

Učenje in možgani

Tina Bregant

Uvod

Ste kdaj pomislili, kaj znate? Česa ste bili sposobni ob rojstvu in kaj znate danes? Novorojenček ni tako neboljeno bitje, kot se zdi na prvi pogled. Sposoben je sesanja, požiranja, prebave, odvajanja, vzdrževanja toplote, dihanja, bitja srca in, seveda, sposoben je z neutolažljivim, glasnim jokom priklicati odraslega, ki bo poskrbel zanj. Mladčki nekaterih živalskih vrst znajo še veliko več kakor človeški novorojenčki. Vendar pa se ljudje izredno hitro in veliko učimo zlasti v obdobju odraščanja in smo še pozno v starost sposobni priučitve novih znanj in spreminjanja vedenja na podlagi izkušenj. Prav sposobnost učenja nas zelo razlikuje od ostalih živali.

Kaj je učenje?

V spletni različici Slovarja slovenskega knjižnega jezika lahko preberemo, da je učenje glagolnik od učiti, ki se povezuje s poučevanjem, to je pomočjo pri učenju; lahko gre za učenje na pamet, izučitev poklica, lahko gre za učenje iz napak, na napakah in ob napakah, lahko pa gre za mehanično učenje brez razumevanja snovi, pri čemer je mogoče snov tako obvladati, da je mogoče odgovarjati brez razmišljanja in sklepanja. Opisano je tudi učenje s pomočjo besed in drugih simbolov; podajanje učne snovi z besednim razlaganjem; učenje po vnaprej pripravljenem gradivu s pomočjo priprav za učenje ali posebnih knjig. Učenje lahko razumemo kot proces pridobivanja novih ali

Ali je novorojenček res povsem neboljen ali pa zna precej več stvari kot najdražja lutka na svetu?



spreminjanja že pridobljenih znanj, veščin, vedenj in vrednot, pri čemer lahko proces zajame zelo različne informacije. Kot proces ni učenje nikoli le zbirka snovnih ali proceduralnih znanj. Pri učenju gre za proces, ki se ne zgodi v nekem trenutku, pač pa sledi določeni učni krivulji in je kot tako vedno ujeto v koncept časa. Učenje je sicer človekova značilnost, pa vendar učenje povezuje tudi z živalmi in celo z delovanjem nekaterih naprav.

Pri živalih so procesi učenja vezani na habituacijo oziroma klasično pogojevanje ter pri nekaterih živalih tudi na igro, ki pa pomeni že bolj kompleksno dejavnost. O igri smo v *Proteusu* že pisali (*Proteus*, 74 (3): *Igra – zgolj nenujna dejavnost ali kaj drugega?*). V prispevku bom predstavila učenje kot eno najbolj vznemirljivih področij našega uma.

Učenje

Ob učenju večina pomisli na šolo in na pouk predmetov, kot sta matematika ali angleščina. Učenje pa v resnici pomeni mnogo več: učenje vsebin in podatkov predstavlja le majhen del učenja. Poznamo namreč tudi usvajanje veščin, kot so plavanje in vožnja s kolesom, zapomnitev čustvenih dogodkov in odzivov nanje. Učenje omogoča pridobivanje spominov, ki so ključni za našo individualnost.

Učimo se na različne načine, hote ali nehoti. Pri preprosti obliki učenja povežemo nov dogodek z našim že naučenim obnašanjem. Tako lahko vrojeni refleksni odgovor povežemo z naučenim odgovorom. Tej preprosti obliki učenja rečemo pogojevanje. Poznamo tudi učenje s poskusi in zmotami. V tem primeru rešitve ne poznamo, vendar poskusimo mnogo stvari in na koncu nam le uspe.

Človeški plod se uči pred rojstvom. V 22. tednu znanstveniki Leader in Baille s sodelavci ter Hepper in Shahdullah opisujejo procese habituacije, ki so vezani na slušne in vibroakustične dražljaje. S habituacijo se plod nauči ignorirati posebni zvočni dražljaj, ki ga zazna preko materine trebušne stene, kar vidimo s pomočjo ultrazvoka. Ignoriranje dražljaja si otrok zapomni tudi še v obdobju novorojenčka.



Naslednjič moramo v enakem položaju narediti že manj poskusov. To učenje je najbolj učinkovito, ko delamo napake. Takrat so namreč naši možgani najbolj dejavni. Zelo učinkovito in tudi zelo pogosto je učenje s posnemanjem. Gledamo, kako zeleno opravilo opravlja nekdo, ki ga zna bolje od nas, in ga potem poskusimo napraviti tudi sami. Učenje s posnemanjem je najbolj pogost način učenja malčkov in otrok. Tako se naučimo izražanja čustev, govora, večine hišnih opravil, gibalnih veščin, naučimo se obnašanja v družbi. V šoli spodbujamo besedno učenje. Nekaj samo preberemo ali o nečem slišimo in si to zapomnimo. Kljub temu, da zadeve sami nismo videli ali je preskusili, o njej lahko razpravljamo.

Zanimivo je, da se človeški plod uči že pred rojstvom. Že okoli 22. tedna nosečnosti (gestacije) znanstveniki opisujejo habituacijo. Poznamo tudi procese vtisnjenja, ko se v določenem razvojnem obdobju pri človeku ali živali določene značilnosti dražljaja hitro in neodvisno od posledic vtisnejo v spomin.

Z matematiko se v resnici srečamo že zelo zgodaj. Že enoletnik ve, da je storž koničast in »pika«, da se žoga kotali in da je zelo zabavno korakati po taktu ena, dva, ena, dva. Na vsakem koraku malčki spoznavajo oblike, števila, velikosti, se orientirajo v prostoru, primerjajo in merijo količine. Izštevanke in bibarije vedno razveselijo enoletnika, za starejšega malčka pa poznamo ogromno igrice, ki vključujejo gibanje, umetnost, jezik, naravo, da jih niti nima smisla naštevati. Mladostniki so v svojem izboru bolj zahtevni, se jim pa zdijo privlačne makete, znanstveni poskusi in igre, ki vključujejo socialne interakcije z vrstniki.

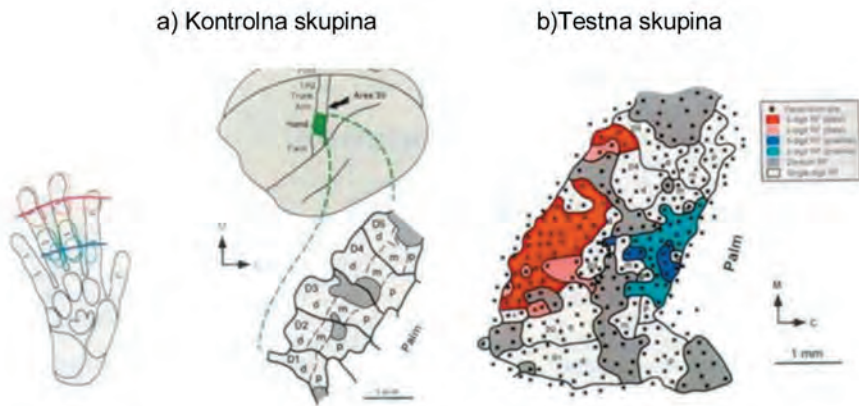
Možgani in učenje

Možgani so želatinasta, zdrizasta, slab kilogram in pol težka snov. To predstavlja približno dva odstotka telesne teže, ki pa

porabi dvajset odstotkov vsega kisika, ki je na voljo telesu. V možganih so različne celice: nevroni, ki so odgovorni za večino električnih impulzov, ter celice, ki nevrom omogočajo delovanje: astrociti, mikroglija, oligodendrociti. Njihov obstoj podpira srčno-žilni sistem. V odraslih možganih je 100 milijard nevronov, kar je enako ali celo več, kot je zvezd v Rimski cesti. Število možnih povezav med možganskimi celicami pa verjetno presega število vseh delcev v vesolju. Živčnih kablov, ki povezujejo celice med seboj, je 3.200.000 kilometrov. Polovica človeškega genoma, približno 12.000 genov, je namenjena možganom in njihovega delovanju. In to vse v dveh poloblah, ki tehtata kilogram in pol in porabljata zgolj deset vatov energije – podobno kot nočna lučka. Skrajno učinkovit sistem torej, ki nam omogoča, da »smo«. Bistvo človeka kot mislečega in zavestnega bitja nam je (še) neznano. Gotovo pa možgani pomenijo oprijemljivi, »fizični« vidik in njegovo poznavanje nas lahko vodi tudi v tako skrivnostni svet, kot je svet duševnosti in zavesti. Učenje in spomin sodita zraven. Morda lahko celo nekoliko provokativno rečem, da sta mišljenje in učenje naša biološka danost, opredeljena že s samim dejstvom, da smo *Homo sapiens sapiens* – umni človek. Če hočete bolj poetično, smo »narejeni« za učenje.

Otroštvo velikokrat razumemo kot obdobje intenzivnega učenja. V razvoju možganov res poznamo časovna obdobja, ki omogočajo v tistem času najboljši razvoj določenega področja možganov. Imenujemo jih kritična obdobja. **Kar se naučimo v tistem času, se naučimo hitreje in bolj temeljito kot v kakšnem drugem obdobju. Žal to pomeni tudi, da zamujeno obdobje kasneje težje nadomestimo.** Nekatera območja možganov so lahko pri v ranem otroštvu zlorabljanih ali hudo zanemarjanih otrocih precej manjša kot enaka območja pri zdravih otrocih, ne glede na to, kaj se z otroci dogaja kasneje v mladosti. **V kritičnem obdobju je izredno pomemben vpliv okolja: kakovostna in**

Učinek specializiranega treninga pri opicah



Procesi v možganski skorji prispevajo k učenju. Na sliki je prikazano delo Jenkinsa in sodelavcev. Usmerjeni trening prstov pri opicah vodi v večjo zastopanost teh procesov v možganski skorji. Pri kontrolni skupini opic (a) je receptivno polje zastopano kot vršek (konica) prsta (rdeče) ali pa kot baza prsta (blizu dlani) (modro). V poskusni skupini (b) pa je kortikalna reprezentacija drugega in tretjega prsta povečana. Lahko sklepamo, da se podobno zgodi pri otrocih, ki zelo zgodaj pričnejo z učenjem glasbila. Vir: Xerri, C., Merzenich, M. M., Jenkin, W. S., Santucci, S., 1999: Representational Plasticity in Cortical Area 3b Paralleling Tactual-motor Skill Acquisition in Adult Monkeys. *Cerebral Cortex* 1999; 9 (3): 264–276. doi: 10.1093/cercor/9.3.264.

količinsko zadostna prehrana, priložnosti za usvajanje veščin in prijazno in ljubeče okolje omogočajo optimalno uresničitev vrojenih zmožnosti posameznika. Za različne predele možganov obstajajo različna občutljiva obdobja. Tako je na primer za govor ključno obdobje do četrtega leta starosti, glasbo obdobje med tremi in desetimi leti, logiko do četrtega leta in tako dalje.

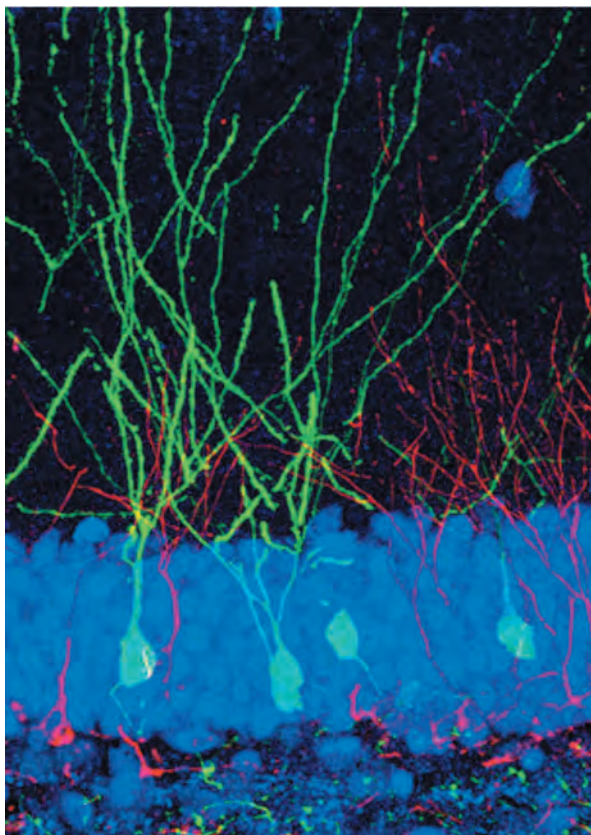
Raziskovalci s Kalifornijske univerze v Los Angelesu (UCLA) v Kaliforniji so ugotovili, da pogovor z otrokom spodbuja razvoj govora. Sam pogovor se je pokazal za šestkrat bolj učinkovitega kot branje ali pripovedovanje zgodbic. Televizija ni imela nobenega vpliva, tudi negativnega ne, na razvoj govornih sposobnosti malčkov.

Dinamični procesi na sinapsah omogočajo obdelavo informacij v otroštvu, kar imenujemo razvojna plastičnost. Proces na sinap-

sah omogočajo tudi učenje in pomnjenje še pozno v starost, kar imenujemo plastičnost učenja in spomina, ter nadomestitev izgube funkcije ob poškodbi, kar imenujemo plastičnost, ki jo spodbudi poškodba. Možgani nam torej omogočajo obdelavo informacij, učenje in pomnjenje še pozno v starost in nadomestitev izgube funkcije.

Opisani procesi plastičnosti so odvisni od okoljskih vplivov: če spodbujamo učenje, bomo spodbujali nastanek, krepitev in ohranitev povezav, ki se jih učimo. Bolečina, okužba in vnetje pa, nasprotno, zavirajo dejavnost nevronov, sinapse so podvržene izgini. Tako lahko pozabimo tudi že dobro usvojena znanja in veščine.

Nevroni nastanejo pred rojstvom, le izjemoma nastanejo na novo. Na nastanek nevronov vpliva zunanje okolje, poznamo pa tudi območja možganov, ki so bolj nagnjena



Možgani zadržijo sposobnost obnove v odraslo obdobje. Nastanek novih nevronov v hipokampusu odrasle miši: nevroni, stari štiri tedne, so obarvani rdeče, nevroni, stari osem tednov, pa turkizno.

Vir: Gage, F., Zhao, C., 2007: Laboratory of Genetics LOG-G; The Salk Institute for Biological Studies.

k tvorbi novih nevronov. Možganske celice imajo za razliko od na primer kožnih celic zelo omejeno možnost regeneracije in so tudi precej ranljive. Njihova ranljivost je v različnih obdobjih različna.

Za usvojitev novih veščin je potrebna usklajitev velikega števila sinaps, pogosto celih območij možganov. **V občutljivem obdobju, ki ga uravnavajo posebne molekule, vezane na biološko notranjo uro, izkušnje nepovratno vplivajo na razvoj določenih predelov živčevja.** Pomembno vlogo igra vtisnjenje oziroma učenje.

Za učenje je pomemben **zgled**. Raziskave so pokazale, da znajo otroci pri dveh letih tudi do tristo besed več od svojih vrstnikov, če se starši z njimi pogovarjajo bolj intenzivno. Branje na glas spodbuja razvoj otrokovih možganov. **Otrokova sposobnost učenja se ob spodbudnem okolju lahko poveča tudi za četrtnino.** Prehrana in ljubeča skrb za otroke sta za razvoj možganov izredno pomembni, kar so pokazali s številnimi raziskavami pri otrocih, ki niso bili ustrezno prehranjeni oziroma so utrpeli pomanjkanje hrane. Ker se živčevje začne razvijati že ob začetku nosečnosti, je prehrana žensk v rodnem obdobju in nato v nosečnosti tudi izredno pomembna. V koristnost dojenja danes ne dvomimo. Dojenje omogoča najustrežnejšo prehrano dojenčka in pomaga (tudi preko oksitocinskega odgovora) krepiti čustveno vez med materjo in dojenčkom.

Dinamični procesi na sinapsah nam omogočajo obdelavo informacij, učenje in pomnjenje in ob poškodbi nadomestitev izgube funkcije. Ti procesi, ki se dogajajo v naših možganih, so izrednega pomena tako za nas, ki smo se še v pozni starosti sposobni priučiti novih znanj, kot za naše otroke, ki so v otroštvu v obdobju najbolj intenzivnega učenja.

Kaj se dogaja v možganih otrok

Tri dejstva o učenju in možganih:

1. Učenje spremeni strukturo možganov.
2. Učenje organizira/reorganizira delovanje možganov.
3. Različni predeli možganov so na spremembe pripravljeni v različnih obdobjih.

V prvih dveh letih življenja možgani izredno hitro rastejo in se razvijajo. Iz novorojenčka, ki leži na hrbtu in joka ter občasno zakrili z rokami, zraste v dveh letih pravi raziskovalec, pred katerim ni varen noben hrošček ali muca, prav tako pa niso na varnem niti kristalni kozarci v omari. Poleg motoričnega razvoja, ki je izrazito opazen, se dogaja tudi zorenje miselnih - kognitivnih sistemov, ki so sicer nepazljivemu opazovalcu težje dostopni, pa zato precej bolj kompleksni in tudi zelo zanimivi. V tem zgodnjem obdobju se vzpostavijo temelji za razvoj govora, učenja, logičnega mišljenja in tudi čustvovanja. Meritve možganske dejavnosti pri enoletnih otrocih kažejo, da njihova prefrontalna skorja, ki predstavlja sedež mišljenja in logike, takrat tvori stike med nevroni tako hitro, da porablja enkrat več energije kot pri odraslem človeku. Že opisana kritična obdobja omogočajo otrokom v tistem času najbolj optimalen razvoj določenega območja možganov. Kar se naučimo v tistem času, se naučimo hitreje in bolj temeljito kot v kakšnem drugem obdobju. Žal to pomeni tudi, da zamujeno obdobje kasneje težje nadomestimo.

Za vsako spremembo v našem spominu je ključno kompleksno delovanje nevronov, ki vodi v spremembe v možganih. Kajti v vsaki izkušnji, spominu, je vključeno celovito obravnavanje dogodka, izkušnje. Učenje je vedno povezano z delovanjem nevronov. Če poenostavimo, lahko rečemo, da nevroni delujejo po nekaterih načelih:

- uporabi ali izgubi (angl. Use it or lose it),
- brez zveze se nikamor ne prileže (angl. Out of sync, loose your link),
- skupaj pri delu, skupaj pri jelu (angl. Fire together, wire together).



Otrok z opazovanjem, branjem in pripovedovanjem aktivira več območij v možganih: vidno in motorično skorjo ter območja, ki zajemajo govor in sluh. Med aktivnostjo vzdržuje pozornost, razvija domišljijo in se uči novih dejstev, pravil in tudi veščin, kot sta govor ali pripovedovanje.

Branje pravljic je lahko najlepše darilo otroku. Čas, ko se stisne otrok k odraslemu, staršu ali učitelju, in v toplem, varnem naročju posluša pravljico, je neprecenljiv. V svetu domišljije razvija otrok svoj um, se uči potrpežljivosti, rešuje svoje težave in strahove s pomočjo pravljичnih junakov ter se uči življenjskih pravil. Odrasli takrat z otrokom lahko gradimo pristen, ljubeč odnos.

Pri vzgoji se pogosto navezujemo na zgodnje otroštvo, ko nas otroci presenečajo s sposobnostjo domišljije, preizkušanja in že skoraj pravega eksperimentiranja ter razi-

skovanja tako fizičnega kot konceptualnega sveta. Žal kasneje te veščine zanemarimo, saj imamo občutek, da se moramo naučiti predvsem podatkov. Če poenostavim, zanima nas predvsem kaj in ne kako, kar pa je slaba popotnica, če vemo, da se učimo vse življenje. Glede na dolgotrajnost procesa je torej zlasti pomembno, kako to počnemo, in ne, kaj in koliko pridobimo v določenem trenutku. Seveda pa je zaradi kritičnih obdobji pomembno, da vendarle dosežemo minimalen vnos podatkov v ključnem obdobju. Pokaže se, da je teh podatkov z vidika formalnega šolanja presenetljivo malo, saj so primerjali praktično matematično znanje desetletnih amazonskih Indijancev in desetletnikov iz Združenih držav Amerike – znanje se ni bistveno razlikovalo.

»Ali so za razvoj možganov bolj pomembni geni ali okolje?«

V razvoju možganov igra vlogo oboje: tako geni kot okolje. Posplošeno lahko rečemo, da geni omogočajo izvedbo osnovnega načrta: nastanek možganskih celic in njihove povezave. Okolje omogoča fino uravnavanje teh že nastalih povezav in delovanje celic. Analogijo lahko ponazorimo s primerom iz našega okolja in uporabimo za model možganov telefonsko omrežje. Geni določajo, ali bomo postavili telefonsko omrežje, kje bo centrala in koliko telefonov bomo imeli. Okolje pa potem določa, kam bomo te telefone postavili, ali jih bomo imeli doma, v pisarni, eno ali več telefonskih števil in podobno.

»Kdaj se konča razvoj možganov?«

Pravzaprav težko rečemo, da se razvoj možganov kadarkoli zaključi, saj se možgani stalno prilagajajo spremembam in se preoblikujejo, kar nam omogoča optimalno delovanje v vsak dan spreminjajočem se svetu. Lahko pa razvoj možganov delimo na obdobja, za katere so značilni določeni procesi.

V nosečnosti je najbolj izrazito obdobje nastajanja nevronov. V prvih petih mesecih po zanositvi nastane nekaj sto bilijonov nevronov. Kasneje lahko nevroni sicer nastajajo na novo, vendar pa je število tako nastalih nevronov znatno manjše in nastanek mnogo počasnejši.

V otroštvu sledi obdobje rasti. Ob rojstvu možgani tehtajo le četrtno teže odraslih možganov. Ko so otroci stari tri leta, njihovi možgani dosežejo 80 odstotkov velikosti odraslih; pri petih letih so možgani otrok v povprečju veliki 90 odstotkov velikosti odraslih možganov.

Obdobje hitrega procesiranja – obdelave podatkov – vidimo v poznem otroštvu in obdobju mladostništva, z najhitrejšim procesiranjem okoli petnajstega leta starosti. Sinaptogeneza – nastanek novih sinaps – pa je najbolj izrazita v prvih letih življenja in nato pade na tretjino svoje največje vrednosti v obdobju pred mladostništvom.

Možgani zorijo do približno petindvajsetga leta. Odlaganje mielina, bele maščobne ovojnice, poteka linearno do poznih dvajsetih let, ko možgani dosežejo svojo optimalno velikost in zgradbo. Delovanje in zgradba možganov pa nista izenačena. Optimalna zgradba pomeni večjo verjetnost dobrega delovanja. Zavestno, z učenjem, lahko izboljšamo delovanje tudi neoptimalno zgrajenih možganov. Zato je smiselna telovadba – fizioterapija po možganski kapi ali ob cerebralni paralizi; zato je smiselno branje in reševanje ugank še pozno v starost.

Ugodje učenja

V možganih nevronska omrežja tvorijo spominke sisteme. Novi spomini in podatkovne baze nastajajo v procesu sinaptične plastičnosti. To pomeni, da se povezave med nevroni spreminjajo. Lahko nastajajo nove sinapse, uporabne povezave se okrepijo, tiste, ki jih uporabljamo redkeje, pa oslabijo ali celo izginejo. Možganska dejavnost torej določa strukturo možganov.

Poznamo delovni spomin, ki aktivno vzdrži informacije le kratek čas, in dolgoročni spomin, ki predstavlja večje, bolj pasivno skladišče informacij. V delovnem spominu si zapomnimo približno sedem elementov – toliko, kot ima telefonska številka števk. Predel delovnega spomina se nahaja v čelnem in temenskem režnju možganov. Slušni del se nahaja v istih režnjih leve možganske poloble, kjer sodeluje z območji za govor, načrtovanje in odločanje. Vidno–prostorski del pa se nahaja večinoma v desni polobli. Ker ima delovni spomin pomembno vlogo pri učenju jezika, je verjetno, da se je razvijal skupaj z govorom in je filogenetsko mlajši kot ostali predeli možganov. Dolgoročni spomin si lahko predstavljamo kot veliko skladišče znanja, ki se deli na različne sisteme. Vanje vstopijo informacije skozi senzorične sisteme, nato pa se bolj podrobno obdelujejo v čedalje bolj specializiranih sistemih. Poznamo sistem, ki omogoča vidno prepoznavo stvari, ter sistem, ki hrani vsa dejstva oziroma znanje o svetu, ki nas obdaja. To je semantični spomin. Semantični spomin informacije organizira v kategorije, kar omogoči učinkovit priklic dejstva. Izkušeni učitelji znajo ustvarjati kategorije, ki jih učenci razumejo in si jih zapomnijo. V spomin shranjujemo tudi veščine in celo čustva. Veščine usvajamo z zavestnim, aktivnim trenin- gom. Kadar učenje vezemo na čustva, pa je učenje znatno hitrejšo. Takšno učenje imenujemo pogojevanje, saj so vanj vpete evolucijsko starejše strukture: bazalni gangliji in amigdaloidno jedro. Naše čustveno stanje vpliva na sposobnost učenja. Lažje si zapomnimo vesele, boleče ali žalostne izkušnje ter ko smo motivirani in pozorni. Vzrok leži v snoveh,

imenujemo jih nevromodulatorji. Tako se med stresom izločajo kortizol, noradrenalin in adrenalin, med povečano pozornostjo acetilholin, med odkrivanjem neznanega dopamin. Te snovi vplivajo na delovanje nevronov, zlasti nekaterih receptorjev, ter neposredno aktivirajo posebne gene, ki so povezani z učenjem.

Pri usvajanju novih znanj skušamo zagnati krog prijetnega učenja. Pri otrocih to najlažje naredimo z radovednostjo, saj na ta način spodbudimo iskalni/raziskovalni sistem v možganih, ki sloni na dopaminskem sistemu. Ob tem je treba pri usvajanju veščin in novih znanj nujno poudariti tudi utrjevanje (ponavljanje, trening), ki vodi v sicer zmanjšani dopaminski odziv, prispeva pa k obvladanju in avtomatizaciji ter tako znižuje stresni odgovor z zmanjšanim kortizolnim odzivom. Vir: Bregant, T., 2011: Nevrofiziološke osnove učinkovitega učenja otroka in mladostnika.

Vir: Fleksibilni predmetnik in aktualni izzivi osnovne šole – strokovni posvet. Zbornik Zavoda RS za šolstvo. Podčetrtek, Slovenija.



Zaključek

Učenje omogoča pridobitev razumevanja, znanj, veščin in sposobnosti. Te so nujne za razvoj miselnih, čustvenih, socialnih in telesnih sposobnosti, ki omogočajo dobrobit v danem trenutku kot tudi v prihodnosti. Učenje je del življenja – je vrojena veščina in biološka danost neokrnjenih možganov. Učimo se vse življenje za življenje.

Viri in dodatno branje:

Bregant, T., 2011: *Nevrofiziološke osnove učinkovitega učenja otroka in mladostnika*. V: Nolimaj, F., Kalin, J., Marentič – Požarnik, B., Sardoč, M., Bregant, T., Voglar, M., Fidler, A., Čas, M., 2011: *Fleksibilni predmetnik in aktualni izzivi osnovne šole*. Zbornik prispevkov strokovnega posveta. Podčetrtek, 29. in 30. september 2011. Zavod RS za šolstvo.

Bregant, T., 2011: *Igra - zgolj nenujna dejavnost ali kaj drugega?* *Proteus*, 74 (3): 117-121.

Bregant, T., 2010: *Razvoj možganov*. *Proteus*, 73 (4): 168-174.

Sunderland, M., 2009: *Znanost o vzgoji*. Radovljica: Didakta. <http://www.sinapsa.org/>
<http://www.dana.org/resources/brainweb/default.aspx>

Slovarček:

Nevron. Nevroni ali živčne celice so glavni gradniki živčevja. V možganih je približno 100 milijard živčnih celic ali nevronov, vsak izmed njih pa lahko tvori okoli 10.000 povezav. Pri vretenčarjih se nevroni nahajajo v možganih, hrbtenjači ter živcih in ganglijih. Nevroni imajo vzdružno celično membrano, ki omogoča sprožitev in širjenje akcijskega potenciala, kar omogoča proženje in prevajanje živčnih impulzov.

Sinapsa. Beseda izvira iz grščine, kjer syn pomeni skupaj, haptin pa stiskati. Sinapsa je tako stik, najpogosteje med dvema sosednjima nevronoma oziroma natančneje med koncem aksona na eni strani ter dendriti ali telesom drugega nevrona na drugi strani. Poznamo več vrst sinaps: električno, imunsko, kemično sinapso, saj lahko sinapsa pomeni tudi stik med nevronom in drugo vzdružno celico, na primer žlezo ali mišično.

Plastičnost. V kontekstu učenja in razvoja gre za sposobnost možganov, da se spreminjajo z učenjem. Plastičnost oziroma nevroplastičnost je vseživljenjska zmožnost možganov, da na podlagi novih izkušenj prerazporejajo ali ustvarjajo nove živčne poti.

Hipokampus. Del hipokampalnega režnja. Hipokampus je parna struktura v možganih v obliki repa morskega konjička, kjer se odvijajo ključni procesi spomina: utrditev informacije iz kratkoročnega spomina v dolgoročen spominu in orientacija v prostoru.

Pantha rei • Drobna vest

Pantha rei

Slavna Heraklitova modrost, ki jo sodobni svet pozna kot pomenljivo krilatico: »Vse teče,« po več kot dva tisoč letih še vedno buri duhove znanstvenikov in raziskovalcev. Tudi in predvsem, ko gre za spremembe in gibanje.

Potem ko so dolga stoletja strokovnjaki podudarjali, da se človek giblje od zibelke do groba, so ameriški in nemški znanstveniki nedavno ugotovili, da je človeku gibanje pisano na kožo že devet mesecev pred tem – še preden pokuka na svet in zajoka. In prav tovrstna, prenatalna telesna dinamika je za človeka pogosto usodna, saj v marsičem odloča o tem, ali se bo posameznik kasneje,

v svojem »tuzemskem« življenju, navdušeno, živahno, redno in učinkovito gibal ali pa bo raje ždel v kakem kotu (udobnem fotelju) in v mirujočem stanju (ob jedači in pijači, pred fluorescentnim ekranom) sanjaril o telesni dinamiki, vitkosti in vitalnosti.

Gibanje ploda v maternici pomembno zaznamuje otrokove možgane in njegove mentalne sposobnosti.

Irska znanstvenika in predavatelja, dr. Glenda McCartney in dr. Peter Happer z univerze Queen's University v Belfastu na Severnem Irskem, sta v okviru poglobljene večfazne raziskave na devetdesetih zarodkih ugotovila, da gibanje odločilno vpliva na