile predhodno opisane v štirih kategorijah TČI, je, da gre za nevrofarmakološke učinkovine, ki učinkujejo na možgane in na osrednji živčni sistem. Zgodnje generacije teh učinkovin so že zdaj komercialno dostopne, medtem ko so druge še v fazi raziskav in razvoja. Mogoče jih je uporabiti za zdravljenje nevrodegenerativnih bolezni, kot so na primer različne oblike demence, ali za »izboljšanje« določenega vidika splošnega procesa biološkega staranja pri starejših ljudeh; lahko lajšajo različne duševne in psihične motnje ali izboljšujejo osredotočenost, pozornost, vztrajnost, budnost in razpoloženje zdravih posameznikov pri njihovih poklicnih, športnih ali prostočasnih dejavnostih.

Kar se tiče patentnega trenda nevrotehnologij letno poročilo o nevrotehnološki industriji, ki ga objavlja analitično podjetje *Neuroinsights*, identificira in razvršča nevrotehnološke patente ter kaže, da se je število podeljenih nevrotehnoloških patentov pri patentnem uradu ZDA, identificiranih kot učinkovine, naprave in diagnostike za možgane in živčni sistem, od leta 1985 do leta 2009 neprekinjeno povečevalo, s strmim povečanjem v zadnjih letih, ki je sledilo predložitvi milijardo dolarjev vrednega akta za nacionalno nevrotehnološko iniciativo kongresu ZDA. Delež vloženih nevrotehnoloških patentnih prijav pri patentnem uradu ZDA se je v zadnjih desetih letih povečal za 200 odstotkov v primerjavi s 60 odstotno rastjo vseh patentnih prijav (Lynch in drugi, 2010: 7). Vrednost obstoječe in nastajajoče nevrotehnološke industrije je bila v letu 2009 ocenjena na 143 milijard dolarjev, v raziskovanje in razvoj oziroma proizvodnjo in trženje različnih nevrotehnologij pa je bilo vključenih več kot 800 podjetij (NeuroInsights, 2010).

Kar zadeva potencialne terapevtske trge in povpraševanje po nevrotehnologijah, nevrološke bolezni prizadenejo več kot 50 milijonov Američanov na leto, s stroški, ki presegajo 460 milijard dolarjev na leto, medtem ko duševne motnje stanejo približno 148 milijard dolarjev na leto (SfN, 2008: 6). Tudi EU za nevrološke bolezni porabi približno 460 milijard dolarjev na leto. Ankete kažejo, da 60 odstotkov Američanov čuti, da so pod znatnim stresom vsaj enkrat na teden, stroški zaradi izostajanja od dela, medicinskih izdatkov in izgubljene produktivnosti zaradi stresa pa se v ZDA ocenjujejo na 300 milijard dolarjev na leto (SfN, 2008: 33). Poleg tega je verjetno, da bo 76 milijonov pripadnikov starajoče se »baby boom« generacije s svojimi 44 bilijoni dolarjev kupne moči vplivalo na medicinske in farmacevtske raziskave in razvoj, ter jih v večji meri usmerilo v dolgoživost in povečalo delež aplikacij, namenjenih podaljševanju življenja, izboljševanju zdravja in postgeriatrični oskrbi (Canton, 2005: 42). Če bodo kognitivni izboljševalci postali priporočeni ali celo obvezni za nekatere poklice (Allhoff in drugi, 2009: 31), ki zahtevajo visoko stopnjo budnosti in koncentracije, ter so ključnega pomena za

nemoteno delovanje sodobne družbe, kot na primer zdravniki, piloti, gasilci in policisti, bi bili potencialni trgi za takšne nevrofarmakološke TČI še večji.

Čeprav vlečna moč teh potencialnih trgov in potrošnikov nakazuje znatno verjetnost, da se bosta raziskovanje in razvoj nevrotehnologij vzporedne uporabnosti nadaljevala, obstaja tudi možnost, da bo negotovost glede bodoče regulacije potencialnih industrij TČI odvrnila zasebne investitorje ter povzročila, da se bodo podjetja preselila v inovacijam »prijaznejše« države z manj regulacije, zato je mogoče tudi, da bodo bodoče zahodno povpraševanje po terapevtskih ali izboljševalnih tehnologijah zadovoljevali azijski proizvajalci.

Sklep: potencialna tveganja

Dokaj verjetno je, da bodo nevrotehnologije kot domena z naglo rastočo industrijo in naraščajočim številom patentov, še zlasti pa velik del njene podskupine nevrofarmakologije, ki z inherentno lastnostjo vzporedne uporabnosti, torej sposobnostjo za obnovev zmožnosti ljudi z boleznimi, motnjami ali poškodbami, ali za izboljšanje zmožnosti zdravih ljudi, skupaj z velikimi nastajajočimi in potencialnimi nevrotehnološkimi trgi, poganjali bodoči razvoj vsaj nekaterih nevrofarmakoloških TČI in s svojimi velikimi inovacijskimi potenciali spodbudili novo gospodarsko rast in konkurenčnost. Indikatorji tega so vidni tudi v naraščajočem številu predpisane in nepredpisane uporabe nevrofarmakoloških sredstev, ki učinkujejo na kognicijo, razpoloženje in fizično zmogljivost. Predhodno obravnavane aplikacije nevrofarmakoloških TČI imajo potencial, da postanejo viri novih gospodarsko privlačnih inovacij, da zmanjšajo določene družbene stroške in izgube, izboljšajo individualno zmogljivost in blaginjo, ter morda povečajo celo nekatere vrste produktivnosti in ustvarjalnosti, čeprav je znova mogoče, da javnost ne bo tako naklonjena sprejemu in privzemanju takšnih tehnologij kot pričakujejo ali upajo nekateri zagovorniki, saj tako rekoč vse tehnološke aplikacije prinašajo tudi tveganja nenameranih posledic.

Čeprav lahko obravnavamo izvor potrebe po izboljšanju razpoloženja ali kognicije kot izhajajoč iz neustreznih koncentracij različnih neurotransmiterjev v specifičnih predelih možganov in živčnega sistema, ne smemo pozabiti, da običajno doživljamo negativna mentalna stanja, ker naše dožemanje situacij v zunanjem svetu ni v skladu s cilji in sistemi prepričanj v našem notranjem svetu. Blaga depresija ali tesnoba lahko kažeta, da naše življenje ali vsaj določen vidik našega življenja ne poteka tako, kot si želimo, in je lahko signal, da moramo nekaj spremeniti v naših razmerjih, naši karieri, našem vsakdanjem življenju ali v naših odnosih do stvari. Zmanjšane kognitivne lastnosti lahko kažejo, da potrebujemo počitek, boljšo prehrano ali počitnice. Številni nevrofarmakološki izdelki ponujajo »hitro rešitev« takšnih neželenih mentalnih stanj, vendar pa ne naslavljajo dejanskih vzrokov, razen v manjšem številu primerov, kjer je primarni vzrok dejanska poškodba, bolezen ali gensko pogojena patologija, sicer pa naslavljajo zgolj simptome. Če nekoliko karikiramo, naj vzamemo učinkovino proti tesnobi, če opazimo, da nam gori hiša? Ali naprej, naj vzamemo izboljševalo razpoloženja tedaj, ko izgubljam svoje državljske pravice in svoboščine?

Nekatere nedavne študije (Fournier in drugi, 2010) kažejo tudi, da so koristi antidepresivov v primerjavi s placebom v povprečju za paciente z blagimi ali zmernimi simptomi minimalne ali celo ničelne, čeprav je videti, da so znatne za paciente s hudo depresijo. Glede na širok spekter trenutne nepredpisane uporabe so takšni podatki dokaj skrb zbujajoči, poleg tega pa je verjetno,

da bi bilo treba izboljševanje kognicije in razpoloženja, vsaj v primeru obstoječih sredstev, v večini primerov omejiti na akutno rabo z majhnimi odmerki namesto kronične rabe z visokimi odmerki (Bostrom in Sandberg, 2006), saj obstajajo resni stranski učinki, ter vsaj pri nekaterih nevrofarmakoloških učinkovinah tudi morebitni potenciali za zlorabo in odvisnost. Prav tako obstajajo številne konvencionalne metode, ki so se izkazale skozi več stoletij ter poleg potrjene varnosti prinašajo množico dodatnih koristi. Mednje spadajo rekreacija, druženje, meditacija, sproščanje, preživljanje časa v naravi, ustrezna prehrana in tako naprej, in bi lahko imele učinke, ki so primerljivi ali celo presegajo učinke vsaj zgodnje generacije nevrofarmakoloških TČI. Drugi (Glazer, 2006) so argumentirali tudi, da so specifične vrednote povezane s specifičnimi metodami delovanja, tako da bi na primer raba kognitivnih izboljševal za opravljanje večje količine dela v enakem času lahko krepila vrednoto učinkovitosti v škodo drugih vrednot, hitrejšo opravljanje večje količine opravil pa bi lahko pomenilo še več opravil namesto več prostega časa. Lahko bi vodilo tudi v krepitev zgolj ene zmožnosti namesto uravnoveženega skupka zmožnosti, kar bi lahko vodilo v telesno ali mentalno neravnovesje posameznika.

Trenutno farmacevtskim podjetjem ni dovoljeno raziskovati in razvijati učinkovin, ki bi eksplisitno delovale kot »izboljševala«, razen če bi bili takšni učinki del vzporedne uporabnosti, kar pomeni, da bi morale biti primarno usmerjene v stanje ali proces, ki je priznan in registriran kot motnja, bolezen ali poškodba. Medtem ko bi dovoljenje farmacevtskim podjetjem za razvoj »izboljševalnih« aplikacij lahko odprlo nove individualne in družbene možnosti ter bi nedvomno pomenilo velike inovacijske in investicijske priložnosti, bi prineslo tudi številne potencialne nevarnosti, kot je na primer nevarnost medikalizacije naraščajočega števila stanj, ki jih je *treba* zdraviti, a so se nekoč obravnavala kot del normalnega spektra človeških stanj.

Nadalje bi razvoj in komercializacija nevrofarmakoloških TČI lahko proizvedla nevarne trende in motnje na področjih družbenega dostopa, poštenosti in pravičnosti (Allhoff in drugi, 2009). Prevladujoči vzorci družbene rabe bi lahko vodili do »izboljševalnih oboroževalnih tekem« (Frankel in Kapustij, 2008) ter vedno bolj tekmovalnih družbenih in poklicnih okolij, kjer bi bili vsi, ki si želijo napredovati ali celo zgolj ohraniti svoj obstoječi položaj, prisiljeni uporabljati najnovejše TČI, da bi ohranili korak z drugimi, ne glede na stranske učinke.

Če se ozremo v zgodovino znanosti in tehnologije, so tako rekoč vse tehnološke inovacije disruptivne v določeni meri in nosijo določeno število nenameranih posledic. Številne tehnologije, še posebno ko so bile še v zgodnjih generacijah razvoja, so imele negativne učinke na zdravje in blaginjo posameznikov ter škodljive vplive na okolje. Številne so povzročile opustitev ali preoblikovanje dolgotrajnih družbenih struktur in institucij, kakor tudi posameznih navad in ritualov. Glede na obstoječo razširjenost zgodnje generacije nevrofarmakoloških TČI in privlačnost njihovih bodočih obetov obstaja znatna verjetnost, da bodo imele omenjene aplikacije podobne učinke.

Nedavne razprave o potencialnih tveganjih in koristih so poskušale ugotoviti ustrezno ravnovesje med hitrostjo in vrstami tehnološkega razvoja in komercializacije na eni strani ter grožnjami, ki jih nove tehnologije predstavljajo za okolje, zdravje in varnost posameznika, ter skupinsko in družbeno kohezijo, na drugi. V sodobnih družbah, kjer inovacije postajajo ključni gonilniki gospodarske rasti, obstaja nenehen pritisk za inoviranje in ohranjanje konkurenčnosti. Kljub pobudi po neprekinjenem povečevanju hitrosti razvoja in komercializacije naraščajoča moč nenameranih posledic kaže na potrebo po daljših obdobjih za preizkušanje srednjeročnih in dolgoročnih učinkov na zdravje in varnost, kakor tudi za vključevanje družbene refleksije glede potencialnih etičnih, pravnih in družbenih razsežnosti, ter po povečanju participacije

javnosti, namesto da zgolj komercialni interesi narekujejo, kako se bo v prihodnje preoblikovalo naše življenje in družba ter kakšne vrste novih potrošniških potreb in povpraševanja bodo ustvarili in narekovali proizvajalci.

Prav tako ne smemo pozabiti, da bodo na razvoj in komercializacijo omenjenih novih in nastajajočih nevrofarmakoloških TČI vezani številni finančni in drugi interesi raznolikih akterjev. To sicer ne pomeni, da takšni mehanizmi univerzalno proizvajajo negativne rezultate, vendar pa naložbe v raziskave in razvoj zahtevajo donos, včasih ne glede na to, ali je dejanska zmogljivost izdelka veliko manjša od pričakovane, in ali stranski učinki presegajo koristi, kar je bilo mogoče videti v očitno dokaj razširjenih praksah prikritega upravljanja in trženja, kupovanja ocen neodvisnih strokovnjakov s strani farmacevtskih podjetij (Sismondo, 2007) ter pomanjkljivih in pristranskih študijah (Freedman, 2010) o farmacevtskih izdelkih.

Vendar pa znova ni mogoče prezreti dejstva, da se tveganja in nevarnosti nahajajo v obeh pristopih. Študije (van Lieshout in drugi, 2006) sicer kažejo, da se EU pri proizvodnji znanja v domenah nanotehnologije, biotehnologije in informacijsko-komunikacijske tehnologije, spodbujevalnih tehnologij, iz katerih izhajajo številne aplikacije TČI, nahajajo pred ZDA, vendar pa zaostajajo za njimi pri komercializaciji takšnega védenja, kar se do neke mere odraža tudi v čedalje večjem številu patentov v omenjenih domenah pri patentnem uradu ZDA v primerjavi s patenti pri evropskem patentnem uradu (OECD, 2011). To bi bilo lahko povezano s tem, da je EU (vsaj načeloma in na nadnacionalni ravni) naklonjena pristopu previdnostnega načela, ZDA pa pristopu proakcijskega načela, kar se do neke mere odraža tudi v razlikah med opredelitvijo koncepta človeškega izboljševanja v poročilu ZDA in poročilu EU. Manj inovativen, do tehnološkega razvoja odklonilen in preveč previden pristop bi lahko povzročil izgubo ključnih industrij, zamujene razvojne priložnosti, zmanjšanje zaposlenosti in gonil gospodarske konkurenčnosti in rasti, kar bi se lahko izrazilo v širših družbenih disrupcijah, množični brezposelnosti, padajočem življenjskem standardu in izgubi družbene kohezije.

Navsezadnje življenje v čedalje kompleksnejših tehnoloških družbah zahteva uporabo kompleksnejših in tudi bolj tveganih tehnologij, ki so neizogibno dvojne, januzijanske narave. Ustrezno integriranje tehnološkega in znanstvenega napredka v obstoječe družbe, ne da bi pri tem povzročili uničujoče disrupcije ter uresničili njihove inovacijske potenciale in koristi, hkrati pa naslovili njihova tveganja in nevarnosti, je velik izziv, vendar izziv, ki ga je treba temeljito raziskati, o njem široko razpravljati in ga uporabiti za oblikovanje novejših in boljših načinov »humaniziranja« naprednih tehnologij. To bi na primer pomenilo uporabo večje količine transdisciplinarne bazične znanosti pri raziskovanju morebitnih nenameranih posledic, tveganj za okolje ter človeško zdravje in varnost, kakor tudi negativnih in disruptivnih družbenih trendov, ter vključitev večdeležniškega/javnega vnosa mnenj in stališč, ki bi neposredno informirala raziskovanje in razvoj, pa tudi politične odločevalce o tem, kaj si potrošniki in širša javnost dejansko želijo, po možnosti še preden nove in nastajajoče TČI dosežejo trge in široko uporabo.

Za zdaj še ni jasno, ali bosta razvoj in uvajanje nevrofarmakoloških TČI sčasoma bolj sledila poti mobilnih telefonov ali poti gensko spremenjenih organizmov, gotovo pa je, da bodo eden osrednjih polemičnih znanstvenih in družbenih izzivov v 21. stoletju.

Literatura

- ALLHOFF, F., LIN, P., MOOR, J. IN WECKERT, J. (2009): *Ethics of Human Enhancement: 25 Questions and Answers*. US National Science Foundation.
- ALLHOFF, F., LIN, P. IN STEINBERG, J. (2010): Ethics of Human Enhancement: An Executive Summary. *Science and Engineering Ethics* (v pripravi). Dostopno prek http://files.allhoff.org/research/Human_Enhancement_ES.pdf (20. avgust 2011).
- BRITISH MEDICAL ASSOCIATION ETHICS DEPARTMENT. (2007): *Boosting your brainpower: ethical aspects of cognitive enhancements*. London, British Medical Association.
- BOSTROM, N. IN SANDBERG, A. (2006): Converging Cognitive Enhancements. V *Progress in Convergence: Technologies for Human Wellbeing*, ur. William Sims Bainbridge and Mihail C. Roco, 201–227. New York, New York Academy of Sciences.
- CANTON, J. (2005): NBIC Convergent Technologies and the Innovation Economy: Challenges and Opportunities for the 21st Century. V *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society*, ur. William Sims Bainbridge and Mihail C. Roco, 33–45. Dordrecht, Springer.
- CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY. (2011): *The World Factbook: Country Comparison: Life Expectancy at Birth*. Dostopno prek: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2102rank.html> (9. maj 2011).
- COENEN, C., SCHUIJFF, M., SMITS, M., KLAASSEN, P., HENNEN, L., RADER, M. IN WOLBRING, G. (2009): *Human Enhancement*. Brussels, European Parliament, DG Internal Policies STOA.
- COMER, M. IN MOONEY, C. (2011): Fixing the economy the scientific way. *PHYSORG.COM*. Dostopno prek: <http://www.physorg.com/news/2011-01-economy-scientific.html> (24. januar 2011).
- DE GREY, A. IN RAE, M. (2007): *Ending Aging: The Rejuvenation Breakthroughs That Could Reverse Human Aging in Our Lifetime*. New York, St. Martin's Press.
- EVROPSKA KOMISIJA. (2011): *Innovation Union*. Dostopno prek: http://ec.europa.eu/research/innovation-union/index_en.cfm?pg=keydocs (18. avgust 2011).
- FOURNIER, J. C., DERUBEIS, R. J., HOLLON, S. D. DIMIDJIAN, S., AMSTERDAM, J. D., SHELTON, R. C. IN FAWCETT, J. (2010): Antidepressant drug effects and depression severity: a patient-level meta-analysis. *Journal of the American Medical Association* 303 (1): 47–53.
- FRANKEL, M. S. IN KAPUSTIJ, C. J. (2008): Enhancing Humans. V *From Birth to Death and Bench to Clinic: The Hastings Center Bioethics Briefing Book for Journalists, Policymakers, and Campaigns*, ur. Mary Crowley, 55–58, Garrison, NY, The Hastings Center.
- FREEDMAN, D. H. (2010): Lies, Damned Lies and Medical Science. *The Atlantic*, November 2010. Dostopno prek: <http://www.theatlantic.com/magazine/print/2010/11/lies-damned-lies-and-medical-science/8269> (9. junij 2010).
- GLAZER, S. (2006): *Enhancement: A Cross Section of Contemporary Ethical Debate about Altering the Human Body*. Garrison, NY, The Hastings Center.
- GENESCIENT (2011): *Corporate Overview*. Dostopno prek: <http://www.genescient.com/> (9. avgust 2010).
- HARMER, P. A. (2010): Anabolic-androgenic steroid use among young male and female athletes: is the game to blame? *British Journal of Sports Medicine* 44: 26–31.
- HUGHES, J. J. (2004): *Citizen Cyborg: Why Democratic Societies Must Respond to the Redesigned Human of the Future*. Westview Press.
- HUMANITY+ (2011): *Transhumanist FAQ*. Dostopno prek: <http://humanityplus.org/learn/transhumanist-faq/> (29. April 2011).
- KINDT, M., SOETER, M. IN VERVLIET, B. (2009): Beyond extinction: erasing human fear responses and preventing the return of fear. *Nature Neuroscience* 12: 256–258.

- KURZWEIL, R. IN GROSSMAN, T. (2004): *Fantastic Voyage: Live Long enough to Live Forever*. Rodale Inc.
- LYNCH, Z., MCCANN, C. M., LYNCH, C. C. IN RASMUS, T. (2010): *Neurotech Clusters 2010: Leading Regions in the Global Neurotechnology Industry 2010–2020*. NeuroInsights.
- MAHER, B. (2008): Poll results: look who's doping. *Nature* 452: 674–675.
- METHUSELAH FOUNDATION (2011): *Our Mission*. Dostopno prek: <http://www.mprize.org/> (9. maj 2011).
- MIAH, A. (2006): Rethinking Enhancement in Sport. V *Progress in Convergence*, ur. William Sims Bainbridge and Mihail C. Roco, 301–320. New York City, New York Academy of Sciences.
- MURRAY, T. H. (2008): Sports Enhancement. V *From Birth to Death and Bench to Clinic: The Hastings Center Bioethics Briefing Book for Journalists, Policymakers, and Campaigns*, ur. Mary Crowley, 153–158. Garrison, NY, The Hastings Center.
- NEUROINSIGHTS. (2010): *The Neurotechnology Industry 2010 Report*. NeuroInsights.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (2011): *OECD Statistics Extracts*. Dostopno prek: <http://stats.oecd.org/index.aspx> (24. april 2011).
- ROSACK, J. (2006): Off-Label Psychotropic Use Reveals Complex Patterns. *Psychiatric News* 41 (14): 16–42.
- ROSE, M. R. (2005): *The Long Tomorrow: How Advances in Evolutionary Biology Can Help Us Postpone Aging*. Oxford University Press.
- SAMUEL, J. (2008): Triumph of the Pill: Why brain doping on campus is no cause for concern. *Reason.com*. Dostopno prek: <http://reason.com/archives/2008/06/03/triumph-of-the-pill> (10. julij 2011).
- SANDEL, M. J. (2007): *The Case against Perfection: Ethics in the Age of Genetic Engineering*. Belknap Press of Harvard University Press.
- SAVULESCU, J. IN FODDY, B. (2007): Ethics of Performance Enhancement in Sport: Drugs and Gene Doping. V *Principles of Health Care Ethics, Second Edition*, ur. Richard Edmund Ashcroft, Angus Dawson, Heather Draper in John McMillan, 511–519. John Wiley & Sons.
- SAVULESCU, J., TER MUELEN, R. IN KAHANE, G. (UR.) (2011): *Enhancing Human Capacities*. Wiley-Blackwell.
- SOCIETY FOR NEUROSCIENCE. (2008): *Brain Facts: A Primer on the brain and nervous system*. Washington DC, SfN.
- SCIENCE AND TECHNOLOGY COMMITTEE. (2007): *Human Enhancement Technologies in Sport*. London, The Stationery Office Limited.
- SISMONDO, S. (2007): Ghost Management: How Much of the Medical Literature Is Shaped Behind the Scenes by the Pharmaceutical Industry? *PLoS Medicine* 4 (9) e286: 1429–1433.
- VAN LIESHOUT, M., ENZING, C., HOFFKNECHT, A., HOLTMANSPOTTER, D., NOYONS, E. IN COMPAÑÓ, R. (2006): *Converging Applications for enabling the Information Society and Prospects of the Convergence of ICT with Cognitive Science, Biotechnology, Nanotechnology and Material Sciences*. IPTS report.
- WEIL, A. (2007): *Healthy Aging: A Lifelong Guide to Your Well-Being*. New York, Anchor.
- WILLIAMS, E. A. IN FRANKEL, M. S. (2007): *Good, Better, Best: The Human Quest for Enhancement. Summary Report of an Invitational Workshop*. Scientific Freedom, Responsibility and Law Program of the American Association for the Advancement of Science.