

Dr. Kurt W. Fischer, Harvardska univerza, Cambridge, ZDA

UM, MOŽGANI IN IZOBRAŽEVANJE: POSTAVLJANJE ZNANSTVENIH TEMELJEV ZA UČENJE IN POUČEVANJE ¹

POVZETEK

Temeljni namen nastajajočega polja, ki ga imenujemo *um, možgani in izobraževanje*, je povezovanje biologije, kognitivne znanosti, razvojne psihologije in izobraževanja. S tem želimo doseči, da bo izobraževanje temeljilo na raziskovalnem delu. Gibanje, ki se širi po vsem svetu, se mora izogibati mitom in popačenjem, značilnim za splošno razširjene predstave o možganih in genetiki, obenem pa mora trdno povezovati raziskovalno delo in vsakdanje praktično delo v izobraževanju. Ustvariti mora tudi močno infrastrukturo, ki bo povezovala znanstvenike in učitelje, da bodo skupaj preučevali učinkovite načine učenja in poučevanja. Znanost in vsakdanje praktično delo ponujata številna potencialno učinkovita orodja, s katerimi lahko izboljšamo izobraževanje. Nevroznanost in genetika pomagata analizirati 'črno škatlo', v kateri potekajo biološki procesi, za katere vemo, da podpirajo učenje. Razumevanje biologije sposobnosti in hendikepa pomaga učiteljem in staršem spodbujati razvoj učencev in krepiti njihove zmožnosti za učenje. Kognitivna znanost analizira mentalne modele/metafore, ki prežemajo proizvajanje pomenov v človeških kulturah, oblikuje orodja, s katerimi se lahko izogibamo nezavednim popačenjem, ter izdeluje učinkovite metode in sredstva za izobraževanje. Razvojna znanost in znanost o učenju izdelujeta orodja za analiziranje učnih poti, ki zajema tako preučevanje skupnih vzorcev kot razlik v načinih učenja. Da bi dobro utemeljili izobraževanje na raziskovalnem delu, moramo izboljšati infrastrukturo, to pa lahko dosežemo tako, da oblikujemo a) raziskovalne šole, v katerih vsakdanje praktično delo in znanost skupaj usmerjata raziskovalno delo v izobraževanju; b) skupne podatkovne baze o izobraževanju in razvoju otrok; c) nov poklic izobraževalnega inženirja ali prenašalca, ki bo skrbel za hitrejšo povezovanje raziskovalnega dela, izobraževalnih praks in politike.

Nastajajoče polje s skupnim nazivom *um, možgani in izobraževanje* (UMI) združuje biologijo, kognitivno znanost, znanje s področja človekovega razvoja in izobraževanje. Cilj takega povezovanja so trdni raziskovalni temelji za izobraževanje. Taki temelji terjajo nov način povezovanja raziskovalne dejavnosti in izobraževanja, kar pomeni dvosmerno sodelovanje med učitelji in raziskovalci, da bi skupaj oblikovali raziskovalna vprašanja in metode, s katerimi bi lahko povezovali tudi prakso in

politiko. Tradicionalni model ne bo deloval. Ni namreč dovolj, da raziskovalci zbirajo podatke v šolah in omogočajo učiteljem dostop do raziskovalnih člankov, ki nastajajo na njihovi podlagi. To ni dober način, s katerim bi raziskovalci ustvarjali uporabno znanje za izobraževanje. Tradicionalni način izpušča učitelje in učence, ti pa lahko bistveno pripomorejo k oblikovanju raziskovalnih metod in vprašanj. Njihov prispevek je lahko v pomoč na poti do uporabnejših raziskovalnih spoznanj, s katerimi je mogoče pozneje v obliki povratnih informacij produktivno spreminjati šole in učne situacije v drugih okoljih.

Obstajajo številni primeri v modernem svetu, ko znanstveniki in praktiki skupaj oblikujejo raziskovalna vprašanja in tako prispevajo k uporabnemu znanju. Pomislite na polje medicine, v katerem biologi in medicinski praktiki (zdravniki, medicinske sestre itd.) sodelujejo v izobraževalnih bolnišnicah in drugih ustanovah, v katerih povezujejo raziskovalno delo z vprašanji zdravja in bolezni. V medicini sta raziskovanje in praktično delo skoz in skoz prepletena, rezultat pa je velikanski napredek v načinih zdravljenja in medicinskih posegih. Na splošno lahko rečemo, da se raziskovalna dejavnost in vsakdanje praktično delo rutinsko povezuje v različnih dejavnostih in na številnih področjih (Hinton in Fischer, 2008). Meteorologi povezujejo znanost in prakso pri analiziranju in napovedovanju vremena (npr. Državni center za raziskovanje ozračja, <http://www.ncar.ucar.edu/research/meteorology>). Kozmetična podjetja porabijo milijarde za raziskovanje nege kože, ličil in osebne higijene, pri čemer nastane na tisoče izdelkov, ki so močno povezani z raziskovalnimi izsledki. Obdelovanje hrane, proizvodnja avtomobilov, kmetijstvo, kemična industrija, gradbeništvo – skoraj vsako večje moderno podjetje temelji na raziskovanju, ki ga usmerjajo praktična vprašanja o izdelkih, njihovi uporabnosti in učinkovitosti.

Kaj se je zgodilo izobraževanju? Če raziskovalci ustvarjajo uporabno znanje za večino industrijskih panog in podjetij na svetu, bi moralo enako veljati tudi za izobraževanje, kajne? Toda na neki način je izobraževanje doslej vselej izpadlo iz procesov utemeljevanja prakse na raziskovanju. Da bi izobraževanje postavili na raziskovalne temelje, je Dewey (1896) predlagal ustanavljanje laboratorijskih šol; njegov predlog pomeni, da bi povezovali raziskovanje s šolskimi praksami ter tako zagotavljali formativno ocenjevanje in demokratične povratne informacije.

¹ Nagovor predsedujočega na prvi konferenci Mednarodnega združenja *Um, možgani in izobraževanje*.

Na žalost pa njegova vizija nikoli ni zaživela v praksi. V šolskem polju danes ne obstaja infrastruktura, ki bi podpirala rutinsko preučevanje učenja in poučevanja ter tako prispevala k vrednotenju učinkovitosti obojega. Če lahko podjetji Revlon in Toyota porabita milijone za raziskave, ki pomagajo ustvariti boljše izdelke, kako lahko šole še naprej uporabljajo domnevno 'najboljše prakse', ne da bi zbirale podatke, kaj resnično deluje?

Opisano pomanjkanje raziskovalnih temeljev je glavni razlog, da so se vlade številnih držav odločile za vrednotenje učenja v šolah z rabo standardiziranih testov v projektih, kakršna sta na primer *Program za mednarodno ocenjevanje učencev* (Program for International Student Assessment [OECD, 2007a]) in *Noben otrok ni zapostavljen* (No Child Left Behind). Ozkost takih orodij za vrednotenje pa je zelo problematična, saj je na primer težko določiti, kaj sploh sta učinkovito učenje in poučevanje; poleg tega v večini primerov proces vrednotenja preprečuje sodelovanje učiteljev in učencev. Ali Toyota lahko ugotovi, kako delujejo njeni avtomobili, če jih preverja na dirkah, prezre pa, kako se obnašajo v vsakdanjih voznih situacijah? Ali lahko Revlon ali Avon proizvedeta učinkovita kozmetična sredstva, če preverjata njihove učinke samo na ljudeh, ki jih zberejo enkrat na leto v veliki dvorani? Izobraževanje potrebuje vrednotenje realnih dosežkov v šolah, ki jih na podlagi preiskovanja učinkovitosti številnih vidikov učenja in poučevanja (kurikuli, vrste šol, tipi razredov itd.) v različnih šolskih okoljih skupaj domisljijo raziskovalci, učitelji in učenci – to, kar imenujeta Daniel in Poole (2009) pedagoška ekologija.

GIBANJE UM, MOŽGANI IN IZOBRAŽEVANJE

Ob koncu dvajsetega stoletja je skoraj sočasno nekaj privrelo na dan v Parizu, Tokiu in Cambridgeu v Massachusettsu – zanimanje za tesno povezovanje biologije in kognitivnih znanosti z izobraževanjem; namen takega povezovanja je bil poglobiti znanje o učenju in poučevanju. V Parizu so Bruno della Chiesa in sodelavci v okviru Sveta za raziskovanje in inovacije v izobraževanju, ki deluje znotraj OECD, oblikovali projekt *Znanosti o učenju in raziskovanje možganov*. K sodelovanju so povabili znanstvenike in učitelje, da bi skupaj pospešili raziskovanje na področju izobraževanja in nato izdali knjigi o možganih in znanosti o izobraževanju (OECD, 2002, 2007b). V Tokiu so Hideaki Koizumi in sodelavci sprožili gibanje, s katerim so začeli povezovati biologijo in izobraževanje, nato pa ustanovili Japonsko združenje za znanost o otrocih ter opravili vrsto longitudinalnih študij o učenju in razvoju japonskih otrok (Koizumi, 2004). V Cambridgeu so Kurt Fischer, Howard Gardner in drugi začeli izvajati učni program za podiplomske študente, ki jih zanimajo biologija, kognitivna znanost in izobraževanje; poimenovali so ga UMI, temelji pa na Medfakultetni pobudi za preučevanje uma, možganov in vedenja, ki je nastala nekaj let pred tem na Harvardu (Blake in Gardner, 2007; Fischer, 2004). Sočasno so Anne

Rosenfeld, Kenneth Kosik in Kelly Williams sprožili vrsto konferenc o učenju in možganih (večinoma v Cambridgeu) z namenom, da bi izobraževali učitelje o nevroznanosti in genetiki ter njihovih povezavah s problemi v izobraževanju (<http://www.edupr.com/>).

Minilo je nekaj let in skupine iz Pariza, Tokia in Cambridgea so začele sodelovati; ustanovile so Mednarodno združenje UMI in spobudile nastanek revije *Mind, Brain, and Education*. Te skupne projekte je močno podprla Papeška akademija znanosti v Rimu, ki je leta 2003 ob praznovanju svoje štiristote obletnice pod vodstvom Antonia Battroja iz Argentine poprosila predstavnike harvardskega programa UMI, naj organizirajo po vsem svetu dvodnevna srečanja o raziskovalnem delu na tem področju. Tem začetnim pobudam so sledila številna srečanja, nastali so številni novi projekti, izšle so knjige. Danes na primer že obstajajo uveljavljeni programi za usposabljanje učiteljev in raziskovalcev, ki povezujejo biologijo in izobraževanje, in sicer na Univerzi Cambridge (Goswami, 2006), Univerzi Dartmouth (Coch, Michlovitz, Ansari in Baird, v tisku), na Teksaški univerzi v Arlingtonu (Schwartz in Gerlach, v tisku), na Univerzi Južna Kalifornija (Immordino-Yang, 2007), na Univerzi v Pekingu, Jugovzhodni univerzi v Nanjingu, nadaljujejo pa se tudi začetni UMI-program na Harvardu ter dejavnosti v Tokiu in Parizu.

Poleg vseh naštetih projektov, ki povezujejo raziskovanje, praktično delo in politiko, se je v medijih in na medmrežju razvila tudi skoraj prava obsedenost z nevroznanostjo, genetiko in izobraževanjem, veliko pa je tudi neodgovornih poskusov, da bi prodali čim več komercialnih projektov, za katere trdijo, da »temeljijo na raziskovanju možganov«. Pričakovanja, da bosta nevroznanost in genetika preoblikovali izobraževalne prakse in politike, so daleč presešla začetne zamisli pobudnikov gibanja UMI ter raven znanja o delovanju možganov in znanja s področja genetike (Fischer et al., 2007; Fischer, Immordino-Yang in Waber, 2007; Goswami, 2006; Hinton, Miyamoto in Della Chiesa, 2008; Katzir in Paré-Blagoev, 2006; Stern, 2005). Številni miti s področja nevrologije so postali del popularnih razprav – na primer prepričanja, kako delujejo možgani in telo, ki so sicer široko sprejeta, toda očitno napačna (OECD, 2007b). Večina poskusov, da bi potisnili v ospredje izobraževanje, ki temelji na poznavanju delovanja možganov, se naslanja na take znanstveno dokazano zgrešene mite: drobna povezava med nevroznanostjo in večjim delom izobraževanja, ki temelji na poznavanju možganov, je samo ta, da imajo učenci možgane. Druge ugotovitve nimajo nobene opore v sodobni nevroznanosti.

Orisano pomilovanja vredno stanje terja od nas, da gradimo na a) zelo skeptičnem odnosu do trditev o povezavah med izobraževanjem in nevroznanostjo in se premaknemo naprej k b) sistematičnemu povezovanju bioloških in psiholoških spoznanj z izobraževanjem ter sodelovanju med učitelji, učenci in raziskovalci, poleg tega pa še k temu, da c) dolgoročno izboljšamo infrastrukturo za podporo novih znanstvenih spoznanj, ki se nanašajo na izobraževanje. Če

se polje lahko širi v predstavljenih smereh, potem lahko začnemo uporabljati raziskovalna orodja, kot so na primer snemanje možganov, analiziranje kognitivnih procesov in učenja ter genetske analize, s katerimi lahko skušamo razsvetliti »črno škatlo« ter odkriti osnovne učne mehanizme in vzročne odnose (Hinton in Fischer, 2008).

KOGNITIVNI MODELI (METAFORE): PODLAGE ZA NEVROLOŠKE MITE IN POTENCIALI ZA IZBOLJŠANJE IZOBRAŽEVANJA

V jeziku in kulturi uporabljajo človeška bitja za razumevanje in analiziranje sveta modele, v katere so vgrajeni temeljni koncepti in principi zaznavanja in razmišljanja. Ta argument so antropologi in drugi učenjaki razvijali dolga desetletja (Benedict, 1934; Lévi-Strauss, 1966). Nedavno pa so kognitivni znanstveniki razvili orodja za analiziranje narave in vsebine modelov, ki ljudem omogočajo razumevanje sveta; njihove analize so pokazale, kako taka pristranska prepričanja včasih podpirajo mite o učenju in delovanju možganov. Na primer: Lakoff in Johnson (1980) sta zasnovala ogrodje za razčlenjevanje takih (večinoma nezavednih) modelov s pomočjo jezikovnih analiz, Vidal (2007) pa je slikovito opisal modele, ki govorijo o naravi in vlogi možganov, kot so se razvijali skozi celotno dvajseto stoletje.

Možganstvo² in metafore kanalov

V modernem modelu delovanja človekovega uma so možgani osrednji organ, ki omogoča večji del zavesti in učenja – Fernando Vidal to imenuje *možganstvo* in govori o možganih kot viru posamezne osebnosti (*personhood*) in človekovega jaza. V preprostem in prevladujočem modelu so ljudje v glavnem isto kot njihovi možgani, kar pomeni, da bi bila lahko oseba možgani v vedru ali v laboratorijski posodi, ali pa, da je osnovna narava človeškega bitja shranjena v možganih. Telo, medsebojni odnosi in kultura so v tem modelu v najboljšem primeru nekaj sekundarnega. Ko ga ljudje uporabljajo, govorijo, kot da učenje nastaja v možganih, pri čemer zanemarijo, kako k njemu prispeva telo posameznega človeka, spregledajo pa tudi vlogo, ki jo ima pri učenju in pridobivanju informacij posameznikovo okolje. Ko se ljudje učijo, pravijo predstavniki tega modela, shranjujejo znanje v možganih, to pa leži tam in čaka, kdaj ga bo človek priklical – kot da so možgani skladišče (knjižnica, računalniški spomin) informacij. Če zadevo nekoliko karikiramo, lahko rečemo tole: zjutraj se zbudimo, prinesemo iz skladišča informacije, ki jih bomo potrebovali čez dan, potem pa jih procesiramo, kot nam narekuje delo, ki ga opravljamo.

Ko analiziramo učenje, poučevanje in sploh vse, kar se vsak dan dogaja v šolah, odkrijemo, da se temu mitskemu modelu pridružuje še eden, za katerega je videti, da je široko

razprostranjen v človeških kulturah in navzoč v vseh zgodovinskih obdobjih – *model kanalov*, prek katerih prenašamo znanje (Lakoff in Johnson, 1980; Reddy, 1979). Ko se ljudje učijo, prejmejo objekt (zamiseln, koncept ali idejo), ki ga imajo nato v lasti. Da bi o njem poučili drugega človeka, mu ga preprosto posredujejo, kot da bi obstajal kanal, po katerem prenesejo ali prečrpajo informacijo v drugo osebo. Enako lahko shranijo predmet znanja na kakem drugem nosilcu, kot sta na primer knjiga ali stran na medmrežju.

Sledi nekaj primerov iz vsakdanjih pogovorov, ki ponazarjajo, kako ljudje uporabljajo to metaforo – v glavnem nezavedno, včasih pa tudi za šalo. *Christina si je izmenjala zgodbe z Rose. Katie je našla razlago v knjigi. Laura je dala idejo Davidu, ta pa jo je pograbil. Bennett je ukradel hipotezo Marshallu. Podal sem ti odgovor, zakaj ga ne sprejmeš!* Posamezniki lahko manipulirajo z idejami, s koncepti ali z mislimi, za katere je videti, kot da so shranjeni v možganih. *Howard si nikakor ne more izbiti ideje iz glave. Kaj imaš v mislih? Zak je izgubil idejo. Gotovo mu je ušla iz glave.*

Skladno z modelom kanalov v šolah učitelji delijo znanje oziroma predmete znanja z učenci, ti pa jih imajo nato v lasti. Ali pa bi jih vsaj morali imeti. Če predmetov ne uporabljajo učinkovito (jih ne razumejo in jih ne znajo uporabljati), jih označijo za neumne ali lene, včasih pa so obtožb deležni tudi učitelji, češ da informacij niso dovolj učinkovito prenesli nanje. Znanje je na voljo kot množica informacij, od učencev pa se pričakuje, da jih bodo sprejemali in uporabljali. Dobri učitelji in učenci seveda vedo, da učenje ne poteka tako, kot predvideva ta model, toda metafora kanalov je tako močno navzoča v jeziku in kulturi, da se ji je težko ogniti.

Pridobivanje znanja kot aktivno konstruiranje

Ali ne bi bilo čudovito, če bi bilo učenje res tako preprosto? Določeno temo ali spretnost bi obvladali tako, da bi se naučili ustrezne zbirke informacij – kje je dobra kmetija v Minnesoti, mesec, ko je tam najboljše posejati žito, kako globoko v zemljo ga moramo zakopati, pričakovana količina padavin in tako dalje. Kmet preprosto zbere nekaj takih informacij in že ve, kako pridelovati žito v Minnesoti – nikakor ne! Da bi postal uspešen kmetovalec, mora narediti bistveno več kot samo zbrati ustrezne podatke. Uspešno kmetovanje terja dolgoletno rabo znanja o tem, kaj vse je treba narediti vsak mesec v letu, kako načrtovati, sejati, žeti, poleg tega pa še sprotno učenje, kako izboljševati pogoje za uspešno rast.

Enako kognitivna znanost in nevroznanost dokazuje, da znanje pridobivamo z aktivnostjo. Ko živimo in ljudje nekaj delajo v svetovih, v katerih živijo, spreminjajo lastno vedenje. Raziskovanje možganov nam je že postreglo s spoznanjem, da na podoben način dobesedno

² Avtor uporablja izraz *brainhood*. Pomeni kakovost ali pogoj, da je človek isto kot možgani. Podobno je *starševstvo* kakovost ali pogoj, da je človek roditelj (op. prev.).

spreminjajo tudi anatomijo in fiziologijo možganov (in teles). Ko aktivno nadzorujemo lastne izkušnje, te utirajo nove poti v možganih, spreminjajo nevrone, sinapse in možgansko aktivnost (Hubel in Wiesel, 1970; Singer, 1995). Ko smo samo izpostavljeni dogodkom in informacijam (v nasprotju s tem, da vplivamo nanje), ti ne vplivajo močno niti na možgane niti na telo.

Enako tudi šolsko učenje temelji na aktivnostih. Če bi zajemalo samo usvajanje predmetov znanja, učenec ne bi imel nobene potrebe, da bi ducat let ali celo več hodil v šolo, se opismenjeval ter oblikoval v izobraženega človeka in produktivnega člana družbe enaindvajsetega stoletja. Potrebna so leta učenja, da zna človek dobro brati, si razložiti vojno v Iraku, napisati zgodbo o tem, kako diši roža, ali analizirati posledice padca krogle s stolpa. Vsaka generacija ljudi se mora na novo učiti konstruirati znanje; to jim ne more biti preprosto dano ali posredovano (Vygotsky, 1978). Učitelji in učenci morajo delati, da bi razumeli koncepte. Skladiščenje podatkov s spominu preprosto ni dovolj, zlasti ne v 21. stoletju, ko morajo ljudje nenehno prilagajati znanje hitro spreminjajočemu se svetu.

Na srečo nevroznanost in kognitivna znanost že več kot stoletje kopičita spoznanja o tem, kako ljudje ustvarjajo in uporabljajo znanje. Raziskave s področja kognitivne znanosti več kot sto let vedno znova potrjujejo spoznanje, da učenje in poučevanje terjata aktivno konstruiranje znanja (Baldwin, 1894; Bartlett, 1932; Piaget, 1952); enaka spoznanja potrjuje nevroznanost že več kot pol stoletja (Singer, 1995). Metafora kanalov je uporabna le do določene stopnje, ko se na primer učimo posameznih informacij, toda ko uporabljamo znanje, ki je veliko več kot samo recitiranje informacij, moramo to metaforo nadomestiti z modelom *aktivno konstruiranega znanja*, kot ga predlagata kognitivna znanost in nevroznanost. Ljudje namreč gradijo znanje tako, da ga aktivno uporabljajo pri svojem delu. Na primer: Piagetova (1952) temeljna metafora o znanju predvideva, da ljudje zgrabijo ideje in dejstva z umom, potem pa mentalno in fizično manipulirajo z njimi. Matematika neposredno ponazarja ta proces s temeljnimi operacijami, kot sta seštevanje in množenje, pri čemer ljudje povezujejo objekte, jih grupirajo in tako ustvarjajo številčne rezultate.

Z analiziranjem metafor, ki jih najdemo v jeziku in kulturi, lahko razumemo, kako oblikujejo naše misli in naša dejanja, zato lahko ustvarjamo učinkovitejše modele. V nadaljevanju se bom vrnil k tej temi in opisal načine, kako lahko uporabljamo metafore ter z njimi spodbujamo učenje in poučevanje v šolah.

KONSTRUKTIVNO PREMOŠČANJE: ORGANSKI TEMELJI DEJAVNOSTI IN UČNIH POTI

Že zgodaj v kratki zgodovini gibanja UMI so nekateri raziskovalci močno podvomili o uporabnosti povezovanja biologije, zlasti raziskovanja možganov, in izobraževanja (Bruer, 1997; Hirsch-Pasek in Bruer, 2007). Njihov glavni argument je bil, da je most med biologijo in izobraževanjem

'predolg', saj naj ne bi bilo mogoče neposredno konceptualno ali praktično spojiti bioloških spoznanj in analiz učenja, kakršno poteka v šolah. V najboljšem primeru bi lahko uporabili kognitivno znanost samo kot vmesno postajo na poti od nevroznanosti do izobraževanja. Skladno s tem argumentom je mogoče reči, da je izobraževanje ostro ločeno od nevroznanosti. Pa vendar je argument slab, saj temelji na ozki metafori in na omejenem številu primerov, ki ne dovolijo širše uporabnosti bioloških analiz pri zagovarjanju pedagoških ciljev.

Bruer (1997) skuša podkrepiti svoj argument tako, da se naslanja na delo s področja zgodnjega učenja matematike, ki sta ga opravila Case in Griffin (Case in Griffin, 1990; Griffin in Case, 1997). Raziskovanje možganskih procesov pri računanju (prim. Dehaene, 1997) lahko povežemo z analizami kognitivnih procesov pri računanju. Te lahko nato povežemo z izobraževalnimi praksami, kakršna je na primer poučevanje učenca, ki se uči uporabljati številski trak pri reševanju matematičnih nalog. Če pa bi šli neposredno od raziskovanja možganov k izobraževanju, bi to pomenilo graditi predolg most. Case in Griffin sta ugotavljala, kako skušajo otroci razumeti številski trak, ki predstavlja temelj računanja, in pokazala, kako lahko uporabljamo kurikularna gradiva in igre za spodbujanje in pospeševanje takega učenja ter učinkovitejšega posploševanja.

V tem trenutku se je zares težko premakniti od Dehaenovih analiz numeričnih sistemov v možganih k šolski matematiki, toda orisani primeri in še nekateri drugi, ki jih uporabi Bruer, še ne dokazujejo splošne poante. Analize trditve o predolgem mostu zanemarjajo premislek o uporabnosti povezovanja bioloških konceptov in izobraževalnih praks. Pogosto razumevanje bioloških (organskih) temeljev dejavnosti in učnih poti prestavi izobraževalne cilje daleč naprej, sočasno pa razsvetljuje vprašanja, s katerimi se ukvarja nevroznanost.

Učenje z otroki s polovico možganov

Raziskave otrok s polovico možganov pričajo tako o pomembnosti biološkega znanja pri zastavljanju višjih izobraževalnih ciljev kot o uporabnosti izobraževalnih dosežkov za razsvetljevanje nevroznanstvenih problemov (Battro, 2000; Immordino-Yang, 2007). To spoznanje pa ne velja le za otroke z velikimi primanjkljaji na področjih učenja zaradi organskih poškodb, temveč tudi za vse druge otroke, katerih sposobnosti imajo biološke korenine.

Pri nekaterih hudih vrstah epilepsije je glavni del napadov osredotočen na polovico možganov, ki jo je treba odstraniti, če hočemo preprečiti škodo še na drugi polovici. Posledica je očitna: ljudje imajo po operaciji le polovico možganov. V nasprotju s pričakovanji pa so nekateri otroci s polovico možganov odraščali v učno zelo spodbudnih okoljih, zato so razvili izjemne spretnosti – celo take, za katere tradicionalna nevroznanost namiguje, da jih sploh ne bi mogli razviti.

Da bi lahko optimalno podpirali učenje otrok s polovico možganov, potrebujemo biološko znanje o

delovanju možganov in telesa, zlasti znanje o posebnih problemih, ki nastanejo po izgubi polovice možganov. Na primer. Otrok brez desne možganske poloble zaradi posledične hemipareze sorazmerno težko nadzoruje levo polovico svojega telesa, zlasti roko in nogo. (Desna polobla bolj nadzoruje levo polovico telesa, leva pa desno polovico.) Nasprotno pa otrok brez leve poloble težko nadzoruje desno polovico svojega telesa. Znanje o teh bioloških značilnostih možganov in telesa nam je v veliko korist pri otrokovem učenju in pri spodbujanju njegovih dejavnosti. Brez takega znanja bi se učitelji in negovalci znašli pred velikimi izzivi, kako pomagati otroku pri rehabilitaciji.

Deček Nico je brez desne poloble od svojega tretjega leta starosti, saj so mu jo odstranili, da bi preprečili nadaljnje epileptične napade. Na podlagi takratnega strokovnega znanja so staršem povedali, da bo imel sin slabo razvite vizualno-prostorske sposobnosti, med katere sodi sposobnost risanja, pa tudi slab nadzor nad intonacijo pri govorjenju, kajti za te sposobnosti so verjeli, da jih nadzoruje desna polobla. Kljub takim opozorilom sta družina in šola nudili otroku veliko priložnosti za razvoj na številnih področjih, kot so telesne dejavnosti, risanje in raba govora. Z njihovo pomočjo je Nico razvil dobre motorične spretnosti, kot sta na primer vožnja z rolko in s kolesom. Zanimalo ga je tudi risanje, zato so ga družina in učitelji pri tem podpirali; izjemno je, da je postal spreten risar, kot lahko vidimo na sliki 1, na kateri je prikazana njegova skica gostišča v Cambridgeu, v katerem je bival, ko je pri dvanajstih letih obiskal naš laboratorij. Zdaj je mlad odrasel človek, znan pa je kot dober umetnik – prav nasprotno od tega, kar so napovedovali nevroznanstveniki, ko so trdili, da ne bo nikoli razvil vizualno-prostorskih spretnosti.



Slika 1. Risba gostišča v Cambridgeu, Nico, 12 let

Morda pa je še bolj v oči bijoč primer fantka z imenom Brooke, ki so mu zaradi hude epilepsije odstranili levo poloblo, ko je imel enajst let. Fantek je bil pri teh letih že skoraj prestar za tako operacijo, kajti zmožnost možganov za rehabilitacijo po tako obsežnem posegu in za prilagajanje

novim zahtevam po učenju na splošno s starostjo upada (Bailey, Bruer, Symons in Lichtman, 2001). Dečku in njegovim staršem so rekli, da po odstranitvi polovice možganov ne bo nikoli več govoril; takoj po operaciji res ni mogel govoriti. Kljub temu je že kmalu izgovoril nekaj besed, v nekaj mesecih pa se je vnovič naučil govoriti angleško ter postal dovolj spreten v govorjenju in branju, da je lahko normalno nadaljeval šolanje v osnovni šoli in se pozneje vpisal na državno višjo šolo. Njegova rehabilitacija je šokirala zdravnike in nevroznanstvenike, ki so delali z njim, njega in njegovo družino pa seveda razveselila.

Ključno pri obeh dečkih je, da sta jima njuni družini skupaj z učitelji pomagali učiti se risati in govoriti in niso sprejeli napovedi, da nikoli ne bosta razvila teh spretnosti. Številni hendikepirani otroci lahko razvijejo spretnosti, če živijo v okoljih, v katerih jih močno podpirajo pri učenju in v razvoju. Dečka, ki imata vsak samo po polovico možganov, dokazujeta izjemno plastičnost pri učenju in v razvijanju možganov. Kljub izgubi polovice možganov sta se naučila, česar se domnevno sploh nista bila sposobna naučiti. Bistveno vlogo pri tem je imela stalna podpora s strani družin in šol, ki je zajemala tudi posebno pomoč pri razvijanju spretnosti učenja in govora.

Raba intonacije pri govorjenju

Immordino-Yang (2004, 2007) je preučevala pri obeh dečkih pomembno jezikovno veščino – rabo intonacije (včasih jo imenujejo melodija ali prozodija), ki je pomembna pri zaznavanju in sporočanju čustvenega pomena izjav. Na primer. Z različno intonacijo se stavek *Zmagali smo* spremeni iz preproste resničnostne izjave (*Zmagali smo pač*) v sarkastično izjavo o izgubi (*ZMAGALI smo*) ali pa v vprašanje, ki namiguje na negotovost, kdo je zmagal (*Zmagali smo?*). Nevroznanstvene raziskave kažejo, da poteka razumevanje intonacije predvsem v desni možganski polobli. To pomeni, da je Nico ne bi smel biti sposoben razumeti, saj je brez desne polovice možganov, medtem ko Brooke ne bi smel imeti težav, saj jo ima. Analiza te govorne veščine, ki jo je opravila Immordino-Yang, je postregla s presenetljivim dokazom o plastičnosti možganov – kako lahko ljudje razvijajo enake spretnosti s pomočjo različnih možganskih procesov.

V nasprotju z napovedmi o skromnem razumevanju intonacije zaradi odstranitve desne možganske poloble spontani razvoj govora in sposobnosti za poslušanje pri Nicu namiguje, da je ustrezno uporabljal intonacijo. Immordino-Yang je razvila več preizkusov dojemanja govora in zmožnosti govorjenja, ki jih je uporabila pri Nicu in pri večjem številu njegov špansko govorečih vrstnikov iz Argentine. Kljub temu da nima polovice možganov, se je dobro odrezal pri osnovnih preizkusih in presegel večino vrstnikov. Pri zahtevnejših preizkusih z več detajli je bil povprečen ali nekoliko nad povprečjem razen v primerih, ko je bil naprošen, naj poveže razlike v intonaciji s kontekstualnim pomenom. Nicov visok dosežek je bil veliko presenečenje, saj nima desne možganske poloble!

Brooke je sodeloval pri enakih preizkusih, ki so potekali v njegovem maternem, angleškem jeziku, dosežke pa so nato primerjali z dosežki skupine angleško govorečih vrstnikov iz njegovega okolja. Tudi njegovi dosežki so bili v večini primerov povprečni, odličen pa je bil pri analizi intonacije v zgodbah. Podobno kot Nico je imel težave pri povezovanju razlik v intonaciji s kontekstualnim pomenom. Njegova sposobnost za razumevanje intonacije je bila morda manj presenetljiva kot pri Nicu, kajti v desni možganski polobli naj bi bil sedež za razumevanje intonacije.

Immordino-Yang je povezala omenjene preizkuse z drugimi načini ocenjevanja in bolj prefinjenimi analizami, da bi ugotovila, kako sta dečka razvila sposobnost za razumevanje intonacije. Sta uporabljala enake procese in strategije za analiziranje intonacije ali pa sta uporabljala različne? Našla je dokaze, da sta razvila enake sposobnosti za razumevanje intonacije na izrazito različne načine, razlike pa se ujema z značilnimi vzorci procesiranja v tistih možganskih poloblah, ki sta jih ohranila. Nico je uporabljal slovničnim podobne vzorce procesiranja, ki so pogosti v levi polobli, medtem ko je bil Brooke osredotočen na čustveni pomen intonacije, ki je značilen za delovanje desne poloble.

Nico je analiziral intonacijo tako, da je uporabljal procese in vzorce, podobne tistim, ki jih ljudje uporabljajo za določanje razlik pri oblikovanju slovničnega in leksikalnega pomena, ti procesi pa potekajo predvsem v levi polobli. V angleškem jeziku to vključuje tudi razlike med trditvijo (spuščajoča intonacija na koncu stavka) in vprašanjem (naraščajoča intonacija na koncu). V mandarinski kitajščini (in nekaterih drugih jezikih) ljudje uporabljajo za določanja pomena intonacijo; s štirimi različni toni (intonacijski vzorci) naredijo iz izraza, kot je *ma*, štiri različne besede in ustvarijo štiri pomene. Nico je bil zelo spreten pri razlikovanju in primerjanju intonacij ter normalno spreten pri rabi večine intonacij, imel pa je težave pri povezovanju intonacije in čustev. Da bi pojasnil presojanje na podlagi intonacije, ko se na primer junak v zgodbi šali, ko nekaj pripoveduje, je po navadi rekel *Tako sem pač slišal* in ni podal nobenega pojasnila o junakovem čustvenem stanju ali njegovi perspektivi. Zdelo se je, da uporablja levo možgansko poloblo in prek intonacije določa slovničnemu podoben pomen.

Brooke se je odzival drugače. Pozoren je bil zlasti na čustvene namige v intonaciji in se je pri pojasnjevanju osredotočal nanje. Desna možganska polobla se tipično bolj odziva na čustva in je bolj vključena v njihovo procesiranje kakor leva. Pri govorjenju je pretirano poudarjal čustva, pri pojasnjevanju zgodb se je neposredno naslavljal na čustvena stanja oseb, nato pa se oddaljeval od njih in sklepal o njihovih namerah oziroma perspektivah. Njegova strategija je bila bolj osredotočena na čustvene pomene intonacije in manj na rabo intonacije kot slovničnega/leksikalnega zaznamovalca.

Pomembno sporočilo o dečkih je, da sta bila kljub izgubi možganske poloble uspešna tako v šoli kot doma

in sta razvila skoraj povprečne sposobnosti za izobraževanje, pridobila pa sta tudi spretnosti in veščine, za katere je klasična nevroznanost trdila, da jih ne moreta razviti. Razumevanje bioloških značilnosti posegov v možgane je pospešilo njuno učenje doma in v šoli, obenem pa je pomagalo staršem in učiteljem, da so ju pri tem učinkovito spodbujali. Nobene razlike ni bilo med nevroznanostjo in izobraževanjem, nobena ovira ni preprečevala rabe nevroznanstvenih spoznanj pri spodbujanju učenja. Tudi na splošno velja, da za učence ni ovir, zaradi katerih bi bila nevroznanost ali biologija ločena od izobraževanja. Metafora in argument o predolgem mostu veljata le za nekatera posebna nevroznanstvena področja, kjer raziskovalni dokazi še ne morejo biti v pomoč pri razsvetljevanju pedagoških praks in politik izobraževanja. Biološka spoznanja o sposobnostih in hendikepih lahko pospešujejo tako splošno razumevanje učinkovitega učenja kot posebne prilagoditve, ki jih pri tem potrebujemo.

Različne učne poti: sposobnosti in hendikepi

Enako, kot sta se Nico in Brooke učila intonacije na različna načina, tudi številni drugi učenci na najrazličnejših področjih učenja utirajo posebne učne poti. Učitelji in ustvarjalci kurikulumov pogosto domnevajo, da se učenci učijo na en sam način – na primer: branja se po standardnem modelu učijo tako, da povezujejo zven besed z njihovim pomenom in s črkovanjem (koordinirajo zven, pomen in pogled) ter tlakujejo modalno pot učenja. Ko pa raziskovalci preučujejo učne poti, po navadi odkrijejo razlike (Boscardin, Muthén, Francis in Baker, 2008; Fischer in Bidell, 2006; Rose in Meyer, 2002). Na primer: pri otrocih v prvih treh razredih osnovne šole, ki se učijo brati v državnih šolah v Arizoni, so odkrili kar tri različne načine učenja besed, ki so najpogosteje v rabi (Knight in Fischer, 1992). Raziskava zelo uspešnih odraslih ljudi, ki imajo disleksijo in so se težko naučili brati, je pokazala, da so se vsi učili brati na način, ki se ne ujema s standardnim, tradicionalnim modelom (Frank, 2006). Preverjanje njihovih sposobnosti je pokazalo, da imajo tudi kot odrasli težave pri obvladovanju nekaterih osnovnih spretnosti, kot je analiziranje zvena besed, čeprav znajo dobro brati in pisati.

V zadnjih desetletjih je raziskovanje razlik med načini učenja vse bolj prefinjeno in obsežno. Poleg spoznanja o razširjenosti različnih načinov učenja je pomembno tudi spoznanje, ki marsikoga preseneti: težave pri učenju niso povezane niti z genetskimi napakami niti z možganskimi okvarami, saj imajo ljudje s takimi težavami normalne sposobnosti (Petrill in Justice, 2007; Plomin, Kovas in Haworth, 2007). Primer so otroci in odrasli ljudje z disleksijo, ki imajo večinoma normalne sposobnosti in nobenih možganskih anomalij, so pa na skrajnem levem robu normalne distribucije nekaterih spretnosti, ki so pomembne za branje. Poleg tega so tudi druge njihove spretnosti normalne ali pa kažejo celo posebne nadarjenosti.

Opisane vzorce sposobnosti in hendikepov morda lahko pojasnimo z načini, kako se razvijajo možgani in

spretnosti. Novi dokazi kažejo, da imajo številni ljudje z disleksijo posebne sposobnosti na področju vidnega zaznavanja, zlasti sposobnost povezovanja informacij iz različnih delov vidnega polja. Tako lahko veliko lažje zaznavajo protislovja v Escherjevih grafikah kot odrasli brez dislektičnih težav (Von Károlyi, Winner, Gray in Sherman, 2003). (Escherjeve grafike imajo strukture, ki so fizično nemogoče, kot so na primer stopnice, za katere se zdi, da se vedno, brez konca vzpenjajo.)

Zdi se, da so za razvojne poti, ki vodijo do takih nadarjenosti, kot je sposobnost zaznavanja omenjenih protislovij, obenem pa tudi do težav pri učenju in branju, značilni različni načini oblikovanja retine in celotnega sistema vidnega zaznavanja (Schneps, Rose in Fischer, 2007). Večina bralcev ima zelo občutljivo jamico, majhno področje v središču mrežnice, kjer se ljudje osredotočajo, ko berejo. Jamica (fovea) ima zelo veliko receptorjev za barve (čepki), ki omogočajo natančno razlikovanje posameznih elementov vidnih vzorcev, kot je na primer črka *b*. V tipičnem vzorcu na mrežnici gostota receptorjev hitro upada z razdaljo od jamice, zato je na obrobju gostota receptorjev za temo in svetlobo (paličice) majhna, medtem ko čepkov za vse preostale barve sploh ni.

Nekateri ljudje z disleksijo pa imajo drugačne vzorce. Na obrobju imajo veliko gosteje posejane receptorje kot normalni bralci, gostota receptorjev pa je povezana z večjo sposobnostjo vključevanja vidnih informacij z obrobja vidnega polja. Ta razlika morda pojasni, kako lahko zaznavajo anomalije na Escherjevih grafikah, saj dejansko zaznavajo več informacij na obrobju in jih učinkoviteje vključujejo. Tako nevroznanstveni model razvoja vizualnega sistema pomaga pojasniti, kako razvijejo nekateri ljudje z disleksijo poseben vzorec vidnega zaznavanja, pri katerem so fovealne sposobnosti (kot je na primer sposobnost branja) manj učinkovite, periferne sposobnosti (kot so sposobnosti povezovanja vidnih informacij z vsega vidnega polja) pa učinkovitejše.

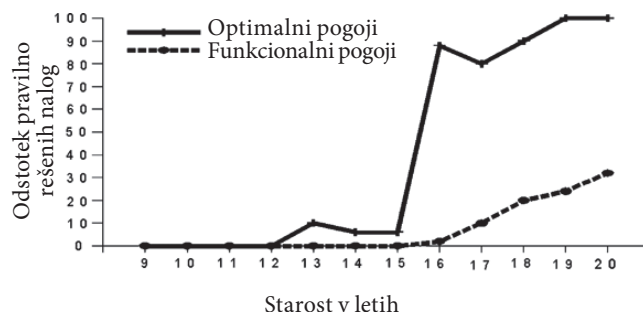
VREDNOTENJE UČNIH POTI IN RABA KULTURNIH MODELOV

Vrednotenje učnih poti je lahko v vsaki šoli potencialno močno orodje za analiziranje veščin in spodbujanje učenja, če upoštevamo spoznanje, da učenja poteka na različne načine. V zadnjih letih je nastalo več metod za njihovo zaznavanje, uporabljajo pa jih tudi za povezovanje učenčevih načinov učenja, kurikula, poučevanja ter celo opisov šolskih nalog in delovnih opravil (Dawson in Stein, 2008; Fischer in Bidell, 2006). Bistvo teh metod je odkritje skupne lestvice, vzdolž katere se razvijajo sposobnosti ljudi, ko se učijo. Lestvica je univerzalno merilo za izdelovanje zemljevida učnih poti, ki skupaj s sorodnimi analitičnimi orodji omogoča odkrivanje in opisovanje učnih sekvenc, pa tudi njihovo povezovanje s kurikulumom, z značilnostmi nalog in veščinami poučevanja.

Orodja za analiziranje učenja v živo

Napredovanje na lestvici pomeni povečevanje kompleksnosti, ki ga omogočata razločevanje in povezovanje komponent. Branje angleških besedil na primer terja a) razločevanje in povezovanje zvena besed z njihovim pomenom in s črkovanjem, b) povezovanje besed v večje pomenske enote, kakršne so povedi, c) upoštevanje bralčevih in pisateljevih ciljev za razumevanje in rabo besedil ter še veliko več. Razumevanje matematičnih operacij zajema med drugim tudi upoštevanje principov seštevanja in množenja, ki sta podobna, vendar različna.

Ko otroci razvijajo sposobnosti branja, govorjenja in matematične veščine, so za njihove razvojne vzorce značilni hitri premiki, kakršnega vidimo na sliki 2, kjer so prikazane spremembe v razumevanju matematičnih operacij. V tej raziskavi so učenci reševali preproste matematične probleme, kot denimo $7 + 7 + 7$ in 3×7 , razlagali, kako sta matematični operaciji medsebojno povezani, razlage pa nato uporabljali na posameznih problemih (Fischer, Kenny in Pipp, 1990). Pari matematičnih operacij so bili seštevanje in množenje, seštevanje in odštevanje, množenje in deljenje, odštevanje in deljenje. Tole je ustrezen odgovor: *Seštevanje in množenje sta podobni operaciji, ki zajemata združevanje števil, toda seštevanje združuje posamezna števila, medtem ko množenje združuje skupine števil. $7 + 7 + 7$ povezuje tri posamična števila, medtem ko 3×7 združuje tri skupine po sedem.*



Slika 2. Hiter premik pri dosežkih na področju matematičnih veščin, ki je opazen pod optimalnimi pogoji, ne pa tudi pod funkcionalnimi. Optimalna raven je bila ocenjena na podlagi velike podpore in vaje (osnovno poučevanje, prototipski odgovori plus dva tedna za razmišljanje o konceptu), funkcionalna raven pa pomeni dosežek brez podpore ali vaj (takošnje ocenjevanje brez prototipskih odgovorov). Vir: Fischer, Kenny in Pipp, 1990.

Učence in študente z univerze s srednjega zahoda so ocenjevali pod različnimi pogoji, pod katerimi so bili deležni bodisi podpore in praktičnih vaj za kompleksne odgovore bodisi so imeli malo podpore in niso delali nobenih vaj. Njihova starost se je raztezala od devet do dvajset let, število deklet in fantov je bilo enako. Podpora je zajemala prikaz dobrega odgovora, vsakdo pa ga je tudi razložil s svojimi besedami. Praktično delo je zajemalo rešitev naloge, dobra vprašanja za razmislek doma in ponovitev vaje čez dva tedna. Ko so imeli udeleženci na voljo podporo in praktično

delo, so se njihovi dosežki dramatično dvignili med petnajstim in šestnajstim letom starosti, medtem ko so dosežki v primeru, ko niso imeli na voljo podpore in praktičnih vaj, počasi in postopno rasli, kot vidimo na sliki 2. Optimalni dosežki (na podlagi podpore in praktičnih vaj) se tipično močno dvignejo na določenih točkah učenja in razvoja, medtem ko funkcionalni dosežki (brez podpore ali prakse) tipično enakomerno počasi naraščajo.

Kompleksno lestvico opredeljuje serija nenadnih dvigov, padcev in drugih prelomov, ki označujejo pojav novih ravni kompleksnosti za posamezno spretnost (Fischer in Bidell, 2006). Raven je v našem primeru abstraktna preslikava, ki povezuje abstrakciji, kakršni sta seštevanje in množenje ali seštevanje in odštevanje. Drugi primeri povezanih abstrakcij ali preslikav zajemajo namere in odgovornost, poštenje in prijaznost ali liberalnost in konservativnost.

Med rojstvom in tridesetim letom starosti gredo ljudje skozi deset takih ravni (razpredelnica 1). Vsako označuje grozd dvigov in prelomov, ki so značilni za optimalne dosežke. Ravni se vzpostavijo z dejanji, ki postajajo skozi serije ravni vse kompleksnejša, dokler ne ustvarijo reprezentacij. Te postajajo kompleksnejše in na koncu ustvarijo abstrakcije, ki prav tako postajajo vse bolj kompleksne, dokler v zgodnjem odraslem obdobju ne ustvarijo principov, s katerimi ljudje organizirajo abstrakcije.

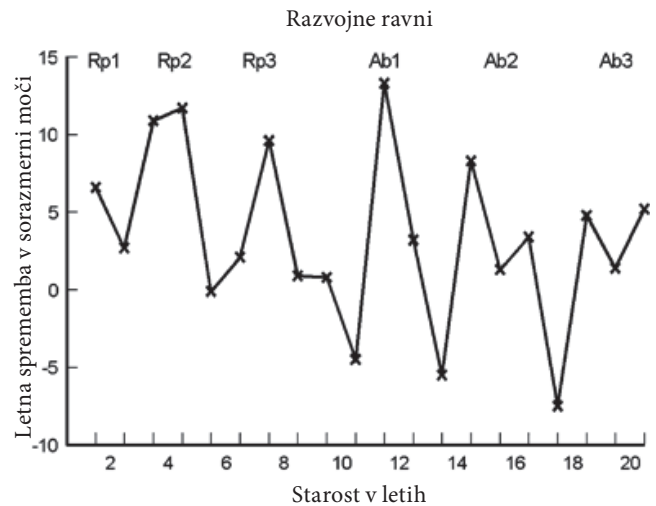
Razpredelnica 1. Razvojna lestvica stopenj in ravni znanja

Stopnje	Ravni	Pojav optimalnih ravni	Pojav funkcionalnih ravni
Abstrakcije	Ab4 Principi	23–25 let	30–45 let
	Ab3 Sistemi	18–20 let	23–40 let
	Ab2 Preslikave	14–16 let	17–30 let
	Rp4/Ab1 Posamične abstrakcije	10–12 let	13–20 let
Reprezentacije	Rp3 Sistemi	6–7 let	7–12 let
	Rp2 Preslikave	3,5–4,5 leta	4–8 let
	Dj4/Rp1 Posamične reprezentacije	2 leti	2–5 let
Dejanja	Dj3 Sistemi	11–13 mes.	11–24 mes.
	Dj2 Preslikave	7–8 mes.	7–13 mes.
	Dj1 Posamična dejanja	3–4 mes.	3–9 mes.

Opomba. Obdobja optimalnih ravni so povezana s pojavom sposobnosti pod optimalnimi pogoji (podpora plus praksa). Obdobja, ko se pojavijo funkcionalne ravni, se nanašajo na običajno vedenje, so zelo široka in grobo ocenjena (Fischer in Bidell, 2006). Ravni so močno korelativno povezane z izobraževanjem, zlasti to velja za obdobje odraslosti (Dawson-Tunik, 2006; Fischer, Yan in Stewart, 2003).

Za vsako spretnost in za vsako raven se možgani na novo organizirajo ter tvorijo nove nevronske mreže, ki

jih podpirajo. Na sliki 3 vidimo povezave med razvojem in nenadnimi dvigi sorazmerne energije na elektroencefalogramu (EEG). Dokazi kažejo, da so dvigi korelativno povezani s pojavom novih zmožnosti (Fischer in Rose, 1996). Sorazmerna energija je količina energije na delu EEG-ja (alfa valovi), deljena s celotno energijo EEG-ja za okcipitalno-parietalno področje korteksa.



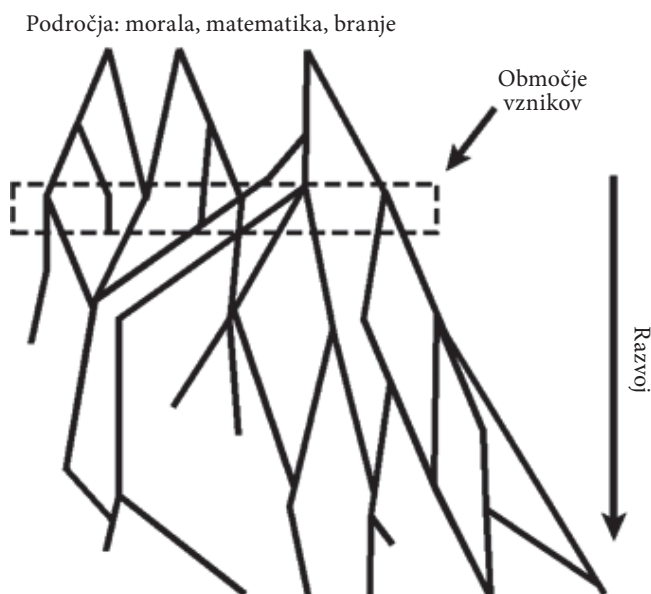
Slika 3. Dvigi v povečevanju energije EEG-ja. Sorazmerna energija (energija alfa valov v okcipitalno-parietalnem področju korteksa, deljena z vso energijo tega področja) se med otroštvom in adolescenco povečuje v rednih intervalih. Obdobja dvigov so korelativno povezana z obdobji, v katerih se močno povečajo kognitivne zmožnosti.

Opomba. Graf je priredba tega, kar sta objavila Fischer in Rose (1994), podlaga zanj pa so podatki, ki sta jih priobčila Matousek in Petersén (1973). Rp pomeni reprezentacije (1 posamične, 2 preslikave, 3 sistemi). Ab pomeni abstrakcije (1 posamične, 2 preslikave, 3 sistemi).

Raziskovalci kognitivnega razvoja so najprej odkrili to lestvico na področju konstrukcijskih spretnosti in znanja, toda izkazalo se je, da velja enaka lestvica tudi za vsakdanje učenje (Dawson in Stein, 2008; Dawson-Tunik, 2006; Fischer in Granott, 1995; Fischer, Yan in Stewart, 2003). Kadar koli se ljudje učijo česa novega, se premikajo po njej in razvijajo ustrezne veščine. S pomočjo Rascheve analize njihovih odzivov lahko pokažemo celo na diskontinuiranosti med posameznimi ravni. Lestvica je zato univerzalna, medtem ko se veščine na posameznih področjih razvijajo neodvisno druga od druge. Na primer. Razumevanje odnosa med seštevanjem in množenjem ne vpliva na razumevanje odnosa med namerami in odgovornostjo.

Da bi razumeli lestvico in jo znali uporabljati pri analiziranju učnih poti, moramo zavreči razvojni model plezanja po lestvi, ki je vgrajen v angleški jezik, in ga nadomestiti z modelom razvoja kot dinamične mreže, skane iz številnih niti, ki predstavljajo razvoj veščin in oblikovanje konceptov. Na sliki 4 vidimo razvito mrežo treh neodvisnih področij razvoja – morale, matematičnih veščin in branja. Razvoj vsakega področja ponazarja več niti, ki

kažejo, da se posamično področje razvija v glavnem neodvisno od drugih področij. Niti se včasih prepletejo in povezujejo – tako se na primer pri učenju jezika povezujeta ali koordinirata zven besed in črkovanje. Včasih se tudi razločujejo ali cepijo – kot v primeru, ko učenec dojame, da sta seštevanje in množenje ločeni matematični operaciji. Vsak preplet niti dokazuje, da poteka razvoj vzdolž iste lestvice, ki jo prikazuje razpredelnica 1, toda spretnosti so v posamičnih prepletih v glavnem neodvisne.



Slika 4. Konstrukcijska mreža razvoja. Ljudje se razvijajo in učijo na posameznih področjih, na katerih so številne spretnosti med seboj prepletene kot niti. Prepleti se razvijajo neodvisno drug od drugega, lahko se medsebojno povezujejo ali cepijo. V določenem obdobju nastanejo prelomi, ki označujejo nov način organiziranja in pojav novih kapacitet, kar lahko vidimo na območju, označenem na sliki.

Pojav (vznik) nove ravni spretnosti označuje grozd prekinitev, kakršne so nenadni dvigi, povezave ali cepitve, kot lahko vidimo znotraj črtkanega pravokotnika na sliki 4, ki se imenuje *območje vznikov*. Učenje in razvoj dolgočasno označuje serija takih grozdom podobnih prekinitev, kot jih vidimo na sliki 4, če s pogledom zdrsimo po prepletih pod označenim pravokotnikom. Razmišljanje o razvoju in učenju kot gibanju vzdolž številnih prepletov niti, ki tvorijo mrežo, nam omogoča vpogled v učenje, ki je mnogo bolj natančen od vpogleda, kakršnega ponuja model lestve, ki je implicitno vgrajen v vsakdanji govor.

Z rabo kulturnih modelov do boljšega učenja in poučevanja

Poleg predstavljene lestvice spretnosti in z njo povezanih orodij za analiziranje učnih poti ponujajo raziskovalci še analize vsakdanjih metafor in druge analize kot potencialno močna orodja, s katerimi bi lahko izboljšali izobraževanje. Primeri takih orodij za razumevanje učenja in razvoja sta metafori lestve in mreže, pa tudi metafori kanalov in aktivnosti za prenašanje znanja, o katerih smo

že razpravljali. Preučevanje majhnih otrok in njihovih načinov učenja matematike jasno kaže, kako lahko izkoristimo kulturne modele (metafore) za hitro in učinkovito izboljšanje učenja. Metafora je lahko konceptualni most, ki nam pove, kako pomagati otrokom, da bodo obvladali koncepte, pomembne za izobraževanje, in jih ustrezno posploševali (Granott, Fischer in Parziale, 2002).

Case (1991) je predlagal, da bi model številskega traku predstavljal temelj za razvijanje matematičnih veščin pri predšolskih otrocih in otrocih, ki obiskujejo osnovno šolo. Raziskovali so, kako bi lahko model učinkovito uporabljali pri majhnih otrocih, in ugotovili, da je učiteljeva eksplicitna raba tega modela zelo učinkovita. Izkazalo se je, da so zlasti učinkovite aktivne igre, v katerih otroci uporabljajo številski trak: primer je igra, pri kateri skačejo vzdolž črte, na kateri so označena števila od 1 do 10, ali pa igranje namiznih iger, ki vključuje številski trak (npr. Drče in lestve; Griffin in Case, 1997). Učinki so bili izraziti zlasti pri otrocih, ki so bili izobraževalno prikrajšani in/ali so bili na začetku šibkejši pri matematiki (Case, Griffin in Kelly, 2001). Spremembe, ki so jih povzročile te igre, so bile nenavadno velike v primerjavi s tipičnimi načini poučevanja, otroci pa so postali spretnější tudi pri reševanju drugih matematičnih problemov.

Te raziskave, ki so osredotočene na predšolske otroke in otroke v osnovnih šolah, pa tudi številne druge skorajšnje raziskave pojasnjujejo, kako otroci, stari od dveh do štirih let, usvajajo številski trak, če živijo v okolju, v katerem odrasli spodbujajo učenje o številih (Le Corre, Van de Walle, Brannon in Carey, 2006). Majhni otroci se pogosto naučijo recitirati števila že zelo zgodaj – 1, 2, 3, 4, 5 ... To pa še ne pomeni, da razumejo števila na matematični način. Poprosili so jih, naj rešijo preprosto številsko nalogo, kot je na primer *Ali mi lahko daš enega dinozavra?* ali pa *Mi lahko daš dva dinozavra, tri dinozavre?* Trajalo je več mesecev, preden so razumeli, da vsako število predstavlja določeno število predmetov.

Ključni vidik takega razumevanja je kardinalnost – zadnje število v seriji, ki ga otrok pove, predstavlja skupno število vseh dinozavrov. Otroci razumejo kardinalnost števila 1, ko so stari približno dve leti in tri mesece, toda ko jih poprosijo po dveh predmetih, ne pokažejo, da razumejo kardinalnost števila 2, zato ga obravnavajo, kot da pomeni več kot 1 ali preprosto več predmetov. Otroci navadno razumejo kardinalnost števila 2, ko so stari 32 mesecev, a v tem obdobju ne razumejo kardinalnosti števil 3 ali 4 in ju obravnavajo, kot da pomenita veliko. Šele v naslednjih mesecih postopoma razvijajo kardinalnost obeh števil in približno v starosti 42 mesecev razumejo splošni princip štetja – vsaj za števila, ki jih dejansko lahko preštejejo (v nasprotju z zelo velikimi števili): zadnje število v seriji označuje velikost množice. Tako otroci postopoma gradijo številski trak za prvih nekaj števil in se tako pripravljajo za poučevanje, ki jim bo pomagalo obvladati splošni model številskega traku pri matematiki, kot so pokazali Case, Griffin in njuni kolegi.

Metafora številskega traku je del vsakdanjega razmišljanja o številih. Otroci se je učijo skupaj z učenjem maternega ali katerega drugega jezika. To implicitno poznavanje številskega traku lahko pojasni, zakaj so učinki učenja o številskem traku veliki in sorazmerno hitri. Če učenec implicitno že pozna metaforo, ima lahko poučevanje, ki spremeni implicitno znanje v eksplicitno, hitro velik učinek. Nasprotno pa so številni modeli oziroma številne metafore, ki jih uporabljajo učitelji v šolah, zahtevni – tak je na primer model ohranjanja energije v fiziki ali model periodičnega sistema v kemiji. Učenci navadno potrebujejo veliko časa, da jih usvojijo.

Metafore, ki so del vsakdanjega razmišljanja, so zelo uporabne za izobraževanje, saj spodbujajo razvoj učnih veščin, ki so sicer cilj izobraževanja. Raba takih metafor in dejavnosti, kakršne so igre, ki pomagajo učencem, da jih usvojijo, ustvarja pogoje za sorazmerno hitro izboljšanje poučevanja; to so Case, Griffin in kolegi pokazali na primeru zgodnjega poučevanja matematike. Case (1991) na primer meni, da je model pripovedovanja zgodb dober kandidat za doseganje opisanih ciljev poučevanja. Poučevanje, ki temelji na takem modelu, lahko spodbuja tudi učenje zgodovine ali književnosti. Na te in še druge načine lahko postanejo metafore uporabna orodja za spodbujanje tako učenja kot poučevanja.

IZGRAJEVANJE RAZISKOVALNE INFRASTRUKTURE ZA IZOBRAŽEVANJE

Raziskovanje na področju izobraževanja očitno ponuja koristno znanje, ki ga lahko uporabljamo tako v šolskih klopih kot pri načrtovanju šolske politike. Cilj gibanja UMI je pospeševanje tega procesa, omogoča pa ga povezovanje biologije, kognitivne znanosti in znanja s področja človekovega razvoja z izobraževanjem; tako nastajajo trdni znanstveni temelji za poučevanje in učenje. Danes že imamo na razpolago močna orodja, s katerimi jih gradimo, toda razvojna in raziskovalna infrastruktura na tem področju sta še šibki. Da bi stanje izboljšali, potrebujemo močnejšo infrastrukturo in boljše pogoje za raziskovalno delo v izobraževanju. Raziskovanje izobraževanja ne sme biti le znanstveno brezhibno, temveč mora biti tudi povezano z delom učiteljev in z učenjem na številnih pomembnih krajih za izobraževanje, kakršni so šole, igrišča, televizija in medmrežje. Infrastruktura bo močnejša, če se bodo zgodile tri spremembe: a) oblikovanje raziskovalnih šol – te bodo spodbujale raziskovanje, povezano z vsakdanjo prakso in s politiko; b) uporabne informacijske baze o učenju in razvoju; c) vzgajanje novega razreda učiteljev, ki se bodo specializirali za prevajanje raziskovalnih spoznanj v prakso, in /ali načrtovanje učnih gradiv in dejavnosti, ki bodo temeljili na raziskovalnem delu.

Raziskovalne šole

Gibanje UMI potrebuje nove institucije, ki bodo podpirale trajnostno sodelovanje med raziskovalci in učitelji;

njihovo sodelovanje bo močno pripomoglo h gradnji trdnih temeljev za raziskovanje poučevanja in učenja. Med najboljše institucije na področju medicine, ki spodbujajo sodelovanje med raziskovalci in praktiki, sodijo učne bolnišnice. V njih sodelujejo raziskovalci in praktiki, skušajo izboljšati postopke in načine zdravljenja, postavljajo hipoteze in oblikujejo metode ter povezujejo raziskovalno delo s prakso, obenem pa usposablajo nove raziskovalce in praktike. Podobno sodelujejo raziskovalci in kmetovalci na področju kmetijstva ter v praksi preverjajo zamisli, kako bi izboljšali opremo za delo kmetov in proizvodnjo kmetijskih pridelkov, obenem pa še preizkušajo različne načine kmetovanja. V izobraževanju ni dovolj take infrastrukture, da bi postavili poučevanje in učenje na znanstvene temelje.

Za izobraževanje in medicino so značilni procesi, ki so blizu samemu bistvu raziskovalnega dela. Za eksperimentalno raziskovanje je značilno poseganje, ki mu sledi vrednotenje. Ljudje tako ustvarjajo nove pogoje ali spreminjajo stare, potem pa ugotavljajo, kakšne so posledice njihovih posegov in kaj se dogaja. V medicini so pogosti posegi, kot so zdravljenje, cepljenje, terapije ali operacije, ki jim sledi vrednotenje posameznih funkcij ali zdravja kot celote. V šolah skušajo učitelji učence nečesa naučiti (to je poseganje), nato pa ugotavljajo, kaj učenci razumejo in kakšne so njihove zmožnosti – to naredijo neposredno s testi ali pa posredno prek učenčevih dejavnosti, ki sledijo poučevanju.

Kljub takim skupnim elementom pa se medicina in izobraževanje močno razlikujeta v tem, kako resno pri vsakdanjem praktičnem delu obravnavata raziskovanje. Vsaka vrhunska medicinska šola ima vsaj eno učno bolnišnico, ki povezuje raziskovalno in praktično delo. V polju izobraževanja pa obstaja komaj nekaj raziskovalnih šol, v katerih je znanstveno raziskovanje poučevanja in učenja ključni del njihovega poslanstva.

Izobraževanje potrebuje institucije, primerljive z učnimi bolnišnicami – imenujemo jih raziskovalne šole –, ki bodo povezovala delo raziskovalcev z delom učiteljev. Z njihovo pomočjo bomo povezovali delo raziskovalcev in praktikov, obenem pa razvijali raziskovalne metode ter precizirali vprašanja o ključnih problemih izobraževanja. Hinton in Fischer (2008) sva predlagala ustanavljanje raziskovalnih šol v eni od zadnjih številkih revije *Mind, Brain, and Education*. Predlagava, da bi bile raziskovalne šole običajne šole (zasebne in državne), tesno povezane z univerzami in v večini primerov s pedagoškimi fakultetami. V njih bi učitelji in raziskovalci skupaj načrtovali raziskave, ki bi razsvetljevale izobraževanje in izobraževalne politike, obenem pa bi usposabljali nove generacije učiteljev in raziskovalcev. V prispevku sva na kratko predstavila tudi nekaj skorajšnjih poskusov oblikovanja raziskovalnih šol, ki povezujejo raziskovanje in praktično izobraževanje.

Na najin članek se je odzvalo lepo število učiteljev in raziskovalcev, ki so sodelovali v razpravi, njihovi prispevki pa so objavljeni v zadnji številki iste revije. Nekateri članki natančno opisujejo druge poskuse povezovanja raziskovalcev

in učiteljev, bodisi v šolah bodisi širše (Coch et al., 2009; Daniel in Poole, 2009; Della Chiesa, Christoph in Hinton, 2009; Kuriloff, Richert, Stoudt in Ravitch, 2009). Članek o transdisciplinarnosti v polju UMI prinaša razpravo o načinih povezovanja raziskovalcev in učiteljev, nanaša pa se tudi na raziskovalne šole (Samuels, 2009).

Raziskovalne šole nadgrajujejo zamisli, ki jih je razvijal Dewey (1896), ko je pred več kot stoletjem predlagal ustanavljanje šol, ki so pozneje postale znane kot *laboratorijske šole* – te so bile ustanovljene prav v raziskovalne namene. Laboratorijska šola pri Univerzi v Čikagu, ki jo je ustanovil Dewey (1900), je bila sprva namenjena vpeljevanju praktičnega dela, ki je temeljilo na hipotezah psihologije in kognitivne znanosti, ter njihovemu preverjanju v živo – to poslanstvo je povsem združljivo s cilji raziskovalnih šol. Danes na žalost večina tako imenovanih laboratorijskih šol ni povezana z raziskovanjem, temveč so to elitne šole, ki sicer pogosto omogočajo izvrstno izobraževanje, toda njihovo delovanje ni v službi tega, kar je izvirno predlagal Dewey. Še danes se zato soočamo s problemom, ki ga je artikuliral sam – z globokim prepadom med pedagoškimi praksami in raziskovanjem poučevanja oziroma učenja. Nujno moramo ustanovljati prave raziskovalne šole, ki bodo kot ključne ustanove pomagale graditi trdne raziskovalne temelje za pedagoške prakse in izobraževalne politike.

Podatkovne baze o učenju in razvoju

Drugo vrsto infrastrukture, ki bo zagotavljala znanstvene temelje za učenje in poučevanje, tvorijo velike baze podatkov o spoznanjih s področja učenja in človekovega razvoja. Ameriška baza podatkov za varnost v prometu, Sistem posredovanja izsledkov analiz smrtnih nesreč, kaže na potencialno uporabnost obširnih baz podatkov (Hemenway, 2001). Sistem je nastal leta 1966, namenjen pa je sistematičnemu zbiranju podatkov o prometnih nesrečah, zlasti tistih s smrtnim izidom, na podlagi katerih skušajo povečati varnost avtomobilov, hitrih cest in podobno. Učinki te baze podatkov na varnost v prometu so daljnosežni in veliki, saj je v štirih desetletjih veliko prispevala k zmanjševanju tragičnih nesreč in poškodb pri nesrečah.

Začele pa so nastajati tudi baze podatkov, ki bi jih lahko uporabljali v izobraževanju. Zajemajo *Državno vrednotenje napredka v izobraževanju* (National Assessment of Educational Progress) (<http://nces.ed.gov/NationsReportCard/>); *Sistem za izmenjavo podatkov o jeziku otrok* (Child Language Data Exchange System), ki vrednoti razvijanje jezika (MacWhinney, 1996); projekt Skrb za otroka pri *Državnem inštitutu za zdravje otrok in razvoj človeka* (National Institute of Child Health and Human Development – (NICHD) Child Care project (NICHD Early Child Care Research Network, 1994, 2006) in državne baze podatkov za *Noben otrok ni zapostavljen* (No Child Left Behind). Pa vendar moramo reči, da je v teh bazah malo podatkov o poučevanju in učenju v šolskih razredih, pred računalniki in drugje, kjer se ljudje učijo. Potrebujemo bazo spoznanj o tem, kako potekata poučevanje in učenje

v realnih vsakdanjih situacijah, ne le o dosežkih na standardiziranih testih v okoljih, ki niso del normalnega učenja v šolah in drugje. Raziskovalne šole lahko v sodelovanju s tradicionalnimi standardiziranimi načini vrednotenja predstavijo meje polja onkraj ideologij in mnenj ter uveljavijo prakse in politike, ki bodo temeljile na dokazih.

Usposabljanje edukacijskih povezovalcev ali inženirjev

Eden izmed ciljev programa *Um, možgani in izobraževanje*, ki ga izvajajo na Harvardu in v okviru *Mednarodnega združenja UMI*, je usposabljanje nove vrste izobraževalcev, ki zmorejo povezovati raziskovalno delo in vsakdanje šolske prakse. Ti edukacijski povezovalci ali inženirji lahko pomagajo uporabljati izsledke kognitivne znanosti in nevroznanosti pri učenju v šolskih klopeh, lahko pa tudi načrtujejo učna gradiva in izobraževalne dejavnosti, temelječe na raziskovalnem delu, ter tako spodbujajo učenje s pomočjo računalnikov, na otroški televiziji ali na igriščih. Njihova vloga je že uveljavljena v svetu starejših znanosti, kakršne so fizika, biologija ali kemija. Znanja in modelov s teh področij ni mogoče neposredno uporabljati pri reševanju praktičnih problemov, kot so na primer gradnja mostov, oblikovanje nove vrste mila ali preprečevanje napadalnim vrstam živih bitij, da bi uničila prvotne vrste na Velikih jezerih. V fiziki profesionalce s takim strokovnim znanjem imenujejo inženirji. Ti imajo ključno vlogo v podjetništvu in pri delovanju vlade, saj povezujejo znanstvena spoznanja s prakso.

Izobraževanje potrebuje enake specialiste, ki bi jih lahko imenovali edukacijski inženirji ali nevroizobraževalci (Gardner, 2008). Raziskovalne šole bi bile lahko primerne institucije, kjer bi se usposabljali. Primeri institucij, v katerih delajo strokovnjaki, ki povezujejo raziskovanje in izobraževanje, že obstajajo. *Sezamova ulica* je na dobrem glasu zaradi rabe formativnega ocenjevanja in praktičnega vrednotenja, ki ju uporablja pri oblikovanju lastnih izobraževalnih programov (Lesser, 1974). Več izobraževalnih ustanov in neprofitnih organizacij zaposluje številne posameznike z opisanimi praktičnimi veščina; mednje sodi *Center za uporabne posebne tehnologije* (Center for Applied Special Technology) (www.cast.org), v katerem ustvarjajo izobraževalne računalniške programe, s katerimi pospešujejo učenje in podpirajo različne načine učenja (Rose in Meyer, 2002).

V *Mednarodnem združenju UMI* smo odprti do vseh predlogov, s katerimi bi še okrepili infrastrukturo za gradnjo znanstvenih temeljev, na katerih stoji projekt UMI. Potencial je velikanski, toda samo upanje in potencial nista dovolj. Zgraditi moramo institucije, v katerih bo nastajalo uporabno znanje, obenem pa bodo povezovalce raziskovanje, prakso in politiko. Prav tako moramo usposabljati strokovnjake, ki bodo ustvarili nov svet, v katerem se bo raziskovanje uma in možganov neposredno povezovalo z izobraževanjem in njegovim načrtovanjem.

SKLEP: UTEMELJEVANJE IZOBRAŽEVALNIH PRAKS IN POLITIK

Cilj gibanja UMI je zgraditi trdne znanstvene temelje za izobraževalne prakse in politike. Gradimo jih tako, da povezujemo kognitivno znanost, biologijo, teorijo človekovega razvoja z izobraževanjem, pa tudi z ustvarjanjem novih infrastrukturnih institucij, ki skrbijo za povezovanje znanstvenega raziskovanja, izobraževalnih praks in politike. Za učinkovito raziskovanje je nujno, da prevzamejo učitelji skupaj z raziskovalci osrednjo vlogo pri oblikovanju vprašanj in razvijanju metod. Ključno vlogo pri tem ima biologija, saj ponuja učiteljem temeljna spoznanja o človeškem telesu in možganih ter njihovih povezavah s poučevanjem in z učenjem.

Otroci implicitno usvajajo kulturne in jezikovne modele že v zgodnjih letih, sami modeli pa lahko ovirajo prenašanje znanstvenih spoznanj v šolsko prakso, saj so na primer podlaga za tvorjenje nevromitov. Sočasno pa lahko analize takih modelov (metafor) ustvarijo pogoje za bistveno izboljšanje šolskih praks, kot smo pokazali na primeru poučevanja matematike pri majhnih otrocih.

Kognitivna orodja so primerna za vrednotenje učnih poti, saj imajo skupne lestvice (merila), ki izhajajo iz analiz razvojnih vzorcev – te upoštevajo tako dolgoročni razvoj kot kratkoročne načine učenja. Če hočemo postaviti izobraževanje na trdne znanstvene temelje, te pa tudi ohraniti,

moramo ustvariti vsaj tri nove infrastrukture: a) raziskovalne šole, v katerih delajo raziskovalci in učitelji z roko v roki pri oblikovanju raziskovalnih vprašanj in metod dela, s katerimi skušajo vplivati tako na vsakdanjo prakso kot na načrtovanje šolskih politik; b) velike skupne baze podatkov o učenju in razvoju otrok; (c) novo vrsto strokovnjakov, ki bodo specializirani za povezovanje praktičnih vprašanj z raziskovalnimi izsledki in koncepti – imenujemo jih edukacijski ali izobraževalni inženirji.

Trdne podlage, zasnovane na skupnem delu raziskovalcev in praktikov, bodo veliko prispevale k razvoju novih šolskih praks. Znanstveni dokazi bodo prispevali k oblikovanju boljših načinov poučevanja, pospeševali bodo učenje in obenem pomagali pri odločanju, kateri načini učenja so najbolj primerni za različne učence. Sočasno bodo odpravljali zavajajoče *izobraževanje na podlagi poznavanja možganov*, ki izhaja iz mitov, za katere se danes zdi, da so znanstveno dokazani. Zmanjševali bodo učinke zgrešenih modelov učenja in poučevanja, ki so sestavni del jezika in kulture, niso pa znanstveno preverjeni, ter ustvarjali pogoje za bolj učinkovito poučevanje in boljše izkoriščanje možnosti za učenje, ki jih sicer ponujajo implicitni kulturni modeli. Tako učiteljem kot učencem bodo zagotavljali nova orodja za vrednotenje učnih poti, zato bodo lahko učenci razvijali lastne načine učenja. Gibanje UMI bo imelo pomembno vlogo pri izboljšanju pedagoških praks v 21. stoletju.

VIRI

- Bailey, D. B., Jr., Bruer, J. T., Symons, F. J., Lichtman, J. W. (ur.). (2001). *Critical thinking about critical periods*. Baltimore: Paul H. Brookes.
- Baldwin, J. M. (1894). *Mental development in the child and the race*. New York: MacMillan.
- Bartlett, F. C. (1932). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Battro, A. (2000). *Half a brain is enough: The story of Nico*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Benedict, R. (1934). *Patterns of culture*. Boston: Houghton Mifflin.
- Blake, P., Gardner, H. (2007). A first course in mind, brain, and education. *Mind, Brain, and Education*, 1, 61–65.

Seznam preostalih virov je objavljen na naši spletni strani: www.zrssi.si (ZALOŽBA - REVIJE - VZGOJA IN IZOBRAŽEVANJE).

Prevod prispevka: Fischer, K. W. (2009). *Mind, Brain and Education: Building a Scientific Groundwork for Learning and Teaching*1. *Mind, Brain and Education*, let. 3, št. 1, str. 3–16. doi: 10.1111/j.1751-228X.2008.01048.x

Prevedel dr. Dušan Rutar.