



FAKULTET ZA SPECIJALNU EDUKACIJU I REHABILITACIJU
Medicinska fiziologija - predavanja

Učenje i pamćenje

Doc. dr Maja Milovanović

Učenje/pamćenje

- Sposobnost promene ponašanja na osnovu iskustva je karakteristika životinja i ljudi.
- Učenje je pribavljanje informacija koje ovo čine mogućim.
- Pamćenje je zadržavanje i skadištenje tih informacija.
- Ove dve fukcije su usko povezane i treba ih razmatrati zajedno.

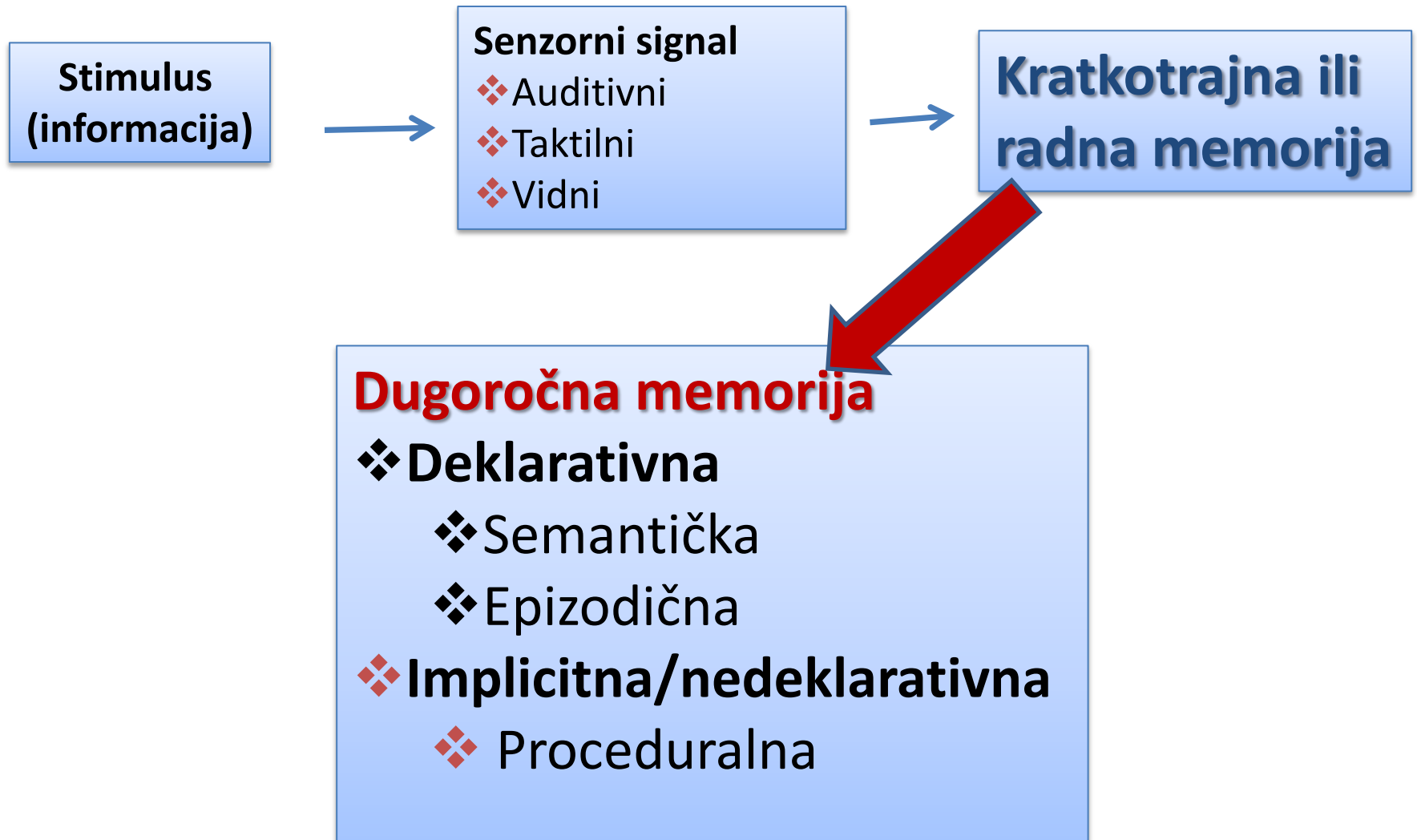
Učenje

- Promena ponašanja jedinke na osnovu prethodnog iskustva, kojom se uspostavljaju novi odnosi između sadašnjosti i prošlosti.
- Sposobnost adaptacije koja omogućava vrsti da se održi.
- Način kojim stičemo informacije o svetu koji nas okružuje.

Pamćenje je sposobnost mozga da zadrži informaciju u sećanju

- Sposobnost da se prethodna iskustva pozovu na svestan ili nesvestan nivo, da se misli ponovo ožive u svesti i da se dozovu u sećanje.

Pamćenje kao proces



Dve forme dugoročne memorije

EksPLICITNA/deklarativna

- Semantička
- Epizodična

Implicitna/nedeklarativna

- **Priprema** - neokorteks
- **Proceduralna (veštine, navike)** - striatum
- **Asocijativno učenje, klasično i instrumentalno uslovljavanje**
 - Emocionalni odgovori - amigdala
 - Skeletna muskulatura - cerebelum
- **Neasocijativno učenje** - refleksni putevi
 - Habitucija
 - Senzitivizacija

PAMĆENJE

DEKLARATIVNO
EKSPLICITNO

PAMĆENJE SVESNIH
DOGAĐAJA I ČINJENICA
verbalno se izražava

1. SEMANTIČKA
2. EPIZODIČNA

*(vezana za događaje i iskustvo)
koristi kognitivne procese:
upoređivanje, ocenjivanje,
zaključivanje*

HIPOKAMPUS

NEDEKLARATIVNO
REFLEKSNO IMPLICITNO
PROCEDURALNO

PAMĆENJE PONAŠANJA KOJE
SE PODRZUMEVA, NAVIKE,
IZVRŠAVANJE ZADATAKA,
VEŠTINE

USLOVLJAVANJE

1. NEASOCIJATIVNO
HABITUACIJA
SENZITIZACIJA
2. ASOCIJATIVNO
KLASIČNO
OPERATIVNO

TEMPORALNI REŽANJ,
DIENCEFALON, CEREBELUM,
BAZALNE GANGLIJE, CEREBRALNI
KORTEKS, AMIGDALA

Eksplicitno (deklarativno) pamćenje

- **Znati šta?**

- Svesno dostupan trag prošlog iskustva (životopisna zbivanja i za njih vezane uspomene) i osećaj poznavanja takvih doživljaja.
- Činjenice, epizode i podaci.

- Stičemo ga **svesnim** naporom, a tako se i prisećamo onog što smo procesom eksplicitnog učenja upamtili, možemo ga iskazati.

EksPLICITNO (deklarativno) pamćenje

Semantičko

- pamćenje pojmova, simbola, značenja (pojedinih reči, stručnih naziva i pojmova, hemijskih formula itd.) mentalni leksikon

Ja znam šta je knjiga

Epizodično

- emotivno obojeni događaji iz života (prvi poljubac, prva vožnja automobilom, nepravda, osvojeno prvo mesto i sl.)

Sećam se kada sam dobio moju prvu knjigu

Implicitno (proceduralno) pamćenje

- **“Znati kako ću nešto obaviti”**
- Pamćenje procedure i veštine.
- Ponavljanjem niza više ili manje uspešnih pokušaja (metodom pokušaja i pogreške).
- Implicitna memorija **ne koristi** svesnost i kada se jednom usvoji pristupačna je kroz izvođenje i teško se verbalizuje.
- Postupno smo stekli niz navika, što sad imaju podsvesna i automatska obeležja, a ne znamo kada i kako smo ih tačno stekli.



Dve forme dugoročne memorije

EksPLICITNA/deklarativna

- Semantička
- Epizodična



Implicitna/nedeklarativna

- **Priprema** - neokorteks
- **Proceduralna (veštine, navike)** - striatum
- **Asocijativno učenje, klasično i instrumentalno uslovljavanje**
 - Emocionalni odgovori - amigdala
 - Skeletna muskulatura - cerebelum
- **Neasocijativno učenje** - refleksni putevi
 - Habitucija
 - Senzitivizacija

Funkcionalna osnova deklarativnog pamćenja

- Funkcionalna osnova pamćenja je **izmena snage određene sinaptičke veze.**
- Ova izmena se zasniva na:
 - sintezi proteina
 - aktivaciji gena
- Ova promena se događa tokom prelaza kratkotrajne (radne memorije) u dugoročnu memoriju.

- Ukoliko se dogodi moždana trauma u toku tog procesa, sadržaj ne biva upamćen.
- Primer je gubitak pamćenja događaja koji neposredno prethode kontuziji mozga ili elektrošok terapiji – **retrogradna amnezija**.

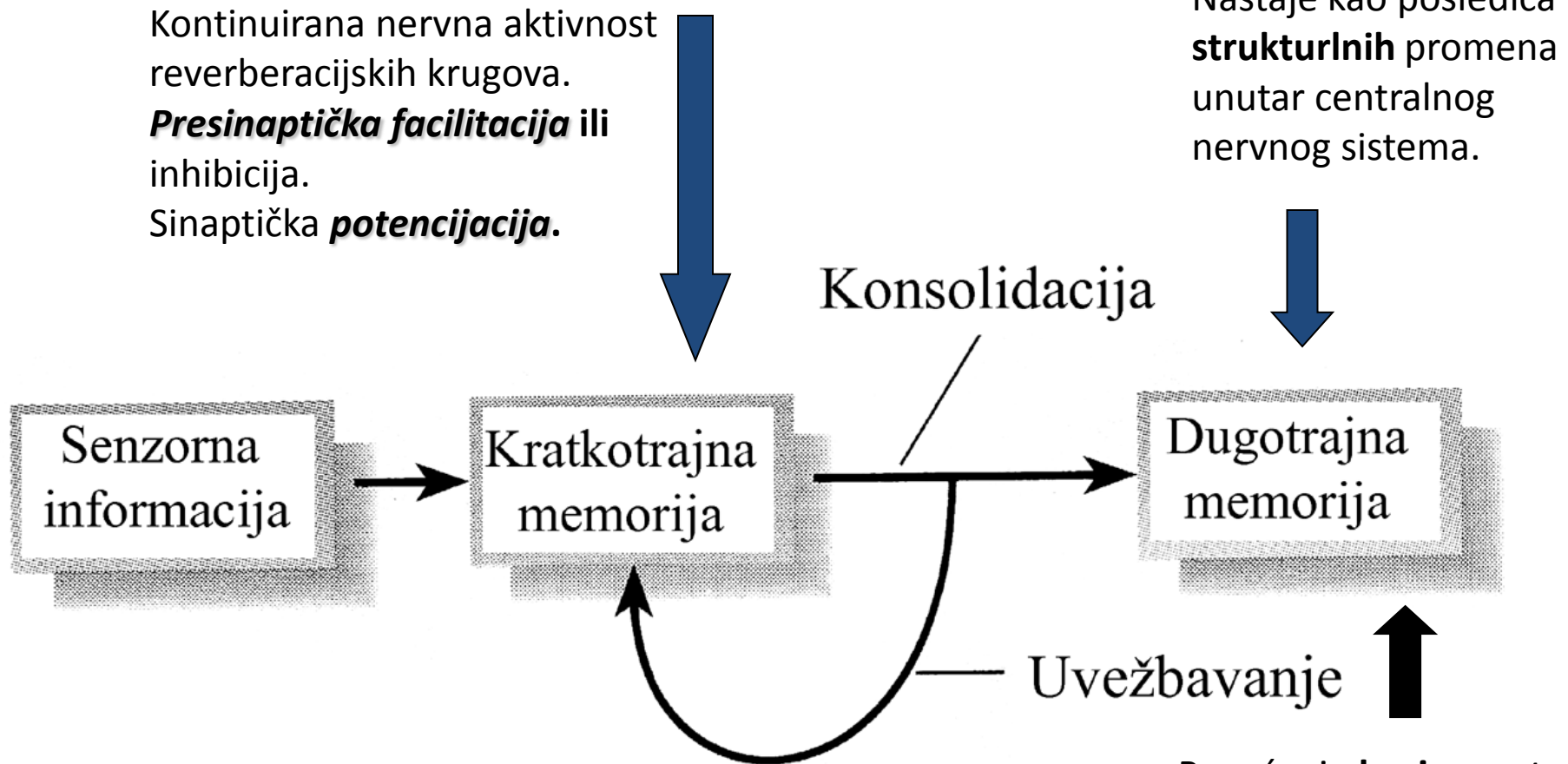
Mehanizmi upamćivanja

Kontinuirana nervna aktivnost reverberacijskih krugova.

Presinaptička facilitacija ili inhibicija.

Sinaptička **potencijacija**.

Nastaje kao posledica **strukturnih** promena unutar centralnog nervnog sistema.



Konsolidacija

Senzorna
informacija

Kratkotrajna
memorija

Dugotrajna
memorija

Uvežbavanje

POSTETANIČKA FACILITACIJA:

tetanizirajući stimulus dovodi do povećanja akumulacije Ca^{++} u presinaptičkom neuronu.

Povećanje postsinaptičkog potencijala.

Povećanje **broja** mesta za osobađanje transmitterskih sekretornih vezikula. Povećanje **broja** transmitterskih vezikula

Plastičnost sinapse i učenje

- Izmena sinaptičke transmisije u procesu kratkoročne i dugoročne memorije može biti u vidu **pojačavanja i slabljenja** na osnovu iskustva iz prošlosti.
- Promene na nivou sinapse mogu biti:
 - **Presinaptičke**
 - **Postsinaptičke**

Posttetanička potencijacija

- **Stvaranje pojačanih postsinaptičkih potencijala kao odgovor na stimulaciju.**
- Ovo pojačanje nastaje posle **kratkim ponavljanih stimulacija** u presinaptičkom neuronu, koje dovode do nakupljanja Ca^{2+} u presinaptičkom neuronu.

Dugotrajna potencijacija (DTP)

- **Stalni porast postsinaptičkog potencijala kao odgovor na presinaptičku stimulaciju posle kratkog perioda brzo ponavljanih stimulacija presinaptičkog neurona.**
- Započinje porastom intraćelijskog Ca^{2+} u postsinaptičkom neuronu, najčešće u hipokampusu.
- Traje danima.

Hipokampus - DTP

U hipokampusu postoje dve forme DTP:

- DTP u mahovinastim vlaknima, presinaptička, verovatno uključuje cAMP
- Postsinaptička DTP koja zavisi od glutamatnih NMDA receptora.

Radna memorija

- Radna memorija omogućava da dolazeća informacija bude dostupna u kratkom periodu dok se odlučuje da li će biti upamćena ili zaboravljena.
- Npr: **Pogledamo broj telefona, upamtimo ga dok držimo telefon i biramo broj.**
- Ovu funkciju izvršava **prefrontalni korteks** uz pomoć dva potpomažuća sistema:
 - verbalni sistem koji zadržava verbalno pamćenje
 - paralelni vizuoprostorni sistem koji zadržava vizelne i prostorne aspekte objekta.

Konsolidacija pamćenja = kratkotrajno
eksplicitno pamćenje = hipokampus

- **Aktivno ponavljanje kratkotrajnog pamćenja započinje hemijske, fizičke i anatomske promene u sinapsama koje su odgovorne za dugotrajni tip pamćenja.**

– *“Repetitio mater studiorum est”*

Hipokampus i medijalni temporalni režanj

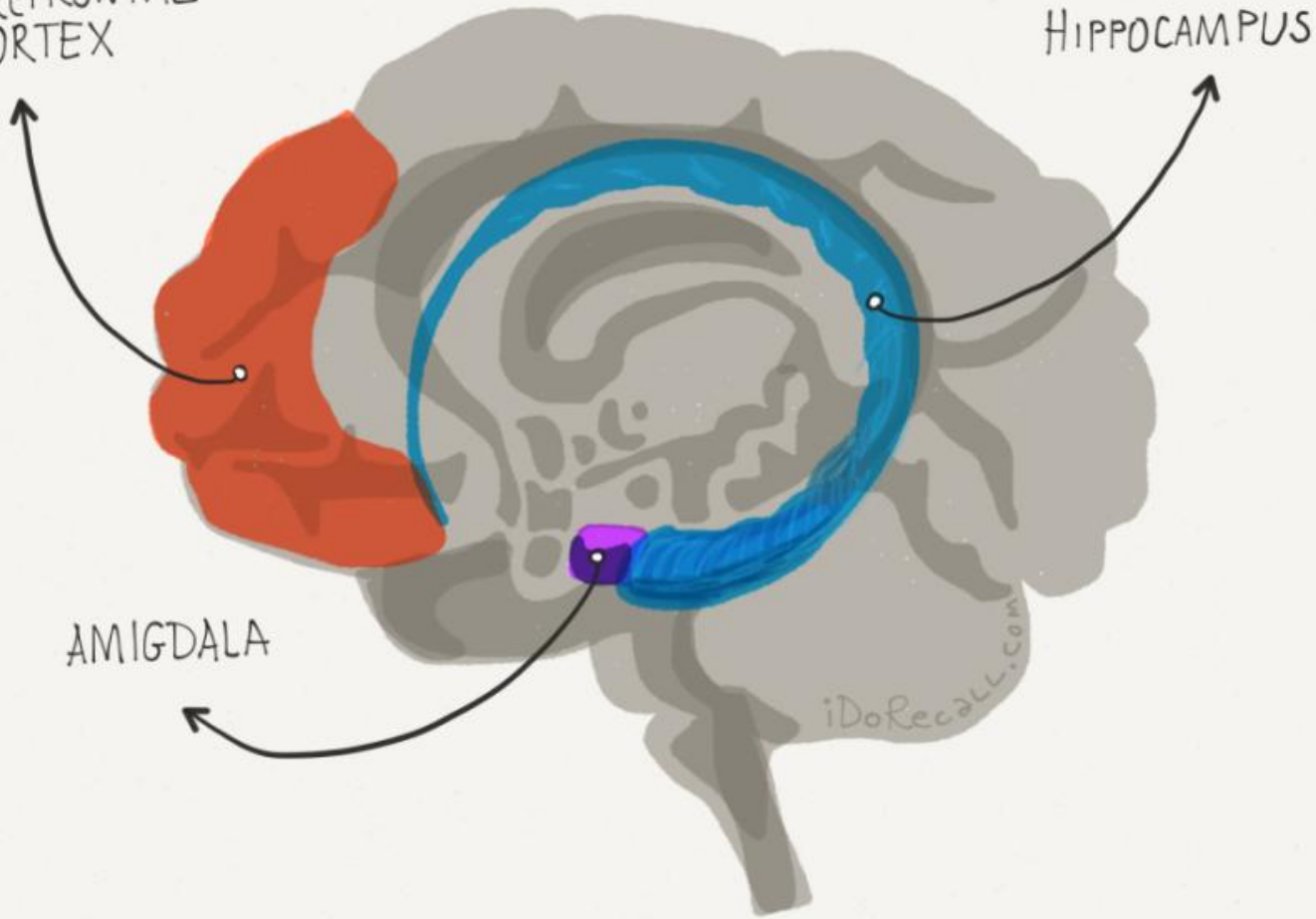
- **Areje radne memorije su povezane sa hipokampusom i susednim parahipokampalnim delovima medijalnog temporalnog korteksa.**
- Ljudi sa ovim oštećenjem imaju očuvanu radnu memoriju i dugoročnu memoriju – procesi deklarativne memorije su očuvani.
- Oni su sposobni da uče novo, i da čuvaju preleziono pamćenje, ali ne mogu da formiraju novo dugoročno pamćenje.

PREFRONTAL
CORTEX

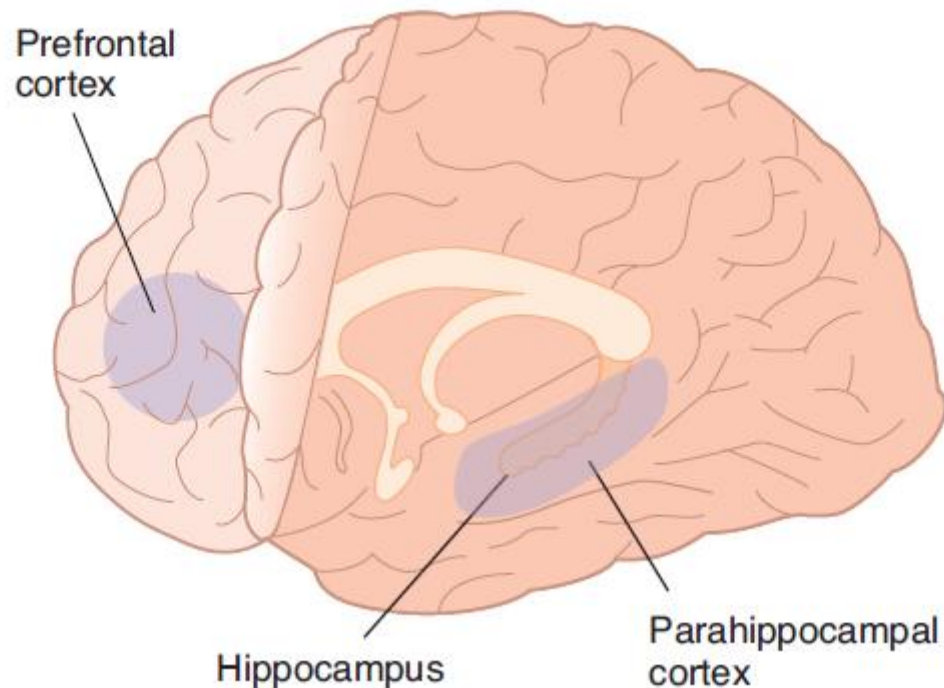
HIPPOCAMPUS

AMIGDALA

iDoRecall.com



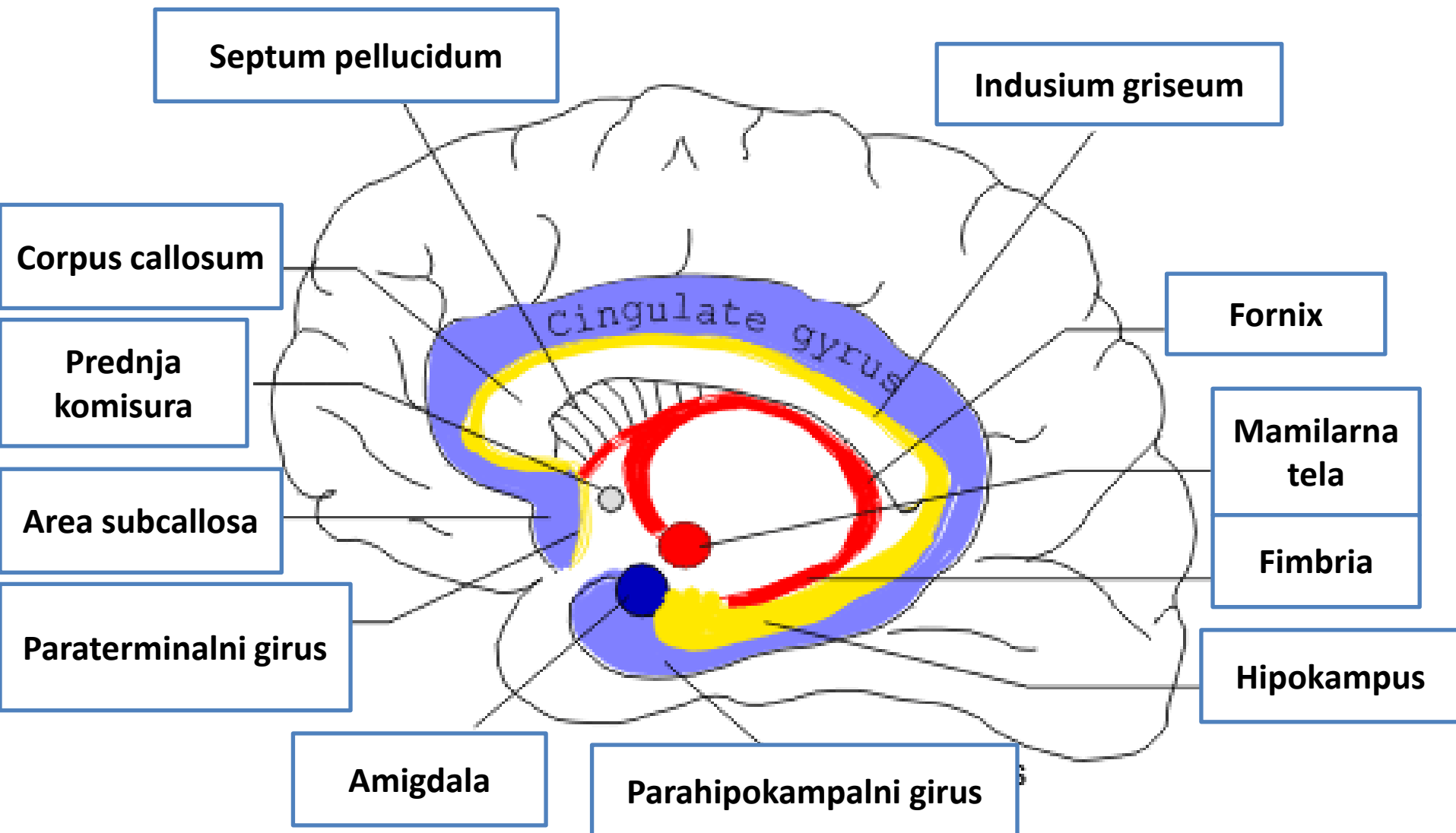
Delovi mozga koji su uključeni u deklarativnu memoriju: prefrontalni korteks i parahipokampalni režanj su uključeni u enkodiranje informacije



Veze hipokampusa i korteksa

- Hipokampus je blisko povezan sa parahipokampalnim korteksom u medijalnom frontalnom režnju.

Limbički sistem



Konfabulacije

- Nastaju kod osoba sa oštećenjem ventromedijalnih delova frontalnih režnjeva.
 - Ove osobe pokazuju oštećenje pamćenja na testovima, ali spontano opisuju događaje koji se nikada nisu dogodili “Iskreno laganje”

Emocionalni aspekt pamćenja

- Amigdala je u bliskoj vezi sa hipokampusom i uključena je u upamćivanje i prisećanje na emocionalno obojeni upamćeni sadržaj.
- Zdrave osobe bolje pamte sadržaj koji je vezan za jake emocije, dok kod osoba sa obostranom lezijom amigdale ova razlika ne postoji.

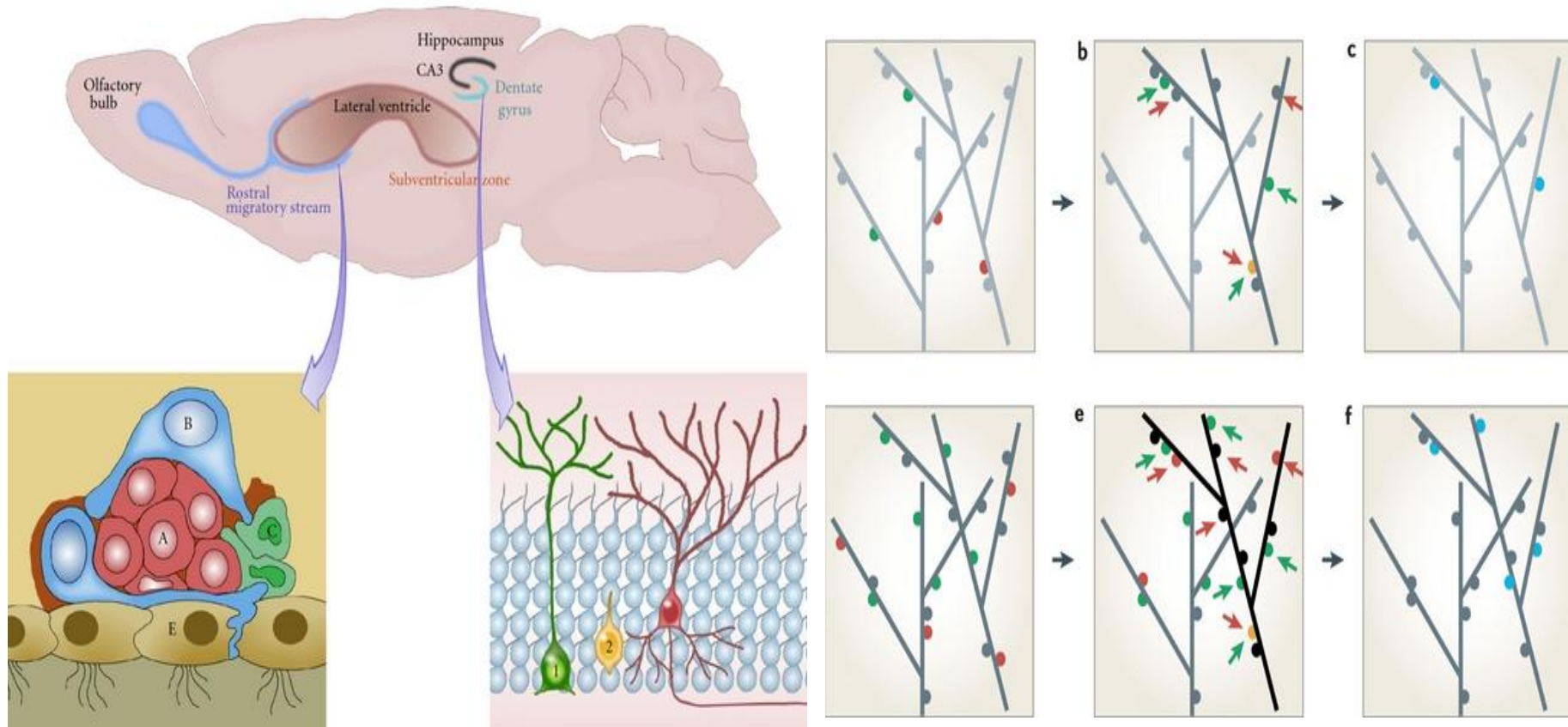
Neurogeneza

- Tradicionalno mišljenje da se posle rođenja ne stvaraju nove moždane ćelije nije tačno:
 - Novi neuroni iz stem ćelija nastaju tokom čitavog života u **olfaktornom bulbusu i hipokampusu procesom neurogeneze.**
 - Uloga neurogeneze u hipokampusu je povezana sa funkcijom učenja i pamćenja.

Mozak stvara nove ćelije procesom neurogeneze

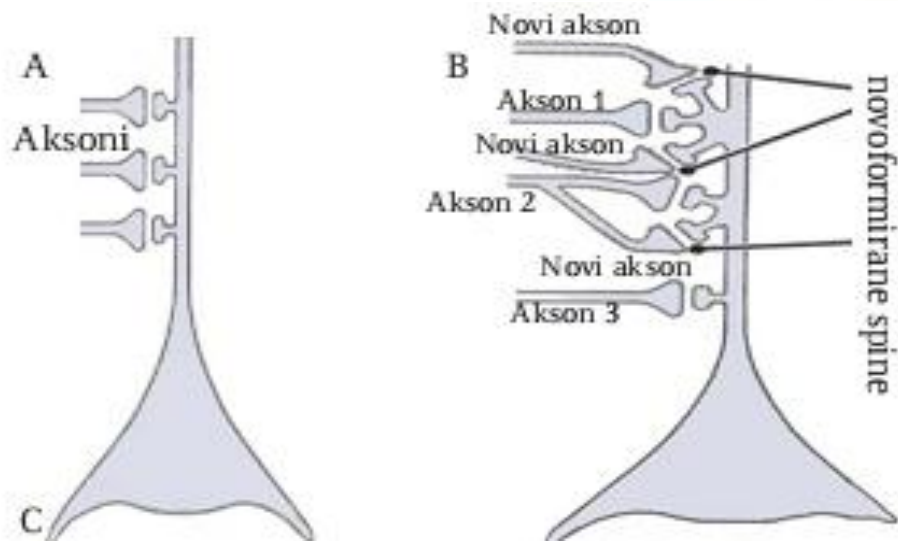
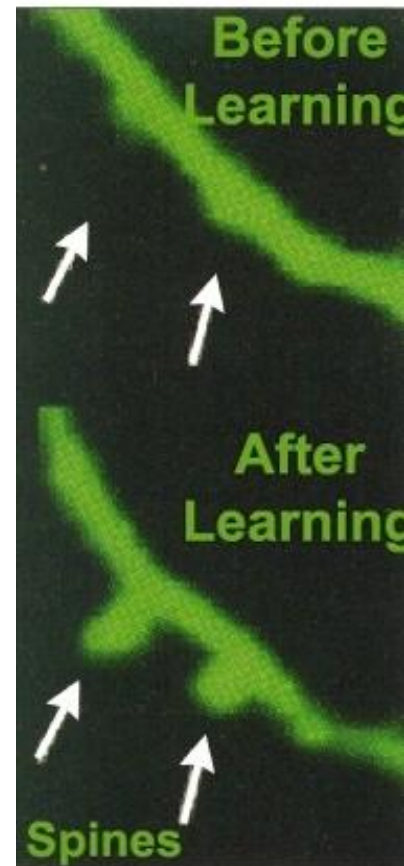
Tradicionalna shvatanja da se nervne ćelije ne stvaraju po rođenju su zastarela, jer iz stem ćelija se stvaraju novi neuroni (u hipokampusu i olfaktornom bulbusu).

Učenje takođe izaziva specifične promene u morfologiji neurona i sinapse.



Plastičnost mozga

- Osobina nervnog sistema da menja i modifikuje svoju strukturu i funkciju pod uticajem spoljašnjih i unutrašnjih činilaca
- Ovo se odvija povećanjem broja presinaptičkih završetaka, izmenama strukture i broja dendritskih bodlji.
- Korteks može da se reorganizuje posle učenja i fizičke aktivnosti



Gubitak neurona starenjem

- Svakoga dana gubimo oko 1000 neurona, 70000 nedeljno, 300000 mesečno, 3500000 godišnje.
- Gubi se glija i neuroni
- Neuroni gube mijelinski omotač - sporija transmisija
- Značajno smanjenje težine mozga, debljine korteksa, receptora i neurotransmitera sa starenjem.

Dugoročno pamćenje

- Dok proces kratkotrajnog eksplicitnog pamćenja uključuje hipokampus, **dugotrajno pamćenje se čuva u različitim delovima neokorteksa.**
- Različiti delovi pamćenja - vizuelno, olfaktorno itd. je lokalizovani su u regionima mozga koji su vezani za te funkcije.
- Delovi su povezani među sobom sa dugotrajnim izmenama snage transmisije na relevantnim spojevima tako da se komponente prizivaju u svesti kod sećanja.

Deklarativno pamćenje - zaključak

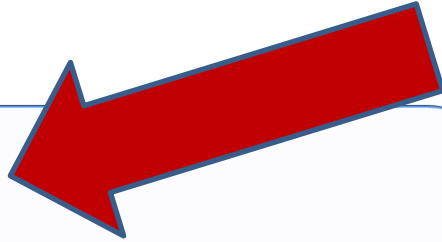
- Informacija iz senzorijuma i čula je privremeno pothranjena u različitim delovima prefrontalnog režnja kao **radna memorija**.
- Ona potom prolazi do medijalnog temporalnog režnja i parahipokampalnog režnja, odatle ulazi u hipokampus, gde se formira **kratkoročna memorija**, koja je osetljiva.
- Izlaz iz hipokampusa ide kroz subikulum, entorinalni korteks povezuje i osnažuje krugove u mnogim kortikalnim arejama. Tako se formira stabilna **dugoročna memorija** koja se može prizvati u sećanje aktivacijom različitih okidača.

Dve forme dugoročne memorije

EksPLICITNA/deklarativna

- Semantička
- epizodična

IMPLICITNA/nedeklarativna

- **Priprema** - neokorteks
 - **Proceduralna (veštine, navike)** - striatum
 - **Asocijativno učenje, klasično i instrumentalno uslovljavanje**
 - Emocionalni odgovori - amigdala
 - Skeletna muskulatura - cerebelum
 - **Neasocijativno učenje** - refleksni putevi
 - Habitucija
 - Senzitivizacija
- 

Funkcionalna osnova nedeklarativnog pamćenja

- **Uslovljavanje** podrazumeva da pojava specifične draži izaziva izvođenje specifičnog ponašanja.
- Pokreti koji se izvode mogu biti:
 - Refleksni odgovor karakterističan za vrstu
 - Naučene sekvence pokreta.

Klasično uslovljavanje

- Predstavlja učenje putem **koga bezuslovna draž dobija svojstva važne draži (uslovne)**.
- Uključuje povezivanje (asocijaciju) između dve draži.
- Draž koja ranije nije bila značajna uspeva da uzrokuje automatski, za datu vrstu karakterističan odgovor.
- Refleksni odgovor na stimulus koji je ranije izazvao mali odgovor ili ga nije izazvao, stiče se ponavljanim udruživanjem stimulusa sa drugim stimulusom koji normalno izaziva odgovor.

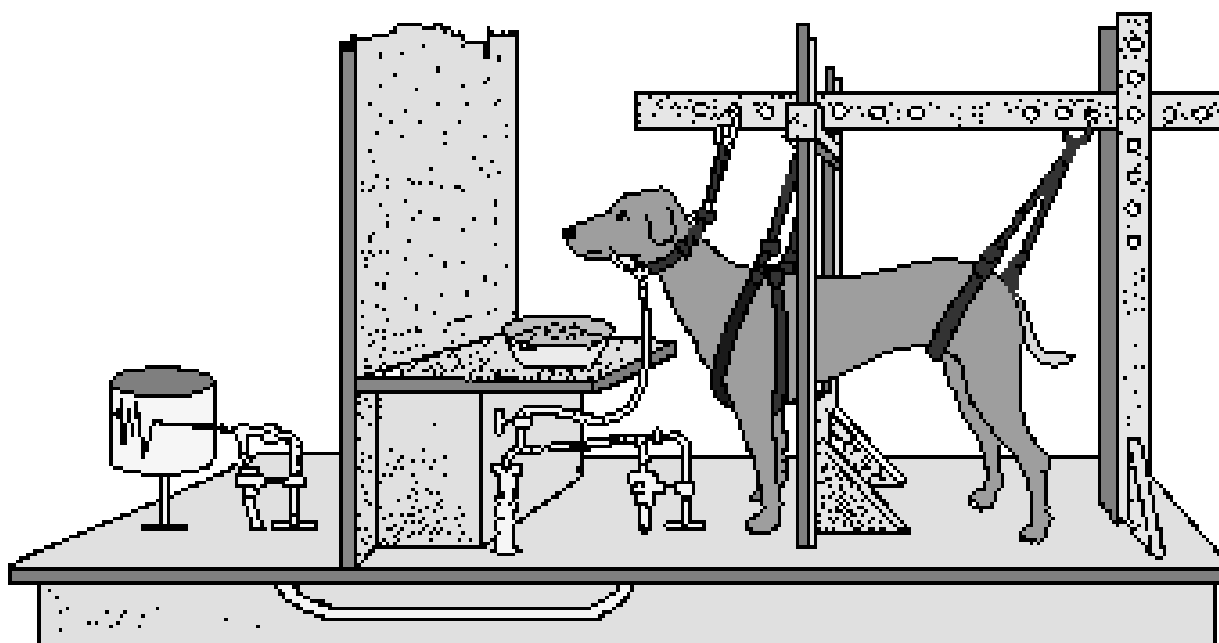
Uslovni refleksi

- Klasičan primer asocijativnog učenja je uslovni refleks.
- U **Pavlovljevom klasičnom eksperimentu**, salivacija nastaje kada se psu daje meso. Zvono je svaki put najavljivalo stavljanje mesa u usta psa, i taj proces je ponavljan puno puta, da bi se salivacija počela javljati iako meso nije stavljeno u usta psa.
- Meso: **bezuslovni stimulus**;
- Zvono: **uslovni stimulus**
- Uslovljavanje visceralnih refleksa: **biofeedback**



Pavlovljev eksperiment

Ivan Pavlov
1849-1936
Nobelova
Nagrada
1904.



Vrste uslovljavanja

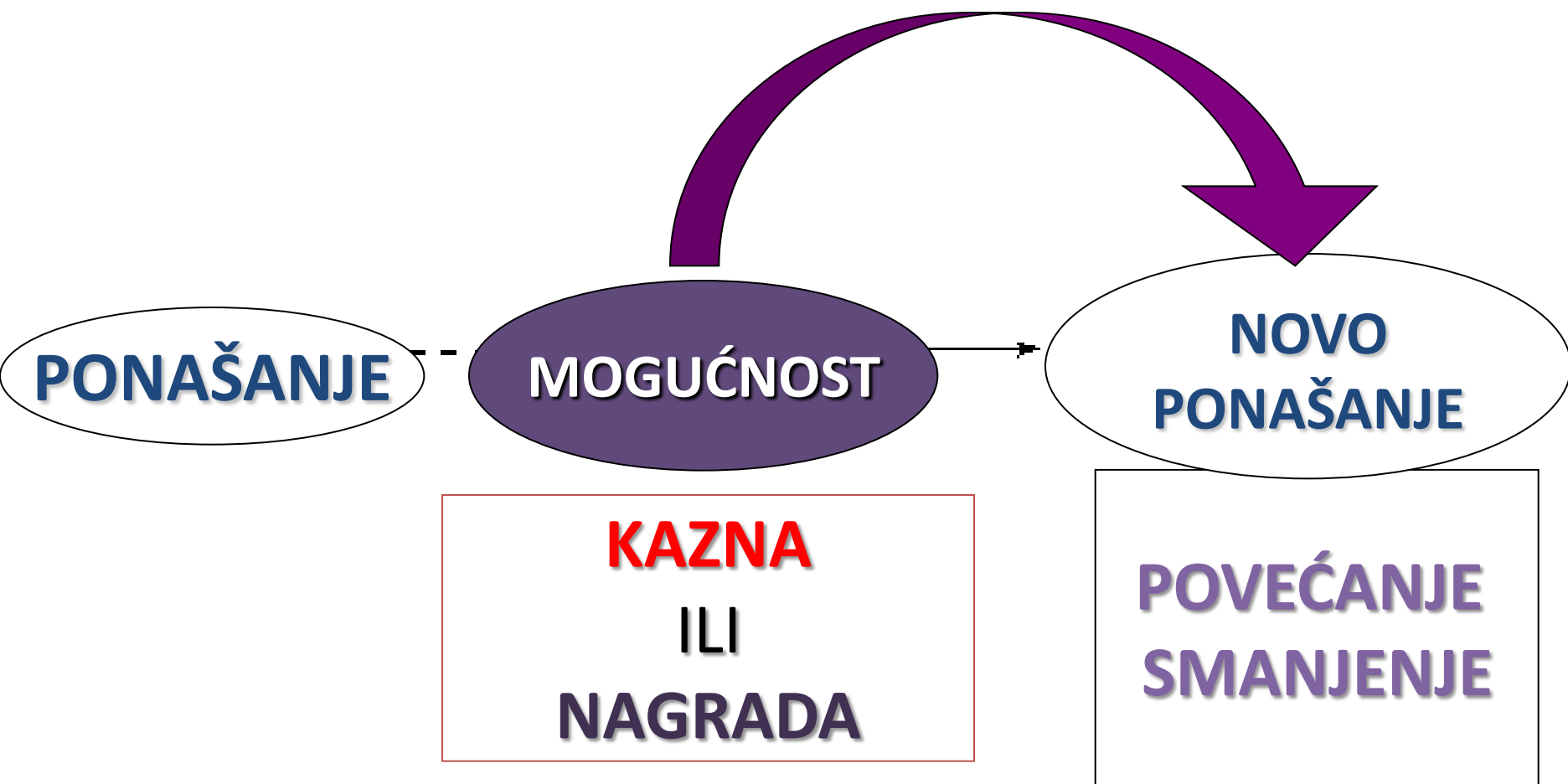
Klasično uslovljavanje:

- Uključuje **automatske - za vrstu karakteristične odgovore.**
- Uključuje **povezivanje između dve draži.**

Instrumentalno uslovljavanje:

- Uključuje **aktivnosti koje su prethodno morale biti usvojene**
- Uključuje **povezivanje između odgovora i draži.**

Istrumentalno uslovljavanje



Habituacija

- Jednostavna forma učenja u kojoj se neutralni stimulus ponavlja više puta.
- Prvi put je nov i izaziva reakciju (Šta je?)
- Pri ponavljanju, izaziva sve manje električnih odgovora, da bi na kraju osoba postala naviknuta na stimulus i počela da ga ignoriše.
- Mehanizam:
 - smanjenje oslobađanja transmitera iz presinaptičkog završetka zbog smanjenja intraćelijskog Ca^{2+} usled postepene inaktivacije Ca^{2+} kanala.
- Habitucija može biti kratkotrajna ili prolongirana ako se stimulus ponavlja mnogo puta.
- Habitucija je klasičan primer neasocijativnog učenja.

Senzitizacija

- Suprotan proces od habituacije.
- Produženi i pojačani postsinaptički odgovori mehanizmom presinaptičke facilitacije.
 - *Npr. Bolni stimulus uzrokuje pražnjenje serotonergičkih neurona koji se završavaju na presinaptičkom završetku senzornog neurona.*
- Može biti prolazna, ili dugotrajna.
- Kratkotrajna nastaje mehanizmom Ca^{2+} posredovane izmene adenilat ciklaze, koja dovodi do veće produkcije cAMP.
- Dugotrajna potencijacija uključuje sintezu proteina i rast presinaptičkih i postsinaptičkih neurona i njihovih veza.



FAKULTET ZA SPECIJALNU EDUKACIJU I REHABILITACIJU
Medicinska fiziologija - predavanja

Limbički sistem - emocije

Doc. dr Maja Milovanović

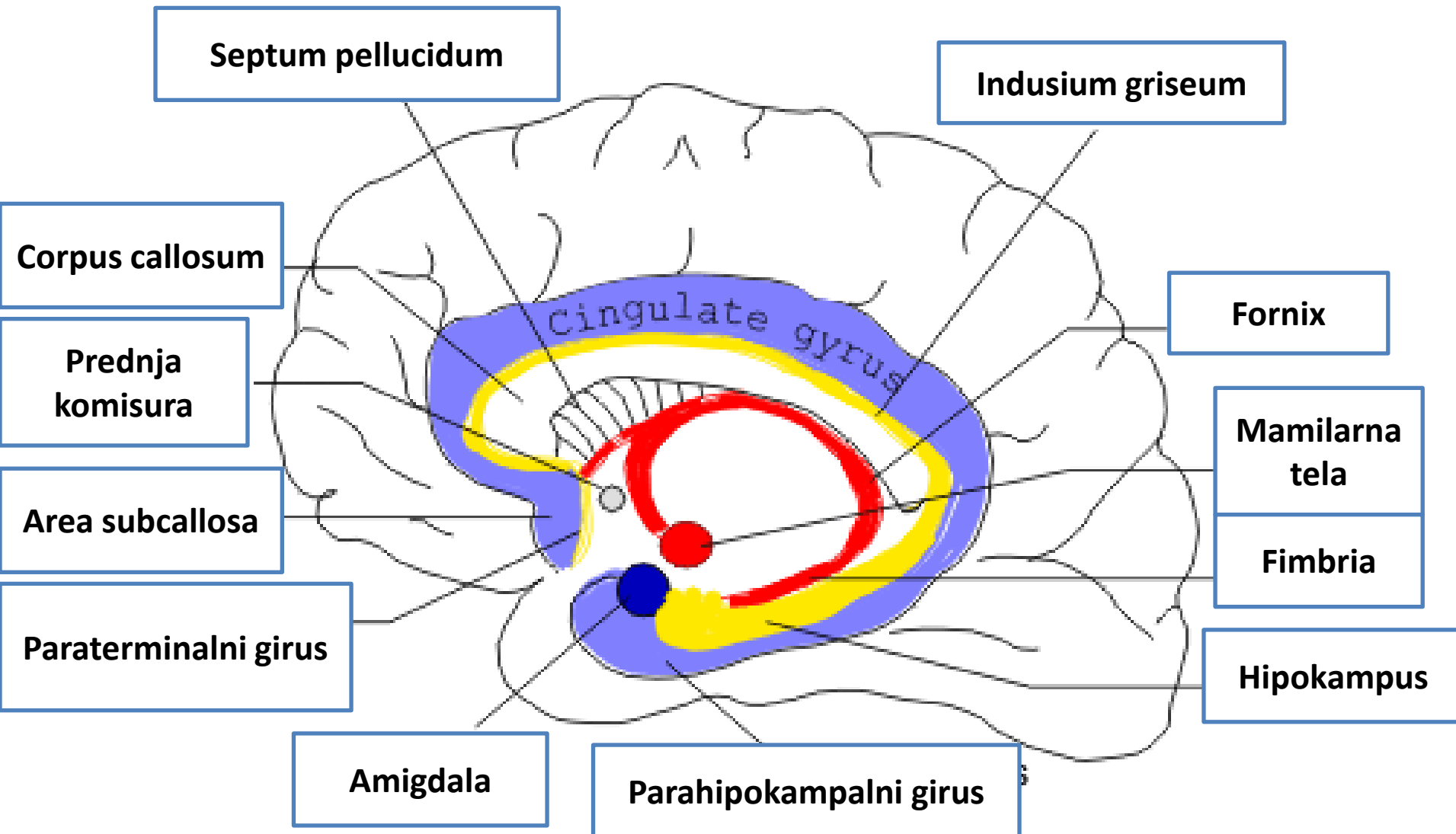
Limbički sistem

- Najviši deo subkortikalnih struktura koji je odgovoran za emocije, motivaciju, instinkte, vegetativne funkcije, učenje i pamćenje.

Limbički sistem čine:

- Hipotalamus
- Septalni region
- Limbička kora:
 - area subcalosa
 - gyrus cinguli
 - gyrus parahippocampalis
- Hipokampus:
 - Area entorinalis
 - Subiculum
 - Presubiculum
- Limbička jedra:
amigdala; septalna jedra; basal forebrain – bazalni telencefalon, prednja talamička jedra i jedra habenule.
- Delovi moždanog stabla
- Limbički putevi.

Limbički sistem



Amigdala

- Amigdala je jedro koje se nalazi u temporalnom polu
- Uloga: kontrola emocija i emocionalnog pamćenja, hranjenja, seksualnih funkcija.
- Amigdala posreduje automatske, nesvesne odgovore na emocionalne stimuluse.

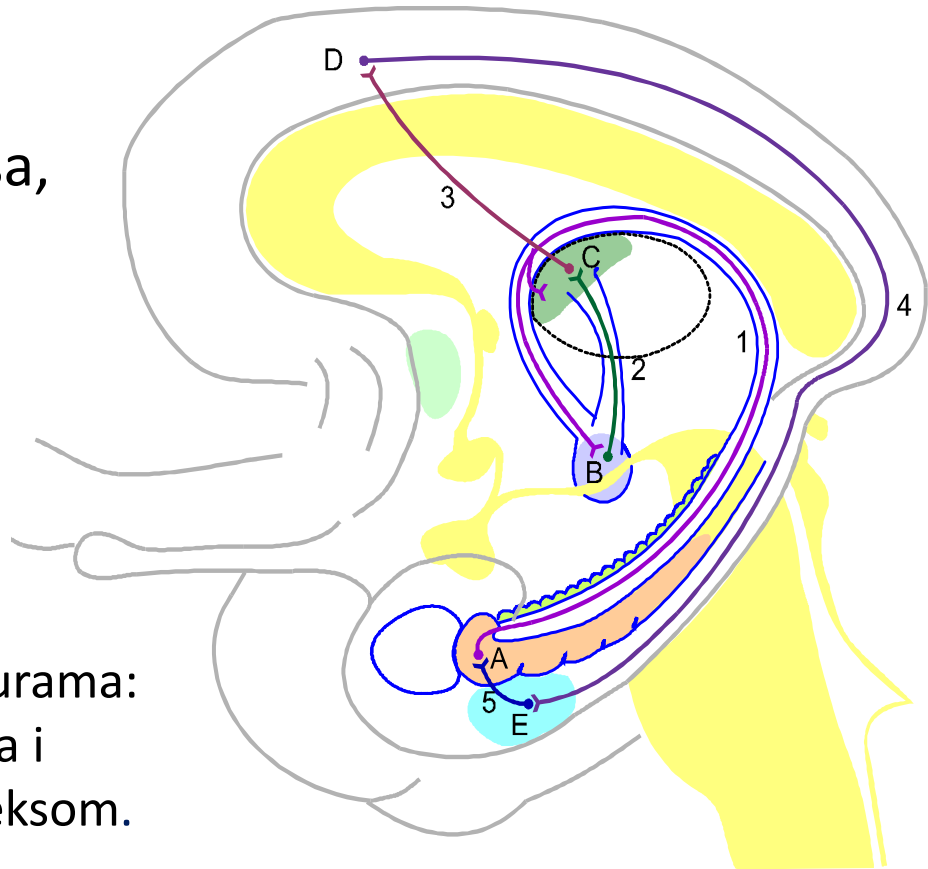
Limbički sistem

- Glavne veze limbičke kore su:
 - Papezov krug
 - Bazolateralni limbički krug
 - Veze limbičke kore sa neokorteksom
- Papezov krug formiraju: corpora mamillaria, tractus mamilothalamicus, nc. anteriores thalami, gyrus cinguli, cingulum, area enthorinalis, formatio hyppocampi, fornix i opet corpora mamilaria zatvaraju krug.

Papezov krug

- ❑ hipotalamus
- ❑ mamilarna tela,
- ❑ prednja jedra talamusa,
- ❑ cingulatni girus
- ❑ hipokampus

- Ovaj krug je kasnije proširen:
 - ✓ neokortikalnim strukturama:
 - ✓ amigdaloidnim jedrima i
 - ✓ orbitofrontalnim korteksom.



Uloge limbičkog sistema

Amigdala	Budnost, kontrola autonomnih odgovora udruženih sa strahom, emocije, agresivnost, lučenje hormona
Hipokampus	Učestvuje u formiranju i prizivanju informacija odnosno učenju i dugotrajnom pamćenju kao i u emocijama i prostornoj organizaciji
Cingulatni girus	Koordinacija senzornog ulaza sa emocijama, emocionalni odgovor na bol, regulisanje agresivnog ponašanja, procesuiranje pažnje i kognicije; Glavni nadzorni sistem mozga su prednja i zadnja cingularna kora.
Hipotalamus	Kontrola autonomnih funkcija, emocija, endokinih funkcija, homeostaza
Mamilarna tela	Formiranje pamćenja
Nukleus akumbens	Nagrada, zadovoljstvo, zavisnost.
Putamen (deo	Prenosi informacije iz korteksa, značajna za kontrolu pokreta