

# Kognitivno izboljševanje: metode, etika, regulativni izzivi<sup>2</sup>

## Uvod

Kognitivno izboljševanje je mogoče definirati kot okrepitev ali razširitev osrednjih zmogljivosti uma s pomočjo izboljšanja ali povečanja notranjih ali zunanjih sistemov za obdelavo informacij. Z napredkom kognitivne nevroznanosti se seznam perspektivnih notranjih, bioloških izboljševanj neprekinjeno povečuje (Farah in drugi, 2004). Vendar pa je bil do danes napredek na področju računske in informacijske tehnologije tisti, ki je omogočil najbolj dramatične premike v naši sposobnosti obdelave informacij.<sup>3</sup> Različne zunanje oblike strojne in programske podpore človeškemu bitjem dandanes rutinsko podeljujejo učinkovite kognitivne sposobnosti, ki v številnih pogledih daleč presegaajo sposobnosti naših bioloških možganov.

Kognicijo je mogoče definirati kot proces, ki ga neki organizem uporablja za organiziranje informacij. To vključuje pridobivanje (zaznavanje), izbiranje (pozornost), reprezentacijo (razumevanje) in ohranjanje (spomin) informacij ter njihovo uporabo pri vedenju obnašanja (sklepanje in koordinacija motoričnih izhodnih signalov). Posege za izboljšanje kognitivnega delovanja je mogoče usmeriti v katero koli izmed teh osrednjih zmožnosti.

Poseg, katerega cilj je popravilo določene patologije ali okvare posameznega kognitivnega podsistema, je mogoče označiti kot *terapevtskega*. *Izboljševanje* je poseg za izboljšanje podsistema na način, ki ni popravilo nečesa, kar je pokvarjeno, in ne ozdravitev določene disfunkcije. V praksi je težko prepoznati razliko med terapijo in izboljševanjem in mogoče je trditi, da je takšno razločevanje tudi vsebinsko pogosto neustrezno. Na primer, tudi

<sup>1</sup> Dr. Nick Bostrom je profesor Uporabne etike na Univerzi v Oxfordu in direktor *Future of Humanity Institute*. Obenem je soustanovitelj *Humanity Plus* (nekdanje Svetovne transhumanistične zveze) in *Institute for Ethics and Emerging Technologies*. Je avtor več kot 150 člankov, knjige *Anthropic Bias* (Routledge, 2002) ter sourednik *Global Catastrophic Risks* (OUP, 2008) in *Enhancing Humans* (OUP, 2009). Njegova dela so bila prevedena v 19 jezikov in objavljena v številnih uglednih revijah, kot sta *Nature* in *Bioethics*. Njegovi raziskovalni interesi so osredinjeni na velika vprašanja človeštva, s poudarkom na temeljih verjetnostne teorije, znanstveni metodologiji in racionalnosti, človeškem izboljševanju, globalnih katastrofičnih tveganjih, moralni filozofiji in posledicah emergentnih in bodočih tehnologij. Deloval je tudi kot strokovni svetovalec pri številnih vladnih agencijah v Združenem kraljevstvu, Evropi in ZDA, prav tako pa je pogosto komentator v medijih.

Dr. Anders Sandberg je raziskovalec pri *Future of Humanity Institute*, kjer proučuje družbena in etična vprašanja, povezana s človeškim izboljševanjem in novimi tehnologijami, ter ocenjuje tehnične zmožnosti bodočih tehnologij. Specifična področja njegovega zanimanja obsegajo izboljševanje kognicije, kognitivne pristranosti, nevroetiko in javne politike. Poleg znanstvenih publikacij s področja nevroznanosti, etike in študij prihodnosti je sodeloval pri EU projektu ENHANCE ter mednarodno v javni razpravi o človeškem izboljševanju. Obenem je tudi soustanovitelj miselnega tanka *Eudoxa*.

<sup>2</sup> Prvotno objavljeno kot BOSTROM, N., SANDBERG, A. »Cognitive Enhancement: Methods, Ethics, Regulatory Challenges«. *Science and Engineering Ethics*. V pripravi.

<sup>3</sup> Napredek v družbeni organizaciji je individualnim razumom prav tako omogočil – skozi interakcije z razumi drugih ljudi –, da so postali veliko učinkovitejši. Izboljšanja v družbeni organizaciji, ki nisu neposredno podana s tehnologijo, so zunaj obsega te obravnave.

po izboljševanju ima lahko nekdo, čigar naravni spomin je bil slab, še vedno manjše zmožnosti pomnjenja kot druga oseba, ki je ohranila dokaj dober spomin, čeprav trpi za določeno patologijo (na primer alzheimerjevo boleznijo v zgodnji fazi). Kognitivno izboljšana oseba zato še ni nujno nekdo s posebej visokimi (kaj šele nadčloveškimi) kognitivnimi zmožnostmi. Kognitivno izboljšana oseba je prej nekdo, ki je imel koristi od posega za izboljšanje kakovosti delovanja določenega kognitivnega podsistema, ne da bi poseg pri tem popravil določeno patologijo, ki jo je mogoče identificirati, ali disfunkcijo tega podsistema.

Razpon kognitivnih izboljšav ne zajema samo medicinskih posegov, temveč tudi, kot bomo videli, psihološke intervencije (kakršne so naučeni »triki« ali mentalne strategije), kakor tudi izboljšanja zunanjih tehnoloških in institucionalnih struktur, ki podpirajo kognicijo. Vendar pa je bistvena razločevalna značilnost kognitivnih izboljšav to, da izboljšajo *osrednje kognitivne zmogljivosti*, namesto zgolj določenih, ozko definiranih večšin ali specifičnih domen znanja.

Večina prizadevanj za izboljšanje kognicije je precej vsakdanje narave in nekatera se prakticirajo že na tisoče let. Najboljši primer sta izobraževanje in urjenje, kjer cilj pogosto ni samo podajanje specifičnih veščin ali informacij, temveč tudi izboljšanje splošnih mentalnih zmožnosti, kot so koncentracija, spomin in kritično razmišljanje. Druge oblike mentalnega urjenja, kot so joga, borilne veščine, meditacija in tečaji ustvarjalnosti, so prav tako v splošni uporabi. Kofein se obsežno uporablja za povečanje budnosti. Zeliščni izvlečki, ki imajo sloves izboljševanja spomina, so zelo priljubljeni, samo prodaja *ginko bilobe* v ZDA letno prinese več sto milijonov dolarjev prometa (van Beek, 2002). V vsaki veleblagovnici lahko najdemo vrtoglavo število energijskih napitkov, ki privabljajo potrošnike, željne premakniti svoje možgane v višjo prestavo.

Izobraževanje in urjenje, kakor tudi uporabo zunanjih naprav za obdelovanje informacij, je mogoče označiti kot »konvencionalna« sredstva za izboljševanje kognicije. Pogosto so dobro uveljavljena in kulturno sprejeta. V nasprotju z njimi pa je treba skoraj vse metode izboljševanja kognicije s pomočjo »nekonvencionalnih« sredstev, kot so tista, ki obsegajo namerno ustvarjene nootropične droge, gensko terapijo ali nevrnalne vsadke, ob tem času obravnavati kot eksperimentalne. Kljub temu si te nekonvencionalne oblike izboljševanja iz več razlogov zaslužijo resno obravnavo:

- so dokaj nove in zato posledično ni velikega skupka »nakopičene modrosti« o njihovi potencialni uporabi, varnosti, učinkovitosti ali družbenih posledicah;
- potencialno imajo lahko velikanski vpliv (razmislite o razmerju med stroški in koristmi za primer poceni pilule, ki varno izboljšuje kognicijo, v primerjavi z leti dodatne izobrazbe);
- včasih so sporne;
- trenutno se soočajo s specifičnimi regulativnimi težavami, ki lahko ovirajo njihov napredek; in
- sčasoma imajo lahko pomembne posledice za družbo ter celo, gledano dolgoročno, za prihodnost človeštva.

Pri preiskavi izzivov za javne politike, povezane s kognitivnim izboljševanjem, je pomembno razmisliti o polnem obsegu različnih možnosti, ki so na voljo, ter njihovih različnih individualnih značilnostih. Iz tako izčrpnega zornega kota postanejo neustreznosti nekaterih vidikov trenutnega regulativnega in javnopolitičnega okvira očitne, saj obravnava različne načine izboljševanja različno, čeprav, tako trdimo, za to ni dobre utemeljitve.

Pred pregledom, ki sledi, je treba postaviti splošno opombo. Številne izmed metod kognitivnega izboljševanja, ki se dandanes proučujejo, ostajajo močno eksperimentalne ali pa delujejo v omejenem obsegu. Zato je obstoječa znanstvena literatura šibak vodnik k njihovi morebitni uporabnosti (Ioannidis, 2005). Izsledke je treba ponoviti v več študijah in v večjih kliničnih preizkusih, preden jim bo mogoče v celoti zaupati. Verjetno je, da se bo veliko tehnik izboljševanja v dolgem roku izkazalo za manj učinkovite, kot trdijo njihovi trenutni promotorji. Hkrati pa sam obseg metod izboljševanja napeljuje na zelo majhno verjetnost, da so vse trenutne metode neučinkovite ali da bodoči napredek ne bo prinašal čedalje bolj zmogljive orodjarne za izboljševanje kognicije.

## Metode kognitivnega izboljševanja

### Izobrazba, obogatena okolja in splošno zdravje

Izobrazba ima številne koristi, ki segajo onkraj višjega položaja v službi in boljše plače. Daljša izobrazba zmanjšuje tveganja zlorabe substanc, kriminalitete in številnih bolezni, obenem pa izboljšuje kakovost življenja, družbeno povezanost in politično participacijo (Johnston, 2004). Obstaja tudi pozitivna povezanost med kakovostjo opravljanja kognitivnih testov, kakršen je IQ test, in akademskimi dosežki (Winship in Korenman, 1997).

Velik del tega, kar se naučimo v šoli, je »mentalna programska oprema« za upravljanje različnih kognitivnih domen: matematike, kategorij konceptov, jezika in reševanja problemov pri določenih predmetih. Takšna vrsta mentalne programske opreme zmanjšuje našo mentalno obremenitev s spretnim kodiranjem, organizacijo ali obdelavo. Namesto učenja poštevanke na pamet strnemo vzorec aritmetičnih razmerij v preprostejša pravila množenja, ki pa jih je znova (vsaj pri zelo prizadevnih študentih) mogoče organizirati v učinkovite metode mentalnega računanja, kakršna je Trachtenbergov sistem (Trachtenberg, 2000). Takšne specifične metode imajo ožji razpon uporabnosti, vendar pa lahko dramatično izboljšajo učinkovitost delovanja v posamezni domeni. So oblika kristalizirane inteligentnosti, drugačne od fluidne inteligentnosti splošnih kognitivnih zmožnosti in zmogljivosti za reševanje problemov (Cattell, 1987). Ker je izboljšanje kristalizirane inteligentnosti in specifičnih zmožnosti dokaj preprosto in zelo koristno, je postalo priljubljena tarča razvoja notranje in zunanje programske opreme. Izboljševanje fluidne inteligentnosti pa je težavnejše.

Farmakološka sredstva kognitivnega izboljševanja (nootropiki) fiziološko učinkujejo na možgane. Enako velja za izobraževanje in druge konvencionalne posege. Dejstvo je, da konvencionalni posegi pogosto povzročijo trajnejše nevrološke spremembe kot učinkovine. Učenje branja spremeni način obdelave jezika v možganih (Peterson in drugi, 2000). Ugotovljeno je bilo, da obogatena okolja vzgoje povečujejo dendritsko arborizacijo in povzročajo sinaptične spremembe, nevrogenezo in izboljšano kognicijo pri živalih (Walsh in drugi, 1969; Greenough in Volkmar, 1973; Diamond in drugi, 1975; Nilsson in drugi, 1999). Čeprav analognih nadzorovanih poskusov ni mogoče preprosto izvajati na otrocih, je zelo verjetno, da bi bili opaženi podobni učinki. Otroci, ki iščejo stimulacijo, torej zase iščejo in ustvarjajo obogatena okolja, dosegajo boljše rezultate pri IQ testih in jim gre bolje v šoli kot otrokom, ki iščejo stimulacijo v manjši meri (Raine in drugi, 2002). To napeljuje tudi na misel, da bi lahko posegi, naj bodo okoljski ali farmacevtski, ki naredijo raziskovanje in učenje otrokom privlačnejše, izboljšali kognicijo.

Obogatena okolja prav tako povzročajo, da si možgani hitreje opomorejo od stresa in nevrotoksinov (Schneider in drugi, 2001). Zmanjšanje nevrotoksinov in preprečevanje slabih predrojstvenih okolij, so preproste in široko sprejete metode izboljšanja kognitivnega delovanja. Takšne vrste posegov bi prej kot izboljševalne lahko klasificirali kot preventivne ali terapevtske, vendar je razlika zabrisana. Na primer, optimizirano notranjematernično okolje ne pomaga samo pri izogibanju patologijam in deficitom, temveč verjetno tudi spodbuja rast razvijajočega se živčnega sistema na načine, ki izboljšujejo njegove osrednje zmogljivosti.

V možganih, ki so že bili poškodovani, npr. zaradi izpostavljenosti svincu, lahko nootropiki zmanjšajo nekatere kognitivne deficite (Zhou in Suszkiw, 2004). Ni vedno jasno, ali to povzroči tako, da pozdravijo škodo, ali tako, da povečajo (izboljšajo) zmogljivosti, ki kompenzirajo za predhodno izgubo, oziroma, če je to razlikovanje sploh vedno smiselno. Pri primerjavi kronične izpostavljenosti učinkovinam za izboljševanje kognicije ter obogatene okolja vzgoje, je študija na podganah pokazala, da sta obe stanji izboljšali učinkovitost delovanja spomina in proizvedli podobne spremembe v nevrnalni snovi. Izboljšanje v skupini, ki je bila obdelana z učinkovinami, je ostalo tudi po prenehanju obdelave. Kombinacija učinkovin in obogatene okolja ni izboljšala zmožnosti podgan preko nivoja, ki ga je omogočil vsak izmed posegov posamezno. To namiguje, da sta oba posega proizvedla vzdržljivejšo in bolj plastično nevrnalno strukturo, ki je sposobna učinkovitejšega učenja.

Izboljšanje splošnega zdravja ima obenem učinke izboljševanja kognicije. Veliko zdravstvenih težav povzroča slabša koncentracija ali pa neposredno slabša kognicija (Schillerstrom in drugi, 2005). Izboljšanje spanja, imunskega delovanja in splošne fizične pripravljenosti podpira kognitivno delovanje. Intervali fizične vadbe so pokazali začasno izboljšanje različnih kognitivnih zmogljivosti, obseg učinka pa je bil odvisen od vrste in intenzivnosti vadbe (Tomporowski, 2003). Dolgoročna vadba prav tako izboljšuje kognicijo, morda s kombinacijo povečanega dotoka krvi v možgane ter sproščanja živčnih rastnih faktorjev (Vaynman in Gomez-Pinilla, 2005).

## Mentalno urjenje

Mentalno urjenje in vizualizacijske tehnike se na široko uporabljajo v elitnih športih (Feltz in Landers, 1983) in v rehabilitaciji (Jackson in drugi, 2004), z očitno dobrimi učinki. Uporabniki si sebe živo predstavljajo, kako opravljajo določeno nalogo (tečejo na tekmi, gredo v trgovino) ter si znova in znova predstavljajo vsak trenutek in kako bi se počutili v tistem trenutku. Verjetna razlaga učinkovitosti takšnih vaj je, da aktivirajo nevrnalna omrežja, ki so udeležena pri izvajanju večine, sočasno pa so kriteriji učinkovitosti opravljanja naloge pod skrbno pozornostjo, kar optimizira nevrnalno plastičnost in ustrezno nevrnalno reorganizacijo.

Splošna mentalna dejavnost – »vadba možganske mišice« – lahko izboljša učinkovitost delovanja (Nyberg in drugi, 2003) in dolgoročno zdravje (Barnes in drugi, 2004), medtem ko lahko tehnike sproščanja pomagajo uravnavati sprožanje delovanja možganov (Nava in drugi, 2004). Tako se na primer Flynnov učinek (Flynn, 1987), tj. sekularno povečanje rezultatov testov surove inteligentnosti za 2,5 IQ točke na desetletje v večini zahodnih držav pripisuje povečanim zahtevam po določenih oblikah abstraktne in vizualno-prostorske kognicije v sodobnih družbah in šolanju, čeprav je mogoče, da vlogo igrata tudi prehrana in zdravstveno stanje (Neisser, 1997; Blair, 2005). Gledano v celoti pa se zdi, da Flynnov učinek odraža spremembo tega, katere specifične oblike inteligentnosti se spodbuja, prej kot pa povečanje splošne fluidne inteligentnosti.

Klasično obliko programske opreme za kognitivno izboljševanje predstavljajo naučene strategije za pomnjenje informacij. Takšne metode se zelo uspešno uporabljajo že od davnine (Yates, 1966; Patten, 1990). Ena takšnih klasičnih strategij je »metoda lokusov«. Uporabnica vizualizira zgradbo, resnično ali namišljeno, se v svoji domišljjski predstavi sprehaja iz sobe v sobo, ter odlaga imaginarne predmete, ki zbuja naravne asociacije na predmetno snov, ki si jo želi zapomniti. Med ponovnim priklicem uporabnica ponovi svoje imaginarne korake in se spomni zaporedja memoriziranih informacij, ko »vidi« objekte, ki jih je položila vzdolž poti. Ta tehnika izkorišča prostorski navigacijski sistem možganov za pomnjenje objektov ali predloženih vsebin. Druge spominske tehnike uporabljajo rimanje ali dejstvo, da se laže spomnimo dramatičnih, barvitih ali čustvenih prizorov, ki lahko nadomestijo predmete, ki jih je teže obdržati v spominu, na primer številke ali črke. Zgodnje večine spomina so se pogosto uporabljale kot nadomestek za pisano besedilo ali za pomnjenje govorov. Dandanes se spominske tehnike uporabljajo za vsakodnevne potrebe, kot so pomnjenje gesel in nakupovalnih seznamov ter kot orodje za pomoč študentom, ki si morajo zapomniti imena, datume in pojme, ko se učijo za izpite (Minninger, 1997; Lorrayne, 1996).

Študija, ki je primerjala ljudi z izjemno sposobnostjo pomnjenja (udeležence Svetovnega prvenstva v pomnjenju) z normalnimi subjekti, ni našla sistemskih razlik v možganski anatomiji (Maguire in drugi, 2003). Vendar pa je našla razlike v vzorcih aktivnosti med pomnjenjem, ki verjetno odražajo uporabo namerne strategije kodiranja. Predeli možganov, ki so vpleteni v prostorsko reprezentacijo in navigacijo, so bili pri izkušenih memorizatorjih nesorazmerno aktivirani ne glede na to, ali so bili predmeti pomnjenja številke, obrazi ali oblike snežink. Ko so jih vprašali po njihovih spominskih strategijah, so skoraj vsi memorizatorji poročali o uporabi metode lokusov.

Na splošno je z uporabo spominskih tehnik pri specifičnih vrstah snovi mogoče doseči zelo visoko učinkovitost delovanja spomina. Ponudijo namreč največje izboljševanje učinkovitosti delovanja za nesmiselne ali nepovezane informacije, kot so zaporedja števil, vendar pa ni videti, da bi pomagale pri kompleksnih vsakdanjih dejavnostih (Ericsson, 2003).

Obstaja obsežen nabor mentalnih tehnik, ki naj bi okrepile različne veščine, obsegajoč urjenje ustvarjalnosti, metode hitrega branja (Calef in drugi, 1999) in umske zemljevide (Buzan, 1982; Farrand in drugi, 2002). Nejasno je, kako razširjena je uporaba takšnih tehnik, in v večini primerov primanjkuje dobrih podatkov o njihovi učinkovitosti. Tudi če določena tehnika izboljša učinkovitost delovanja pri določeni nalogi v laboratorijskih razmerah, iz tega še ne sledi, da je tehnika tudi praktično uporabna. Da bi določena tehnika znatno koristila osebi, bi morala biti učinkovito integrirana v njeno vsakdanje življenje.

## Učinkovine

Stimulativne učinkovine, kot sta nikotin in kofein, se že dolgo uporabljajo za izboljševanje kognicije. Pri nikotinu pride do kompleksne interakcije s pozornostjo in spominom (Warburton, 1992; Newhouse in drugi, 2004; Rusted in drugi, 2005), medtem ko kofein zmanjšuje utrujenost (Lieberman, 2001; Smith in drugi, 2003; Tiegies in drugi, 2004). V preteklih letih je bil razvit tudi širok razpon učinkovin, ki vplivajo na kognicijo (Farah in drugi, 2004).

Lashley je leta 1917 opazil, da strihnin pospešuje učenje pri podganah (Lashley, 1917). Pozneje je bilo odkritih več družin učinkovin za izboljševanje spomina, ki vplivajo na različne vidike dolgoročnega spomina. Te vključujejo poživila (Lee in Ma, 1995; Soetens in drugi, 1993; Soetens in drugi, 1995), hranila (Korol in Gold, 1998; Foster in drugi, 1998; Meikle in drugi, 2005; Winder in

Borrill, 1998) in hormone (Gulpinar in Yegen, 2004), holinergične agoniste (Iversen, 1998; Power in drugi, 2003; Freo in drugi, 2005), družino piracetama (Mondadori, 1996), ampakine (Lynch, 1998; Ingvar in drugi, 1997) in pospeševalce konsolidacije (Lynch, 2002).

Prehrana in prehranska dopolnila lahko vplivajo na kognicijo. Za vzdrževanje optimalnega delovanja zahtevajo možgani neprekinjen dotok glukoze, njihovega največjega vira energije (Fox in drugi, 1988). Povečanje dostopnosti glukoze iz zaužitih sladkorjev ali sproščanja norepinefrina, hormona akutnega stresa, izboljšuje spomin (Wenk, 1989; Foster in drugi, 1998), učinki pa so še posebej izraziti pri zahtevnih nalogah (Sunram-Lea in drugi, 2002). Kaže, da kreatin, hranilo, ki izboljšuje razpoložljivost energije, koristi tudi učinkovitosti celotnega kognitivnega delovanja (Rae in drugi, 2003) in zmanjšuje mentalno utrujenost (Watanabe in drugi, 2002; McMorris in drugi, 2006). Poleg tega, da je vir energije, lahko hrana prispeva h kogniciji tako, da daje aminokisliline, ki so potrebne pri proizvodnji neurotransmiterjev, kar je še zlasti pomembno v obdobjih stresa ali nepretrgane koncentracije (Banderet in Lieberman, 1989; Deijen in drugi, 1999; Lieberman, 2003). Obstajajo tudi dokazi, da dodajanje mikrohranil pri nekaterih otrocih povečuje neverbalno inteligentnost. Ta učinek je morda mogoče pripisati popravku občasnega primanjkanja posameznih snovi, prej kot splošnemu izboljševalnemu delovanju (Benton, 2001).

Poživila izboljšujejo spomin s povečevanjem nevrnske aktivacije ali s sproščanjem nevro-modulatorjev, kar pospešuje sinaptične spremembe, ki so podlaga učenju. Najzgodnejše izboljševalne droge so večinoma obsegale nespecifična poživila in hranila. V davniini se je medena voda (hidromel) na primer pogosto uporabljala za doping.

Napredek v znanstvenem razumevanju spomina omogoča razvoj učinkovin, ki imajo več specifičnih načinov delovanja. Primer tega so učinkovine, ki stimulirajo holinergični sistem, za katerega kaže, da dodeljuje pozornost in spominsko kodiranje. Trenutno zanimanje je osredinjeno na poseganje v proces trajnega kodiranja v sinapsah, postopek, ki je bil v nedavnih letih obširno razložen in je obetajoča tarča za razvoj učinkovin. Cilj je tako razviti učinkovine, ki možganom ne omogočajo le hitrega učenja, temveč tudi spodbujajo selektivno ohranjanje naučenih informacij. Dokazano je bilo, da več različnih poskusnih substanc izboljšuje učinkovitost delovanja pri določenih spominskih testih. Ni še znano, ali te učinkovine spodbujajo učenje tudi v realnih življenjskih situacijah, vendar pa je dokaj verjetno, da je s pomočjo farmakoloških sredstev mogoče doseči uporabno izboljšanje spomina.

Farmakološke učinkovine morda ne bi bile koristne samo za ojačevanje spominskega ohranjanja, temveč tudi za pozabljanje fobij in odvisnosti (Pitman in drugi, 2002; Hofmann in drugi, 2006; Ressler in drugi, 2004). Potencialno bi lahko kombinacija različnih učinkovin, prejetih v različnih trenutkih, uporabniku omogočila natančnejši nadzor nad lastnimi procesi učenja, morda celo zmožnost namerno izbrati specifične spomine, ki jih želi obdržati ali pa se jih znebiti.

Celo vsakdanja, tradicionalna in neregulirana zelišča in začimbe, kot je žajbelj, lahko izboljšajo spomin in razpoloženje s kemičnimi učinki (Kennedy in drugi, 2006). Čeprav so šibkejši od učinkov namenskih inhibitorjev holinesteraze, takšni učinki ponazarjajo, da bi bili poskusi nadzorovanja dostopa do substanc za izboljševanje kognicije problematični. Videti je, da celo žvečenje žvečilnega gumija vpliva na spomin, morda z zvišanjem razvnetosti ali krvnega sladkorja (Wilkinson in drugi, 2002).

Delovni spomin je mogoče modulirati z vrsto učinkovin. Učinkovine, ki stimulirajo dopaminski sistem, imajo dokazane učinke, prav tako kot holinergične učinkovine (morda z izboljšanjem kodiranja) (Barch, 2004).

Ugotovljeno je bilo, da modafinil izboljšuje delovni spomin pri zdravih poskusnih subjektih, še posebno pri težavnejših nalogah in pri subjektih z manjšo uspešnostjo opravljanja nalog (Muller in drugi, 2004) (podobni izsledki večjih izboljšanj med subjekti z manjšo uspešnostjo opravljanja nalog so bili opaženi tudi pri dopaminergičnih učinkovinah in mogoče je, da je to splošen vzorec za številne kognitivne izboljševalce). Ugotovljeno je bilo, da modafinil povečuje razpon pomnjenja številskih zaporedij od začetka ali od konca niza, spomin prepoznavanja vidnih vzorcev, prostorsko načrtovanje in odzivni čas/latenco pri različnih opravilih, povezanih z delovnim spominom (Turner in drugi, 2003). Način delovanja te učinkovine še ni razumljen, zdi pa se, da je del tega mehanizma modafinilova zmožnost izboljšati prilagodljivi zadržek pri odzivu, zaradi česar subjekt temeljiteje ovrednoti problem, preden se odzove, ter tako izboljša natančnost kakovosti delovanja. Učinek na delovni spomin je tako morda del bolj splošnega izboljševanja izvršilne funkcije.

Modafinil je bil prvotno razvit za zdravljenje narkolepsije in se lahko uporablja za zmanjševanje upadanja učinkovitosti delovanja pri pomanjkanju spanca z očitno majhnimi stranskimi učinki in neznatnim tveganjem odvisnosti (Teitelman, 2001; Myrick in drugi, 2004). Ta učinkovina je izboljšala pozornost in delovni spomin pri zdravnikih (Gill in drugi, 2006) in letalcih, ki jim je močno primanjkovalo spanca (Caldwell in drugi, 2000). Kratka obdobja dremeža med dolgimi (48-urnimi) obdobji pomanjkanja spanca so pri ohranjanju učinkovitosti delovanja uspešnejša od modafinila in amfetamina, medtem ko ravno nasprotno velja za krajša obdobja (24 ur) pomanjkanja spanca. Kratek dremež, ki mu sledi odmerek modafinila, je lahko učinkovitejši kot kateri izmed obeh omenjenih posamezno (Batejat in drugi, 1999). Ti rezultati skupaj s študijami o hormonih, kakršen je melatonin, ki lahko nadzoruje ritem spanca (Cardinali in drugi, 2002), dajejo slutiti, da lahko učinkovine omogočijo natančno uravnavanje vzorcev budnosti za izboljšanje učinkovitosti opravljanja nalog v zahtevnih razmerah ali v motenih ciklih spanca.

Obstajajo tudi učinkovine, ki vplivajo na to, kako se možganska skorja reorganizira v odziv na poškodbe ali urjenje. Za noradrenergične agoniste, kakršen je amfetamin, je bilo ugotovljeno, da v kombinaciji z urjenjem spodbujajo hitrejšo povrnitev delovanja po možganski poškodbi (Gladstone in Black, 2000) ter da izboljšujejo učenje umetnega jezika (Breitenstein in drugi, 2004). Verjetna razlaga je, da večja vzdražljivost povečuje plastičnost skorje, kar pa znova vodi v sinaptično klitje in remodeliranje (Stroemer in drugi, 1998; Goldstein, 1999). Alternativa farmakološkemu povečanju nevromodulacije je električno stimuliranje nevromodulatornih centrov, ki navadno nadzorujejo plastičnost s pomočjo pozornosti ali nagrajevanja. Pri poskusih na opicah je to povzročilo hitrejšo reorganizacijo skorje (Bao in drugi, 2001; Kilgard in Merzenich, 1998).

## Translobanjska magnetna stimulacija

Translobanjska magnetna stimulacija (TMS) lahko poveča ali zmanjša vzdražljivost možganske skorje, s čimer spremeni njen nivo plastičnosti (Hummel in Cohen, 2005). TMS motorične skorje, ki je povečala njeno vzdražljivost, je izboljšala kakovost učinkovitosti delovanja pri nalogi, povezani s procedurnim učenjem (Pascual-Leone in drugi, 1999). TMS v ustreznih predelih se je prav tako izkazala za koristno pri motorični nalogi (Butefisch in drugi, 2004), motoričnem učenju (Nitsche in drugi, 2003), nalogah vizualno-motorične koordinacije (Antal in drugi, Nitsche in drugi, 2004; Antal in drugi, 2004), delovnem spominu (Fregni in drugi, 2005), zaporedju udarjanja s prstom (Kobayashi in drugi, 2004), klasifikaciji (Kincses in drugi, 2004) ter celo pri

utrjevanju deklarativnega spomina med spanjem (Marshall in drugi, 2004). Snyder in drugi trdijo, da bi lahko TMS, ki ovira prednje možganske predele, spremenila stil risanja normalnih subjektov v konkretniji stil in izboljšala zmožnosti preverjanja pravopisa, domnevno z zmanjšanjem semantičnega nadzora od zgoraj navzdol (Snyder in drugi, 2003; Snyder in drugi, 2004). Medtem ko je videti, da je TMS lahko dokaj mnogostranska in neinvazivna, obstaja tveganje sprožitve epileptičnih napadov, učinki dolgoročne uporabe pa so neznani. Prav tako je mogoče, da bi bile zaradi razlik med posameznimi možgani lahko potrebne obsežne prilagoditve, preden bi jo bilo mogoče uporabiti za izboljšanje specifičnih kognitivnih zmogljivosti. Še vedno je vprašanje, ali bo TMS kdaj postala praktično uporabna metoda izboljševanja.

## Genetske modifikacije

Genetsko izboljševanje spomina je bilo pokazano pri podganah in miših. Pri normalnih živalih se med dozorevanjem ekspresija NR2B podenote NMDA receptorja postopoma zamenja z ekspresijo NR2A podenote. To bi utegnilo biti povezano z manjšo plastičnostjo možganov odraslih živali. Tsien in drugi (Tang in drugi, 1999) so modificirali miši tako, da čezmerno izražajo NR2B podenoto. NR2B »Doogie« miši so kazale izboljšano učinkovitost delovanja spomina, tako glede pridobivanja kot ohranjanja. To je vključevalo tudi pozabljanje naučenega strahu, za katerega se domneva, da izhaja iz učenja sekundarnega spomina (Falls in drugi, 1992). Zaradi modifikacije so miši postale tudi bolj občutljive za določene oblike bolečine, kar nakazuje na ne ravno neznatno izmenjavo med dvema potencialnima ciljema izboljševanja (Wei in drugi, 2001). Občutljivost na bolečino bi bilo mogoče ublažiti z uporabo analgetika.

Povečane količine možganskih rastnih faktorjev (Routtenberg in drugi, 2000) in beljakovine za transdukcijo signalov, adenilil ciklaze (Wang in drugi, 2004) so prav tako povzročile izboljšanje spomina. Te modifikacije so imele različne izboljševalne učinke. Odpravljanje naučenega je pri teh modificiranih miših trajalo dlje kot pri nemodificiranih, medtem ko so miši v zgoraj omenjeni Tsienovi študiji pokazale hitrejšo odpravljanje naučenega, kot je normalno. Vplivi na različne spominske naloge so bili prav tako različni: miši s ciklazo so imele izboljšan spomin prepoznavanja, niso pa imele izboljšane učenja v kontekstu ali po namigih. Druga študija je odkrila, da so imele miši z izbranim genom *cbl-b* normalno sposobnost učenja, a izboljšano dolgoročno ohranjanje, kar domnevno kaže, da je ta gen negativni regulator spomina (Tan in drugi, 2006). To izboljševanje je lahko posledica sprememb v nevalni plastičnosti med samo učno nalogo ali pa posledica ontogenetskih sprememb v razvoju možganov, ki spodbujajo poznejše učenje ali ohranjanje.

Videti je, da je bila celična mašinerija spomina v evoluciji močno ohranjena, zato je verjetno, da bodo imeli posegi, dokazano delujoči na živalskih modelih, zelo podobne učinke pri ljudeh (Bailey in drugi, 1996; Edelhoff in drugi, 1995).

Genetske študije so pri ljudeh odkrile tudi gene, katerih variacije so odgovorne za do pet odstotkov učinkovitosti delovanja spomina (de Quervain in Papassotiropoulos, 2006). Mednje spadajo geni za receptor NMDA in adenilil ciklazo, ki so bili omenjeni zgoraj, kakor tudi geni, vpleteni v druge faze kaskade sinaptičnih signalov. Ti so očitne tarče izboljševanja.

Glede na te zgodnje rezultate se zdi verjetno, da obstajajo številni potencialni genetski posegi, ki bi neposredno ali posredno izboljšali določene vidike spomina. Če se bo izkazalo, da ugodni učinki posegov niso posledica sprememb v razvoju, je domnevno mogoče doseči nekatere izmed učinkov z oskrbovanjem možganov s snovmi, ki jih proizvajajo spominski geni, ne da bi se bilo treba zateči h genetskimi modifikacijam. Vendar pa bi genetske modifikacije omogočile



<sup>4</sup> Morebiten primer je predlagan v Cochran in drugi (2006), kjer je predvideno, da naj bi heterozigotnost za Tay-Sachsovo bolezen povečala IQ za približno 5 točk.

neodvisnost posameznika od zunanje oskrbe z učinkovinami ter zagotavljalje, da snovi končajo na pravem mestu.

Študije genetike inteligentnosti namigujejo, da obstaja veliko genetskih variacij, ki vplivajo na inteligentnost posameznika, vendar pa je vsaka odgovorna le za zelo majhen delež (< 1 %) različnosti med posamezniki (Craig in Plomin, 2006). To nakazuje, da bi imelo genetsko izboljševanje inteligentnosti z neposrednim vnosom nekaterih ugodnih alel le majhen izboljševalni učinek. Je pa mogoče, da bi imele nekatere alele, ki so v človeški populaciji redke, lahko večje učinke na inteligentnost, tako negativne kot pozitivne.<sup>4</sup>

## Predrojstveno in obrojstveno izboljševanje

Pomembna oblika kemičnega izboljševanja je izboljševanje pred rojstvom in takoj po njem. Dopolnjevanje prehrane brejih podgan s holinskimi dodatki je izboljšalo dejavnost njihovih mladičev, očitno je to bilo posledica sprememb v nevronnem razvoju (Meck in drugi, 1988; Mellott in drugi, 2004). Glede na lahko dosegljivost holinskih dodatkov je mogoče, da se takšno predrojstveno izboljševanje (nenamerno) že izvaja v človeških populacijah. Prav tako je bilo dokazano, da dodajanje dolgoveržnih maščobnih kislin v prehrano matere med pozno nosečnostjo in v prehrano otroka tri mesece po porodu, izboljšuje kakovost kognitivnega delovanja pri človeških otrocih (Helland in drugi, 2003). Na namerne spremembe materinske prehrane je mogoče gledati kot na del razpona kognitivnega izboljševanja.

Trenutno so priporočila materam večinoma usmerjena v promocijo prehrane, v kateri ne primanjkuje določenih snovi oziroma ne vsebuje škodljivih snovi, vendar pa rastoči poudarek na krepitevi »dobrih maščob« in uporabi obogatenih začetnih formul za dojenčke kaže v smer izboljševanja.

## Zunanji strojni in programski sistemi

Nekateri pristopi na področju interakcije med ljudmi in računalniki so nedvoumno usmerjeni v kognitivno izboljševanje (Engelbart, 1962). Seveda se zunanja strojna oprema že zdaj uporablja za povečanje kognitivnih zmognosti, pa naj bo to papir in svinčnik, kalkulatorji ali osebni računalniki. Številni vsakdanji kosi programske opreme delujejo kot okolja za izboljševanje kognicije, kjer programska oprema pomaga prikazovati informacije, hkrati ohranjati več različnih stvari v spominu in opravljati rutinske naloge. Orodja za izkopavanje podatkov in vizualizacijo informacij obdelujejo in naredijo razumljive velikanske količine podatkov, s kakršnimi se naš zaznavni sistem ni sposoben spoprijeti. Druga orodja, kot so strokovni sistemi, simbolni matematični programi, programska oprema za podporo odločitvam in agenti za iskanje, povečujejo specifične veščine in zmogljivosti.

Nov je rastoči interes za stvaritev intimnih povezav med zunanjimi sistemi in človeškim uporabnikom s pomočjo boljše interakcije. Programska oprema postaja manj zunanje orodje in bolj posredovalni »eksojaz«. To je mogoče doseči s posredovanjem, z vgnezdenjem človeka v izostrujočo »lupino«, kot so nosljivi računalniki (Mann, 2001; Mann in Niedzwiecki, 2001) ali navidezno resničnost, ali s pomočjo pametnih okolij, v katerih so objektom podeljene razširjene zmognosti. Primer tega je vizija »vseprisotnega računalništva«, v katerem bi bili objekti opremljeni z lastnimi identitetami ter nosilci zmognosti aktivnega podpiranja in komuniciranja z uporabnikom (Weiser,

1991). Dobro zasnovano okolje lahko izboljšuje proaktivni spomin (Sellen in drugi, 1996) s tem, ko v ustreznem kontekstu namerno spomni na predhodne namere.

Še ena oblika eksojaz programske opreme za izboljševanje spomina pa so agenti pomnjenja (Rhodes in Starner, 1996), programski agenti, ki delujejo kot močno razširjeni asociativni spomin. Agenti imajo dostop do podatkovne baze informacij, kamor spadajo uporabnikove datoteke, e-poštna korespondenca itd., in jo uporabljajo za to, da predlagajo ustrezne dokumente glede na trenutni kontekst. Druge eksojaz aplikacije vključujejo dodatke k vidu (Mann, 1997), koordinacijo ekip (Fan in drugi, 2005), prepoznavanje obrazov (Singletary in Starner, 2000), mehanično napovedovanje (Jebara in drugi, 1997) in snemanje čustveno pomembnih dogodkov (Healey in Picard, 1998).

Glede na razpoložljivost podpor za zunanji spomin, od pisave do nosljivih računalnikov, je verjetno, da bo ključna oblika spominskih potreb ljudi v prihodnosti v čedalje večji meri zmožnost povezovati informacije v uporabne koncepte, asociacije in veščine, in ne zmožnost pomnjenja velikih količin surovih podatkov. Funkcije skladiščenja in ponovnega pridobivanja je pogosto mogoče razbremeniti z možganov na druge medije, medtem ko znanja, strategij in asociacij, ki povezujejo podatke z večšo kognicijo, do zdaj še ni mogoče prenesti na računalnike, vsaj ne do iste mere.

## Vmesniki med možgani in računalniki

Nosljivi računalniki in dlančniki so že zdaj intimne naprave, ki se nosijo na telesu, obstajajo pa že predlogi za še tesnejše vmesnike. Neposreden nadzor nad zunanjimi napravami s pomočjo možganske dejavnosti je bil z nekaj uspeha proučevan zadnjih 40 let, čeprav je ta metoda še vedno oblika signaliziranja z zelo majhno pasovno širino (Wolpaw in drugi, 2000).

Najbolj dramatični potencialni strojni izboljševalci so vmesniki med možgani in računalnikom. Razvoj je hiter, tako pri strojni opremi, kjer multielektrodni posnetki z več kot 300 elektrodami, trajno vsajenimi v možgane, kažejo trenutno stanje tehnike, kakor tudi na strani programske opreme, kjer se možgani učijo interpretirati signale in ukaze (Nicolelis in drugi, 2003; Shenoy in drugi, 2003; Carmena in drugi, 2003). Zgodnji poskusi na ljudeh so pokazali, da lahko popolnoma ohromljeni pacienti nadzorujejo računalniški kurzor z uporabo ene same v možgane vsajene elektrode (Kennedy in Bakay, 1998), poskusi, ki so jih opravili Patil in drugi, pa so dokazali, da bi multielektrodne snemalne naprave, kakršne se uporabljajo pri opicah, najverjetneje delovale tudi pri ljudeh (Patil in drugi, 2004). Poskusi z lokaliziranim kemičnim sproščanjem iz vsajenih čipov napeljujejo tudi na možnost uporabe nevalnih rastnih faktorjev za spodbujanje lokalne rasti in povezovanja po vzorcu (Peterman in drugi, 2004).

Polževi vsadki se že zdaj obsežno uporabljajo, raziskave pa se izvajajo tudi na področju umetnih mrežnic (Alteheld in drugi, 2004) in funkcionalnih električnih stimulacij za zdravljenje paralize (von Wild in drugi, 2002). Ti vsadki so predvideni za izboljšanje funkcionalnih deficitov in se zdravim ljudem v predvidljivi prihodnosti zelo verjetno ne bodo zdeli privlačni. Kljub temu pa bi bilo digitalne dele vsadka načeloma mogoče povezati s katero koli vrsto zunanje programske in strojne opreme. To bi lahko omogočilo uporabo za izboljševanje, kakršen bi bil dostop do programskih orodij, interneta in aplikacij za navidezno resničnost. V demonstracijskem projektu je bil zdravemu prostovoljcu omogočen nadzor nad robotsko roko z uporabo taktilnih povratnih informacij, tako v neposredni okolici kot na daljavo, ter izvajanje preproste nevalne komunikacije z drugim vsadkom (Warwick in drugi, 2003). Vseeno pa bi ljudje brez fizičnih okvar najverjetneje lahko dosegli pravzaprav enako funkcionalnost ceneje, varneje in učinkoviteje s pomočjo oči, prstov in glasovnega nadzora.

## Kolektivna inteligentnost

Velik del človeške kognicije je porazdeljen med več različnih razumov. Takšno razdeljeno kognicijo je mogoče izboljšati z razvojem in uporabo zmogljivejših orodij in metod intelektualnega sodelovanja. Svetovni splet in e-pošta sta med najmočnejšimi oblikami programske opreme za kognitivno izboljševanje. Z uporabo takšne družbene programske opreme je razdeljeno inteligentnost velikih skupin mogoče medsebojno deliti in usmeriti k specifičnim ciljem (Surowiecki, 2004).

Povezani sistemi omogočajo sodelovanje številnih ljudi pri konstrukciji medsebojno deljenega znanja in rešitev. Ponavadi velja, da več ko je posameznikov, ki se povežejo, močnejši postane sistem (Drexler, 1991). Informacije v takšnih sistemih niso shranjene samo v posameznih dokumentih, temveč tudi v medsebojnih odnosih. Kadar obstajajo takšni medsebojno povezani viri informacij, lahko avtomatizirani sistemi, kakršni so iskalniki (Kleinberg, 1999), pogosto bistveno izboljšajo našo zmožnost iz virov izvleči uporabne informacije.

Znižani stroški koordinacije lahko večjim skupinam omogočijo delo na skupnih projektih. Skupine prostovoljcev s skupnimi interesi, kot so amaterski novinarji »bloggerji« in odprtokodni programerji, so demonstrirale, da lahko uspešno dokončajo velike in visokokompleksne projekte, kot so spletne politične kampanje, enciklopedija Wikipedia in operacijski sistem Linux. Sistemi za spletno sodelovanje lahko inkorporirajo učinkovito popravljanje napak (Raymond, 2001; Giles, 2005), kar sčasoma omogoča inkrementalno izboljševanje kakovosti.

Močna tehnika kopičenja znanja so napovedni trgi (znani tudi kot »informacijski trgi« ali »terminski trgi za ideje«). Na takšnem trgu udeleženci trgujejo z napovedmi bodočih dogodkov. Cene teh stav odražajo najboljše razpoložljive informacije o verjetnosti, da se bodo ti dogodki zgodili (Hanson in drugi, 2003). Kaže, da so takšni trgi samopopravljivi in odporni, dokazano pa je bilo tudi, da delujejo bolje kot alternativne metode proizvodnje verjetnostnih napovedi, kakršne so mnenjske ankete in strokovne razprave (Hanson in drugi, 2006).

## Etična vprašanja

### Varnost

Zaskrbljenost glede varnosti se ponavadi osredinja na medicinska tveganja notranjih bioloških izboljšav, vendar pa tveganja spremljajo vsakršen poseg, ne zgolj biomedicinske postopke. Zunanje programsko izboljševanje odpira vprašanja o varnosti, kot je varovanje zasebnosti in podatkov. Podobna vprašanja se lahko porodijo pri nekaterih izboljšavah, ki se osredinjajo na kolektivno inteligentnost. Te lahko tudi ustvarijo edinstvene vrste tveganj, ki izhajajo iz emergentnih pojavov v velikih omrežjih medsebojno delujočih agentov – kar potrjujejo »požarne vojne«, k izbruhu katerih so nagnjeni nekateri e-poštni sezname, ustvarijo pa stres in neprijetnosti za vse vpletene. Psihološke tehnike in urjenje na splošno velja za varne, vendar pa lahko glede na to, da ima njihova dolgoročna uporaba znatne učinke na nevrnalno organizacijo, pomenijo precejšnje tveganje za uporabnika.

Celo izobraževanje je tvegana metoda izboljševanja. Izobraževanje lahko izboljša kognitivne veščine in zmogljivosti, lahko pa tudi ustvari fanatike, dogmatike, sofistične argumentatorje, večče racionalizatorje, cinične manipulatorje in indoktrinirane, predsodkov polne, zmedene ali sebično preračunljive razume. Celo visokokakovostna izobrazba, ki vključuje urjenje v formal-

nih metodah in kritičnem razmišljanju, ima lahko problematične učinke. Na primer, vrsta raziskav nakazuje, da zaradi študija ekonomije študenti v povprečju postanejo bolj sebični, kot so bili prej (Frank in drugi, 1993; Rubinstein, 2005). Višja izobrazba lahko poveča tudi tveganje, da posameznik postane profesor ali univerzitetni dostojanstvenik – poklic, ki ga je E. Friedell označil kot »stanje, ki vključuje počasno presnovo, slabo prebavo, naklonjenost doktrinam minimalnih sprememb in pikolovstvu« (glej Kolnai, 1976).

Mogoče je trditi, da so tveganja, ki izhajajo iz izobrazbe, temeljno drugačna od določenih drugih kategorij tveganja, kakršna so medicinska tveganja. Študent, ki postane fanatik ali sebično preračunljiv, to stori, tako trdi en argument, z lastno izbiro in premišljenim sprejetjem ali odzivom na poučevano snov. V nasprotju s tem je delovanje učinkovine na živčni sistem bolj neposredno ter ni posredovano s predloženimi prepričanji ali zavestnim premislekom. Vendar pa ta argument ni v celoti prepričljiv. Izobraževalno izboljševanje se v velikem obsegu izvaja na subjektih, ki so premladi, da bi lahko dali svoje prostovoljno soglasje k postopku, in ki niso sposobni kritično ovrednotiti tega, kar jih učijo. Celo med študenti na višji stopnji ni verjetno, da so vsi učinki izobraževanja posredovani z racionalnim premislekom. Večina se preprosto »absorbira« skozi podzavestno posnemanje in kot stranski učinek tega, kako so informacije predstavljene. Kognitivne navade in nagnjenja, pridobljena v izobraževanju, imajo pogosto dosmrtno posledice.

Vseeno pa je verjetno, da bodo vprašanja o varnosti na področju medicinskih izboljšav pritegnila največ pozornosti. Ker trenutni sistem zdravstvenih tveganj temelji na primerjavi tveganj zdravljenja s pričakovano koristjo zmanjšane tveganja obolevnosti zaradi uspešnega zdravljenja, je močno nenaklonjen tveganju pri izboljšavah, saj ta ne zmanjšujejo tveganja obolevnosti, njihova korist za pacienta pa je lahko v celoti neterapevtska, močno subjektivna in odvisna od konteksta. Kljub temu je mogoče najti precedense za drugačen model tveganj, na primer pri uporabi kozmetične kirurgije. Konsenz je, da pacientova avtonomija obvelja vsaj nad manjšimi medicinskimi tveganji, tudi kadar postopek ne zmanjša ali prepreči obolevnosti. Podoben model bi bilo mogoče uporabiti pri medicinskih kognitivnih izboljšavah, kjer bi bilo uporabniki dovoljeno sprejeti odločitev, če koristi odtehtajo potencialna tveganja, temelječa na nasvetu medicinskih strokovnjakov in njenih lastnih ocen o tem, kako bi poseg lahko vplival na njene osebne cilje in na njen način življenja. Tveganja kronične uporabe učinkovin za kognitivno izboljševanje vključujejo možnost tako medicinskih stranskih učinkov kot učinkov, ki so bolj neposredno povezani z zaželeno funkcijo učinkovine. Na primer, izboljševanje spomina bi lahko z izvajanjem svojega želenega učinka povečalo število ohranjenih nepomembnih »odpadnih« spominov, kar bi bilo lahko nezaželeno. Vnaprej pogosto ne bo mogoče natančno izmeriti teh potencialnih tveganj dolgoročne uporabe, zato obstaja meja glede tega, koliko usmerjanja pri odločanju lahko uporabnik pričakuje od medicinskih strokovnjakov. Medicinski strokovnjaki pa tudi niso nujno sposobni oceniti, ali so, za določenega uporabnika, koristi vredne tveganj.

Razvoj kognitivnih izboljševal se lahko sooča tudi s problemi glede sprejemljivega tveganja za preizkusne subjekte. Zanesljivost raziskav je še eno takšno vprašanje. Veliko posegov, ki izboljšujejo kognicijo, kaže majhen obseg učinkov. To bo morda zahtevalo zelo obsežne epidemiološke študije, ki bi morda lahko velike skupine izpostavile nepredvidenim tveganjem.

Zaradi nekaterih izboljšav bi lahko postali bolj odvisni od zunanje tehnologije, infrastrukture ali učinkovin. Če bi bila oskrba prekinjena, bi uporabniki lahko trpeli za simptomi odvzema ali poslabšano zmogljivostjo. Je to zadosten razlog za odsvetovanje določenih izboljšav? Je življenje, odvisno od zunanjih podpornih struktur, manj vredno življenja ali manj dostojanstveno kot neodvisno ali bolj »naravno« življenje brez podpore?

## Namen medicine

V biomedicinski sferi je ena izmed običajnih skrbi v zvezi z izboljšavami ta, da segajo onkraj namena medicine. Razprava o tem, ali je mogoče potegniti ločnico med terapijo in izboljševanjem, in če je odgovor da, kje naj ta poteka, je zelo obsežna. Ne glede na to je jasno, da medicina kljub temu vključuje veliko terapij, ki niso namenjene zdravljenju, preprečevanju ali izboljšanju bolezni, med katere na primer spadajo plastična kirurgija in kontracepcijska sredstva, ki so splošno sprejeta. Obstaja veliko oblik izboljševanja, ki ne ustrezajo medicinskemu okviru, kot so psihološke tehnike in prehrana, a kljub temu prinašajo medicinske učinke. Četudi bi se bilo mogoče dogovoriti za mejo med terapijo in izboljševanjem, je nejasno, ali bi le-ta dejansko imela kakršen koli normativen pomen.

Sorodna skrb je, da bo zatekanje k medicinskim ali tehnološkim »takojšnjim rešitvam« nado mestilo prizadevanja za soočanje z globljimi družbenimi ali osebnimi problemi. O ritalinu in drugih ADHD (motnja hiperaktivnosti in pomanjkanja pozornosti) zdravilih (od katerih mnoga delujejo kot kognitivna izboljševala pri zdravih subjektih) so v preteklosti potekale zelo razgrete razprave. Nekateri so trdili, da se ta zdravila pogosto uporabljajo za prikrivanje neuspehov v izobraževalnem sistemu, s tem, ko razgrajaške otroke delajo mirnejše, namesto da bi poskušali razviti učne metode, ki lahko ugodijo širšemu razponu individualnih načinov in potreb učenja. A vseeno, če sodobna družba zahteva veliko več študiranja in intelektualne koncentracije, kot je bilo za našo vrsto tipično v njenem okolju evlucijske adaptacije, potem ni presenetljivo, da si veliko ljudi dandanes z velikim naporom prizadeva zadovoljiti zahteve šole ali delovnega mesta. Na tehnološko samomodifikacijo in uporabo metod kognitivnega izboljševanja je mogoče gledati kot na razširitev zmožnosti človeške vrste za prilagajanje njenemu okolju.

## Izboljševanje za mladoletne in opravično nesposobne posameznike

Otroci niso v položaju, da bi lahko dali prostovoljno soglasje za medicinske posege. Enako velja za posameznike s hudimi umskimi nezmožnostmi in za živali. Kdo naj bi sprejemal odločitve o uporabi izboljšav v imenu opravično nesposobnih subjektov? Na kakšni podlagi naj se takšne odločitve izvajajo? Ali obstaja posebna zaveza pomagati nekaterim opravično nesposobnim posameznikom, da bi postali kompetentni agenti, sposobni avtonomnega razmišljanja? Lahko se tudi vprašamo, pod predpostavko, da bi to postalo tehnološko izvedljivo, če bi morali nekaterim živalim (kot so višje opice) podeliti kognitivne izboljšave (jih »povzdigniti«) ter jim tako omogočiti delovanje na ravni, ki je bliže nivoju normalnih ljudi.

## Prokreativna izbira in evgenika

Nekatere izboljšave ne povečujejo zmogljivosti obstoječih bitij, temveč namesto tega povzročijo nastanek nove osebe z večjimi zmogljivostmi, kot bi jih imela neka druga oseba, ki bi bila lahko nastala namesto nje. To se zgodi pri selekciji zarodkov (Glover, 1984). Trenutno se predimplantacijska genetska diagnoza v glavnem uporablja za izločanje zarodkov z genetskimi boleznimi in občasno za izbiro spola. V prihodnosti pa se lahko razvijejo testi za vrsto različnih genov, pri katerih je znana korelacija z zaželenimi lastnostmi, vključno s kognitivno zmogljivostjo. Genetski inženiring se bo lahko uporabljal tudi za odstranjevanje ali vnašanje genov v zigoto ali zgodnji zarodek. V nekaterih primerih bo morda nejasno, ali je izid nov posameznik ali isti posameznik z gensko modifikacijo.

Argumentiralo se je, da kadar je staršem to mogoče storiti brez znatnih stroškov ali težav zase, imajo obveznost izbrati – izmed mogočih otrok, ki bi jih lahko imeli – tistega, za katerega presodijo, da bo imel najboljše možnosti za dobro življenje. Ta obveznost je bila poimenovana načelo prokreativne dobrodelnosti (Savulescu, 2001).

Kritiki genetskih izboljšav so trdili, da bo stvaritev »dizajnerskih dojenčkov« pokvarila starše, ki bodo začeli na svoje otroke gledati zgolj kot na izdelke, ki so predmet ocenjevanja skladno s standardi nadzora kakovosti, namesto da bi jih brezpogojno sprejeli in ljubili. Smo na oltarju potrošništva pripravljeni žrtvovati tudi tiste globoke vrednote, ki so utelešene v tradicionalnih razmerjih med otrokom in starši? Je stremljenje po popolnosti vredno te kulturne in moralne cene? (Kass, 2002) Vendar pa trenutno ni nikakršnih jasnih dokazov za hipotezo, da bi starši, ki bi pri prokreaciji uporabljali opcijo izboljševanja, postali nezmožni sprejemati in ljubiti svoje otroke. Ko je bilo prvič uvedeno oplojevanje *in vitro*, so biokonservativni kritiki napovedovali podobno psihično škodo, ki pa na srečo ni nastala.

Nekateri zagovorniki posebnih potreb so izrazili skrb, da bi genetsko izboljševanje lahko izrazilo negativen odnos do ljudi s posebnimi potrebami, ki bi bili zato morda soočeni s povečano diskriminacijo. Videti je, da ta ugovor prav tako velja za uporabo predimplantacijske genetske diagnostike pri preiskovanju zarodkov za morebitnimi genetskimi abnormalnostmi, v smislu da abnormalni zarodki veljajo za nevedne nadaljnega razvoja. Nekateri so trdili, da bi genetska selekcija in genetsko izboljševanje bila nekakšna »tiranija živečih nad nerojenimi« (Jonas, 1985). Drugi so odgovarjali, da otrok ni nič bolj svoboden, če njegove gene namesto izbire staršev določa naključje. Poleg tega bi nekatere izboljšave povečale zmogljivost otrok za avtonomno delovanje (Fukuyama, 2002).

Obstajajo tudi vprašanja o povezavi med posegi v zarodno linijo in zdaj diskreditiranimi evgeničnimi programi preteklega stoletja. Vseeno pa drugi posegi, ki lahko vplivajo na naslednjo generacijo, kot so predrojstvena kirurgija, izboljšanje materinske prehrane ter preiskovanje za genetskimi abnormalnostmi, niso obudili enakih skrbi. Pomembno je določiti razlog za to, ter preiskati, ali obstajajo etično pomembne razlike med tem, kar so morda zgolj različna sredstva za doseg istega cilja. Sodobni branilci tako imenovane »liberalne evgenike« poudarjajo, da ne podpirajo prisilnih državnih programov, temveč da bi moralo biti staršem dovoljeno, naj sami izberejo, ter, da je treba braniti prokreativno svobodo (Agar, 2004). Tukaj se še vedno odpira več vprašanj, kot na primer, ali naj država subvencionira izboljšave za starše, ki si jih ne morejo privoščiti, in kakšno varstvo pred škodljivimi posegi bi država lahko vzpostavila, ne da bi pri tem preveč posegla v reproduktivno svobodo.

## Pristnost

Vprašanje pristnosti ima več plati. Ena izmed njih je ideja, da ima prirojena ali dosežena odličnost večjo vrednost od sposobnosti, ki je kupljena. Če so kognitivne zmožnosti naprodaj v obliki pilule ali drugega zunanjega pomagala, bi to zmanjšalo njihovo vrednost in jih naredilo manj občudovanja vredne? Bi bile zato v nekem smislu te zmožnosti manj pristno *naše*? V povezavi s tem lahko pomislimo, da če se odličnost v glavnem dosega s trdim delom, potem imajo genetske razlike in kakovost starševstva manj pomembno vlogo pri določanju uspeha. Če pa bi do odličnosti obstajale bližnjice, potem bi dostop do teh bližnjic namesto tega postal odločujoči dejavnik uspeha ali neuspeha.

Vendar pa se v številnih primerih bližnjice do odličnosti tolerirajo. Ne odrehamo se atletom, ker nosijo zaščitne čevlje (ki obenem izboljšujejo kakovost delovanja), saj jim omogočajo,

da se osredinijo na zanimive sposobnosti in ne na oblikovanje debelih podplatov. V številnih osnovnih šolah kalkulatorji pri urah matematike, kjer je cilj razumeti osnovno aritmetiko, niso dovoljeni, dovoljeni in vedno bolj nujni pa so v višjih razredih. Osnove so takrat že obvladane in cilj postane razumeti naprednejše teme. Ti primeri ponazarjajo, da lahko kognitivno izboljševanje, usmerjeno v razširitev in izpopolnitev sposobnosti osebe, spodbuja pristnost tako, da jo razbremeni nepomembnih, ponavljajočih se ali dolgočasnih nalog in omogoči, da se oseba osredini na bolj kompleksne izzive, ki so na zanimivejše načine povezani z njenimi cilji in zanimanjem.

Druga plat vprašanja pristnosti pa je obseg, do katerega oglaševalci manipulirajo z našo »svobodno izbiro«, obenem pa tudi suženjska vezanost te izbire na vladajoče trende zaradi naše želje po prilagajanju, da bi bili družbeno sprejemljivi. Če bo izboljševanje dodano seznamu stvari, ki jih sodobni potrošnik »mora imeti«, ali to pomeni, da bodo naša telesa in razum prišli pod še bolj neposredno gospostvo zunanjih in zato »nepristnih« gonil, kot pa so trenutno? Nekateri kritiki vidijo človeško izboljševanje na splošno kot izraz tehnokratskega načina mišljenja, ki grozi, da bo »sploščil naše duše«, izčrpal našo moralnost, zmanjšal naša stremljenja, oslabil našo ljubezen in povezanost, uspaval naše duhovno hrepenenje, spodkopal naše dostojanstvo in najverjetneje vodil v banalno potrošništvo, homogenizacijo in Krasni novi svet (The President's Council on Bioethics, 2003). Čeprav je videti, da se ti strahovi porajajo manj zaradi obetov kognitivnega izboljševanja kot zaradi drugih mogočih oblik človeškega izboljševanja ali modifikacije (npr. razpoloženja in čustev), odražajo splošno nelagodje glede tega, da bi »bistvo človeške narave« postalo projekt tehnološkega obvladovanja (Kass, 2002).

Do določene mere so to kulturna, družbena in politična, ne pa zgolj etična vprašanja. Slepo sledenje plitvim ali zgrešenim ciljem ni edini način, kako bi bilo mogoče uporabiti opcije izboljševanja. Če bi obstajalo široko razširjeno nagnjenje k uporabi opcij na ta način, potem bi bil problem verjetno v naši kulturi. Kritika v večji meri pomeni kritiko povprečnosti in slabe kulture, ne pa orodij izboljševanja. V drugačnem družbenem kontekstu bi bilo mogoče spremeniti številne negativne posledice izboljševanja ali se jim celo izogniti. Kritiki bi lahko trdili, da moramo gledati na kulturo, ki jo imamo, in ne na neko idealno alternativo, ali pa, da obstajajo določeni atributi tehnologij, ki bodo neizogibno spodbudili erozijo človeških vrednot.

Vendar imajo kognitivne izboljšave znova potencial, da igrajo pozitivno vlogo. Če kognitivne izboljšave povečujejo zmogljivosti, ki so potrebne za avtonomno delovanje in neodvisno presojanje, lahko posamezni osebi pomagajo voditi bolj pristno življenje tako, da ji omogočajo zasnovati njene izbire na temeljiteje pretehtanih prepričanjih o njenih edinstvenih okoliščinah, njenem osebem stilu, njenih idealih in opcijah, ki so ji na voljo.

## Hiperdelovanje, iti se Boga in status quo

Skrb glede »hiperdelovanja« (močno povečanih zmoglosti za delovanje in nadzor) je v določenem pogledu nasprotje skrbi o pristnosti. Bistvo tukaj je, da ko človeška bitja postajajo vedno bolj zmožna nadzorovati svoja življenja in sama sebe, postajajo tudi bolj odgovorna za rezultate in manj omejena s tradicionalnimi mejami. Ugovor »iti se Boga« poudarja, da je človeška modrost nezadostna, da bi lahko upravljala takšno svobodo. Ali je hiperdelovanje problem ali ne, je odvisno tako od analize etičnih implikacij povečanega delovanja (kot je breme odgovornosti za predhodno nenadzorovane dogodke in potencial za povečano avtonomijo) kot od psihološkega in sociološkega vprašanja, kako bi se ljudje dejansko odzvali na povečane stopnje

<sup>5</sup> »Po mojem mnenju je strah pred hiperdelovanjem neupravičen; družba kot celota se vedno vrne k razumni uporabi novega znanja. ... Prav tako kot večina ljudi ne popije vsega alkohola, ki ga ima v svoji omari..., bo naša družba absorbirala nove spominske učinkovine glede na temeljno filozofijo in občutek jaza vsakega posameznika.« (Gazzaniga, 2005)

svobode, moči in odgovornosti.<sup>5</sup> Izziv za oblikovanje politik bi lahko bil, kako zagotoviti obstoj ustreznih varoval, regulacij in transparentnosti za podporo družbe kognitivno čedalje bolj iznajdljivih posameznikov, obenem pa tudi za blaženje nerealističnih pričakovanj o nezmotljivosti.

Druga verzija argumenta iti se Boga trdi, da je včasih bolje spoštovati, kar je »dano«, kot pa poskušati izboljšati stvari z uporabo človeških zmožnosti (Sandel, 2002; Sandel, 2004; vendar pa glej tudi kritiko v Kamm, 2006). Trditev, da bi morali ostati pri statusu quo, lahko temelji na religiozni rahločutnosti, ideji, da dobesedno tvegamo žalitev Boga, če prestopimo svoja pooblastila tu na Zemlji.

Temelji lahko tudi na manj teološko artikuliranem občutku, da je pravi pristop k ravnanju s svetom ponižnost in da bi izboljševanje porušilo moralni ali praktični red stvari; ali, alternativno, na izrecno konservativni viziji, po kateri je obstoječe stanje stvari zaradi svoje starosti doseglo neko obliko optimalnosti. Ker se človeško delovanje že vmešava v naravni red na številne načine, ki so univerzalno sprejeti (na primer z zdravljenjem bolnih) in ker sta se družba in tehnologija vedno spreminjali, pogosto na boljše, je izziv za to verzijo argumenta igrati se Boga ugotoviti, katere posamezne vrste posegov in sprememb bi bile slabe.

Nedavni članek je preiskal obseg, v katerem je nasprotovanje kognitivnemu izboljševanju rezultat pristranosti statusu quo, definirani kot iracionalno ali neustrezno podeljevanje prednosti statusu quo (trenutnemu stanju), samo zato, ker je status quo. Ko je ta pristranost odstranjena, z uporabo metode, ki jo avtorja imenujeta »test preobrata«, so številni konkvencialistični ugovori kognitivnemu izboljševanju razkriti kot visoko neverjetni (Bostrom in Ord, 2006).

## Goljufanje, pozicijske dobrine in eksternalije

Na nekaterih univerzah dandanes ni več nenavadno, da študenti med pripravami na izpite jemljejo ritalin (da sploh ne omenjamo kofeina, prigrizkov z glukozo in energijskih napitkov). Ali to pomeni obliko goljufanja, sorodno nedovoljenemu dopingu na olimpijskih igrah? Ali pa bi morali študente pozitivno *spodbujati*, naj jemljejo sredstva za izboljševanje kakovosti delovanja (če domnevamo, da so dovolj varna in učinkovita), iz istega razloga, kot jih spodbujamo, naj si delajo zapiske in začnejo zgodaj ponavljati snov?

Ali je določeno dejanje res goljufanje, je odvisno od dogovorjenih pravil igre za določeno dejavnost. Prijeti žogo z rokami je goljufanje pri golfu in nogometu, vendar pa ne pri rokometu ali ameriškem nogometu. Če na šolo gledamo kot na tekmovanje za ocene, bi izboljšava najverjetneje pomenila goljufanje, če ne bi vsi imeli dostopa do izboljšav ali če bi bilo to proti uradnim pravilom. Če na šolo gledamo primarno kot na družbeno funkcijo, potem bi bile izboljšave lahko nepomembne. Če pa na šolo gledamo predvsem kot na pridobivanje informacij in učenje, potem lahko kognitivne izboljšave igrajo legitimno in uporabno vlogo.

Pozicijska dobrina je tista, katere vrednost je odvisna od tega, da je drugi nimajo. Če bi bile kognitivne izboljšave zgolj pozicijske dobrine, bi bilo prizadevanje za takšne izboljšave izguba časa, truda in denarja. Ljudje bi se lahko zapletli v kognitivno »oboroževalno tekmo« ter trošili znatne količine virov zgolj za to, da ne bi zaostajali za sosedi. Pridobitev ene osebe bi povzročila rušilno negativno eksternalijo enake razsežnosti, kar bi povzročilo ničelno čisto pridobitev v smislu družbene koristi, ki bi kompenzirala ceno prizadevanj po izboljševanju.



Vendar pa večina kognitivnih funkcij ne pomeni zgolj pozicijskih dobrin (Bostrom, 2003). Zaželene so tudi same po sebi: njihova neposredna vrednost za imetnika ni v celoti odvisna od tega, da jih drugim ljudem primanjkuje. Imeti dober spomin ali ustvarjalen razum je ponavadi dragoceno samo po sebi ne glede na to, ali si tudi drugi ljudje lastijo podobne odličnosti. Prav tako imajo mnoge kognitivne zmogljivosti tudi instrumentalno vrednost tako za posameznika kot za družbo. Soočamo se s številnimi perečimi problemi, ki bi jih bili sposobni bolje rešiti, če bi bili pametnejši, modrejši ali bolj ustvarjalni. Izboljšava, ki omogoča posamezniku rešiti nekatere družbene probleme, bi proizvedla pozitivno eksternalijo: poleg koristi za izboljšanega posameznika bi nastale prelivne koristi za druge člane družbe.

Kadar poskušamo oceniti vpliv, ki bi ga izboljševanje lahko imelo na družbo, pa moramo kljub temu upoštevati njegove tekmovalne vidike. Izboljšava je lahko v celoti prostovoljna, a vseeno postane le težko izogibna za tiste, ki si je ne želijo. Nakazano je bilo, da bi veliko ljudi raje letelo z letalskimi prevozniki ali obiskalo bolnišnice, kjer osebje jemlje učinkovine za izboljševanje budnosti. Takšne preference bi lahko povečale možnosti zaposlovanja za tiste, ki bi se bili pripravljene izboljšati. Gospodarska tekmovalnost bi lahko sčasoma prisilila ljudi, da uporabijo izboljšave, če ne želijo postati nezaželeni za določene službe (Chatterjee, 2004).

Zadevo je mogoče primerjati s pismenostjo, ki je državljanom sodobnih družb prav tako vsiljena. Pri pismenosti je vsiljevanje tako neposredno, v obliki obvezne osnovne izobrazbe, kot posredno, v obliki hudih družbenih kazni za neuspeh pri pridobivanju veččin branja in pisanja. Vladajoči okvir sodelovanja (Buchanan in drugi, 2001) v naši družbi se je razvil tako, da so nepismeni osebi zaprte številne priložnosti, obenem pa ji je onemogočeno sodelovanje pri številnih vidikih sodobnega življenja. Kljub tem velikanskim in delno prisilnim pritiskom in kljub dejstvu, da pismenost popolnoma spremeni način, kako možgani obdelujejo jezik (Petersson in drugi, 2000), pismenost ne velja za posebno problematično. Stroški nepismenosti so naloženi posamezniku, ki se namerno izogiba izobraževanju. Ko se bo družbena sprejemljivost drugih izboljšav večala in če bodo le-te dostopne po znosni ceni, je mogoče, da se bo podpora ljudem, ki odklanjajo uporabo izboljševanja, zmanjšala.

## Neenakost

Izražena je bila tudi skrb, da bi kognitivne izboljšave lahko poslabšale družbeno neenakost s tem, ko bi še povečale prednosti elit.

Da bi lahko ocenili to skrb, bi bilo treba razmisliti, če bi bile bodoče kognitivne izboljšave drage (kot dobre šole) ali poceni (kot kofein). Upoštevati bi bilo treba tudi, da ima neenakost več kot le eno dimenzijo. Na primer poleg tega, da obstaja vrzel med bogatimi in revnimi, obstaja tudi vrzel med kognitivno nadarjenimi in kognitivno prikrajšanimi. Mogoč scenarij bi lahko bil, da se premoženjska vrzel povečuje sočasno, ko se vrzel nadarjenosti zmanjšuje, ker je na splošno lažje izboljšati posameznike na nizkem delu razpona kakovosti delovanja kot tiste na visokem delu (katerih možgani že zdaj delujejo blizu njihovega biološkega optimuma). To bi lahko dodalo mero kompleksnosti, ki je pogosto prezrta v etični literaturi o neenakosti. Treba bi bilo upoštevati tudi, pod kakšnimi pogoji bi lahko imela družba obveznost zagotoviti univerzalni dostop do posegov, ki izboljšujejo kognitivno kakovost delovanja. Analogijo bi bilo mogoče potegniti z javnimi knjižnicami in osnovnim izobraževanjem (Hughes, 2004). Drugi pomembni dejavniki vključujejo hitrost širjenja tehnologije, potrebo, da izobraževanje doseže

polni izkoristek posamezne izboljšave, regulativni pristop in spremljajoče javne politike. Javne politike in regulacije lahko ali pripomorejo k neenakosti tako, da zvišajo cene, omejijo dostop in ustvarijo črne trge, ali pa zmanjšujejo neenakost tako, da podpirajo obsežen razvoj, konkurenco, javno razumevanje in morda subvencioniran dostop za prikrajšane skupine.

Različne oblike izboljševanja postavljajo različne družbene izzive. Pilula, ki v majhni meri izboljša spomin ali budnost, je precej drugačna od neke bodoče oblike genetskega inženiringa, ki bi lahko vodila v stvaritev nove »postčloveške« človeške vrste (Silver, 1998; Fukuyama, 2002). Nekateri so trdili, da bi bilo celo zelo zmogljivo izboljševanje mogoče postaviti v regulativni okvir, ki bi izravnal igralno polje, če cilj velja za dovolj pomembnega (Mehlman, 2000), vendar pa se bo šele pokazalo, ali res obstaja politična volja za kaj takšnega.

Smiselno je omeniti, da neenakost dostopa do izboljšav pomeni perečo skrb samo, če se strinjamo, da izboljševanje dejansko daje koristi. V nasprotnem primeru bi bilo, kot opaža Leon Kass, pritoževanje o neenakem dostopu do izboljšav enako kot ugovarjanje, da »je hrana okužena, a zakaj so moji obroki tako majhni?« (Kass, 2003: 15)

## Razprava: izzivi za regulacijo in javne politike

»Konvencionalna« sredstva kognitivnega izboljševanja, kot so izobraževanje, mentalne tehnike, nevrološko zdravje in zunanji sistemi, so v veliki meri sprejeta, medtem ko »nekonvencionalna« sredstva – učinkovine, vsadki, neposredni vmesniki med možgani in računalnikom – pogosto vzbujajo moralne in družbene skrbi. Vendar pa je razmejevanje med tema dvema kategorijama precej zabrisano. Mogoče je, da sta novost nekonvencionalnih sredstev in dejstvo, da so trenutno v večji meri še pretežno eksperimentalna, tisto, kar je odgovorno za njihov problematični položaj in ne kakšen bistven problem s tehnologijami samimi. Ko s trenutno nekonvencionalnimi tehnologijami pridobivamo vedno več izkušenj, je mogoče, da se bodo sčasoma absorbirale v navadno kategorijo človeških orodij.

Trenutno večina biomedicinskih tehnik izboljševanja v najboljšem primeru proizvede zmereno izboljšanje učinkovitosti delovanja (praviloma približno 10- do 20-odstotno izboljšanje pri tipični testni nalogi). Bolj dramatične rezultate je mogoče doseči z uporabo urjenja in sodelovanja med človekom in strojem, torej tehnikami, ki so manj sporne. Mentalne tehnike lahko dosežejo 100-odstotno ali celo večje izboljšanje v ozkih domenah, kot so specifične naloge pomnjenja (Ericsson in drugi, 1980). Čeprav farmakološke kognitivne izboljšave ne povzročajo dramatičnega izboljšanja pri specifičnih nalogah, so njihovi učinki pogosto dokaj splošni, saj izboljšujejo kakovost delovanja na zelo obsežnem področju, kot na primer pri vseh nalogah, ki uporabljajo delovni ali dolgoročni spomin. Zunanja orodja in kognitivne tehnike, kot je mnemotehnika, pa so nasprotno ponavadi specifično usmerjene na določeno nalogo ter proizvajajo potencialno velike izboljšave sorazmerno ozkih zmožnosti. Lahko pričakujemo, da bo kombinacija različnih metod uspešnejša kot katera koli posamezna metoda, še zlasti v vsakdanjem ali delovnem okolju, kjer je treba opravljati množico različnih nalog.

Celo majhne izboljšave splošnih kognitivnih zmogljivosti imajo lahko pomembne pozitivne učinke. Kognitivna zmogljivost posameznika (ki jo nepopolno ocenjujejo rezultati IQ) je v pozitivni korelaciji z dohodkom. Določena študija ocenjuje, da povečanje dohodka zaradi ene dodatne točke IQ znaša 2,1 odstotka za moške in 3,6 odstotka za ženske (Salkever, 1995). Videti je, da višja inteligentnost preprečuje širok razpon družbenih in gospodarskih oblik nezgod

<sup>6</sup> Ni povezave med višjo inteligentnostjo in večjim občutkom sreče (Sigelman, 1981; Hartog in Oosterbeek, 1998; Gow in drugi, 2005). Vendar pa (glej tudi Newson, 2000) je nekaj bolj subtilnih načinov, kako bi inteligentnost lahko prinesla srečo.

(Gottfredson, 1997; Gottfredson, 2004)<sup>6</sup> ter spodbuja zdravje (Whalley in Deary, 2001). Ekonomski modeli izgube, ki jo povzročajo majhno upadanje inteligentnosti zaradi svinca v pitni vodi, predvidevajo znatne posledice spremembe za zgolj nekaj točk (Salkever, 1995; Muir in Zegarac, 2001) in verjetno je, da bi imel majhen *prirastek* pozitivne učinke podobnih razsežnosti. Na ravni družbe so posledice številnih majhnih izboljšav posameznikov lahko zelo globoke. Sorazmerno majhen pomik distribucije intelektualnih zmožnosti navzgor bi znatno zmanjšal pojave zaostalosti in težav pri učenju. Takšen pomik bi verjetno tudi pomembno vplival na tehnologijo, gospodarstvo in kulturo, izhajajoč iz izboljšane kakovosti delovanja v skupinah z visokim IQ.

Veliko predpisov je namenjenih zaščiti in izboljšanju kognitivnega delovanja. Predpisi glede svinca v barvah in vodi iz pipe, zahteve po nošenju boksarskih, kolesarskih in motorističnih čelad, prepoved alkohola za mladoletne, obvezno izobraževanje, bogatitev prehranskih kosmičev s folno kislino in kazenski ukrepi proti materam, ki uporabljajo mamila med nosečnostjo, so namenjeni varovanju ali spodbujanju kognicije. V veliki meri so ta prizadevanja podmnožica splošnih ukrepov za varovanje zdravja, vendar pa je videti, da so prizadevanja močnejša, kadar je ogroženo kognitivno delovanje. Opazimo lahko tudi, da so bile obvezne dolžnosti informiranja, kot je označevanje prehranskih izdelkov, uvedene, da bi potrošnikom omogočile dostop do natančnejših informacij, ki bi jim omogočile sprejemanje boljših odločitev. Glede na to, da so za trezno odločanje potrebne tako zanesljive informacije kot kognitivna zmožnost za ohranjanje, ocenjevanje in uporabo teh informacij, bi lahko pričakovali, da bo izboljševanje kognicije spodbujalo racionalno potrošniško izbiro.

Nasprotno pa ne poznamo nobene javne politike, katere namen bi bil omejiti ali zmanjšati kognitivno zmogljivost. Če vzorci predpisov odražajo družbene preference, se zdi, da družba izraža vsaj implicitno zavezanost boljši kogniciji.

Vendar pa istočasno obstaja vrsta ovir pri razvoju in uporabi kognitivnih izboljšav. Ena izmed ovir je sedanji sistem za licenciranje učinkovin in medicinskega zdravljenja. Ta sistem je bil oblikovan za obravnavo tradicionalne medicine, katere cilj je preprečevati, ugotavljati, zdraviti ali lajšati bolezni. V tem okviru ni prostora za medicino izboljševanja. Podjetje, ki proizvaja farmacevtska sredstva, bi na primer lahko imelo velike težave pri pridobivanju regulativne odobritve za sredstvo, katerega edina uporaba bi bilo izboljšanje kognitivnega delovanja v zdravi populaciji. Do danes je bilo vsako farmacevtsko sredstvo na trgu, ki daje potencialni učinek kognitivnega izboljševanja, razvito za zdravljenje nekega določenega patološkega stanja (kot so ADHD, narkolepsija ali Alzheimerjeva bolezen). Učinki kognitivnega izboljševanja, ki jih imajo te učinkovine pri zdravih subjektih, so naključno odkriti, nenamerni učinki. Napredek na tem področju bi bilo morda mogoče pospešiti, če bi se farmacevtska podjetja lahko osredinila neposredno na razvoj nootropikov za uporabo v neobolelih populacijah, namesto da morajo delovati posredno, z dokazovanjem, da so te učinkovine primerne tudi za zdravljenje določene prepoznane bolezni.

Eden izmed sprevrženih učinkov neuspeha sedanjega medicinskega okvira pri prepoznavanju legitimosti in potenciala izboljševalne medicine je težnja po medikalizaciji in »patologizaciji« čedalje večjega niza stanj, ki so prej veljala za del normalnega človeškega razpona.

Da bi bil znaten del populacije lahko deležen določenih koristi učinkovin, ki npr. izboljšujejo koncentracijo, je trenutno potrebno kategorizirati ta segment ljudi kot obolelega za določeno boleznijo – v tem primeru za motnjo hiperaktivnosti in pomanjkanja pozornosti –, da bi bilo

mogoče odobriti in predpisati učinkovino tistim, ki bi lahko od nje imeli koristi. Ta na boleznih osredotočeni model je čedalje manj primeren za čas, v katerem bo veliko ljudi uporabljalo medicinsko zdravljenje v namene izboljševanja.

Okvir medicine kot zdravljenja bolezni ne povzroča težav le za farmacevtska podjetja, temveč tudi za uporabnike (»paciente«), katerih dostop do izboljšav je pogosto odvisen od tega, ali so zmožni najti zdravnika brez predsodkov, ki učinkovino lahko predpiše. To povzroča nepravilnosti pri dostopu. Ljudje z velikim družbenim kapitalom in dobrimi informacijami dobijo dostop, medtem ko so drugi izključeni.

Vzpon personalizirane medicine, katerega začetke opažamo že zdaj, izhaja tako iz izboljšanih diagnostičnih metod, ki dajejo boljšo sliko posameznega pacienta, kot iz razpoložljivosti obširnega nabora terapevtskih opcij, ki zahteva izbiro tiste opcije, ki je najprimernejša za posameznega pacienta. Dandanes obišče svojega zdravnika veliko pacientov oboroženih s podrobnim znanjem o lastnem stanju in mogočih oblikah zdravljenja. Informacije je mogoče preprosto pridobiti z Medline ali drugih internetnih storitev. Ti dejavniki vodijo k spremembi razmerja zdravnik–pacient, proč od paternalizma, v razmerje, ki ga označujeta timsko delo in osredinjenost na položaj stranke. Preventivna in izboljševalna medicina sta pogosto neločljivo povezani in verjetno je, da ju bodo te spremembe, kakor tudi čedalje bolj aktivni in informirani uporabniki zdravstvenih storitev, ki vztrajajo pri pravici do izbire v medicinskem kontekstu, še bolj spodbujali. Te spremembe nakazujejo potrebo po pomembnih in kompleksnih regulativnih spremembah.

Glede na to, da vsi medicinski posegi prinašajo določeno tveganje, ter glede na to, da so lahko koristi izboljšav pogosto bolj subjektivne in vrednotno odvisne, kot pa koristi zaradi ozdravljene bolezni, je pomembno dovoliti posameznikom, da sami določijo lastne preference glede razmerja med tveganji in koristmi. Zelo malo verjetno je, da bo ena velikost ustrezala vsem. Hkrati pa bodo mnogi čutili potrebo po omejeni meri paternalizma, za varstvo posameznikov vsaj pred najhujšimi tveganji. Ena izmed opcij bi bila uvedba osnovne ravni sprejemljivega tveganja pri dovoljenih posegih, morda s primerjavo z drugimi tveganji, ki jih družba dovoljuje posameznikom, kot so tveganje kajenja, planinarjenja ali jahanja konjev. Izboljševanje, za katero bi bilo dokazano, da ni bolj tvegano od teh dejavnosti, bi bilo dovoljeno (z ustreznimi informacijskimi in opozorilnimi oznakami, kadar bi bilo to potrebno). Druga možnost bi bile licence za izboljševanje. Od ljudi, ki bi se bili pripravljene izpostaviti potencialno tveganju, vendar nagrajujočim izboljšavam, bi se lahko zahtevalo, da dokažejo ustrezno razumevanje tveganj, ter zmožnost, da z njimi odgovorno ravnajo. To bi zagotovilo tako prostovoljno soglasje kot tudi boljši nadzor. Slaba stran licenc za izboljševanje je, da bi bile ljudem z nizko kognitivno zmogljivostjo, ki bi z izboljševanjem lahko največ pridobili, težko dostopne, še posebej, če bi bili pogoji za licenco preveč zahtevni.

Javno financiranje raziskovanja trenutno še ne odraža potencialnih osebnih in družbenih koristi številnih oblik kognitivnega izboljševanja. Obstaja financiranje (čeprav morda v neustreznem obsegu) za raziskovanje izobraževalnih metod in informacijskih tehnologij, vendar ne za farmakološka kognitivna izboljševala. Glede na potencialno velikanske pridobitve zgolj zmerno učinkovitih splošnih kognitivnih izboljšav, si to področje zasluži velikopotezno financiranje. Jasno je, da je potrebnega precej raziskovanja in razvoja, če naj kognitivno izboljševanje postane praktično in učinkovito. Kot razpravljamo zgoraj, so za to potrebne spremembe nazora, da gre pri medicini samo za obnovitev in ne tudi za izboljšanje zmogljivosti, potrebne pa so tudi sočasne spremembe v regulativnem režimu medicinskih preizkusov in odobritve učinkovin.

Dokazi o predrojtstveni in obrojstveni prehrani nakazujejo, da imajo lahko začetne formule za dojenčke, ki vsebujejo ustrezna hranila, znaten pozitiven vpliv na kognicijo, ki traja vse življenje. Zaradi nizkih stroškov in visokega potencialnega vpliva obogatenih začetnih formul za dojenčke tedaj, ko bi se le-te uporabljale na ravni populacije, bi bilo treba postaviti prioritete za opravljanje raziskav, ki bi določile optimalno sestavo teh začetnih formul. Nato bi lahko sprejeli predpise, ki bi zagotovili prisotnost teh hranil v komercialno dostopnih začetnih formulah. Kampanje informiranja o javnem zdravju bi lahko še dodatno povečale uporabo obogatenih začetnih formul, ki spodbujajo mentalni razvoj. To bi bila preprosta, a potencialno pomembna razširitev trenutne regulativne prakse.

Ostaja pa še širši kulturni izziv destigmatizacije uporabe izboljševal. Trenutno jemanje zdravil velja za obžalovanja vredno stanje, uporaba neterapevtskih zdravil pa za sumljivo, morebitno zlorabo. Poskusi izboljšanja kognicije so pogosto prikazani kot izraz nevarnih ambicij. Vendar pa se meja med sprejemljivo terapijo in sumljivim izboljšanjem spreminja. Lajšanje bolečine danes velja za neproblematično. Plastična kirurgija je čedalje širše sprejeta. Na milijone ljudi uživa prehranska dopolnila in zeliščne pripravke za izboljševanje. Psihologija za samopomoč je zelo popularna. Očitno je kulturna konstrukcija, ki obdaja sredstva izboljševanja, pomembnejša za njihovo sprejetje, kot pa njihove dejanske zmožnosti izboljševanja. Da bi najbolje izkoristili naše nove priložnosti, potrebujemo kulturo izboljševanja z normami, podpornimi strukturami in laičnim razumevanjem izboljševanja, ki bo slednjega popeljala v vsakdanji kulturni kontekst. Potrošniki potrebujejo tudi boljše informacije o tveganjih in koristih izboljševal, kar kaže potrebo po zanesljivih potrošniških informacijah in obsežnejših raziskavah, ki bi določile varnost in učinkovitost.

Preizkušanje kognitivnih izboljševal se idealno ne bi izvajalo samo v laboratoriju, temveč tudi s terenskimi študijami, ki bi preiskovale, kako intervencija deluje v vsakdanjem življenju. Končno merilo učinkovitosti bi bile različne oblike uspeha v življenju in ne zgolj kakovost delovanja v ozkih psiholoških laboratorijskih testih. Takšno »ekološko testiranje« bi zahtevalo nove oblike eksperimentiranja, vključno z opazovanjem velikih vzorčnih populacij. Napredek na področju nosljivih računalnikov in senzorjev lahko omogoči nevsiljivo opazovanje obnašanja, prehrane, uporabe drugih učinkovin itd. Izkopavanje podatkov iz tako zbranega gradiva bi lahko pomagalo določiti učinke izboljševalcev. Vendar pa bi takšne študije pomenile velike izzive, vključno s stroški, novimi oblikami skrbi glede zasebnosti (opazovanje lahko kopiči podatke tudi o prijateljih in družinah preizkusnih subjektov, kjer pa so le slednji dali svojo privolitev) ter probleme nepoštene konkurence, če bi bili izboljšani subjekti deležni ugodnih učinkov, drugi pa do izboljševal zaradi njihove poskusne narave ne bi imeli dostopa.

Medtem, ko dostop do medicine trenutno velja za človekovo pravico, omejeno s skrbjo glede stroškov, je manj jasno, ali bi morali dostop do vseh izboljšav upoštevati kot pozitivno pravico. Za argument, da bi bilo to potrebno, glej Hughes, 2004. Vztrajanje na vsaj negativni pravici do kognitivnega izboljševanja, temelječi na kognitivni svobodi, zasebnosti in pomembnem interesu osebe, da zaščiti lasten razum ter zmogljivosti za avtonomijo, se zdi zelo močno. Prav gotovo se lahko argumentira kot negativna pravica (Boire, 2001; Sandberg, 2003). Prepoved izboljševanja bi ustvarila spodbudo za črne trge, kakor tudi omejila družbeno koristne oblike uporabe. Legalno izboljševanje bi spodbujalo razvoj in uporabo, dolgoročno pa bi pripeljalo do cenejših in varnejših izboljšav. Vendar pa bodo brez javnega financiranja nekatere koristne izboljšave ostale zunaj dosega številnih ljudi, ki bi od njih imeli največ koristi. Zagovorniki pozitivne pravice do izboljševanja bi svojo pozicijo lahko zagovarjali na podlagi poštenosti

<sup>7</sup> Hvaležna sva Rebeci Roache za koristne komentarje pri zgodnejši verziji tega članka.

ali enakosti, ali na podlagi javnega interesa pri spodbujanju zmogljivosti, ki so potrebne za avtonomno delovanje. Družbene koristi učinkovitega kognitivnega izboljševanja se lahko celo izkažejo za tako velike in očitne, da bi bilo Pareto optimalno subvencionirati izboljševanje za revne, ravno tako kot država zdaj subvencionira izobraževanje.<sup>7</sup>

Prevod Toni Pustovrh

## Literatura

- AGAR, N. (2004): *Liberal Eugenics: In Defence of Human Enhancement*. Blackwell Publishing.
- ALTEHELD, N., ROESSLER, G. in drugi (2004): *The retina implant new approach to a visual prosthesis*. Biomedizinische Technik, št. 49(4), 99–103.
- ANTAL, A., NITSCHKE, M. A. in drugi (2004): *Facilitation of visuo-motor learning by transcranial direct current stimulation of the motor and extrastriate visual areas in humans*. European Journal of Neuroscience, št. 19(10), 2888–2892.
- ANTAL, A., NITSCHKE, M. A. in drugi (2004): *Direct current stimulation over V5 enhances visuomotor coordination by improving motion perception in humans*. Journal of Cognitive Neuroscience, št. 16(4), 521–527.
- BAILEY, C. H., BARTSCH, D. in drugi (1996): *Toward a molecular definition of long-term memory storage*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, št. 93(24), 13445–13452.
- BANDERET, L. E., LIEBERMAN, R. (1989): *Treatment with Tyrosine, a Neurotransmitter Precursor, Reduces Environmental Stress in Humans*. Brain Research Bulletin, št. 22(4), 759–762.
- BAO, S. W., CHAN, W. T. in drugi (2001): *Cortical remodelling induced by activity of ventral tegmental dopamine neurons*. Nature, št. 412(6842), 79–83.
- BARCH, D. M. (2004): *Pharmacological manipulation of human working memory*. Psychopharmacology, št. 174(1), 126–135.
- BARNES, D. E., TAGER, I. B. in drugi (2004): *The relationship between literacy and cognition in well-educated elders*. Journals of Gerontology Series a – Biological Sciences and Medical Sciences, št. 59(4), 390–395.
- BATEJAT, D. M., LAGARDE, D. P. (1999): *Naps and modafinil as countermeasures for the effects of sleep deprivation on cognitive performance*. Aviation Space and Environmental Medicine, št. 70(5), 493–498.
- BENTON, D. Q. (2001): *Micro-nutrient supplementation and the intelligence of children*. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, št. 25(4), 297–309.
- BLAIR, C., GAMSON, D. in drugi (2005): *Rising mean IQ: Cognitive demand of mathematics education for young children, population exposure to formal schooling, and the neurobiology of the prefrontal cortex*. Intelligence, št. 33(1), 93–106.
- BOIRE, R. G. (2001): *On Cognitive Liberty*. The Journal of Cognitive Liberties, št. 2(1), 7–22.
- BOSTROM, N. (2003): *Human Genetic Enhancements: A Transhumanist Perspective*. Journal of Value Inquiry, št. 37(4), 493–506.
- BOSTROM, N., ORD, T. (2006): *The Reversal Test: Eliminating Status Quo Bias in Bioethics*. Ethics, št. 116(4), 656–680.
- BREITENSTEIN, C., WAILKE, S. in drugi (2004): *D-amphetamine boosts language learning independent of its cardiovascular and motor arousing effects*. Neuropsychopharmacology, št. 29(9), 1704–1714.
- BUCHANAN, A., BROCK, D. W. in drugi (2001): *From Chance to Choice*. Cambridge, Cambridge University Press.

- BUTEFISCH, C. M., KHURANA, V. in drugi (2004): *Enhancing encoding of a motor memory in the primary motor cortex by cortical stimulation*. Journal of Neurophysiology, št. 91(5), 2110–2116.
- BUZAN, T. (1982): *Use Your Head*. London, London BBC Books.
- CALDWELL, J. A., JR., CALDWELL, J. L. in drugi (2000): *A double-blind, placebo-controlled investigation of the efficacy of modafinil for sustaining the alertness and performance of aviators: a helicopter simulator study*. Berlin, Psychopharmacology, št. 150(3), 272–282.
- CALEF, T., PIEPER, M. in drugi (1999): *Comparisons of eye movements before and after a speed-reading course*. Journal of American Optometric Association, št. 70(3), 171–178.
- CARDINALI, D. P., BRUSCO, L. I. in drugi (2002): *Melatonin in sleep disorders and jet-lag*. Neuroendocrinology Letters, št. 23, 9–13.
- CARMENA, J. M., LEBEDEV, M. A. in drugi (2003): *Learning to control a brain-machine interface for reaching and grasping by primates*. Plos Biology, št. 1(2), 193–208.
- CATTELL, R. (1987): *Intelligence: It's Structure, Growth, and Action*. New York, Elsevier Science.
- CHATTERJEE, A. (2004): *Cosmetic neurology – The controversy over enhancing movement, mentation, and mood*. Neurology, št. 63(6), 968–974.
- COCHRAN, G., HARDY, J. in drugi (2006): *Natural History of Ashkenazi Intelligence*. Journal of Biosocial Science, št. 38, 659–693.
- CRAIG, I., PLOMIN, R. (2006): *Quantitative trait loci for IQ and other complex traits: single-nucleotide polymorphism genotyping using pooled DNA and microarrays*. Genes Brain and Behavior, št. 5, 32–37.
- DE QUERVAIN, D. J. F., PAPASSOTIROPOULOS, A. (2006): *Identification of a genetic cluster influencing memory performance and hippocampal activity in humans*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, št. 103(11), 4270–4274.
- DEIJEN, J. B., WIJNTJES, C. J. E. in drugi (1999): *Tyrosine improves cognitive performance and reduces blood pressure in cadets after one week of a combat training course*. Brain Research Bulletin, št. 48(2), 203–209.
- DIAMOND, M. C., JOHNSON, R. E. in drugi (1975): *Morphological Changes in Young, Adult and Aging Rat Cerebral Cortex, Hippocampus, and Diencephalon*. Behavioral Biology, št. 14(2), 163–174.
- DREXLER, K. E. (1991): *Hypertext Publishing and the Evolution of Knowledge*. Social Intelligence, št. 1(2), 87–120.
- EDELHOFF, S., VILLACRES, E. C. in drugi (1995): *Mapping of Adenylyl-Cyclase Genes Type-I, Type-Ii, Type-Iii, Type-Iv, Type-V and Type-Vi in Mouse*. Mammalian Genome, št. 6(2), 111–113.
- ENGELBART, D. C. (1962): *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework*. Summary Report AFOSR-3223 under Contract AF 49(638)-1024, SRI Project 3578 for Air Force Office of Scientific Research. Stanford Research Institute. Kalifornija, Menlo Park.
- ERICSSON, A. K. (2003): *Exceptional memorizers: made, not born*. Trends in Cognitive Science, št. 7(6), 233–235.
- ERICSSON, K. A., CHASE, W. G. in drugi (1980): *Acquisition of a Memory Skill*. Science, št. 208(4448), 1181–1182.
- FALLS, W. A., MISERENDINO, M. J. D. in drugi (1992): *Extinction of Fear-Potentiated Startle-Blockade by Infusion of an Nmda Antagonist into the Amygdala*. Journal of Neuroscience, št. 12(3), 854–863.
- FAN, X., SUN, S. in drugi (2005): *Extending the Recognition-Primed Decision Model to Support Human-Agent Collaboration*. Utrecht, Nizozemska, AAMAS'05.
- FAN, X., SUN, S. in drugi (2005) *Collaborative rpd – Enabled Agents Assisting the Three-block challenge in c2cut*. Conference on Behavior Representation in Modeling and Simulation (BRIMS 2005).
- FARAH, M. J., ILLES, J. in drugi (2004): *Neurocognitive enhancement: what can we do and what should we do?* Nature Reviews Neuroscience, št. 5(5), 421–425.

- FARRAND, P., HUSSAIN, F. in drugi (2002): *The efficacy of the »mind map« study technique*. Medical Education, št. 36(5), 426–431.
- FELTZ, D. L., LANDERS, D. M. (1983): *The Effects of Mental Practice on Motor Skill Learning and Performance - a Meta-Analysis*. Journal of Sport Psychology, št. 5(1), 25–57.
- FLYNN, J. R. (1987): *Massive Iq Gains in 14 Nations – What Iq Tests Really Measure*. Psychological Bulletin, št. 101(2), 171–191.
- FOSTER, J. K., LIDDER, P. G. in drugi (1998): *Glucose and memory: fractionation of enhancement effects?* Psychopharmacology, št. 137(3), 259–270.
- FOX, P. T., RAICHEL, M. E. in drugi (1988): *Nonoxidative Glucose Consumption during Focal Physiologic Neural Activity*. Science, št. 241(4864), 462–464.
- FRANK, R. H., GILOVICH, T. in drugi (1993): *Does Studying Economics Inhibit Cooperation?* Journal of Economic Perspectives, št. 7(2), 159–171.
- FREGNI, F., BOGGIO, P. S. in drugi (2005): *Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory*. Experimental Brain Research, št. 166(1), 23–30.
- FREO, U., RICCIARDI, E. in drugi (2005): *Pharmacological modulation of prefrontal cortical activity during a working memory task in young and older humans: a PET study with physostigmine*. American Journal of Psychiatry, št. 162(11), 2061–2070.
- FUKUYAMA, F. (2002): *Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution*. Farrar, Strauss and Giroux.
- GAZZANIGA, M. S. (2005): *The Ethical Brain*. Washington DC, Dana Press.
- GILES, J. (2005): *Internet encyclopaedias go head to head*. Nature, št. 438(7070), 900–901.
- GILL, M., HAERICH, P. in drugi (2006): *Cognitive performance following modafinil versus placebo in sleep-deprived emergency physicians: A double-blind randomized crossover study*. Academic Emergency Medicine, št. 13(2), 158–165.
- GLADSTONE, D. J., BLACK, S. E. (2000): *Enhancing recovery after stroke with noradrenergic pharmacotherapy: A new frontier?* Canadian Journal of Neurological Sciences, št. 27(2), 97–105.
- GLOVER, J. (1984): *What sort of people should there be?* Penguin.
- GOLDSTEIN, L. B. (1999): *Amphetamine-facilitated poststroke recovery*. Stroke, št. 30(3), 696–697.
- GOTTFREDSON, L. S. (1997): *Why g matters: The complexity of everyday life*. Intelligence, št. 24(1), 79–132.
- GOTTFREDSON, L. S. (2004): *Life, death, and intelligence*. Journal of Cognitive Education and Psychology, št. 4(1), 23–46.
- GOW, A. J., WHITEMAN, M. C. in drugi (2005): *Lifetime intellectual function and satisfaction with life in old age: longitudinal cohort study*. British Medical Journal, št. 331(7509), 141–142.
- GREENOUG, W. T., VOLKMAR, F. R. (1973): *Pattern of Dendritic Branching in Occipital Cortex of Rats Reared in Complex Environments*. Experimental Neurology, št. 40(2), 491–504.
- GULPINAR, M. A., YEGEN, B. C. (2004): *The physiology of learning and memory: Role of peptides and stress*. Current Protein & Peptide Science, št. 5(6), 457–473.
- HANSON, R., OPRE, R. in drugi (2006): *Information Aggregation and Manipulation in an Experimental Market*. Journal of Economic Behavior & Organization, št. 60(4), 449–459.
- HANSON, R., POLK, C. in drugi (2003): *The policy analysis market: an electronic commerce application of a combinatorial information market*. ACM Conference on Electronic Commerce..
- HARTOG, J., OOSTERBEEK, H. (1998): *Health, wealth and happiness: Why pursue a higher education?* Economics of Education Review, št. 17(3), 245–256.
- HEALEY, J., PICARD, R. W. (1998): *StartleCam: A Cybernetic Wearable Camera*. Second International Symposium on Wearable Computing, Pittsburgh, Pensilvanija.



- HELLAND, I. B., SMITH, L. in drugi (2003): *Maternal supplementation with very-long-chain n-3 fatty acids during pregnancy and lactation augments children's IQ at 4 years of age*. *Pediatrics*, št. 111(1), 39–44.
- HOFMANN, S. G., MEURET, A. E. in drugi (2006): *Augmentation of exposure therapy with D-cycloserine for social anxiety disorder*. *Archives of General Psychiatry*, št. 63(3), 298–304.
- HUGHES, J. (2004): *Citizen Cyborg: Why Democratic Societies Must Respond to the Redesigned Human of the Future*. Westview Press.
- HUMMEL, F. C., COHEN, L. G. (2005): *Drivers of brain plasticity*. *Current Opinion in Neurology*, št. 18(6), 667–674.
- INGVAR, M., AMBROSINGERSON, J. in drugi (1997): *Enhancement by an ampakine of memory encoding in humans*. *Experimental Neurology*, št. 146(2), 553–559.
- IOANNIDIS, J. P. A. (2005): *Why most published research findings are false*. *Plos Medicine*, št. 2(8), 696–701.
- IVERSEN, S. D. (1998): *The pharmacology of memory*. *Comptes Rendus De L' Academie Des Sciences Serie Iii – Sciences De La Vie – Life Sciences*, št. 321(2–3), 209–215.
- JACKSON, P. L., DOYON, J. in drugi (2004): *The efficacy of combined physical and mental practice in the learning of a foot-sequence task after stroke: A case report*. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, št. 18(2), 106–111.
- JEBARA, T., EYSTER, C. in drugi (1997): *Stochastics: Augmenting the Billiards Experience with Probabilistic Vision and Wearable Computers*. The International Symposium on Wearable Computers, Cambridge, Massachusetts.
- JOHNSTON, G. (2004): *Healthy, Wealthy and Wise? A Review of the wider benefits of education*. New Zealand Treasury Working Paper.
- JONAS, H. (1985): *Technik, Medizin und Ethik: Zur Praxis des Prinzips Verantwortung*. Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- KAMM, F. (2006): *What is and is not wrong with enhancement?* KSG Working Paper RWP06-020, John F. Kennedy School of Government.
- KASS, L. (2002): *Life, Liberty, and Defense of Dignity: The Challenge for Bioethics*. San Francisco, Encounter Books.
- KASS, L. (2003): *Ageless Bodies, Happy Souls: Biotechnology and the Pursuit of Perfection*. The New Atlantis, Spring, 9–28.
- KENNEDY, D. O., PACE, S. in drugi (2006): *Effects of cholinesterase inhibiting sage (Salvia officinalis) on mood, anxiety and performance on a psychological stressor battery*. *Neuropsychopharmacology*, št. 31(4), 845–852.
- KENNEDY, P. R., BAKAY, R. A. E. (1998): *Restoration of neural output from a paralyzed patient by a direct brain connection*. *Neuroreport*, št. 9(8), 1707–1711.
- KILGARD, M. P., MERZENICH, M. M. (1998): *Cortical map reorganization enabled by nucleus basalis activity*. *Science*, št. 279(5357), 1714–1718.
- KINCSES, T. Z., ANTAL, A. in drugi (2004): *Facilitation of probabilistic classification learning by transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex in the human*. *Neuropsychologia*, št. 42(1), 113–117.
- KLEINBERG, J. M. (1999): *Authoritative sources in a hyperlinked environment*. *Journal of the Acm*, št. 46(5), 604–632.
- KOBAYASHI, M., HUTCHINSON, S. in drugi (2004): *Repetitive TMS of the motor cortex improves ipsilateral sequential simple finger movements*. *Neurology*, št. 62(1), 91–98.
- KOLNAI, A. (1976): *Dignity*. *Philosophy*, št. 51, 251–271.
- KOROL, D. L., GOLD, P. E. (1998): *Glucose, memory, and aging*. *American Journal of Clinical Nutrition*, št. 67(4): 764s–771s.

- LASHLEY, K. S. (1917): *The effects of strychnine and caffeine upon rate of learning*. *Psychobiology*, št. 1, 141–169.
- LEE, E. H. Y., MA, Y. L. (1995): *Amphetamine Enhances Memory Retention and Facilitates Norepinephrine Release from the Hippocampus in Rats*. *Brain Research Bulletin*, št. 37(4), 411–416.
- LIEBERMAN, H. R. (2001): *The effects of ginseng, ephedrine, and caffeine on cognitive performance, mood and energy*. *Nutrition Reviews*, št. 59(4), 91–102.
- LIEBERMAN, H. R. (2003): *Nutrition, brain function and cognitive performance*. *Appetite*, št. 40(3), 245–254.
- LORRAYNE, H. (1996): *Page a Minute Memory Book*. Ballantine Books.
- LYNCH, G. (1998): *Memory and the brain: Unexpected chemistries and a new pharmacology*. *Neurobiology of Learning and Memory*, št. 70(1–2): 82–100.
- LYNCH, G. (2002): *Memory enhancement: the search for mechanism-based drugs*. *Nature Neuroscience*, št. 5, 1035–1038.
- MAGUIRE, E. A., VALENTINE, E. R. in drugi (2003): *Routes to remembering: the brains behind superior memory*. *Nature Neuroscience*, št. 6(1), 90–95.
- MANN, S. »Wearable computing: A first step toward personal imaging«. *Computer*. 1997, št. 30(2), 25–31.
- MANN, S. (2001): *Wearable Computing: Toward Humanistic Intelligence*. *IEEE Intelligent Systems*, št. 16(3), 10–15.
- MANN, S., NIEDZVIECKI, H. (2001): *Cyborg: Digital Destiny and Human Possibility in the Age of the Wearable Computer*. Toronto, Doubleday Canada.
- MARSHALL, L., MOLLE, M. in drugi (2004): *Transcranial direct current stimulation during sleep improves declarative memory*. *Journal of Neuroscience*, št. 24(44), 9985–9992.
- MCMORRIS, T., HARRIS, R. C. in drugi (2006): *Effect of creatine supplementation and sleep deprivation, with mild exercise, on cognitive and psychomotor performance, mood state, and plasma concentrations of catecholamines and cortisol*. *Psychopharmacology*, št. 185(1), 93–103.
- MECK, W. H., SMITH, R. A. in drugi (1988): *Prenatal and Postnatal Choline Supplementation Produces Long-Term Facilitation of Spatial Memory*. *Developmental Psychobiology*, št. 21(4), 339–353.
- MEHLMAN, M. J. (2000): *The law of above averages: Leveling the new genetic enhancement playing field*. *Iowa Law Review*, št. 85(2), 517–593.
- MEIKLE, A., RIBY, L. M. in drugi (2005): *Memory processing and the glucose facilitation effect: The effects of stimulus difficulty and memory load*. *Nutritional Neuroscience*, št. 8(4), 227–232.
- MELLOTT, T. J., WILLIAMS, C. L. in drugi (2004): *Prenatal choline supplementation advances hippocampal development and enhances MAPK and CREB activation*. *Faseb Journal*, št. 18(1), 545–547.
- MINNINGER, J. (1997): *Total Recall. How to Boost Your Memory Power*. MJF Books.
- MONDADORI, C. (1996): *Nootropics: Preclinical results in the light of clinical effects; Comparison with tacrine*. *Critical Reviews in Neurobiology*, št. 10(3–4), 357–370.
- MUIR, T., ZEGARAC, M. (2001): *Societal costs of exposure to toxic substances: Economic and health costs of four case studies that are candidates for environmental causation*. *Environmental Health Perspectives*, št. 109, 885–903.
- MULLER, U., STEFFENHAGEN, N. in drugi (2004): *Effects of modafinil on working memory processes in humans*. *Psychopharmacology*, št. 177(1–2), 161–169.
- MYRICK, H., MALCOLM, R. in drugi (2004): *Modafinil: preclinical, clinical, and post-marketing surveillance - a review of abuse liability issues*. *Annals of Clinical Psychiatry*, št. 16(2), 101–109.
- NAVA, E., LANDAU, D. in drugi (2004): *Mental relaxation improves long-term incidental visual memory*. *Neurobiology of Learning and Memory*, št. 81(3), 167–171.
- NEISSER, U. (1997): *Rising scores on intelligence tests*. *American Scientist*, št. 85(5), 440–447.
- NEWHOUSE, P. A., POTTER, A. in drugi (2004): *Effects of nicotinic stimulation on cognitive performance*.

- Current Opinion in Pharmacology, št. 4(1), 36–46.
- NEWSON, A. (2000): *Is being intelligent good? Addressing questions of value in behavioural genetics*. 5th World Congress of the International Association of Bioethics, London.
- NICOLELIS, M. A. L., DIMITROV, D. in drugi (2003): *Chronic, multisite, multielectrode recordings in macaque monkeys*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, št. 100(19), 11041–11046.
- NILSSON, M., PERFILIEVA, E. in drugi (1999): *Enriched environment increases neurogenesis in the adult rat dentate gyrus and improves spatial memory*. Journal of Neurobiology, št. 39(4), 569–578.
- NITSCHKE, M. A., SCHAUENBURG, A. in drugi (2003): *Facilitation of implicit motor learning by weak transcranial direct current stimulation of the primary motor cortex in the human*. Journal of Cognitive Neuroscience, št. 15(4), 619–626.
- NYBERG, L., SANDBLOM, J. in drugi (2003): *Neural correlates of training-related memory improvement in adulthood and aging*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, št. 100(23): 13728–13733.
- PASCUAL-LEONE, A., TARAZONA, F. in drugi (1999): *Transcranial magnetic stimulation and neuroplasticity*. Neuropsychologia, št. 37(2), 207–217.
- PATIL, P. G., CARMENA, L. M. in drugi (2004): *Ensemble recordings of human subcortical neurons as a source of motor control signals for a brain-machine interface*. Neurosurgery, št. 55(1), 27–35.
- PATTEN, B. M. (1990): *The History of Memory Arts*. Neurology, št. 40(2), 346–352.
- PETERMAN, M. C., NOOLANDI, J. in drugi (2004): *Localized chemical release from an artificial synapse chip*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, št. 101(27), 9951–9954.
- PETERSSON, K. M., REIS, A. in drugi (2000): *Language processing modulated by literacy: A network analysis of verbal repetition in literate and illiterate subjects*. Journal of Cognitive Neuroscience, št. 12(3), 364–382.
- PITMAN, R. K., SANDERS, K. M. in drugi (2002): *Pilot study of secondary prevention of posttraumatic stress disorder with propranolol*. Biological Psychiatry, št. 51(2), 189–192.
- POWER, A. E., VAZDARJANOVA, A. in drugi (2003): *Muscarinic cholinergic influences in memory consolidation*. Neurobiology of Learning and Memory, št. 80(3), 178–193.
- RAE, C., DIGNEY, A. L. in drugi (2003): *Oral creatine monohydrate supplementation improves brain performance: a double-blind, placebo-controlled, cross-over trial*. Proceedings of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences, št. 270(1529), 2147–2150.
- RAINE, A., REYNOLDS, C. in drugi (2002): *Stimulation seeking and intelligence: A prospective longitudinal study*. Journal of Personality and Social Psychology, št. 82(4), 663–674.
- RAYMOND, E. S. (2001): *The Cathedral and the Bazaar*. O'Reilly.
- RESSLER, K. J., ROTHBAUM, B. O. in drugi (2004): *Cognitive enhancers as adjuncts to psychotherapy - Use of D-cycloserine in phobic individuals to facilitate extinction of fear*. Archives of General Psychiatry, št. 61(11), 1136–1144.
- RHODES, B., STARNER, T. (1996): *Remembrance Agent: A continuously running automated information retrieval system*. The First International Conference on The Practical Application Of Intelligent Agents and Multi Agent Technology (PAAM 96).
- ROUTTENBERG, A., CANTALLOPS, I. in drugi (2000): *Enhanced learning after genetic overexpression of a brain growth protein*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, št. 97(13), 7657–7662.
- RUBINSTEIN, A. (2005): *A Skeptic's Comment on the Study of Economics*. na <http://arielrubinstein.tau.ac.il/papers/econ-exp.pdf>.

- RUSTED, J. M., TRAWLEY, S. in drugi (2005): *Nicotine improves memory for delayed intentions*. Berlin, Psychopharmacology, št. 182(3), 355-365.
- SALKEVER, D. S. (1995): *Updated estimates of earnings benefits from reduced exposure of children to environmental lead*. Environmental Research, št. 70(1), 1-6.
- SANDBERG, A. (2003): *Morphologic Freedom*. Eudoxa Policy Studies.
- SANDEL, M. J. (2002): *What's Wrong with Enhancement*. na <http://www.bioethics.gov/background/sandelpaper.html>.
- SANDEL, M. J. (2004): *The case against perfection: what's wrong with designer children, bionic athletes, and genetic engineering*. The Atlantic Monthly, št. 293(4), 51-62.
- SAVULESCU, J. (2001): *Procreative beneficence: why we should select the best children*. Bioethics, št. 15(5-6), 413-426.
- SCHILLERSTROM, J. E., HORTON, M. S. in drugi (2005): *The impact of medical illness on executive function*. Psychosomatics, št. 46(6), 508-516.
- SCHNEIDER, J. S., LEE, M. H. in drugi (2001): *Enriched environment during development is protective against lead-induced neurotoxicity*. Brain Research, št. 896(1-2), 48-55.
- SELLEN, A. J., LOUIE, G. in drugi (1996): *What Brings Intentions to Mind? An In Situ Study of Prospective Memory*. Rank Xerox Research Centre Technical Report EPC-1996-104.
- SHENOY, K. V., MEEKER, D. in drugi (2003): *Neural prosthetic control signals from plan activity*. Neuroreport, št. 14(4), 591-596.
- SIGELMAN, L. (1981): *Is Ignorance Bliss - a Reconsideration of the Folk Wisdom*. Human Relations, št. 34(11), 965-974.
- SILVER, L. (1998): *Remaking Eden*. Harper Perennial.
- SINGLETARY, B. A. IN STARNER, T. (2000): *Symbiotic interfaces for wearable face recognition*. HCI2001 Workshop On Wearable Computing, New Orleans, LA.
- SMITH, A., BRICE, C. in drugi (2003): *Caffeine and central noradrenaline: effects on mood, cognitive performance, eye movements and cardiovascular function*. Journal of Psychopharmacology, št. 17(3), 283-292.
- SNYDER, A., BOSSOMAIER, T. in drugi (2004): *Concept formation: »object« attributes dynamically inhibited from conscious awareness*. Journal of Integrative Neuroscience, 3(1), 31-46.
- SNYDER, A. W., MULCAHY, E. in drugi (2003): *Savant-like skills exposed in normal people by suppressing the left fronto-temporal lobe*. Journal of Integrative Neuroscience, št. 2(2), 149-58.
- SOETENS, E., CASAER, S. in drugi (1995): *Effect of Amphetamine on Long-Term Retention of Verbal Material*. Psychopharmacology, št. 119(2), 155-162.
- SOETENS, E., DHOOGHE, R. in drugi (1993): *Amphetamine Enhances Human Memory Consolidation*. Neuroscience Letters, št. 161(1), 9-12.
- STROEMER, R. P., KENT, T. A. in drugi (1998): *Enhanced neocortical neural sprouting, synaptogenesis, and behavioral recovery with D-amphetamine therapy after neocortical infarction in rats*. Stroke, št. 29(11), 2381-2393.
- SUNRAM-LEA, S. I., FOSTER, J. K. in drugi (2002): *Investigation into the significance of task difficulty and divided allocation of resources on the glucose memory facilitation effect*. Psychopharmacology, št. 160(4), 387-397.
- SUROWIECKI, J. (2004): *The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few and How Collective Wisdom Shapes Business, Economies, Societies and Nations*. Doubleday.
- TAN, D. P., LIU, Q. Y. in drugi (2006): *Enhancement of long-term memory retention and short-term synaptic plasticity in cbl-b null mice*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, št. 103(13), 5125-5130.

- TANG, Y. P., SHIMIZU, E. in drugi (1999): *Genetic enhancement of learning and memory in mice*. Nature, št. 401(6748), 63–69.
- TEITELMAN, E. (2001): *Off-label uses of modafinil*. American Journal of Psychiatry, št. 158(8), 1341–1341.
- THE PRESIDENT'S COUNCIL ON BIOETHICS (2003): *Beyond Therapy: Biotechnology and the Pursuit of Happiness*.
- TIEGES, Z., RIDDERINKHOF, K. R. in drugi (2004): *Caffeine strengthens action monitoring: evidence from the error-related negativity*. Brain Research Cognitive Brain Research, št. 21(1), 87–93.
- TOMPOROWSKI, P. D. (2003): *Effects of acute bouts of exercise on cognition*. Acta Psychologica, št. 112(3), 297–324.
- TRACHTENBERG, J. (2000): *The Trachtenberg Speed System of Basic Mathematics*. Souvenir Press.
- TURNER, D. C., ROBBINS, T. W. in drugi (2003): *Cognitive enhancing effects of modafinil in healthy volunteers*. Psychopharmacology, št. 165(3), 260–269.
- VAN BEEK, T. A. (2002): *Chemical analysis of Ginkgo biloba leaves and extracts*. Journal of Chromatography A., št. 967(1), 21–55.
- WAYNMAN, S., GOMEZ-PINILLA, F. (2005): *License to run: Exercise impacts functional plasticity in the intact and injured central nervous system by using neurotrophins*. Neurorehabilitation and Neural Repair, št. 19(4), 283–295.
- VON WILD, K., RABISCHONG, P. in drugi (2002): *Computer added locomotion by implanted electrical stimulation in paraplegic patients (SUAW)*. Acta Neurochirurgica, Supplement, št. 79, 99–104.
- WALSH, R. N., BUDTZ-OLSEN, O. E. in drugi (1969): *The effects of environmental complexity on the histology of the rat hippocampus*. The Journal of Comparative Neurology, št. 137(3), 361–365.
- WANG, H. B., FERGUSON, G. D. in drugi (2004): *Overexpression of type-1 adenylyl cyclase in mouse forebrain enhances recognition memory and LTP*. Nature Neuroscience, št. 7(6), 635–642.
- WARBURTON, D. M. (1992): *Nicotine as a cognitive enhancer*. Progress in Neuropsychopharmacological and Biological Psychiatry, št. 16(2), 181–191.
- WARWICK, K., GASSON, M. in drugi (2003): *The application of implant technology for cybernetic systems*. Archives of Neurology, št. 60(10), 1369–1373.
- WATANABE, A., KATO, N. in drugi (2002): *Effects of creatine on mental fatigue and cerebral hemoglobin oxygenation*. Neuroscience Research, št. 42(4), 279–285.
- WEI, F., WANG, G. D. in drugi (2001): *Genetic enhancement of inflammatory pain by forebrain NR2B overexpression*. Nature Neuroscience, št. 4(2), 164–169.
- WEISER, M. (1991): *The Computer for the Twenty-First Century*. Scientific American, št. 265(3), 94–110.
- WENK, G. (1989): *An hypothesis on the role of glucose in the mechanism of action of cognitive enhancers*. Psychopharmacology, št. 99, 431–438.
- WHALLEY, L. J., DEARY, I. J. (2001): *Longitudinal cohort study of childhood IQ and survival up to age 76*. British Medical Journal, št. 322(7290), 819–822.
- WILKINSON, L., SCHOLEY, A. in drugi (2002): *Chewing gum selectively improves aspects of memory in healthy volunteers*. Appetite, št. 38(3), 235–236.
- WINDER, R., BORRILL, J. (1998): *Fuels for memory: the role of oxygen and glucose in memory enhancement*. Psychopharmacology, št. 136(4), 349–356.
- WINSHIP, C., KORENMAN, S. (1997): *Does staying in school make you smarter? The effect of education on IQ in The Bell Curve*. V: DEVLIN, B., FIENBERG, S. E., RESNICK, D. P., ROEDER, K. (ur.): *Intelligence, Genes, and Success: Scientists respond to The Bell Curve*. New York, Springer, 215–234.
- WOLPAW, J. R., BIRBAUMER, N. in drugi (2000): *Brain-computer interface technology: A review of the first international meeting*. Ieee Transactions on Rehabilitation Engineering, št. 8(2), 164–173.
- YATES, F. (1966): *The Art of Memory*. Chicago, University of Chicago Press.

ZHOU, M. F., SUSZKIW, J. B. (2004): *Nicotine attenuates spatial learning lead deficits induced in the rat by perinatal exposure*. Brain Research, št. 999(1), 142–147.