

# Mozak i socijalna psihologija: neizbježna povezanost

*Gordana Vrhovski*

Filozofski fakultet u Zagrebu

Odsjek za psihologiju

ORCID: 0000-0002-1757-9632

## SAŽETAK

Ključne riječi: agresija, metode lokalizacije, prosocijalno ponašanje, razvoj mozga, socijalni mozak

Ljudi su socijalna bića. Zbog toga su brojni znanstvenici počeli istraživati uzroke i neuralnu podlogu određenih društvenih ponašanja. Evolucijski psiholozi kao uzroke današnjih ponašanja navode specifične adaptivne probleme zbog kojih su naši preci razvili određene psihološke mehanizme kako bi mogli preživjeti i razmnožavati se. Postoje brojne metode lokalizacije funkcija u mozgu, među kojima su proučavanje lezija, funkcionalna magnetska rezonancija (fMRI), elektroencefalografija (EEG), transkranijalna magnetska stimulacija (TMS) i druge. Prilikom odabira prave metode važno je u obzir uzeti složenost, dinamičnost i kontekst situacije koja se proučava. U radu će biti prikazan razvoj socijalnog mozga od dojenačke do odrasle dobi, pri čemu je najvažniji period adolescencije. Pritom socijalni mozak uključuje medijalnu prefrontalnu koru, temporoparijetalni spoj, posteriorni superiorni temporalni sulcus te anteriornu temporalnu koru. Prikazat će se nalazi istraživanja prosocijalnog i agresivnog ponašanja. Prosocijalno ponašanje veže se uz aktivaciju dijelova prefrontalne i cingularne kore, a kod osoba koje češće iskazuju agresiju uočena je pojačana aktivnost amigdala, strijatuma, vrška temporalnog režnja (eng. temporal lobe), inzule i precentralnog gyrusa. Također je istaknuta važnost oksii-

## ABSTRACT

Keywords: aggression, brain development, localization methods, prosocial behaviour, social brain

Humans are social beings. Because of that, a number of scientists have begun to investigate the causes and neural underpinnings of certain social behaviors. Evolutionary psychologists cite specific adaptive problems, which led our ancestors to develop specific psychological mechanisms in order to survive and reproduce, as the causes of today's behavior. There are numerous brain localization methods, including the study of lesions, (functional) magnetic resonance imaging ((f)MR), electroencephalography (EEG), transcranial magnetic stimulation (TMS) etc. In choosing the right method it is important to consider the complexity, dynamism and context of the situation being studied. The paper will present the development of the social brain, which includes the medial prefrontal cortex, temporoparietal junction, posterior superior temporal sulcus and anterior temporal cortex, which runs from infancy to adulthood. Research findings on prosocial and aggressive behavior will be mentioned. Prosocial behavior is associated with the activation of parts of the prefrontal and cingulate cortex, and in people who more often show aggression, increased activity of the amygdala, striatum, temporal lobe, insula and precentral gyrus has been observed. The importance of oxytocin, serotonin and vasopressin in

tocina, serotonina i vazopresina u izražavanju ponašanja. Na kraju su prikazani glavni zaključci i smjernice za daljnja istraživanja.

expressing behaviour was also highlighted. Finally, the main conclusions and guidelines for further research are presented.

## UVOD

Ljudi su društvena bića, te tako sva naša ponašanja u velikoj mjeri ovise o interakciji s okolinom u kojoj se nalazimo (Shamay-Tsoory, 2019). Stvaramo savezništva i prijateljstva, natječemo se jedni s drugima, imitiramo jedni druge i učimo do tolike mjere da nas to čini društvenijim od ostalih vrsta (Zeigler-Hill i sur., 2015). Mnogi znanstvenici slažu se da naš razvoj od najranijih dana ovisi o našoj okolini; već kao dojenčad trebamo pomoć skrbnika kako bismo zadovoljili svoje potrebe za hranom i sigurnosti, odnosno preživjeli (Zeigler-Hill i sur., 2015; Berk, 2008). Potrebno je da stvaramo socijalne veze u obliku privrženosti kako bismo osigurali normalan razvoj u dojenačkoj dobi i djetinjstvu (Berk, 2008). Istraživanja potvrđuju da se mnogi oblici socijalne interakcije, o kojima nužno ne ovisi preživljavanje, s okolinom javljaju već u dojenačkoj dobi; djeca aktivno traže i zadržavaju pogled na ljudskom licu, razlikuju razne emocionalne izraze lica, kao i lica ljudi od ostalih vrsta i slično (Grossmann, 2015).

Bilo je očekivano da će s vremenom ljudi postaviti pitanje porijekla takvih ponašanja i kako je moguće da su zajednička svim ljudima. Odgovor na ta pitanja može dati evolucijska psihologija, koja se, između ostalog, bavi pitanjem procesa koje je stvorio ljudski um i oblikovao ga u ono što je danas (Buss, 2012). U posljednjih nekoliko desetljeća postojala su neslaganja između socijalne i evolucijske psihologije oko objašnjenja ljudskog ponašanja, što proizlazi iz činjenice da se radi o gotovo potpuno različitim pristupima. Evolucijska perspektiva govori da su naše današnje ponašanje oblikovali čimbenici iz prošlosti, dok se socijalna usmjerava na okolinske čimbenike u samom trenutku ponašanja (Zeigler-Hill i sur., 2015). Međutim, ne možemo zanemariti činjenicu da su mnogi adaptivni problemi iz prošlosti ljudske vrste bili socijalne prirode, poput sklapanja kratkoročnih i dugoročnih veza, uspostavljanje hijerarhije, obrane od suparnika ili uporabe jezika, što je omogućilo razvoj psiholoških mehanizama koji rješavaju navedene probleme, a koji su se održali i dan danas (Buss, 2012). Veliki doprinos autora koji su proučavali ljudsko ponašanje iz evolucijske perspektive jest oblikovanje hipoteze o socijalnom mozgu. Pritom treba razlikovati hipotezu o socijalnom mozgu, koja se odnosi na činjenicu da postoji povezanost između veličine socijalne grupe i veličine mozga (Dunbar, 2009), od pojma socijalni mozak koji se odnosi na područja mozga zadužena za socijalna ponašanja (Harmon-Jones i Inzlicht, 2016). Dunbar (2009) proširuje hipotezu o socijalnom mozgu te predlaže teoriju da veličina mozga nije povezana sa samom veličinom grupe, već sa složenošću grupnih odnosa i interakcija pojedinaca u toj grupi. To je samo jedan od doprinosa evolucijske psihologije u objašnjenju ljudskog ponašanja, o čemu će biti riječi i u daljnjim odlomcima.

Osim evolucijskog stajališta, svoje mjesto u objašnjenju socijalnih

ponašanja našao je i biološki pristup. Tako su sredinom 20. stoljeća socijalni psiholozi koristili neke od bioloških mjera kako bi proučili koji su neuralni procesi u temelju ponašanja ljudi, te je nastao termin socijalna neuroznanost (Harmon-Jones i Inzlicht, 2016). Socijalna neuroznanost usmjerena je na temeljna pitanja o ljudskom umu i njegovoj dinamičkoj interakciji s biološkim sustavom mozga i socijalnim svijetom u kojem se nalazi i djeluje (Cacioppo i Berntson, 2005). Drugim riječima, istraživače iz područja socijalne neuropsihologije zanima veza između socijalnih i neuralnih procesa. Jedan od najranijih važnih doprinosa u razumijevanju neuralne podloge socijalnog ponašanja proučavanje je lezija u slučaju Phineasa Gagea s kraja 19. stoljeća, koji je pokazao značajne promjene ličnosti, kao i socijalno neprikladne ponašajne te emocionalne reakcije nakon ozlijede prefrontalne kore (Harlow, 1993). Osim izučavanja lezija, socijalni neuroznanstvenici koriste i druge metode lokalizacije socijalnih funkcija mozga, a neke od njih su elektroencefalografija (EEG), funkcionalna magnetska rezonancija (fMRI), magnetoencefalografija (MEG), pozitronska emisijska tomografija (PET), transkranijalna magnetska stimulacija (TMS) i slično.

Ovaj će rad obuhvatiti metodologiju socijalne neuroznanosti te prikazati specifičnosti mjerenja socijalnih konstrukata na koje se treba obratiti posebna pažnja. Spomenut će se neke prednosti i neki nedostaci metoda izučavanja lokalizacije socijalnih funkcija u ljudskom mozgu kako bismo ih kasnije povezali s prikazanim studijama. Prikazat će se razvoj socijalnog mozga od dojenačke do odrasle dobi, s naglaskom na adolescenciju, te koje se strukturalne i funkcionalne promjene socijalnog mozga odvijaju u tom razdoblju. Osim toga, u radu će biti prikazan pregled dosadašnjih nalaza iz evolucijske psihologije i socijalne neuroznanosti o dva složena oblika ljudskog ponašanja; prosocijalno i agresivno ponašanje. Iako je većina radova u području socijalnog ponašanja svoje nalaze temeljila na životinjskom uzorku, ovaj će se rad usredotočiti na nalaze dobivene proučavanjem ljudskog ponašanja, jer se nalazi takvih istraživanja s većom sigurnošću mogu generalizirati na ljudsku vrstu. Na kraju će biti prikazani glavni zaključci i smjernice za daljnja istraživanja u ovom području.

## METODOLOŠKI IZAZOVI

Mjerenje aktivnosti mozga i izučavanje lokalizacije u socijalnoj psihologiji predstavljaju velik napredak u razumijevanju neuralnih procesa i psiholoških mehanizama zaduženih za obavljanje društvenih aktivnosti, no u samom procesu mjerenja javljaju se i određeni metodološki izazovi. Neki od njih odnose se na karakteristike metoda korištenih u istraživanju područja socijalne psihologije, dok se drugi odnose na karakteristike socijalnih situacija korištenih kao podražaj.

Ranije je spomenut slučaj Phineasa Gagea (Harlow, 1993), a taj je nalaz dobiven pomoću izučavanja lezija; najstarije i najutjecajnije metode izučavanja lokalizacije funkcija u neuroznanosti (Vaidya i sur., 2019). Iako je izučavanje lezija donijelo mnoge vrijedne nalaze u tom području, npr. lokalizacija govornih područja mozga (Dronkers i sur., 2004), postoji ne-

koliko razloga zašto treba biti oprezan pri generalizaciji nalaza na osobe neoštećenog mozga. Jedan od njih je taj što susjedni dijelovi oštećenog dijela mozga mogu preuzeti funkciju oštećenog te tako dolazi do reorganizacije funkcija (Vaidya i sur., 2019). Tada i susjedni dijelovi postaju zaduženi za funkciju koju želimo ispitati, pa ne možemo precizno govoriti o samo jednom dijelu mozga odgovornim za ponašanje. Osim toga, ponekad nakon oštećenja dolazi do smanjenja funkcije, ne zbog oštećenog dijela, već zbog oštećenja vlakana koje prolaze tim područjem (Willingham i Dunn, 2003), što bi moglo značiti da oštećeno područje nije povezano s oslabljenom funkcijom, već potencijalno i s nekom drugom.

Ono što je važno spomenuti pri mjerenju mozga u socijalnim situacijama jest da su konstrukti socijalne psihologije složeni (Willingham i Dunn, 2003). Ti konstrukti se nazivaju konstrukti drugog reda (npr. stavovi, stvaranje dojma, prosocijalno ponašanje.), što znači da su sastavljeni od konstrukata prvog reda, koji su najčešće kognitivni (npr. pamćenje i mišljenje; Willingham i Dunn, 2003). Zbog tog svojstva autori ističu problem pri mjerenju socijalnih konstrukata: kada izmjerimo aktivaciju mozga pri nekom ponašanju, ne možemo biti potpuno sigurni da ti dijelovi nisu zapravo zaduženi za konstrukte prvog reda od kojeg je sastavljen socijalni konstrukt. Rješenje bi moglo predstavljati rastavljanje socijalnog konstrukta na konstrukte prvog reda te zasebno mjerenje svakog od tih konstrukata. Tada bi se rezultati mjerenja konstrukata prvog reda mogli usporediti s rezultatima mjerenja socijalnog konstrukta. Drugi problem leži u tome što su socijalni procesi i dinamični; ljudi mijenjaju svoje ponašanje u skladu s tuđim i obrnuto, te se taj proces neprestano mijenja (Willingham i Dunn, 2003). Zbog toga u obzir treba uzeti karakteristike tehnika za mjerenje aktivacije mozga. Tako npr. PET i fMRI ne mogu pratiti brze promjene u aktivaciji mozga jer pružaju informacije u razmaku od nekoliko sekundi, dok EEG i MEG prate aktivaciju u milisekundama. S druge strane, EEG i MEG nemaju dobar prostorni prikaz neuralne aktivacije čime je smanjena kvaliteta prikaza i otežana lokalizacija funkcije (Willingham i Dunn, 2003).

Ono što je također važno za područje istraživanja u socijalnoj neuropsihologiji jest ekološka valjanost, o kojoj je već govorio i Brunswik (1949). Važno je da je podražaj u laboratorijskim uvjetima što sličniji stvarnoj situaciji jer je u socijalnoj neuropsihologiji već utvrđeno da je reakcija mozga na pasivno gledanje socijalne situacije drugačija od reakcije mozga u situaciji kada aktivno sudjelujemo u interakciji s drugima (Tylen i sur., 2012). U svom su eksperimentu autori pokazali da se kod samog promatranja socijalne situacije aktiviraju područja medijalne prefrontalne kore (MPK), dok se kod sudjelovanja u socijalnoj situaciji aktiviraju dijelovi posteriornog superiornog temporalnog sulkusa (pSTS; Tylen i sur., 2012). Iako autori nisu koristili prirodne uvjete već samo videozapise, možemo zaključiti da različit stupanj uključenosti aktivira i različite dijelove mozga, što bi moglo značiti da su dosadašnje studije međusobno neusporedive ako su koristile podražaje različitog stupnja uključenosti u situaciju. Zbog ekološke valjanosti bilo bi idealno kada bi se eksperimenti u području socijalne kognicije i ponašanja mogli provesti u prirodnim uvjetima, jer je i kontekst vrlo važan za razumijevanje i reagiranje na socijalnu situaciju (Shamay-Tsoory, i Mendelsohn, 2019). Međutim, to može predstavljati izazov jer neke tehnike, poput MEG i fMRI, ne dopuštaju

mjerenje u prirodnim uvjetima, dok prijenosni EEG i funkcionalna bliska infracrvena spektroskopija (fNIRS) to omogućuju. S mjerenjima u prirodnim uvjetima javljaju se i problemi slabe kontrole i mogućnosti ponavljanja eksperimenta (Shamay-Tsoory i Mendelsohn, 2019) jer su podražaji u prirodnim uvjetima često barem malo drugačiji od situacije do situacije. Rješenje može biti korištenje videozapisa umjesto statičnih slika, ili barem opis konteksta uz sliku kako bi situacija bila što prirodnija.

## RAZVOJ SOCIJALNOG MOZGA

Dosad je već poznato da se mozak razvija ne samo do adolescencije, već se mijenja tijekom cijelog života. Primjer za to su brojni nalazi osoba s ozljedama mozga gdje su, čak i u starijoj dobi, susjedna područja mozga preuzela funkciju oštećenog dijela, čime su potvrdila postojanje plastičnosti mozga (Sampaio i sur., 2001). No, u ovom dijelu rada fokus će primarno biti na razvoju socijalnog mozga do odrasle dobi, s naglaskom na adolescenciju. Pojam socijalnog mozga odnosi se na „složenu mrežu područja koja nam omogućuju prepoznavanje drugih i evaluaciju njihovih mentalnih stanja (namjera, želja i vjerovanja), emocija, trajnih dispozicija i ponašanja“ (Blakemore, 2008, str 267). Drugim riječima, to su regije mozga uključene u procese socijalne kognicije.

Dobro je poznat nalaz da se oko četvrte godine života javlja sposobnost razumijevanja pogrešnih vjerovanja (Berk, 2008), no brojna istraživanja pokazuju da se znakovi socijalne kognicije javljaju već u dojenačkoj dobi. Na temelju takvih ranijih istraživanja, Grossmann (2015) predlaže načela razvoja funkcija socijalnog mozga kod dojenčadi uz koje veže i područja mozga koja sudjeluju u tim procesima; načelo samo-relevantnosti, združena pažnja, sposobnost predviđanja tuđih postupaka i ciljeva, kategorizacija, diskriminacija i integracija. Načelo samo-relevantnosti (koje uključuje kontakt očima i govor usmjeren djeci), kao i združena pažnja (eng. joint engagement) javljaju se prije dobi od šest mjeseci, a povezani su s područjem MPK. Sposobnost predviđanja tuđih postupaka i ciljeva također se javlja prije navršenih šest mjeseci (npr. Woodward, 2009), a povezana je s inferiornom frontalnom i premotoričkom korom. Kategorizacija objekata i ljudi u skupine javlja se nakon navršenih šest mjeseci, a najaktivnije područje u zadacima razlikovanja lica ljudi i majmuna i sličnim zadacima je inferiorna temporalna kora (npr. Pascalis i sur.). Kao zadnja dva načela, Grossman (2015) navodi diskriminaciju i integraciju; oba se javljaju nakon šest mjeseci, a veže ih se uz aktivaciju superiorne temporalne kore. Djeca su veoma rano sposobna razlikovati različite emocionalne ekspresije (npr. Nelson i de Haan, 1996), ali i integrirati informacije o formi i pokretu u jedan objekt (npr. pokret i izgled čovjeka nasuprot pokretu i izgledu robota; npr. Grossmann i sur., 2013). Iako dojenčad pokazuje jednostavne oblike navedenih procesa, oni su izuzetno važni i predstavljaju temelj za daljnje razvijanje socijalnog mozga koje će biti zaduženo za sve složenije oblike socijalnog ponašanja. U ranom djetinjstvu također postoje značajne neuralne promjene, no u daljnjem tekstu fokus će biti na razvoju socijalnog mozga oko adolescencije, budući da je ono razbolje najznačajnijih promjena.



Istraživanje koje su proveli Mills i suradnici (2014) pokazuje da se socijalni mozak značajno mijenja od djetinjstva do adolescencije. Adolescencija je razdoblje ključno za strukturalni i funkcionalni razvoj socijalnog mozga, a to je ujedno i vrijeme praćeno brojnim socijalnim promjenama; pojačano se razvija samosvijest, odnosi s vršnjacima postaju važniji i složeniji, sklapaju se nova prijateljstva te romantične veze (Blakemore, 2008; Berk, 2008). U svom istraživanju, Mills i sur. (2014) usredotočili su se na proučavanje neuralne podloge procesa mentalizacije, koju definiraju kao „sposobnost izvođenja zaključaka o tuđim namjerama, vjerovanjima i željama na temelju čega se može predvidjeti njihovo ponašanje“ (str. 123), a što je važan dio socijalne kognicije. Na uzorku od 288 osoba proveli su longitudinalno istraživanje koristeći MR koje je pratilo promjene od djetinjstva, preko adolescencije pa do odrasle dobi, u područjima mozga otprije otkrivenima kao ključnima za proces mentalizacije (Blakemore, 2012); MPK, temporoparijetalni spoj (TPS), posteriorni superiorni temporalni sulkus (pSTS) i anteriorna temporalna kora (ATK). Nalazi jasno pokazuju da je volumen sive tvari u MPK, TPS i pSTS najveći u kasnom djetinjstvu nakon čega opada do odrasle dobi, dok se volumen sive tvari u ATK povećava sve do adolescencije (oko 12. godine) nakon čega opada. Debljina kore u MPK, TPS i pSTS linearno se smanjuje tijekom adolescencije, a kod ATK se povećava do rane odrasle dobi. Površina svih područja najveća je u ranoj adolescenciji prije nego što počne opadati u ranim dvadesetima, dok su prošle studije pokazale da postoji generalno opadanje za frontalnu, temporalnu i parijetalnu koru (Østby i sur., 2009). Razlog tome mogao bi biti što se u ovom istraživanju ispitala veličina samo jednog malog dijela kore koja je došla do izražaja, do kojeg možda ne bi došla da se pratio općeniti razvoj cijele kore. Osim toga, i neka ranija istraživanja također potvrđuju pojačanu aktivnost regija zaduženih za prepoznavanje osoba (konkretnije lateralna i superiorna prefrontalna regija) između djetinjstva i adolescencije, nakon čega aktivnost opada do odrasle dobi (Carey i sur., 1980). Veća aktivnost MPK i lijevog inferiornog frontalnog sulkusa kod djece nego kod odraslih uočena je i tijekom rješavanja zadataka razumijevanja ironije (proces mentalizacije), iako je točnost izvedbe ista (Amodio i Frith, 2006). Rezultati općenito pokazuju da postoje značajne strukturalne promjene i smanjenje aktivnosti područja mozga zaduženih za procese socijalne kognicije od djetinjstva, preko adolescencije pa do odrasle dobi. Autorica predlaže da bi smanjenje aktivnosti moglo biti povezano sa strukturalnim promjenama u tom razdoblju života, konkretnije s odbacivanjem viška sinapsi koje nisu potrebne za učinkovito obavljanje zadataka (Blakemore, 2008).

## PROSOCIJALNO PONAŠANJE

Nakon što je prikazan tijek neuralnog razvoja jednostavnijih socijalnih procesa, osvrnut ćemo se na jedno od složenih ljudskih ponašanja koje nazivamo prosocijalno ponašanje. Ono se odnosi na sva ona ponašanja koja činimo u korist drugih, bez obzira na to što dolazi do vlastitog troška (Batson i sur., 1981). Iz evolucijske bi se perspektive na prvi pogled moglo reći da je ovakvo ponašanje, pogotovo prema nesrodnicima beskorisno, jer,

naizgled, ne doprinosi opstanku vlastitih gena, no evolucijska psihologija ipak je ponudila jednostavno objašnjenje. Trivers (1971) predlaže teoriju recipročnog altruizma, prema kojoj dolazi do suradnje ili pomaganja između dvije strane, pri čemu obje strane imaju određenu korist. Prema evolucijskoj psihologiji, mehanizam recipročnog altruizma održao se kod ljudi jer će oni koji iskazuju altruistično, odnosno prosocijalno ponašanje, biti reproduktivno uspješniji od onih koji se ponašaju na sebičan način (Buss, 2012). Drugim riječima, uspjeh u razmnožavanju imat će osobe koje pomažu drugima, te će se, metodom prirodnog odabira, neuralna organizacija koja omogućuje prosocijalno ponašanje prenositi kroz daljnje generacije. Osoba koja se ponaša prosocijalno očekuje da će mu se vratiti određena korist od troška koji je pretrpio, bilo putem reputacije, bilo putem dobivanja drugih resursa i tako će smanjiti svoj trošak pomaganja (Buss, 2012). Ukratko, evolucijska psihologija predlaže da ako ulaganje troška, tj. pomaganje drugoj osobi, rezultira vlastitom koristi u budućnosti, tada će evoluirati psihološki mehanizmi za pružanje pomoći drugima i tako će opstati prosocijalno ponašanje kod ljudi (Buss, 2012).

Važno je znati i koji su procesi mozga u podlozi prosocijalnog ponašanja. Već su Batson i sur. (1981) predložili da se ljudi ponašaju prosocijalno onda kad osjećaju empatiju prema drugima, a koju karakterizira „emocionalno proživljavanje s drugom osobom i emocionalno reagiranje na sličan način“ (Berk, 2008, str. 249). Istraživanje koje su proveli Morelli i sur. (2014) bavi se upravo identificiranjem neuralne podloge empatije i njenom povezanošću s prosocijalnim ponašanjem. U istraživanje su uključili tri vrste empatije; empatiju za bol, tjeskobu i sreću. Zamolili su sudionike da empatiziraju s likovima na slikama uz koje je bio opis konteksta (za što je ranije spomenuto da je bolje od slika bez konteksta), pri čemu su im mjerili aktivnost mozga pomoću fMRI. Sudionici su na kraju svakog dana, tijekom dva tjedna ispunjavali upitnik o svom prosocijalnom ponašanju. Rezultati su pokazali da su slike na kojima je prikazana bolna situacija aktivirale područja dorsalne anteriorne cingularne kore (dACK) i anteriorne inzule (AI), što je aktivirano i tijekom empatiziranja za tuđu tjeskobu, dok su slike s prikazom sretnih situacija aktivirale ventromedijalnu prefrontalnu koru (vmPFK), koja je inače povezana s pozitivnim afektom i nagrađivanjem. Vrijedan nalaz ovog istraživanja jest i da je područje zajedničko svim vrstama empatije septalno područje, a koje se nalazi u donjem dijelu frontalnog režnja (Morelli i sur., 2014). Autori su korelirali prosječnu aktivnost u septalnom području sudionika s prosječnim brojem pomagačkih ponašanja tijekom dana i utvrdili da postoji značajna povezanost. Time su zaključili da je aktivacija septalnog područja tijekom doživljaja empatije konzistentno povezana s pomagačkim ponašanjima i možda predstavlja neurokognitivni mehanizam koji podupire prosocijalnu motivaciju (Morelli i sur., 2014). Ono što se može uočiti iz korištenih materijala jest da su neka od pomagačkih ponašanja iz upitnika rijetka za određene osobe (npr. zadržavanje dizala za osobe iz ruralnih područja), što bi značilo da osoba nije ni imala prilike napraviti to za drugu osobu, pa bi samo iz tog razloga označila odgovor „o“, tj. „ne“. Iako su autori dobili značajnu pozitivnu povezanost između aktivacije septalnog područja i čestine pomagačkih ponašanja, u nekim drugim istraživanjima zbog toga bi

potencijalno moglo doći do drugačijih rezultata.

Važni nalazi u području prosocijalnog ponašanja proizlaze i iz metaanalize koju su proveli Bellucci i sur. (2020). U svoju analizu uključili su 600 studija oslikavanja mozga (eng. neuroimaging) koje su se bavila identifikacijom neuralnih podloga empatije, mentalizacije i prosocijalnog ponašanja. Rezultati su pokazali da empatija uglavnom aktivira područje anteriorne inzule, amigdale i medijalne cingularne kore (MCK). Kod procesa mentalizacije uglavnom je aktivna temporalna kora, temporoparijetalni spoj (TPS), vršak temporalnog režnja (eng. temporal pole), posteriorna cingularna kora (PCK) i MPK. Kad se osoba uključuje u prosocijalno ponašanje, pokazano je da su najaktivnija područja vmPFK, lijeve dorzolateralne prefrontalne kore (dlPFK), MCK i dorzalne posteriorne cingularne kore (dPCK; Bellucci i sur., 2020). Autori su dodatno proučili koja su područja zajednička prosocijalnom ponašanju, empatiji i mentalizaciji, pa su tako našli određena preklapanja. Tako je i kod prosocijalnog ponašanja i empatiziranja aktivna MCK, a preklapanje s procesom mentalizacije postoji u vmPFK i dPCK. Zbog toga predlažu da su i mentalizacija i empatija preduvjet prosocijalnom ponašanju, jer moramo razumjeti namjere i ciljeve drugih, ali i osjetiti potrebu da smanjimo tuđu nelagodu (Bellucci i sur., 2020). U istraživanju koje su proveli Gallo i suradnici (2018), sudionici su gledali videozapise u kojem osoba doživljava bol (udarac po ruci) te su im mogli smanjiti intenzitet udarca/boli donirajući dio novca kojeg su trebali dobiti od sudjelovanja u istraživanju, pritom ne znajući da je osoba koja doživljava bol zapravo pomoćni eksperimentator. Za to im se vrijeme snimala aktivacija mozga pomoću EEG-a, a glavni fokus bio je na somatosenzornoj kori. Nalazi pokazuju da se u trenutku kada osoba na videozapisu primi udarac po ruci, kod sudionika aktivira područje lijeve dorsalne somatosenzorne kore, što inače predstavlja prikaz vlastite ruke (Gallo i sur., 2018). Utvrđena je i značajna pozitivna korelacija između jačine boli i količine doniranog novca što je autore navelo na zaključak da aktivacija somatosenzorne kore doprinosi donošenju prosocijalnih odluka i to na način da transformiramo trzaj ruke (žrtve) uzrokovanog udarcem u percepciju boli, koji zatim služi kao poticaj za donošenje odluke o prosocijalnom ponašanju (Gallo i sur., 2018). Budući da se time aktivira područje lijeve dorzalne somatosenzorne kore, koje je inače zaduženo za prikaz ruke, to bi značilo da dijelovi mozga koji primarno služe za vlastite osjete imaju i socijalnu funkciju (Gallo i sur., 2018).

Moglo bi se pretpostaviti da se takva podudarnost javlja i za ostale dijelove tijela, što bi daljnja istraživanja mogla ispitati. Kada osoba vidi nečiju bol, tada možda i sama može približno osjetiti koju jačinu boli druga osoba doživljava, što ju zatim navede na pružanje pomoći. Iz evolucijske perspektive takvo bi se prosocijalno ponašanje moglo protumačiti kao „pomaganje samome sebi“, jer pomazemo kako bismo sebi smanjili osjećaj nelagode uzrokovan gledanjem tuđe boli i aktivacijom zaduženih područja u našem mozgu. Ono što bi potencijalno moglo utjecati na rezultate ovog istraživanja jest to što su sudionici u pauzi od eksperimenta mogli komunicirati s osobom (pomoćnim eksperimentatorom) za koju su mislili da je primala udarac i da je jedan od sudionika, a kojem je slučajno dodijeljena ta uloga. Vangelisti i sur. (1991) predlažu



kako razgovor o samom eksperimentu i ulogama može potaknuti osjećaj krivnje, pogotovo ako dođe do usporedbe stanja u kojem se osobe nalaze. Sudionik misli da je njemu slučajno dodijeljena uloga promatrača, dok je drugoj osobi dodijeljeno da prima udarce, što bi kod njega daljnjim razgovorom s „drugim sudionikom“ moglo potaknuti osjećaj krivnje. Zbog toga bi sudionik mogao donirati više novaca da nadoknadi štetu i smanji bol druge osobe, a što bi dijelom zamaskiralo stvarnu povezanost između jačine boli i količine doniranog novca jer razgovor između svakog sudionika s „drugim sudionikom“ ne bi izazvao jednak osjećaj krivnje. Iako autori navode da je razgovor uveden kako bi kod sudionika pojačao osjećaj realnosti eksperimenta, zbog navedenih mogućih poteškoća bi se mogao izuzeti iz daljnjih sličnih istraživanja.

Osim struktura mozga koje su uključene u prosocijalno ponašanje, istraživači su se bavili i proučavanjem veze prosocijalnog ponašanja s hormonima, od kojih se najviše ističe oksitocin. U svom pregledu različitih istraživanja oksitocina, Bethlehem i sur. (2013) zaključuju kako oksitocin modulira (pro)socijalno ponašanje putem mehanizama povećanja empatije i povjerenja u druge ljude te smanjenjem socijalnog stresa i tjeskobe. Primjerice, pojačana aktivnost oksitocina nađena je u anteriornoj cingularnoj kori, područje ranije spomenuto kao neuralna podloga empatije, a upravo su Kosfeld i suradnici (2005) zabilježili češće empatiziranje za tuđa stanja kada je razina oksitocina bila povećana. U metaanalizu koju su proveli Yang i sur. (2021) bilo je uključeno 41 istraživanje povezanosti oksitocina, vazopresina i testosterona s kooperativnim ponašanjima. Kooperacija je oblik ponašanja u kojem ljudi ulažu vlastiti trošak u korist drugih, tijekom čega izvršavaju zadatke s drugim ljudima kako bi došli do zajedničkog cilja (Yang i sur., 2021). Rezultati metaanalize pokazuju da postoji značajna umjerena povezanost oksitocina i kooperativnog ponašanja u video-igricama, kada se oksitocin ubrizgavao u nos, što je u skladu s prethodno spomenutim nalazom. Osim oksitocina, važnu ulogu u iskazivanju kooperativnog ponašanja ima i vazopresin. Rezultati pokazuju da postoji negativna povezanost razine vazopresina i kooperativnog ponašanja, tj. sudionici kojima je bio ubrizgan vazopresin manje su se uključivali u pomaganje drugima (Yang i sur., 2021). Ranija istraživanja u vezu dovode visoke razine testosterona s agresivnim ponašanjem, zbog čega bi se moglo pretpostaviti da su niske razine tog hormona povezane s kooperativnim ponašanjem. Međutim, rezultati metaanalize (Yang i sur., 2021) pokazuju da razina testosterona ipak nije povezana s kooperativnim ponašanjem, što bi se moglo pripisati višestrukom i interakcijskom djelovanju hormona i čestom miješanju njihovih efekata na različita ponašanja kod ljudi.

## **AGRESIVNO PONAŠANJE**

Ponašanje suprotno prosocijalnom naziva se agresivno ponašanje koje je, iz evolucijske perspektive, nešto jednostavnije za shvatiti. Iako u evolucijskoj psihologiji ne postoji jasna hipoteza o porijeklu agresije, ipak se nudi nekoliko objašnjenja. Jedan od mogućih razloga jest taj što se agresijom moglo doći do tuđih resursa u svrhu vlastitog preživljavanja

i razmnožavanja (Buss, 2012). Osim toga, ljudi su iskazivali agresiju kako bi se obranili od nečijeg napada te kako bi uspostavili status i hijerarhiju moći (Buss, 2012). Nadalje, kao cilj agresije navode se i nametanje troškova istospolnim suparnicima, odvrćanje suparnika od buduće agresije, kao i odvrćanje dugoročnih partnerica od buduće nevjere (Buss, 2012). Ova objašnjenja lako bi se mogla primijeniti na razne agresivne događaje današnjice poput ratova, nereda ili nasilja u školi i obitelji. Ukratko, evolucijsko gledište nalaže da je agresivno ponašanje bilo rješenje za mnoge adaptivne probleme važne za preživljavanje i razmnožavanje pa su se zato razvili psihološki mehanizmi koji su prisutni i danas.

Ranije je spomenut nalaz Batsona i sur. (1981) koji su pretpostavili da empatija prethodi prosocijalnom ponašanju, a čija su preklapanja kasnije našli Bellucci i sur. (2020). Zbog toga bismo mogli pretpostaviti da bi nedostatak empatije, mogao biti preduvjet za agresivno ponašanje. Sličnim pitanjem, u svom su se istraživanju bavili Decety i sur. (2009), gdje su uspoređivali skupinu adolescenata s poremećajem u ponašanju s ne-kliničkom skupinom adolescenata u empatičkim odgovorima na doživljaj nečije boli. Poremećaj u ponašanju karakterističan je za djetinjstvo i adolescenciju, a obilježavaju ga agresivno ponašanje, zlostavljanje, bježanje od kuće i ostala antisocijalna ponašanja (Decety i sur., 2009). U istraživanju agresivnog ponašanja kod ljudi, gotovo se uvijek koriste korelacijska istraživanja ili kvaziekperimenti sa skupinama koje već pokazuju češće agresivno ponašanje od prosjeka, jer iz etičkih razloga takvo ponašanje nije sigurno izazvati kod ljudi. Obje skupine sudionika gledala su videozapise na kojima su prikazani ljudi koji doživljavaju bol slučajnom nezgodom ili kojima druga osoba namjerno nanosi bol, dok su im za to vrijeme snimali aktivnost mozga pomoću magnetske rezonancije (Decety i sur., 2009). Nalazi pokazuju da, između ostalog, postoji jača aktivnost amigdala, strijatuma i vrška temporalnog režnja (eng. temporal pole) kod sudionika s poremećajem u ponašanju nego kod kontrolne skupine. U situaciji s videom gdje osoba namjerno nanosi bol drugoj osobi, kontrolna skupina pokazuje aktivaciju MPK, orbitofrontalne kore (OFK) i TPS, dok su kod kliničke skupine aktivni samo inzula i precentralni gyrus (Decety i sur., 2009). Takvi nalazi sugeriraju da je doživljaj empatije i tuđe boli uistinu različit kod osoba koje češće iskazuju agresivno ponašanje, za razliku od prosječnih ljudi, tj. da pokazuju atipičan odgovor na tuđu bol, što bi mogla biti podloga agresivnom ponašanju. Međutim, ove zaključke treba uzeti s oprezom budući da je uzorak bio vrlo malen (N=16). Huebner i suradnici (2008) u svoje su istraživanje također uključili adolescente s poremećajima u ponašanju te predlažu da su za razvoj antisocijalnog ponašanja odgovorni limbički sustav i OFK. Autori su pomoću MR istražili razlike u strukturi mozga između skupine djece s poremećajem u ponašanju i kontrolne skupine. Rezultati su pokazali da je ukupan volumen sive tvari kod djece s poremećajem u ponašanju, 6% manji od volumena sive tvari djece iz kontrolne skupine i to u sljedećim područjima: temporalni režanj, lijeva amigdala, lijevi hipokampus, orbitofrontalna i ventromedijalna područja (Huebner i sur., 2008), iz čega bismo mogli zaključiti da ta područja predstavljaju važni neuralni korelat agresivnog ponašanja. To je u skladu i s prijašnjim istraživanjima koja su istaknula ulogu navedenih područja u iskazivanju agresije, bilo zbog pojačane aktivacije, bilo zbog

ozljeda tih područja (npr. Harlow, 1993).

Limbički sustav (koji, između ostalog, uključuje amigdala i hipokampus) zadužen je za procesiranje emocija, dok je OFK zadužen za inhibiciju neprikladnih emocija i ponašanja (Huebner i sur., 2008), što pokazuje njihovu ulogu u nastanku agresivnog ponašanja. Treba dakako uzeti u obzir da su sudionici iz kliničke skupine, osim što su imali poremećaj u ponašanju, također pokazivali i znakove poremećaja hiperaktivnosti i deficita pažnje (eng. attention deficit and hyperactivity disorder, ADHD) što bi moglo zamagliti rezultate ovog istraživanja jer neuralna podloga jednog i drugog poremećaja nisu bile razdvojene. Također, kod istraživanja agresivnog ponašanja kod djece, važno je uzeti u obzir ranije spomenuti nalaz o razvoju socijalnog mozga tijekom adolescencije (pogotovo procesa mentalizacije koji uključuje razumijevanje namjera drugih) te biti pažljiv kod usporedbe različitih skupina adolescenata jer se područja socijalnog mozga mijenjaju od 12. godine pa sve do odrasle dobi (Mills i sur., 2014). Također, zbog sličnog razloga treba biti pažljiv i kod generalizacije nalaza na populaciju odraslih, čiji je mozak potpuno razvijen, pa ne prolazi kroz veće strukturalne i funkcionalne promjene.

Važnu ulogu u modulaciji agresivnog ponašanja imaju i hormoni i neurotransmiteri. Već je sredinom prošlog stoljeća bilo poznato da nedostatak serotonina igra važnu ulogu u iskazivanju agresije (npr. Valzelli i Garattini, 1968) te je nalaz o tome kasnije bio sročćen u tzv. hipotezu o nedostatku serotonina (Duke i sur., 2013). U metaanalizi koju su proveli Duke i sur. (2013) bila su uključena 175 istraživanja koja broje preko 6500 sudionika, a koja su se bavila ulogom serotonina u agresivnom ponašanju, ljutnji i hostilnosti. Iako je hipoteza o nedostatku serotonina bila općeprihvaćena kao „jedan od najpouzdanijih nalaza u povijesti psihijatrije“ (Fishbein, 2001, str. 15), rezultati metaanalize pokazali su da, iako u prosjeku postoji značajna negativna povezanost između razine serotonina i čestine iskazivanja agresije, ona je vrlo mala i iznosi tek  $r = -.12$  (Duke i sur., 2013). Autori su predložili nekoliko objašnjenja za dobivene nalaze, među kojima su nepouzidane mjere agresije i razine serotonina, te različita metodologija od studije do studije (npr. anketni upitnik, intervju, laboratorijska ispitivanja i sl.). Još jedan hormon koji se pokazao važnim u iskazivanju agresije jest vazopresin. Kawada i sur. (2019) proveli su eksperiment u kojima su polovici svojih sudionika dali vazopresin u spreju za nos, a polovici placebo tekućinu, te su ih uputili da igraju igricu u kojoj se mogu ponašati agresivno, pri čemu je agresija iskazana kao krađa tuđeg virtualnog resursa za stvaranje vlastite prednosti. Zatim su usporedili broj krađa resursa između osoba iz eksperimentalne i kontrolne skupine, a rezultati su pokazali da je kod sudionika s primljenim vazopresinom došlo do većeg broja krađa nego kod kontrolne skupine. To je u skladu s prethodno navedenim nalazom metaanalize (Yang i sur., 2021) u kojem je kod sudionika s primljenim vazopresinom došlo do rjeđeg uključivanja u kooperativno ponašanje. Ipak, zbog načina na koji je mjerena agresija (ponašanje u igrici) treba biti oprezan s generalizacijom na sva agresivna ponašanja koja ljudi iskazuju u stvarnom životu. Možda je krađom tuđeg resursa iskazana kompetitivnost, često prisutna u video-igramama, a ne agresivnost, što je i inače veoma teško razdvojiti. Daljnja istraživanja mogla bi se fokusirati na realističnija verbalna i neverbalna agresivna ponašanja sudionika tijekom igranja igrice poput psovanja,

lupanja po tipkovnici i sl. Osim navedenih hormona, ranija istraživanja pokazuju jasnu povezanost testosterona s agresivnim ponašanjem i kod životinja i kod ljudi (Archer, 1991). Međutim, novija istraživanja ukazuju na to da je ta povezanost kod ljudi veoma mala ili da je uopće nema (Popova i sur., 2018). Ono što bi se moglo preporučiti budućim istraživačima u ovom području, kako bi se dobili točniji i potencijalno konzistentniji rezultati jest prilagodba načina mjerenja agresije. U istraživanju Popova i sur. (2018) koristi se upitnička mjera samoprocjene vlastite agresije, u kojoj može doći do namjernog ili slučajnog iskrivljavanja odgovora, budući da se agresivno ponašanje smatra nepoželjnim oblikom ponašanja. Za istraživanja u socijalnoj psihologiji bilo bi poželjno da se promatra i na standardiziran način bilježi stvarno agresivno ponašanje sudionika te da se ono dovodi u korelaciju s razinom testosterona.

## ZAKLJUČAK

Aktivacija određenih dijelova mozga povezana je s našim ponašanjem, a ponašanje okoline u prošlosti povezano je s razvojem našeg mozga. Iako neuropsihologija, socijalna i evolucijska psihologija koriste međusobno različite razine analize u objašnjavanju ljudskog ponašanja, posljednjih desetljeća udružile su snage i metode kako bi zajednički razumjele način na koji funkcionira ljudski um. Iako ima brojnih preklapanja u dosadašnjim nalazima, postoje i neka odstupanja što bi se dijelom moglo pripisati individualnosti i složenosti ljudskog uma, ali i metodologiji mjerenja socijalnih ponašanja. Metode treba prilagoditi specifičnostima socijalnih situacija koje se proučavaju, a koje su dinamične, složene i odvijaju se unutar određenog konteksta. Zato je važno da su mjere koje koristimo precizne, da registriraju brze signale te da se mogu koristiti u prirodnim uvjetima. Brojni nalazi pokazuju da se znakovi socijalne kognicije pojavljuju već u dojenačkoj dobi, a socijalni mozak, koji uključuje dijelove prefrontalne i temporalne kore, razvija se sve do odrasle dobi. Pritom se najveće promjene događaju u adolescenciji, ali je važno uočiti da se one ne odvijaju istim tempom za sve regije što nam daje naslutiti da bi se zbog toga i socijalne vještine mogle razvijati različitim tempom. Dvije važne i složene socijalne funkcije jesu prosocijalno i agresivno ponašanje. Evolucijska psihologija predlaže da su se oba ponašanja razvila zbog zahtjeva okolinskih čimbenika na koja su naši preci morali odgovoriti, sve u svrhu preživljavanja i razmnožavanja. Nalazi pokazuju kako empatija, za koju je važno septalno područje, prethodi prosocijalnom ponašanju, a neka od ključnih područja aktivnih kod prosocijalnog ponašanja su dijelovi prefrontalne i cingularne kore. Od hormona, važnu ulogu u moduliranju prosocijalnog ponašanja imaju oksitocin i vazopresin. Istraživanja na adolescentima s poremećajem u ponašanju ukazuju na neuobičajene obrasce empatije kod agresivnih osoba te jaču aktivnost amigdala, koje imaju važnu ulogu u iskazivanju emocija. Možemo uočiti da nije istaknuta aktivacija u orbitofrontalnoj kori, koja inače služi za inhibiciju neprikladnih emocija i ponašanja. U iskazivanju agresije, važnu ulogu imaju i serotonin i vazopresin. Uočljivo je da se u velikom broju istraživanja ističe uloga temporalne, prefrontalne i cingularne kore, kao i limbičkog sustava u iskazivanju društvenog ponašanja.

Iako još uvijek postoje brojna preklapanja i neslaganja u izučavanju lokalizacije socijalnih funkcija, to nam sugerira da trebamo poboljšati mjere izučavanja i potaknuti još veću suradnju između različitih disciplina. Važno je i objaviti neznačajne i kontradiktorne nalaze, što se može zaključiti iz nalaza prikazane metaanalize studija o serotoninu. Buduća istraživanja također bi se trebala usredotočiti na mjerenje u prirodnih uvjetima jer rezultati ovise o stupnju uključenosti u situaciju i o kontekstu. Područje socijalne neuroznanosti relativno je slabo istraženo u odnosu na druga područja, a vrijednost spoznaja takvih istraživanja možemo vidjeti u raznim slučajevima. Jedan od njih područje je neurokirurgije, gdje je važno da prilikom raznih procedura ne oštetimo područja zadužena za socijalne funkcije, a važno je i kod ljudi s traumatskim ozljedama mozga, kako bismo ih lakše pripremili na promjene koje bi mogle uslijediti.

## LITERATURA

- Amodio, D. M. i Frith, C. D. (2006). Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(4), 268-277. <https://doi.org/10.1038/nrn1884>
- Archer, J. (1991). The influence of testosterone on human aggression. *British Journal of Psychology*, 82(1), 1-28. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1991.tb02379.x>
- Batson, C. D., Duncan, B. D., Ackerman, P., Buckley, T. i Birch, K. (1981). Is empathic emotion a source of altruistic motivation? *Journal of Personality and Social Psychology*, 40(2), 290-302. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.40.2.290>
- Bellucci, G., Camilleri, J. A., Eickhoff, S. B. i Krueger, F. (2020). Neural signatures of prosocial behaviors. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 118, 186-195. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.07.006>
- Berk, L. (2008). *Psihologija cjeloživotnog razvoja*. Naklada Slap.
- Bethlehem, R. A. I., van Honk, J., Auxeung, B. i Baron-Cohen, S. (2013). Oxytocin, brain physiology, and functional connectivity: A review of intranasal oxytocin fMRI studies. *Psychoneuroendocrinology*, 38(7), 962-974. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2012.10.011>
- Blakemore S.-J. (2008). The Social Brain in Adolescence. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(4), 267-277. <https://doi.org/10.1038/nrn2353>
- Blakemore, S. J. (2012). Development of the social brain in adolescence. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 105(3), 111-6. <https://doi.org/10.1258/jrsm.2011.110221>
- Brunswik, E. (1949). Systematic and representative design of psychological experiments: With results in physical and social perception. U J. Neyman (ur.) *Proceedings of the Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability* (str 143-202). University of California Press.
- Buss, D. M. (2012). *Evolucijska psihologija*. Naklada Slap.
- Cacioppo J. T. i Berntson G. G. (2005). *Social Neuroscience: Key readings*. Psychology Press.
- Carey, S., Diamond, R. i Woods, B. (1980). The development of face recognition - a maturational component. *Developmental Psychology*, 16(4), 257-269. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.16.4.257>
- Decety, J., Michalaska, K. J., Akitsuki, Y. i Lahey, B. B.



- (2009). Atypical empathic responses in adolescents with aggressive conduct disorder: A functional MRI investigation. *Biological Psychology*, 80(2), 203-211. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2008.09.004>
- Dronkers, N. F., Wilkins, D. P., Van Valin Jr., R. D., Redfern, B. B., Jaeger, J. J. (2004). Lesion analysis of the brain areas involved in language comprehension. *Cognition* 92(1-2), 145-177. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2003.11.002>
- Duke, A. A., Bègue, L., Bell, R. i Eisenlohr-Moul, T. (2013). Revisiting the serotonin-aggression relation in humans: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 139(5), 1148-1172. <https://doi.org/10.1037/a0031544>
- Dunbar, R. (2009). The social brain hypothesis and its implications for social evolution. *Annals of Human Biology*, 36(5), 562-572. <https://doi.org/10.1080/03014460902960289>
- Fishbein, D. (2001). *Biobehavioral perspectives in criminology*. Wadsworth.
- Gallo, S., Paracampo, R., Muller-Pinzler, L., Severo, M.C., Blomer, L., Fernandes-Henriques, C., Henschel, A., Lammes, B. K., Maskaljunas, T., Suttrup, J., Avenanti, A., Keysers, C. i Gazzola, V. (2018). The causal role of the somatosensory cortex in prosocial behaviour. *eLife*, 7, 1-31. <https://doi.org/10.7554/eLife.32740.001>
- Grossmann, T. (2015). The development of social brain functions in infancy. *Psychological Bulletin*, 141(6), 1266-1287. <https://doi.org/10.1037/bul0000002>
- Grossmann, T., Lloyd-Fox, S., & Johnson, M. H. (2013). Brain responses reveal young infants' sensitivity to when a social partner follows their gaze. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 6, 155-161. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2013.09.004>
- Harlow, J. M. (1993). Recovery from the passage of an iron bar through the head. *History of Psychiatry*, 4(14), 274-81. <https://doi.org/10.1177/0957154X9300401407>
- Harmon-Jones E. i Inzlicht M. (2016). *Social Neuroscience: Biological Approaches to Social Psychology*. Psychology Press.
- Huebner, T., Vloet, T. D., Marx, I., Konrad, K., Fink, G., Herpertz S. C. i Herpertz-Dahlmann, B. (2008). Morphometric brain abnormalities in boys with conduct disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 47(5), 540-547. <https://doi.org/10.1097/chi.0b013e3181676545>
- Kawada, A., Nagasawa, M., Murata, A., Mogi, K., Watanabe, K., Kikusui, T. i Kameda, T. (2019). Vasopressin enhances human preemptive strike in both males and females. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45953-y>
- Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P. J., Fischbacher, U. i Fehr, E. (2005). Oxytocin increases trust in humans. *Nature*, 435(7042), 673-676. <https://doi.org/10.1038/nature03701>
- Mills, K. L., Lalonde, F., Clasen, L. S., Giedd, J. N. i Blakemore, S-J. (2014). Developmental changes in the structure of the social brain in late childhood and adolescence. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(1), 123-131. <https://doi.org/10.1093/scan/nss113>
- Morelli, S. A., Rameson, L. T. i Lieberman, M. D. (2014). The neural components of empathy: Predicting daily prosocial behaviour. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(1), 34-47. <https://doi.org/10.1093/scan/nss088>
- Nelson, C. A. i de Haan, M. (1996). Neural correlates of infants' visual responsiveness to facial expressions of emotion. *Developmental Psychobiology*, 29(7), 577-595. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2302\(199611\)29:757::AID-DEV33.0.CO;2-R](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-2302(199611)29:757::AID-DEV33.0.CO;2-R)
- Østby, Y., Tamnes, C. K., Fjell, A. M., Westlye, L. T., Due-Tønnessen, P. i Walhovd, K. B. (2009). Heterogeneity in Subcortical Brain Development: A Structural Magnetic Resonance Imaging Study of Brain Maturation from 8 to 30 Years. *Journal of Neuroscience* 9, 29(38), 11772-11782. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1242-09.2009>
- Pascalis, O., de Haan, M. i Nelson, C. A. (2002). Is face processing species-specific during the first year of life? *Science*, 296(5571), 1321-1323. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1070223>
- Popova, L. D., Vasil'yeva, I. M. i Nakonenchna, O. A. (2018). Correlations of Aggressiveness with the Levels of Sex Hormones in Young Men; Validity of a Proposed Anthropometric Marker. *Neuropsychology*, 50(3), 173-182. <https://doi.org/10.1007/s11062-018-9734-2>
- Sampaio, E., Maris, S. i Bach-y-Rita, P. (2001). Brain plasticity: "Visual" acuity of blind persons via the tongue. *Brain Research*, 908(2), 204-207. [https://doi.org/10.1016/S0006-8993\(01\)02667-1](https://doi.org/10.1016/S0006-8993(01)02667-1)
- Shamay-Tsoory, S. G. i Mendelsohn, A. (2019). *Real-Life Neuroscience: An Ecological Approach to Brain and Behaviour Research. Perspectives on Psychological Science*, 14(5), 841-859. <https://doi.org/10.1177/1745691619856350>
- Trivers, R.L. (1971). The evolution of reciprocal altruism. *The Quarterly Review of Biology*, 46(1), 35-57. <https://doi.org/10.1086/406755>
- Tylen, K., Allen, M., Hunter, B.K. i Roepstorff, A. (2012). Interaction vs. observation: distinctive modes of social cognition in human brain and behavior? A

combined fMRI and eye-tracking study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00331>

Vaidya, A. R., Pujara, M. S., Petrides, M., Murray, E. A. i Fellows, L. K. (2019). Lesion studies in contemporary neuroscience. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(8), 653-71. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.05.009>

Valzelli, L., Garattini, S. (1968). Behavioral changes and 5-hydroxytryptamine turnover in Animals. *Advances in Pharmacology*. 249-260. [https://doi.org/10.1016/s1054-3589\(08\)60324-5](https://doi.org/10.1016/s1054-3589(08)60324-5)

Vangelisti, A., Daly, J., Rudnick, J. (1991). Making People Feel Guilty In Conversations. *Human Communication Research*, 18(1), 3-39. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.1991.tb00527.x>

Yang, X., Wang, W., Wang, X. T., i Wang, Y. W. (2021). A meta-analysis of hormone administration effects on cooperative behaviours: Oxytocin, vasopressin, and testosterone. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 126, 430-443. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.03.033>

Willingham, D. T. i Dunn, E. W. (2003). What Neuroimaging and Brain Localization Can Do, Cannot Do And Should Not Do for Social Psychology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(4), 1-10. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.85.4.662>

Woodward, A. L. (2009). Infants' grasp of others' intentions. *Current Directions in Psychological Science*, 18(1), 53-57. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01605.x>

Zeigler-Hill V, WeLLing, L. L. M. i Shackelford T. K. (2015). *Evolutionary Perspectives on Social Psychology*. Springer International Publishing.