

Dr. Mariale Hardiman, Univerza Johns Hopkins, Baltimore, ZDA in  
Martha Bridge Denckla, dr. med., Institut Kennedy Krieger, Baltimore, ZDA

## ZNANOST O IZOBRAŽEVANJU: Poučevanje in učenje s pomočjo znanosti o možganih

Novo polje izobraževanja, ki temelji na nevroznanosti, povezuje nevroznanstvenike, ki preučujejo učenje, in vse tiste učitelje, ki upajo, da bodo lahko pri svojem poučevanju uporabljali izsledke njihovih raziskav. A da bi zgradili most med obema skupinama, je treba odstraniti nekaj velikih ovir: oblikovati moramo metode, s katerimi bomo prevajali raziskovalna spoznanja v pedagoške prakse.

Mariale Hardiman in Martha Bridge Denckla v pričujočem prispevku poudarjata, da bo morala naslednja generacija učiteljev razširiti svoj način dela – ne bo se smela osredotočati, denimo, samo na poučevanje matematike, temveč se bo morala posvetiti tudi spoznanjem, kako se matematično mišljenje razvija v možganih. Znanstveniki, ki preučujejo učenje, pa bi morali medtem pri svojem delu upoštevati potrebe učiteljev in to, kar je zanje pomembno. Tak razširjen način dela že opazamo pri skupnem delu strokovnjakov, ki se ukvarjajo z učenjem, umetnostjo in možgani.

Raziskave kažejo, da učenje spreminja možgane. Možgani so »plastični« – ko razvijamo spretnosti in povežemo informacije, v možganih nastajajo nove povezave med celicami, obstoječe pa se krepijo. V zadnjem desetletju je neznanska rast v razumevanju plastičnosti možganov pripomogla k povsem novemu načinu razmišljanja o tem, kako se otroci učijo in dosežajo rezultate.

Zaradi naraščanja tega znanja se učitelji pri svojem delu vedno bolj trudijo, da bi ga tudi uporabljali. Vendar pa povezava med raziskovalnim laboratorijem in šolo ne sme biti enosmerna – tudi izkušnje učiteljev in učencev lahko pripomorejo k zastavljanju vprašanj, ki naj bi jih raziskovali nevroznanstveniki. Sodelovanje med učitelji in kognitivnimi znanstveniki bo obogatilo obe področji: učitelji lahko ustvarjajo metode poučevanja, ki temeljijo na rezultatih raziskav, raziskovalci pa lahko ocenijo, ali te nove metode izboljšujejo učenje učencev. Učinke skupnega raziskovanja lahko izkoristimo za boljše poučevanje oziroma učenje ter za spreminjanje dela načrtovalcev šolskih praks in odborov za izobraževanje. Zaradi medsebojnega sodelovanja se izobraževanje, ki temelji na nevroznanosti – to je polje, znotraj katerega nevroznanstvene raziskave lahko bogatijo pedagoške prakse in obratno –, vedno bolj uveljavlja.

Vendar pa učitelji, ki v svoje poučevanje vključujejo spoznanja kognitivnih raziskovalcev o tem, kako ljudje razmišljamo in se učimo, ne smejo oblikovati ekstremnih mnenj o tem, kako – in če sploh – uporabljati ta spoznanja v znanosti o poučevanju. Na eni strani spektra so skeptiki, ki so prepričani, da so nevroznanstvena odkritja tako rekoč nepomembna za poučevanje; na drugi strani pa so ljudje,

ki si znanstvene dosežke razlagajo narobe ali pa pretirava-jo pri razlagah; tako na primer trdijo, da določena gradiva ali tehnike, ki spodbujajo možgansko aktivnost, zagotovo izboljšujejo IQ učencev. Naša odgovornost do kognitivnih nevroznanstvenikov in učiteljev je, da skupaj vključujemo empirične in z dejstvi podkrepjene ugotovitve v poučevanje in učenje ter da obenem prepoznavamo pretirano zanesenost.

### ZNANOST O UČENJU

Način, kako učitelj razume temeljne koncepte, ki izhajajo iz osnovne znanosti o možganih, kot je na primer plastičnost, ali pa jih ne razume, lahko močno vpliva na to, kako gleda na učenca. Veliko učiteljev, ki danes učijo v razredih, se je šolalo v času, ko so znanstveniki menili, da so možgani določeni ob rojstvu in da se spreminjajo le v eni smeri: degeneracije zaradi staranja, poškodb ali bolezni. Takšno zgrešeno razumevanje anatomije in fiziologije možganov omejuje učiteljev pogled na zmožnosti otrok za učenje, še posebej tistih, ki zaostajajo za svojimi vrstniki. Učitelj lahko na primer misli, da bo petošolec, ki mu je spodletelo pri obvladovanju osnovnih matematičnih spretnosti, vedno imel težave pri matematiki zaradi omejenih kognitivnih sposobnosti.

Primerjajte tak pogled s sodobnimi spoznanji, da izkušnje nenehno spreminjajo možgane, da ti zaradi njihovih ustvarjajo nove povezave med celicami (sinapse), jih z rabo krepijo ter v določenih predelih celo ustvarjajo nove celice. Predstavljajte si, kako drugačen pogled na učenčeve zmožnosti za učenje bi imel učitelj, opremljen s temi informacijami. Vedenje, da izkušnje spreminjajo možgane, lahko učitelja spodbudi, da bolj natančno oblikuje dodatne učne ure. Z vključevanjem učencev v različne kreativne in matematično orientirane naloge pa lahko doseže več, kot samo izboljša njihove dosežke: spremeni lahko celo nevronske mreže.

Kognitivni nevroznanstveniki ponujajo nove vpoglede v možganske izvršilne funkcije. Vedno več na primer vemo o tem, kako možgani zadržujejo informacije v delovnem spominu, dokler ne rešijo naloge, ki je odvisna od njih. Odkrivamo tudi pomembnost kognitivnega in čustvenega nadzora, ki jo ljudje izvajajo pri presojanju in odločanju. Koristne prispevke o našem razumevanju teh zmožnosti pri zdravih otrocih smo dobili tudi s slikanjem anatomskih struktur možganov in nevronskih mrež pri otrocih, ki imajo motnjo pozornosti in so hiperaktivni (ADHD). Ugotovitve kažejo, da so simptomi ADHD lahko izraz

razvojnih zaostankov, ne pa možganskih poškodb, in da je katera koli nevrnska mreža s tako podaljšanim razvojem lahko še posebej občutljiva na vplive okolja in izkušenj, ki lahko celo spremenijo možganske strukture.<sup>1</sup> Pozorna, preiščena vzgoja in izobraževanje otrok sta ključna za razvoj možganskih regij in povezav, ki so podlaga za izvršilne funkcije.

Raziskave, ki nam povedo, kako vplivajo na učenje čustva,<sup>2</sup> dodatno dokazujejo, da poučevanje ne zajema le prenašanja informacij, temveč tudi ustvarjanje razrednega vzdušja, ki spodbuja učenje. Učitelji lahko intuitivno vedo, da stresno vzdušje in pretirana zaskrbljenost ovirata učence pri učenju, a jih še vedno prepogosto ponižujejo ali dajejo sarkastične pripombe, namesto da bi bili konstruktivni; tako ravnanje lahko ustvarja stresno vzdušje. Tisti učitelji, ki razumejo povezave med čustvi in prefrontalnim korteksom – center za višje spoznavne procese –, skušajo ustvarjati tako okolje, v katerem bo učenje pozitivno povezano s čustvi.

Druge raziskave poudarjajo vlogo motivacije pri učenju in spoznavanju. Študije Michaela Posnerja, rednega profesor psihologije na Univerzi Oregon, kažejo, da postanejo učenci, ki se usposablajo pri predmetu, ki jih zanima (primer so vizualne umetnosti), zelo motivirani. Motivacija ohranja njihovo pozornost in rezultat tega je spoznavni napredek<sup>3</sup> (glej »Kako umetnostno izobraževanje izboljšuje pozornost in spoznavanje,« *Cerebrum*, september 2009).

## OVIRE PRI ZDRUŽEVANJU ZNANOSTI IN PEDAGOGIKE

Kljub naraščanju izobraževanja, ki temelji na nevroznanosti, se bodo učitelji še naprej srečevali z ovirami. Howard Gardner, profesor kognitivne znanosti in pedagogike na Harvard Graduate School of Education, ki je razvil teorijo o več inteligencah, poudarja, da je pred nami velik izziv, kako usklajevati široke interese učiteljev, ki pri svojem delu uporabljajo izsledke iz nevroznanosti (v to skupino uvršča nosilne znanstvenike, zdravnike, učitelje in načrtovalce programov), z javim prepoznavanjem učinkovitih izobraževalnih strategij in prakse.<sup>4</sup> Gardner zatrjuje, da je tam, kjer ne obstaja tradicija vključevanja nevroznanstvenih spoznanj v poučevanje, težko postavljati standarde kakovostnega dela, zato jo moramo začeti graditi.

Koherentno prevajanje kognitivne nevroznanosti v izobraževanje je še v povojih. Znanje o tem, kako se otroci učijo, moramo prevesti na načine, ki so relevantni za učiteljevo delo v šolskem okolju. Načrtovalci vzgojno-izobraževalnega dela se osredotočajo na zunanje strukture izobraževanja, kot so standardi, analize podatkov, načrtovanje urnikov, kurikuli, vodenje šol in odgovornost, a jih le malo zanimajo učenci kot taki. Poleg tega le redke priprave učiteljev vključujejo učenje o spoznavanju in učenju.

Možni vir te očitne nepovezanosti je človekova nagnjenost, da gleda na ugotovitve raziskav skozi lečo specifične discipline. Izobraževanje, ki temelji na nevroznanosti, po

drugi strani preverja in povezuje ugotovitve iz različnih disciplin. Michèle Mazzocco, direktor projekta za razvijanje matematičnih veščin na Inštitutu Kennedy Krieger, poudarja, kako pomembno je, da prisluhnemo »tako gozdu kot drevesom«, ko analiziramo raziskave, ki so pomembne za učne dosežke. Mazzocco, ki se je usposabljal kot osnovnošolski učitelj in eksperimentalni psiholog, poudarja tudi, da včasih pozabimo na pomembnost osnovnih kognitivnih procesov, ker smo preveč pozorni na njihove rezultate – dosežke učencev.<sup>5</sup>

Kljub temu da so matematična sposobnost, učni izkazi in dosežki povezani, zajemajo različne kognitivne procese, zato preučevanje vsakega vidika posebej na specifičen način prispeva k boljšemu učenju. Mazzocca dokazuje, da naše informativno razumevanje osnovnih kognitivnih procesih še ni na dovolj visoki stopnji, da bi predstavljalo trdno podlago za razvoj posebne metode poučevanja ali kurikula. Pa vendar se učitelji prav ta trenutek trudijo izboljšati učenje in dosežke svojih učencev. Ravno zaradi tega bi morali učitelji, ki se ukvarjajo z nevroznanostjo, določiti, kako najbolje uporabiti trenutne izsledke raziskav, da bi v učilnicah izboljšali veščine učenja.

## VZPOSTAVLJANJE NOVEGA RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

Ko se učitelji, ki se ukvarjajo z nevroznanostjo, trudijo nagovarjati druge učitelje in svetovalce v njihovih praktičnih potrebah, morajo izvajati vse bolj interdisciplinarno povezane raziskave, saj lahko le z njimi premoščajo prepade med metodami, ki jih uporabljata znanstvena in pedagoška skupnost. Združevanje znanstvenikov in učiteljev omogoča intelektualno izmenjavo, ustvarja pa tudi pogoje za zastavljanje vprašanj, na katera sama ne more odgovoriti nobena od skupin.

Primer raziskovanja disleksije na začetku moje kariere (Denckla) ponazarja zapisano, obenem pa odpira novo temo: prispevek učencev k spoznanjem, kako se najbolje učijo, in vpogled, kaj otežuje njihovo učenje, lahko usmerjata naše raziskovalno delo. Medtem ko sem ocenjevala otroke, ki imajo probleme z govorjenjem in branjem, sem skušala prepoznati možne možganske vzroke njihovih težav na podlagi tedanjih obče sprejetih mnenj: disleksijo delno povzročajo obračanje in zamenjavanje simbolov (tako kot zamenjavanje črk *b* in *d*). Toda eden izmed otrok je sam od sebe povedal, da je eksperiment »lahak in neumen«. Njegova razlaga mi je namignila, da ga begajo podoben *zven in imena* določenih črk, ne pa njihova oblika. Povedal mi je, da ima sam težave z določanjem imena ali zvena vsake črke, ko stoji sama zase; glasova *b* in *d* zvenita preveč podobno. Nasprotno pa *p* in *q*, še en vizualno podoben par, nimata begajočega zvena ali imena.

Preizkušanje tradicionalne teorije, tipanje v temi in otrokov vpogled so usmerili mojo raziskavo čisto drugam. Razvijati sem začela celotno linijo testiranja, ki jo poznamo pod imenom test hitrega avtomatiziranega poimenovanja

(Rapid automatized naming test). To je eden najboljših preizkusov za napovedovanje bioloških motenj branja. Rezultati testa so pomagali raziskovalcem, ki se ukvarjajo s slikanjem možganov, določiti, kje v možganih so nevronske mreže, ki so po navadi vključene v avtomatično poimenovanje barv, črk in števil. Vse to je rezultat otrokovega opisovanja, zakaj se težko uči brati.

Da bi spodbudili sodelovanje že danes, Mary Brabeck, dekanica Steinhardt school of Culture, Education, and Human Development na Univerzi New York, predlaga oblikovanje nove mreže, v kateri bi sodelovali znanstveniki – nevroznanstveniki, ki vodijo raziskovalno delo na medicinskih šolah, praktični raziskovalci in kognitivni znanstveniki, ki delajo na umetniških in znanstvenih šolah – in učitelji pedagogi iz pedagoških šol.<sup>6</sup> Kot so opazili Brabeckova in njeni sodelavci, morajo raziskovalci upoštevati realne potrebe učiteljev. Te lahko prepoznajo tako, da obiskujejo njihove šole, vzpostavljajo z njimi smiselne dialoge in testirajo svoje hipoteze v avtentičnem šolskem okolju.

Izobraževalno srečanje na temo učenja, umetnosti in možganov maja 2009, ki ga je sponzorirala Johns Hopkins University School of Education v sodelovanju z Dana Foundation, je primer takega sodelovanja. Več kot 300 raziskovalcev, učiteljev in načrtovalcev šolskih programov se je zbralo na okrogli mizi, da bi obravnavali trenutna odkritja v umetnosti in kognitivni znanosti ter viharili ideje za prevodno raziskavo, ki temelji na vprašanih učiteljev.

Raziskava, o kateri so poročali, je še v začetni fazi, vendar je zanimiva; še posebej je tak namig, da bi večine, ki se jih učenci naučijo pri pouku umetnosti, lahko prispevale k učenju na drugih področjih. K Posnerjevemu delu sta prispevala tudi Ellen Winner, redna profesorica psihologije na Boston College, in magister Gottfried Schlaug, profesor nevrologije na Beth Israel Deaconess Medical Center in Harvard Medical School. S pomočjo možganskih slik sta prišla do dokazov, da se urjenje v glasbi prenaša na medsebojno močno povezani kognitivni sposobnosti, kot sta razlikovanje zvokov in fina motorika. Ta proces se imenuje bližnji transfer oziroma prenos.<sup>7</sup> Doktor Brian Wandell, redni profesor in predstojnik Oddelka za psihologijo na Univerzi Stanford, je predstavil rezultate, ki kažejo, da je urjenje v glasbi tesno povezano s fonološkim zavedanjem – z zmožnostjo manipuliranja zvokov pri govorjenju –, kar je močan napovednik bralne fluentnosti, ki predstavlja oddaljeni transfer kognitivnih zmožnosti.<sup>8</sup>

Raziskave, ki so bile predstavljene na forumu, se opirajo na prejšnje študije in zajemajo dela sedmih skupin znanstvenikov, vključenih v Dana Arts and Cognition consortium; izsledki kažejo na tesne povezave med urjenjem v umetnosti in različnimi kognitivnimi zmožnostmi. Poročilo s srečanja, objavljeno oktobra 2009, razkriva tudi plodne pogovore med znanstveniki in učitelji, ki bodo pomagali oblikovati raziskovalni program za preizkušanje hipotez o tem, kako vpliva umetniško delo na kreativnost in učenje.

Drugi model sodelovanja, za katerega se zavzemajo

Kurt Fischer s Harvard Graduate School of Education in drugi, je »raziskovalna šola«. Sledeč modelu medicinske šole, bi »zagovorniki« izobraževanja, ki temelji na nevroznosti, vključili v svoje delo teorije učenja in razvili praktične programe za delo v učilnicah. Take šole bi bile kot laboratoriji za univerzitetne raziskovalce, kjer bi ti lahko oblikovali in razvijali študije, ki temeljijo na potrebah učiteljev, preizkušali nove metode, ocenjevali posege in ponujali učiteljem priložnosti za razvoj.

S takim modelom bi lahko nevroznanstveniki testirali, kako določen neurotransmiter, kot je na primer dopamin, vpliva na pozornost; razvojni nevrolog bi lahko preučeval upočasnjeni strukturni razvoj možganov pri otrocih z ADHD in ga primerjal s strukturnimi anomalijami, povezanimi z disleksijo; kognitivni znanstvenik bi lahko preučeval nevrofiziološke povezave, potrebne za samokontrolo; pedagoški raziskovalec bi lahko ocenil, ali je določen tip obogatene okolja in izkušenj izboljšal pozornost pri dijakih z ADHD; učitelji pa bi lahko opazovali spremembe v poučevanju, za katere domnevajo, da bi lahko izboljšale matematične ali bralne veščine, in predlagali študije, ki bi pojasnile, kako lahko taki posegi vplivajo na možganske procese.

## UČINKI NA PEDAGOŠKE STRATEGIJE IN PRAKSE

Opisane oblike združevanja strokovnjakov bi nam lahko pomagale k boljšemu povezovanju pedagoške prakse in kognitivnih razvojnih študij. Predšolski otroci na primer morda niso pripravljeni na učenje branja in tudi mladostniki morda niso kognitivno pripravljeni na konceptualno razmišljanje, ki ga terja algebra. Študije kažejo, da povezave možganskih čelnih režnjev (ki so vključeni v delovanje spomina, jezika, reševanje problemov, presojanje, kontrolo impulzov, fleksibilnost in socialno vedenje) z nevronskimi mrežami, vključenimi v izražanje čustev, ne dozori popolnoma do približno dvaintridesetega leta človekove starosti.<sup>9</sup> Kognitivni nadzor nad možganskimi izvršilnimi funkcijami – ki je pomemben pri reguliranju vedenja, potrebnega za doseganje ciljev, in je ključnega pomena za šolske dosežke, vključujoč veščine abstraktnega mišljenja in formiranja konceptov – ne dozori do petindvajsetega leta starosti.<sup>9</sup> Kakšne so torej implikacije za poučevanje aktualnih predmetov, če upoštevamo dejstvo, da možganski procesi dozori kar nekaj časa potem, ko učenci zaključijo obvezno šolanje? Učitelji in starši se sprašujejo, kakšen vpliv naj bi ta informacija imela na pedagoške prakse in kdo bo prenesel znanja s področja znanosti o možganih v pedagoško skupnost.

Da bi dobili odgovor na zastavljeno vprašanje, moramo tudi univerzitetne raziskave in akademske programe osvoboditi ozke usmerjenosti na določene discipline (kot je na primer učenje matematike) in namesto tega razviti širši pogled na izobraževanje, ki vključuje znanost o učenju (kot je na primer razvijanje veščin matematičnega mišljenja).

Programi, kot sta Johns Hopkins University School of Education's new graduate certificate in Mind, Brain, and Teaching ter Harvard University's master degree in Mind, Brain, and Teaching, bodo usposabljali generacije raziskovalcev, ki jim bo interdisciplinarni pristop domač.

Osredotočanje na znanost o učenju bi moralo biti tako pomembno, kot je pomembna odgovornost za dosežke učencev. Šolske politike in prakse morajo spodbujati

osredotočenost na to, kako se otroci učijo. Poleg tega morajo strokovnjaki, ki izvajajo raziskave, povezane z učenjem, sprejemati učitelje kot odjemalce in sodelavce. Izobraževanje v enaindvajsetem stoletju zahteva nov model za pripravo otrok, da bodo bolj kreativni in inovativni misleci in učenci. Vključevanje različnih perspektiv v preučevanje učenja otrok nam lahko pomaga pri vnovičnem zamišljanju in kreiranju učnih izkušenj otrok v naših šolah.

Opombe od 1 do 9 v prispevku se nanašajo na spodnje vire.

#### VIRI

- Brabeck, M. (2008). Why We Need 'Translational' Research: Putting Clinical Findings to Work in Classrooms. *Education Week* 27, št. 38: 28, 36. (opomba 6)
- Fan, J., Flombaum, J. I., McCandliss, B. D., Thomas, K. M. in Posner, M. I. (2003). Cognitive and Brain Consequences of Conflict. *Neuro Image* 18: 42–57. (opomba 3)
- Gardner, H. (2008). Quandaries for Neuroeducation. *Mind, Brain, and Education* 2, št. 4: 165–169. (opomba 4)
- Hyde, K. L., Lerch, J., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A. C. in Schlaug, G. (2009). Musical Training Shapes Structural Brain Development. *Journal of Neuroscience* 29: 3019–3025. (opomba 7)
- Immordino-Yang, M. H. in Damasio, A. (2007). We Feel, Therefore We Learn: The Relevance of Affective and Social Neuroscience to Education. *Mind, Brain, and Education* 1, št. 1: 3–10. (opomba 2)
- Mazzocco, M. M. (2008). Introduction: Mathematics Ability, Performance, and Achievement. *Developmental Neuropsychology* 33, št. 3: 197–204. (opomba 5)
- Shaw, P., Eckstrand, K., Sharp, W., Blumenthal, J., Lerch, J. P., Greenstein, D., Clasen, L., Evans, A., Giedd, J., v: J. L. Rapoport (2007). Attention-deficit/Hyperactivity Disorder Is Characterized by a Delay in Cortical Maturation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 19649–19654. (opomba 1)
- Wandell, B., Dougherty, R., Ben-Shachar, M., Deutsch, G. in Tsang, J. (2008). Training in the Arts, Reading, and Brain Imaging. *Learning, Arts, and the Brain: The Dana Consortium Report*: 51–59. (opomba 8)
- Yakovlev, P. I. in Lecours, A. R. (1967). The Myelogenetic Cycles of Regional Maturation of the Brain, v: *Regional Development of the Brain in Early Life*, ured. A. Minkowsky, 3–70, Oxford, England: Blackwell Scientific. (opomba 9)

Prevod prispevka: M. Hardiman, M. B. Denckla. (2009). The Science of Education: Informing Teaching and Learning through the Brain Sciences V: Cerebrum, The Dana Foundation. Dostopno na spletu: <http://www.dana.org7news/cerebrum/> Prevedel dr. Dušan Rutar.

Od Cerebrum, November 10, 2009 © The Dana Foundation; prevedeno in objavljeno z dovoljenjem.