

Amigdala i strah

LUKA TURKALI
MEDICINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

DOI: <http://dx.doi.org/10.17486/gyr.3.1009>

SAŽETAK: Amigdala je heterogena skupina jezgara i kortikalnih regija u medijalnom temporalnom režnju. Kao dio limbičkog sustava važan je centar za različite emocionalne i kognitivne funkcije. Strah je emocija koja se najčešće veže uz amigdalnu. Ključna je njena uloga u prepoznavanju, kondicioniranju i ekspresiji straha. Centralna i lateralna jezgra amigdala ključne su u kondicioniranju straha. Svojim vezama s ostalim moždanim strukturama amigdala „pokreće“ emociju straha. Bilateralne lezije amigdale dovode do stanja poznatog kao Kluever-Bucy. Ljudi s bilateralnim oštećenjem amigdale ne osjećaju strah. Amigdala sudjeluje u patofiziologiji različitih psihijatrijskih stanja.

KLJUČNE RIJEČI: Amigdala, Strah, Emocije, Kondicioniranje straha, Kluever-Bucy sindrom, Bolesnica SM

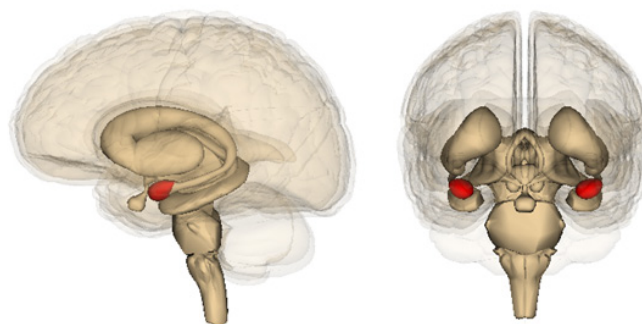
Uvod

Amigdala (lat. Corpus amygdaloideum) je limbička moždana struktura smještena u temporalnom režnju. Ime je dobila prema grčkoj riječi *ἀμυγδαλή*, amygdalē, što znači badem. Važan je centar za regulaciju različitih emocija i kognitivnih funkcija. Unatoč tome što se obično povezuje sa strahom, amigdala je važna i za različita druga emocionalna stanja povezana s agresijom, hranjenjem, seksualnim funkcijama i drugim. Ipak, ovaj tekst bavit će se pretežito emocionalnim procesiranjem straha koje je najviše i proučeno. Amigdala ima ključnu ulogu u prepoznavanju, kondicioniranju i ekspresiji straha.

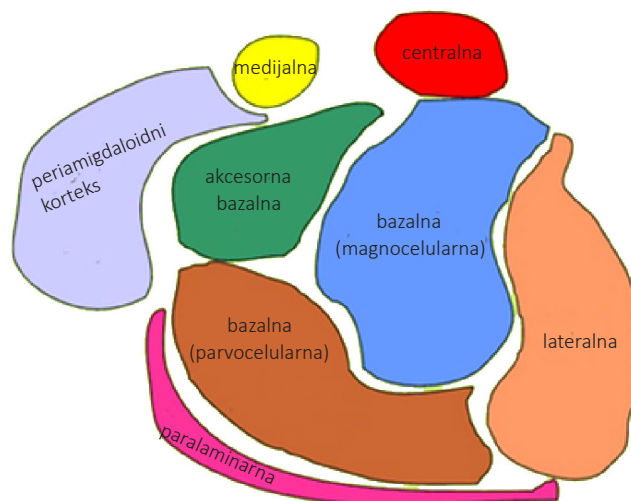
Osnovna anatomija amigdale

Amigdala, ili amigdaloidni kompleks, heterogena je skupina jezgara i kortikalnih regija smještenih u medijalnom temporalnom režnju, rostralno od hipokampusa i repa nukleus kaudatusa. (slika 1.) Smatra se jednim od bazalnih ganglija, a dio je limbičkog sustava. Dva su glavna dijela amigdale: centrokortikomedijalni (centralna, kortikalna i medijalna jezgra) i bazolateralni (lateralna, bazalna i akcesorna bazalna jezgra). (slika 2.) Svaki dio ima specifične neuroanatomske veze, a ovisno o njima i specifične funkcije. Primjerice, lateralna jezgra glavno je ulazno područje amigdale budući da prima senzorne informacije (slušne, vidne, okusne, osjetne, somatozenzorne uključujući bol) iz različitih moždanih regija. Glavna izlazna područja su centralna jezgra, povezana s jezgrama moždanog debla, i bazalna jezgra povezana sa strijatumom. Ovo je važno u razumijevanju funkcija amigdale.

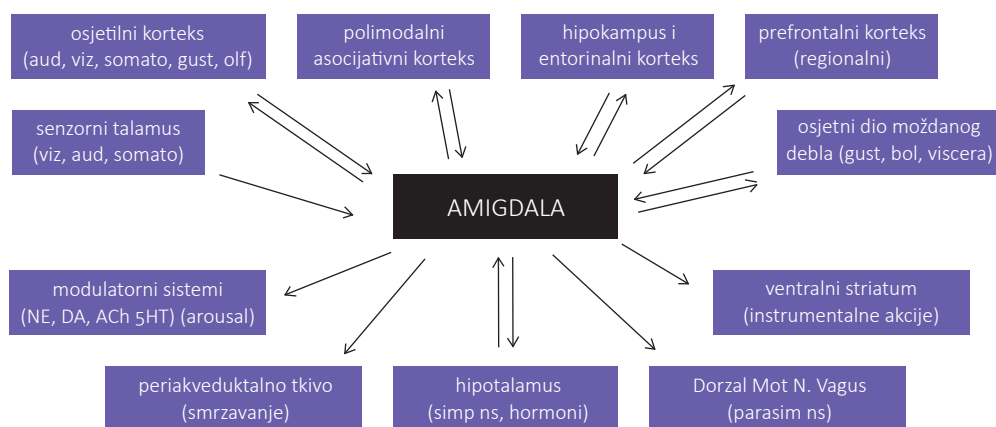
Amigdala je opsežno recipročno povezana s brojnim kortikalnim i supkortikalnim strukturama (slika 3). Tradicionalno se navode dva glavna neuroanatomska puta kao veze s ostalim moždanim strukturama: stria terminalis i ventralni amigdalofugalni put (slika 4.) Važno je napomenuti da u stvarnosti postoje i brojne druge neimenovane veze, uključujući one s kortikalnim područjima. Primjerice, iznimno su važne veze prefrontalnog korteksa i amigdale.



Slika 1. Položaj amigdale u mozgu.



Slika 2. Jezgre amigdale.



Slika 3. Neuroanatomske veze amigdale s kortikalnim i supkortikalnim strukturama.

Emocije i osjećaji

Da bismo razumjeli ulogu amigdale, prvo treba definirati što je emocija. Pojam emocije (engl. emotion), razlikuje se od pojma osjećaja (engl. feeling), iako se često rabe kao sinonimi. Emocija (npr. strah, bijes, tuga) je nesvjesna, automatska reakcija na neki podražaj koja uključuje i somatske (npr. ubrzanje bila, širenje zjenica, mišićna aktivnost) i kognitivne promjene (npr. promjene pažnje i memorije). S druge strane, osjećaj je svjesna reprezentacija te emocije, primjerice osjećaj prestrašenosti. Emocije su rezultat aktivnosti supkortikalnih struktura (amigdale, hipokampusa, strijata i moždanog debla), a osjećaji moždane kore.

Amigdala i kondicioniranje straha

Kao što je rečeno, kondicioniranje straha važna je funkcija amigdale. Znanstvenici se obično koriste Pavlovljevim kondicioniranjem u istraživanju "učena straha". Bit kondicioniranja (straha) jest asociiranje uvjetovanog podražaja (npr. zvučnog signala) s neuvjetovanim podražajem (npr. električnim šokom), primjerice na način da životinji nakon primjene zvučnog signala uslijedi električni šok. Neuvjetovani podražaj (NP) jest biološki potentan podražaj koji sam po sebi izaziva emocionalni odgovor, primjerice smrzavanje (engl. freezing). Uvjetovani podražaj (UP) je emocionalno neutralan i sam po sebi ne izaziva odgovor. Nakon njihova uparivanja ponavljanjem nekoliko serija zvučnog signala nakon kojeg slijedi električni šok, pojavljivanje samog neutralnog podražaja potaknut će sličan emocionalni odgovor (dakle sam zvučni signal izazvat će reakciju smrzavanja).

Kondicioniranje straha ima veliku evlucijsku vrijednost. Primjerice, životinja prepoznaje opasnost već prema neutralnom podražaju (npr. šuškanje trave (UP) upućuje na približavanje grabežljivca (NP)) i aktivira obrambene mehanizme (npr. bijeg od grabežljivca). Takav sustav omogućava životinjama učinkovitije izbjegavanje opasnosti.

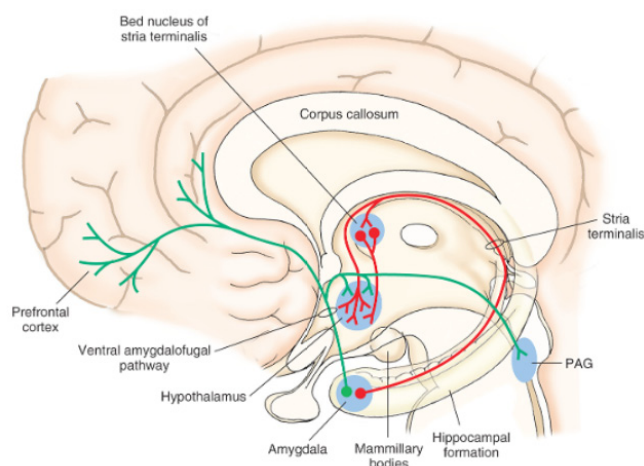
Neuralni mehanizmi kondicioniranja straha

Danas su poznati neuralni mehanizmi u podlozi kondicioniranja straha, u čemu lateralna i centralna jezgra amigdale imaju ključnu ulogu. Informacije o UP (zvuk) i NP (električni šok) iz auditornog odnosno somatozenzornog talamusa konvergiraju u lateralnu jezgru amigdale. Lateralna jezgra je direktno i indirektno povezana s centralnom jezgrom koja potom orkestrira emocionalni odgovor. (slika 5.) Sinaptička plastičnost u lateralnoj jezgri osnova je asociiranja UP i NP i kondicioniranja straha. Time

UP, prolaskom kroz potencirane sinapse u lateralnoj jezgri, stječe sposobnost samostalno potaknuti aktivaciju centralne jezgre i emocionalnu reakciju.

Detekcija opasnosti i ekspresija straha

Amigdala funkcionira i kao detektor opasnosti. Pretežito pod utjecajem vidnog sustava, ali i ostalih modaliteta, amigdala evaluira potencijalno ugrožavajuće podražaje iz okoline. Kad je opasnost detektirana, amigdala orkestrira odgovor, primjerice fight or flight reakciju (udari ili bježi), svojim vezama s ostalim strukturama. Bazalna jezgra svojim vezama sa strijatumom regulira instrumentalna ponašanja (npr. bježanje). Centralna jezgra svojim vezama s periakveduktalnom sivom tvari regulira reakciju smrzavanja. Osim toga, potiče lučenje stresnih hormona aktiviranjem lateralnog hipotalamusa i autonomne promjene poticanjem jezgara moždanog debla. Facijalne ekspresije straha nastaju aktivacijom motoričkih jezgara trigeminusa i facijalisa, također pod kontrolom amigdale. Amigdala svojim kortikalnim projekcijama utječe i na kognitivne funkcije, primjerice selektivno usmjeravanje pozornosti na opasnost.



Slika 4. Stria terminalis i ventralni amigdalofugalni put.

Osjetne informacije o nekoj opasnosti iz talamusa paralelno se uz amigdalnu šalju i u kortikalna područja. Kako amigdala reagira brže nego korteks, emocionalni odgovor straha pokreće se prije nego svjesno osjećamo strah (bježimo prije nego što se bojimo!) (slika 6).

Sindrom Kluver Bucy

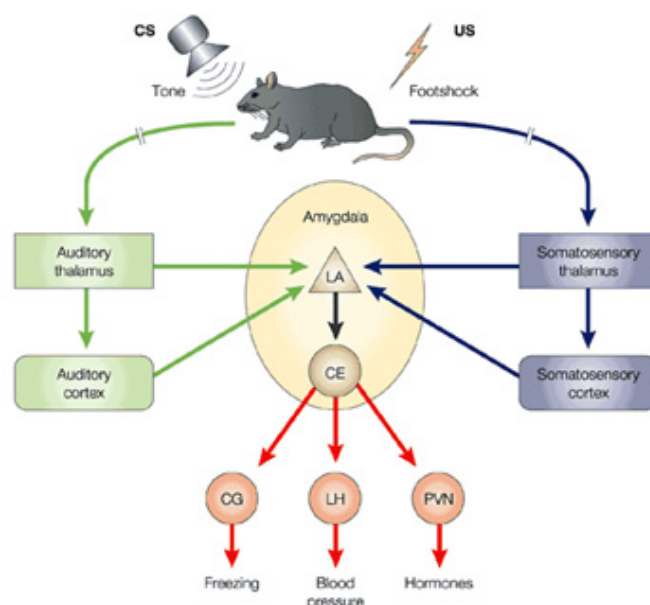
Sindrom Kluver Bucy nastaje obostranim oštećenjem prednjeg temporalnog režnja, uključujući amigdalnu.² Opisan je 1937. godine na majmunima, a uključuje niz zanimljivih fenomena. Majmuni ne prepoznaju njima inače poznate predmete (vizualna agnosia). Nadalje, izražena je hiperoralnost, odnosno sklonost stavljanju u usta stvari, koje bi u slučaju da nisu jestive, ispustili. Poremećaji prehrane uključuju prejedanje, ali i jedenje hrane koja inače nije dio njihove prehrane. Hiperseksualnost uključuje pretjeranu sklonost spolnom općenju, ali i spolnom općenju s neprikladnim stvarima. Također, smanjen je osjećaj straha od nepoznatog ili stvari koje inače u njima izazivaju strah, a inače agresivni majmuni postaju pitomi (docilnost). Važno je naglasiti kako su takvi majmuni socijalno neprilagođeni u majmunske zajednice jer su oštećene socijalne vještine temeljene na strahu, primjerice ne mogu naučiti da ne smiju uzimati hranu dominantnijeg mužjaka, iako budu fizički napadnuti.

Kluver Bucyjevi sindrom pojavljuje se i u ljudi, obično nakon neurokirurške temporalne lobektomije (zbog tumora, epilepsije), u herpes simpleks encefalitisu, moždanom udaru i drugim bolestima.

Pacijentica SM – kako funkcionira čovjek bez amigdale?

Studije na iznimno rijetkim ljudima s bilateralnim oštećenjem amigdale omogućuju uvid u funkcioniranje humane amigdale i njene važnosti u svakodnevnom životu ljudi. Jedna od takvih pacijenata jest SM. U jednoj od studija SM je podvrgnuta nizu eksperimenata s ciljem ispitivanja njenih reakcija na podražaje koji izazivaju strah (u zdravih osoba).

Prvi eksperiment proveden je u trgovini s egzotičnim kućnim ljubimcima, zmijama i paukovima, koji izazivaju određeni strah u većine ljudi. Iako je SM u prošlosti više puta navela da “mrzi” zmije i paukove i “nastoji ih izbjeći”, u eksperimentu je pokazivala iznenađujuće prisran kontakt s opasnim životinjama, štoviše nije pokazivala nikakve znakove straha. Unatoč upozorenjima da bi mogla biti ugrizena, pokazivala je kompulzivnu želju za diranjem najvećih i najopasnijih zmija. SM je svoj osjećaj straha u eksper-

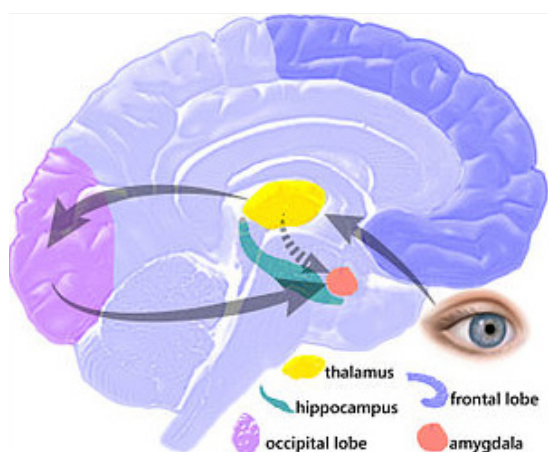


Slika 5. Neuronski krugovi uključeni u kondicioniranje straha.

mentu izrazila kao razinu ne višu od 2 na skali od 0 (bez straha) do 10 (ekstreman strah), dok je istovremeno izrazila velik osjećaj zainteresiranosti. Iako je uočiti da SM unatoč tome što verbalno izražava odbojnost prema tim životinjama ne pokazuje nikakve reakcije na opasnost. Sličan nedostatak izbjegavanja opasnosti i prisnost pokazuju i majmuni s Kluver-Bucyjevim sindromom.

U sličnom eksperimentu video snimke se koriste za poticanje različitih emocionalnih reakcija uključujući tugu, gađenje, ljutnju, sreću, iznenađenje i strah. Iako je SM pokazivala prikladne emocionalne odgovore na ostale podražaje (primjerice smijanje kao izraz sreće), nije pokazivala nikakve znakove emocionalnog odgovora na “strašne” dijelove filma niti je osjećala strah.

Zaključno, SM, pacijentica s bilateralnom lezijom amigdale pokazuje nesposobnost indukcije emocije straha, a shodno tome i osjećanja straha u različitim situacijama. Unatoč tome ostale emocije nisu poremećene. Iako je zaključiti kako SM ima niz problema u socijalnom ponašanju posredovanom strahom, primjerice upadanje u opasne situacije (nekoliko puta je bila žrtva zločina).



Slika 6. Informacije o optičkom stimulusu iz talamusa prenose se prema amigdali i korteksu paralelno

Zaključak

Važnost proučavanja amigdale leži i u njejoj povezanosti s brojnim bolestima u ljudi, uključujući i anksiozne poremećaje, shizofreniju i autizam. Primjerice, u PTSP-u je utvrđena hiperreaktivnost amigdale pri čemu takvi ljudi pretjerano reagiraju na sjećanja na traumatični događaj. Djelomično bi mogla biti odgovorna i za poremećeno socijalno funkcioniranje u autizmu. Iako je puno toga poznato o funkcioniranju amigdale, većina istraživanja provedena je na animalnim modelima. Razvoj novih neinvazivnih metoda omogućit će sve detaljnije proučavanje humane amigdale. Posebno je to značajno u aspektima poput socijalnog ponašanja i psihijatrijskih bolesti, specifičnih za ljude.

LITERATURA:

1. PAUL J. WHALEN , ELIZABETH A. PHELPS(2009) THE HUMAN AMYGDALA 1ST ED.,THE GULFORD PRESS, NEW YORK, LONDON
2. KANDEL ET AL (2013) PRINCIPLES OF NEURAL SCIENCE , 5TH ED. MCGRAW-HILL, NEW YORK
3. DAVIS M. (1992) THE ROLE OF THE AMYGDALA IN FEAR AND ANXIETY , ANNU. REO. NEUROSCI
4. JUSTIN S. FEINSTEIN , RALPH ADOLPHS, ANTONIO R. DAMASIO, DANIEL TRANEL (2012)
THE HUMAN AMYGDALA AND THE INDUCTION AND EXPERIENCE OF FEAR, CURRR BIOL
5. STANLEY JACOBSON, ELLIOT M. MARCUS(2008) NEUROANATOMY FOR THE NEUROSCIENTIS, 1ST ED SPRINGER, NEW YORK

CITATI:

1. AMYGDALA – DEFINITIONS FROM DICTIONARY.COM
2. ADEL K. AFIFI, RONALD A. BERGMAN, RONALD ARLY BERGMAN (1998). FUNCTIONAL NEUROANATOMY. MCGRAW-HILL. THE KLUVER-BUCY SYNDROME IS A CLINICAL SYNDROME OBSERVED IN HUMANS AND OTHER ANIMALS AFTER BILATERAL LESIONS IN THE TEMPORAL LOBE THAT INVOLVE THE AMYGDALA, HIPPOCAMPAL FORMATION, AND ADJACENT NEURAL STRUCTURES.
3. TANCREDI, LAURENCE R. (2005). HARDWIRED BEHAVIOR: WHAT NEUROSCIENCE REVEALS ABOUT MORALITY. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. PP. 98–99. ISBN 0-521-86001-6.

Amygdala and Fear

ABSTRACT: The amygdala is a heterogenous complex of nuclei and cortical regions located in the medial temporal lobe. It is a limbic center implicated in various emotional and cognitive functions. Fear is an emotion most commonly associated with the amygdala. It has key role in detection, conditioning and expression of fear. Central and lateral amygdala nuclei play crucial role in fear conditioning. By its connections with other brain structures amygdala triggers the state of fear. Kluever Bucy syndrome occurs in bilateral amygdala lesion patients. Humans with bilateral amygdala lesions cannot experience fear. The amygdala plays role in patophysiology of various psychiatric states.

KEY WORDS: Amygdala, Fear, Emotions, Fear conditioning, Kluever-Bucy syndrome, SM patient