

Literatura:

- Brancelj, A., 2002: *Microdistribution and high diversity of Copepoda (Crustacea) in a small cave in central Slovenia. Hydrobiologia*, 477: 59–72.
- Brancelj, A., 2004: *Biological sampling methods for epikarst water. Karst Waters Institute Special Publication 9. Epikarst. Jones, W. K., Culver, D. C., Herman, J. S., (uredniki). Proceedings of the symposium held October 1-4, 2003. Shepredstown, West Virginia, USA. 99-103 pp.*
- Brancelj, A., Culver, D. C., 2005: *Epikarstic communities. V: Culver, D. C. (ur.), White, W. B. (ur.): Encyclopedia of caves. Amsterdam, Boston: Elsevier, Academic Press. 223-229 pp.*
- Deharveng, L., Stoch, F., Gibert, J., Bedos, A., Galassi, D., Zagmajster, M., Brancelj, A., Camacho, A., Fiers, F., Martin, P., Giani, N., Magniez, G., Marmonier, P., 2009: *Groundwater biodiversity in Europe. Freshwater Biology*, 54: 709-726.
- Rouch, R., 1968: *Contribution à la connaissance des Harpacticides hypogés (Crustacés ; Copépodes). Annales de Spéléologie*, 23: 5–167.
- Mangin, A., 1973: *Sur la dynamique des transferts en aquifer karstique. Proceeding of the 6th international congress of*

speleology, Olomouc, vol. 4: 157-162.

Williams, P. W., 1983: *The role of the subcutaneous zone in karst hydrology. Journal of Hydrology*, 61: 45-67.

Williams, P. W., 1985: *Subcutaneous hydrology and the development of doline and cockpit karst. Zeitschrift für Geomorphologie*, 29: 463-482.

Ali je matematika doma le v človekovih možganih? • Nevrobiologija

Ali je matematika doma le v človekovih možganih?

Tina Bregant

Pred približno sto leti so se v Evropi navduševali nad Bistrim Hansom – konjem, ki je znal šteti in računati. V resnici je ta konjiček zelo dobro ubogal navodila svojega trenerja in, ne, ni znal računati enačb. Vendar pa se znanstveniki še vedno sprašujejo, ali znamo šteti res samo ljudje?

Irene Pepperberg iz Tehnološkega inštituta v Massachusettsu (Massachusetts Institute of Technology), ki je znana po svojem več kot tridesetletnem raziskovalnem delu s papigo Alex, je prepričana, da živali razlikujejo manjše količine. Meni celo, da nekateri nevretenčarji zmorejo oceniti preproste in manjše količine. Sposobnost določanja količine naj bi bila določena s strukturami

preprostega živčevja, ki jih najdemo že pri nevretenčarjih. Kaj pa pravijo raziskave?

Živali in koncept količine

Glede na raziskave imajo delfini, šimpanzi in makaki ter nekatere ptice: papige, golo-bi, kokoši in tudi taščice, vrojeni občutek za količino. V Centru za raziskave delfinov na Floridi (Dolphin Research Center) menijo, da delfini poznajo številčne koncepte ter da prepoznajo in znajo predstaviti številčne vrednosti na ordinalni lestvici. Pomembni sta vrstni red številčnih vrednosti in primerjava več – manj.

Profesor za sonografijo Leighton je s sodelavci z Univerze v Southamptonu modeliral



Delfini pri lovu sledijo posebni tehniki, ki jo lahko interpretiramo z matematičnimi pravili. Upoštevajo kompleksna, nelinearna matematična pravila. Glede na njihovo vedenje seštevajo, odštevajo, množijo in primerjajo količine. Najverjetneje gre za vrojeno matematično sposobnost določanja količine.

Privrejeno po: <http://news.discovery.com/animals/zooms/dolphins-math-geniuses-120717.html>.

eholokacijske pulze, ki jih delfini uporabljajo med lovljenjem rib. Eholokacija, ki jo uporabljajo delfini, namreč ne sledi procesiranju ultrazvočnih signalov, kot ga poznamo ljudje, pač pa sledi pravilom nelinearne matematike. Delfini oddajajo pulze, ki se razlikujejo v amplitudi, tako da ima prvi pulz na primer vrednost 1, drugi pulzni val pa le še $\frac{1}{3}$ amplitude prve. S pomnjenjem razmerja ter množenjem obeh vrednosti in seštevkom obeh skupaj lahko okrepijo »vidnost« ribe, od katere se je pulzni val odbil. Poleg tega mehurčki v vodi otežijo eholokacijo, tako da je glede na simulacijo verjetno, da morajo delfini pulze med seboj odšteti, da lahko ločijo »pravo ribo« od mehurčkastega odboja.

V raziskavi, ki je bila objavljena leta 2008 v reviji *Proceedings of the Royal Society*, je Kevin C. Burns s sodelavci z univerze Victoria v Wellingtonu na Novi Zelandiji vstavil različno število črvov v lesene šture. Taščice, ki obožujejo te črve, so nato izbirale te umetno narejene krmilnice. Izbrale so tiste, kjer je bilo črvov največ. Če je črve razisko-

valec odstranil, ne da bi to taščice opazile, so taščice kar dvakrat dlje drezale v tisti štor, v katerem naj bi bilo po njihovem prepričanju črvov več.

Zanimiv poskus s piščančki je naredila Rosa Rugani z univerze Trento v Italiji. Sveže izvaljeni piščančki so zaradi procesa vtisnenja prepoznali na primer tri predmete kot »mame«. Če je en predmet izginil, je piščanček dolgo časa iskal izgubljeni predmet. To se je dogajalo pri skupinah »mam« do pet predmetov, če so umaknili enega ali več predmetov, in to ne glede na to, koliko prostora so te »mame« zavzele.

Poskus, ki ni v čast študentom, je pa pri skupini makakov odkril »matematičnega genija«, je naredila Jessica Cantlon z Univerze Rochester. Praviloma so makaki bili sposobni razločevati nize po količini, ne glede na barvo, velikost ali obliko. Eden od makakov je bil pri oceni količine le 10 do 20 odstotkov manj natančen kot študenti, je bil pa znatno hitrejši v reakcijskem času, torej v hitrosti odgovarjanja.

Elizabeth Brannon je s sodelavci leta 2009



Rosa Rugani je objavila zanimivo študijo o piščančkih. Poskus s piščančki in njihovo domnevno »mamo« je pokazal, da piščančki razlikujejo manjše količine, saj so zelo dolgo iskali manjkajočo »mamo«.

Slika prosto dostopna na: bowpeep.wordpress.com.

objavila v reviji *Journal of Experimental Psychology: General* zanimiv članek o šte-tju pri makakih. Makaki so morali izbrati enako število videnih predmetov, kot so slišali zvokov. Praviloma natančno so ocenili manjše količine, ne glede na to, ali je bil dražljaj viden ali slišen. Celo če je med poskusom nekaj predmetov skrila, so nato makaki pravilno »odšteli« in izbrali količinsko pravilni ostanek.

Živali sicer zelo verjetno ne štejejo v jezikovnem pomenu štetja. Torej živali ne štejejo ena, dve, tri ..., pač pa imajo vrojeno sposobnost določanja in razločevanja količine. Gre najverjetneje za evolucijsko prednost ozemeljskih (teritorialnih) živali, ki jim ta sposobnost omogoča določiti ozemlje, kjer je več hrane za celotno čredo.

Ocenjevanje količine – vrojena sposobnost možganov

Ocenjevanje številčnosti neke skupine, primerjanje dveh števil po velikosti ter osnovno seštevanje ali dodajanje in odštevanje ali odzemanje so biološko določene sposobnosti. Presoja, na primer kje bo veverica našla več orehov ali v kateri čredi je možnost ulova največja, je živalim prirojena, saj je pomembna za obstoj vrste. Tudi ljudje imamo prirojeni občutek za števila. Dojenčki

že kmalu po rojstvu, to je pri treh mesecih, postanejo pozorni na številčnost niza predmetov, pri šestih mesecih vizualno ločijo skupini z osmimi in šestnajstimi elementi, pri enajstih mesecih pa že izražajo poznavanje ordinalnosti. Ta občutek bi lahko imenovali tudi matematična intuicija, saj so te presoje hitre, avtomatične in brez introspekcije. Intuicija seveda ne vključuje kompleksnih matematičnih operacij, na primer konceptov ulomkov, korenov, negativnih števil, realnih števil ... Slednje razvijemo z izobraževanjem oziroma se jih priučimo. Pri matematični intuiciji gre zgolj za osnovno razumevanje števil, ki je prisotno celotno življenjsko obdobje.

Kako se naučimo štetja?

Večina ljudi zna šteti, toda kako se tega naučimo, ostaja še vedno skrivnost. Števke smo ljudje izumili pred približno 5.000 leti, kar je z vidika posameznika veliko, z vidika evolucije pa zelo malo. Čas je prekratek, da bi se v naših možganih lahko razvil sistem, ki bi bil specializiran za števke. Najverjetneje gre torej za matematiko kot kulturni izum. Kaj pa koncept količine? Feigenson je ugotovil, da imamo ljudje vrojena dva sistema predstavljanja števil. Prvi sistem predstavlja ocena števila elementov v skupini. Določa-

nje številčnosti je večinoma nenatančno, a se natančnost z zorenjem možganskih struktur in izkušnostjo izboljšuje. Približno ocenjevanje ni omejeno le na vidne predmete, temveč velja tudi za slušne dražljaje. Različne modalnosti napeljujejo na misel, da otroško dojemanje števil temelji na abstraktnem predstavljanju številčnosti, ki je temelj aritmetike.

Drugi sistem je sistem določanja natančne vrednosti količine oziroma števila predmetov. Otroci in odrasli lahko natančno število elementov določijo le, če teh ni veliko. Dojenčki dojemajo številčnost elementov, če je število predmetov največ tri, in to ne glede na diskretne ali kontinuirane vrednosti (na primer število piškotov, količina soka) oziroma vidne ali slušne dogodke (na primer skoki lutke, zvočni signali).

Okrog tretjega leta starosti je spoznavanje že tako kompleksno, da otroci začnejo razumevati dogajanja okoli sebe. Govor je že zelo dobro oblikovan, njegova pravila otroci usvojijo do petega leta starosti. (O govoru smo v *Proteusu* že pisali.) Z govorom se otrokom odpre pot tudi k simboličnemu računanju. Tako kot se brez navora učijo jezika, se z lahkoto naučijo tudi elementarne aritmetike. R. Gelman in R. Gallistel sta ugotovila, da imajo otroci sposobnost preštevanja elementov, za katero ne potrebujejo učenja. Do tretjega leta starosti štejejo brez težav do deset, triinpolletni otrok zazna napako v preštevanju, do četrtega leta pa usvoji osnovno načelo preštevanja, to je, da je vsak predmet štet le enkrat in da si števila morajo slediti zaporedno. Domnevamo, da gre za vrojeno sposobnost in da je posledica sposobnosti spontanega učenja jezika. Šele po četrtem letu starosti otroci začnejo razumeti, čemu je preštevanje namenjeno, to je, da končno število predstavlja število vseh elementov v skupini.

Sistem za določanje količine je razvit tako pri ljudeh kot pri živalih. Gre za nekakšen vmesnik med vidom in mišljenjem, ki omo-

goča »videti« male količine. Zato lahko »vidimo« količino, ki vsebuje do pet predmetov, ne da bi jih prešteli. Kognitivni model štetja so predstavili raziskovalci s Stanforda v reviji *PLoS One*. Vrojena sposobnost »videti« količino se po njihovem mnenju oblikuje iz interakcij med količino predmetov in številko, ki jih količinsko predstavlja. Težave pri količinski zaznavi naraščajo z velikostjo količine. Bolj ko je količina majhna, lažje in večkrat si jo predstavljamo.

Tako se otroci naučijo prešteti tri medvede in ne zgolj tri. Ker učenje temelji na predvidevanju, torej kaj naši možgani pričakujejo, da sledi, je sosledje konceptov zelo pomembno. Otroci si lažje zapomnijo in usvojijo koncept števk, če jim najprej predstavimo koncept niza predmetov – torej medvede – in šele nato njihovo količino – torej tri medvede. Z navodilom: »Poglej medvede, trije so!« si otroci zapomnijo količino kar za 30 odstotkov bolje, kot če rečemo: »Poglej, trije medvedi!« Predšolski otroci imajo dobro razvito matematično intuicijo, znajo oceniti številčnost skupine, preštevajo, seštevajo in odštevajo, vendar pa na svoj, intuitivni način.

Matematične kompetence in možgani

Učenje števil, prilagojeno potrebam in zmognostim posameznika in z začetkom že v predšolskem obdobju, vpliva na izboljšanje matematičnih sposobnosti. Dobro poznavanje števil je namreč pogoj za uspešno razumevanje matematike. Sposobnost približnega ocenjevanja količine je v vzajemni zvezi z matematičnimi sposobnostmi osnovnošolcev. Matematične sposobnosti se niso povezovale s sposobnostjo in hitrostjo poimenovanja in izražanja, ki sta tudi merilo kognitivnega razvoja, pač pa je raziskava na Univerzi Johns Hopkins pokazala, da intuitivno znanje matematike, torej količinska zaznava, napoveduje kasnejše formalne matematične dosežke.

Poleg razumevanja aritmetičnih nalog je za uspešnost pri matematičnih nalogah zelo

pomembno prepoznavanje številske informacije iz diagramov, tabel in enačb. Pomembna sestavina matematične kompetence je torej sposobnost razbiranja številskih informacij iz različnih oblik njihovega zapisa. Celo več, podatki iz raziskav nakazujejo, da so matematično »sposobnejši« posamezniki boljši ne toliko v priklicu aritmetičnih znanj, pač pa v delovanju višjih, kognitivnih procesov, zlasti pri procesiranju matematičnih simbolov. Te procese lahko zaznamo s slikanjem s funkcijsko magnetno resonanco. Pri dobrih matematikih se ti procesi zelo aktivno odvijajo v levem angularnem girusu, ki je pri njih bolj dejaven kot pri slabih matematikih.

Aritmetično procesiranje v možganih

Pri računanju se aktivirajo temenski, prefrontalni in cingularni režnji. Intraparietalni sulkus, še posebej njegov horizontalni del, je aktiven pri vseh številskih nalogah in pri vseh predstavitvah količine. Horizontalni del intraparietalnega sulkusa se aktivira avtomatično, amodalno, kar pomeni, da ni pomembno, ali je število pisano ali govorjeno, in je neobčutljiv za različnost zapisa števil. Zato se predpostavlja, da je intraparietalni sulkus specializirano območje za številske procesiranje in je povezano z določanjem količine, ki se začne že v zgodnjem otroštvu. Okvare tega območja lahko povzročijo dolgotrajne motnje in težave pri aritmetičnem procesiranju.

Precentralni režen in spodnji del prefrontalnega režnja se aktivirata pri računanju. Parietalni in prefrontalni korteks sta funkcionalno povezana, zato bi lahko sklepali, da se številska informacija iz parietalnega korteksa prenese v prefrontalni korteks, kjer se okrepi in zadrži do primerne odgovora oziroma vedanja. Ti območji sprejemata abstraktno informacije o količini in sta pomembni za izvršilna dejanja (kategorizacija, odločanje, delovni spomin, ciljno vedenje ...).

Študija Manuela Piazzze je s funkcijsko magnetno resonanco dokazala aktivnost v

temenskem režnju, ko so preiskovancem predstavili številke, ki so bile predstavljene v obliki pik ali pa kot arabske številke. Ko se je količina ali način predstavitve v predstavljenem vzorcu spremenil, se je aktivacija predela ponovno okrepila, kar lahko razumemo kot procesiranje številske informacije. Bolj ko se je količina razlikovala, bolj močna je bila sprememba.

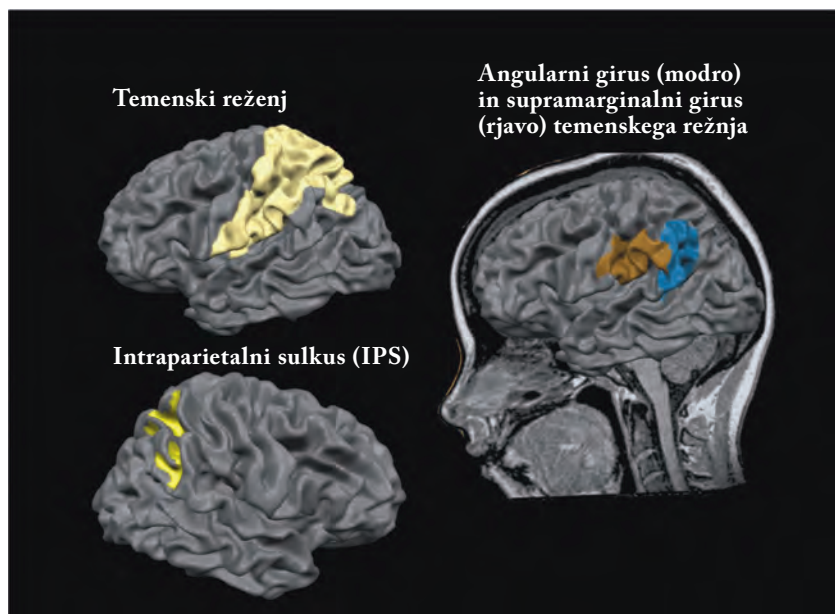
Študija, objavljena v reviji *Neuron*, je pokazala razlike v obeh polovicah možganov med številskim procesiranjem. Leva polovica je bila bolj dejavna med abstraktnimi številskimi predstavami, medtem ko je bila desna dejavnejša med poimenovanjem števil. Razlike med polovicama so najbolj očitne pri primerjavi števil in pri računanju. Bolniki z afazijo in akalkulijo s poškodbo leve polovice lahko kljub nezmožnosti poimenovanja, seštevanja, odštevanja in množenja vseeno odločijo, katero od dveh števil je večje. Zato se predpostavlja, da se primerjava števil pretežno odvija v desni polovici možganov. Pri primerjanju števil sta bili sicer dejavni obe polovici, poimenovanje in računanje pa sta aktivirali le levo stran možganov.

Lahko bi rekli, da števila v možganih niso zastopana samo kot abstrakcije, pač pa gre za kompleksno, spoznavno funkcijo možganov, v katerih obstajajo predeli, ki se aktivirajo predvsem ob numeričnem procesiranju.

Računska praksa v možganih

Računanje z večmestnimi števili je kompleksen in dolgotrajen proces, pri katerem se aktivira več možganskih predelov, med njimi tudi prefrontalni režen, ki ima nadzorno vlogo, kadar naša dejanja ne potekajo avtomatično. Da usvojimo matematično znanje, se mora v možganih povezati več predelov, števila je treba povezati z besedami in s količinsko predstavo, izbrati je treba najbolj ustrezno metodo za reševanje določenega problema, algoritmom je treba dati pomen, razumevanje.

Tudi angularni girus je dejaven pri nekaterih



Procesiranje matematičnih in numeričnih problemov v možganih so razkrile raziskave s funkcijsko magnetno resonanco, ki so pokazale dejavnost v območju temenskega (parietalnega) režnja. Metaanaliza študij je pokazala, da so najbolj dejavna naslednja območja:

- obojestranski predeli ob intraparietalnem sulkusu med procesiranjem številske količine, torej katera številka je večja;
- levo parietalno območje, ki ga imenujemo angularni girus, med računanjem;
- obojestranski predeli superiorne parietalne skorje, ki jih povezujemo s pozornostjo in vidno-prostorskimi zaznavami, ki so potrebne med številskim ali matematičnim procesiranjem.

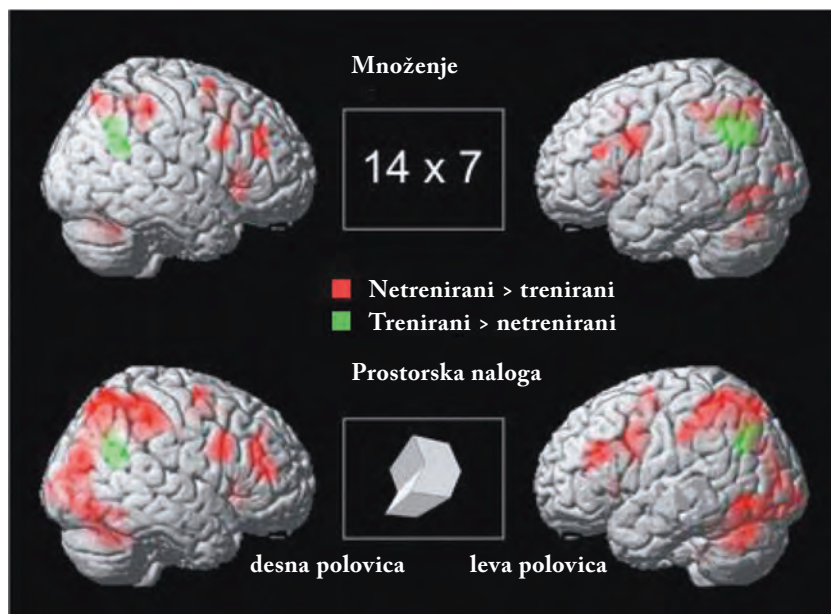
(Povzeto po Encyclopedia of Language and Literacy Development.)

aritmetičnih nalogah (na primer množenju), vendar bolj v jezikovni povezavi. Aritmetične operacije so namreč povezane z uporabo jezika. Pri reševanju aritmetičnih problemov z arabskimi števili se števila najprej pretvorijo v besedo, s katero se prebijemo do verbalnega spomina o aritmetičnih dejstvih. Grabner je s sodelavci raziskoval dejavnost možganskih območij pri odraslih osebah z boljšimi ali slabšimi matematičnimi kompetencami. Ugotovili so, da se dejavnost v intraparietalnem sulkusu med preučevanima skupinama ni razlikovala, pojavile pa so se razlike v dejavnosti angularnega girusa. Pri bolj kompetentnih posameznikih je bila dejavnost levega angularnega girusa večja, še več, bila je linearno odvisna od dosežkov na matematičnih testih. Predpostavljajo, da se večje matematične kompetence izražajo

v večji dejavnosti levega angularnega girusa, a le pri reševanju novih, neznanih nalog. Lahko bi sklepali, da je levi angularni girus povezan z matematično kognicijo in ne le s priklicem aritmetičnih dejstev iz spomina.

Številska kognicija

Številska kognicija je sposobnost procesiranja numerične oziroma številske informacije. Glavno vlogo pri tem ima skorja temenskega režnja. Študije, ki so uporabljale slikovno diagnostiko, so pokazale, da sta pri numeričnem procesiranju pomembna oba temenska predela. Pri osnovnem količinskem procesiranju, torej razumevanju količine, kot je na primer ocena, koliko jabolk je v košari, je najbolj dejaven desni temenski predel. Levi temenski predel se aktivira pri natančnejših številskih procesih, kot sta seštevanje



Grabner je s sodelavci objavil raziskavo, kjer z vadenjem reševanja matematičnih problemov, kot je množenje, ter primerjalnim štetjem ploskev tridimenzionalnega predmeta vidimo obojestransko aktivacijo angularnega girusa in zmanjšano aktivacijo ostalih, predvsem fronto-parietalnih območij. Angularni girus je verjetno pomemben za učenje abstraktnih pojmov, tudi aritmetike. Povzeto po Grabner, R. H., Ischebeck, A., Reishofer, G., Koschutnig, K., Delazer, M., Ebner, F., Neuper, C., 2009: Fact learning in complex arithmetic and figural-spatial tasks: The role of the angular gyrus and its relation to mathematical competence. *Human Brain Mapping*.

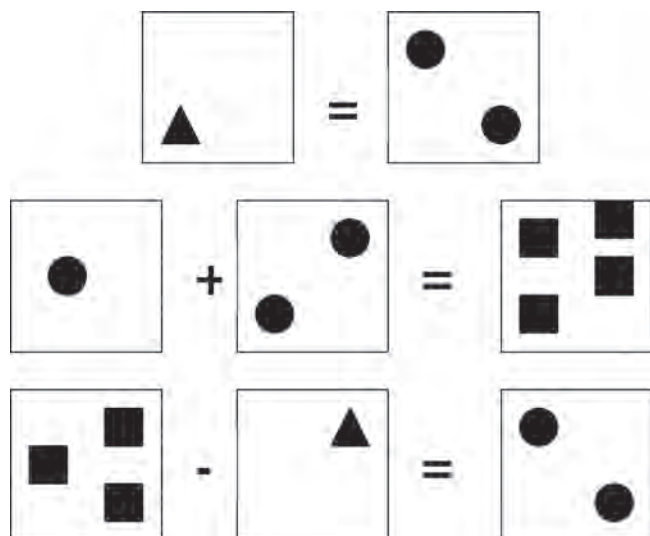
in odštevanje. V novejši študiji, objavljeni v reviji *Cerebral Cortex*, se je pokazalo, da je sposobnost reševanja osnovnih aritmetičnih problemov odvisna od povezav med levim in desnim temenskim predelom.

Na Univerzi Duke so raziskovalci s pomočjo funkcijske magnetne resonance ugotovili, da se med testom količinskega ujemanja aktivira skorja desnega temenskega režnja, medtem ko se med seštevanjem in odštevanjem dodatno aktivira skorja levega temenskega režnja. Med aritmetičnimi nalogami je bila komunikacija med obema polovicama možganov močnejša, kot če je šlo samo za količinsko oceno. Najhitreje so računali tisti preiskovanci, ki so imeli najmočnejše povezave med obema polovicama možganov. Visoka koherenca živčne aktivnosti v obeh temenskih predelih pomeni optimalnejšo sposobnost računanja.

Ali lahko štejemo brez števk?

Na univerzah UCL (University College London) in Univerzi v Melbournu so preučevali dve skupnosti Aboriginov, kjer ne poznajo besed ali gest za številke. Predhodno so mislili, da je za količine, večje od tri, potrebno poznati besedo. Tako naj bi za koncept količine pet bilo potrebno imeti besedo pet.

Kaj pa, če besed za številke in številke nima? Raziskovalci so delali z otroci, ki so bili stari od štiri do sedem let in so pripadali skupini, ki živi na robu puščave Tanami, približno 400 kilometrov severozahodno od Alice Springs, kjer govorijo jezik warlpiri, in skupino, ki živi v okolici Groote Eylandt in govori jezik anindilyakwa. V obeh skupinah poznajo besede ena, dve, malo in veliko. V jeziku anindilyakwa pa dodatno poznajo obredne besede za količine do 20, ki pa jih otroci ne poznajo. Skupini otrok



Primer preproste numerične in aritmetične naloge: količinsko ujetanje, seštevanje in odštevanje. Preiskovanci so morali povedati, ali je številna operacija pravilna ali ne. V prvi in drugi vrstici se odgovor glasi: ni pravilno; v zadnji vrstici je odgovor: pravilno.

so primerjali z angleško govorečimi otroci iz Melbournea.

Otrok niso spraševali »Koliko medvedov vidiš?« in »Ali je količina jabolk v desni in levi košarici enaka?«, pač pa so otroci morali postaviti enako število predmetov na mizo, kot so na primer slišali udarcev palčk. Otroci so torej morali uskladiti število izbranih predmetov z drugo modalnostjo: številom zvokov, dejanj ali videnih predmetov. Pokazalo se je, da so se otroci iz skupin warlpiri in anindilyakwa odrezali enako dobro kot angleško govoreči otroci iz Melbournea, ko je šlo za količine, ki so vsebovale do devet predmetov. Glede na študijo tako sklepamo, da so osnovni numerični koncepti vrojeni in da niso odvisni od razvoja govora oziroma jezika.

Zaključek

Ne samo ljudje, tudi nekatere živali se rodijo z vrojenim občutkom za količino, ob katerem štetje ni potrebno. Ta sposobnost z zorenjem možganov še napreduje, tako da lahko ljudje kasneje razločujemo količine, ki se tudi zelo malo razlikujejo med seboj. Razumemo tudi velike količine. Kasneje ta vrojena znanja nadgradimo z matematiko, ki

pa se je moramo priučiti. Intuitivno znanje matematike, torej količinska zaznava, pa dejansko napoveduje kasnejše formalne matematične dosežke.

Dodatno branje:

- Ansari, D., Garcia, N., Lucas, E., Hamon, K., Dhital, B., 2005: *Neural correlates of symbolic number processing in children and adults. Neuroreport*, 16 (16): 1769-1773.
- Butterworth, B., Reeve, R., Reynolds, F., Lloyd, D., 2008: *Numerical thought with and without words: Evidence from indigenous Australian children. Proceedings of the National Academy of Sciences*, Aug. 18, 2008.
- Dehaene, S., 1997: *The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics*. Oxford University Press.
- Dehaene, S., 2009: *Origins of Mathematical Intuitions. The Case of Arithmetic. The Year in Cognitive Neuroscience 2009. Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1156: 232-259.
- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R., Tsivkin, S., 1999: *Sources of Mathematical Thinking: Behavioral and Brain-Imaging Evidence. Science*, 284: 970-973.
- Grabner, R. H., Reishofer, G., Koschutnig, K., Ebner, F., 2011: *Brain correlates of mathematical competence in processing mathematical representations. Front. Hum. Neurosci.*, 5: 130.
- Tennesen, M., 2009: *More Animals Seem to Have Some Ability to Count. Scientific American*, 15. Sept. 2009.