

PRIROJENO IN PRIDOB�JENO V RAZVOJU IN DELOVANJU MOŽGANOV

Mara Bresjanac¹, Grega Repovš^{2, 3}

¹ Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Inštitut za patološko fiziologijo, Zaloška 4, 1000 Ljubljana, maja.bresjanac@lnpr.mf.uni-lj.si

² Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za psihologijo, Aškerčeva 2, 1000 Ljubljana

³ Washington University in St. Louis, Department of Psychology, Campus Box 1125, One Brookings Drive, St. Louis, MO 63130 USA

NATURE AND NURTURE IN BRAIN DEVELOPMENT AND FUNCTION

Mara Bresjanac¹, Grega Repovš^{2, 3}

¹ University of Ljubljana, Faculty of Medicine, Institute of Pathophysiology, Zaloška 4, SI-1000 Ljubljana, Slovenia, maja.bresjanac@lnpr.mf.uni-lj.si

² University of Ljubljana, Faculty of Arts, Department of Psychology, Aškerčeva 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

³ Washington University in St. Louis, Department of Psychology, Campus Box 1125, One Brookings Drive, St. Louis, MO 63130 USA

Abstract

The age-old debate on the roles played by nature vs. nurture in determining individual's abilities has gained new momentum with advances in genetic research in the final decades of the 20th century. The spread of interest for genetic research encouraged by financial and political support has spurred a hunt for uncovering direct relationships between genes and numerous human attributes. Research of genetic determinants of human personality, cognitive abilities, emotions and behavior has been attracting most public interest. Targeting the essence of our humanity such research has been generating new discussions of issues like neurodeterministic basis of our abilities, existence of free will and responsibility for one's own drives and actions. Due to their meaning the findings related to brain development, personality, cognitive abilities and individual characteristics quickly find their way into the wider social arena. They can affect medical doctrine. They can influence the content, accessibility and process of education. They guide legal determinants of individual's responsibilities for one's own actions. It is therefore of paramount importance that we strive for meaningful interpretations and are aware of methodological constraints that limit the validity and relevance of scientific findings pertaining to brain development and function when interpreting and applying them in practice.

Uvod

Klasična razprava o vplivu "prirojenega" in "pridobljenega" na posameznikove sposobnosti in njihovo izražanje je z genetskimi raziskavami v zadnjih desetletjih 20. stoletja dobila nov okvir in poudarke. Razmah zanimanja za genetske študije in finančna ter politična podpora tem raziskavam sta pomenila veter v jadra iskalcem povezav med genetskimi dejavniki in številnimi človeškimi lastnostmi. Med temi raziskavami so za širšo strokovno in laično ljavnost verjetno najbolj zanimive raziskave vplivov genetskih dejavnikov na človekove osebnostne lastnosti, umske sposobnosti, čustvovanje in vedenje. Tovrstne raziskave s spoznanji o možnih vplivih podedovanih informacij na bistvo naše človečnosti neizogibno dajejo nov zagon davnim vprašanjem o determiniranosti posameznikovih sposobnosti, svobodne volje in odgovornosti za lastne vzgibe in dejanja. Zaradi pomena teh vprašanj za vso družbo se spoznanja o temeljih za razvoj človekovih možganov, njegove osebnosti, umskih sposobnosti, čustvovanja in vedenja iz nevroznanstvenih okvirjev razmeroma hitro prenašajo v širšo družbeno arena. Vplivajo lahko na oblikovanje medicinske doktrine, na dostopnost, vsebino in potek izobraževanja, na pravne opredelitve posameznikove odgovornosti za svoja dejanja itd. Zato je pomembno, da smo pri razlaganju in prenosu znanstvenih spoznanj v uporabo previdni in da se zavedamo metodoloških in vsebinskih okvirjev, ki omejujejo širšo veljavnost in uporabnost teh spoznanj.

Ali torej drži danes vse bolj prisotno in popularno prepričanje, da smo ljudje v svojih sposobnostih in njihovem uresničevanju determinirani s svojim dednim zapisom? V kakšni meri prirojene informacije, ki skozi zlitje dveh celic ob spočetju ustvarijo nov, individualiziran seznam navodil za izgradnjo in delovanje človeškega zarodka, določajo tudi nadaljnjo usodo človeka. Kakšna je vloga okolja v izražanju in uglasovanju podedovanih informacij? Kaj pomeni "okolje" in kakšni so mehanizmi njegovih vplivov na delovanje možganov in njegovo izražanje v človekovih osebnostnih značilnostih, intelektualnih sposobnostih, čustvovanju in vedenju? Kakšna je vloga družbe v spodbujanju, usmerjanju in izrabi nevroznanstvenih raziskav v dobrobit posameznika in družbe?

Prispevek je oblikovan kot oris nekaterih možnih odgovorov na zastavljena vprašanja v luči sodobnih spoznanj nevroznanosti in drugih strok, ki načenjajo ista vprašanja.

Determinante človekove duševnosti, uma, mišljenja

Genski zapis je matrica za razvoj zarodka, ki opredeljuje zgradbo in delovanje razvijajočega se organizma. Geni so torej navodila in temelj razvoja, ki pa se odvija v okvirih danega okolja. Majhna sprememba v okolju lahko povzroči velike odklone v razvoju in s tem v oblikovanju in delovanju nastajajočega organizma. Na enak način geni "določajo" tudi razvoj možganov. Zaradi značilnosti živčevja nasploh in človeških možganov posebej so razvoj možganov, njihova zgradba in delovanje pomembno odvisni od vplivov okolja. V vlogi okolja nastopajo ne le elementi materialnega, temveč tudi socialnega okolja ter prek posameznikove samopodobe, njegovega sebstva, povratni učinki možganov/uma samih nase.

Živčevje se je razvilo kot sistem, ki upravlja vedenje organizma na način, ki mu zagotavlja

preživetje. Razvilo se je iz enostavnih omrežij maloštevilnih celic, ki so izvajala refleksne odzive organizma na dražljaje iz okolice, do sistemov, ki omogočajo napredno zaznavno procesiranje, ustrvarjajo kompleksne reprezentacije okolja ter tvorijo osnovo, načrtovanja, izvajanja in nadzora nad vedenjem, ki je usmerjeno k doseganju izbranih ciljev.

Človeški možgani so najbolj razvit živčni sistem. Toda njihova naprednost se ne skriva v zapletenosti genetsko določenih programov procesiranja. Poznamo preproste živčne sisteme, ki izvajajo zelo zapletene funkcije, kot je, denimo, ehlokacija pri netopirjih, toda te funkcije so genetsko determinirane in rigidne. V primerjavi z njimi je ključna lastnost človeških možganov njihova plastičnost, sposobnost oblikovanja novih načinov procesiranja ter učenja kompleksnih vzorcev vedenja. Njihova prednost je prav v tem, da so "nedoločeni" in omogočajo prilagajanje razmeram skozi učenje novih spretnosti, potrebnih za posameznikovo preživetje. Čeprav so tudi preprostejši organizmi sposobni kompleksnega vedenja, je le-to "vgrajeno" v njihovi dedni informaciji, določeno in togo, njihove sposobnosti učenja pa omejene. Vsakršne spremembe v dražljajih, ki sicer sprožijo ustrezne vgrajene programe ali kakršne koli spremembe v zahtevah, ki jih podaja okolje, pogosto vodijo do popolnega neuspeha in propada organizma. Nasprotno temu smo ljudje sposobni izjemno hitrih prilagoditev razmeram, ki se odvijajo na dveh ravneh. Prvič smo sposobni svoje vedenje zavestno oblikovati in ga prilagoditi novim razmeram. Drugič, novih odzivov, novih načinov procesiranja, novih vedenj smo se sposobni razmeroma hitro naučiti ter oblikovati nove module, ki jih opravljajo avtomatično in učinkovito.

Toda prilagodljivost človeških možganov prinaša pomembne izzive. Kar ni vnaprej določeno, se moramo naučiti. Medtem ko večina živali že neposredno po prihodu na svet obvlada vrsti specifično gibanje (zna hoditi, leteti, plavati ...), potrebuje otrok leto dni, da zna stati in hoditi, in mnogo dlje, da oboje zares dobro obvlada. Veščine, ki niso neposredno zapisane v genomu, so odvisne od ustreznih priložnosti za učenje. Nosilci teh veščin tako niso geni, temveč okolje, družba, kultura. Govor je sposobnost, ki je ključna tako za medosebno komunikacijo kot za posameznikov razvoj konceptov in hranjenje znanja. Naučiti se ga je sposobna večina ljudi, a za njegovo usvojitev in obladovanje je nujna izpostavljenost in interakcija z govorečimi odraslimi. Izpostavljenost in interakcija z okoljem sta nujni tudi za usvojitev vsega od osnovnih zaznavnih sposobnosti do ključnih kognitivnih konceptov in veščin (Piaget, 1954).

Interakcija z okoljem in raziskovanje okolja sta temeljni človeški nagnjenji. Piaget (1954) je otroke pojmoval kot male raziskovalce, ki skozi interakcijo z okoljem postavljajo in preverjajo teorije o njem in zakonitostih, ki ga določajo. Svoje izkušnje z okoljem skušajo na eni strani umestiti v svoje dojetje stvarnosti, hkrati pa svoje dojetje stvarnosti prilagajajo novim izkušnjam, ki jih ne morejo umestiti v obstoječe sheme. Skozi stalno potekajoča procesa asimilacije in akomodacije tako razvijajo svoje miselno orodje. Ključnega pomena je, da miselni procesi, ki jih razvijemo, neposredno odražajo zakonitosti okolja. V okolju, ki bi sledilo drugačnim zakonitostim, bi bil tudi končni kognitivni ustroj posameznika precej drugačen. Genetska zasnova je bistvena za razvoj možganov, ki so sposobni tovrstnega zrcaljenja okolja, okolje pa je tisto, ki možgane gnete ter dá končno obliko miselnim sposobnostim človeškega uma.

Kognitivne sposobnosti zaznavanja in prepoznavanja vzorcev v okolju, njegove

kompleksne reprezentacije, odkrivanja zakonitosti in vzročnih povezav so dale človeku neprecenljivo zmožnost predvidevanja dogodkov ter ustreznega načrtovanja in prilagajanja svojega vedenja. Da bi lahko omenjene sposobnosti čim bolje izkoristili, ljudje stalno stalno hlastamo za informacijami – lastnost, zaradi katere nas je psiholog George Miller označil kot informavore (Miller, 1983). Naša sposobnost zaznavanja in reprezentacije pri tem ni omejena zgolj na naše zunanje okolje, z njima smo pridobili tudi sposobnost zaznavanja samega sebe. S prisposodbo Douglasa Hoefstadterja (1979, 2007) smo “kamero neizogibno obrnili sami nase”. Prav tako kot smo gnani k reprezentaciji, razumevanju, napovedovanu dogodkov v svojem okolju, vedenja drugih živali in ljudi, skušamo razumeti in pojasniti tudi sebe. Enako, kot skušamo poiskati vzroke in razlage za dogodke v okolju, jih iščemo tudi za lastno vedenje. Pripisemo jih agentu, ki ga poimenujemo “jaz” (Minsky, 1985). Svoje vedenje in doživljanje pojasnjujemo na podlagi izkušenj, ki jih imamo s seboj, kot tudi na podlagi stvari, ki nam jih drugi povedo o nas. Skozi celotno osebno zgodovino oblikujemo močan koncept, reprezentacijo sebe – samopodobo. Le-ta vključuje naša prepričanja o lastnih sposobnostih, stališčih, vrednotah, prepričanja o tem, kaj želimo, kaj cenimo, v kaj verjamemo, kaj zmoremo in česa ne. Enako kot naše vedčnje vodijo naša znanja in prepričanja o svetu, naša pričakovanja in predvidevanja o prihajajočih dogodkih ter odzivih na naše vedčnje, svoje vedčnje prilagajamo tudi vedenju o sebi, svojim predvidevanjem o tem, kako se bomo odzvali na izzive v okolju, česa smo zmožni in česa ne - svoji samopodobi. S tem dodatno utrjujemo samopodobo ter določamo svoje vedenje.

Naša dedna zasnova, naše okolje ter sebstvo, ki ga zgradimo, predstavljajo ključne determinante naše duševnosti, sposobnosti, vedenja. Predstavljajo vir stabilnosti ter dajejo vtis predvidljivosti. A nobena od determinant ni enovita celota. Vsako tvori veliko število elementov, ki so v stalni medsebojni interakciji. Interakcijo njihovih posamičnih elementov je nato treba dopolniti z medsebojno interakcijo determinant. Vedenje sistema, ki je v grobih značilnostih sicer stabilno, postane v daljših časovnih okvirih nepredvidljivo.

Genska opredeljenost duševnosti in uma

Ob ugotovitvi, da je celota človeške duševnosti opredeljena s strani treh zelo raznolikih dejavnikov, se vseeno pogosto pojavlja vprašanje, ali lahko za značilnosti mišljenja, čustev in vedenja najdemo vzrok v posamičnih genih. V zadnjih dveh desetletjih je bilo objavljenih precej študij, ki so poročale o prepoznanem genu za inteligentnost (Burdick s sod., 2006), homoseksualnost (Hamer s sod., 1993), alkoholizem (Blum s sod., 1990), shizofrenijo (Sherington s sod., 1988), manično depresijo (Baron s sod., 1987; Egeland s sod., 1987) in celo za močenje postelje (Goleman, 1995). Čeprav so tem sledile objave drugih skupin, ki so poročale, da omenjenih izsledkov sami niso mogli potrditi, in čeprav so celo sami avtorji nekaterih od teh izvirnih odkritij pozneje odstopili od svojih objavljenih trditev (Baron s sod., 1993; Kelsoe s sod., 1989), slednjih ugotovitev mediji niso poudarjali in jih javnost ni privzela. Obveljal je vtis, da so znanstveniki odkrili genetske determinante za nekatere ključne lastnosti človeka (Berkowitz, 1996).

Odnos med posameznimi geni, človeškimi lastnostmi in vedenjem pa ni preprost, čeprav imajo okvare nekaterih genov izrazite učinke na posameznikove sposobnosti in vedenje. Prepoznavna povezave med geni in vedenjem je razmeroma “preprosta” v primerih, ko okvara posameznega gena povzroči nastanek bolezni po vzorcu “vse ali nič”. Primer takega

stanja sta dve hudi nevrodegenerativni motnji, Huntingtonova bolezen (HB) in ena izmed dednih prionskih bolezni, Gerstmann-Straussler-Scheinkerjev sindrom (GSS). Obe bolezni se dedujeta avtosomno dominantno. Zagovorniki genetskega determinizma na temelju takšnih bolezni, ki vključujejo izrazite osebnostne spremembe, poudarjajo vlogo posameznih genov v normalnem oblikovanju osebnosti. Toda velika večina bolezni s prizadetostjo mišljenja, čustvovanja ali, denimo, izvršilnih funkcij možganov (npr. shizofrenija, manično-depresivna motnja, alkoholizem itd.) ne sledi vzorcu dedovanja, ki ga najdemo pri HB ali GSS, in zato teh ugotovitev ne gre posploševati. Obenem je GSS zgovorna ilustracija zapletenih vplivov genetskih dejavnikov na fenotip: kljub avtosomno dominantnemu vzorcu dedovanja najpogostejše mutacije gena za prionsko beljakovino, ki povzroči nastanek tega sindroma, je klinična slika močno pod vplivom zaporedja nukleotidov v drugem delu istega gena kot tam, kjer se nahaja mutacija (najpogosteje gre za kodon 129; Gambetti s sod., 2001). V odvisnosti od tega, ali zaporedje nukleotidov v kodonu 129 narekuje vključitev ene ali druge od dveh možnih aminokislin (metionin ali valin) pri sintezi prionske beljakovine, in na katerem od obeh alelov je tak zapis, se mutacija gena lahko izrazi v zelo različnih podobah in z različnimi kliničnimi znaki (od razlik v času nastopa prvih bolezenskih znakov prek različnih hitrosti poteka, različnega zaporedja in obsega izražanja znakov nevrološke in psihološke prizadetosti do različne razporeditve bolezenskih sprememb v možganih). Pri drugih boleznih so medsebojni vplivi različnih delov genoma na klinično sliko še bolj zapleteni in največkrat prikriti. Velikokrat pa je za njihovo izražanje in s tem za pojav klinične bolezni potreben ustrezen vpliv okolja.

Prepoznavna zapletenih mehanizmov delovanja genetskih dejavnikov in njihove modulacije s strani okolja pri boleznih z znano in izrazito genetsko komponento je svarilo pred poenostavitvami pri razlaganju vpliva posameznih genov na kompleksne človeške lastnosti, kot so inteligenca, čustvovanje, vedenje ...

Determinizem, determiniranje in samoizpolnjujoče prerokbe

Moderna spoznanja številnih ved, od biologije prek nevrofiziologije do psihologije, nam omogočajo vedno globlje razumevanje posamičnih dejavnikov, ki vplivajo na sposobnosti in vedenje posameznika. Enako kot ljudje nakopičeno znanje uporabljamo za učinkovitejše preživetje v okolju, si tudi družba prizadeva za njegovo uporabo v namen učinkovitejšega delovanja. Podjetja želijo zaposliti ljudi, ki bodo najbolj učinkovito in uspešno opravljali svoje delo. Šole želijo izobraževalni proces prilagoditi sposobnostim in omejitvam posameznika. A enako kot lahko napačno razumevanje okolja v težavo pripelje posameznika, so lahko tudi družbi škodljive odločitve, ki temeljijo na napačnih predpostavkah in pomanjkljivem razumevanju delovanja možganov in uma. Posebej ko gre za tako kompleksen sistem, kot so človekovi možgani, je nevarnost precenjevanja znanja ter prevelike samozavesti, podprte z novimi spoznanji, velika.

Predpostavke o determiniranosti posameznika in njegovih sposobnosti lahko razmeroma hitro vodijo k njegovemu neustreznemu aktivnemu determiniranju. Izobraževalni sistem ima že dolgo tradicijo selekcije in usmerjanja učencev, dijakov in študentov na podlagi njihovih rezultatov na standardiziranih testih ali testnih baterijah. Prvi tovrsten test je že leta 1905 oblikoval francoski psiholog Binet, da bi prepoznal učence, ki so potrebni posebne pomoči pri spoprijemanju z učnim programom. Prav na njegovi podlagi je Stern (1912)

zasnoval mero inteligentnosti, inteligenčni kvocient (IQ). IQ-testi so ob obljubi zajemanja tako kompleksnega fenomena, kot je človeška inteligentnost, z enostavno razumljivo mero dosegli neverjetno popularnost.

Na neustreznost poenostavljanja napovedovanja posameznikovih sposobnosti na osnovi testov inteligentnosti je opozorila izkušnja ameriškega letalstva v drugi svetovni vojni. Mnogo bolje kot piloti, ki so se dobro odrezali na IQ-testih, so se v boju namreč izkazali piloti z dobršno mero iznajdljivosti. Na podlagi teh spoznanj je Guilford (1950) oblikoval pomembno ločitev med konvergentnim mišljenjem, mišljenjem, ki temelji na logični izpeljavi sklepov, ter divergentnim mišljenjem, ki temelji na oblikovanju raznolikih pristopov k reševanju istega problema. Obe vrsti mišljenja pomembno prispevata k uspešnem reševanju problemov ter posledično tudi akademski uspešnosti in uspešnosti na delovnem mestu. Poleg razvitosti posameznih oblik mišljenja uspešnost posameznika določajo tudi številni drugi dejavniki, med njimi sta bili v zadnjih letih deležni veliko pozornosti t. i. emocionalna inteligentnost (Salovey, Mayer, 1990) in socialna inteligentnost (Kihlstrom, Cantor, 2000).

Kljub spoznanjem o kompleksnosti dejavnikov, ki določajo posameznikove sposobnosti in uspešnost, mnogi selekcijski postopki v družbi še vedno temeljijo na razmeroma enostavnih in pomanjkljivih merah. Rezultat je pogosto neustrezno omejevanje možnosti polne uresničitve posameznikovih potencialov. Prek opredeljevanja posameznikove samopodobe o lastnih sposobnostih pa postane rezultat selekcijskega postopka samoizpolnjujoča se prerokba. Selekcija, ki naj bi pripomogla k bolj učinkovitemu delovanju družbe, lahko tako postane vir diskriminacije in dolgoročno zmanjšuje uspešnost družbe kot celote.

Na enak način, kot se je treba zavedati pomanjkljivosti poenostavljanja ocenjevanja posameznikovih sposobnosti s pomočjo psihometričnih testov, nam nove tehnike in spoznanja v okviru nevroznanosti in genetike postavljajo nove izzive za njihovo ustrezno in odgovorno uporabo.

Literatura

Baron M., Risch N., Hamburger R., Mandel B., Kushner S., Newman M., Drumer D., Belmaker R. H. 1987. Genetic Linkage Between X-Chromosome Markers and Bipolar Affective Illness. *Nature*, 326: 289–292.

Baron M., Freimer N. F., Risch N., Lerer B., Alexander J. R., Straub R. E., Asokan S., Das K., Peterson A., Amos J., Endicott J., Ott J., Gilliam T. C. 1993. Diminished Support for Linkage Between Manic Depressive Illness and X-Chromosome Markers in Three Israeli Pedigrees. *Nature Genetics*, 3: 49–55.

Berkowitz A. 1996. Our genes, ourselves? *BioScience*, 46: 42–51.

Burdick K. E., Lencz T., Funke B., Finn C. T., Szeszkom P. R., Kane J. M., Kucherlapati R., Malhotra A. K. 2006. Genetic variation in DTNBP1 influences general cognitive ability. *Hum Mol Genet*, 15: 1563–1568.

Egeland J. A., Gerhard D. S., Pauls D. L., Sussex J. N., Kidd K. K., Allen C. R., Hostetter A. M., Housma D. E. 1987. Bipolar Affective Disorders Linked to DNA Markers on

Chromosome 11. *Nature*, 325: 783–787.

Gambetti P., Parchi P., Capellari S., Russo C., Tabaton M., Telle J. K., Chen S. G. 2001. Mechanisms of phenotypic heterogeneity in prion, Alzheimer and other conformational diseases. *Journal of Alzheimer's Disease*, 3: 87–95.

Goleman D. 1995. Gene Link Found to Bed-Wetting, Proving Problem Isn't Emotional. *New York Times*, 1 July: 1.

Guilford J. P. 1950. Creativity. *American Psychologist*, 5: 444–454.

Hamer D. H., Hu S., Magnuson V. L., Hu N., Pattatucci A. M. L. 1993. A Linkage Between DNA Markers on the X- Chromosome and Male Sexual Orientation. *Science*, 261: 321–327.

Hofstadter D. 1979. *Goedel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid*. Basic Books, New York.

Hofstadter D. 2007. *I am a strange loop*. Basic Books, New York.

Kelsoe J. R., Ginns E. I., Egeland J. A., Gerhard D. S., Goldstein A. M., Bale S. J., Pauls D. L., Long R. T., Kidd K. K., Conte G., Housman D. E., Paul S. M. 1989. Re-evaluation of the Linkage Relationship Between Chromosome 11p Loci and the Gene for Bipolar Affective Disorder in the Old Order Amish. *Nature*, 342: 238–243.

Kennedy J. L., Giuffra L. A., Moises H. W., Cavalli-Sforza L. L., Pakstis A. J., Kidd J. R., Castiglione C. M., Sjogren B., Wetterberg L., Kidd K. K. 1988. Evidence Against Linkage of Schizophrenia to Markers on Chromosome 5 in a Northern Swedish Pedigree. *Nature*, 336: 167–170.

Kihlstrom J. F., Cantor N. 2000. Social Intelligence. V: Sternberg R. J. (ur.). *Handbook of intelligence*, 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge. Str.: 359–379.

Miller G. A. 1983. Informavores. V: Machlup F., Mansfield U. (ur.). *The Study of Information: Interdisciplinary Messages*. Wiley, New York. Str.: 111–113.

Minsky M. 1985. *The society of mind*. Simon & Schuster, New York.

Piaget J. 1954. *The construction of reality in the child*. Basic Books, New York.

Salovey P., Mayer J. D. 1990. "Emotional intelligence". *Imagination, Cognition, and Personality*, 9: 185–211.

Sherrington R., Brynjolfsson J., Petursson H., Potter M., Dudleston K., Barraclough B., Wasmuth J., Dobbs M., Gurling H. 1988. Localization of a Susceptibility Locus for Schizophrenia on Chromosome 5. *Nature*, 336: 164–167.

Stern W. 1912. "The Psychological Methods of Intelligence Testing" (G. Whipple, Trans.). Warwick and York, Baltimore.