

NEUROBIOLOGIJA AGRESIVNOSTI I NASILJA

ALEKSANDAR SAVIĆ i VLADO JUKIĆ

Klinika za psihijatriju Vrapče, Zagreb, Hrvatska

Agresivno ponašanje nije specifično za ljude i dovoljan je i površan pogled kako bi se uočilo postojanje i uloga agresivnog ponašanja u životinjskom svijetu koje se u tom kontekstu ne može shvatiti kao aberacija. Istraživanja na životinjama pokazala su utjecaj određenih moždanih struktura na agresivno ponašanje, a primjeri ozljeda ili bolesti kod ljudi potvrdili su ulogu specifičnih centara i kod ljudi. Brojne su teorije pokušale povezati centre u središnjem živčanom sustavu i nasilno ponašanje a gotovo sve priznaju važnu ulogu forntalnog korteksa i subkortikalnih limbičkih struktura uključenih u procesuiranje straha, doživljavanje zadovoljstva i strateško planiranje i donošenje odluka, ali u konceptualizaciji neurobiologije agresije nemoguće je ne spustiti se i na razinu neurotransmitera, receptora i gena. Cilj je ovog rada dati kratki pregled osnovnih koncepata neurobiologije agresije i nasilja no ne smije se u raspravi o složenim fenomenima poput nasilja zaboraviti da se biologija kao čimbenik tih fenomena ne nalazi izolirana nego pod utjecajem brojnih čimbenika okoline i socijalnog prostora.

Ključne riječi: agresivno ponašanje, nasilje

Adresa za dopisivanje: Prof. dr. sc. Vlado Jukić, dr. med.
Klinika za psihijatriju Vrapče
Bolnička cesta 32
10090 Zagreb
Tel: 01/3780 600; e-pošta: vlado.jukic@bolnica-vrapce.hr

MOZAK KAO SREDIŠTE AGRESIJE

Pri pokušajima objašnjavanja pojedinih aspekata ljudskog ponašanja neminovno se pogled istraživača okretao životinjskom svijetu i komplementarnim fenomenima koji su u njemu prisutni. Taj je pogled imao za cilj stjecanje boljeg uvida u osnovne mehanizme koji su temelji i za najkompleksnije oblike ponašanja. Životinjski svijet nije lišen agresivnosti. Čak i površnim pregledom životinjskog svijeta, pa i onog koji nam je vidljiv u našem urbanom kontekstu, naći ćemo jasne elemente agresivnosti, koliko god se ta agresija možda činila drukčijom od nasilja o kojemu govorimo u ljudskom društvu (1). Agresivnost u tim slučajevima, unatoč negativnim konotacijama koje pripisujemo izrazu, ipak ne može biti shvaćena kao pitanje

aberacije nego kao čimbenik adaptacije i preživljavanja jedinki. Životinje pribjegavaju agresivnom ponašanju u bilo kojoj situaciji koja ugrožava njihov opstanak ili hijerarhiju. Svaka takva situacija ugroze aktivira u njima već postojeći fiziološki proces koji jedinku gura borbi ili bijegu i koji uključuje odgovor brojnih organskih sustava. Agresivnost tako u potpunosti služi potrebama vrste u kojoj se javlja, njenom očuvanju i njenoj hijerarhiji i teško joj je shvatiti je kao negativnu. Činjenica da postoji jasan fiziološki odgovor u situacijama kada životinja pribjegava agresivnom ponašanju nije naravno jedini dokaz neurobiološke podloge fenomena agresije. Istraživači su, odlazeći korak dalje u ispitivanju osnovnih mehanizama agresije, vidjeli da uni-

štavanjem ili podraživanjem određenih centara u mozgu životinja izazivaju stanje trajnog agresivnog ponašanja ili pak odsustvo agresije čak i u situacijama kada je ona očekivana (2). Tako uništavanje ventromedijalne jezgre hipotalamusa dovodi do stanja trajne agresije kod mačaka, dok uništavanje amigdala izaziva stanje odsustva agresivnosti, pozicionirajući hipotalamus i amigdalu kao neke od bitnih moždanih struktura u mehanizmu agresivnog ponašanja.

Potrebno je ipak razložiti krovni fenomen agresije u životinja na agresiju koja se javlja tijekom lova i pribavljanja hrane, agresiju među članovima različitih vrsta i na agresiju između pripadnika iste vrste, što je posljedično konceptualno bitno i za rasprave o agresivnosti među ljudima. Zadržavajući se samo na bihevioralnoj razini može se vidjeti da grabežljivac tijekom lova ne pokazuje isto ponašanje kao pri sukobima s jedinkama svoje vrste. U lovu, obrazac aktivacije hipotalamusa grabežljivca će prema nekim istraživanjima više odgovarati stanjima gladi nego čiste agresije. No, kako god bilo, jasno je da obrazac agresivnog ponašanja postoji u životinjskom svijetu i da postoji njegova neurobiološka podloga za koju možemo pretpostaviti da odgovara onoj kod ljudi, što je navelo istraživače poput Bussa da kažu da su agresija i sposobnost za nasilje i ubijanje produkti naše evolucijske prošlosti (3).

DIJELOVI MOZGA ODGOVORNI ZA AGRESIJU I NASILJE

Ostavljajući ipak na trenutak po strani istraživanja na životinjama, moramo se pitati kakva je stvarna biološka podloga bilo kojega složenog ponašanja kod ljudi, pa tako i onog koji u svojoj osnovi ima agresiju. Liječnici i filozofi su stoljećima pokušali ljudsko ponašanje objasniti na različite načine, smještavajući čovjekov misaoni život na različite lokacije u tijelu i stavljajući ga pod utjecaj različitih čimbenika u tijelu i izvan njega. Još je Aristotel ishodište mentalnih procesa nalazio u mozgu. Na pretpostavci povezanosti mentalnih procesa i mozga kao organa razvilo se u 19. stoljeću izrazito popularno, pseudoznanstveno tumačenje ljudskog ponašanja kroz frenologiju. Frenolozi su vjerovali da su različitim dijelovima mozga pripisani različiti funkcionalni moduli te su vjerovali da se mjerenjem fizionomije lubanje može donositi zaključke o modulima koji leže ispod nje pa tako i o ljudskom karakteru i ponašanju. Prvi jasan i medijski izrazito eksponiran dokaz, uporište za buduća promišljanja o utjecajima različitih dijelova mozga na ljudske aktivnosti i ponašanje, nije došao iz filozofskih promišljanja i više ili manje zanimljivih teorijskih konstrukcija, nego kao rezultat nesreće. Nesreća o kojoj se govori dogodila se 1848. godine. Mladom radniku na željeznici, Phineasu Gageu, čiji je zadatak bio nabijati barutnu smjesu u stjenovito tlo, koje je tako pripremano za postavljanje željezničkih tračnica, kroz glavu je nakon eksplozije prošla metalna šipka promjera od oko 3,2 cm kojom je Gage nabijao smjesu u za to pripremljene rupe.

Gotovo sigurno takve i slične nesreće nisu bile rijetkost na poslovima koji su zahtijevali upotrebu baruta i grubih alata, ali ono što je bilo posebno u ovom slučaju jest činjenica da je Phineas Gage preživio i postao kuriozitet i jedan od najčešće spominjanih primjera u psihologiji, psihijatriji, neurologiji i srodnim područjima (4). Nesreća je oštetila veliki dio Gageovog lijevog frontalnog režnja, a opisane promjene u njegovom ponašanju nakon nesreće povezane su s tako pretrpljenim oštećenjem mozga i dovele do teoretiziranja o smještaju specifičnih funkcija u frontalni režanj. Neke od opisanih promjena u ponašanju nakon nesreće uključivale su impulzivnost, kapricioznost, tvrdoglavost, grandioznost, sklonost alkoholu i općenito socijalnu neadekvatnost. Upravo je taj slučaj među ostalim elementima koristio nekim stručnjacima u pretpostavljanju veza između frontalnih režnjeva i emocija te donošenja odluka, o čemu danas gotovo ne postoje veći prijepori (5). Iako treba priznati da su priroda i opseg promjena u ponašanju Phineasa Gagea nakon nesreće u najmanju ruku povremeno preuveličavani, pa čak i dovođeni u kontradikciju s objektivnim informacijama iz tog razdoblja, ipak je upravo ovaj slučaj možda kao prvi ukazao na promjene određenih funkcija nakon ozljede specifičnih regija mozga i utjecao na buduće znanstvene rasprave o lokalizaciji tih funkcija u mozgu.

Postoje, nažalost, i noviji primjeri koji aberacije u ponašanju s ekstremnim izljevima agresije povezuju s oštećenjima pojedinih ključnih moždanih regija, od kojih su neke već spomenute u osvrtu na agresiju u životinja. Na dan 1. kolovoza 1966. godine, Charles Whitman, student Sveučilišta u Texasu i bivši marinac, ubio je suprugu i majku te kasnije toga dana upućao još 14 osoba prije nego što je i sam poginuo u obračunu s policijom. Svi prepoznati vanjski stresori koji su mogli dovesti do dekompenzacije i možda i agresivnog reagiranja Charlesa Whitmana, visoko inteligentne osobe s kvocijentom inteligencije od 138, ali i obiteljskim i osobnim problemima, ne čine se ipak dovoljnim da bi adekvatno objasnili razmjere njegove agresije. Obdukcija učinjena nakon njegove smrti, što je i sam Whitman u oproštajnom pismu koje je napisao prije masakra zatražio, kako bi se objasnili njegovi postupci i glavobolje koje su ga mučile, otkrila je zločudnu novotvorinu mozga smještenu tako da je pritiskala amigdale. Službena izvješća pisana nakon masakra izriječkom su tvrdila da je nađena zločudna tvorevina mogla doprinijeti nemogućnosti Whitmana da kontrolira svoje postupanje i emocije. Iritacija amigdala, istih struktura čija je uloga u agresiji životinja već spomenuta, mogla je tako biti čimbenik u aktu ekstremnog i možda na prvi pogled neshvatljivo nasilnog ponašanja (6).

NEUROBIOLOŠKA PODLOGA AGRESIJE

Što onda danas znanost kaže o neurobiološkoj podlozi agresije? Koji je put neuronskih krugova do agresivnog postupanja i nasilja u našem društvu ne prejudicirajući utječu li više na taj put njegove neuronske sastavnice, molekule i

geni ili čimbenici odgoja i stresori svakodnevnog života? Potrebno je naravno imati na umu da je svaki skraćeni prikaz složenih fenomena kao što je agresija nužno i pojednostavljenije istih. Takvo pojednostavljenje je nužno i kod prikazivanja mozga, najsloženijeg organa. Provizorno taj najsloženiji organ, finese čijeg funkcioniranja još otkrivamo, možemo podijeliti na dva dijela. Razvojno stariji dio, koji upravlja osnovnim funkcijama i nagonima, instinktivnim reakcijama, predstavljen je brojnim subkortikalnim jezgrama središnjeg živčanog sustava, dok je razvojno mlađi dio koji upravlja višim funkcijama primarno predstavljen razvijenom korom velikog mozga. Oba dijela čine brojne strukture koje su u stalnoj i intenzivnoj komunikaciji. Michael H. Stone, autor knjige „Anatomija zla“, u pokušajima objašnjavanja neurobiologije nasilnog ponašanja koristi analogiju s mehanizmima nastanka ovisničkog ponašanja, osobito kod ovisnika o kokainu. U skladu s tom analogijom, kao ključne moždane centre i regije za etiologiju i patofiziologiju nasilnog ponašanja ističe iste one koje je dr. Nora Volkow naznačila kao ključne u razvoju ovisničkog ponašanja u mozgu ovisnika o kokainu: amigdalu, nukleus akumbens, prednji cingularni korteks i orbitofrontalni korteks (6). Objašnjenje je to koje je sukladno i tvrdnjama Davidsona i drugih autora kako trajno impulzivno agresivno ponašanje potiče od disfunkcije međusobno povezanih moždanih struktura u koje spadaju prefrontalni korteks, prednji cingularni korteks i subkortikalne limbičke strukture među kojima su amigdala (7). Amigdala su parna nakupina jezgara smještena obostrano medijalno u sljepoočnim režnjevima i sudjeluje u brojnim funkcijama, od kojih je jedna pridruživanje emocionalne kvalitete svim informacijama koje dolaze iz okoline. Svemu već prije spomenutom u ovom tekstu o značenju amigdala za moduliranje agresivnog ponašanja, potrebno je dodati da obostrano uklanjanje amigdala kod majmuna ili teško obostrano oštećenje amigdala kod ljudi dovodi do nedostatka osjećaja straha (8). U ovom trenutku nećemo raspravljati o vezi straha i agresivnog ponašanja s aspekta uloge amigdala i pridruženih moždanih struktura. *Nucleus accumbens* je nakupina neurona smještena na donjem dijelu frontalnog režnja, po jedan *nucleus accumbens* na svakoj moždanoj polutci, i između ostaloga ima ulogu u doživljavanju zadovoljstva, u smijehu, ovisnosti i doživljavanju strahu (9). Čini se da bismo u grubo ulogu nukleusa akumbensa mogli konceptualizirati kao pridruživanje stupnja poželjnosti različitim mogućnostima koje nam se nude u danom trenutku. To je također i mjesto na kojem djeluju neke psihoaktivne tvari koje izazivaju ovisnost, kao što su kokain i amfetamini. Prednji cingularni korteks ima brojne veze s raznim strukturama u mozgu pa tako i s amigdalama, a funkcija mu se povezuje s višim izvršnim funkcijama i strateškim planiranjem (10). U procesu otkrivanja konflikata i „grešaka“ prednji cingularni korteks „predlaže“ višim strukturama načine razrješavanja tih konflikata i preporučuje odgovarajuću akciju. Akcija koju prednji cin-

gularni korteks predlaže ne mora nužno biti adekvatna ili socijalno prihvatljiva, čak se u retrospektivi može pokazati kao potpuno pogrešna, ona se samo čini odgovarajućom u određenom trenutku. Viši centri kojima prednji cingularni korteks „predlaže“ rješenja čine orbitofrontalni korteks. To je dio prefrontalnog korteksa koji ima ulogu u donošenju odluka i planiranju ponašanja, osobito vezano uz sustav nagrade i kazne (11). Put do donošenja odluke o počinjenju nekog osobito agresivnog djela ili akta nasilja može tako početi od neadekvatnog emocionalnog procesuiranja na razini amigdala, pridruživanja prevelikog zadovoljstva agresivnom činu u nukleusu akumbensu, s greškama i propustima na svim naknadnim spomenutim razinama obrade i planiranja da bi napokon prefrontalni korteks, možda i sam aberantan zbog ozljeda ili neupadnih funkcionalnih problema, pogrešno identificirao moguće kazne i nagrade i planirao akcije koje su u potpunosti nesukladne socijalnim normama. I drugi autori su predložili manje ili više sličan koncept „razgovora“ različitih moždanih regija i centara koji u određenim slučajevima može dovesti do agresije (6). Svi ti koncepti u svojoj osnovi imaju kvalitativno ili kvantitativno smanjenu inhibitornu ili regulatornu ulogu viših centara, kao što je prefrontalni korteks i nesmetanu pojačanu aktivnost nižih centara limbičkog sustava, kojima pribrajamo i amigdala. Tako je u primjeru Charlesa Whitmana zloćudna novotvorina mogla djelovati iritabilno na amigdale, izazivajući neravnotežu i razinu aktivnosti koju viši centri nisu mogli adekvatno kontrolirati iz različitih razloga, dovodeći do agresivnog čina ekstremnih razmjera.

NEUROTRANSMITERI, GENI I JEDINSTVENI KONCEPT NEUROBIOLOGIJE AGRESIVNOG PONAŠANJA I NASILJA

Ako nam se ovakav koncept koji objašnjava nastanak agresije čini previše kompliciran, postoje i druge razine koje priču čine još složenijom, ali se moraju uzeti u obzir ako se agresiju želi cjelovito objasniti iz perspektive neurobiologije. Pomičući se s razine neuronskih krugova i centara u mozgu, moramo se spustiti još niže na onu neurotransmitera i gena. Neurotransmiteri su spojevi koji služe za prenošenje signala između neurona i implicirani su na različite načine u velikom broju poremećaja, pa tako i u antisocijalnom ponašanju, agresiji i nasilju. Istraživanja su pronašla nižu razinu 5-hidroksi indolactone kiseline, metabolita serotonina, u likvoru agresivnijih jedinki. Prema istraživanjima, disfunkcija gena koji reguliraju različite aspekte serotoninergičke i dopaminergičke neurotransmisije ima ulogu u patofiziologiji agresije i nasilja (12). Ispitivanja aktivnosti monoaminooksidaze A, enzima koji razgrađuje neurotransmitere, među kojima su i serotonin i dopamin, i tako održava njihovu koncentraciju na odgovarajućoj razini, pokazala su da dječaci sa sniženom aktivnošću tog enzima, a koji su zlostavljani u djetinjstvu pokazuju veću sklonost razvoju poremećaja ponašanja u

djetinjstvu, a onda i počinjenja nasilnog zločina kasnije u životu. Istraživanju gena koji bi mogli utjecati na agresivno ponašanje pomoglo je i saznanje da postoji značajno preklapanje poremećaja hiperaktivnosti i deficita pažnje (engl. *Attention Deficit Hyperactivity Disorder - ADHD*) u djetinjstvu i antisocijalnog ponašanja, što znači da bi geni koji se ispituju u kontekstu ADHD-a mogli biti geni kandidati i za agresiju, nasilje i disocijalno ponašanje (13,14). U skladu s već spomenutim pokušajima objašnjenja agresivnog ponašanja kod ljudi preko komplementarnih fenomena kod životinja, pokazana je i pogodnost komparativnih genetičkih istraživanja koja ispituju učinak pojedinih gena na agresiju kod životinja, kao što su ptice, miševi, štakori, psi, mačke i majmuni, uz ekstrapolaciju dobivenih rezultata na učinak istih gena u nastanku agresivnog ponašanja kod ljudi (15).

Možemo li od tih različitih slika, regija i centara, gena i neurotransmitera sklopiti jedan bar donekle jedinstven koncept neurobiologije agresivnog ponašanja i nasilja? Kombinirajući različita istraživanja moguće je uklopiti spomenute različite razine funkcioniranja. Tako će nam neke slikovne metode prikaza mozga skrenuti pozornost na već spomenute moždane strukture i njihovu disfunkciju, dok će nam druga ili paralelna istraživanja istodobno ukazati i na disfunkciju neurotransmiterskog sustava u tim istim strukturama i na disfunkciju gena koji upravljaju tim neurotransmiterskim sustavima. Primjerice, studije oslikavanja PET-om su kod agresivnih jedinki u već inkriminiranom prefrontalnom dijelu velikog mozga našle smanjeni metabolički odgovor na serotoninske agoniste i smanjeno vezanje na serotoninske receptore, čime se i praktično povezuje disfunkcija prefrontalne regije mozga s disfunkcijom serotoninskog sustava. Disfunkcija serotoninergičkog sustava je pronađena i u drugim ključnim regijama mozga koje mogu imati ulogu u nastanku agresivnog ponašanja, prednjem cingularnom girusu i amigdalama (16).

SINDROMI AGRESIVNOG PONAŠANJA

Radeći odmak od možda pomalo suhoparnih znanstvenih istraživanja i zaključaka koji iz njih proizlaze, ali i od zanimljivih praktičnih vinjeta koje su ipak samo izolirani slučajevi, kao što je ona spomenutog masakra u Teksasu, možemo se na kraju još kratko osvrnuti na poznate sindrome koji u sebi kombiniraju disfunkcije spomenutih moždanih struktura s kliničkom slikom koja uključuje agresivno ponašanje i ispade. Sindrom epizodične diskontrole (engl. *Episodic Dyscontrol Syndrome*) klinički se izražava epizodama agresivnog ponašanja koje može poprimiti oblik premlaćivanja članova obitelji, impulzivnih seksualnih i općenito nekontroliranih socijalno neadekvatnih aktivnosti, bez značajnijeg vanjskog provocirajućeg čimbenika. Agresivni se ispadi javljaju i nakon intoksikacije manjim količinama alkohola, a osobe u anamnezi često imaju prethodne pro-

metne prekršaje i nezgode zbog impulzivne i nerazborite vožnje. Sindrom se pripisuje disfunkciji limbičkog sustava (17). Sindrom frontalnog režnja javlja se često kao rezultat oštećenja različitih dijelova frontalnog režnja i izražava se dezinhibicijom i gubitkom uobičajene kontrole antisocijalnih impulsa, eksplozivnim izljevima agresije čak i nakon minornih provokacija, a pretpostavlja se da su neki oblici idiopatskog agresivnog ponašanja zapravo okultni oblici sindroma frontalnog režnja (18). Hipotalamičko-limbički sindrom, uz amneziju, hiperfagiju i druge znakove hipotalamičke disfunkcije, izražava se intermitentnom agresivnošću s napadajima bijesa nakon i neznatnih stimulusa. Taj se sindrom može vidjeti kod novotvorina mozga koje infiltriraju hipotalamičke strukture.

ZAKLJUČNA NAPOMENA

Pri donošenju bilo kakvog zaključka na osnovi ovog kratkog pregleda najosnovnijih koncepata neurobiologije agresije i nasilnog ponašanja moramo paziti da ne padnemo u zamku isključivosti koja će nas udaljiti od prave slike fenomena koji pokušavamo pojasniti. Ne možemo negirati jasne naznake da različite moždane strukture upravljaju složenim fenomenom agresije, njegovim izražavanjem i modulacijom, i to mehanizmima koji su komplementarni onima koje vidimo i kod drugih organizama. Slijedom toga ne možemo negirati da velika oštećenja tih struktura dovede do disregulacije tih mehanizama i socijalno neadekvatnih i agresivnih obrazaca ponašanja. Čak i makroskopski nevidljive lezije mogu dovesti do disfunkcije istih moždanih struktura oštećujući procesuiranje straha, emocija i izvršno kognitivno funkcioniranje. No, kroz to sve opasno bi bilo zanemariti sredinu u kojoj se neka osoba nalazi, vanjske čimbenike i socijalni kontekst. Brojni su vanjski čimbenici koji, na podlozi određene kombinacije gena, tijekom trudnoće ili ranog razvoja (izloženost toksinima, ozljede, prehrana...) mogu dovesti do suptilnih konstitucijskih slabosti u ključnim moždanim regijama koje reguliraju agresivno ponašanje. Nikako se ne smije zaboraviti da biološki čimbenici ne žive u izoliranom konstruktivnom nego ulaze u trajnu interakciju s psihosocijalnim čimbenicima čovjekove sredine (19). Čista i jasna veza između biologije i agresivnosti se kao primarna može uzeti tek u slučajevima u kojima nije bilo rizičnih psihosocijalnih čimbenika koji osobu guraju u smjeru antisocijalnog ponašanja. U svim drugim slučajevima razmišljajući o biologiji nasilja moramo istodobno razmišljati i o obitelji, traumama i široj društvenoj zajednici koja je pomogla oblikovati jedinku. Koliko god bazični procesi i strukture, na kojima u širem smislu leži fenomen nasilja, bili istovjetni onima koje vidimo i kod drugih vrsta, složeni oblici ponašanja su kod ljudi uvijek više nego jednostavan zbroj svojih sastavnica, uvijek modificirani čimbenicima kulture, morala i socijalnih prilika.

LITERATURA

1. Storr A. Human Aggression. London: Penguin Books Ltd, 1971.
2. Gregg TR, Siegel A. Brain structures and neurotransmitters regulating aggression in cats: implications for human aggression. *Progr Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2001; 25: 91-140.
3. Buss DM, Shackelford TK. Human aggression in evolutionary psychological perspective. *Clin Psychol Rev* 1997; 17: 605-19.
4. Barker FG II. Phineas among the phrenologists: the American crowbar case and nineteenth-century theories of cerebral localization. *J Neurosurg* 1995; 82: 672-82.
5. Damasio AR. *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. Avon Books, 1994.
6. Stone MH. *The Anatomy of Evil*. Prometheus Books, 2009.
7. Davidson RJ, Putnam KM, Larson CL. Dysfunction in the neural circuitry of emotion regulation - a possible prelude to violence. *Science* 2000; 289: 591-4.
8. Feinstein JS, Adolphs R, Damasio A, Tranel D. The human amygdala and the induction and experience of fear. *Curr Biol* 2011; 21: 34-8.
9. Levita L, Dalley JW, Robbins TW. Nucleus accumbens dopamine and learned fear revisited: a review and some new findings. *Behav Brain Res* 2002; 137: 115-27.
10. Carter CS, Macdonald AM, Botvinick M i sur. Parsing executive processes: strategic vs. evaluative functions of the anterior cingulate cortex. *Proc Natl Acad Sci USA* 2000; 97: 1944-8.
11. Noonan MP, Kolling N, Walton ME, Rushworth MF. Re-evaluating the role of the orbitofrontal cortex in reward and reinforcement. *Eur J Neurosci* 2012; 35:997-1010.
12. *The Cambridge Handbook of Violent Behavior and Aggression*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
13. Lilienfeld SO, Waldman ID. The relation between childhood Attention-Deficit Hyperactivity Disorder and adult antisocial behavior reexamined: The problem of heterogeneity. *Clin Psychol Rev* 1990; 10, 699-725.
14. Waldman ID, Gizer I. The genetics of attention deficit hyperactivity disorder. *Clin Psychol Rev* 2006; 26: 396-432.
15. Haller J, Kruk M. Normal and abnormal aggression: Human disorders and novel laboratory models. *Neurosci Biobehav Rev* 2006; 30: 292.
16. Frankle WG, Lombardo I, New AS i sur. Brain serotonin transporter distribution in subjects with impulsive aggressivity: a positron emission study with [¹¹C]McN 5652. *Am J Psychiatry* 2005; 162: 915-23.
17. van Elst LT, Woermann FG, Lemieux L, Thompson PJ, Trimble MR. Affective aggression in patients with temporal lobe epilepsy: a quantitative MRI study of the amygdala. *Brain* 2000; 123(Pt 2): 234-43.
18. Salloway SP. Diagnosis and treatment of patients with "frontal lobe" syndromes. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 1994; 6: 388-98.
19. Biosocial studies of antisocial and violent behavior in children and adults: A Review. *J Abnorm Child Psychol* 2002; 30, 311-26.

SUMMARY

NEUROBIOLOGY OF AGGRESSION AND VIOLENCE

A. SAVIĆ and V. JUKIĆ

Vrapče University Psychiatric Hospital, Zagreb, Croatia

Aggressive behavior is not specific to humans and even a superficial glance is enough to mark the existence and the role of aggressive behavior in animals that cannot be seen as an aberration in that context. Animal research has shown the influence of certain brain structures on aggressive behavior, and examples of lesions and certain conditions in humans have confirmed the role of specific brain regions in humans as well. Numerous theories have tried to link central nervous system regions and violent behavior, and almost all of them recognize the importance of the role of frontal cortex and subcortical limbic structures involved in fear processing, experience of pleasure, and strategic planning and decision making, but in the conceptualization of the neurobiology of aggression it is impossible not to go to the level of neurotransmitters, receptors and genes. It is the aim of this paper to provide a brief overview of the basic concepts of neurobiology of aggression and violence, but in discussion on complex phenomena like violence it should not be forgotten that biology as a factor in these phenomena is not isolated but finds itself under influence of numerous factors of physical and social environment.

Key words: aggression, violence