

# Zrcalni neuroni i njihova potencijalna uloga u psihopatologiji

IVANA BOŽIĆ, JAKOV MILIĆ, IVONA ŠIJAN  
MEDICINSKI FAKULTET OSIJEK SVEUČILIŠTA JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

DOI: <http://dx.doi.org/10.17486/gyr.3.1008>

**SAŽETAK:** Zrcalni neuroni predstavljaju skupinu neurona slučajno otkrivenih u ventralnom premotornom korteksu mozgu macaca majmuna (*Macaca nemistrina* i *Macaca mulatta*) čije je postojanje u mozgu čovjeka još uvijek dvojbeno zbog niza tehnoloških i bioetičkih poteškoća u njihovom proučavanju na ljudima. Zrcalne neurone karakterizira aktivacija pri vršenju određene radnje, ali i pri promatranju radnje osobe koja navedenu radnju čini. Elektrofiziološki obrasci funkcije mozga pri tome nalikuju onome pri stvarnom vršenju promatrane radnje. Potencijalne uloge zrcalnih neurona obuhvaćaju širok spektar kognitivnih i emocionalnih radnji i procesa kao što su razumijevanje značenja i namjere promatranih radnji, učenje imitacijom, osjećanje empatije, formiranje „teorije uma“, kao i učenje i razumijevanje govora. Posebno je zanimljiva njihova potencijalna uloga u empatiji. Zbog značajne uloge poteškoća u ostvarivanju empatije u podlozi psihopatije i poremećaja autističnog spektra, intuitivno se došlo do hipoteze kako zrcalni neuroni mogu imati ulogu u patofiziologiji navedenih poremećaja. Dosadašnja istraživanja zrcalnih neurona nisu dala adekvatnu potporu takvim hipotezama.

**KLJUČNE RIJEČI:** Antisocijani poremećaj ličnosti, Autizam, Zrcalni neuroni

## Uvod

Zrcalni su neuroni slučajno otkriveni 1992. godine, a svoje su ime dobili 4 godine kasnije.<sup>1</sup> Skupina znanstvenika iz Parme napisala je izvješće o neobičnom setu neurona koje su pronašli u ventralnom premotornom korteksu macaca majmuna (*Macaca nemistrina* i *Macaca mulatta*). Osnovna je karakteristika ovih neurona bila ta da su okidali i kada je majmun izvodio određenu motoričku radnju (npr. uhvatio objekt), ali i kada je gledao drugog individualca (majmuna ili čovjeka) kako obavlja istu ili sličnu radnju.<sup>2</sup>

## Istraživanje zrcalnih neurona u ljudskom mozgu

Zrcalni su se neuroni pokazali kao popularno područje neuroznanosti, no istraživanja na ljudima nisu donijela čvrste dokaze o njihovom postojanju u mozgu čovjeka.<sup>3</sup> Razlozi za manjkom čvrstih dokaza su, prije svega, tehničke prirode. Sadašnje metode koje se primjenjuju u istraživanju zrcalnih neurona; funkcionalna magnetska rezonancija (fMRI), pozitronska emisijska tomografija (PET), elektroencefalografija (EEG), magnetoencefalografija (MEG) i transkranijalna magnetska stimulacija (TMS)<sup>1,4</sup>; nisu dovoljno osjetljive kako bi razlučile aktiviraju li se zrcalni neuroni pri adekvatnom stimulusu, ili se radi o aktivaciji neurona neke druge neuronske populacije budući da istraživanja na majmunima sugeriraju kako u regijama u kojima su zrcalni neuroni dokazani, oni čine manje od 20% svih neurona te regije. Dodatan problem je i činjenica kako u istraživanjima zrcalnih neurona dolazi do pojačavanja aktivnosti i u regijama za koje se smatra da ne sadrže zrcalne neurone.<sup>5</sup> Za detaljnija saznanja o zrcalnim neuronima bilo bi potrebno istraživati pojedine neurone, no to u humanoj neuroznanosti uglavnom nije moguće, a istraživanja se na majmunima ne mogu uvijek ekstrapolirati na ljude.<sup>5,6</sup>

## Sugerirana distribucija zrcalnih neurona u mozgu čovjeka i majmuna

Istraživanja na majmunima (*M. nemistrina* i *M. mulatta*) pokazala su postojanje zrcalnih neurona u tzv. klasičnim regijama (ventralni premotorni korteks i inferiorni parijetalni lobul), ali i u tzv. neklasičnim regijama (primarni motorni korteks i dorzalni premotorni korteks).

Istraživanja sugeriraju postojanje pojedinih skupina neurona i u mozgu čovjeka i to u regijama koje odgovaraju klasičnim (posteriorne regije donjeg frontalnog girusa te stražnjeg parijetalnog korteksa) i neklasičnim (dorzalni premotorni korteks, superiorni parijetalni lobul, mali mozak i medijalni temporalni režanj) regijama mozga majmuna.<sup>1</sup>

Otkriće zrcalnih neurona dovelo je do stvaranja brojnih teorija o njihovoj funkciji u ljudi, uključujući pretpostavke kako su povezani s razumijevanjem značenja i namjere promatranih radnji, učenjem imitacijom, osjećanjem empatije, formiranjem „teorije uma“, pa čak i s učenjem i razumijevanjem govora.<sup>4</sup> Prozivani su „stanicama koje čitaju misli“, „neuronima koji su oblikovali civilizaciju“ te „revolucijom“ u razumijevanju socijalnog ponašanja.<sup>1</sup> Također, napravljene su i hipoteze o posljedicama disfunkcije zrcalnih neurona u kojima je istaknuta mogućnost kako bi takva razvojna disfunkcija dovela do raznih socijalnih i kognitivnih simptoma povezanih s autizmom.<sup>4</sup>

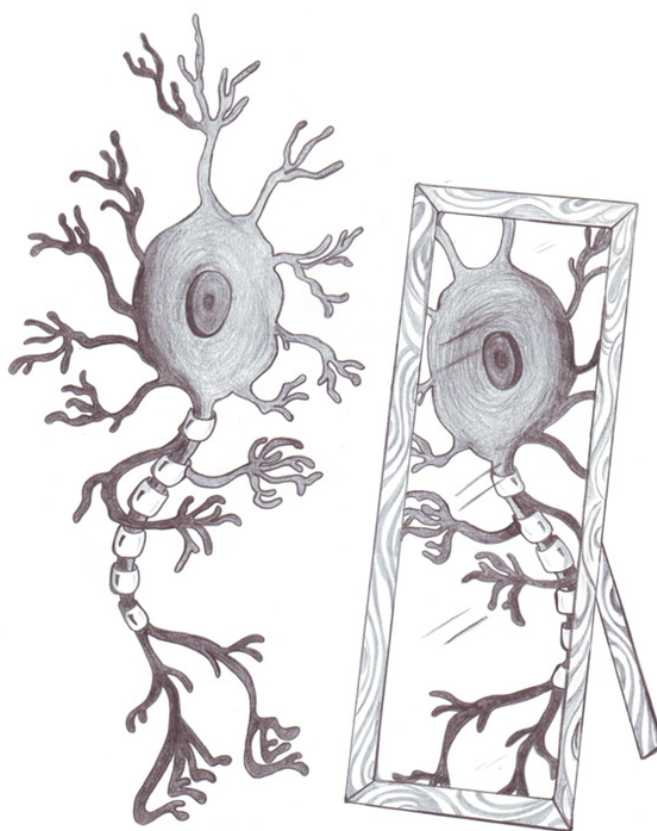
## Potencijalna uloga disfunkcije sustava zrcalnih neurona u psihopatologiji

### *Autizam*

Poremećaji autističnog spektra su heterogeni, bihevioralno definirani, neurorazvojni poremećaji koji se javljaju u 1 od 150 djece.<sup>7</sup> Razvoj simptoma nastaje u ranim razvojnim godinama, ali se može potpuno manifestirati tek u kasnijoj dobi kada komunikacijski zahtjevi prelaze ograničene kapacitete.<sup>8</sup>

Tri su glavne bihevioralne karakteristike autizma: deficiti u komunikaciji i socijalnim interakcijama, repetitivno ponašanje i restrikcija interesa. Među bihevioralne se poremećaje svrstavaju deficiti u socijalnim interakcijama, imitaciji te komunikaciji (spособnosti korištenja jezika i gestikulacije), empatije te teorije uma (spособnost shvaćanja namjera drugih osoba). Intuitivno bi se dalo zaključiti o povezanosti navedenih deficita autizma s poremećajem u sustavu zrcalnih neurona koji omogućuju upravo te kognitivne sposobnosti kod zdravih ljudi, što je trenutno popularna tema istraživanja.<sup>9</sup> Unatoč tome, postoji relativno malo dokaza koji podupiru hipotezu disfunkcije zrcalnih neurona kao uzroka autizma. Određeni broj studija pokazao je razliku u kortikalnom odgovoru u regijama sa zrcalnim neuronima u odnosu na zdrave kontrole, međutim zbog već navedenih ograničenosti dijagnostičkih tehnika upitno je je li riječ o razlici aktivnosti zrcalnih neurona ili drugih neuronskih populacija. Osim toga, kod osoba s autizmom postoje, u odnosu na zdrave kontrole, i razlike u moždanoj aktivnosti u regijama u kojima se ne očekuje postojanje zrcalnih neurona, kao što je amigdala, što implicira kako širi kortikalni deficit leži u podlozi autizma.

Upravo poteškoće s imitiranjem i shvaćanjem namjera drugih ljudi koje imaju osobe s autizmom, podupiru hipotezu povezanosti s deficitom sustava zrcalnih neurona. Međutim, postoji značajna varijabilnost u ovim sposobnostima među pojedincima s autizmom, i što je još bitnije, te sposobnosti nisu u korelaciji s jezičnim poteškoćama i adaptivnim ponašanjem, što bi se očekivalo da je riječ o jedinstvenom uzroku autizma. Nadalje, autistične osobe imaju poteškoće s razumijevanjem namjera drugih osoba u kompliciranim zadacima "teorije uma", dok nemaju problem s razumijevanjem jednostavnih pokreta u svakodnevnom životu, što bi se očekivalo da je riječ o specifičnoj disfunkciji zrcalnih neurona, koja bi teoretski utjecala na ovu sposobnost bez obzira na kompleksnost zadatka.<sup>4</sup>



Unatoč tome što navedena hipoteza nije odbačena, te postoji mogućnost da zrcalni neuroni imaju važnu ulogu u autizmu, ipak se ne mogu odbaciti ostale funkcionalne i morfološke promjene kao uzroci (npr. nedostatak korpusa kalozuma, promjene u subkortikalnim područjima). Zrcalni neuroni ne mogu objasniti ni smanjenu aktivnost u područjima bez zrcalnih neurona (poput amigdale), a temelju nama trenutno poznatih funkcija zrcalnih neurona ne možemo objasniti ni sve simptome vezane uz autizam.

### *Psihopatija*

Psihopatija se smatra prototipom poremećaja s disfunkcijom emocionalne empatije. Psihopati imaju emocionalni poremećaj (uglavnom reducirani osjećaj empatije i krivnje), te poremećaj ponašanja (često povezan s kriminalnom aktivnošću, a često i nasilnim ponašanjem)<sup>10</sup>. Zanimljivo je to što se oni unatoč svom deficitu mogu doimati šarmantnima i manipulirati drugima – to je posebno zanimljivo jer sugerira da postoje intaktna socijalna kognitivna sposobnosti uz prisutnost teškog emocionalnog deficita.<sup>11</sup> Jedna od bitnih značajki psihopata jest nedostatak empatije, koja je funkcija sustava zrcalnih neurona, amigdale i inzule. Pokazalo se kako osobe s ovim poremećajem imaju smanjen odgovor neurona u regijama sa zrcalnim neuronima prilikom gledanja nasilnih videa i videa koji pokazuju bolne podražaje, u odnosu na zdrave ljude, što bi upućivalo na disfunkciju u sustavu zrcalnih neurona, što se doima logičnim, budući da se empatija smatra jednim od funkcija navedenog sustava. Međutim, kada su istraživači uputili te iste ispitanike da pogledaju iste videoe, ali pokušavajući suosjećati s ovim ljudima, nije bilo razlike između aktivnosti ovih regija u odnosu na zdrave osobe.<sup>12</sup>

## Zaključak

Zrcalni su neuroni zanimljivo područje istraživanja u neuroznanosti budući da potencijalno mogu doprinijeti objašnjavaњу mnogih emotivnih i kognitivnih procesa. Dosadašnja su istraživanja dokazala postojanje navedenih neurona u mozgu majmuna, a sugeriraju njihovo postojanje i u mozgu čovjeka premda tehnološki i etički problemi ograničavaju potpunija istraživanja ovih neurona u čovjeka. Među ostalim, disfunkcija zrcalnih neurona sugerirana je u poremećajima autističnog spektra i psihopatije prvenstveno intuitivnim procesom zaključivanja. Dosadašnja istraživanja nisu dala čvrstu podlogu ovim hipotezama.

### LITERATURA:

1. COOK R, BIRD G, CATMUR C, PRESS C, HEYES C. MIRROR NEURONS: FROM ORIGIN TO FUNCTION. *BEHAV BRAIN SCI.* 2014;37:177–92.
2. RIZZOLATTI G, FABBRI-DESTRO M. MIRROR NEURONS: FROM DISCOVERY TO AUTISM. *EXP BRAIN RES.* 2010;200:223–37.
3. KILNER JM, NEAL A, WEISKOPF N, FRISTON KJ, FRITH CD. EVIDENCE OF MIRROR NEURONS IN HUMAN INFERIOR FRONTAL GYRUS. *J NEUROSCI.* 2009;29(32):10153–9.
4. DINSTEIN I, THOMAS C, BEHRMANN M, HEEGER DJ. A MIRROR UP TO NATURE. *CURR BIOL.* 2008;18:233.
5. HEYES C. A NEW APPROACH TO MIRROR NEURONS : DEVELOPMENTAL HISTORY, SYSTEM-LEVEL THEORY AND INTERVENTION EXPERIMENTS. *CORTEX.* 2013;49:2946–8.
6. HEYES C. WHERE DO MIRROR NEURONS COME FROM? *NEUROSCI BIOBEHAV REV.* 2010;34:575–83.
7. AMARAL DG, SCHUMANN CM, NORDAHL CW. NEUROANATOMY OF AUTISM. *TRENDS NEUROSCI.* 2008;31(FEBRUARY):137–45.
8. MARSHALL CR, NOOR A, VINCENT JB, LIONEL AC, FEUK L, SKAUG J, ET AL. STRUCTURAL VARIATION OF CHROMOSOMES IN AUTISM SPECTRUM DISORDER. *J HUM GENET.* 2008;(FEBRUARY):477–88.
9. IACOBONI M, DAPRETTO M. THE MIRROR NEURON SYSTEM AND THE CONSEQUENCES OF ITS DYSFUNCTION. *NAT REV NEUROSCI.* 2006;7(DECEMBER):942–51.
10. FRICK PJ, O'BRIEN BS, WOOTTON JM, MCBURNETT K. PSYCHOPATHY AND CONDUCT PROBLEMS IN CHILDREN. *J ABNORM PSYCHOL.* 1994;103:700–7.
11. MIER D, HADDAD L, DIERS K, DRESSING H, MEYER-LINDENBERG A, KIRSCH P. REDUCED EMBODIED SIMULATION IN PSYCHOPATHY. *WORLD J BIOL PSYCHIATRY.* 2014;15(6):479–487.
12. MEFFERT H, GAZZOLA V, DEN BOER JA, BARTELS AAJ, KEYSERS C. REDUCED SPONTANEOUS BUT RELATIVELY NORMAL DELIBERATE VICARIOUS REPRESENTATIONS IN PSYCHOPATHY. *BRAIN.* 2013;136:2550–62.

## Mirror Neurons and Their Potential Role in Psychopathology

**ABSTRACT:** Mirror neurons represent a population of neurons discovered by accident in the ventral premotor cortex of the macaca monkeys (*Macaca nemestrina* and *Macaca mulatta*), but a consensus is yet to be made on whether they exist in the human brain because of several technical and bioethical difficulties in mirror neuron research on human subjects. Mirror neurons are characterized by activation during an execution, but also during an observation of an action performed by another individual. Electrophysiological patterns of brain function mirror those of an actual execution of the action. Potential roles of mirror neurons include a wide spectrum of cognitive and emotional actions and processes such as the understanding of meaning and intention of an observed action, learning by imitation, empathy, forming of the “mind theory”, as well as language learning and comprehension. Its potential role in empathy is especially interesting. Due to the significant role of empathy dysfunction in the basis of antisocial personality disorder and the disorders of the autistic spectrum, it was intuitively hypothesized that mirror neurons might have a role in the pathophysiology of these disorders. Current research have yet to give adequate support for such hypotheses.

**KEY WORDS:** Antisocial Personality Disorder, Autism, Mirror Neurons