

Mladostniški možgani



Andraž Jahič, študent medicine, Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani

Mladostniško težavno in včasih nerazumljivo vedenje je vsem dobro poznano, a vseeno večini ostaja nejasno, zakaj do njega pride. Da bi bolje razumeli mladostniško vedenje, je zato v članku na kratko najprej predstavljen razvoj možganov vse od spočetja pa do mladostništva. Nato je kot princip delovanja možganov razložena njihova osnovna hierarhija, predvsem odnos med možgansko skorjo (korteks) in nižjimi strukturami, kot je limbični sistem. Na koncu je predstavljen frontalni (čelni) korteks, ki se v razvoju možganov razvija zadnji, in sicer v dvajsetih letih, kar ima velik vpliv na vedênje in doživljanje sveta mladostnikov. Značilne lastnosti mladostnikov so predstavljene z nevrobiološkega vidika, ki nam lahko pomaga razumeti njihovo vedenje.

Ključne besede: mladostništvo, razvoj, možgani, frontalni korteks, težavno vedenje

UVOD

Ob prvi misli na mladostnike nas večina pomisli na upirajoče se najstnike, ki radi nasprotujejo, eksperimentirajo, hitro menjajo razpoloženje, so temperamentni in zelo konformni normam vrstnikov. V preteklosti so težavno vedenje mladostnikov povezovali s pubertetnimi spremembami, kar pomeni, da naj bi imeli biološki dejavniki vpliv na mladostnikovo vedenje. Kasneje so težavno vedenje začeli razlagati s psihoanalitskega vidika. Problematično vedenje naj bi bilo posledica telesnega dozorevanja. Freud, oče psihoanalize, se je osredotočil na vse močnejše izražanje spolnih impulzov. To se je kazalo predvsem tako, da posameznik začne iskati objekt zadovoljstva izven družine, posledično pa naj bi se zmanjšala mladostnikova navezanost na starše in začelo čustveno odmikanje od njih, kar lahko sproži veliko konfliktov v družini in mladostniku samem (Marjanovič Umek in Zupančič 2009).

Danes vemo, da je glavni vzrok za težavno vedenje mladostnikov nevrobiološki. Takšno vedenje je posledica še razvijajočega se frontalnega korteksa. To je možganski predel, ki ga povezujemo z logičnim razmišljanjem, nadzorovanjem čustvenih impulzov, socialnostjo, motivacijo in mnogimi drugimi kognitivnimi procesi. Razumevanje delovanja in razvijanje frontalnega korteksa v času mladostništva ima veliko uporabno vrednost, saj nam prinaša »vpogled« v mladostniške možgane in s tem lažje razumevanje njihovega obnašanja.

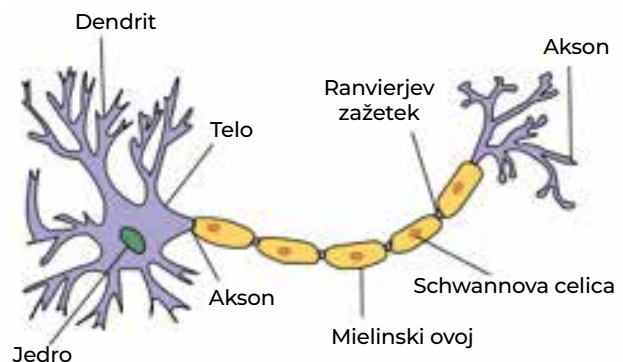
Razvoj možganov

Možgani so zgrajeni iz živčnih celic oziroma nevronov. Razvijati se začnejo že med fetalnim razvojem otroka. V 4. tednu nosečnosti iz dela plodovih celic nastane *nevralna cev*, iz katere se oblikujejo *zasnove za možgane* (Petrovič 2000).

Nevroni začnejo nastajati v 6. tednu nosečnosti. Med 12. in 20. tednom nosečnosti se začnejo iz-

razito razmnoževati in premikati. Po 20. tednu se začnejo med seboj tudi povezovati oziroma tvoriti sinapse. Sinapsa nastane tako, da se povežeta telo enega in končni del podaljška (aksona) drugega nevrona. Povezovanje nevronov s sinapsami je proces, ki mu pravimo plastičnost možganov, omogoča pa nam učenje novih podatkov.

Po 24. tednu se začnejo z *mielinizacijo* aksonov novonastale povezave med nevroni krepiti (Bregant 2012). Ta proces poteka tako, da se okoli podaljška nevrona ustvari mielinska ovojnica, kar pospeši potovanje informacij po njem in s tem tudi med dvema povezanima nevronoma.



Nevron z mielinsko ovojnico

(VIR: <http://www.cenim.se/wellness/zivcni-sistem/>)

Po rojstvu ne nastaja več veliko nevronov, glavna sta njihova rast in zorenje. Možgani do drugega leta zrastejo že na 80% končne velikosti. Še vedno nastajajo nove sinapse, nekatere po načelu uporabi ali izgubi propadejo, uporabljene sinapse pa se krepijo. Prav tako v otroštvu še vedno poteka mielinizacija. Mielinizacija določenega možganskega področja sovпада s pričetkom delovanja letga. Pri dojenčkih na primer mielinizacija poteka v centru za razumevanje govora pred centrom za govor, zato dojenčki govor razumejo hitreje, kot so ga sposobni proizvesti (Bregant 2012).

Hierarhija možganov

Medsebojno povezanost različnih možganskih predelov dobro poenostavljeno opiše Paul MacLeanov model. Model ponazarja, da so možgani hierarhično razdeljeni v tri funkcijske stopnje, pri čemer višje, kompleksnejše stopnje vplivajo na nižje stopnje:

1. funkcijska stopnja

Predstavlja jo evolucijsko najstarejši del možganov – bazalni gangliji in podaljšana hrbtenjača, ki jih imajo tudi plazilci. Avtomatsko uravnava delovanje telesa. Primer: temperatura telesa pade, začnemo drgetati; koncentracija glukoze v krvi pade, zato postanemo lačni.

2. funkcijska stopnja

Predstavlja jo del možganov, ki je najbolj razvit pri sesalcih – limbični sistem. Povezan je s čustvovanjem. Primer: Ko zagledamo simpatijo, pošlje ta sistem navodila v 1. stopnjo in začnemo drgetati.

3. funkcijska stopnja

Najmlajši del možganov je značilen za primare in predstavlja možgansko skorjo. V njej se v različnih delih procesirajo občutki, shranjuje spomin, sprejemajo odločitve, povezan je z mentalnimi procesi in kompleksnim razmišljanjem. Primer: gledamo srhljiv film, ta podatek potuje v 2. stopnjo, ki ugotovi, da smo prestrašeni, ta pa pošlje ta podatek v 1. stopnjo in začnemo se tresti (Sapolsky 2017).

Frontalni korteks pri mladostnikih

»Mladostništvo ali s tujko adolescenca je razvojno obdobje med koncem otroštva in začetkom zgodnje odraslosti, torej med približno 11.–12. in 22.–24. letom starosti« (Marjanovič Umek in Zupančič 2009, 511).

Del možganov, ki najdlje ostane nerazvit, je frontalni korteks (skorja čelnega režnja), ki se dokončno razvije prav v mladostništvu. Razumemo ga lahko kot glavno strukturo 3. funkcijske stopnje, ki določa vednje. Zakasnen razvoj frontalnega korteksa ima več posledic. Ker noben del možganov ni tako zaznamovan z mladostništvom kot ta, mladostniškega vedenja ne moremo razumeti izven konteksta delovanja frontalnega korteksa.



Frontalni korteks

(VIR: <https://reliawire.com/what-is-the-prefrontal-cortex/>)

V mladostništvu ostali predeli možganov, avtonomni in endokrini sistem, delujejo že s polno paro, medtem ko frontalni korteks šele začenja prilagajati svoje delovanje. To pojasni, zakaj so mladostniki lahko tako nemogoči, sijajni, inovativni, impulzivni, uničujoči ali ljubeči. Mladostništvo je hkrati obdobje, ko obstaja največja verjetnost, da bo človek skočil s padalom, oropal banko, se zaljubil, sodeloval pri protestu, poskusil droge, zapustil družino ali posvetil življenje reševanju živali. Vse to zaradi nezrelega frontalnega korteksa (Sapolsky 2017). Frontalni korteks je namreč glavni center za nadzorovanje čustev, sprejemanje odločitev, reševanje problemov, določa socialno in spolno vedenje, vlogo ima pri presoji in samokontroli. Nekateri znanstveniki so ta možganski del poimenovali dom osebnosti. V frontalnem korteksu se nahaja tudi velik delež receptorjev za dopamin, bistveno molekulo »telesnega sistema za samonagrajevanje« (Vir 1).

V času mladostništva se v frontalnem korteksu dogaja to, kar se v ostalih predelih možganov dogaja že v maternici. Nevroni, ki ne dobivajo dovolj stimulusev, propadajo s programirano celično smrtjo, čemur pravimo redčenje. Tako se količina neuporabnih nevronov v frontalnem korteksu počasi zmanjšuje, s tem pa tudi število sinaps, ki jih ne potrebujemo. Kakovost sinaps je torej pomembnejša od njihovega števila. Študije kažejo, da je IQ odraslega človeka odvisen od tega, kdaj se začne redčenje nevronov v frontalnem korteksu, pri čemer velja, da kasneje, kot se redčenje začne, višji bo IQ (Miller 2006).

Poleg tega se v mladostništvu aksoni v frontalnem korteksu debelijo v premer, zadebeli pa se tudi mielinska ovojnica. To pospeši potovanje informacij med nevrone, kar lahko razumemo kot izboljšanje povezave frontalnega korteksa z drugimi možganskimi predeli (Paus 2010).

Prav tako na razvoj in delovanje možganov vplivajo tudi spolni hormoni, katerih količina se izrazito začne spreminjati v času mladostništva. Spolni hormoni pospešijo mielinizacijo, povečajo premer aksonov in spremenijo občutljivost sinaps (Perrin 2008).

Ko pogledamo, kakšne so funkcije frontalnega korteksa, in razumemo, da je njegovo delovanje okrnjeno zaradi prevelikega števila neuporabnih nevronov, propadanja neuporabnih nevronov, nastajanja novih sinaps, zaradi slabih povezav z ostalimi možganskimi predeli, ki so posledica slabše mielinizacije in ozkih aksonov ter hormonskih motenj, nam postane jasno, zakaj se mladostniki obnašajo kot mladostniki (Sapolsky 2017).

Posledice nerazvitosti frontalnega korteksa

Kot že omenjeno se v mladostništvu frontalni korteks šele začenja razvijati, posledice tega pa so vidne v značilnem mladostniškem vedenju. Nekate-

re izmed lastnosti, ki jih povezujejo z nerazvitostjo frontalnega korteksa so:

- nepremišljenost in povečano tvegano vedenje,
- precenjevanje svojih sposobnosti,
- velika želja po odkrivanju novih občutkov in užitkov,
- večja družabnost,
- želja po sprejetosti v družbo,
- ranljivost na pritisk vrstnikov,
- osredotočenost na trenutno zadovoljstvo,
- nasilno vedenje in slaba samokontrola.

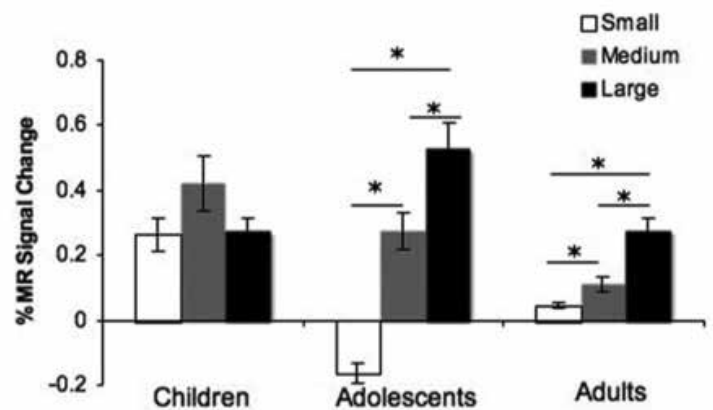
Že v zgodnjem otroštvu se pokaže, da otroci iz razvednosti raziskujejo svet okoli sebe. Pri tem so jim posebej zanimive tvegane in razburjljive dejavnosti (plezanje po drevesih, igranje z ognjem, skakanje v vodo itd.). Vse te dejavnosti so za razvoj otroka kljub nevarnosti pomembne, saj jih učijo sposobnosti reševanja problemov, razumevanja posledic njihovih dejanj, ravnotežja, ostalih fizičnih sposobnosti in iznajdljivosti (Carrigg 2016).

Na prehodu iz otroštva v zgodnjo mladost pa postane človekova potreba po tveganih in razburjljivih dejavnostih še posebej očitna, saj so mladostniki še bolj prepričani v svoje zmogljivosti in imajo še večjo željo po odkrivanju svojih meja (Pickhardt 2014). Pojavljajo se eksperimentiranje, povečano tvegano vedenje in nepremišljenost. Kot primer – vhod v eno izmed kalifornijskih jam je približno 10 metrov dolg, temen tunel, na koncu katerega je 50 metrov globok prepad, poln več sto let starih kosti ljudi, ki so naredili en korak preveč. Iz analize kosti so ugotovili, da jih večina pripada mladostnikom. Izkaže se, da je s precenitvijo svojih sposobnosti in nepremišljenostjo povezana nerazvitost frontalnega korteksa, centra logičnega razmišljanja (Sapolsky 2017).

Eksperimentalno je bilo že večkrat dokazano, da mladostniki med sklepanjem tveganih odločitev slabše aktivirajo prefrontalni korteks, kar je povezano s slabšo ocenitvijo nevarnosti. Torej se v nerazvitih možganih ne zgodi logična ocena težave in se o njej ne razmišlja, ampak odgovor sprožijo strukture 2. stopnje, ki so bolj instinktivne in čustveno odzivne (Sapolsky 2017).

Mladostniki pa niso slabši le v ocenitvi nevarnosti, ampak so pripravljani tudi več tvegati, da bi dosegli trenutni užitek. Razlog temu je ena najbolj raziskanih nevrobioloških značilnosti mladostništva – to je obdobje največje občutljivosti možganov na dopamin (Smith in drugi 2014). Leta 2006 so raziskovalci z magnetno resonanco opazovali možgane otrok, mladostnikov in odraslih pri odgovarjanju na vprašanja. Ob pravilnem odgovoru so dobili denarno nagrado različne velikosti (majhno, srednje ali veliko), hkrati pa so opazovali, kakšna je aktivnost v nagradnem centru možganov (nahaja se v frontalnem korteksu, ki ima največ dopaminskih receptorjev). Višja aktivnost nagradnega cen-

tra se pojavi, ko se sprosti več dopamina. Pri otrocih je bila aktivacija v nagradnem centru ne glede na velikost nagrade vedno visoka. Pri odraslih je stopnja aktivacije naraščala z vrednostjo nagrade. Zanimivo je, da je pri mladostnikih srednja nagrada spodbudila nagradni center približno toliko, kot pri otrocih in odraslih, majhna nagrada je aktivnost celo znižala (kljub nagradi so bili razočarani), visoka nagrada pa je spodbudila daleč najvišjo aktivacijo od vseh starostnih skupin. Visoka nagrada je torej spodbudila ogromno sproščanje dopamina in mladostnike privedla v ekstazo, majhna in srednja nagrada pa sta se jim zdela ničvredni. To pojasni mladostniško pripravljenost na večje tveganje. Večja nevarnost oziroma najbolj ekstremni dogodki pri tej skupini namreč povzročijo največ zadovoljstva (največjo sprostitvev dopamina), medtem ko jih povprečna in podpovprečna dejanja pustijo nezadovoljne.



Na sliki je prikazana stopnja aktivacije nagradnega centra možganov po pravilnem odgovoru na vprašanje pri različnih starostnih skupinah. Z različno barvo so označene različno velike denarne nagrade, ki so jih preiskovanci prejeli za pravilne odgovore (Vir: Galvan in drugi 2006).

Mladostniki so poznani tudi po iskanju trenutnih zadovoljitev, zato se težje motivirajo za delo, ki nima takojšnjih učinkov. Ko so mladostnike soočili z vprašanjem, ali želijo 20 evrov takoj ali 50 evrov prihodnji mesec, jih je večina podlegla impulzu, da vzamejo takojšnje nagrado. Odrasli so v večini primerov izbrali 50 evrov. Med raziskavo so znanstveniki spremljali aktivnost različnih možganskih predelov. Izkazalo se je, da je bilo v obeh skupinah aktivirano področje za samonagrajevanje, pri odraslih pa se je v večji meri aktiviral še predel povezan z abstraktnim razmišljanjem, kot je na primer razmišljanje o prihodnosti. Mladostniki so zaradi še nerazvite povezave med tema predeloma bolj

osredotočeni na trenutne užitke. To pojasni, zakaj se marsikateri mladostnik dan pred testom raje zabava z videoigrama (Vir 4).

Mladostniki so od odraslih bolj socialni, želijo si biti bližje z vrstniki, predvsem pa si želijo počutiti sprejete v družbo. Zato so tudi bolj izpostavljeni pritisku vrstnikov in obstaja večja verjetnost, da storijo nespametna in tvegana dejanja (Schall in drugi 2016). To potrdi študija iz leta 2015, v kateri so raziskovalci pokazali, da se med igranjem blackjacka, kolikor mladostnika opazujeta dva vrstnika, potroji verjetnost, da bo ta povlekel eno karto preveč (pri igri je vsaka karta, ki jo vlečeš, tvegano dejanje). Prisotnost vrstnikov pri odraslih na drugi strani ni vplivala na to verjetnost. Pri slikanju možganov so ugotovili, da je prisotnost vrstnikov pri mladostnikih zmanjšala aktivnost v predelih za razmišljanje, pri odraslih pa ne (Smith in drugi 2015).

Eksperiment, ki dokazuje povečano željo po družbeni sprejetosti, so izvedli s spremljanjem aktivacije možganov med igranjem videoigre. Posamezniku je bilo rečeno, da igra z dvema drugima osebama, v resnici pa je igral z računalnikom. Trije igralci so predstavljali tri v trikotnik razvrščene točke na zaslonu, nato pa so si virtualno začeli podajati žogo. Vsak igralec se je sam odločil, komu bo žogo podal. Po nekaj podajah se je začel dejanski poskus – ostala dva igralca (v resnici računalnik) sta si začela podajati žogo med seboj, pri čemer sta izključila preiskovanca. Aktivirali so se možganski predeli, povezani s čustvovanjem, bolečino, jezo in odporom (limbični sistem). Po zamiku parih sekund se je pri odraslih aktiviral še del možganov, v katerem poteka logično razmišljanje, in jeza se je pomirila (frontalni korteks). Možgani so namreč ugotovili, da je jeza nepotrebna, saj gre le za igro. Hkrati se je aktivnost v čustvenih predelih zmanjšala sorazmerno z aktivacijo predelov povezanih z logičnim razmišljanjem. Struktura 3. funkcijske stopnje je sporočila strukturi 2. funkcijske stopnje, da ni potrebe po odzivu. Pri mladostnikih se to ni zgodilo, saj ni prišlo do aktivacije v frontalnem kor-

teksu, možgani torej niso našli razlage, zakaj igra zanje ni pomembna. Čustvene strukture so ostale aktivirane, mladostniki pa jezni in razočarani. Ko so preiskovancem med preizkusom na primer povedali, da si ostala 'igralca' podajata žogo zaradi tehnične napake, do aktivacije v čustvenem predelu možganov ni prišlo. Ta eksperiment dokazuje, da mladi željo po sprejetosti preprosto čutijo, četudi je ne znajo pojasniti (Sebastian in drugi 2011).

Opazili so tudi, da so mladostniki bolj obremenjeni s tem, kaj si o njih mislijo drugi. Pri slikanju možganov med odgovarjanjem na vprašanje: »Kaj mislite, da si drugi mislijo o vas?«, so raziskovalci pri odraslih in mladostnikih opazili različne aktivacije možganov. Pri odraslih se aktivirata predel za čustvovanje in predel za trezno razmišljanje, pri mladih pa se aktivira v večji meri zgolj predel za čustvovanje. Pri mladostnikih čustva prevladajo nad logičnim razmišljanjem (Sapolsky 2017).

Stopnja nasilja in verjetnost storitve kaznivega dejanja sta največji pri ljudeh starih med 18 in 24 let (Vir 2). Nasilje je kompleksno vedenje, zato je dejavnikov, ki ga povzročajo, veliko, poleg tega pa je vsak dejavnik odvisen od okoliščin (Garbarino 2009). Nekateri dejavniki, ki vplivajo na nasilje mladostnikov, so :

- Vpliv družine: strogi in hladni starši, zanemarjanje, revščina, nasilje v družini – vse to poveča verjetnost, da bo mladostnik nasilen.
- Akademski uspeh: nasilje je manj pogosto pri bolj izobraženih mladostnikih.
- Mediji: izpostavljenost nasilnim medijem poveča možnosti za nasilno vedenje.
- Socialni dejavniki: občutek nesprietosti, anksioznost in nizek položaj v družbeni hierarhiji so povezani z višjo stopnjo nasilja.
- Nevrobiološki in psihološki dejavniki: genetsko nagnjenje k nasilju in psihofiziološke razlike med posamezniki (Bushman in drugi 2016).

Vse to dobro pojasni, zakaj je stopnja nasilja ravno pri mladostnikih tako visoka. V tem obdobju je na-



mreč želja po sprejetosti v družbo največja, največja pa je tudi bolečina pri neuspehih. Izkaže se, da so funkcije frontalnega korteksa, kot so nadzorovanje čustev, samokontrola in logično razmišljanje, kritične pri nasilnem vedenju. Ugotovili so, da je pri nasilnih posameznikih, tako mladih kot odraslih, slabša povezava med čustvenim centrom, povezanim z nasiljem in močnim čustvovanjem (amigdalo), in frontalnim korteksom (kjer se ta močna čustva lahko pomirijo in se o njih razmisli). Frontalni korteks tako deluje kot nekakšen mediator predelom za čustvovanje, ki sproži agresiven odziv. Pri mladih je to posledica slabše mielinizacije in s tem slabše povezanosti z ostalimi možganskimi predeli. Ko je mladostnik postavljen v njemu nevarno situacijo, se aktivira amigdala in v trenutku povzroči nasilen odziv, še preden je signal prišel do korteksa, kjer bi o dejanju lahko premislil. Pri nasilnih osebah je poleg tega v stresnih situacijah zapažena manjša aktivacija frontalnega korteksa nasploh (Cunha-Bang 2017).

Obstajajo torej biološki razlogi, ki pojasnjujejo nasilno vedenje mladostnikov in ga delno opravičujejo oziroma jim dajejo manjšo odgovornost kot odraslim. Zaradi tega so se ZDA že leta 2005 odločile, da bo usmrtitev oseb mlajših od 18 let, ki so storile najhujše kaznivo dejanje, neustavna. Leta 2012 so iz istega razloga prepovedali tudi določitev dosmrtne kazni za mladoletne (Vir 3).

ZAKLJUČEK

Mladostniško vedenje predstavlja izziv marsikateremu ravnatelju, učitelju in staršu. Preden pa začnemo kritizirati vedenje mladostnikov, se moramo vprašati, kje tiči vzrok za takšno vedenje. Če se poglobimo v razvoj možganov, hitro ugotovimo, da je glavni krivec za mladostniško vedenje frontalni korteks, ki se v tem obdobju še vedno razvija. Frontalni korteks velja za glavni center nadzorovanja čustev, sprejemanja odločitev, reševanja problemov, določanja naše socialne in spolne vloge, pomemben pa je tudi pri presoji in samokontroli. Njegovo okrnjeno delovanje je posledica prevelikega števila neuporabnih živčnih celic in propadanja le-teh, nastajanja novih sinaps, slabih povezav z drugimi predeli možganov in hormonskih motenj. Vse te posledice se izražajo v težavnem in včasih nerazumljivem vedenju mladostnikov. Najbolj pogoste značilnosti mladostniškega vedenja, ki so povezane s še nerazvitim frontalnim korteksom, so: nepremišljeno in tvegano vedenje, precenjevanje svojih sposobnosti, večje potrebe po družabnosti in želja po sprejetosti v družbo, ranljivost na pritisk vrstnikov, osredotočenost na trenutno zadovoljstvo in slaba samokontrola, ki lahko vodi v nasilno vedenje.

Razumevanje delovanja in razvoja možganov nam torej daje vpogled v to, kako mladostniki vidijo in dojemajo svet. Pomembno je, da smo v odnosu

z njimi strpni in jih spodbujamo, a jim hkrati postavimo jasne meje, katere dosledno upoštevamo. Čeprav je včasih težko razumeti njihovo vedenje, se moramo zavedati, da tudi mladostniki sami marsikdaj ne razumejo, zakaj se na kakšne dogodke odzovejo na način, kot se. Tako kot otroci potrebujejo ljubeč odnos v otroštvu, ga kljub upiranju še bolj potrebujejo v mladostništvu, ko se podajo na pot iskanja samega sebe, ki jim povzroča veliko nejasnih in zmedenih občutij o tem, kdo sploh so in kaj si želijo v življenju.

VIRI

- Bregant, T. (2012): Rast, razvoj in zorenje možganov. *Psihološka obzornica*, let. 2 (št. 21): str. 51–60.
- Bushman, B. J., Newman, K., Calvert, S. L., Downey, G., Dredze, M., Gottfredson, M., Jablonski, N. G., ... Webster, D. W. (2016): Youth violence: what we know and what we need to know. *American Psychologist*, let. 71 (št. 1): str. 17–39.
- Carrigg, S. (2016): *Challenge and risk in children's play – is it worth the risk?*. Dostopno na <https://www.earlylearningservices.com.au/2016/10/26/challenge-risk-childrens-play/>, 12. 5. 2019.
- Cunha-Bang, S., Fisher, P. M., Hjordt L. V., Perfalk, E., Persson Skibsted, A., Bock, C., Ohlhues Baandrup, A., ... Knudsen, G. (2017): Violent offenders respond to provocations with high amygdala and striatal reactivity. *Social cognitive and affective neuroscience*, let. 12 (št. 5): str. 802–810.
- Galvan, A., Hare, T. A., Parra, C. E., Penn, J., Voss, H., Glover, G. in Casey, B. J. (2006): Earlier development of accumbens relative to orbitofrontal cortex might be underlie risk-taking behavior in adolescents. *Journal of neuroscience*, let. 26 (št. 25): str. 6885–6892.
- Garbarino, J. (2009): Why are adolescents violent?. *Ciência & Saúde Coletiva*, let. 14 (št. 2): str. 533–538.
- Marjanovič Umek, L. (ur.) in Zupančič, M. (ur.) (2009): *Razvojna psihologija*. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete.
- Miller, G. (2006): *Brain development linked to IQ*. Dostopno na <https://www.sciencemag.org/news/2006/03/brain-development-linked-iq>, 13. 5. 2019.
- Paus, T. (2010): Growth of white matter in adolescent brain: myelin or axon?. *Brain and cognition*, let. 71 (št. 1): str. 26–35.
- Perrin, J. S., Hervé, P. Y., Leonard, G., Perron, M., Pike, G. B., Pitiot, A., ... Paus, T. (2008): Growth of white matter in the adolescent brain: role of testosterone and androgen receptor. *Journal of neuroscience*, let. 28 (št. 38): str. 9519–9524.
- Petrovič, D. (2000): Embriologija živčevja. *Medicinski razgledi*, let. 39 (št. 4): str. 381–388.
- Pickhardt, C. E. (2014): *Adolescence and risk-taking*. Dostopno na <https://www.psychologytoday.com/us/blog/surviving-your-childs-adolescence/201407/adolescence-and-risk-taking>, 11. 5. 2019.
- Sapolsky, R. M. (2017): *Behave: the biology of humans at our best and worst*. New York: Penguin Press.
- Schall, J., Wallace, T. L. in Chhuon, V. (2016): 'Fitting in' in high school: how adolescent belonging is influenced by locus of control beliefs. *International Journal of Adolescence and Youth*, let. 21 (št. 4): str. 462–475.
- Sebastian, C. L., Tan, C. G., Roiseer, J. P., Viding, E., Dumontheil, I. in Blakemore, S. J. (2011): Developmental influences on the neural bases of responses to social rejection: implications of social neuroscience for education. *NeuroImage*, let. 57 (št.3): str. 686–694.
- Slika 1: *Frontalni korteks*. Dostopno na <https://reliawire.com/what-is-the-prefrontal-cortex/>, 19. 5. 2019.
- Smith, A. R., Steinberg, L. in Chein, J. (2014): The role of the anterior insula in adolescent decision making. *Developmental neuroscience*, let. 36 (št. 3/4): str. 196–209.
- Smith, A. R., Steinberg, L., Strang, N. in Chein, J. (2015): Age differences in the impact of peers on adolescents' and adults' neural response to reward. *Developmental cognitive neuroscience*, let. 11 (št. /): str. 75–82.
- Vir 1: Centre for neuro skills: *Frontal lobes*. Dostopno na <https://www.neuroskills.com/brain-injury/frontal-lobes/>, 11. 5. 2019.
- Vir 2: Urban Institute (2001): *Risk of violence highest for 18- to 24-year-olds, says Urban Institute study of D.C. crime*. Dostopno na <http://webarchive.urban.org/publications/900403.html>, 13. 5. 2019.
- Vir 3: Death penalty information center: *Juveniles and the death penalty*. Dostopno na <https://deathpenaltyinfo.org/juveniles-and-death-penalty>, 13. 5. 2019.
- Vir 4: Max Planck Institute for human development: *Why adolescents are more impatient than adults*. Dostopno na <https://www.mpib-berlin.mpg.de/en/media/2015/06/why-adolescents-are-more-impatient-than-adults>, 14. 5. 2019.