

## Neuroznanstveni temelji moralnosti: Pregled istraživanja

Nataša Šimić

Sveučilište u Zadru, Odjel za psihologiju, Zadar, Hrvatska

---

### Sažetak

Ovaj rad uključuje pregled neuroznanstvenih istraživanja moralnosti, s naglaskom na moralno rasuđivanje i odlučivanje. Prvi dio rada donosi pregled teorijskih pristupa i konstrukata koji proizlaze iz tradicionalnih pristupa koji razmatraju primarnu ulogu kognitivnih procesa ili emocionalnih procesa u moralnome rasuđivanju. Drugi dio rada pruža uvid u neuroznanstvena istraživanja koja razmatraju i potvrđuju ulogu obaju procesa u moralnome rasuđivanju. Glavna su područja mozga uključena u moralno rasuđivanje prefrontalna moždana kora, cingularna kora, amigdala i inzula. Uz navedena se područja aktiviraju i područja sljepoočnoga i tjemelog režnja moždane kore koja se povezuju s teorijom uma. O njihovim se funkcionalnim doprinosima raspravlja, a mnogobrojna istraživanja ukazuju na to da se u podlozi moralnoga rasuđivanja i odlučivanja nalaze kognitivni, emocionalni i motivacijski mehanizmi.

*Ključne riječi:* moralno rasuđivanje, odlučivanje, prefrontalna moždana kora, cingularna kora, amigdala, inzula

---

### Uvod

Prema navodima Haidta (2013) nekoliko je trendova u proučavanju psihologije morala. Osamdesete godine prošloga stoljeća bile su obilježene „kognitivnom revolucijom morala”. Kao korekcija, ali i dodatak, drugi trend predstavlja „afektivna revolucija” usmjerena na ulogu emocija u moralnome rasuđivanju. Treći trend istraživanja koji obilježava devedesete godine 20. stoljeća autor naziva „revolucijom automatizama”. Taj pristup promatra mentalne procese koji su u osnovi donošenja odluka kao kontinuum na čijemu su jednome kraju brzi i automatizirani procesi, dok se na drugome kraju nalaze spori i kontrolirani procesi. U tome razdoblju razvojem tehnika oslikavanja mozga započinju neuroznanstvena istraživanja. Komplementarno navedenomu, izučavanjem primata u okvirima evolucijske biologije i psihologije može se identificirati još jedan trend istraživanja koja se bave temeljnim pitanjem kako je i zašto moral evoluirao.

---

✉ Nataša Šimić, Odjel za psihologiju, Sveučilište u Zadru, Obala kralja Petra Krešimira IV 2. 23000 Zadar, Hrvatska. E-pošta: [nsimic@unizd.hr](mailto:nsimic@unizd.hr)

Ovaj se rad primarno bavi spoznajama koje proizlaze iz neuroznanstvenih istraživanja, s fokusom na moralno rasuđivanje koje predstavlja najistraživaniju komponentu moralnosti. Prvi dio rada daje kraći uvid u teorijske postavke i konstrukte na kojima se temelje kognitivni i emocionalni pristup moralnosti, dok drugi dio rada pruža uvid u dosadašnje spoznaje neuroznanstvenih istraživanja. Uz lokaliziranje mozgovnih područja koja sudjeluju u moralnoj kogniciji, neka su od ključnih pitanja na koja ta istraživanja pokušavaju odgovoriti jesu li u osnovi moralnih prosudbi kognitivni i/ili emocionalni procesi te u kakvome su odnosu moralne prosudbe s empatijom i teorijom uma. Ta, kao i mnogobrojna druga pitanja, posljednjih su dvadesetak godina potaknula različita istraživanja te izazvala dosta rasprava i kontroverzi. Cilj je ovoga preglednog rada sumirati dosadašnje spoznaje neuroznanstvenih istraživanja moralnosti s kojima šira psihologijska javnost nije toliko upoznata.

### **Moralno rasuđivanje iz kognitivno-razvojne perspektive**

Prema kognitivno-razvojnim teorijama središnja je odrednica morala moralno rasuđivanje. Te teorije zauzimaju stajalište o moralnome postupanju kao svjesnome izboru, a začetnik je takvoga pristupa Piaget. Pokušavajući provjeriti njegovu teoriju, Kohlberg 1958. godine počinje graditi svoju teoriju koja je obuhvatnija i prema kojoj se moralni razvoj odvija u šest stadija organiziranih u predkonvencionalnu, konvencionalnu i postkonvencionalnu razinu. Konvencionalna se razina odnosi na konformiranje i pridržavanje pravila i konvencija društva i autoriteta. Na predkonvencionalnoj razini pravila su određena prema vlastitome ja, dok se na postkonvencionalnoj razini pravila društva vide ispravnima jedino ako su u skladu s pravom pojedinca na slobodu, jednakost i život. Posljednji, šesti stadij, koji karakteriziraju univerzalna etička načela, najviši je stadij definiran načelima pravde koja su iznad zakona (Kohlberg i sur., 1977; Pennington, 2008).

Kognitivno-razvojne teorije, uključujući Piagetovu i Kohlbergovu teoriju, kognitivni razvoj promatraju kao preduvjet moralnomu razvoju koji se događa kroz stadije tijekom kojih dolazi do promjena u kognitivnim strukturama i kvalitativnim obrascima rasuđivanja koji postaju kompleksniji te uključuju interpretacije kompleksnih situacija, procesiranje i integraciju relevantnih informacija, anticipiranje posljedica. Te teorije također postuliraju posebne kognitivne strukture koje definiraju načela i procese na temelju kojih se interpretiraju događaji, a uključuju sposobnosti apstraktnoga rezoniranja i rješavanja problema (Kohlberg i sur., 1977).

Dorade Kohlbergove teorije u okviru pristupa koje su nezavisno predložili Gilligan (1982) i Turiel (1983) ukazale su na važnost još nekih sastavnica moralnoga rasuđivanja. Gilligan (1982) je upozorila na ograničenost Kohlbergovih istraživanja koja su veću pažnju posvetila pravima i pravdi, zanemarujući pritom brigu za druge i responzivnost koje također predstavljaju važne determinante moralnoga

rasuđivanja. Nadalje, Turielova (1983) teorija naglašava postojanje paralelnih domena unutar kojih pojedinac rasuđuje te na temelju koncepta dobrobiti, štete i pravednosti diferencira moralnost i društvene konvencije. Postupci koji dovode do nepravde, oštećuju druge i/ili narušavaju njihova prava pripadaju moralnoj domeni, dok domena društvenih konvencija uključuje arbitrarne dogovore koji omogućavaju funkcioniranje društva (Turiel i sur., 1991). Nešto je novijega datuma pristup Resta i suradnika (1999) središnju odrednicu kojega sačinjavaju kognitivne sheme koje potpomažu procesiranje informacija usmjeravajući percepciju, pažnju, odluke, navike i ponašanja. Autori također naglašavaju povezanost kognitivnoga i moralnog razvoja te razlikuju tri sheme koje odgovaraju Kohlbergovim stadijima razvoja, a odnose se na osobni interes, pridržavanje normi i postkonvencionalnost. Na temelju takvoga pristupa Rest (1979) je konstruirao Test određivanja tema koji je omogućio testiranja na individualnoj razini, a pokazao se osobito osjetljiv u identificiranju postkonvencionalne razine (Hren, 2008). Uz navedeno, autor je svojim prijedlogom četverokomponentnoga modela doprinio širemu i kompleksnijem poimanju morala koji se dotad temeljio isključivo na moralnome rasuđivanju. Prema predloženoj modelu četiri su komponente koje određuju moralno ponašanje: moralna osjetljivost, moralno rasuđivanje, moralna motivacija i moralni karakter (Rest i sur., 1999). Predloženim je modelom Rest ukazao na kompleksnost moralnoga djelovanja, a uključivanjem moralne osjetljivosti donekle se približio pristupima koji uz kognitivnu komponentu razmatraju i emocionalnu komponentu kao još jednu dodatnu odrednicu moralnoga djelovanja.

Neke teorije unutar kognitivnoga pristupa naglašavaju ulogu individualnih razlika. Teorija koju predlaže Lind (2008) moralnost promatra kroz dva aspekta od kojih se jedan temelji na moralnoj orijentaciji i principima, dok drugi uključuje moralnu kompetenciju. Prema tome autoru većina ljudi postiže konsenzus u moralnim orijentacijama i principima, dok postoje individualne razlike u moralnoj kompetenciji, tj. u njihovoj konzistentnoj primjeni u različitim socijalnim situacijama. U suprotnosti su s navedenim teorijskim pristupima oni pristupi koji emocijama pridaju središnju ulogu u moralnome rasuđivanju.

### **Uloga emocija i intuicije u moralnome rasuđivanju**

Teorijski pristupi koji se pojavljuju početkom 21. stoljeća, a koje nezavisno predlažu Haidt (2001, 2003, 2007), Hoffman (2000), Hauser (2006) i Mikhail (2007), naglašavaju važnost emocija i moralne intuicije u moralnim prosudbama. Prema Haidtovu modelu socijalne intuicije (2001, 2003) brze i automatske intuicije primarni su izvor moralnih prosudbi, dok se svjesno rasuđivanje koristi *post hoc* kao opravdanje i jedan oblik racionalizacije. Istraživanja potvrđuju da se neki moralni sudovi donose intuitivno. Primjerice, u studiji Haidta i suradnika (2000) 80 % sudionika nije moglo artikulirati razloge neodobravanja dobrovoljnoga seksualnog odnosa između brata i sestre iako su, prema opisanim scenarijima, oboje punoljetni, koriste kontracepciju, a seksualni čin nije uključivao emocionalne posljedice. O

sličnim rezultatima izvještava Prinz (2006) čije istraživanje pokazuje da se nemoralnim smatra i seksualno dodirivanje bebe, uz uvjet da nije fizički povrijeđena i psihološki traumatizirana. Haidtov model doprinio je istraživanju moralnih emocija u koje se najčešće svrstavaju emocije krivnje, kajanja, žaljenja i srama. Gledano s evolucijske točke, moralne su se emocije razvile kao adaptivni mehanizmi kojima se održava suradnja u zajednici te se ponašanje usmjerava prema moralno prihvatljivim akcijama (Glenn i Raine, 2009). Razlikujući četiri aspekta moralnosti, koje sačinjavaju poštenje/pravda, socijalne konvencije, moralnost bazirana na brizi za druge i moralnost utemeljena na gađenju, Blair i suradnici (2006) njihovo kršenje povezuju s pojavnošću specifičnoga skupa moralnih emocija. Na sličan način Haidt i Joseph (2004) identificiraju pet domena moralnosti koje uključuju brigu, pravednost, odanost, autoritet i čistoću.

Tradicionalnomu emocionalnomu i kognitivnom pristupu mogu se pridodati i pristupi koji razmatraju ulogu teorije uma i empatije u moralnome rasuđivanju, posebice kad je riječ o namjerama i anticipiranju posljedica odluka. Teorija uma odnosi se na sposobnost atribuiranja mentalnih stanja kao što su vjerovanja, želje i namjere drugih (Young i Saxe, 2008). Dosadašnja istraživanja potvrđuju uključenost teorije uma u moralne prosudbe (Bzdok i sur., 2015).

Unutar pristupa koji razmatraju primarnu ulogu emocija Hoffman (2000) je među prvima naglasio važnost empatije u zauzimanju različitih perspektiva i moralnome rasuđivanju. Potvrđena je povezanost emocionalnoga aspekta empatije s moralnim prosudbama u domeni štete i brige za druge (Patil i Silani, 2014), kao i kognitivnoga aspekta sa zauzimanjem perspektive drugih (Bzdok i sur., 2015). Iako empatija može motivirati za moralna djelovanja, ipak averzija prema nanošenju štete drugima u većoj mjeri utječe na moralne prosudbe od same empatije izazvane patnjom drugih osoba (Will i Klapwijk, 2014).

Univerzalna teorija moralne gramatike (Hauser, 2006; Mikhail, 2007) promatra ljudski um kao urođenu moralnu gramatiku koju sačinjava specifičan i kompleksan skup pravila i principa koji upravljaju ponašanjem u zajednici. Primjerice, principi štete, namjere i kontakta pretpostavljaju da će se prije moralno osuditi šteta učinjena s namjerom, djelovanjem i fizičkim kontaktom sa žrtvom. Prema toj su teoriji ti principi urođeni i unaprijed određeni inherentnom strukturom uma, dok ih okolinska iskustva oblikuju i pokreću. Slijedeći Darwinov pristup, moral se promatra kao evolucijski aspekt ljudske prirode koji olakšava suradnju u zajednici, što u konačnici povećava šanse za preživljavanje (Tomasello i Vaish, 2013; prema Yoder i Decety, 2018). Drugim riječima, evolucija je promovirala socijalnu suradnju kroz moralne osjećaje, empatiju, potrebu za poštenjem te druga ponašanja koja su u osnovi koncepta moralnosti (Mendez, 2009).

Dok prethodno opisani teorijski pristupi naglašavaju ulogu kognitivnih ili emocionalnih procesa, neuroznanstvena istraživanja proučavaju ulogu obaju procesa u moralnome rasuđivanju.

## **Moralno rasuđivanje iz perspektive neuroznanosti**

Premda je prošlo stoljeće bilo obilježeno interesom za pitanja moralnosti, u njegovu su izučavanju dominirale nebiološke paradigme. Društvene su znanosti i neuroznanost funkcionirale potpuno odvojeno sve do kasnih devedesetih godina 20. stoljeća (Verplaetse i sur., 2009) kad se razvijaju nove tehnologije koje omogućuju praćenja mozgovne aktivnosti *in vivo*. Moralne su dileme poznata eksperimentalna paradigma koja se koristi u istraživanjima moralne kognicije. Začetnik je istraživanja moralnoga rasuđivanja dilemama američki psiholog Lawrence Kohlberg. Najčešća podjela dilema uključuje distinkciju neosobnih i osobnih, lakših i težih te utilitarističkih i deontoloških dilema (Greene i sur., 2004). Prema utilitarističkome pristupu same posljedice nekoga postupka određuju njegovu moralnu ispravnost, a najbolji je ishod onaj koji rezultira većom dobiti od samoga gubitka. Prema tomu je pristupu moralno ispravno usmrtiti jedan život ako će tim činom biti spašen veći broj ljudskih života. Deontološki principi neki postupak evaluiraju moralno ispravnim ili neispravnim i pritom u obzir ne uzimaju posljedice.

U ljudskome mozgu ne postoji jedno specifično područje koje bi se moglo povezati s moralnošću, a postojanje se moralnoga mozga danas smatra mitom (Giordano i sur., 2016). Unatoč razlikama u metodologijskim aspektima u dosadašnjim se istraživanjima mogu uočiti konzistentnosti o aktivaciji i funkcionalnim doprinosima pojedinih mozgovnih područja. Istražujući njihovu ulogu, neuroznanstvene su studije ukazale na dualni sustav neuronske organizacije moralnosti, kojim se nastoje pomiriti dva prethodno opisana tradicionalna pristupa. Model dualnoga procesiranja koji predlažu Greene i suradnici (2004) razlikuje dva načina moralnoga mišljenja od kojih je jedan vođen intuitivnim emocionalnim odgovorima, dok se drugi temelji na kontroliranim kognitivnim procesima. Njihova se aktivacija povezuje s neuronskom aktivnošću u specifičnim mozgovnim područjima. Uz područje koje se dovodi u vezu s kognitivnim ili emocionalnim procesima, obrada sadržaja povezanih s moralnim temama uključuje aktivnost u mozgovnim područjima u kojima se događa integracija kognitivne i emocionalne obrade. Mozgovna se područja povezana s teorijom uma također povezuju s moralnim odlukama, a navedeno ukazuje na složenost neuronskih procesa i sklopova koji su u podlozi moralnosti. Funkcionalni doprinosi pojedinih područja još uvijek nisu dovoljno jasni, a interpretacije dobivenih rezultata otežava činjenica da se mozgovna aktivnost u pojedinim područjima povezuje s kontrolom ponašanja, procesiranjem relevantnih podražaja, namjerom čitanja te pretraživanjem memorije (Greene i Haidt, 2002). Predloženim modelima neki autori, poput Blaira i suradnika (2006), govore o multiplim i dijelom odvojenim neuronskim sustavima koji su uključeni u regulaciju četiriju pretpostavljenih aspekata moralnosti, koje sačinjavaju socijalne konvencije, moralnost bazirana na brizi za druge, moralnost utemeljena na gađenju i poštenje/pravda. Prema tim bi autorima svi aspekti moralnosti trebali biti povezani s emocijama. Kršenje socijalnih konvencija moglo bi biti povezano s ljutnjom i aktivacijom ventrolateralnih dijelova prefrontalne moždane kore, dok se

amigdali i medijalnoj orbitofrontalnoj moždanoj kori pripisuje važna uloga u moralnosti utemeljenoj na brizi za druge. Nadalje, prema Blairu i suradnicima (2006) razvoj je teorije uma preduvjet pojavnosti moralnih emocija i intuicije, ali i procesa učenja o socijalnim konvencijama i brizi za druge. U konačnici, mozgovna područja povezana s razvojem teorije uma jedan su od preduvjeta za ispravnu distinkciju moralnoga i nemoralnoga (Blair i sur., 2006). Za razliku od prethodno opisanoga modela, drugi pristupi zagovaraju jedinstveni neuronski sustav moralnosti. Moll i suradnici (2005) razlikuju tri komponente moralnosti. Prva komponenta, koja ovisi o kontekstu same situacije, odnosi se na znanje o događaju koje odgovara njegovim reprezentacijama i sekvencijama u prefrontalnoj moždanoj kori. Druga komponenta, koja je neovisna o kontekstu, uključuje socijalna, perceptivna i funkcionalna svojstva koja su reprezentirana u prednjim i stražnjim područjima sljepoočnoga režnja moždane kore. Treća komponenta također nije ovisna o kontekstu i odnosi se na motivacijska i emocionalna stanja povezana s aktivacijom limbičkih i paralimbičkih struktura. Za razliku od prethodno opisanoga modela, prvi predloženi neuroračunalni model moralnoga odlučivanja, originalnoga naziva *Moral Neural Engine* (MONE), koji predlaže Plebe (2015), razlikuje dvije komponente koje sačinjavaju područja prefrontalne kore: ventromedijalnu i orbitofrontalnu koru. Oba su područja u interakciji s limbičkim strukturama uključenima u regulaciju emocija i nagrada. Ulogu ventromedijalne kore u moralnim prosudbama autor povezuje s regulacijom emocija i donošenjem odluke, dok orbitofrontalnoj kori pripisuje reprezentaciju mogućih posljedica ponašanja u obliku nagrade ili kazne.

### **Mozgovna područja uključena u moralnu kogniciju**

Spoznaje o mozgovnim područjima uključenima u moralnu kogniciju temelje se na istraživanjima oslikavanja mozga zdravih sudionika koji su u eksperimentalnim uvjetima rješavali sadržaje s moralnim temama. Koristeći se različitim paradigmama, studije oslikavanja mozga ukazale su na neuronsku aktivnost u različitim područjima pri moralnome rasuđivanju. Mnogobrojna istraživanja o kojima će biti riječi u nastavku ovoga preglednog rada ukazuju na specifične obrasce neuronske aktivnosti koji ovise o sadržajima povezanim s moralnim temama koje su sudionici istraživanja rješavali. U moralno su rasuđivanje inkorporirane različite komponente, uključujući izvršne funkcije, apstraktno rezoniranje, teoriju uma, moralna znanja i sustav vrijednosti, namjeru nanošenja štete drugima, prisutnost empatije i emocija (Decety i Cowell, 2017).

Prema većini istraživanja, uključujući i metaanalitičke studije, tijekom rješavanja moralnih dilema aktiviraju se područja prefrontalne kore, i to njezinih središnjih dijelova, kao i orbitofrontalne kore, cingularne kore, prednjih i središnjih dijelova sljepoočnoga režnja te amigdale, temporoparijetalnoga spoja i *precuneusa* (Bzdok i sur., 2015; Eres i sur., 2018; Garrigan i sur., 2017). Dodatno se aktiviraju i druga područja locirana u sljepoočnome i tjemenu režnja moždane kore uloga kojih je u moralnosti komplementarna (Pascual i sur., 2013). Uz navedena područja,

metaanalitičke studije (Eres i sur., 2018) ukazuju na neuronsku aktivnost i u drugim mozgovnim područjima, što ovisi o kontekstu i primijenjenim moralnim zadacima. U nastavku se teksta iznose rezultati dosadašnjih istraživanja o ulozi različitih mozgovnih područja u moralnoj kogniciji. Sažeti prikaz specifičnih funkcija pojedinih mozgovnih područja u moralnosti nalazi se u Tablici 1.

### *Čeoni režanj moždane kore*

Sadržaji povezani s moralnim temama konzistentno angažiraju područja prefrontalne moždane kore (engl. *prefrontal cortex*, PFC), locirane u prednjim dijelovima čeonoga režnja, s kojima se povezuju izvršne funkcije. Medijalna prefrontalna kora (engl. *medial prefrontal cortex*, mPFC) asocijativno je područje koje se aktivira prilikom izvedbe kompleksnijih zadataka, a njezine se funkcije povezuju s praćenjem izvedbe, slobodnim mislima, dosjećanjem autobiografskih informacija i percepcijom drugih. Funkcije njezinih dorzalnih dijelova povezuju se s kognitivnim i kontroliranim procesima, eksplicitnom socijalnom kognicijom i usmjerenošću na druge, kao i na sam cilj izvedbe. U usporedbi s dorzalnim dijelovima, ventralna područja mPFC-a povezuju se s emocijama i automatiziranim procesima, implicitnom socijalnom kognicijom te usmjerenošću na sebe i anticipiranje posljedica ponašanja (Bzdok i sur., 2015). Kad je riječ o moralnoj kogniciji, neuronska se aktivnost u tome području bilježi duž cijele dorzalno-ventralne osi (Bzdok i sur., 2015). Mnogobrojna istraživanja potvrđuju povećanu neuronsku aktivnost **ventromedijalne prefrontalne kore** (engl. *ventromedial prefrontal cortex*, vmPFC) (Greene i sur., 2001, 2004; Heekeren i sur., 2003; Prehn i sur., 2008). Neuroznanstvena istraživanja potvrđuju da se tomu području, ponajprije medijalnim dijelovima, mogu pripisati funkcije kontrole i kognitivne evaluacije emocionalnih podražaja te motivacije i odabira akcije u odnosu na ciljeve (Šimleša i Cepanec, 2008). U studijama oslikavanja mozga nužno je neuronsku aktivnost koja se događa tijekom rješavanja moralnoga zadatka usporediti s aktivnošću tijekom izvođenja kontrolnoga zadatka koji uključuje identične potprocese, osim moralne komponente. Polazeći od navedenoga, autori (Heekeren i sur., 2003, 2005; Prehn i sur., 2008) su usporedili aktivnost tijekom čitanja kratkih rečenica koje uključuju moralne i semantičke prosudbe. Zadatak sudionika u eksperimentalnoj situaciji uključivao je čitanje prezentiranih rečenica i odgovaranje jesu li opisane radnje moralno primjerene ili nisu. U kontrolnim su situacijama sudionici trebali odgovoriti jesu li pročitane rečenice gramatički ispravno ili neispravno napisane. Dobiveni su rezultati potvrdili uključenost vmPFC-a u moralne prosudbe. Uspoređujući neuronsku aktivnost tijekom rješavanja osobnih i neosobnih dilema te nemoralnih dilema, istraživanja (Greene i sur., 2001) povezuju aktivnost toga područja s rješavanjem osobnih dilema, posebice područja oko srednje čeine vijuge (engl. *medial frontal gyrus*, MFG), što se dovodi u vezu s emocionalnim procesiranjem. Rješavanje osobnih dilema više je vođeno emocionalnim procesima, dok su u neosobne dileme dominantno uključeni kognitivni procesi (Greene i sur., 2001,

2004). U pravilu, osobne se dileme dulje rješavaju od onih neosobnih (Greene i sur., 2001). Greene i suradnici (2004) ističu uključenost vmPFC-a u moralne odluke koje su vođene emocijama, što u konačnici povećava vjerojatnost rasuđivanja iz deontološke perspektive. Za to je područje svojstvena gusta inervacija serotoninskih vlakana, a aplikacija citaloprama, selektivnoga inhibitora ponovnoga unosa serotonina, dovodi do deontoloških prosudbi, s izraženijim učincima kod sudionika s većom empatijom (Crockett i sur., 2010). U suprotnosti s navedenim, aplikacija lijeka lorazepam, koji snižava anksioznost, povezana je s utilitarističkim prosudbama i duljim vremenom rješavanja osobnih i neosobnih dilema (Perkins i sur., 2013). Nadalje, regrutiranje vmPFC-a dovodi se u vezu s moralnim emocijama (Moll i sur., 2003; Moll i de Oliveira-Souza, 2007) i moralnom osjetljivošću koja uključuje brigu za druge (Robertson i sur., 2007). Young i Koenings (2007) iznose rezultate istraživanja koji potvrđuju važnost vmPFC-a u emocionalnome procesiranju. Njegovim oštećenjem gubi se mogućnost doživljavanja empatije (Shamay-Tsoory i sur., 2003). Kad se suoče s osobnim dilemama, pacijenti s ozljedama u tome području biraju utilitarnu opciju žrtvovanja jedne osobe da bi spasili druge živote (Greene, 2007; Koenigs i sur., 2007). Za njih je također svojstveno brže rješavanje osobnih dilema (Greene, 2007). Moll i de Oliveira-Souza (2007) sklonost utilitarističkim prosudbama objašnjavaju reduciranim prosocijalnim moralnim osjećajima koji umjesto da se integriraju, „iskaču iz integracije” te tako produciraju konflikt emocionalnih i kognitivnih mehanizama. Na sličan način i drugi autori tumače ulogu vmPFC-a u moralnosti. Primjerice, na temelju dotadašnjih istraživanja, Will i Klapwijk (2014) ističu da to mozgovno područje integrira emociju koju generira amigdala s kognitivnom procjenom posljedica samih moralnih akcija. Tomu se području također pripisuje „odanost” socijalnim normama (Moll i sur., 2005) te namjera i anticipiranje posljedica ponašanja (Decety i Cacioppo, 2012). Ispitivanja prostorno-temporalne dinamike neuronskoga procesiranja korištenjem vizualnih scenarija u kojima je akteru nanosena slučajna i namjerna šteta pokazuju da je namjera nanošenja štete povezana s izbijanjem signala u vmPFC-u u vremenskome intervalu od 182 do 304 ms nakon prezentacije podražajnog scenarija (Decety i Cacioppo, 2012). Studija slučaja provedena na dvjema odraslim osobama s oštećenjima u PFC-u u dobi ranijoj od 16 mjeseci potvrđuje važnost toga područja u samome procesu donošenja odluka te u usvajanju znanja o moralnim i socijalno prihvatljivim obrascima ponašanja (Anderson i sur., 1999). Oštećenje u ranijim periodima života povezano je i s predkonvencionalnom razinom rasuđivanja u odrasloj dobi. Hipoteza somatskoga markera koju je predložio Damasio (1994) pretpostavlja postojanje jednoga neuralnog mehanizma koji se spontano aktivira prilikom donošenja odluke, a uključuje somatske promjene koje se pojavljuju u procesu donošenja odluke kad se razmatra određeni ishod odluke. Riječ je o somatskim promjenama koje su povezane s prijašnjim događajima te prethode pojavljivanju emocija i predstavljaju efikasan i automatski mehanizam koji olakšava odabir najprikladnijega ishoda (Damasio i sur., 1990). Taj je marker Damasio (1994) lokalizirao upravo u područje vmPFC-a, oštećenjem kojega ne postoji mogućnost



njegova aktiviranja, što u konačnici dovodi do poteškoća u donošenju odluka i antisocijalnih oblika ponašanja. O ulozi se toga područja pokušalo doznati proučavanjem psihopatije koja se sastoji od konstelacije simptoma koji uključuju gubitak empatije, nemogućnost doživljavanja krivnje, žaljenja i kajanja (Blair i sur., 2008; Yoder i Decety, 2018). Psihopatiji je svojstvena nemogućnost distinkcije moralnoga i društvenih konvencija te evaluiranje moralnoga u terminima konvencija ili zabrana koju postavljaju autoriteti (Blair, 2005). U tome bi kontekstu psihopatija mogla poslužiti kao „prirodan eksperiment za amoralni mozak”. Prema dosadašnjim su istraživanjima znakovi boli i emocionalne nelagode drugih kod osoba s psihopatijom povezani sa smanjenom aktivnošću u području vmPFC-a (Decety i sur., 2013). Studije izvještavaju o reduciranim strukturalnim povezanostima toga područja s amigdalama (Motzkin i sur., 2011). Uz psihopatiju se povezuju strukturalne i funkcionalne disfunkcije i u drugim područjima PFC-a (za pregled v. Raine i Yang, 2006). Uz psihopatiju, i neurodegenerativne i druge kronične bolesti mogu poslužiti kao model za ilustriranje promjena u moralnome ponašanju. Mendez (2009) ističe da frontotemporalne demencije koje uključuju spore neurodegenerativne procese također pružaju pogled u organizaciju morala u ljudskome mozgu s izraženim gubitkom empatije i moralnih emocija, prisutnošću psihopatskih oblika ponašanja te povredama socijalnih i moralnih normi u ranim stadijima bolesti. Autor navodi listu kroničnih bolesti s potencijalnim deficitima moralnosti koja, pored frontotemporalnih demencija, uključuje Huntingtonovu koreju, autizam, epilepsiju, fokalne lezije u čeonome i sljepoočnom režnju moždane kore, tumore u čeonome režnju i demijelinizacijske bolesti. Korelaciju individualnih razlika u moralnoj kompetenciji s neuronskom aktivnošću u području lijevoga vmPFC-a pokazuju istraživanja koja su uključivala identifikaciju kršenja moralnih normi. Povećana aktivnost zabilježena je kod sudionika niže moralne kompetencije (Prehn i sur., 2008). Takav nalaz autori dovode u vezu s procesima kompenzacije prema kojima se pojedinci razlikuju u efikasnosti kojom obavljaju fundamentalne kognitivne operacije. Autori također postuliraju da moralna kompetencija može predstavljati izvršnu funkciju kontrole koja se reflektira u funkcionalnoj mozgovnoj arhitekturi. U sljedećoj studiji dovode u vezu postkonvencionalnu razinu rasuđivanja sa strukturalnim promjenama. Preciznije, potvrđuju veći volumen sive tvari u vmPFC-u bilateralno kod sudionika postkonvencionalne razine u usporedbi sa sudionicima niže razine rasuđivanja (Prehn i sur., 2015). Autori su u studiju uključili i crte ličnosti te pronašli da je postkonvencionalna razina povezana s višom razinom otvorenosti novim iskustvima i s nižom razinom neuroticizma. Kontrolirajući crte ličnosti, potvrdili su povezanost postkonvencionalne razine s većim volumenom sive tvari u vmPFC-u, koji bi mogao biti posljedica sinaptičke povezanosti i dendritičke arborizacije. Kao što i sami autori naglašavaju, takvi rezultati pružaju prve dokaze o individualnim razlikama u mozgovnoj strukturi objašnjavajući stadije moralnoga razvoja koje predlaže Kohlberg.

Sljedeće je područje PFC-a koje se povezuje s moralnošću **orbitofrontalna kora** (engl. *orbitofrontal cortex*, OFC), funkcije koje se povezuju s donošenjem

odluka, razumijevanjem osjećaja drugih ljudi i pridržavanjem socijalnih pravila te inhibicijskom kontrolom ponašanja (Šimleša i Capanec, 2008). Dobro je dokumentirana povezanost OFC-a s amigdalom (Rempel-Clower, 2007), što omogućuje inhibiciju impulzivnih reakcija. To je područje važno u usvajanju znanja o moralnome i iskazivanju moralno prihvatljivoga ponašanja u odrasloj dobi (Anderson i sur., 1999). Uz vmPFC, OFC se također uključuje u moralne odluke koje su vođene emocijama (Greene i sur., 2004). Istraživanja potvrđuju njezinu aktivaciju, osobito medijalnoga dijela, tijekom pasivnoga gledanja moralnih sadržaja (Harenski i Hamann, 2006). Neuronska aktivnost u tome području također se povezuje s osjećajima krivnje (Molenberghs i sur., 2015), ljutnje (Blair i sur., 2006) i moralne osjetljivosti (Molenberghs i sur., 2014). OFC predstavlja emocionalnu komponentu razumijevanja teorije uma osiguravajući integraciju znanja o moralnome s emocionalnim znakovima i stanjima drugih te inhibiranjem impulzivnih i antisocijalnih impulsa. Studije slučajeva pokazuju da su disfunkcije u tome području povezane s teškoćama u inhibicijskoj kontroli ponašanja i donošenju odluka. Impulzivnost je jedna od dominantnih obilježja koje se povezuje s oštećenjima OFC-a (Torregrossa i sur., 2008). Prvi je takav dobro dokumentiran slučaj onaj Phineasa Gagea iz 1848. godine koji je ukazao na izraženu impulzivnost i promjene osobnosti, ali i na gubitak stečenih socijalnih i moralnih normi uslijed opsežnih lezija prednjih dijelova čeonoga režnja zadobivenih nesretnim slučajem (Damasio, 1994).

**Dorzolateralna prefrontalna kora** (engl. *dorsolateral prefrontal cortex*, dlPFC) povezuje se s kognitivnom fleksibilnošću, planiranjem i radnim pamćenjem (Moll, de Oliveira-Souza, Bramati i sur., 2002). Dok su prethodno opisana područja PFC-a uključena u moralne odluke posredovane emocijama, primarna je uloga toga područja rješavanje problema te pojačana kognitivna kontrola kojom se mogu ublažiti vrlo izražene emocionalne reakcije (Greene i sur., 2004). Na temelju dobivenih rezultata Greene i suradnici (2001) zaključuju da se to primarno „kognitivno” područje pojačano aktivira tijekom rješavanja neosobnih dilema. Istraživanja ukazuju na pojačanu aktivnost i tijekom rješavanja težih dilema (Greene i sur., 2004). Jedna je od takvih dilema ona nazvana *crying baby* u kojoj protagonist donosi odluku o gušenju bebe koja plače da bi se spasili životi ljudi koji se skrivaju od neprijateljskih vojnika. Da je riječ o teškoj dilemi, pokazuju i odgovori sudionika koji dilemu rješavaju vrlo sporo i pritom ne postižu konsenzus u svojim odgovorima. Uspoređujući neuronsku aktivnost tijekom donošenja utilitarističkih i deontoloških odluka, autori pronalaze pojačanu aktivnost u dlPFC-u i prednjoj cingularnoj kori u slučaju donošenja utilitarističkih odluka. Konflikt povezan s takvim teškim moralnim pitanjem detektira prednja cingularna kora koja aktiviranjem dlPFC-a regrutira kognitivne kontrolne mehanizme koji pomažu u rješavanju samoga konflikta nadjačavanjem vrlo intenzivne emocionalne reakcije i u konačnici donošenjem utilitarističke odluke (Greene i sur., 2004). Pojačana aktivnost u tome području povezuje se i s procesiranjem apstraktnih moralnih principa (Moll i sur., 2005) te donošenjem odluka povezanih sa zakonskim normama (Schleim i sur., 2010). Schleim i suradnici (2010) izvještavaju o snažnijoj aktivaciji lijevoga dlPFC-

a u slučaju donošenja odluka povezanih sa zakonskim normama u odnosu na moralne odluke. Dobiveni rezultati ukazuju na to da se one temelje na eksplicitnim pravilima te da se donose manje intuitivno od moralnih odluka. Veća aktivnost u desnoj polutici zabilježena je kod sudionika niže moralne kompetencije, što ukazuje na povećano regrutiranje znanja utemeljenoga na eksplicitnim pravilima i njihovu kontroliranu primjenu tijekom donošenja normativnih prosudbi (Prehn i sur., 2008). Veća aktivnost u dlPFC-u te bolja funkcionalna povezanost s temporoparijetalnim spojem, koji predstavlja mozgovno područje koje se povezuje s teorijom uma, dobivena je u slučaju moralni prosudbi utemeljenih na počinjenoj šteti, kao i brizi za druge (Yoder i Decety, 2014). O povezanostima između osjetljivosti na pitanja brige o drugima i pojačane aktivnosti u dlPFC-u također izvještavaju Robertson i suradnici (2007).

### ***Sljepoočni režanj moždane kore***

Kad je riječ o sljepoočnome režnju moždane kore, područja locirana na medijalnoj i prednjoj strani dovode se u vezu s moralnošću. Na medijalnoj strani obrada sadržaja povezanih s moralnim temama događa se u području cingularne kore i amigdale.

**Cingularna kora** (enlg. *cingulate cortex*, CC) nalazi se iznad velike moždane komisure i dijeli se na prednji, središnji i stražnji dio. Zbog povezanosti s limbičkim strukturama prednja su područja središnjega dijela cingularne kore (enlg. *anterior midcingulate cortex*, aMCC) važna u procesiranju boli, i to njezinim motivacijskim i afektivnim aspektima koji se povezuju s pripremnim bihevioralnim reakcijama na averzivne događaje (Decety i Cowell, 2017). To se područje također aktivira prilikom promatranja znakova fizičke boli i emocionalne nelagode drugih (Lamm i Majdandžić, 2015). Metaanalitičke studije (Garrigan i sur., 2017) potvrđuju aktivnost toga područja prilikom evaluacije sadržaja povezanih s moralnim temama i donošenja osobnih odluka. Dobro dokumentirana uloga prednjega dijela cingularne kore (enlg. *anterior cingulate cortex*, ACC) detekcija je i praćenje konflikta do kojih dolazi osobito prilikom rješavanja težih dilema (Greene i sur., 2004). Procese konflikta između izraženih emocija i sklonosti utilitarističkim prosudbama to područje prati „signaliziranjem” potrebe za pojačanom kognitivnom kontrolom koju u konačnici implementira dlPFC (Greene, 2007). Potvrđena je povezanost između aktiviranja ACC-a s generiranjem utilitarističkih prosudbi (Young i Koenigs, 2007). Usporedbama sudionika postkonvencionalne razine i nižih razina rasuđivanja utvrđen je veći volumen sive tvari ACC-a kod sudionika postkonvencionalne razine (Prehn i sur., 2015). Kad je riječ o stražnjoj cingularnoj kori (enlg. *posterior cingulate cortex*, PCC), njezina je aktivacija potvrđena u metaanalitičkoj studiji (Bzdok i sur., 2015), kao i u istraživanjima tijekom rješavanja osobnih (Greene i sur., 2001), neosobnih (Boccia i sur., 2017; Greene i sur., 2004; Heekeren i sur., 2003), svakodnevnih (Sommer i sur., 2014) i težih osobnih dilema (Greene i sur., 2004). Nadalje, Robertson i suradnici (2007) izvještavaju o povezanostima između moralne

osjetljivosti i neuronske aktivnosti dorzalnih dijelova PCC-a. Autori također nalaze različite obrasce aktivnosti u slučaju procesiranja moralnih pitanja koja se odnose na pravdu i brigu za druge. Dok je osjetljivost na pitanja brige za druge povezana s pojačanom aktivacijom ventralnih dijelova PCC-a, osjetljivost na pitanja pravde povezana je s aktivacijom lijeve intraparijetalne brazde (engl. *intraparietal sulcus*, IPS) smještene u tjemenu reznju. O ulozi PCC-a u moralnosti još se raspravlja, a istraživanja potvrđuju njegovu uključenost, zajedno s okolnim područjem angularne vijuge (engl. *angular gyrus*, ANG; donji dijelovi tjemenu reznja moždane kore), u priziv informacija iz epizodičkoga pamćenja (Sestieri i sur., 2011) te integraciju vlastitoga iskustva s trenutnim emocionalnim procesiranjem (Bzdok i sur., 2015), kao i rasuđivanje iz perspektive treće osobe (Ruby i Decety, 2001). Sommer i suradnici (2014) povećanu aktivnost toga područja tijekom rješavanja svakodnevnih dilema također dovode u vezu s prizivom informacija iz epizodičkoga pamćenja i njihovom integracijom s trenutnim emocionalnim stanjem.

**Amigdala** (engl. *amygdala*, AMY) je važan dio medijalnoga sljepoočnog reznja koji se također povezuje s moralnošću. Sastoji se od skupine jezgara koje sačinjavaju glavni dio limbičkoga sustava koji se, funkcionalno gledano, povezuje s procesiranjem emocija i reakcijama na prijetnju. Uloga AMY-e u generiranju straha dobro je dokumentirana u neuroznanstvenoj literaturi koja potvrđuje njezinu važnost u kondicioniranju, prepoznavanju i samoj ekspresiji straha (Adolphs i sur., 2005) te procesiranju socijalno relevantnih podražaja (Adolphs, 2010). Polazeći od pretpostavke da je implicitna forma morala evoluirala iz emocija, bazične emocije i emocije povezane s moralnim sadržajima trebale bi dijeliti zajednički supkortikalni neuronski sklop dio kojega je i AMY (De Ridder i sur., 2009). Njezina uključenost u emocionalnu obradu temelji se na vezama s PFC-om, dok su modulacijski učinci prisutni i u drugim mozgovnim područjima, osobito područjima koja se povezuju s teorijom uma. Uključenost AMY-e u obradu sadržaja povezanih s moralnim temama potvrđena je u većemu broju istraživanja, uključujući i metaanalitičke studije (Boccia i sur., 2017; Bzdok i sur., 2015; Decety i sur., 2012; Harenski i Hamann, 2006; Luo i sur., 2006; Ruby i Decety, 2004), premda se još uvijek raspravlja o njezinoj ulozi. Neke studije povezuju njezinu aktivnost s emocionalnom evaluacijom moralnih akcija (Shenhav i Greene, 2014), dok druge izvještavaju o uključenosti u procesiranje emocija povezanih s moralnim sadržajima (Moll, de Oliveira-Souza, Eslinger i sur., 2002) te emocija povezanih s vlastitom perspektivom i perspektivom treće osobe (Ruby i Decety, 2004). Jedna metaanalitička studija (Boccia i sur., 2007) potvrđuje njezinu bilateralnu aktivaciju prilikom zauzimanja perspektive treće osobe, dok druga metaanalitička studija (Bzdok i sur., 2015) izvještava o lateralizirajućim obrascima aktiviranja, i to lijeve AMY-e u moralnoj kogniciji koja uključuje kontrolirane procese te desne AMY-e u empatiji i bazičnim emocionalnim procesima. Nadalje, potvrđena je njezina pojačana aktivnost i u slučaju procesiranja posljedica samih moralnih akcija, posebice u slučaju nanošenja interpersonalne štete posljedice koje su fizička i emocionalna bol (Decety i sur., 2012). Znakovi tjelesne boli i emocionalne nelagode na drugima izazivaju empatiju i osjećaje tuge (Decety i

sur., 2012) te su snažni motivatori prosocijalnoga ponašanja cilj kojega je ublažiti patnju drugih i osuditi učinjenu štetu. Namjerno počinjena šteta lakše se i brže evaluira kao nemoralan čin (Yoder i Decety, 2018). Objašnjavajući neuronske procese koji su u podlozi namjerno i nenamjerno izazvane tjelesne štete, Treadway i suradnici (2014; prema Yoder i Decety, 2018) ističu da je u slučaju nenamjerno izazvane štete riječ o konfliktu. U toj situaciji temporoparijetalni spoj vođen dorzalnim dijelovima ACC-a vrši kontrolu nad AMY-om koja je povezana s dlPFC-om. Potvrđeno je da namjerna šteta dovodi do brzih reakcija i specifičnoga obrasca neuronske aktivnosti u području AMY-e (Decety i Cacioppo, 2012). Njezina se aktivacija događa 122 do 180 ms nakon prezentacije podražajnih scenarija. Ta studija potvrđuje da su emocije ipak antecedenti moralnih odluka. Pod pretpostavkom da je evolucija moralnosti prethodila evoluciji kognicije, moralne bi emocije trebale omogućiti brze i automatske procjene interpersonalnih događaja (Haidt, 2001). Luo i suradnici (2006) implicitnu formu moralnosti povezuju s povećanom aktivacijom desne AMY-e i vmPFC-a. Neke studije (Heekeren i sur., 2005) nisu potvrdile njezinu pojačanu aktivnost u reakciji na znakove interpersonalne štete. Istraživanje Shenhava i Greenea (2014) pokazuje da veze AMY-e s vmPFC-om ovise isključivo o emocionalnim aspektima te da su reducirane u slučaju utilitarističkih prosudbi i pojačane u slučaju izraženih emocionalnih reakcija. Provedene metaanalitičke studije, prema navodima Eresa i suradnika (2018), također nisu potvrdile njezinu sustavnu aktivaciju. Raspravljajući o navedenome, FeldmanHall i Mobbs (2015) ističu osjetljivost AMY-e na specifičan podskup moralnih odluka. Autori također navode mogućnost njezine pojačane aktivacije kad je riječ o vrlo izraženoj šteti nanesejoj drugima i/ili aktivnijemu emocionalnom angažmanu sudionika. Koristeći se svakodnevnim dilemama, istraživanja potvrđuju da su odluke usmjerene na vlastite osobne želje, u usporedbi s moralnim odlukama, povezane s višim procjenama nesigurnosti i neugodnim emocijama te da dovode do veće aktivnosti u području AMY-e i okolnoga područja hipokampusa (Sommer i sur., 2010). Greene i suradnici (2004) također izvještavaju o većemu bilateralnom povećanju aktivnosti AMY-e prilikom rješavanja osobnih dilema u usporedbi s neosobnima. Emocije koje se uključuju u moralne prosudbe u konačnici rezultiraju specifičnim kontekstima o kojima ovisi aktivacija pojedinih mozgovnih područja. U tome kontekstu AMY može modulirati neuronsku aktivnost u drugim mozgovnim područjima.

Indirektni dokazi uključenosti AMY-e u moralne prosudbe dolaze i iz studija koje deficite emocija u psihopatiji povezuju s njezinim disfunkcijama (Blair i sur., 2008; Decety i sur., 2013). Uz smanjenu aktivnost i reduciranu strukturalnu povezanost s vmPFC-om (Motzkin i sur., 2011), kod osoba koje pate od psihopatije tijekom evaluiranja moralnih povreda zabilježeni su i atipični obrasci aktivnosti i povezanosti s tim područjem PFC-a (Decety i sur., 2013; Harenski i sur., 2010). Istraživanja pregled kojih daju Raine i Yang (2006) ukazuju na veći broj abnormalnosti u području medijalnoga sljepoočnog režnja, osobito AMY-e i hipokampusa, te ACC-a i PCC-a kod osoba koje imaju znakove psihopatije. Uz navedeno, autori izvještavaju o globalnim strukturalnim i funkcionalnim

disfunkcijama u različitim mozgovnim područjima, uključujući i ona koja se dovode u vezu s teorijom uma. Gledanje scenarija interpersonalne štete kod osoba s psihopatijom povezano je sa smanjenim funkcionalnim povezanostima između AMY-e i temporoparijetalnoga spoja, koji predstavljaju dva glavna integrirana područja za razumijevanje namjera drugih (Yoder i sur., 2015).

Uz cingularnu koru i amigdal, **inzula** (engl. *insula*, INS) je još jedno područje locirano u sljepoočnome režnju koje se regrutira tijekom rješavanja moralnih dilema. Podvučena ispod sljepoočnoga režnja, povezuje se s doživljajem različitih emocija i tjelesne boli. Dobro je dokumentirana njezina uloga u doživljavanju i prepoznavanju gađenja (Jabbi i sur., 2008). Studije izvještavaju o njezinoj aktivaciji, posebice prednjega dijela (engl. *anterior insula*, aINS), tijekom rješavanja različitih sadržaja povezanih s moralnim temama, osobito onih koji uključuju evaluaciju posljedica moralnih akcija s vidljivim znakovima štete namjerno nanesene drugima (Boccia i sur., 2017; Cáceda i sur., 2011; Decety i sur., 2012; Greene i sur., 2004; Moll, de Oliveira-Souza, Eslinger i sur., 2002). Aktivacija toga područja povezuje se s emocionalnim i motivacijskim aspektima boli (Lamm i Majdandžić, 2015), emocionalnim procesiranjem (Greene i sur., 2004), gađenjem (Moll, de Oliveira-Souza, Eslinger i sur., 2002), moralnim gađenjem (Ying i sur., 2018), tugom i empatijom (Decety i sur., 2012; Lamm i Singer, 2010) te pravednošću i brigom za druge (Cáceda i sur., 2011). Područje inzule regrutira se kod rješavanja težih dilema (Greene i sur., 2004), što se također povezuje s emocijama. Istraživanja potvrđuju da su individualne razlike u empatiji pozitivno povezane sa strukturalnim razlikama lijeve aINS-e (Mutschler i sur., 2013). Nadalje, kod osoba s psihopatijom zamišljanje vlastite perspektive dovodi do tipične aktivnosti neuronske mreže zadužene za empatiju boli koja uključuje, uz aINS-u, područja ACC-a i središnjih dijelova CC-a, motoričkih područja čeonoga režnja, somatosenzorne kore i desne AMY-e. Međutim, zamišljanje perspektive drugih dovodi do atipičnoga obrasca aktivnosti koji se očituje u povezanostima aINS-e i AMY-e s OFC-om i vmPFC-om (Decety i sur., 2013). Na taj bi se način moglo objasniti zašto osobe s psihopatijom svoja moralna znanja ne „prevode” u motivaciju za moralno djelovanje (Yoder i Decety, 2018). Kod njih su također evidentirane disfunkcionalnosti u vezama desne AMY-e i temporoparijetalnoga spoja s ACC-om, INS-om i vmPFC-om, što bi moglo objasniti njihovu smanjenu osjetljivost na znakove emocionalne nelagode drugih (Yoder i sur., 2015).

Kad je riječ o sljepoočnome režnju moždane kore, funkcije prednjih dijelova povezuju se s apstraktnim znanjima o socijalim aspektima ponašanja. Ta područja u interakciji s čeonim i limbičkim područjima osiguravaju različite kontekste djelovanja u socijalnoj domeni i doživljajnome aspektu emocija (Zahn i sur., 2007). **Temporalni pol** (engl. *temporal pole*, TP) obuhvaća važan dio prednjega dijela sljepoočnoga režnja. Pregledom literature Olson i suradnici (2007) zaključuju da funkcije TP-a, uz semantičko pamćenje, uključuju socijalno i emocionalno procesiranje koje se dovodi u vezu s teorijom uma. Unatoč heterogenosti u dizajnu

različite studije istraživanja (Moll, de Oliveira-Souza, Bramati i sur., 2002; Decety i sur., 2012), kao i metaanalitičke studije (Bzdok i sur., 2015; Fumagalli i Priori, 2012), potvrđuju uključenost TP-a u obradu sadržaja povezanih s moralnim temama. Podražajni materijali sa znakovima tjelesne štete dovode do smanjenja aktivnosti u tome području i bržega vremena odlučivanja (Heekeren i sur., 2005), što ukazuje na to da se u slučaju postojanja znakova prijetnje dubina obrade informacija skraćuje u korist intuitivnih procesa. Uz TP, područja koja se dovode u vezu s teorijom uma obuhvaćaju **gornju temporalnu brazdu** (engl. *superior temporal sulcus*, STS) i **srednju temporalnu vijugu** (engl. *middle temporal gyrus*, MTG). Pripisuje im se elaboracija namjere i socijalna kompleksnost moralnih akcija (Fumagalli i Priori, 2012). Područje STS-a aktivira se pasivnim gledanjem sadržaja koji izazivaju moralne emocije (Moll, de Oliveira-Souza, Bramati i sur., 2002). Njegova stražnja područja aktivna su kod evaluiranja moralnih sadržaja koji ne sadrže znakove nanesene tjelesne štete (Heekeren i sur., 2003). Moralna osjetljivost također je povezana s pojačanom aktivnošću toga područja (Robertson i sur., 2007), dok sudionici niže moralne kompetencije pokazuju višu aktivnost tijekom identificiranja kršenja socijalnih normi (Prehn i sur., 2008). Neke metaanalitičke studije (Bzdok i sur., 2015) nisu potvrdile pojačanu aktivnost u području STS-a, dok druge izvještavaju o aktivaciji susjednoga područja, točnije, MTG-a u lijevoj polutci tijekom donošenja osobnih (Boccia i sur., 2007; Garrigan i sur., 2017) i neosobnih moralnih odluka (Garrigan i sur., 2017), s time da je bilateralna aktivacija dobivena kod donošenja osobnih odluka (Garrigan i sur., 2017). Schleim i suradnici (2010) nalaze veću aktivaciju toga područja u slučaju odluka povezanih sa zakonima nego kod moralnih odluka, što dovode u vezu s kompleksnijim semantičkim procesiranjem.

### ***Tjemeni režanj moždane kore***

Dva su glavna područja tjemena režnja koja se aktiviraju pri moralnome rasuđivanju: temporoparijetalni spoj i *precuneus*. **Temporoparijetalni spoj** (engl. *temporo-parietal junction*, TPJ) asocijativno je područje smješteno na samoj granici tjemena i sljepoočnog režnja moždane kore i obuhvaća angularnu vijugu (engl. *angular gyrus*, ANG), supramarginalnu vijugu (engl. *supramarginal gyrus*, SMG), donji parijetalni režnjić (engl. *inferior parietal lobule*, IPL) i stražnji dio gornje temporalne brazde (engl. *superior temporal sulcus*, STS) (Bzdok i sur., 2015). **Precuneus** (engl. *precuneus*, PCUN) se nalazi na stražnjemu dijelu medijalnoga tjemena režnja. Uz različite kompleksne kognitivne funkcije, oba područja predstavljaju glavna područja razumijevanja teorije uma. Njihova neuronska aktivnost zabilježena je u mnogobrojnim studijama (Boccia i sur., 2017; Bzdok i sur., 2015; Garrigan i sur., 2017; Greene i sur., 2001, 2004; Ruby i Decety, 2001; Schleim i sur., 2010; Sestieri i sur., 2011; Sommer i sur., 2014; Young i Saxe, 2008). Tim se područjima pripisuje uključivanje namjera u moralne prosudbe (Decety i Cowell, 2017; Yoder i Decety, 2018) i njihova integracija s drugim kontekstualnim

značajkama situacije koja se prosuđuje (Bzdok i sur., 2015). Namjera nanošenja štete povezana je s izbijanjem signala u tome području u vremenskome intervalu od 62 do 140 ms (Decety i Cacioppo, 2012). Rezultati Schleima i suradnika (2010) potvrđuju da je procesiranje moralnih, kao i legalnih sudova povezano s neuronskom aktivnošću TPJ-a i PCUN-a u lijevoj polutci. O povezanostima individualnih razlika u osjetljivosti na pitanja pravde i neuronske aktivnosti TPJ-a izvještavaju Yoder i Decety (2014). U njihovu istraživanju veća osjetljivost na pravdu povezana je s jačom funkcionalnom povezanošću TPJ-a i dlPFC-a koja osigurava dodatnu kognitivnu kontrolu. Povećana aktivnost TPJ-a također je utvrđena tijekom rješavanja težih dilema u odnosu na rješavanje onih lakših (Greene i sur., 2004), kao i tijekom rješavanja svakodnevnih moralnih dilema (Sommer i sur., 2014).

Kad je riječ o specifičnim funkcijama pojedinih područja tjemena reznja, neuronska aktivnost u području IPL-a dovodi se u vezu s kognitivnim angažmanom koji uključuje radno pamćenje i kognitivnu kontrolu (Fumagalli i Priori, 2012; Greene i sur., 2004) te s procesiranjem moralnih pitanja koja se odnose na pravdu (Robertson i sur., 2007). Upravo zbog navedenoga Pascual i suradnici (2013) naglašavaju da je uloga IPL-a, zajedno s područjem PCC-a (koje pripada medijalnomu sljepoočnom režnju), u moralnome rasuđivanju komplementarna. Neka istraživanja također naglašavaju njihovu ulogu u desnoj polutci u procesu zauzimanja perspektiva te distinkciji „ja” i „drugi” (Ruby i Decety, 2004).

Uz prethodno opisana mozgovna područja, sadržaji povezani s moralnim temama aktiviraju i druga područja ovisno o samome kontekstu, a na daljnjim je istraživanjima da detaljnije objasne njihovu ulogu.

### Tablica 1.

*Mozgovna područja uključena u moralnu kogniciju*

Mozgovno područje	Funkcija	Istraživanja
<b>Čeoni režanj</b>		
vmPFC, OFC	emocionalno procesiranje moralne emocije integracija emocija i kognicije	Blair i sur. (2006); Crockett i sur. (2010); Greene i sur. (2001); Greene i sur. (2004); Molenberghs i sur. (2015); Moll i sur. (2003); Moll i de Oliveira-Souza (2007); Young i Koenings (2007); Will i Klapwijk (2014)
	moralna osjetljivost	Molenberghs i sur. (2014); Robertson i sur. (2007)
	usvajanje znanja o moralnim i socijalno prihvatljivim obrascima ponašanja	Anderson i sur. (1999); Moll i sur. (2005)
vmPFC	namjera i anticipiranje posljedica ponašanja	Decety i Cacioppo (2012)



Šimić, N.:  
*Neuroznanstveni temelji moralnosti*

<b>Mozgovno područje</b>	<b>Funkcija</b>	<b>Istraživanja</b>
dIPFC	donošenje odluka kognitivna kontrola	Greene i sur. (2004); Moll i sur. (2005); Schleim i sur. (2010); Prehn i sur. (2008); Yoder i Decety (2014)
dIPFC	moralna osjetljivost	Robertson i sur. (2007); Yoder i Decety (2014)
<b>Sljepoočni režanj</b>		
ACC	detekcija i praćenje konflikta	Garrigana i sur. (2017); Greene i sur. (2004); Greene (2007); Young i Koenigs (2007)
PCC	priziv informacija iz epizodičkoga pamćenja integracija iskustva i trenutnoga emocionalnog stanja	Boccia i sur. (2017); Bzdok i sur. (2015); Greene i sur. (2001); Greene i sur. (2004); Heekeren i sur. (2003); Sestieri i sur. (2011); Sommer i sur. (2014)
PCC	rasuđivanje iz perspektive treće osobe moralna osjetljivost i briga za druge	Robertson i sur. (2007); Ruby i Decety (2001)
AMY	emocionalno procesiranje namjera nanošenje štete drugima	Boccia i sur. (2007); Bzdok i sur. (2015); Decety i Cacioppo (2012); Decety i sur. (2012); Greene i sur. (2004); FeldmanHall i Mobbs (2015); Moll, de Oliveira-Souza, Eslinger i sur. (2002); Ruby i Decety (2004); Shenhav i Greene (2014); Sommer i sur. (2010)
aINS	emocionalno procesiranje moralne emocije empatija	Boccia i sur. (2017); Decety i sur. (2012); Greene i sur. (2004); Lamm i Singer (2010); Moll, de Oliveira-Souza, Eslinger i sur. (2002); Mutschler i sur. (2013); Ying i sur. (2018)
TP, STS, MTG	teorija uma (namjere drugih)	Bzdok i sur. (2015); Decety i sur. (2012); Moll, de Oliveira-Souza, Bramati i sur. (2002); Fumagalli i Priori (2012)
<b>Tjemeni režanj</b>		
TPJ, PCUN	teorija uma (namjere drugih)	Bzdok i sur. (2015); Decety i Cacioppo (2012); Decety i Cowell (2017); Yoder i Decety (2018)
IPL	kognitivno angažiranje radno pamćenje kognitivna kontrola osjetljivost na pitanja pravde	Fumagalli i Priori (2012) Greene i sur. (2004) Robertson i sur. (2007)

*Napomena:* vmPFC – ventromedijalna prefrontalna moždana kora; OFC – orbitofrontalna moždana kora; dIPFC – dorzolateralna prefrontalna moždana kora; ACC – prednja cingularna moždana kora; PCC – stražnja cingularna moždana kora; AMY – amigdala; aINS – prednja inzula; TP – temporalni pol; STS – gornja temporalna brazda; MTG – srednja temporalna vijuga; TPJ – temporoparijetalni spoj; PCUN – *precuneus*; IPL – donji parijetalni režnjić.

## Zaključak

Mnogobrojne studije oslikavanja zdravih mozгова, uz studije osoba s psihopatijom i oštećenjima pojedinih područja mozga, pružile su uvid u neuronske procese koji su u osnovi moralne kognicije. Psihologija morala, kao i neuroznanstvena istraživanja moralnosti, još je uvijek dominantno fokusirana na moralno rasuđivanje, dok nedostaje istraživanja o moralnome ponašanju i njegovim neuronskim korelatima. Dosadašnja istraživanja ukazuju na neuronsku aktivnost širih područja smještenih u čeonome, sljepoočnome i tjemenu reznju moždane kore, koja se, funkcionalno gledano, povezuju s kognitivnim i emocionalnim procesima. Desetljeća istraživanja u tome području ukazuju na sofisticiranu integraciju kognitivnih, emocionalnih i motivacijskih mehanizama koja se nalazi u podlozi moralnosti. Različiti sadržaji povezani s moralnim dilemama, uključujući osobne i neosobne, teže i lakše dileme, mogu se povezati sa specifičnim obrascima neuronske aktivnosti. Individualne razlike u moralnoj kompetenciji te konvencionalnoj i postkonvencionalnoj razini rasuđivanja, kao i u empatiji i moralnoj osjetljivosti, prema dosadašnjim istraživanjima također doprinose specifičnomu skupu aktivacije neuronskih mehanizama. Prema Pascualu i suradnicima (2013) buduće bi studije trebale posvetiti veću pažnju osobinama ličnosti, religioznosti i socioekonomskim faktorima u razumijevanju mehanizama koji su u podlozi moralnoga rasuđivanja. Ispitivanja kulturoloških razlika svakako su neminovna u tome području jer svaka kultura donosi specifičan pogled na moralna pravila i principe. U tome su kontekstu moguća dva smjera istraživanja, od kojih jedan uključuje identifikaciju kulturoloških doprinosa i doprinosa specifičnih supkultura, dok se drugi smjer odnosi na univerzalnost moralnosti (Giordano i sur., 2016).

Nadalje, jedan od prigovora koji se najčešće upućuje studijama oslikavanja zdravih mozgovа mali su uzorci i korelacijski nacrt istraživanja. S metodologijskoga aspekta moralnim dilemama i drugim sadržajima koji se koriste u neuroznanstvenim studijama manjka ekološke valjanosti. Studije slučajeva koje se temelje na vrlo malome broju sudionika također ne mogu u potpunosti dati odgovor na pitanje kako se stvaraju moralne prosudbe u zdravome ljudskom mozgu. Nadalje, unatoč rezultatima različitih studija koji ukazuju na preklapanja mozgovnih područja koja se dovode u vezu s moralnim rasuđivanjem i antisocijalnim ponašanjem psihopatija ne može u potpunosti poslužiti kao prirodan eksperiment za amoralnost. Riječ je ipak o kompleksnome poremećaju koji, uz disfunkcije u područjima zaduženima za emocionalne procese, uključuje i disfunkcije u kognitivnim i kognitivno-emocionalnim sustavima (Raine i Yang, 2006). Unatoč prethodno iznesenim ograničenjima istraživanja na kliničkim uzorcima ipak jasno ukazuju na to da signali intaktnih područja mozga koja sudjeluju u kognitivnim i emocionalnim procesima i njihova integracija u konačnici osiguravaju prikladne emocionalne reakcije i socijalno ponašanje te ispravne moralne odluke. Na temelju cjelokupnoga uvida u istraživanja, kako na zdravim sudionicima, tako i na kliničkim uzorcima, može se

ipak zaključiti da su dobiveni rezultati konzistentni u identifikaciji mozgovnih područja, barem kad je riječ o glavnim dijelovima koji procesiraju i obrađuju sadržaje povezane s moralnim temama. Unatoč velikomu napretku i rastućemu broju istraživanja ostaje pitanje je li moralna kognicija rezultat neuralnih procesa koji se odvijaju „odozdo prema gore”, tj. u kojima niže pozicionirana supkortikalna područja moduliraju područja moždane kore, ili je pak riječ o procesima putem kojih moždana kora modulira supkortikalna područja (FeldmanHall i Mobbs, 2015). Na temelju mnogobrojnih neuroznanstvenih spoznaja može se pretpostaviti da je riječ o dvosmjernim procesima putem kojih se ostvaruju interakcije između različitih mozgovnih područja. Buduća bi istraživanja trebala ponuditi detaljnije odgovore na to pitanje. Uz funkcijske metode oslikavanja mozga, različite metode visoke temporalne rezolucije mogle bi dati jasnije i detaljnije odgovore o obrascima komunikacije i interakcija između različitih mozgovnih područja uključenih u obradu sadržaja povezanih s moralnim temama. Neuroračunalni modeli, razvoj kojih je još u začecima, a koji uključuju simulacije različitih obrazaca moralnoga ponašanja, mogli bi biti komplementaran pristup boljemu razumijevanju ljudske moralnosti.

### Literatura

- Adolphs, R. (2010). What does the amygdala contribute to social cognition? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1191, 42–61. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05445.x>
- Adolphs, R., Gosselin, F., Buchanan, T. W., Tranel, D., Schyns, P. i Damasio, A. R. (2005). A mechanism for impaired fear recognition after amygdala damage. *Nature*, 6, 433(7021), 68–72. <https://doi.org/10.1038/nature03086>
- Anderson, S. W., Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D. i Damasio, A. R. (1999). Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 2(11), 1031–1037. <https://doi.org/10.1038/14833>
- Blair, R. J. (2005). Applying a cognitive neuroscience perspective to the disorder of psychopathy. *Development and Psychopathology*, 17(3), 865–891. <https://doi.org/10.1017/S0954579405050418>
- Blair, J., Marsh, A. A., Finger, E., Blair, K. S. i Luo, J. (2006). Neuro-cognitive systems involved in morality. *Philosophical Explorations*, 9(1), 13–27. <https://doi.org/10.1080/13869790500492359>
- Blair, J., Mitchell, D. i Blair, K. (2008). *Psihopat. Emocije i mozak*. Naklada Slap.
- Boccia, M., Dacquino, C., Piccardi, L., Cordellieri, P., Guariglia, C., Ferlazzo, F., Ferracuti, S. i Giannini, A. M. (2017). Neural foundation of human moral reasoning: An ALE meta-analysis about the role of personal perspective. *Brain Imaging and Behaviour*, 11(1), 278–292. <https://doi.org/10.1007/s11682-016-9505-x>

- Bzdok, D., Groß, D. i Eickhoff, S. B. (2015). The neurobiology of moral cognition: Relation to theory of mind, empathy, and mind-wandering. U: J. Clausen i N. Levy (Ur.), *Handbook of neuroethics* (str. 127–148). Springer.
- Cáceda, R., James, G. A., Ely, T. D., Snarey, J. i Kilts, C. D. (2011). Mode of effective connectivity within a putative neural network differentiates moral cognitions related to care and justice ethics. *PLoS ONE*, 6(2), e14730. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014730>
- Crockett, M. J., Clark, L., Hauser, M. D. i Robbins, T. W. (2010). Serotonin selectively influences moral judgment and behavior through effects on harm aversion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(40), 17433–17438. <https://doi.org/10.1073/pnas.1009396107>
- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason and the human brain*. Putnam.
- Damasio, A. R., Tranel, D. i Damasio, H. (1990). Individuals with sociopathic behavior caused by frontal damage fail to respond autonomically to social stimuli. *Behavioural Brain Research*, 14(41), 81–94. [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(90\)90144-4](https://doi.org/10.1016/0166-4328(90)90144-4)
- Decety, J. i Cacioppo, S. (2012). The speed of morality: A high-density electrical neuroimaging study. *Journal of Neurophysiology*, 108(11), 3068–3072. <https://doi.org/10.1152/jn.00473.2012>
- Decety, J., Chen, C., Harenski, C. i Kiehl, K. A. (2013). An fMRI study of affective perspective taking in individuals with psychopathy: Imagining another in pain does not evoke empathy. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 489. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00489>
- Decety, J. i Cowell, J. M. (2017). Interpersonal harm aversion as a necessary foundation for morality: A developmental neuroscience perspective. *Development and Psychopathology*, 30(1), 153–164. <https://doi.org/10.1017/S0954579417000530>
- Decety, J., Michalska, K. J. i Kinzler, K. D. (2012). The contribution of emotion and cognition to moral sensitivity: A neurodevelopmental study. *Cerebral Cortex*, 22(1), 209–220. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr111>
- De Ridder, D., Langguth, B., Plazier, M. i Menovsky, T. (2009). Moral dysfunction: Theoretical model and potential neurosurgical treatments. U: J. Verplaetse, J. Schrijver, S. Vanneste i J. Braeckman (Ur.), *The moral brain* (str. 155–183). Springer.
- Eres, R., Louis, W. R. i Molenberghs, P. (2018). Common and distinct neural networks involved in fMRI studies investigating morality: An ALE meta-analysis. *Social Neuroscience*, 13(4), 384–398. <https://doi.org/10.1080/17470919.2017.1357657>
- FeldmanHall, O. i Mobbs D. (2015). A neural network for moral decision making. U: A. W. Toga (Ur.), *Brain mapping: An encyclopedic reference* (str. 205–210). Elsevier.
- Fumagalli, M. i Priori, A. (2012). Functional and clinical neuroanatomy of morality. *Brain*, 135(7), 2006–2202. <https://doi.org/10.1093/brain/awr334>

- Garrigan, B., Adlam, L. R. i Langdon, P. E. (2017). The neural correlates of moral decision-making: A systematic review and meta-analysis of moral evaluations and response decision judgements. *Brain and Cognition*, 108, 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2016.07.007>
- Gilligan, C. (1982). *In a different voice: Psychological theory of women's development*. Harvard University Press.
- Giordano, J., Becker, K. i Shook, J. R. (2016). On the “Neuroscience of Ethics” – approaching the neuroethical literature as a rational discourse on putative neural processes of moral cognition and behavior. *Journal of Neurology & Neuromedicine*, 1(6), 32–36. <https://doi.org/10.29245/2572.942X/2016/6.1062>
- Glenn, A. L. i Raine, A. (2009). The immoral brain. U: J. Verplaetse, J. Schrijver, S. Vanneste i J. Braeckman (Ur.), *The moral brain* (str. 45–67). Springer.
- Greene, J. D. (2007). Why are VMPFC patients more utilitarian? A dual-process theory of moral judgment explains. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(8), 322–323. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.06.004>
- Greene, J. D., Nystrom, L. E., Engell, A. D., Darley, J. M. i Cohen, J. D. (2004). The neural bases of cognitive conflict and control in moral judgment. *Neuron*, 44, 389–400. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.09.027>
- Greene, J. i Haidt, J. (2002). How (and where) does moral judgment work? *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 517–523.
- Greene, J. D., Sommerville, R. B., Nystrom, L. E., Darley, J. M. i Cohen, J. D. (2001). An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. *Science*, 293, 2105–2108. <https://doi.org/10.1126/science.1062872>
- Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: Asocial intuitionist approach to moral judgment. *Psychological Review*, 108(4), 814–834. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.4.814>
- Haidt, J. (2003). The moral emotions. U: R. J. Davidson, K. R. Scherer i H. H. Goldsmith (Ur.), *Handbook of affective sciences* (str. 852–870). Oxford University Press.
- Haidt, J. (2007). The new synthesis in moral psychology. *Science*, 316, 998–1002. <https://doi.org/10.1126/science.1137651>
- Haidt, J. (2013). Moral psychology for the twenty-first century. *Journal of Moral Education*, 42(3), 281–297. <https://doi.org/10.1080/03057240.2013.817327>
- Haidt, J., Bjorklund, F. i Murphy, S. (2000). Moral dumbfounding: When intuition finds no reason. *Lund Psychological Reports*, 1(2), 1–23.
- Haidt, J. i Joseph, C. (2004). Intuitive ethics: How innately prepared intuitions generate culturally variable virtues. *Daedalus*, 133(4), 55–66. <https://doi.org/10.1162/0011526042365555>
- Harenski, C. L. i Hamann, S. (2006). Neural correlates of regulating negative emotions related to moral violations. *Neuroimage*, 30, 313–324. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.09.034>

- Harenski, C. L., Harenski, K. A., Shane, M. S. i Kiehl, K. A. (2010). Aberrant neural processing of moral violations in criminal psychopaths. *Journal of Abnormal Psychology*, 119(4), 863–874. <https://doi.org/10.1037/a0020979>
- Hauser, M. D. (2006). *Moral minds: How nature designed our sense of right and wrong*. Harper Collins.
- Heekeren, H. R., Wartenburger, I., Schmidt, H., Prehn, K., Schwintowski, H. P. i Villringer, A. (2005). Influence of bodily harm on neural correlates of semantic and moral decision-making. *NeuroImage*, 24, 887–897. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.09.026>
- Heekeren, H. R., Wartenburger, I., Schmidt, H., Schwintowski, H. P. i Villringer, A. (2003). An fMRI study of simple ethical decision-making. *Neuroreport*, 14, 1215–1219. <https://doi.org/10.1097/00001756-200307010-00005>
- Hoffman, M. L. (2000). *Empathy and moral development: Implications for caring and justice*. Cambridge University Press.
- Hren, D. (2008). *Utjecaj visokoškolskog obrazovanja na razvoj moralnog rasuđivanja osoba mlade odrasle dobi*. [Neobjavljena doktorska disertacija]. Odsjek za psihologiju Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
- Jabbi, M., Bastiaansen, J. A. i Keysers, C. (2008). A common anterior insula representation of disgust observation, experience and imagination shows divergent functional connectivity pathways. *PLoS ONE*, 3, 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0002939>
- Koenigs, M., Young, L., Adolphs, R., Tranel, D., Cushman, F., Hauser, M. i Damasio, A. (2007). Damage to the prefrontal cortex increases utilitarian moral judgments. *Nature*, 446(7138), 908–911. <https://doi.org/10.1038/nature05631>
- Kohlberg, L., Colby, A., Gibbs, J., Speicher-Dubin, B. i Power, C. (1977). *Assessing moral stages: A manual*. Harvard University, Center for Moral Education.
- Lamm, C. i Majdandžić, J. (2015). The role of shared neural activations, mirror neurons, and morality in empathy – a critical comment. *Neuroscience Research*, 90, 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2014.10.008>
- Lamm, C. i Singer, T. (2010). The role of anterior insular cortex in social emotions. *Brain Structure and Function*, 214, 579–591. <https://doi.org/10.1007/s00429-010-0251-3>
- Lind, G. (2008). The meaning and measurement of moral judgment competence revisited dual-aspect model. U: D. Fasko i W. Willis (Ur.), *Contemporary philosophical and psychological perspectives on moral development and education* (str. 185–220). Hampton Press.
- Luo, Q., Nakic, M., Wheatley, T., Richell, R. A., Martin, A. i Blair, R. J. (2006). The neural basis of implicit moral attitude – An IAT study using event-related fMRI. *NeuroImage*, 30, 1449–1457. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.11.005>
- Mendez, M. F. (2009). The neurobiology of moral behavior: Review and neuropsychiatric implications. *CNS Spectrums*, 14(11), 608–620. <https://doi.org/10.1017/s1092852900023853>

- Mikhail, J. (2007). Universal moral grammar: Theory, evidence and the future. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(4), 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.12.007>
- Molenberghs, P., Gapp, J., Wang, B., Louis, W. R. i Decety, J. (2014). Increased moral sensitivity for outgroup perpetrators harming ingroup members. *Cerebral Cortex*, 26(1), 225–233. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhu195>
- Molenberghs, P., Ogilvie, C., Louis, W. R., Decety, J., Bagnall, J. i Bain, P. G. (2015). The neural correlates of justified and unjustified killing: An fMRI study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10, 1397–1404. <https://doi.org/10.1093/scan/nsv027>
- Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Bramati, I. E. i Grafman, J. (2002). Functional networks in emotional moral and nonmoral social judgments. *NeuroImage*, 16(3), 696–703. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1118>
- Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Eslinger, P. J., Bramati, I. E., Mourão-Miranda, J., Andreiuolo, P. A. i Pessoa, L. (2002). The neural correlates of moral sensitivity: A functional magnetic resonance imaging investigation of basic and moral emotions. *The Journal of Neuroscience*, 22(7), 2730–2736. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.22-07-02730.2002>
- Moll, J., de Oliveira-Souza, R. i Eslinger, P. J. (2003). Morals and the human brain: A working model. *Neuroreport*, 14(3), 299–305. <https://doi.org/10.1097/00001756-200303030-00001>
- Moll, J., Zahn, R., Oliveira-Souza, R., Krueger, F. i Grafman, J. (2005). The neural basis of human moral cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(10), 799–809. <https://doi.org/10.1038/nrn1768>
- Moll, J. i de Oliveira-Souza, R. (2007). Moral judgments, emotions and the utilitarian brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(8), 319–321. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.06.001>
- Motzkin, J. C., Newman, J. P., Kiehl, K. A. i Koenigs, M. (2011). Reduced prefrontal connectivity in psychopathy. *The Journal of Neuroscience*, 31(48), 17348–17357. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4215-11.2011>
- Olson, I. R., Plotzker, A. i Ezzyat, Y. (2007). The Enigmatic temporal pole: A review of findings on social and emotional processing. *Brain*, 130(7), 1718–1731. <https://doi.org/10.1093/brain/awm052>
- Mutschler, I., Reinbold, C., Wankerl, J., Seifritz, E. i Ball, T. (2013). Structural basis of empathy and the domain general region in the anterior insular cortex. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(177), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00177>
- Pascual, L., Rodrigues, P. i Gallardo-Pujol, D. (2013). How does morality work in the brain? A functional and structural perspective of moral behavior. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7(65), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00065>
- Patil, I. i Silani, G. (2014). Reduced empathic concern leads to utilitarian moral judgments in trait alexithymia. *Frontiers in Psychology*, 5(501), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00501>
- Pennington, D. C. (2008). *Osnove socijalne psihologije*. Naklada Slap.

- Perkins, A. M., Leonard, A. M., Weaver, K., Dalton, J. A., Mehta, M. A., Kumari, V., Williams, S. C. R. i Ettinger, U. (2013). A dose of ruthlessness: Interpersonal moral judgment is hardened by the anti-anxiety drug lorazepam. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(3), 612–620. <https://doi.org/10.1037/a0030256>
- Plebe, A. (2015). Neurocomputational model of moral behaviour. *Biological Cybernetics*, 109, 685–699. <https://doi.org/10.1007/s00422-015-0669-z>
- Prehn, K., Korczykowski, M., Rao, H., Fand, Z., Detre, J. A. i Robertson, D. C. (2015). Neural correlates of post-conventional moral reasoning: A voxel-based morphometry study. *PLoS ONE*, 10(6), e0122914. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122914>
- Prehn, K., Wartenburger, I., Mériaux, K., Scheibe, C., Goodenough, O. R., Villringer, A., van der Meer, E. i Heekeren, H. R. (2008). Individual differences in moral judgment competence influence neural correlates of socio-normative judgments. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 3(1), 33–46. <https://doi.org/10.1093/scan/nsm037>
- Prinz, J. (2006). The emotional basis of moral judgments. *Philosophical Explorations*, 9(1), 29–43. <https://doi.org/10.1080/13869790500492466>
- Raine, A. i Yang, Y. (2006). Neural foundations to moral reasoning and antisocial behavior. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1(3), 203–213. <https://doi.org/10.1093/scan/nsl033>
- Rempel-Clower, N. L. (2007). Role of orbitofrontal cortex connections in emotion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1121, 72–86. <https://doi.org/10.1196/annals.1401.026>
- Rest, J. (1979). *Development in judging moral issues*. University of Minnesota Press.
- Rest, J., Narvaez, D., Bebeau, M. J. i Thoma, S. (1999). *Postconventional moral thinking: A neo-Kohlbergian approach*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Robertson, D., Snarey, J., Ousley, O., Harenski, K., DuBois Bowman, F., Gilkey, R. i Kilts, C. (2007). The neural processing of moral sensitivity to issues of justice and care. *Neuropsychologia*, 45(4), 755–766. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.08.014>
- Ruby, P. i Decety, J. (2004). How would you feel versus how do you think she would feel? A neuroimaging study of perspective-taking with social emotions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(6), 988–999. <https://doi.org/10.1162/0898929041502661>
- Ruby, P. i Decety, J. (2001). Effect of subjective perspective taking during simulation of action: A PET investigation of agency. *Nature Neuroscience*, 4(5), 546–550. <https://doi.org/10.1038/87510>
- Schleim, S., Spranger, T. D., Erk, S. i Walter, H. (2010). From moral to legal judgment: The influence of normative context in lawyers and other academics. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 6(1), 48–57. <https://doi.org/10.1093/scan/nsq010>
- Sestieri, C., Corbetta, M., Romani, G. L. i Shulman, G. L. (2011). Episodic memory retrieval, parietal cortex, and the default mode network: Functional and topographic analyses. *Journal of Neuroscience*, 31(12), 4407–4420. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3335-10.2011>



- Shamay-Tsoory, S. G., Tomer, R., Berger, B. D. i Aharon-Peretz, J. (2003). Characterization of empathy deficits following prefrontal brain damage: The role of the right ventromedial prefrontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(3), 324–337. <https://doi.org/10.1162/089892903321593063>
- Shenhav, A. i Greene, J. D. (2014). Integrative moral judgment: Dissociating the roles of the amygdala and ventromedial prefrontal cortex. *The Journal of Neuroscience*, 34(13), 47414749. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3390-13.2014>
- Sommer, M., Meinhardt, J., Rothmayr, C., Döhnel, K., Hajak, G., Rupperecht, R. i Sodian, B. (2014). Me or you? Neural correlates of moral reasoning in everyday conflict situations in adolescents and adults. *Social Neuroscience*, 9(5), 452–470. <https://doi.org/10.1080/17470919.2014.933714>
- Sommer, M., Rothmayr, C., Döhnel, K., Meinhardt, J., Schwerdtner, J., Sodian, B. i Hajak, G. (2010). How should I decide? The neural correlates of everyday moral reasoning. *Neuropsychologia*, 48(7), 2018–2026. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.03.023>
- Šimleša, S. i Cepanec, M. (2008). Razvoj izvršnih funkcija i njihovih neuroloških korelata. *Suvremena psihologija*, 11(1), 55–72.
- Torregrossa, M. M., Quinn, J. J. i Taylor, J. R. (2008). Impulsivity, compulsivity, and habit: The role of orbitofrontal cortex revisited. *Biological Psychiatry*, 63(3), 253–255. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.11.014>
- Turiel, E. (1983). *The development of social knowledge: Morality and convention*. Cambridge University Press.
- Turiel, E., Smetana, J. G. i Killen, M. (1991). Social contexts in social cognitive development. U: W. M. Kurtines i J. L. Gewirtz (Ur.), *Handbook of moral behavior and development* (Vol ii, str. 307–332). Lawrence Erlbaum Associates.
- Verplaetse, J., Braeckman, J. i De Schrijver, J. (2009). Introduction. U: J. Verplaetse, J. Schrijver, S. Vanneste i J. Braeckman (Ur.), *The moral brain* (str. 1–43). Springer.
- Will, G. J. i Klapwijk, E. (2014). Neural systems involved in moral judgment and moral action. *The Journal of Neuroscience*, 34(32), 10459–10461. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2005-14.2014>
- Ying, X., Luo, J., Chiu, C., Wu, Y., Xu, Y. i Fan, J. (2018). Functional dissociation of the posterior and anterior insula in moral disgust. *Frontiers in Psychology*, 9, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00860>
- Yoder, K. J. i Decety, J. (2014). The good, the bad, and the just: Justice sensitivity predicts neural response during moral evaluation of actions performed by others. *Journal of Neuroscience*, 34(12), 4161–4166. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4648-13.2014>
- Yoder, K. J. i Decety, J. (2018). The neuroscience of morality and social decision-making. *Psychology, Crime & Law*, 24(3), 279–295. <https://doi.org/10.1080/1068316X.2017.1414817>

- Yoder, K. J., Harenski, C., Kiehl, K. A. i Decety, J. (2015). Neural networks underlying implicit and explicit moral evaluations in psychopathy. *Translational Psychiatry*, 25(5), 1–8. <https://doi.org/10.1038/tp.2015.117>
- Young, L. i Koenigs, M. (2007). Investigating emotion in moral cognition: A review of evidence from functional neuroimaging and neuropsychology. *British Medical Bulletin*, 84(1), 69–79. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm031>
- Young, L. i Saxe, R. (2008). The neural basis of belief encoding and integration in moral judgment. *NeuroImage*, 40(4), 1912–1920. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.01.057>
- Zahn, R., Moll, J., Krueger, F., Huey, E. D., Garrido, G. i Grafman, J. (2007). Social concepts are represented in the superior anterior temporal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(15), 6430–6435. <https://doi.org/10.1073/pnas.0607061104>

## **The Neuroscience of Morality: A Review of Research**

### **Abstract**

This paper includes a review of moral neuroscience research with an emphasis on moral reasoning and decision-making. The first part of the paper includes an overview of theoretical approaches and constructs which elaborate the primary role of cognitive or emotional processes in moral reasoning. The second part of the paper provides insights into neuroscience research that considers and confirms the role of both processes in moral reasoning. The main brain areas in moral reasoning are the regions of the prefrontal cortex, cingulate cortex, amygdala, and insula. In addition to the above areas, the regions of the temporal and parietal lobe of the cerebral cortex that are associated with the theory of mind are also activated. This review includes a discussion about functional contributions to different brain parts and numerous studies indicate that cognitive, emotional, and motivational mechanisms are underlying moral reasoning and decision-making.

*Keywords:* moral reasoning, decision-making, prefrontal cortex, cingulate cortex, amygdala, insula

Primljeno: 2. 6. 2020.