

Najstništvo – viharne spremembe v zorenju možganov

Tina Bregant

Najstništvo je čas velikih tveganj, a hkrati tudi čas neslutelih priložnosti. Obdobje, ki ga sproži naša notranja biološka ura z navalom hormonov, ne vpliva zgolj na naše telo, ampak tudi na možgane. Obdobje najstništva je obdobje velikih nevrobioloških in tudi vedenjskih sprememb, ki imajo svoj vzrok tudi v možganih.

Telesni razvoj je dobro viden. Vsa okolica opazi, da je iz otroka zrasel mladenič ali mladenka. Duševni, čustveni in miselni razvoj je ravno tako buren, a ne tako prepoznan. Burne spremembe niso »fantomske«. Vidne so z novjšimi slikovnimi metodami, kot sta slikanje z magnetnoresonančnim tomografom (MRI) in funkcionalno magnetnoresonančno slikanje (fMRI), ne vidimo pa jih s prostim očesom.

Velik del teh sprememb se dogaja v možganih, ki so zaradi svoje pomembnosti odlično zavarovani: želatinastni organ plava v možganski tekočini, varno je spravljen pod trdno lobanjo in je bil do nedavnega varno spravljen tudi pred znanstveniki. Nove metode, kot je slikanje z magnetnoresonančnim tomografom, ki je neionizirajoča, neboleča preiskava, nam šele omogočajo, da pokukamo v možgane.

V obdobju najstništva bi rada opozorila na nekaj sprememb, kjer lahko spoznanja iz nevroznanosti oziroma nevrobiologije uporabimo pri razlagah vedenja najstnika, seveda pa je vsa spoznanja treba jemati z zrnem soli. Zavedati se moramo, da sta naše telo in njegovo delovanje precej zapleteni in da naše vedenje ni enako delovanju naših možganov. Zanimivo je, da so pri sesalcih spremembe, značilne za adolescenco, prisotne in jasno razpoznanne pri različnih vrstah, kar si razlagamo z evolucijsko prednostjo tega, da se prepreči razmnoževanje znotraj genetsko

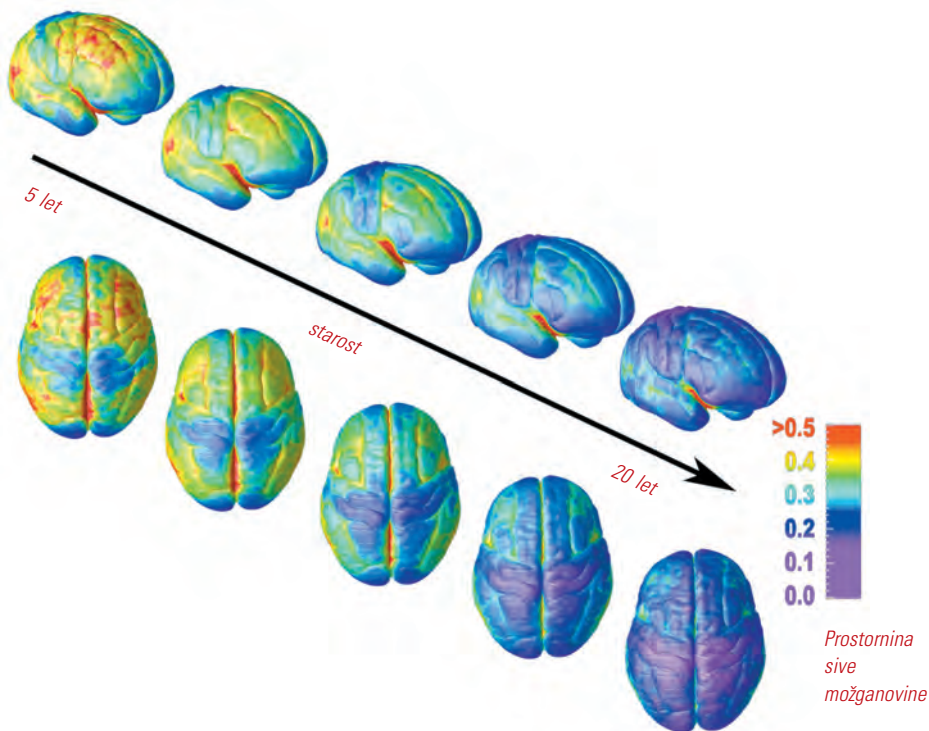
zelo sorodnih posameznikov, ko ti postanejo spolno dejavni. Čeprav so človeški možgani in njihovo delovanje med najbolj kompleksnimi, kljub vsemu lahko najdemo določene podobnosti pri drugih vrstah sesalcev.

Zorenje možganov v obdobju najstništva

Pri najstnikih gre tako za strukturne spremembe kot tudi za spremembe v načinu delovanja. Anatomoško so možgani najstnika že skoraj enako veliki kot pri odraslem človeku. Skupna možganska prostornina pri šestih letih že dosega 95 odstotkov svoje največje vrednosti. Mali možgani dosežejo svojo polno velikost približno dve leti kasneje. Danes vemo, da mali možgani omogočajo tako kakovostno izvedbo zapletenih gibov kot tudi sodelujejo pri izvedbi nekaterih miselnih in čustvenih procesov. Naj spomnimo, da sama prostornina možganov še ne pomeni boljšega delovanja. Pri ljudeh so dokazali višje vrednosti inteligenčnega kvocienta (ne pa intelligence!) ob večjih prostorninah čelnih režnjev. Celotna prostornina možganov ni imela vpliva na višino izmerjenega inteligenčnega kvocienta. Ob prostornini možganov tudi ne smemo pozabiti, da prostornino z zorenjem pridobijo tako možganovina kot tudi možganski prekat, ki so napolnjeni z likvorjem. Morda je pomembno tudi poudariti, da prostornina bele možganovine do poznih dvajsetih let linearno narašča, medtem ko se prostornina sive možganovine drži krivulje v obliki zvrnjene črke u z vrhom – največjo prostornino – ob pričetku pubertete.

Siva možganovina – skorja

V obdobju najstništva se zgodi nekaj pomembnih sprememb v sivi možganovini: tako v skorji kot v bazalnih jedrih. Prefrontal-



Spremembe v sivi možganovini v obdobju od otroštva do najstništva.

Časovno usklajeno magnetnoresonančno slikanje zorenja možganov v obdobju pet do dvajset let starosti v skupini zdravih otrok. Rdeča barva pomeni večji prirast sive možganovine, modra barva pa manjši oziroma nobenega prirasta. Siva možganovina zori in izgublja prirast od zatilnih delov zadaj proti čelnim predelom spredaj. Prvi dozoriijo predeli, ki so življenjsko pomembni: za dihanje, bitje srca, prebavo. Nato zorijo predeli, zadolženi za čutenje in gibanje, najkasneje pa dozoriijo predeli izvršilnih funkcij, kar zajema čustva, samonadzor, načrtovanje. Nazadnje dozori prefrontalna skorja.

Slika je povzeta po Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 101(21):8174–8179, May 25 2004 [published online, May 17 2004].

na skorja, ki je sedež abstraktnega mišljenja, šele zori. Svojo največjo prostornino dosežejo čelni režnji v povprečju pri deklicah pri devetih letih in pol, pri dečkih pa pri desetih letih in pol, senčnični režnji pri desetih in enajstih letih, temenski režnji pri sedmih letih in pol in devetih letih. Tik pred puberteto oziroma ob njenem pričetku je torej prostornina skorje – sive možganovine – največja, nato pa se prostornina zmanjšuje. Sinapse propadajo in se obrezujejo, kar omogoča bolj učinkovito delovanje možganov.

Za lažjo predstavo to lahko ilustriram z oblikovanjem skulpture iz gline. Kos gline, ki nam je bil dan – zlasti njegova velikost, torej celotna prostornina možganov – je v veliki meri gensko pogojen. V obdobju

zorenja to glino preoblikujemo v določeno skulpturo. Koščke gline, ki jih ne potrebujemo, zavržemo, druge preoblikujemo. Starejša kot bo glina, bolj bo trda – še jo bomo lahko preoblikovali, a morali bomo uporabiti večjo silo, moč, dodati vodo. Morda je pomembno, da spomnim, da so možgani tudi kasneje, v odrasli dobi in tudi pozni starosti, še sposobni preoblikovanja in da nove povezave v možganih lahko nastajajo vse življenje.

V obdobju najstništva, ko možgani še zorijo, pa lahko rečemo, da je ta opisana glina še mehka in dobro gnetljiva.

Najstništvo nam pravzaprav omogoča, da postanemo samouresničeni posamezniki. To dosežemo z našim delovanjem, torej s čim

se ukvarjamo: ali se intenzivno ukvarjamo s športom, beremo, se učimo inštrumenta, se družimo s prijatelji ali pa ležimo pred televizijo in igramo računalniške igrice. To pomeni, da kar počnemo, postane utrjeno, vtišnjeno v glino, česar pa ne počnemo, izgine.

Bela možganovina in mielinizacija

Pri zorenju možganov so volumsko najbolj izrazite spremembe v beli možganovini in mielinizacija. Mielinizacija je proces, ko se v možganih nalaga mielin, ki je debela bela maščobna ovojnica okoli aksonov, ki jo odlagajo oligodendrociti (vrste živčnih celic). Deluje kot izolator in omogoča hitro, kakovostno in časovno usklajeno posredovanje impulzov – torej dobro komunikacijo med živčnimi celicami. Mielinizacija poteka od zatilja proti čelu in je v najstništvu najbolj izrazita prav v čelnih režnjih, kjer so sedeži izvršilnih funkcij: torej kako se odločamo, kakšna je naša motivacija, ali znamo načrtovati, izvesti in nato spremljati dejavnost ter predvideti posledice.

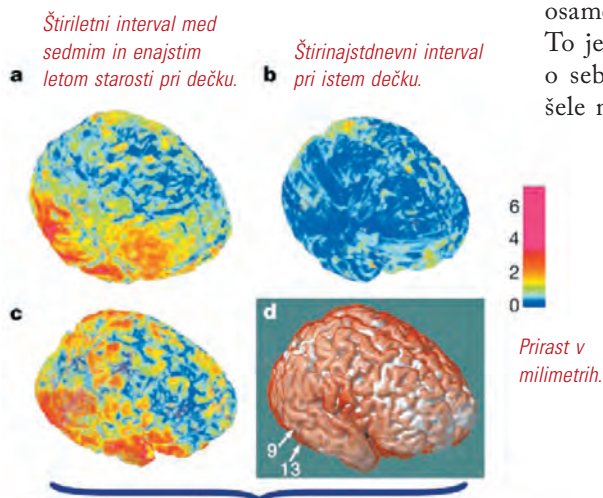
Določene strukture, obe amigдали in hipokampus, postanejo večje, spremeni pa se tudi njihovo delovanje. Povezovanje in procesiranje informacij se povečata, spre-

meni se razmerje med delovanjem limbičnih in subkortikalnih struktur v korist delovanja čelnih režnjev.

Delovanje možganov

Najstništvo ni težava, je priložnost, da dozorimo v odraslega. Zato ob dobri biološki osnovi potrebujemo tudi zglede, zaupanje in spodbudno okolje.

Najstništvo je obdobje, ko »otroci« postavijo oziroma zmorejo ali si upajo postaviti ogledalo pred starše in družbo. Se pa vse skupaj pravzaprav začne mnogo prej, z obdobjem okoli drugega leta starosti, ko otrok prvič prepozna sebe v ogledalu. Takrat prvič reče sebi *da* in drugim, ponavadi staršem, *ne*. To je tako imenovano obdobje trme. Pri približno dveh letih, ko otroci z zorenjem določenih možganskih struktur vzpostavijo zavest o sebi in prvič rečejo staršem *ne*, se vzpostavi tako imenovani boj za prevlado, prepovedi, dovoljenj *smeš/ne smeš* in različnega postavljanja meja, ki se v še bolj izraziti obliki vrne k staršem v obdobju najstništva. Biološko, pa tudi sociološko, družbeno dejstvo je, da se z najstništvom začenja obdobje neodvisnosti, ko mora skoraj-že-odrasli človek dovolj poznati sebe, da ve, kdaj sebi reče *da* in drugim *ne*, da se osamosvoji, osnuje (genetsko) novo družino. To je za najstnika izrazito težko, uči se še o sebi, drugih, svetu. Njegove izkušnje se šele nabirajo. Poleg tega še njegovi možga-



Rast možganov v prednajtistiškem obdobju. Sekvenčno magnetnoresonančno slikanje možganov, ki prikazuje prirast v milimetrih:

- štiriletni interval med sedmim in enajstim letom starosti pri dečku.
- štirinajstdnevni interval pri istem dečku.
- štiriletni interval med devetim in trinajstim letom starosti pri deklici.
- označeni predeli največje aktivnosti pri isti deklici.

Povzeto po reviji Nature, 404; 2000, dostopno na www.nature.com.

Štiriletni interval med devetim in trinajstim letom starosti pri deklici. Oznaka predela največje aktivnosti pri isti deklici.

ni delujejo drugače. Na McLean Hospital v Belmontu so s poskusi s funkcionalno magnetnoresonančnim slikanjem ugotovili, da najstniki izraza na obrazu niso prepoznali enako kot odrasli. Kar so odrasli prepoznali kot strah, so najstniki prepoznali kot zmedenost, šok ali jezo. Ob tem so uporabili bolj senčnične režnje in amigdalno, odrasli pa prefrontalo skorjo.

Najstniki torej izkušnje sprejemajo in interpretirajo drugače kot mi in naši odrasli, dozoreli možgani. Mladostnik se tako, velikokrat torej razumljivo nerazumljen, zelo rad obrača k svojim vrstnikom in zglede išče pri njih. Včasih mu tudi starši niso ravno za zgled. V družbi pa, skoraj še iz antike, veje nerazumevanje do najstništva.

Najstniki so zaradi svoje impulzivnosti, spontanosti in odkritosti, ki so vezane na prefrontalno skorjo, in svoje neustrašnosti, vezane na amigdalno in svojo željo po novem, neodkritem, lahko pravi navdih nam, odraslim. Najstniki so zaradi delovanja svojih možganov velikokrat kot Indiana Jones ali Pika Nogavička. Pogumni, neustrašni, sprejmejo tveganje, se družijo s sebi enakimi, kršijo pravila družbe in ne upoštevajo avtoritete, so telesno izredno zmogljivi, ne spijo veliko. In vendar želimo starši za naše najstnike, da bi bili doma, kramljali z mamo in očetom, ubogali navodila, se podrejali

starejšim, hodili vsak dan ob isti uri spat in vstajali vedno ob isti uri, redno zajtrkovali. Prav tu bi se dotaknila stereotipov in samouresničujoče se prerokbe. Konec leta 2009 so v študiji, objavljeni v *Journal of Research on Adolescence*, ugotovili, da se starši, ki so imeli negativna pričakovanja do svojih otrok, kasneje spopadejo z bolj škodljivimi vedenji najstnikov.

Med najstništvom, ki je sicer obdobje biološke in fizične moči, pa se izrazijo tudi nekatere bolezni, ki so bile pred tem prikrite. Spremembe so bile torej prisotne, le izrazile se niso. Tako se v najstništvu lahko prvič izrazita depresija in shizofrenija, sindrom ADHD in zlasti Tourettov sindrom pa, nasprotno, lahko izzvenita oziroma se njuna pojavnost omili.

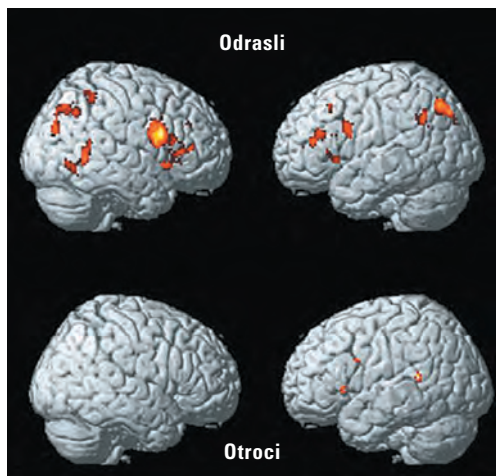
Nasvet v obdobju najstništva?

Kuharskih receptov pri vzgoji in tudi v medicini praktično ni! Pomembno se je odločati glede vsakega posameznika in zanj posebej. Tako lahko dam le splošen nasvet. Pri najstniku oziroma pri kateremkoli članu družine je pomembno, da se osredotočite na to, kaj on ali ona je, in ne na svoja pričakovanja. Svoje najstnike sprejmite natančno take, kot so, čeprav verjamem, da je včasih to izjemno težko. Ni nujno, da se z njimi strinjate, toda kot odrasli, odgovorni starš bodite z njimi, poslušajte jih, sprejmite jih in bodite odkriti. Če vam nekaj ni všeč, to povejte. A bodite toliko vljudni, kot ste sicer. Tudi najstniki imajo dostojanstvo. Razumevanje biološko danih sprememb lahko razumevanje najstnika in njegovega vedenja olajša, seveda pa vam stresnega življenja z najstnikom ne odvzame.

Slovarček:

Različno delovanje možganov pri odraslih in otrocih. Odrasli za razliko od otrok in mladostnikov lahko nadzorujejo svoje mišljenje z aktivacijo določenih predelov v možganih. Odrasli lahko aktivirajo prefrontalno skorjo, ki je sedež izvršilnih funkcij. Na magnetnoresonančnem slikanju vidimo predele, ki so aktivirani s pomočjo povečanega pretoka krvi v njih. To vidimo kot rdečo barvo.

Povzeto po UC Berkeley News, 16. 10. 2008.



Amígdala. Amígdala ali mandljasto jedro je pama struktura mandljaste oblike v možganih. Predstavlja središče čustvenega delovanja. Ima pomembno vlogo pri čustveni dejavnosti, prepoznavi in izražanju počutja ter pri občutenju strahu, besa in razdraženosti.

Akson ali nevrít. Dolg izrastek iz živčne celice, po katerem se prevaja akcijski potencial od telesa nevrona proti obrobju celice. Aksoni so primarni prevodniki živčnega sistema.

Združujejo se v živce. Aksoni, ki so oviti s mielinsko ovojnico, prevajajo akcijske potenciale zelo hitro.

Funkcionalno magnetnoresonančno slikanje (fMRI).

Metoda fMRI omogoča magnetnoresonančno slikanje možganov med njihovo aktivnostjo. Temelji na merjenju razlike magnetnih lastnosti oksigeniranega in deoksigeniranega hemoglobina v krvi. Povečana nevronska aktivnost povzroči premike ionov med notranjostjo in zunanostjo celic, zato se aktivirajo ionske črpalke, ki porabljajo energijo. To zaznamo kot povečano presnovno aktivnost in ob tem povečano porabo kisika. To zaznamo kot upad magnetnega signala. Zaradi lokalnega upada koncentracije kisika pa se poveča krvni pretok, ki precej preseže predhodno porabo kisika, kar zaznamo kot porast magnetnega signala.

Hipokampus. Pama struktura v obliki morskega konjička, ki je ključnega pomena za učenje in spomin.

Sindrom ADHD (angleško attention deficit hyperactivity disorder). Primanjkljaj pozornosti in motnja hiperaktivnosti. Sodi v skupino vedenjskih in čustvenih motenj. Pojavi se

ponavadi v otroštvu in mladosti. Na izraznost motnje vpliva tako genetika kot okolje.

Siva in bela možganovina. Možganovino – tkivo osrednjega živčevja – delimo glede na videz na sivo in belo možganovino. Siva možganovina tvori zunanjo plast možganov in notranjo plast hrbtenjače ter je sestavljena predvsem iz teles živčnih celic. Bela možganovina sestavlja sredico možganov in zunanji sloj hrbtenjače ter je sestavljena predvsem iz aksonov živčnih celic. Mielinska ovojnica okoli aksonov ji daje belo barvo.

Slikanje z magnetno resonanco (MRI). Slikanje z magnetnoresonančnim tomografom je tehnika slikanja notranje zgradbe telesa z uporabo magnetov, radijskih valov in računalnika. Naprava ne uporablja rentgenskih žarkov in po vseh do sedaj znanih podatkih ni zdravju škodljiva.

Literatura:

Giedd, J. N., 2008: The teen brain: insights from neuroimaging. *Journal of Adolescent Health*, 42: 335-43.

Offer, D., Schonert-Reichl, K. A., 1992: Debunking the Myths of Adolescence: Findings from Recent Research. *Journal of the American Academy of child and adolescent psychiatry*, 31 (6): 1003-14.

Buchanan, C. M., Hughes, J. L., 2009: Construction of Social Reality During Early Adolescence: Can Expecting Storm and Stress Increase Real or Perceived Storm and Stress? *Journal of Research on Adolescence*, 19 (2): 261-85.

O interpretacijah kvantne mehanike (2) • Fizika

O interpretacijah kvantne mehanike (2)

Janez Strnad

Kaj nekateri fiziki menijo o interpretacijah kvantne mehanike

Drugi del zapisa navaja nekaj mnenj fizikov o interpretacijah kvantne mehanike. Na skromnem izboru se lahko bralci najbolj neposredno prepričajo o nasprotujočih si pogledih. Po navedbah v zapisu si bralci, ki jih to zanima, lahko ogledajo članke v revijah, ki so zanimivo branje.

O osnovah kvantne mehanike so začeli razpravljati ob njenem začetku. O njih sta

razpravljala Albert Einstein in Niels Bohr posebno na Solvayevih konferencah v dvajsetih letih prejšnjega stoletja. Einstein si je izmišljal poskuse, ki naj bi razkrili nepopolnost kvantne mehanike, Bohr pa je – včasih po daljšem premisleku – pomisleke ovrgel. Podobno razpravo lahko zasledujemo v objavljenih pismih med Einsteinom in Maxom Bornom. Paul Dirac je menil, da vprašanja, ki zadevajo interpretacije, še niso dozorela in jih kaže odložiti na poznejši čas.