

# Izbrane teme iz nevroznanosti

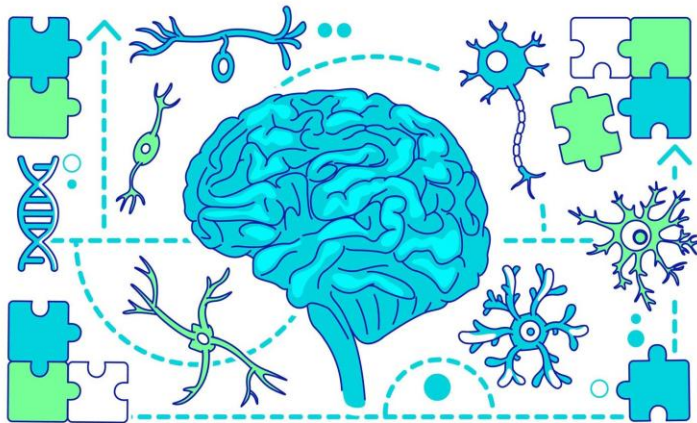
Študij: Psihoterapevtska propedeutika

Predmet: Nevroznanost

Mentor: dr. Simona Tancig

Avtor: Mihael Florjanič

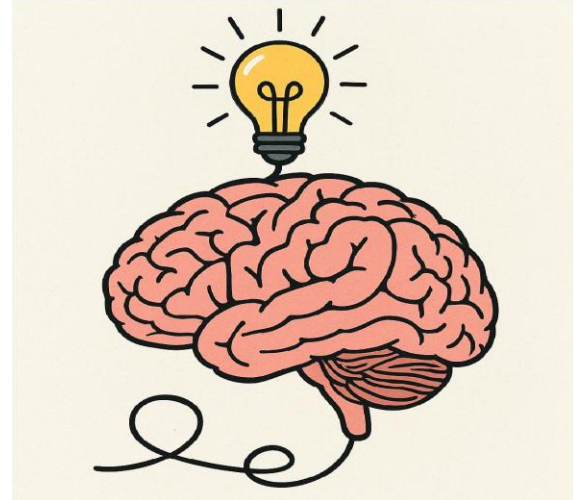
Datum: 10. januar 2026



Frontal Lobe	Parietal Lobe	Occipital Lobe
<ul style="list-style-type: none"> <li>Problem solving</li> <li>Judgment</li> <li>Inhibition of behavior</li> <li>Planning</li> <li>Anticipation</li> <li>Speaking (expressive language)</li> <li>Emotional expression</li> <li>Awareness of abilities</li> <li>Self-monitoring</li> <li>Motor planning</li> <li>Personality</li> <li>Social behavior</li> <li>Behavior control</li> <li>Limitations</li> <li>Organization</li> <li>Attention</li> <li>Concentration</li> <li>Mental Flexibility</li> <li>Initiation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sense of touch, taste and smell</li> <li>Differentiation: size, shape, color</li> <li>Spatial perception</li> <li>Visual perception</li> <li>Academic skills</li> <li>Math calculations</li> <li>Reading</li> <li>Writing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visual processing</li> <li>Visual perception</li> <li>Reading</li> <li>Processing on and through the eye</li> </ul>
<b>Temporal Lobe</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Understanding language</li> <li>Organization and sequencing</li> <li>Information retrieval</li> <li>Musical awareness</li> <li>Memory</li> <li>Hearing</li> <li>Learning</li> <li>Feelings</li> </ul>	<b>Cerebellum</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Coordination of voluntary movement</li> <li>Balance and equilibrium</li> <li>Some memory for reflex motor acts</li> </ul>	
<b>Brain Stem</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sense of balance (vestibular function)</li> <li>Autonomic nervous system</li> <li>Blood vessel control</li> <li>Breathing</li> <li>Heart control</li> <li>Digestion</li> <li>Heart rate</li> <li>Swallowing</li> <li>Consciousness</li> <li>Blood pressure</li> <li>Temperature</li> <li>Alertness</li> <li>Ability to sleep</li> <li>Sweating</li> </ul>		

**BRAIN FUNCTIONS**  
Segregated by Lobes

iStock credit: sunshin



## **Kazalo**

### **Izbrane teme iz nevroznanosti - esej**

1. Nevroznanost uvod in zgodovina	str. 3
1. Nevrotransmiterji in receptorji	str. 26
2. Serotonin in depresija	str. 44
3. Stres	str. 57
4. Nevroznanstveni kolaž	str. 100
5.1. Čustva in občutki	str. 102
5.2. Zavest	str. 110
5.3. Nevroznanstveni miti	str. 127
5.4. LLM/umetna inteligenca	str. 136
5.5. Digitalna zasvojenost, digitalna demenca	str. 157

Gradivo je dostopno na povezavi <https://portfolio.navitas-sana.com/portfolio/>

### **Eseji in objave**

Mreža objave Florjanič 2025

Stresna os esej Florjanič 2025

Empirično podprta medicina, psihologija in psihoterapija esej Florjanič 2024

### **Prezentacije**

Stresna os prezentacija Florjanič 2025

Empirično podprta medicina psihologija in psihoterapija prezentacija Florjanič 2024

# 1. Nevroznanost uvod in zgodovina

Osnovne podatke o nevroznanosti lahko zasledimo na različnih povezavah:

## **Wikipedia: Neuroscience**

<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuroscience>

Wikipedia podaja splošni pregled:

- Kaj je nevroznanost?
- Kaj preučuje nevroznanost?
- Zgodovina nevroznanosti
- Področja nevroznanosti
- Metode in pristopi v nevroznanosti
- Aplikacije nevroznanosti

## **Neuroscience resources for schools**

<https://www.bna.org.uk/education-training/education/neuroscience-in-schools.html>

Vir British Neuroscience Association nudi zbirko učnih gradiv za nevroznanost. Namenjen je učiteljem, učencem, staršem in znanstvenikom ter vključuje učne materiale, predstavitve, delovne liste in interaktivne dejavnosti, prilagojene različnim starostnim skupinam, od osnovnošolcev do dijakov. Gradiva obravnavajo teme, kot so delovanje možganov, živčni sistem, učenje in spomin, duševno zdravje ter etični vidiki nevroznanosti.

## **New World Encyclopedia: Neuroscience**

<https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Neuroscience>

Vir nudi pregleden opis nevroznanosti s poudarkom na področjih kot so molekularna, kognitivna in klinična nevroznanost.

## **Developing Expertise in Neuroscience**

<https://uen.pressbooks.pub/expertneuro/>

Vir ponuja vpogled v razvoj strokovnega znanja o nevroznanosti, ključne teorije, metode in primere uporabe.

## **Scholarpedia: Neuroscience**

<http://www.scholarpedia.org/article/Encyclopedia:Neuroscience>

Scholarpedia je strokovni, recenziran vir, napisan s strani ekspertov. Ponuja bolj tehnično razlago nevroznanosti.

## KnowledgeOne 4 Branches of Neuroscience

<https://knowledgeone.ca/4-branches-of-neuroscience/>

KnowledgeOne je spletna platforma, ki objavlja poljudno-znanstvene članke o nevroznanosti, učenju in izobraževanju. Prispevki predstavljajo temeljne nevroznanstvene pojme (delovanje možganov, spomin, pozornost, učenje) na dostopen način, pogosto s praktičnimi primeri za uporabo v izobraževanju.



KnowledgeOne definira nevroznanosti:

**Nevroznanost preučuje živčni sistem od molekul in celic do vedenja.**

Navaja štiri glavne veje nevroznanosti:

**Molekularna in celična (Molecular & Cellular)** se ukvarja z biološkimi mehanizmi na ravni molekul in celic (nevroni, glialne celice, nevrottransmiterji ...), vključuje procese zaznavanja, učenja, spomina in nevroloških bolezni.

**Kognitivna (Cognitive)** združuje nevroznanost s psihologijo in psihiatrijo, obravnava delovanje možganskih sistemov, odgovornih za višje psihične funkcije (zaznavanje, spomin, jezik, vedenje), pogosto s pomočjo preizkusov, kognitivnih nalog in naprednih tehnik proučevanja možganov.

**Medicinska/klinična (Medical / Clinical)** se osredotoča na normalno delovanje živčnega sistema in njegove motnje (na primer poškodbe, demenca, Parkinsonova bolezen, duševne motnje ...), z namenom zdravljenja in preprečevanja teh bolezni.

**Računalniška (Computational)** uporablja orodja matematike, fizike in računalništva za analizo bioloških in kliničnih podatkov živčnega sistema, z namenom boljšega razumevanja, kako možgani obdelujejo informacije ter razvoj tehnologij za proučevanje strukture in funkcije.

KnowledgeOne nudi tudi vrsto zanimivih objav:

[5 Milestones in the History of Neuroscience](#)

[10 Contributions of Neuroscience to Education](#)

[Neuroscience: learning in 4 steps](#)

[Education through the lens of neuroscience](#)

[3 ages of the brain under the microscope of neuroscience](#)

[The 3 Speeds of Thought](#)

[7 myths about learning, debunked by neuroscience](#)

[Brain Activity in Numbers](#)

[Learning and Forgetting: New Perspectives on the Brain](#)

[The fascinating brain: 5 amazing facts](#)

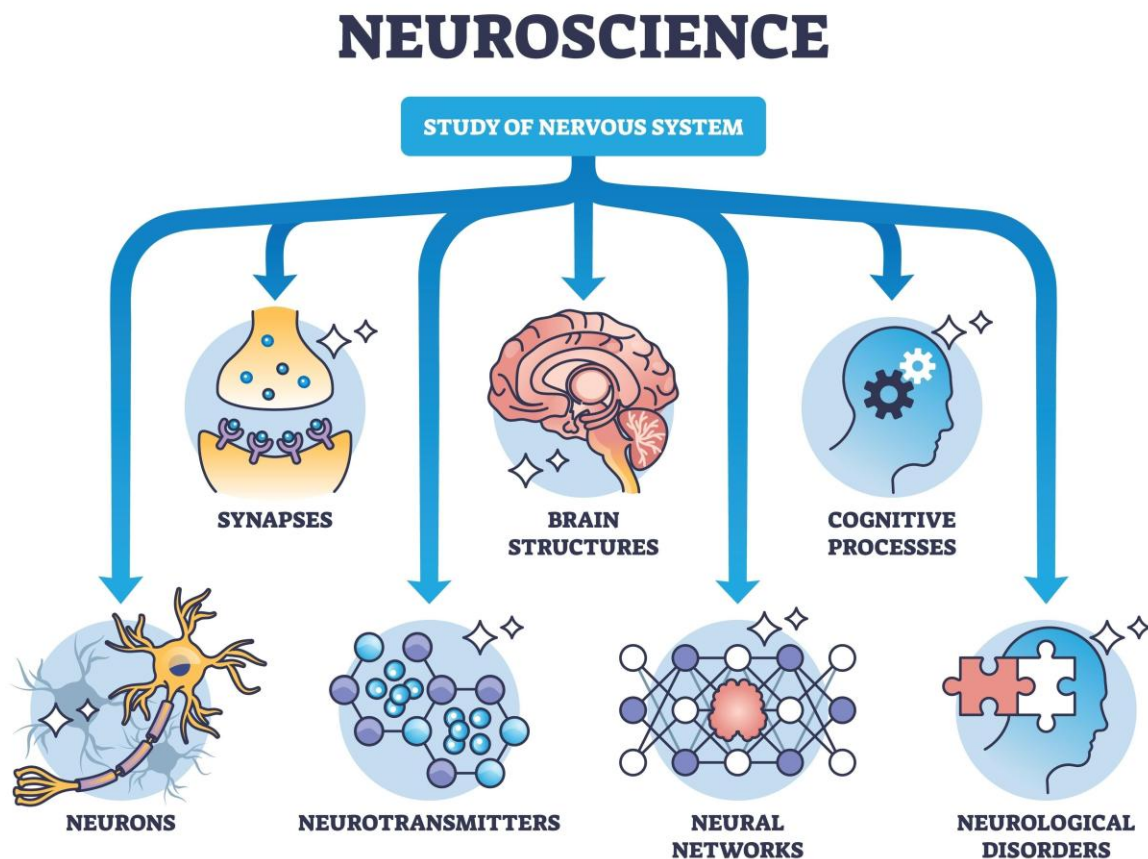
[5 Factors Influencing Memory Process](#)

[Brain and neuroscience: test your knowledge!](#)

[Brain, Learning and Neuroscience: Test Your Knowledge!](#)

\*\*\*

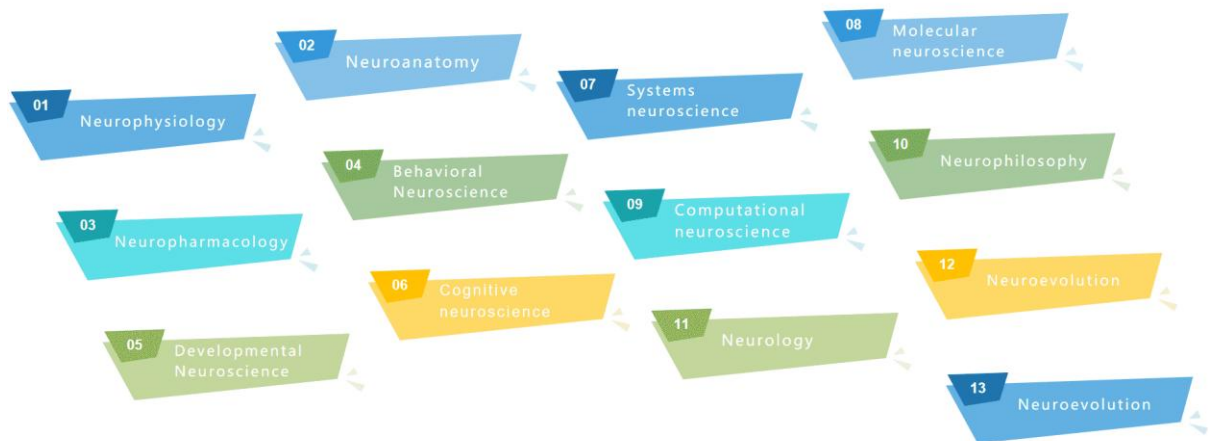
Obstajajo različne predstavitve nevroznanosti:



Bolj kompleksno strukturo področij nevroznanosti podaja Creative Biolabs:

Področje	Osredotočenost
Nevroanatomija	Zgradba/struktura živčnega sistema.

Nevrofiziologija	Delovanje/funkcija živčnega sistema.
Razvojna nevroznanost	Razvoj živčnega sistema od rojstva do starosti.
Vedenjska nevroznanost	Povezava med živčnim sistemom in vedenjem.
Nevrofarmakologija	Vpliv zdravil na delovanje živčnega sistema.
Kognitivna nevroznanost	Kognitivni procesi (mišljenje, spomin, učenje).
Sistemska nevroznanost	Proučevanje nevronske vezij in sistemov, npr. vidni sistem.
Molekularna nevroznanost	Proučevanje molekul in celičnih mehanizmov v živčnem sistemu.
Računska nevroznanost	Uporaba računalniških modelov za razumevanje možganov.
Nevrologija	Bolezni in motnje živčnega sistema, klinični vidik.
Nevropsihologija	Odnos med možgani in vedenjem/kognicijo.
Nevrofilozofija	Filozofski premisleki o zavesti, umu in etiki nevroznanosti.
Nevroevolucija	Evolucija živčnega sistema in vedenja skozi čas.



<https://neuros.creative-biolabs.com/neuroscience-branches-overview.htm>

## 1.1. Zakaj študirati zgodovino nevroznanosti?

Bistvo obravnavanja zgodovine zelo dobro povzame citat:

*How did what past scientists do make sense to them at the time? How were ideas and discoveries the products of pressures, conditions of possibility, power, governmentality, thinkability—which existed in their contexts?*

**History is not about us—it's about them. The goal is not to judge, but to understand. And that's a valuable thing for everyone to learn.**

Zgodovino je treba razumeti z vidika preteklosti, ne z današnjimi merili. Znanstvene ideje in odkritja niso nastajale v praznini, temveč so bile oblikovane s takratnimi družbenimi, političnimi in intelektualnimi razmerami.

Zgodovina ni o nas, temveč o njih. Cilj ni presojeti, temveč razumeti. To je dragocena lekcija za vsakogar (Burman, Collins 2020).

## **1.2. Sto let nevroznanosti v umetnosti in humanistiki**

Avtorji so izvedli bibliometrično analizo (1922-2022) znanstvenih publikacij, ki povezujejo nevroznanost z umetnostjo in humanistiko. Njihov cilj je bil slediti razvoju povezave z umetniškimi in humanističnimi področji ter razumeti, kako je nevroznanost skozi čas vplivala na umetniško izkušnjo, estetiko, ustvarjalnost in zaznavanje.

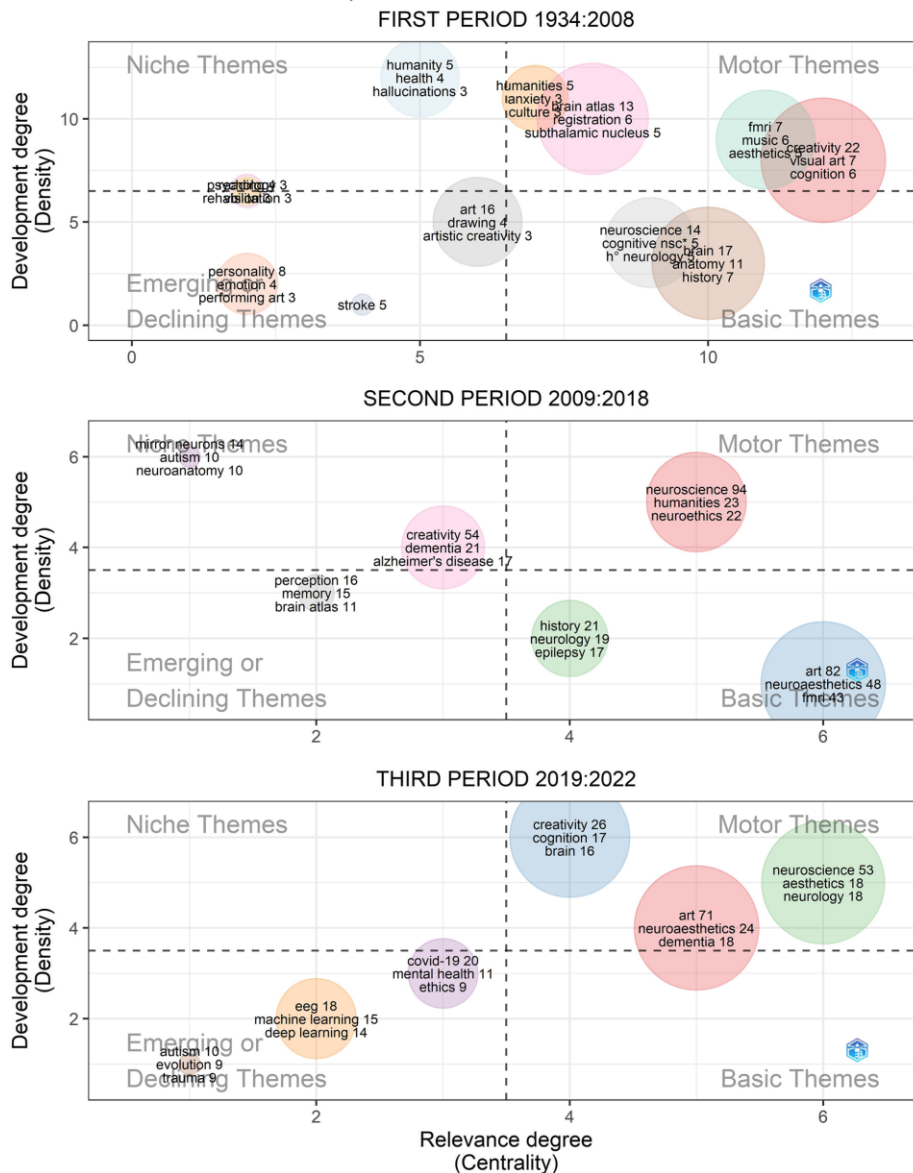
V zgodnjih fazah razvoja, zlasti od tridesetih let 20. stoletja, je bila pozornost znanosti usmerjena predvsem v anatomijo in strukturo možganov ter v preučevanje temeljnih možganskih funkcij, kar je značilno za klasično nevroznanost. Kreativnost je bila večinoma obravnavana kot osebna lastnost in merjena s kvantitativnimi metodami, kot so psihološki testi in meritvami možganskih aktivnosti znotraj medicinskega ali psihološkega okvira.

Sčasoma se je raziskovalna perspektiva premaknila od ozko biološkega razumevanja možganov k širšemu, bolj humanistično usmerjenemu pristopu. Namesto osredotočanja zgolj na možganske strukture in osebne značilnosti so se raziskave začele posvečati tudi fenomenom, kot so umetnost, estetika, zaznavanje, prezentacija, čustva in ustvarjalnost. Premik je prispeval k temu, da se je nevroznanost začela razvijati kot izrazito interdisciplinarno področje na presečišču biologije, medicine, filozofije, umetnosti in humanistike.

Pomembno vlogo pri tej preobrazbi so imeli tudi tehnološki in metodološki napredki. Medtem ko so v preteklosti prevladovale predvsem metode strukturnega in funkcionalnega slikanja možganov, se je v zadnjih desetletjih elektroencefalografija EEG ponovno uveljavlja v kombinaciji z naprednimi analitičnimi in računalniškimi metodami. Uveljavljajo se tudi metode strojnega učenja in globokih nevronske mreže. Nove tehnike omogočajo bolj kompleksne in prilagodljive analize ter odpirajo možnosti za znanstveno preučevanje vidikov človeške izkušnje kot so subjektivni občutki, estetsko doživljanje in čustveni odzivi.

Povezovanje nevroznanosti z umetnostjo in humanistiko omogoča celovitejše razumevanje človeškega uma, ustvarjalnosti, čustev in estetskih izkušenj, ne le kot bioloških procesov, temveč tudi kot kulturnih, filozofskih in družbenih pojavov (Cebral-Loureda idr. 2023).

## Temathic Evolution Map



### 1.3. Mejniki raziskav v nevroznanosti

<https://faculty.washington.edu/chudler/hist.html>

Spletna stran predstavlja kronologijo ključnih mejnikov v razvoju raziskovanja živčnega sistema od najzgodnejših znanj iz antike do sodobnih znanstvenih odkritij. Kronologija prikazuje, kako se je razumevanje možganov in živčevja postopno razvijalo ter pospešeno napredovalo z razvojem znanstvenih metod, tehnologij in novih teoretskih pristopov.

#### Število dogodkov po obdobjih:

- 4000 pr. n. št. – 0 n. št.: 12 dogodkov
- 0 – 1500: 17 dogodkov
- 1500 – 1600: 19 dogodkov
- 1600 – 1700: 29 dogodkov
- 1700 – 1800: 36 dogodkov
- 1800 – 1850: 54 dogodkov

- 1850 – 1900: 112 dogodkov
- 1900 – 1950: 119 dogodkov
- 1950 – 2025: 112 dogodkov

**Skupaj:** 510 dokumentiranih mejnikov.

Uporabna vira o zgodovini nevroznanosti sta:

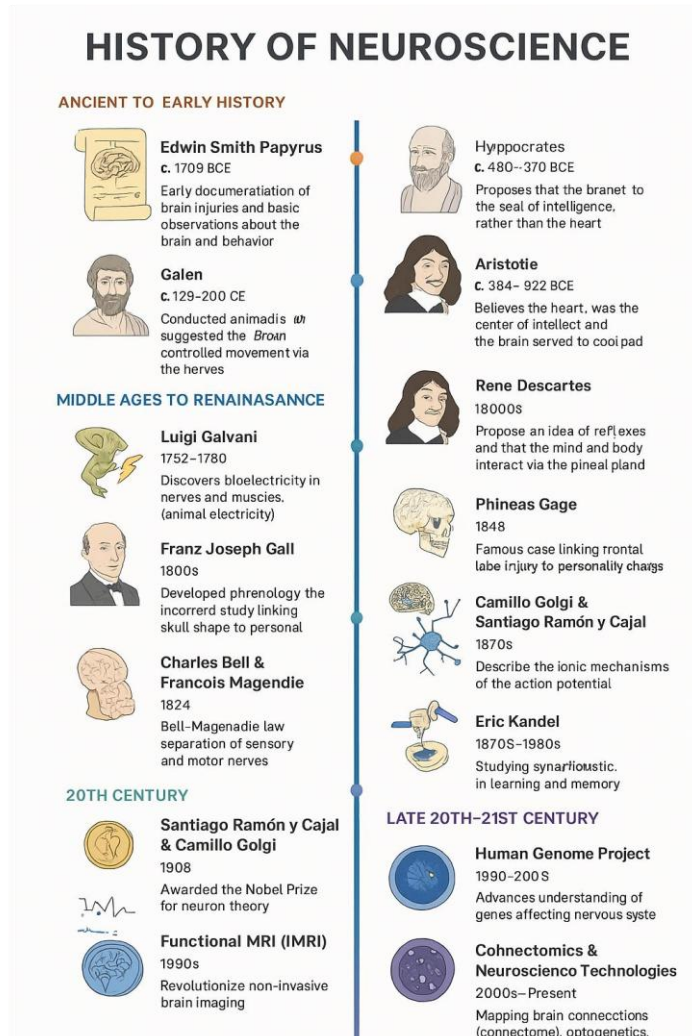
## History and Basics of Neuroscience

<https://www.scribd.com/document/262896368/Neuroscience-Notes>

**A Short History of European Neuroscience** - from the late 18th to the mid 20th century

<https://www.fens.org/wp-content/uploads/2020/11/Short-History-of-European-Neuroscience.pdf>

ChatGPT je oblikoval kratek povzetek zgodovine nevroznanosti v sliki:



Dober pregled sem zasledil tudi v knjigi Neuroscience and education

[https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/7c/15/7c153322-d2e7-44e3-86b1-aeaecfe8f894/neuroscience\\_and\\_learning\\_pdf\\_interativo.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/7c/15/7c153322-d2e7-44e3-86b1-aeaecfe8f894/neuroscience_and_learning_pdf_interativo.pdf)

Izraz nevroznanost (*neuroscience*) je Ralph Waldo Gerard že v 1950-ih uporabljal za opis raziskovanja živčnega sistema, populariziral pa ga je Francis Otto Schmitt v 1960-ih. Schmitt je ustanovil interdisciplinarni raziskovalni program, imenovan *Neuroscience Research Program* (NRP), katerega cilj je bil razumeti, kako možgani nadzorujejo vedenje in duševne procese. V program so bili vključeni strokovnjaki iz nevroanatomije, citologije, psihologije, kemije, fizike in drugih ved. Ta pristop je utrdil temelje moderne nevroznanosti.

Čeprav je nevroznanost kot interdisciplinarno področje nastala šele v 60. letih, se zanimanje za možgane in njihovo povezavo z vedenjem pojavlja že v davnini. V starih civilizacijah je prevladovalo prepričanje, da je srce sedež duševnih procesov. Postopoma pa so se začeli pojavljati dokazi, da so možgani temeljni sedež duševnih funkcij.

### **Prispevki zgodnjih virov vključujejo:**

**Edwin Smithov papirus** (okoli 1700 pr. n. št.) opisuje poškodbe možganov in njihovo povezavo z motnjami gibanja in jezika.

**Alkmeon iz Krotona** (500 pr. n. št.) je kot prvi povezal možgane z duševnimi funkcijami.

**Hipokrat in Platon** sta verjela, da so možgani središče uma.

### **Preboj v 19. stoletju:**

Razvoj histoloških tehnik za fiksiranje in barvanje živčnega tkiva je omogočil vizualizacijo in klasifikacijo nevronov ter postavil temelje nevronske doktrine. Razvoj je omogočil razumevanje osnovne organizacije živčnega sistema.

Nevroni, osnovne celice živčnega sistema, sprejemajo, obdelujejo in prenašajo informacije s pomočjo elektrokemičnega signaliziranja. Povezujejo se v kompleksna nevronska vezja, ki vključujejo tudi glialne celice, ključne za podporo in preživetje nevronov.

Sodobno razumevanje poudarja konekcionistični model: mentalne funkcije izhajajo iz integriranega delovanja številnih medsebojno povezanih možganskih regij. Različna vedenja vključujejo aktivacijo več hkratnih nevronskih mrež.

Um lahko opišemo kot možgane pri delu: človeška vedenja, misli, čustva in odločitve so rezultat aktivnosti živčnega sistema.

**Pobuda "Desetletje možganov"** (1990-1999) s strani predsednika ZDA Georgea Busha je spodbudila obsežne naložbe v raziskave živčnega sistema.

## **Vodilne svetovne pobude za raziskovanje človeških možganov**

### **1. BRAIN Initiative (ZDA): Tehnološki preboj**

Ameriška pobuda se osredotoča na razvoj novih tehnologij, ki raziskovalcem omogočajo opazovanje delovanja možganov v realnem času. Inovativne metode omogočajo preučevanje milijonov nevronov hkrati, kar pomaga razumeti, kako posamezne nevronske mreže vplivajo na naše vedenje in kako se te povezave spreminjajo pri različnih boleznih.

### **2. Human Connectome Project (HCP): Zemljevid možganskih poti**

Če si možgane predstavljamo kot ogromno mesto, se HCP ukvarja z risanjem zemljevida njegovih "cest". Projekt ustvarja izjemno natančen zemljevid povezav

med različnimi deli možganov. S pomočjo naprednega MRI slikanja raziskovalci preučujejo, kako so možganske regije med seboj povezane in kako te povezave vplivajo na naše miselne in kognitivne sposobnosti.

### **3. Human Brain Project (EU): Digitalna prihodnost nevroznanosti**

Evropski projekt združuje znanje iz nevroznanosti, medicine in računalništva za obsežno raziskovalno platformo. Napredne simulacije delovanja možganov s pomočjo superračunalnikov omogočajo razvoj novih terapij, izboljšanje medicinskih raziskav in ustvarjanje umetne inteligence, ki se uči po vzoru človeškega razmišljanja. Projekt se je formalno zaključil, njegovo delo nadaljuje evropska raziskovalna infrastruktura **EBRAINS**, ki omogoča dostop do podatkov, simulacij in orodij za nevroznanost.

Nevroznanost danes predstavlja pomemben temelj za številna področja, ki se ukvarjajo s človekovim vedenjem, čeprav njihova primarna naloga ni raziskovanje živčnega sistema. Med takšna področja sodijo: izobraževanje, psihologija in psihiatrija, jezikoslovje, filozofija, umetnost in glasba, trženje, ekonomija, sociologija, antropologija, pravo in etika.

Nevroznanstvene ugotovitve omogočajo nove poglede na učenje, odločanje, čustvovanje, socialne interakcije in več drugih vidikov človekovega delovanja.

## **1.4. Prelomnice v nevroznanosti: spori Golgija in Cajala**

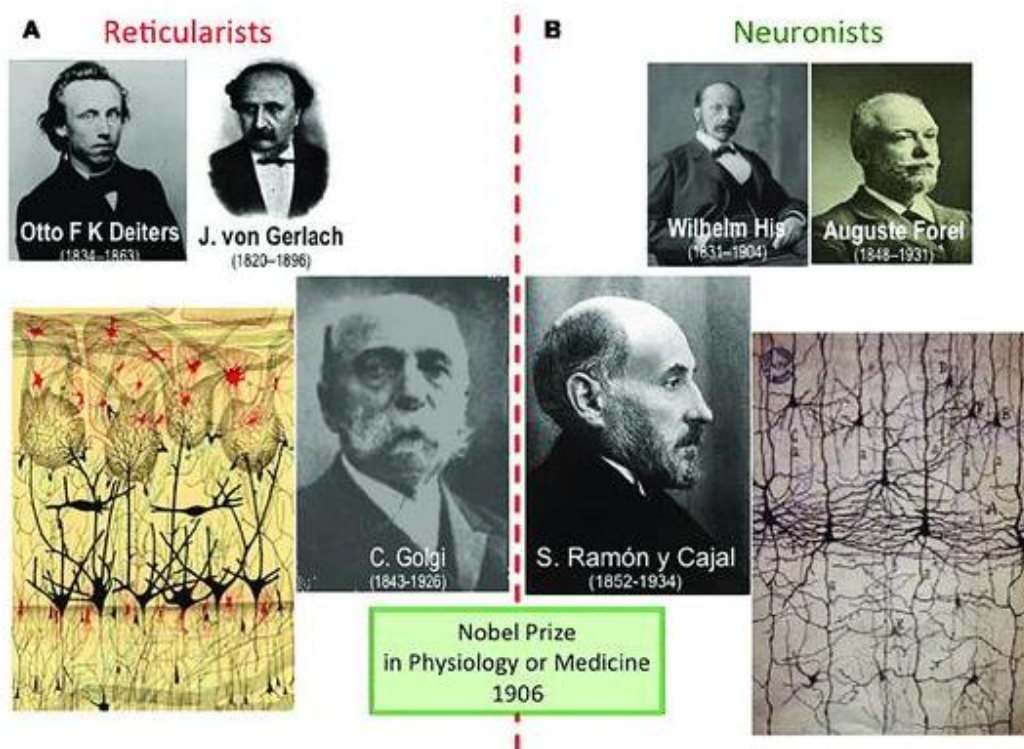
Za prvi prelomni dogodek sem izbral raziskave in odnos Golgija in Cajala.

True, it would be very convenient and very economical from the point of view of analytical effort if all the nerve centres were made up of a continuous intermediary network between the motor nerves and the sensitive and sensory nerves. **Unfortunately, nature seems unaware of our intellectual need for convenience and unity, and very often takes delight in complication and diversity.** Santiago Ramón y Cajal Nobel Lecture, 12. december 1906

Santiago Ramón y Cajal je leta 1906 prejel Nobelovo nagrado za fiziologijo ali medicino. Prvič v zgodovini je bila ta nagrada podeljena dvema posameznikoma, Cajal pa si je to čast delil s Camillom Golgijem, italijanskim znanstvenikom z Univerze v Pavii. Po podatkih Karolinškega inštituta sta bila oba znanstvenika nagrajena kot priznanje za njuno delo na področju strukture živčnega sistema. Vendar je imel vsak svojo predstavo o živčnem sistemu. Medtem ko je Golgi verjel, da živčni sistem sestavlja difuzna mreža, ki jo tvori anastomoza aksonskih odrastkov, je Cajal zagovarjal individualnost živčne celice. Posledično so ustrezna Nobelova predavanja predstavljala obrambo teh dveh nasprotujočih teorij, **retikularne doktrine in doktrine nevronov.**

Golgijeva metoda je omogočila prvo sistematično študijo živčnega tkiva, vendar je Cajal s svojo uporabo in interpretacijo ustvaril moderno nevroznanost. **Doktrina nevronov** je prelomno odkritje, ki je preoblikovalo razumevanje možganov, saj jih je

predstavila kot sistem neodvisnih celic, kar je omogočilo napredek v sinaptični plastičnosti, neurotransmisiji in raziskavah nevrodegenerativnih bolezni, kot sta Alzheimerjeva in Parkinsonova bolezen.



Na podelitvi Nobelove nagrade 10. decembra je predsednik inštituta, ki je podelil nagrado, pohvalil Golgija kot »pionirja sodobnih raziskav živčnega sistema« in Cajala kot človeka, ki je »dal preučevanju živčnega sistema obliko, ki jo ima danes«. Ko pa je Golgi 11. decembra 1906 imel nagovor nagrajenca, se je odpovedal sožitju. Občinstvo je bilo osuplo, ker je napadel doktrino nevronov.

Namesto da bi razložil lastne ugotovitve, je Golgi trdil, da je doktrina nevronov splošno znana kot neprijljuba. Obžaloval je, da ne more slediti toku mnenja, ki razglša fiziološko neodvisnost nevrona in se posmehoval Cajalovemu zakonu dinamične polarizacije. »Ne morem opustiti ideje o enotnem delovanju živčnega sistema,« je dejal Golgi.

Cajal je imel bolj tradicionalen nagovor, dovolil pa si je zaključni odgovor. »Zelo priročno in zelo ekonomično bi bilo, če bi živčne celice resnično tvorile neprekinjeno mrežo, kot je trdil Golgi«. »Na žalost,« je dejal Cajal, »se zdi, da se **narava** ne zaveda naše intelektualne potrebe po priročnosti in enotnosti ter zelo **pogosto uživa v zapletenosti in raznolikosti.**«

Golgi se je po Stockholmu vrnil k preučevanju notranjega retikularnega aparata in našel izboljšano metodo za barvanje z uporabo modifikacije Cajalove tehnike reducirane srebrovega nitrata. Čeprav se je Golgi zmotil glede organizacije živčnega sistema, njegovi prispevki k histologiji in celični biologiji ostajajo temeljni.

Namesto da bi bil predhodnik nevroznanosti, je dovolil, da je njegov osebni ponos stal na poti napredka (Cajal 1906, De Carlos, Borrell 2007).

<https://www.sciencehistory.org/stories/magazine/a-cold-day-in-stockholm/>

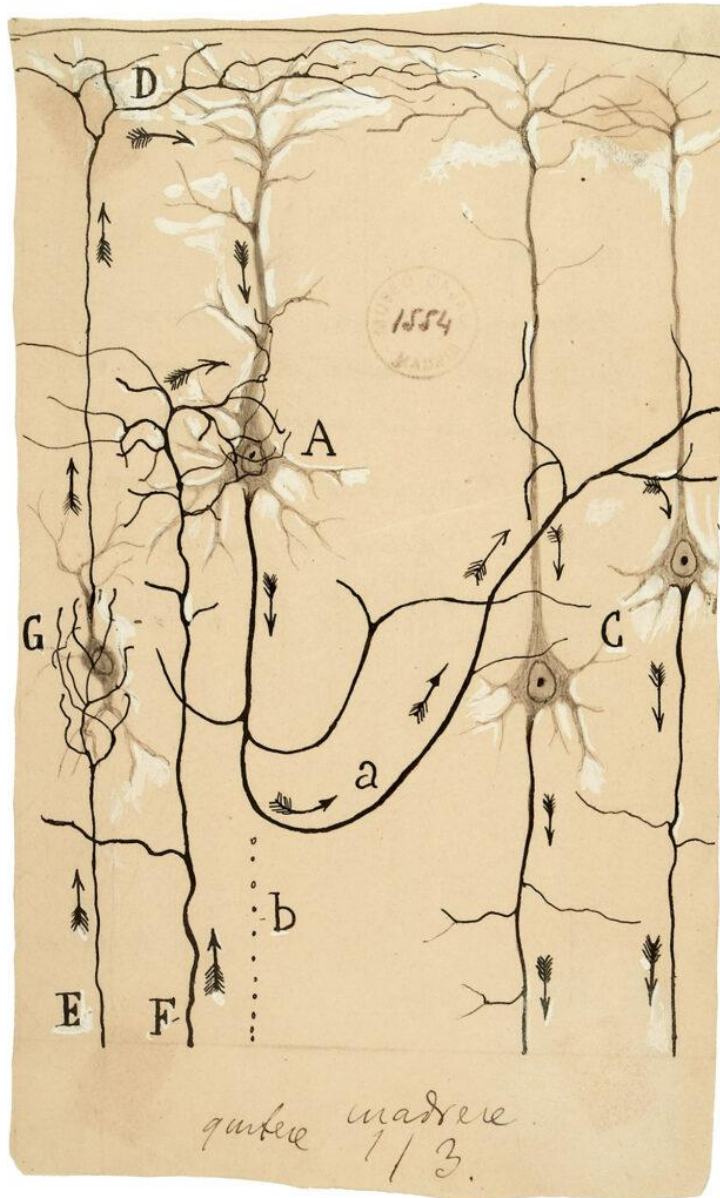
Cajalov oče je bil brivec-kirurg, poklic star stoletja. Od srednjega veka naprej se je brivec zaradi spretnosti z rezilom, usmerjal k manjšim operacijam in puščanju krvi. Ob očetovih rokah se je Cajal naučil anatomije s seciranjem trupel in risanjem stotine skic struktur, ki sta jih z očetom odkrila s skalpelom.



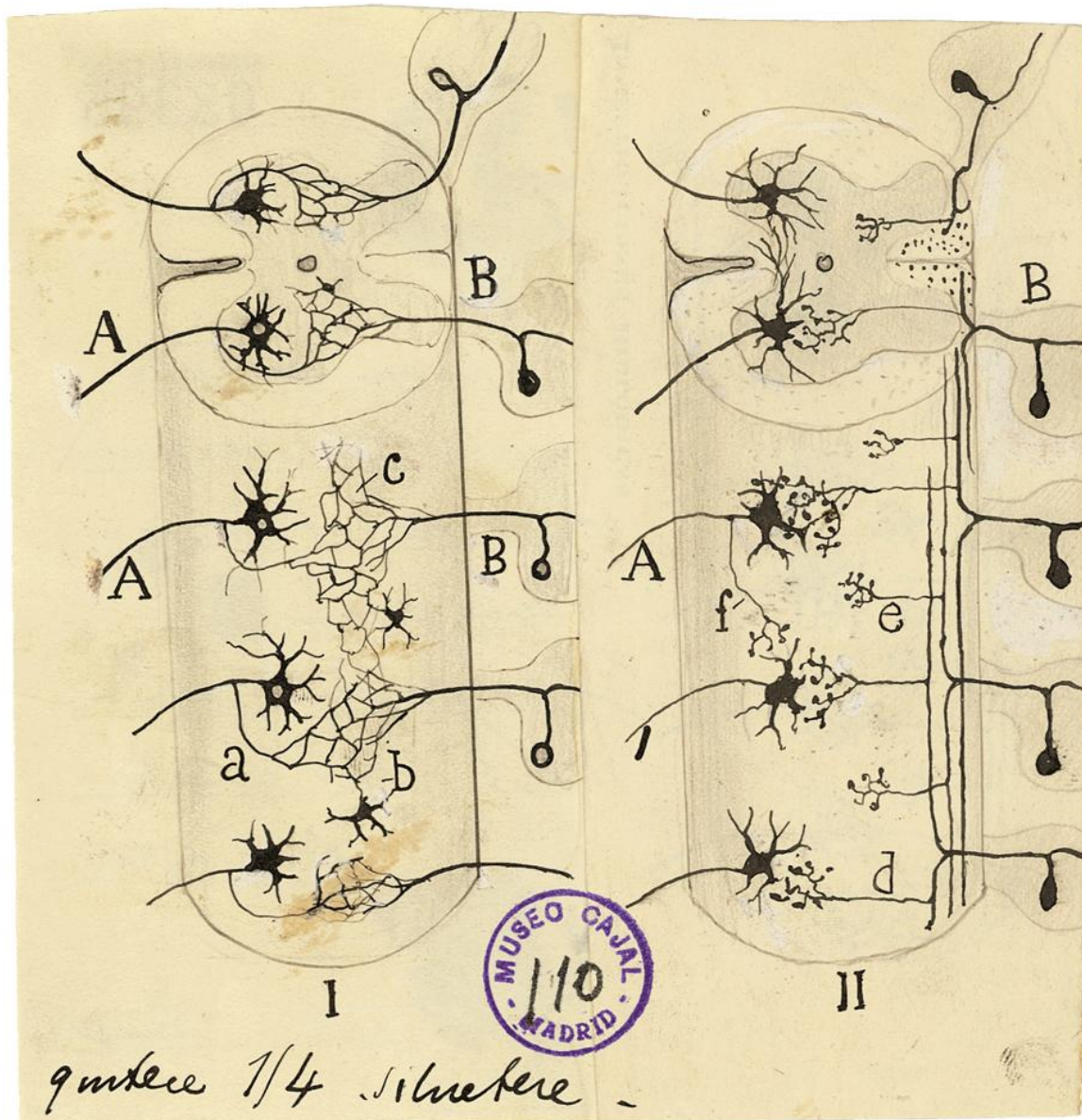
Santiago Ramón y Cajal, 1885.

Cajalov preboj je bil tesno povezan z njegovim metodološkim pristopom in izjemnimi osebni lastnostmi. Prelomnica se je zgodila leta 1887, ko je obiskal laboratorij Luisa Simarra in se seznanil z Golgijevo metodo barvanja s srebrnim kromatom, ki mu je omogočila učinkovito preučevanje živčnega tkiva. Cajalov genij je

zaznamovala sposobnost, da naredi vidno, kar se ni dalo videti, v kombinaciji z izjemno potrpežljivostjo in natančnostjo opazovanja. Njegove umetniške spretnosti so bile ključne, saj so olajšale prehod med opazovanjem in izdelavo natančnih znanstvenih risb. Te risbe so mu pomagale formalizirati in mednarodno širiti svoje znanstveno znanje.



Študija piramidnih celic v možganski skorji, v kateri Cajal predlaga usmerjen pretok informacij, 1914.



Cajal je upodobil živčne celice hrbtenjače za primerjavo Golgijeve retikularne teorije(levo) in lastne nevronske teorije (desno) leta 1923.

\*\*\*

Drugi pomemben mejnik je po mojem mnenju razumevanje mita o plazilskih možganih.

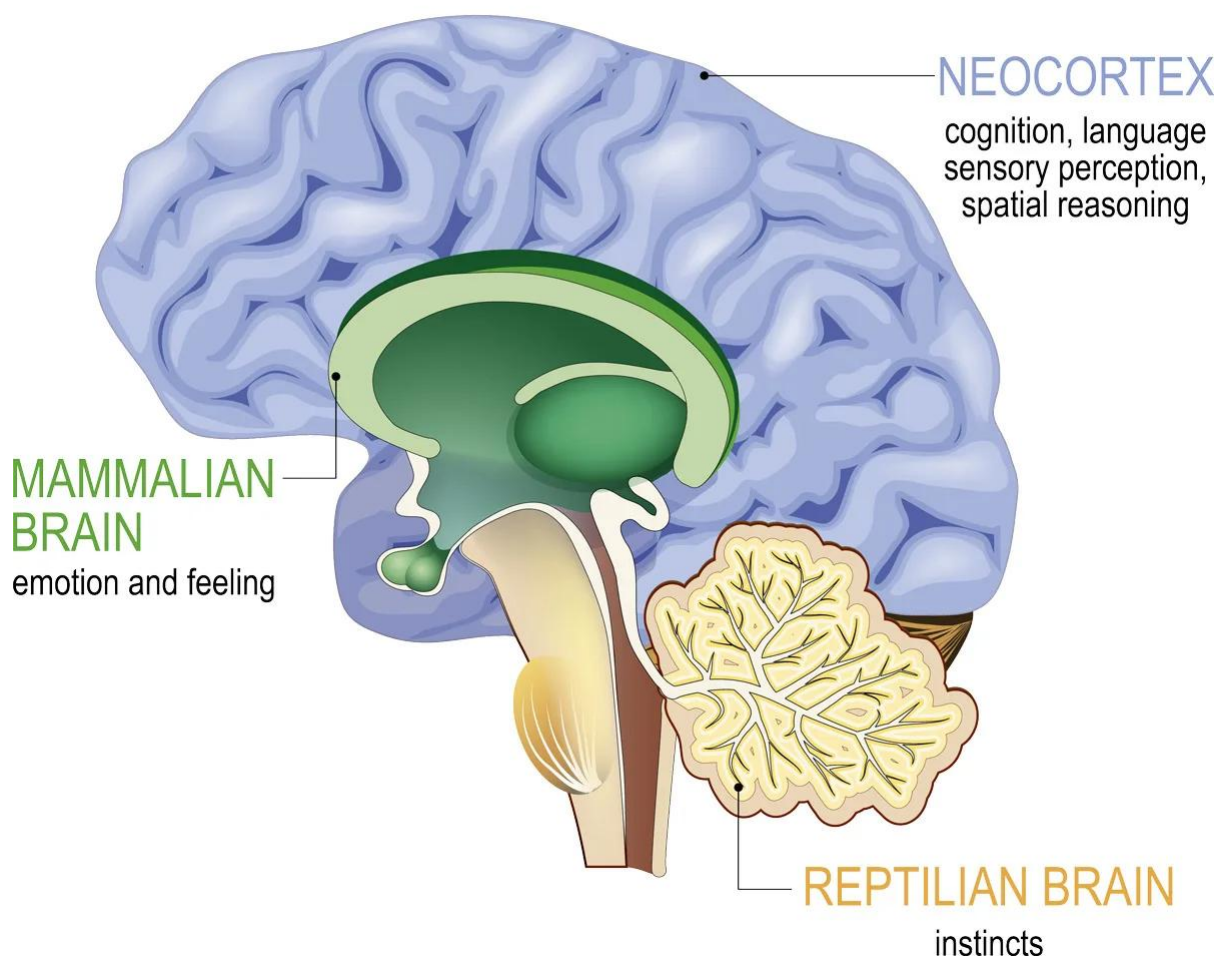
### 1.5. Nevroznanost je ovrгла mit o plazilskih možganih

V trenutkih stresa ali jeze nadzor prevzame primitivnejši del naših možganov. Ta iracionalna plat našega odzivanja ne izvira iz visoko razvitega, človeškega dela možganov, temveč iz evolucijsko starejših struktur, ki jih pogosto povezujemo z dediščino naših plazilskih prednikov.

Teorijo o plazilskih možganih je v šestdesetih letih 20. stoletja razvil nevroznanstvenik Paul MacLean. Preučeval je možgane ljudi in drugih živali, da bi bolje razumel, od kod izvirajo intenzivna in negativna čustvena stanja.

Med raziskavo je opazil, da obstajajo določena vedenja, ki so pogosta tako pri plazilcih kot pri sesalcih. To so primitivna vedenja, povezana z osnovnim preživetjem, kot sta izvajanje rutin in varovanje ozemlja. MacLean je ob preučevanju možganskih struktur prepoznal tako podobnosti kot razlike, kar ga je pripeljalo do zaključka, da so se človeški možgani razvili iz plazilskih in še vedno vsebujejo »kuščarjeve« možgane.

Po MacLeanu so v človeških možganih dejansko trije možgani, ki jih je poimenoval **trojni možgani**. Najprej so bili najstarejši, plazilski možgani. Nato so se z razvojem sesalcev okoli kuščarjevih možganov razvile nove strukture, ki so zgradile možgane, imenovane paleomamalijski kompleks ali limbični sistem.



Končno so se z razvojem višjih primatov okoli obstoječih dveh razvili tretji možgani, ki so nam in našim najbližjim živalskim sorodnikom omogočili kompleksnejše kognitivne funkcije, kot sta jezik in sklepanje.

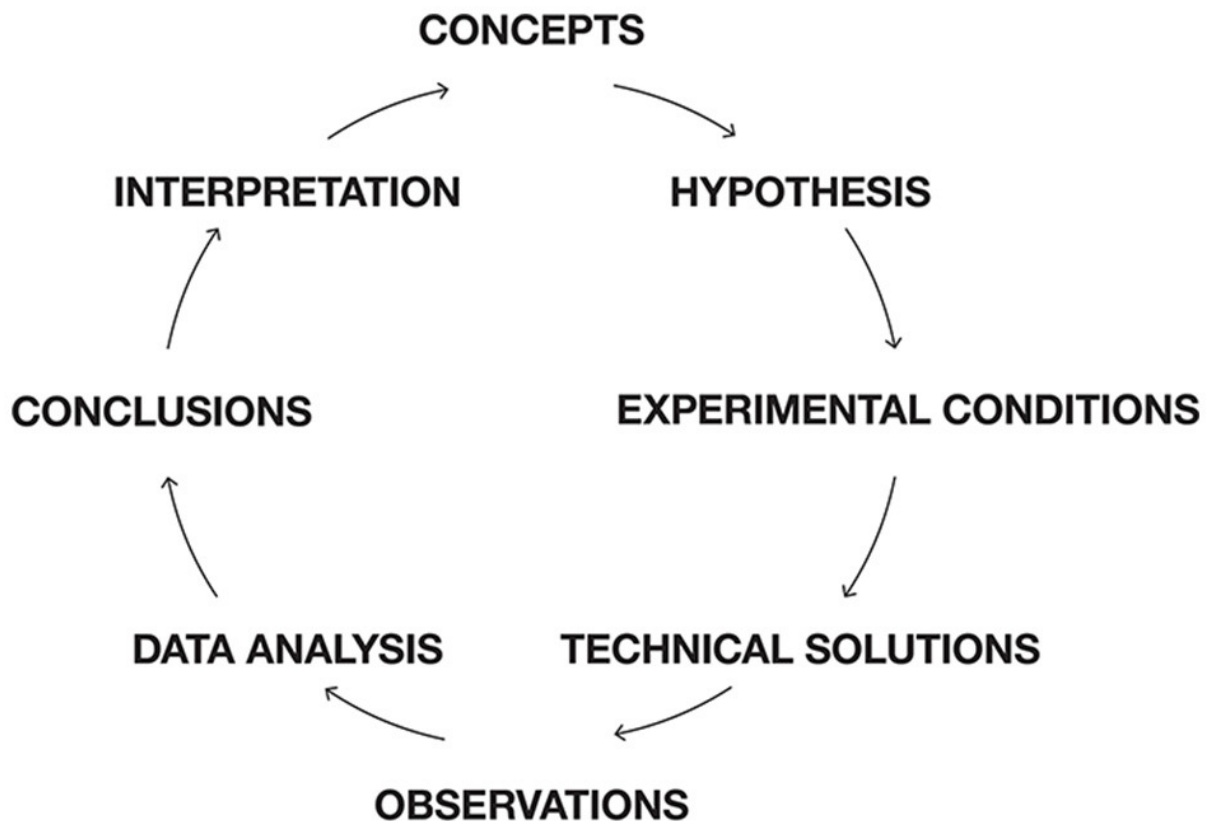
Astronom Carl Sagan se na MacLeanovo delo sklicuje v svoji knjigi Zmaji raja iz leta 1977. Še danes obstaja veliko objav, ki za številna dejanja krivijo plazilske možgane. Članek iz leta 2020 navaja: [vaši možgani niso čebula z drobnim plazilcem v notranjosti](#). Nevroanatomski lahko vidijo podobnosti in razlike v možganih živali, ki jih teorija trojnih možganov ne upošteva. Če bi bil vsak od treh možganov rezultat

evolucije, ki je razvila nove strukture na starih, bi pričakovali, da bodo prvi in drugi možgani pri višjih primatih videti enako kot pri drugih sesalcih. Vendar je amigdala, ki se nahaja znotraj limbičnega sistema, ki ga je odkril MacLean, *pri opicah veliko bolj razvita kot pri podganah*. Evolucija ne deluje tako, da bi vrstam preprosto dodajala nove lastnosti, pri čemer bi stare ostale nespremenjene.

Vir: <https://www.sciencefocus.com/the-human-body/the-lizard-brain-lie>

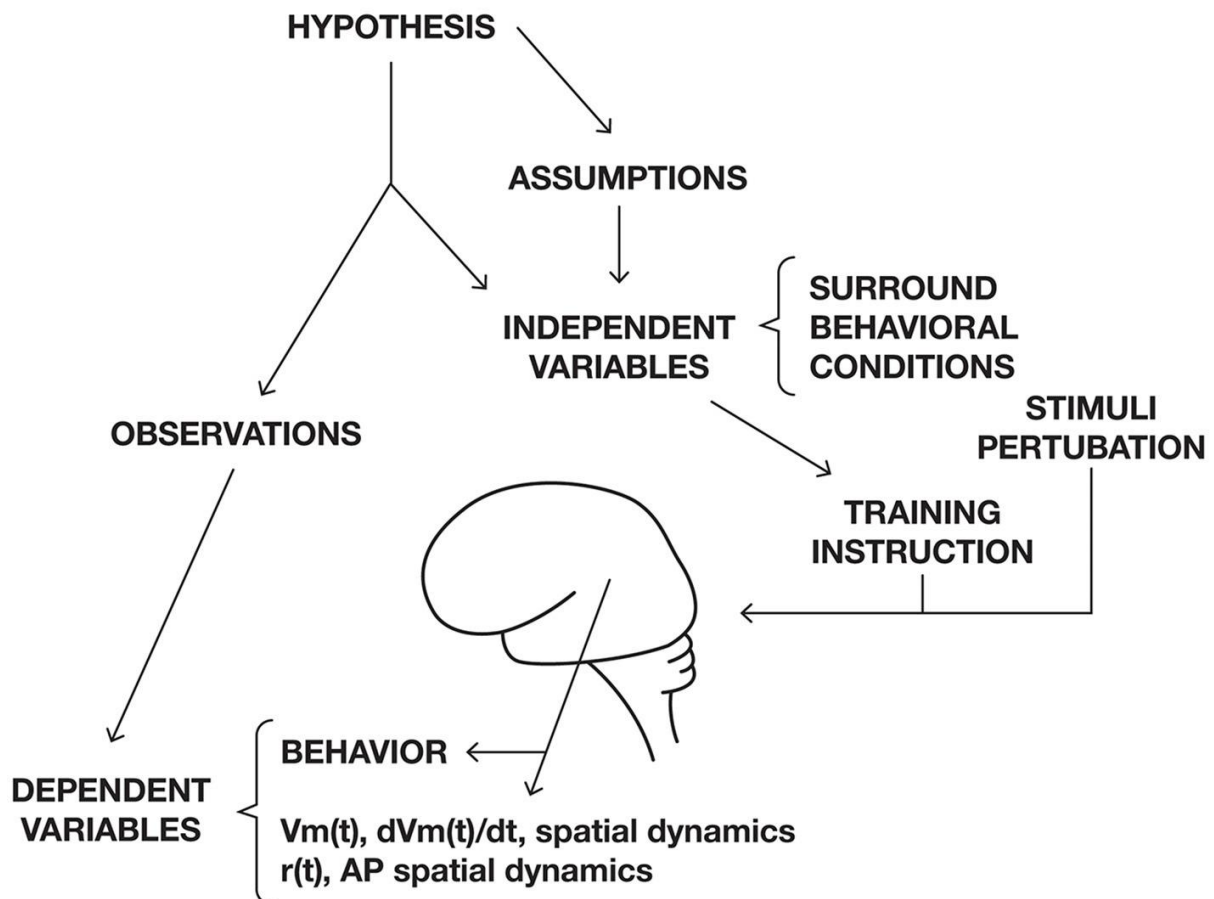
## 1.6. Kako daleč je nevroznanost od razumevanja možganov?

Rolandov članek *How far neuroscience is from understanding brains* poudarja, da nevroznanost kljub velikemu napredku še vedno nima celovite teorije delovanja možganov. Glavna ovira niso podatki, temveč koncepti: nevroznanost pogosto uporablja analogije iz psihologije, računalništva in teorije informacij, ki pa ne pojasnijo dejanskih bioloških mehanizmov. Možgani niso preprost odzivni sistemi, temveč avtonomni organ z obsežno intrinzično aktivnostjo, ki se širi po celotnem živčnem sistemu. Klasični modeli možganov prezrejo ključne vidike, kot so sodelovanje skupin nevronov in kompleksno procesiranje v dendritih. Roland predlaga koncept **prostorske dinamike**, ki upošteva širjenje nevronske spremembe v prostoru in času kar zahteva nove metode analize, ki ne izhajajo iz povprečij prostorskih vzorcev (Roland 2023).



Shema prikazuje glavne konceptualne in tehnične ovire v nevroznanosti, od neustreznih konceptov, omejenih modelov in nerazumevanja možganske dinamike do metodoloških težav v eksperimentih..

### EXPERIMENTAL PRACTICE



Shema prikazuje tipično eksperimentalno prakso v nevroznanosti: po začetnem dražljaju raziskovalec meri nevrnalne spremenljivke (npr. membranski potencial, tokove, proženje akcijskih potencialov). Zbrane signale nato primerja z osnovnimi oziroma kontrolnimi pogoji, da bi ocenil učinek dražljaja ali naloge.

## 1.7. Odnos med organi in umom

Odnos med notranjimi organskimi sistemi in sedežem intelekta, čustev ter psiholoških lastnosti predstavlja eno najmočnejših razlik med kulturnimi tradicijami in njihovimi povezanimi medicinskimi modeli.

### Zahod: od kardiocentrizma do ekspresivnega individualizma

Zahodna tradicija je sprva osredotočala pozornost na srce kot center jaza, srce so sčasoma nadomestili možgani.

## **Srce**

Starogrški modeli, zlasti Aristotelov, so srce razumeli kot vir toplote, življenja, čustev in celo inteligence (kardiocentrizem), medtem ko so bili možgani pogosto obravnavani zgolj kot hladilni mehanizem. Krščanstvo je to interpretacijo še okrepilo, saj je srce postalo simbol moralne vesti, duhovnega življenja in globokih čustev.

## **Ekspresivni individualizem**

V sodobnem Zahodu se razvija poudarek na ekspresivnem individualizmu, prepričanju, da ima vsak posameznik edinstveno notranje čustveno jedro, ki ga mora avtentično izraziti. Srce pri tem ostaja univerzalni simbol te edinstvene čustvene notranjosti.

## **Prehod na možgane**

Z vzponom kartezijskega dualizma v 17. stoletju, ki je ločil nematerialni um od materialnega telesa, se je uveljavil biomedicinski model. Funkcija srca se je močno reducirala na mehansko črpalko, možgani pa so postali »stroj racionalnosti«, s čimer se je sedež osebnosti preselil vanje.

## **Vzhodna in Južna Azija**

### **Japonska: Jetra in tiha vzdržljivost**

V sistemu TKM/Kampo so jetra element lesa, ki uravnava nemoten pretok Qi-ja. Povezana so z načrtovanjem, odločanjem in jezo ter hranijo Hun (eterično dušo), ki zagotavlja vizijo in življenjsko smer.

Japonska kulturna vrednota *gaman* (tiha vzdržljivost) in poudarek na skupinski harmoniji sublimirata močno energijo jeter (jezo, odločnost, pogum) v disciplinirano, vztrajno delovanje.

### **Kitajska: Srce in strateška racionalnost**

Tradicionalna kitajska medicina (TKM) notranjih organov ne obravnava kot anatomskih struktur, temveč kot dinamične rezervoarje vitalne energije (Qi), bistvenih tekočin (Jing, Xue) in duhovnih komponent.

V starodavni TKM so imeli možgani (»morje možganskega mozga«) manjšo vlogo, osrednji organ pa je bilo srce (Xin), sedež Shen-a (uma/duha).

Povezava organ čustvo v TKM:

- Srce = radost / duh (Shen)
- Jetra = jeza / odločitev (Hun)
- Vranica = skrb / premišljenost (Yi)
- Pljuča = žalost / žalovanje (Po)
- Ledvica = strah / volja (Zhi)

Sodobna kitajska racionalnost je integracija močnih jeter (odločanja), uravnoveženih z vranico (premišljenostjo) in stabilnim srcem (umom), kar omogoča strateški nadzor in družbeni red.

### **Indija: Trebuh in kontemplativna absorpcija**

Indijska tradicija, zlasti ajurveda in joga filozofija, premikata fokus s prsnih organov na trebuh in njegove energetske centre.

Trebuh je sedež Agni-ja (prebavnega ognja) in Manipura čakre, energetskega središča osebne moči in transformacije.

Koncept »prebave karme« povezuje presnovo hrane z obdelavo življenjskih izkušenj. Močan in čist prebavni ogenj omogoča prečiščevanje preteklih dejanj, kar vodi v stanje nepristranske, kontemplativne absorpcije (joga, meditacija).

Trebuh postane motor duhovnega napredka, saj zdravje in ravnovesje (doše) pogosto izhajata iz črevesja.

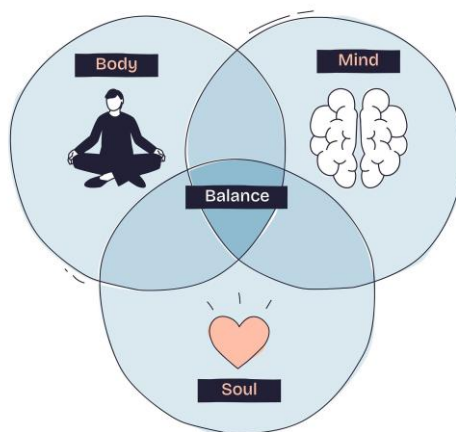
## Medkulturna primerjava

Različne kulture razkrivajo različen center jaza »posodo« za psihološke in kulturne lastnosti:

- **Zahod (možgani/srce):** primat razuma nad čustvi; poudarek na individualni čustveni avtentičnosti in racionalni analizi.
- **Japonska (jetra/hara):** sublimacija čustev v disciplinirano odločnost; vrlina *gaman* (vzdržljivost) kot temelj skupinske harmonije.
- **Kitajska (srce/vranica):** strateški nadzor in družbeni red; srce (*xin*) kot vladar duha, ki s pomočjo vranice (analiza) in jeter (načrtovanje) vzdržuje socialno in notranje ravnovesje.
- **Indija (trebuh/agni):** duhovno očiščevanje in introspektivna globina; transformacija izkušenj skozi »prebavo karme« v energetske centru moči.

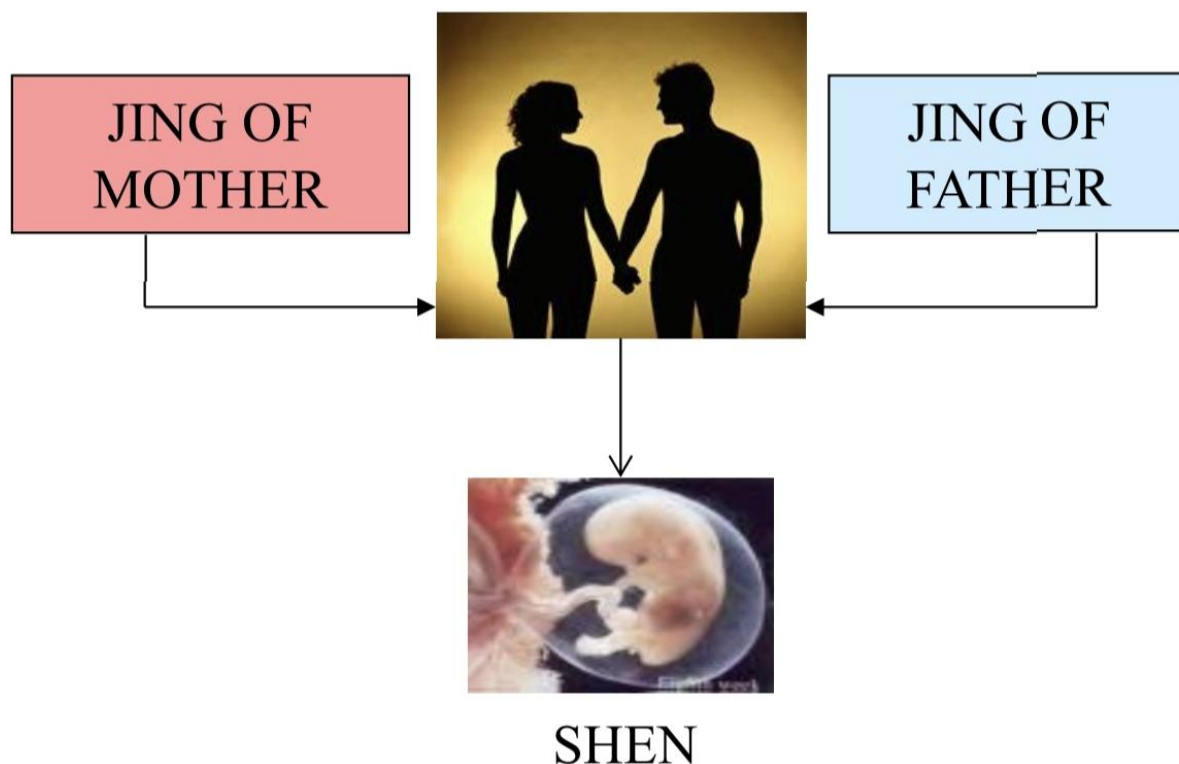
Povezava med umom in telesom ni univerzalna, temveč kulturno oblikovana .

Gradivo: Pregovori, metafore in čustva.



## 1. 8. Shen v tradicionalni kitajski medicini: povezave med organi, čustvi, spominom in odločanjem

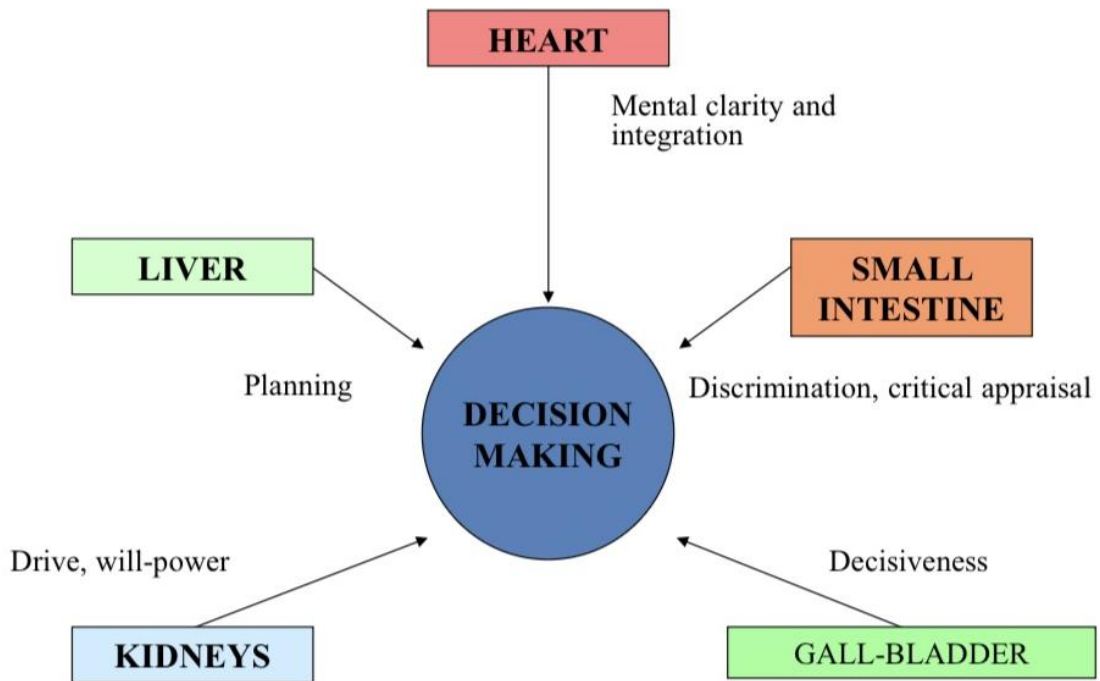
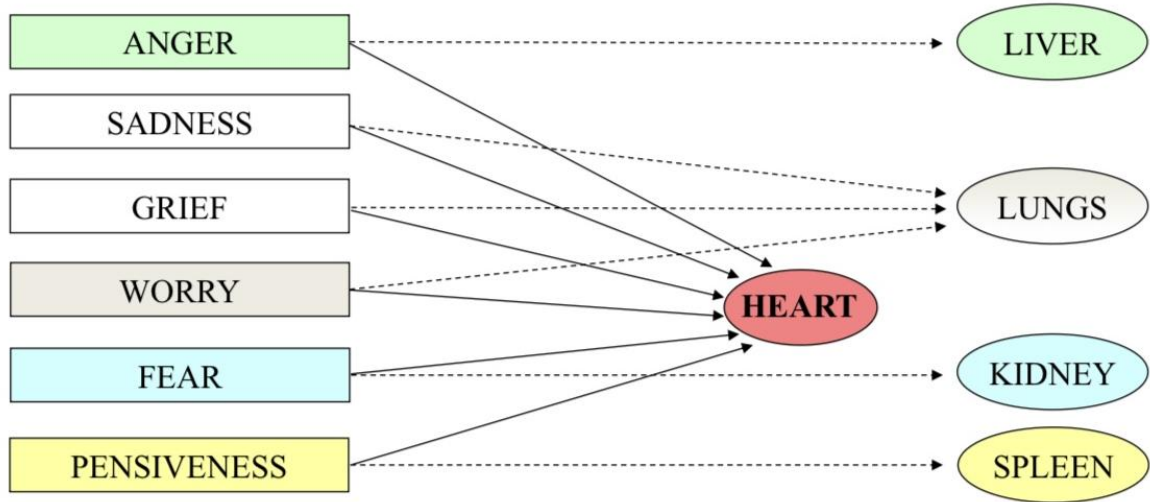
<http://giovanni-maciocia.com/wp-content/uploads/2019/02/shen-maciocia-online.pdf>



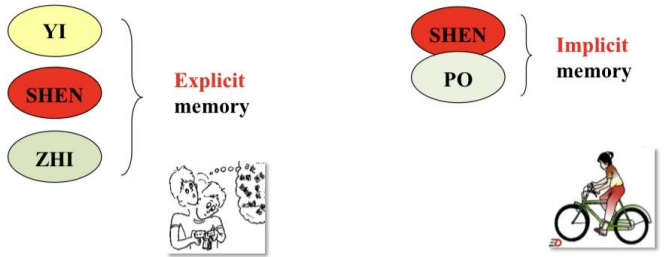
Shen novorojenega bitja izvira iz prenatalnega Jinga njegove matere in očeta. Prvotni Shen ni popolnoma razvit vse do približno sedmega leta starosti. Po rojstvu se njegov prenatalni Jing shranjuje v ledvicah in zagotavlja biološko osnovo za Shen. Življenje in Shen novorojenčka je odvisno od hranjenja z njegovim lastnim postnatalnim Jingom.

V nadaljevanju podajam nekaj zanimivih ilustracij TKM povezav med čustvi in organi, odločanjem in spominom.

**ALL EMOTIONS AFFECT THE HEART**



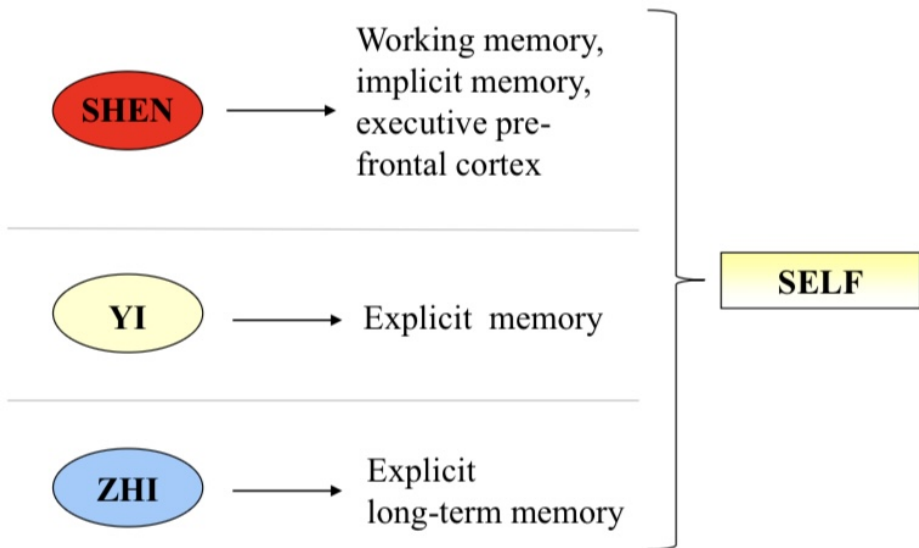
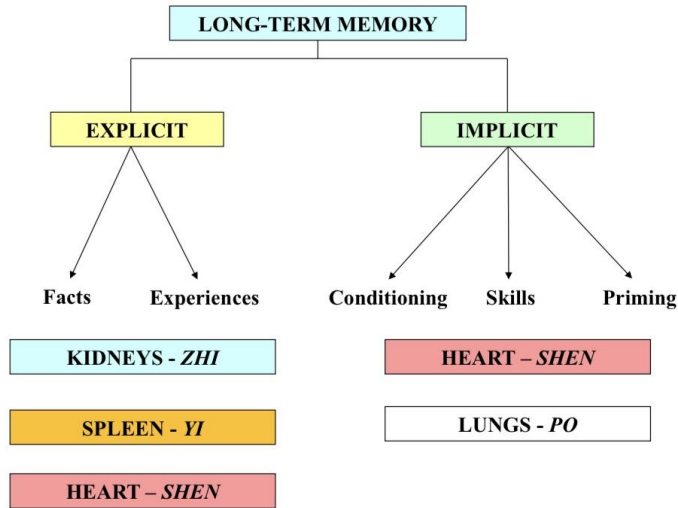
**IMPLICIT AND EXPLICIT MEMORY**



Declarative memories are encoded by the hippocampus, entorhinal cortex and perirhinal cortex (all within the medial temporal lobe of the brain),

Implicit memory is the encoded and stored by the cerebellum, putamen, caudate nucleus and the motor cortex

CHINESE MEDICINE ONLINE



Ob pisanju eseja sem spoznal, kako obsežno in kompleksno področje je nevroznanost. Posebej me je pritegnilo razmišljanje o zgodovini, saj sem spoznal, da preteklih spoznanj ne moremo soditi z današnjimi očmi. Pomembno je razumeti, v kakšnem času in okoliščinah so nastale. Zgodba o Golgiju in Cajalu pokaže, kako lahko osebni ponos, prepričanja in vztrajanje pri lastnih teorijah močno vplivajo na potek znanstvenih odkritij in na življenje samih raziskovalcev.

Zelo zanimivo je tudi razbijanje mita o plazilskih možganih. Pogosto hitro sprejmemo poenostavljene razlage in jih uporabljamo, čeprav realnost kaže precej bolj zapleteno sliko. Moje raziskivanje nevroznanosti me je opozorila tudi na povezovanje z umetnostjo, humanistiko in kulturnimi pogledi. Prav v tem je največja vrednost razumevanja človeka kot kompleksnega, čustvenega in ustvarjalnega posameznika.

## 1.9. Gradivo nevroznanost uvod in zgodovina

Gradivo je dostopno na <https://portfolio.navitas-sana.com/portfolio/>

Burman, J. T., & Collins, B. M. (2020). Commentary: Why Study the History of Neuroscience? *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 14, 127.

<https://www.frontiersin.org/journals/behavioral-neuroscience/articles/10.3389/fnbeh.2020.00127/full>

Ramón y Cajal, Santiago. (1906). The structure and connexions of neurons. *Nobel Lecture, December 12, 1906*.

<https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1906/cajal/lecture/>

Cebral-Loureda, M., Ramírez-Moreno, M. A., Sanabria-Zepeda, J. C., & Kaminsky-Castillo, I. (2023). One hundred years of neurosciences in the arts and humanities, a bibliometric review. *Philosophy, Ethics, and Humanities in Medicine*, 18(1), 17.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37946225/>

De Carlos, Juan A., & Borrell, José. (2007). A historical reflection of the contributions of Cajal and Golgi to the foundations of neuroscience. *Brain Research Reviews*, 55(1), 8-16. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17490748/>

Kettenmann, H., & Wade, N. (2020). *A short history of European neuroscience from the late 18th to the mid 20th century*. Federation of European Neuroscience Societies (FENS). <https://www.fens.org/wp-content/uploads/2020/11/Short-History-of-European-Neuroscience.pdf>

Langmoen, I. A., & Apuzzo, M. L. J. (2007). The brain on itself: Nobel laureates and the history of fundamental nervous system function. *Neurosurgery*, 61(4), 891-908. [https://journals.lww.com/neurosurgery/abstract/2007/11000/the\\_brain\\_on\\_itself\\_nobel\\_laureates\\_and\\_the.3.aspx](https://journals.lww.com/neurosurgery/abstract/2007/11000/the_brain_on_itself_nobel_laureates_and_the.3.aspx)

Lim, Austin, "Open Neuroscience Initiative" (2021). *College of Science and Health Full Text Publications*. 2. <https://via.library.depaul.edu/cshtextbooks/2>

Maciocia, Giovanni. "The treatment of shen disturbances with Chinese medicine." Maciocia Online, 2019. <http://giovanni-maciocia.com/wp-content/uploads/2019/02/shen-maciocia-online.pdf>

Roland, P. E. (2023). How far neuroscience is from understanding brains. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 17, 1147896

<https://www.frontiersin.org/journals/systems-neuroscience/articles/10.3389/fnsys.2023.1147896/full>

History and Basics of Neuroscience Neuroscience Notes

<https://www.scribd.com/document/262896368/Neuroscience-Notes>

Neuroscience and education. What is neuroscience *Portal da Indústria*.

[https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/7c/15/7c153322-d2e7-44e3-86b1-aeaecfe8f894/neuroscience\\_and\\_learning\\_pdf\\_interativo.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/7c/15/7c153322-d2e7-44e3-86b1-aeaecfe8f894/neuroscience_and_learning_pdf_interativo.pdf).

Nobelove nagrade nevroznanost wikipedia in AI

Panika : širimo psihološka obzorja. (1999). *Kognitivna znanost* (Letn. 4, št. 4).

Društvo študentov psihologije Slovenije.

<https://www.scribd.com/doc/257916202/Kognitivna-znanost>

Pregovori metafore in čustva AI

Society for Neuroscience (b.d.). *Neuroscience core concepts*.

<https://www.brainfacts.org/core-concepts>

Wikipedia: Neuroscience <https://en.wikipedia.org/wiki/Neuroscience>



Po daljši seriji poizkusov mi leta 1989 uspelo izolirati dovolj velik kristal famotidina iz zmesi dimetilformamid/voda:

[Structure of a new crystalline form of famotidine](#) L. Golic, K. Djinovic and M. Florjanic *Acta Cryst.* (1989). C45, 1381-1384 <https://doi.org/10.1107/S0108270189001174>

Experimental: Synthesis of famotidine carried out by KRKA - Chemical and Pharmaceutical Works. Crystals of famotidine obtained by slow evaporation from DMF/H<sub>2</sub>O solution. Crystal size: 0.51 x 0.50 x 0.62 mm.

V času mojega študija smo poznali dve vrsti histaminskih receptorjev, H<sub>1</sub> in H<sub>2</sub>. Zdravila, ki delujejo na H<sub>1</sub> receptorje (antihistaminiki), se uporabljajo predvsem za zdravljenje alergijskih bolezni, medtem ko se zdravila, ki delujejo na H<sub>2</sub> receptorje, uporabljajo za zmanjševanje izločanja želodčne kisline. Na vlogo histamina pri budnosti in zavesti smo lahko sklepali iz dejstva, da antihistaminiki pogosto povzročajo zaspanost ali utrujenost. Starejši antihistaminiki, kot je difenhidramin, so znani po izrazitih stranskih učinkih, med katerimi so zaspanost, suha usta, motnje vida in druge nevšečnosti. Novejši antihistaminiki so zasnovani tako, da povzročajo manj stranskih učinkov, vendar lahko pri nekaterih posameznikih še vedno povzročijo utrujenost ali suhe oči.

Poseben vtis so name v tistem času naredile raziskave Jamesa Blacka. Njegovo predavanje ob Nobelovi nagradi *Drugs from Emasculated Hormones: The Principles of Syntopic Antagonism*, se osredotoča na odkritje antagonistov adrenergičnih  $\beta$ -receptorjev in histaminskih H<sub>2</sub>-receptorjev.

Moje izkušnje iz študija farmacije in razvojnega dela v Krki na famotidinu, so bile osnova, da podrobneje pogledam razvoj znanja o vlogi in delovanju histamina. V pregled sem vključil tudi hormon adrenalin, ki ima pomembno vlogo v delovanju živčnega sistema, vendar podobno kot histamin ostaja v senci neurotransmiterjev kot sta dopamin in serotonin.

## 2.1. Histamin

Predavanje Jamesa Blacka ob podelitvi Nobelove nagrade o razvoju zdravil, na osnovi receptorjev je farmakološko in klinično usmerjeno. Black obravnava histamin s poudarkom na njegovih perifernih učinkih, kot so izločanje želodčne kisline, srčna stimulacija in vazodilatacija. Histamin razume kot hormon v širšem smislu, torej kot signalno molekulo, ki jo izloča ena celica in ki v drugi celici sproži fiziološki odziv. Black loči histaminske receptorje na dve glavni skupini: H<sub>1</sub>-receptorje (občutljive na klasične antihistaminike, kot je mepiramin), ki so vpleteni v kontrakcije gladkih mišic (npr. v črevesju) in H<sub>2</sub>-receptorje (odporne na mepiramin), ki so odgovorni za učinke, kot so stimulacija srca, relaksacija maternice in izločanje želodčne kisline. Black opisuje iskanje selektivnih antagonistov H<sub>2</sub>-receptorjev z modifikacijo histaminske strukture (4-metilhistamin kot selektivni agonist H<sub>2</sub>, burimamid in

metiamid kot antagonisti). Ti antagonisti blokirajo histaminsko stimulacijo izločanja kisline, vendar ne vplivajo na H<sub>1</sub>-odvisne učinke (npr. kontrakcije mišic).

Black razpravlja o prihodnosti antagonistov hormonskih receptorjev, vključno s histaminskim sistemom ter poudarja potrebo po boljših modelih za farmakologijo. Histamin je opisal kot hormon z dvojno vlogo (H<sub>1</sub> za kontrakcije, H<sub>2</sub> za relaksacijo in stimulacijo).

## 2.2. Adrenalin, noradrenalin

James Black navaja, da se je pot do odkritja antagonistov beta-receptorjev, začela s iskanjem rešitev za Angino Pectoris (bolečino v prsnem košu).

Angino pectoris lahko sprožita tako telesna aktivnost, kot tudi čustva in tesnoba, ki v telesu sprožijo adrenalin. Skupni imenovalc teh stanj je povišan srčni utrip in povečana obremenitev srca, kar poveča potrebo srčne mišice po kisiku.

Adrenergični receptorji posredujejo učinke kateholaminov (kot sta adrenalin in noradrenalin), ki so ključni za odziv boj ali beg. Farmakologi so na podlagi odziva tkiv razdelili receptorje na alfa in beta podtipe (Ahlquist, 1948). Aktivacija beta-receptorjev v srcu povzroči povečanje frekvence srca in povečanje moči krčenja.

James Black je postavil hipotezo, da je mogoče sintetično ustvariti molekulo, ki je **strukturno podobna hormonu** (izoprenalin, selektivni beta-stimulantu), vendar nima njegovega biološkega učinka. Ta molekula - **antagonist hormona** bi zasedla vezavno mesto na receptorju in tako **preprečila vezavo naravnega hormona**. **Antagonist** blokira vezavo adrenalina in noradrenalina na beta-receptorje, kar povzroči nižanje srčne frekvence in sile krčenja srca, s čimer se zmanjša poraba kisika v srčni mišici.

Raziskave tega projekta so pripeljale do odkritja **prvih klinično uporabnih antagonistov beta-receptorjev**:

Zdravilo	Pomen
<b>Pronetalol</b>	Prvi antagonist s kliničnim učinkom proti angini, vendar umaknjen zaradi stranskih učinkov.
<b>Propranolol</b>	Naslednik pronetalola, prva komercialno uspešna molekula. Znižal je krvni tlak in postal ključno orodje za zdravljenje hipertenzije, aritmij in angine pectoris.



### Ključne znanstvene reference

Avtor	Revija	Leto	Ključni prispevek
Black JW et al.	<i>Nature</i>	1972	Prva definicija H <sub>2</sub> -receptorja

Black JW, Duncan WAM	<i>Br J Pharmacol</i>	1973	Metiamid kot H <sub>2</sub> -antagonist, vendar ima tudi neželene učinke
Brimblecombe RW et al.	<i>J Int Med Res</i>	1974	Zdravilo cimetidin H <sub>2</sub> -blokator
Harty RF, Samloff IM	<i>Gastroenterology</i>	1979	Klinična učinkovitost H <sub>2</sub> -antagonistov
Ganellin CR	<i>Pharmacol Rev</i>	1988	Kemija H <sub>2</sub> -antagonistov racionalno načrtovanje zdravil

Nobelova nagrada Jamesa Blacka izpostavlja racionalno načrtovanje zdravil. Čeprav njegovo delo ni osredotočeno na nevrottransmitterje, je ključno vplivalo na razvoj poznejših psihofarmakov, ki delujejo na receptorje za nevrottransmitterje.

#### **1988 Sir James Black:**

Razvoj prvih selektivnih receptornih blokatorjev ( $\beta$ -blokatorji, H<sub>2</sub>-blokatorji) in dokaz koncepta racionalnega načrtovanja zdravil na osnovi receptorjev.

[nobelprize.org/prizes/medicine/1988](http://nobelprize.org/prizes/medicine/1988)

Nevrottransmitterji in receptorji imajo pomembno mesto med Nobelovimi nagradami.

#### **1936 Henry Hallett Dale & Otto Loewi:**

Odkritje kemijskega prenosa živčnih impulzov in identifikacija **acetilholina** kot prvega nevrottransmitterja. [nobelprize.org/prizes/medicine/1936](http://nobelprize.org/prizes/medicine/1936)

#### **1970 Bernard Katz, Ulf von Euler & Julius Axelrod:**

Odkritja **mehanizmov sinaptičnega skladiščenja, sproščanja in inaktivacije nevrottransmitterjev (acetilholin, noradrenalin).**

[nobelprize.org/prizes/medicine/1970](http://nobelprize.org/prizes/medicine/1970)

#### **1977 Roger Guillemin, Andrew Schally (tudi Rosalyn Yalow):**

Odkritje **hipotalamičnih peptidnih hormonov**, Rosalyn Yalow je prejela nagrado za razvoj radioimunološkega testa za merjenje hormonov.

[nobelprize.org/prizes/medicine/1977](http://nobelprize.org/prizes/medicine/1977)

#### **1991 – Erwin Neher & Bert Sakmann:**

Razvoj metode patch-clamp; **neposredno dokazovanje delovanja ionskih kanalov**, ki so tarče nevrottransmitterjev.

[nobelprize.org/prizes/medicine/1991](http://nobelprize.org/prizes/medicine/1991)

**1994 Alfred G. Gilman & Martin Rodbell:**

**Odkritje G-proteinov, ključnih znotrajceličnih posrednikov pri signalizaciji** večine klasičnih nevrottransmiterskih receptorjev (dopaminski, serotoninški, adrenergični, opioidni).

[nobelprize.org/prizes/medicine/1994](http://nobelprize.org/prizes/medicine/1994)

**2000 Arvid Carlsson, Paul Greengard & Eric Kandel:**

Carlsson – odkritje **dopamina** kot nevrottransmitterja v centralnem živčevju; Greengard & Kandel – **molekularni mehanizmi signalne transdukcije in sinaptične plastičnosti**, ki jih posredujejo nevrottransmiterji.

[nobelprize.org/prizes/medicine/2000](http://nobelprize.org/prizes/medicine/2000)

**2012 Robert J. Lefkowitz & Brian K. Kobilka:**

Struktura, delovanje in signalizacija **G-protein-sklopljenih receptorjev (GPCR)** ključnih tarč psihiatričnih in nevroloških zdravil.

[nobelprize.org/prizes/chemistry/2012](http://nobelprize.org/prizes/chemistry/2012)

## **2.3. Stres in vloga adrenalina**

Stres je temeljni psihofiziološki pojav, ki posamezniku omogoča prilagoditev na zahteve okolja. Z vidika nevroznanosti stresni odziv vključuje interakcijo med možgani, živčnim sistemom in endokrinimi mehanizmi. Osrednjo vlogo pri hitrem stresnem odzivu ima adrenalin, ki mobilizira telo za takojšnje delovanje.

Stresni odziv temelji na aktivaciji dveh glavnih sistemov, ki delujeta komplementarno. Prvi je **hipotalamično-hipofizno-nadledvična os** (HPA axis), ki predstavlja počasnejši, hormonsko posredovan odziv. Ob zaznavi stresorja hipotalamus sprosti kortikotropin sproščujoči hormon (CRH), ta spodbudi hipofizo k izločanju adrenokortikotropnega hormona (ACTH), ACTH pa nato stimulira nadledvično skorjo k izločanju kortizola. **Kortizol** omogoča dolgoročnejšo prilagoditev na stres z uravnavanjem presnove, imunskega sistema in delovanja možganov.

Drugi ključni sistem je **simpatični živčni sistem**, ki zagotavlja hiter, nevronske posredovan odziv, znan kot odziv **boj ali beg**. Aktivacija simpatičnega živčnega sistema vodi v takojšnje sproščanje kateholaminov, predvsem **adrenalina in noradrenalina**, iz nadledvične sredice. Ta sistem omogoča hitro fiziološko prilagoditev organizma na zaznano nevarnost.

Adrenalin je osrednji mediator hitrega stresnega odziva. Deluje predvsem kot hormon, ki se po sproščanju v krvni obtok veže na adrenergične receptorje (alfa in beta receptorje) v različnih organih. Aktivacija adrenalina vodi do pospešenega srčnega utripa, zvišanja krvnega tlaka, bronhodilatacije ter preusmeritve krvnega pretoka v skeletne mišice. Ti učinki omogočajo hitro mobilizacijo energije in povečano telesno pripravljenost.

Fiziološki učinki adrenalina so tesno povezani s subjektivnim doživljanjem stresa in anksioznosti. Somatski simptomi, kot so palpitacije, tresenje, znojenje in občutek notranjega nemira, predstavljajo pomemben del anksioznega doživljanja. Čeprav adrenalin ne povzroča anksioznosti neposredno na kognitivni ravni, njegova periferno izražena telesna aktivacija prispeva k zaznavi ogroženosti in okrepi anksiozne misli prek povratnih signalov iz telesa v možgane.

Na podlagi razumevanja vloge adrenalina so razvili beta-blokatorje, zdravila, ki zasedejo beta-adrenergične receptorje. Z zaviranjem vezave adrenalina in noradrenalina na te receptorje zmanjšujejo učinke simpatičnega živčnega sistema, zlasti na srce in ožilje. Posledično se zmanjšajo fiziološki znaki stresnega odziva, kot so tahikardija, povišan krvni tlak in tremor.

V klinični praksi so beta-blokatorje začeli uporabljati tudi pri anksioznih motnjah, predvsem z namenom obvladovanja telesnih simptomov anksioznosti. Vendar sodobni znanstveni dokazi zahtevajo previdno interpretacijo njihove vloge. Sistematični pregled in metaanaliza Archerja in sodelavcev kažejo, da se je predpisovanje beta-blokatorjev za anksioznost v zadnjih desetletjih sicer znatno povečalo, vendar za njihovo učinkovitost ni robustnih dokazov. Metaanalize randomiziranih kliničnih raziskav niso pokazale statistično pomembne prednosti beta-blokatorjev v primerjavi s placebom ali benzodiazepini pri socialni fobiji in panični motnji.

Beta-blokatorji ne delujejo neposredno na psihološke ali kognitivne vidike anksioznosti. Njihov potencialni učinek temelji predvsem na zmanjševanju telesnih simptomov, kar bi lahko pri posameznikih posredno zmanjšalo subjektivno doživljanje anksioznosti. Vendar ta domnevni mehanizem nima empirične podpore, kakovost razpoložljivih dokazov pa je nizka.

Beta-blokatorji niso vključeni v večino sodobnih kliničnih smernic za zdravljenje anksioznih motenj, razen pri situacijski anksioznosti (npr. tremor, javni nastopi), kjer so še vedno v klinični uporabi. Nevroznanstveni vpogled v stres razkriva, da farmakološka modulacija telesnih simptomov sama po sebi ni zadosten pristop k obravnavi kompleksnih psiholoških stanj, kot je anksioznost (Archer idr. 2025).

## **2.4. Vloga histamina v centralnem živčnem sistemu**

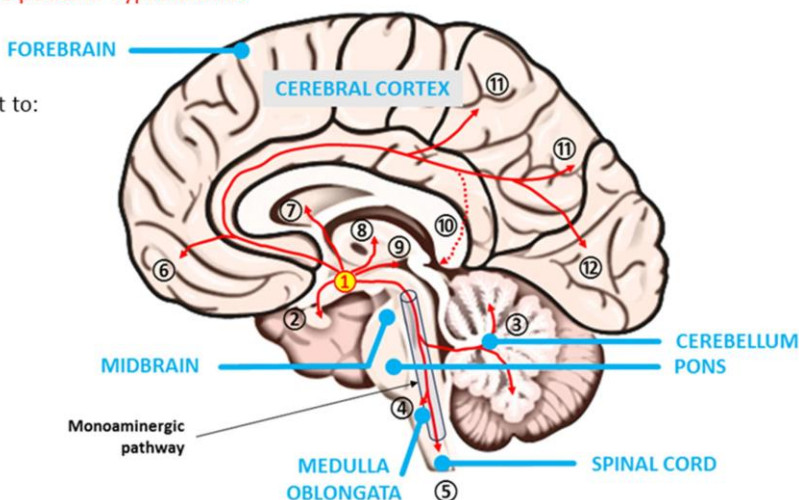
37 let po mojih raziskavah na antagonistu H2 receptorjev famotidinu sem preveril napredek pri razumevanju histaminskih receptorjev.

Pregledni članek *Histaminergic System Activity in the Central Nervous System: The Role in Neurodevelopmental and Neurodegenerative Disorders* obravnava histamin kot neurotransmitter v centralnem živčnem sistemu ter vloge histaminskih receptorjev, vključno z H1R in H2R.

① – tuberomammillary nucleus (TMN) of the posterior hypothalamus

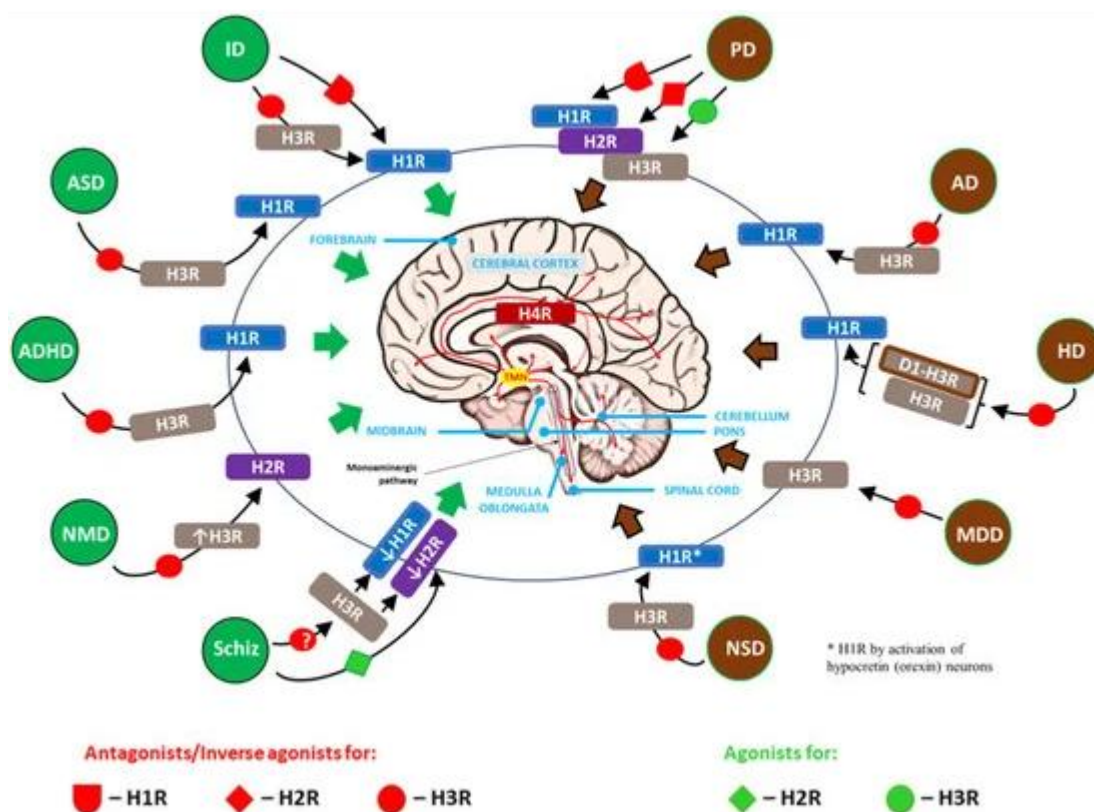
Unmyelinated axons of TMN neurons project to:

- ② – posterior pituitary
- ③ – hindbrain (cerebellum)
- ④ – medulla oblongata
- ⑤ – spinal cord
- ⑥ – frontal lobe cortex
- ⑦ – striatum
- ⑧ – midline thalamic region
- ⑨ – ventral tegmentum and substantia nigra
- ⑩ – hippocampus and amygdala
- ⑪ – parietal lobe cortex
- ⑫ – occipital lobe cortex



Slika prikazuje nevroanatomijo histaminskih poti v človeških možganih, z osrednjo pozornostjo na aksialno širjenje histaminskih nevronov iz tuberomamilarnega jedra.

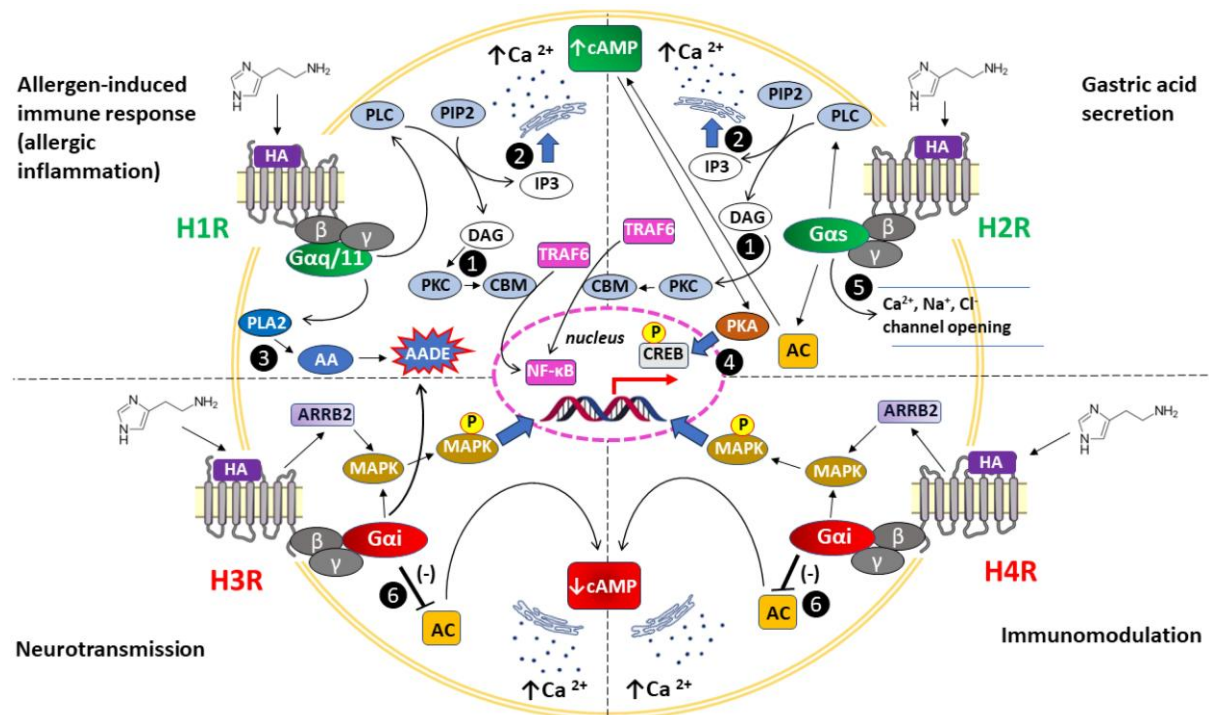
Histamin je bil sprva poznan kot mediator vnetja in imunskega odziva (povezan z mastociti), kasneje so potrdili njegovo vlogo nevrottransmitterja v možganih in hrbtenjači. Histamin nastane iz aminokislina histidina v nevronih tuberomamilarnega jedra v hipotalamusu. Od tam se histaminski nevroni razširjajo po skoraj vseh delih centralnega živčnega sistema, deluje kot nevrottransmitter (hitri učinek preko sinapse), in nevromodulator (počasnejši, difuzni učinek preko metabotropnih receptorjev). V centralnem živčnem sistemu modulira druge nevrottransmitterske sisteme (acetilholin, serotonin, dopamin, noradrenalin) in vpliva na procese, kot so budnost, kognicija, učenje, spomin, apetit, termoregulacija in cirkadiani ritmi.



Shema prikazuje terapevtski pristop, ki poudarja vlogo histaminergičnega sistema CŽS pri nevrorazvojnih (zeleno) in neurodegenerativnih (rjavo) boleznih, z histaminskim receptorjem H3 (H3R) kot glavno terapevtsko tarčo; prikazani so tudi drugi histaminski receptorji (H1R–H4R), vključno z morebitno vlogo H4R pri nevrovnetju, pri čemer H3R zaradi svoje osrednje regulativne funkcije in omejene izraženosti na CŽS predstavlja obetavno tarčo za eksperimentalne terapije

AD – Alzheimerjeva bolezen, ADHD – motnja pozornosti s hiperaktivnostjo, ASD – motnja avtističnega spektra, HD – Huntingtonova bolezen, ID – intelektualna oviranost, MDD – velika depresivna motnja, NMD – nevrorazvojne motorične motnje, NSD – motnje iz spektra narkolepsije, PD – Parkinsonova bolezen, Schiz – shizofrenija, D1-H3R – heteromer dopaminskega receptorja D1 in histaminskega receptorja H3, ↓H1R in ↓H2R – zmanjšana izraženost receptorjev H1R oziroma H2R, ↑H3R – povečana izraženost H3R.

Motnje v histaminskem sistemu prispevajo k vnetnim procesom in boleznim, kot so avtizem, ADHD, Alzheimerjeva bolezen in Parkinsonova bolezen.



Slika prikazuje kanonične signalne poti, povezane s histaminskimi receptorji H1R–H4R, ki so osnova njihovih najznačilnejših učinkov: alergijskega vnetja, izločanja želodčne kisline, neurotransmisije in imunomodulacije. Zaradi polimorfizma genov za receptorje H1R–H4R obstajajo tudi alternativne signalne poti, ki na sliki niso zaradi preglednosti niso prikazane. Aktivacijo histaminskih receptorjev spremlja povečanje (↑) koncentracije Ca<sup>2+</sup> v citoplazmi, medtem ko se koncentracija cAMP poveča (↑) po stimulaciji H1R in H2R ter zmanjša (↓) po stimulaciji H3R in H4R (Szukiewicz, 2024).

## 2.5. Histaminski receptorji

Histamin svoje kompleksne vloge v osrednjem živčnem sistemu in nevroinflamaciji izvaja preko štirih G-protein sklopljenih receptorjev (H<sub>1</sub>R–H<sub>4</sub>R). V nevroznanosti so funkcionalno najpomembnejši receptorji H<sub>1</sub>R, H<sub>2</sub>R in H<sub>3</sub>R. Receptorja H<sub>1</sub>R in H<sub>2</sub>R delujeta predvsem postsinaptično, medtem ko H<sub>3</sub>R deluje pretežno presinaptično kot autoreceptor in heteroreceptor, ki uravnava sproščanje neurotransmiterjev.

### H<sub>1</sub>R - ekscitatorni in pro-vnetni vplivi

Receptor H<sub>1</sub>R je sklopljen z Gαq/11 proteini. Njegova aktivacija vodi v aktivacijo fosfolipaze C (PLC), nastanek IP<sub>3</sub> in DAG ter povečanje znotrajcelične koncentracije Ca<sup>2+</sup>. V CNS ima ključno vlogo pri vzdrževanju budnosti, uravnavanju cikla spanja-budnosti, učenju, spominu ter povečanju ekscitabilnosti nevronov. H<sub>1</sub>R sodeluje tudi pri regulaciji prepustnosti krvno-možganske pregrade in aktivaciji glije, zato ima pomembno pro-vnetno vlogo v nevroinflamaciji. Spremembe v signalizaciji

H<sub>1</sub>R so povezane z nevrološki in nevropsihiatričnimi motnjami, vključno z motnjami pozornosti, avtizmom ter kognitivnimi okvarami pri Parkinsonovi in Alzheimerjevi bolezni.

### **H<sub>2</sub>R - imunomodulatorni/antiinflamatorni učinki**

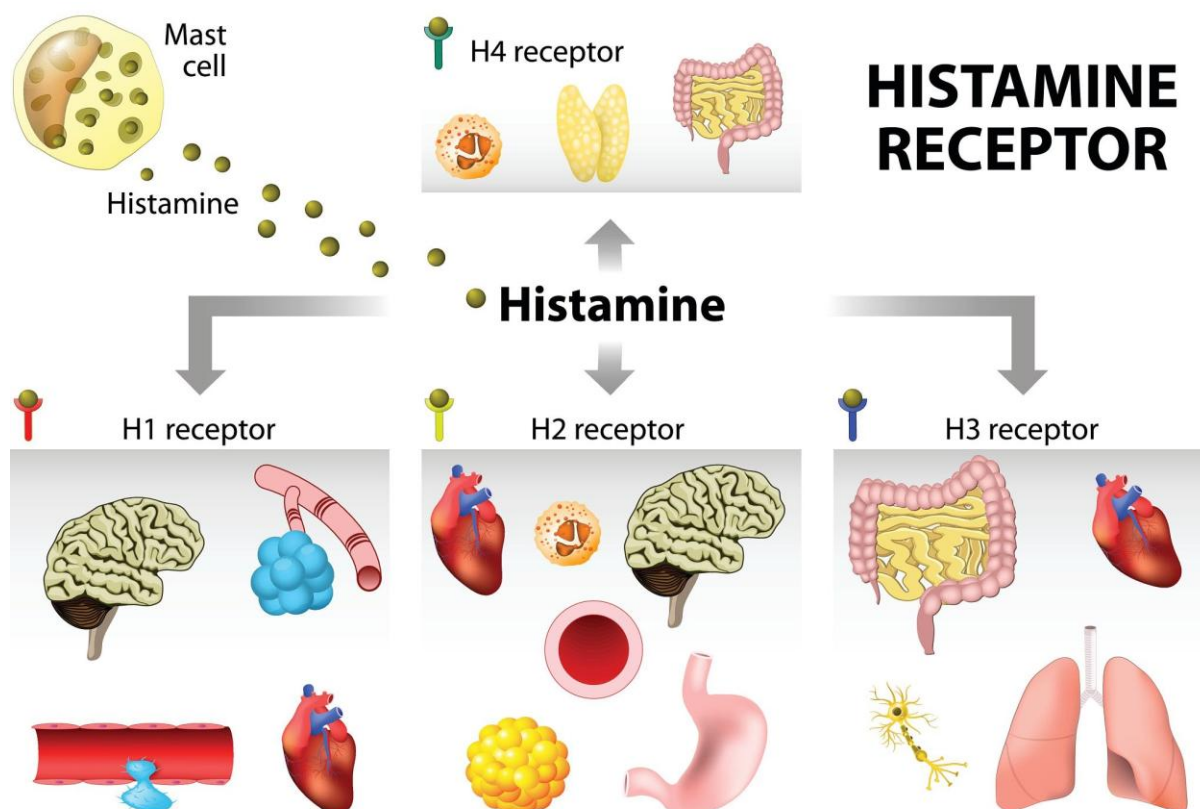
H<sub>2</sub>R je sklopljen z G<sub>αs</sub> proteini in aktivira adenilat ciklazo, kar vodi v povečanje cAMP in aktivacijo protein-kinaze A. V centralnem živčnem sistemu deluje predvsem modulatorsko, saj vpliva na sinaptično plastičnost, diferenciacijo celic in regulacijo ekscitabilnosti nevronov. V kontekstu nevroinflamacije ima H<sub>2</sub>R pretežno protivnetni učinek, saj zavira proliferacijo limfocitov in zmanjšuje aktivnost naravnih celic ubijalk (NK-celic). Disfunkcija H<sub>2</sub>R je bila opisana pri Tourettovem sindromu in shizofreniji, kjer je lahko povezana z motnjami v glutamatergičnem prenosu.

### **H<sub>3</sub>R - regulator sproščanja nevrotransmiterjev**

Receptor H<sub>3</sub>R je sklopljen z Gi/Go proteini in zavira aktivnost adenilat ciklaze. Nahaja se predvsem presinaptično. Kot avtoreceptor zavira sproščanje histamina, kot heteroreceptor pa uravnava sproščanje drugih nevrotransmiterjev, vključno z acetilholinom, dopaminom, noradrenalinom in serotoninom. S tem pomembno vpliva na kognitivne funkcije, budnost, lokomotorno aktivnost in apetit. Zaradi svoje osrednje regulacijske vloge je H<sub>3</sub>R pomembna terapevtska tarča pri zdravljenju narkolepsije, ADHD in nekaterih neurodegenerativnih bolezni.

### **H<sub>4</sub>R - vloga v nevroinflamaciji**

H<sub>4</sub>R je primarno izražen na celicah imunskega sistema in je sklopljen z Gi/Go proteini. V centralnem živčnem sistemu je njegova ekspresija omejena, vendar je bil identificiran na mikrogliji, kar kaže na njegovo vlogo pri lokalnih vnetnih odzivih, kemotaksi imunskih celic in regulaciji nevroinflamacije. Njegov pomen v fiziologiji in patologiji je predmet intenzivnih raziskav (Haas, Sergeeva, Selbach 2008).

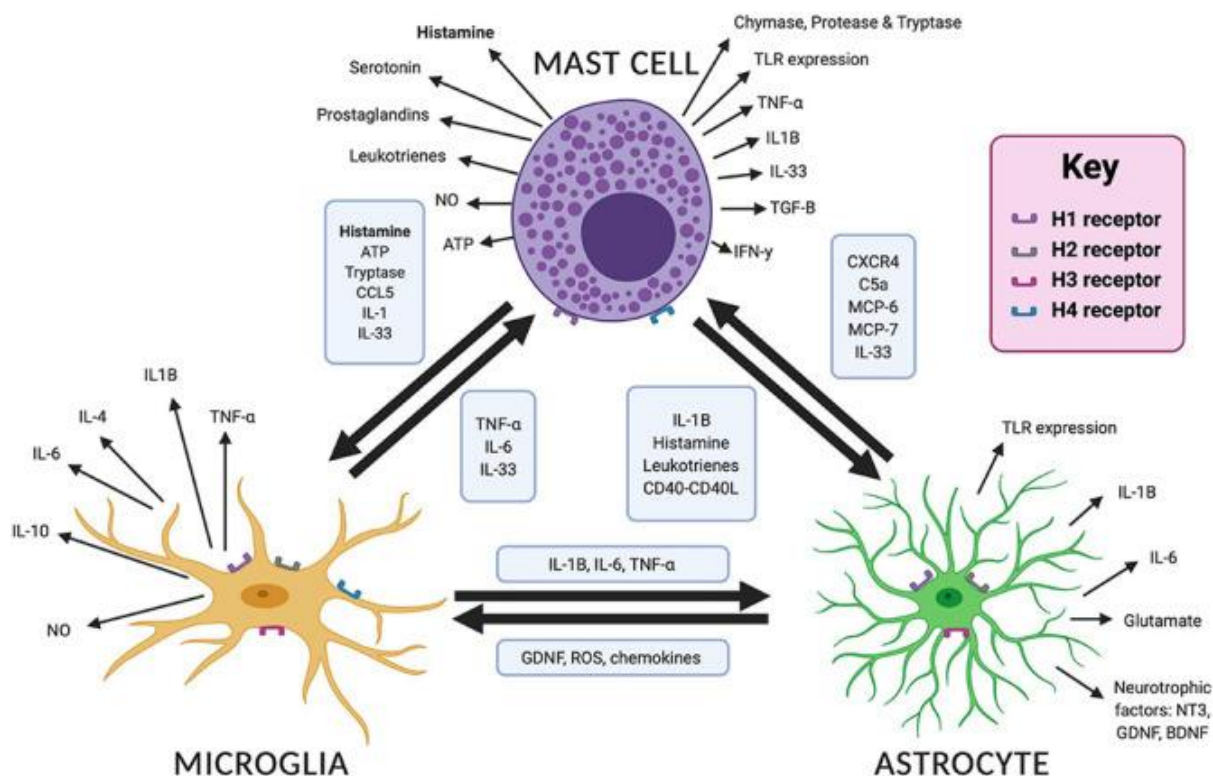


Histamin je nevromodulator in endogeni neurotransmitter, ki ima ključno vlogo pri nevrovnetju, modulaciji lastnosti nevronov in sinaps ter sodeluje pri nastanku nevrozvojnih motenj (Carthy, Ellender, 2021)

Histamin je prisoten že v zgodnjih fazah razvoja možganov, kjer modulira nevrogenozo (tvorbo nevronov) in gliogenozo (tvorbo nevroglije). Spodbuja proliferacijo nevrlnih matičnih celic in njihovo diferenciacijo. Poleg tega vpliva na število in dolžino nevrtskih vej, kar prispeva k oblikovanju kompleksnih nevronskih omrežij.

Histamin modulira sinaptično plastičnost, ključno za razvoj in prečiščevanje nevronskih vezij. Funkcionalno vpliva tudi na različne vedenjske procese, vključno z učenjem, kognicijo, budnostjo, pozornostjo in spominom.

Histamin ima pomembno imunomodulativno vlogo v osrednjem živčnem sistemu. Pomanjkanje histamina lahko razvijajoče se možgane naredi bolj dovzetne za vnetne dražljaje. Nevrovnetni procesi močno vplivajo na mikroglijo, astrocite in mastocite. Histamin modulira mikroglijo, saj lahko sproži njeno selitev preko  $H_4$  receptorjev in uravnava pro- in protivnetne odzive preko  $H_1$  in  $H_4$  receptorjev; v astrocitih spodbuja sproščanje glutamata in lahko sinergistično deluje s provnetnimi citokini, kot sta IL-1 in IL-6, pri sproščanju nevrotrofinov, na primer NGF; mastociti, kot ne-nevronalni viri histamina, pa ob svoji aktivaciji vplivajo na mikroglijo in sproščanje provnetnih citokinov.



Slika prikazuje medsebojne interakcije med mastociti, mikroglijo in astrociti v možganih. Vsaka celica lahko aktivira druge, pri čemer sprošča različne mediatorje (npr. citokine, kemokine, NO, ROS, rastne faktorje). Interakcije so dvosmerne, kar pomeni, da celice medsebojno vplivajo druga na drugo.

Disregulacija histaminskega sistema je povezana z razvojem različnih nevrorazvojnih motenj, kot so Tourettov sindrom, avtistične motnje in motnja pozornosti s hiperaktivnostjo (ADHD); pri Tourettovem sindromu je zmanjšana sinteza histamina povezana z motnjami v kortikostriatalnem vezju med razvojem, zato je modulacija histaminskih receptorjev, zlasti H<sub>3</sub>, obetavna terapevtska strategija za zdravljenje teh motenj (Carthy & Ellender, 2021).

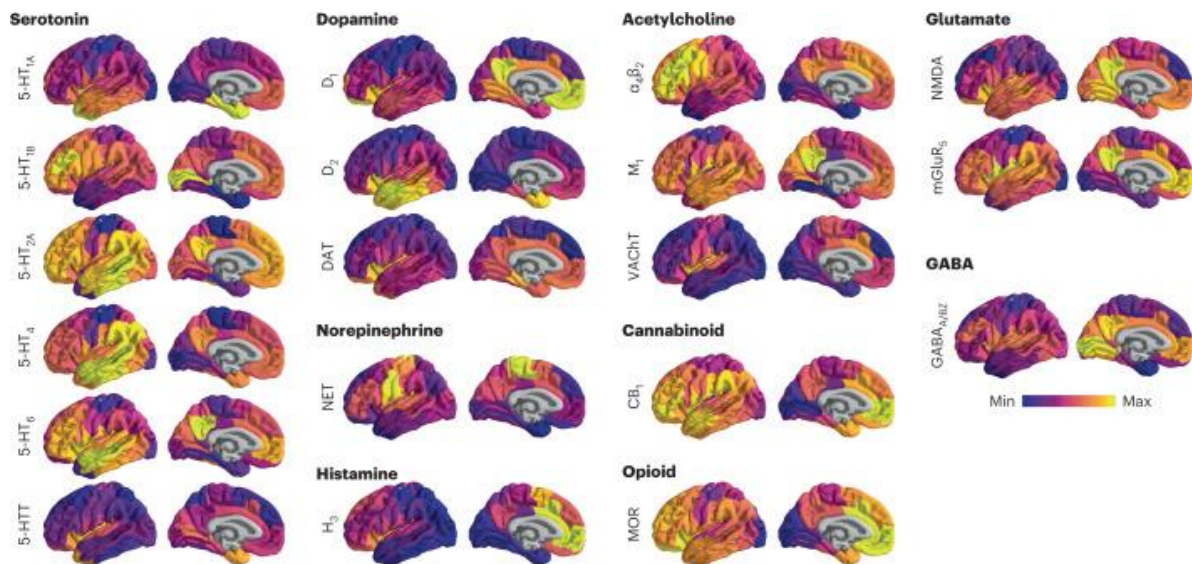
Modele delovanja histamina lahko uporabimo pri razvoju CŽS-specifičnih antagonistov, na primer za shizofrenijo ali nespečnost, kjer so H<sub>2</sub>-receptorji vpleteni v kognicijo. Pri pregledu terapevtskih učinkov zdravil, ki delujejo na histamin, sem zasledil tudi referenco za uporabo famotidina kot dopolnilne terapije pri zdravljenju shizofrenije: Famotidine as an adjunct treatment of resistant schizophrenia <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1188579/>.

## 2.6. Funkcionalno kartiranje neurotransmiterskih sistemov

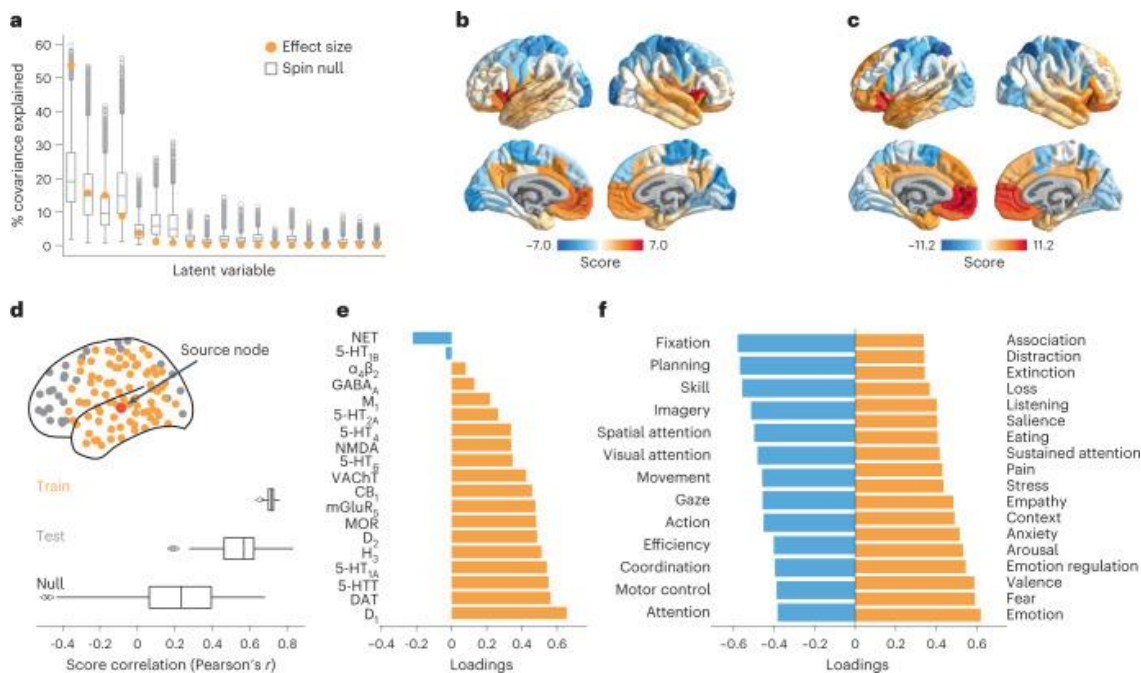
Članek *Mapping neurotransmitter systems to the structural and functional organization of the human neocortex* (Hansen idr. 2022) predstavlja ambiciozen

poskus razumevanja neurotransmiterjev in njihovih receptorjev v človeških možganih.

Cilj raziskave je bil določiti specifično prostorsko porazdelitev neurotransmiterskih receptorjev, povezano z njihovo strukturno in funkcionalno organizacijo, ter raziskati njen vpliv na kognicijo. Avtorji so zbrali podatke z **pozitronsko emisijsko tomografijo (PET)** pri več kot 1.200 zdravih posameznikih, kar je omogočilo izdelavo tridimenzionalnega normativnega atlasa **19 receptorjev in transporterjev** v devetih različnih neurotransmiterskih sistemih, vključno z dopaminom, serotoninom, noradrenalinom in drugimi.



S PET sledilci so ustvarili povprečne karte porazdelitve receptorjev za 19 neurotransmiterskih receptorjev in transporterjev v devetih sistemih



Slika prikazuje povezovanje nevrottransmitterskih sistemov s strukturno in funkcionalno organizacijo človeškega neokorteksa

Študija je razkrila štiri glavna področja povezave med kemoarhitekturo in organizacijo možganov:

### Strukturna in funkcionalna povezanost

Profili receptorjev, imenovani “**podobnost receptorjev**” (**receptor similarity**), so tesno sovpadali z organizacijskimi načeli strukturne in funkcionalne povezanosti možganov.

- anatomsko povezane regije so imele večjo podobnost receptorjev.
- regije s podoben sestavo receptorjev so kazale višjo funkcionalno so-aktivacijo.
- vključitev podatkov o profilih receptorjev v regresijski model, ki temelji na strukturi možganov, je znatno izboljšala napoved regionalne funkcionalne povezanosti, kar nakazuje, da receptorji posredujejo vpliv strukture na funkcijo.

### Nevralna dinamika

Porazdelitev nevrottransmitterskih receptorjev močno oblikuje nevralno dinamiko, merjeno z **magnetoencefalografijo**.

- Prostorske topografije receptorjev so tesno sovpadale s spektri moči magnetoencefalografije v vseh frekvenčnih pasovih.
- Opioidni receptorji, histaminski (**H<sub>3</sub>**) in acetilholinski receptorji (**α4β2**) so imeli pomemben vpliv na ujemanje, zlasti v nizkofrekvenčnih pasovih (teta in alfa).

## **Kognitivna specializacija**

Multivariatna analiza je pokazala povezave med profili receptorjev in meta-analitičnimi funkcionalnimi aktivacijami:

- odkrit je bil prostorski gradient, ki ločuje limbične in insularne kortekse od vidnih in somatosenzoričnih korteksov, ter ločuje ekstrinzične (zaznavne/unimodalne) od intrinzičnih (afektivnih/limbičnih) psiholoških procesov.
- kombinacija serotonergičnih in dopaminergičnih receptorjev je bila najmočnejše povezana s procesi, povezanimi z razpoloženjem in čustvi, kot sta čustvovanje in strah, v limbičnih regijah.
- transporter noradrenalina (NET) je bil povezan s funkcijami, kot sta fiksacija pozornosti in načrtovanje, v primarno unimodalnih regijah.

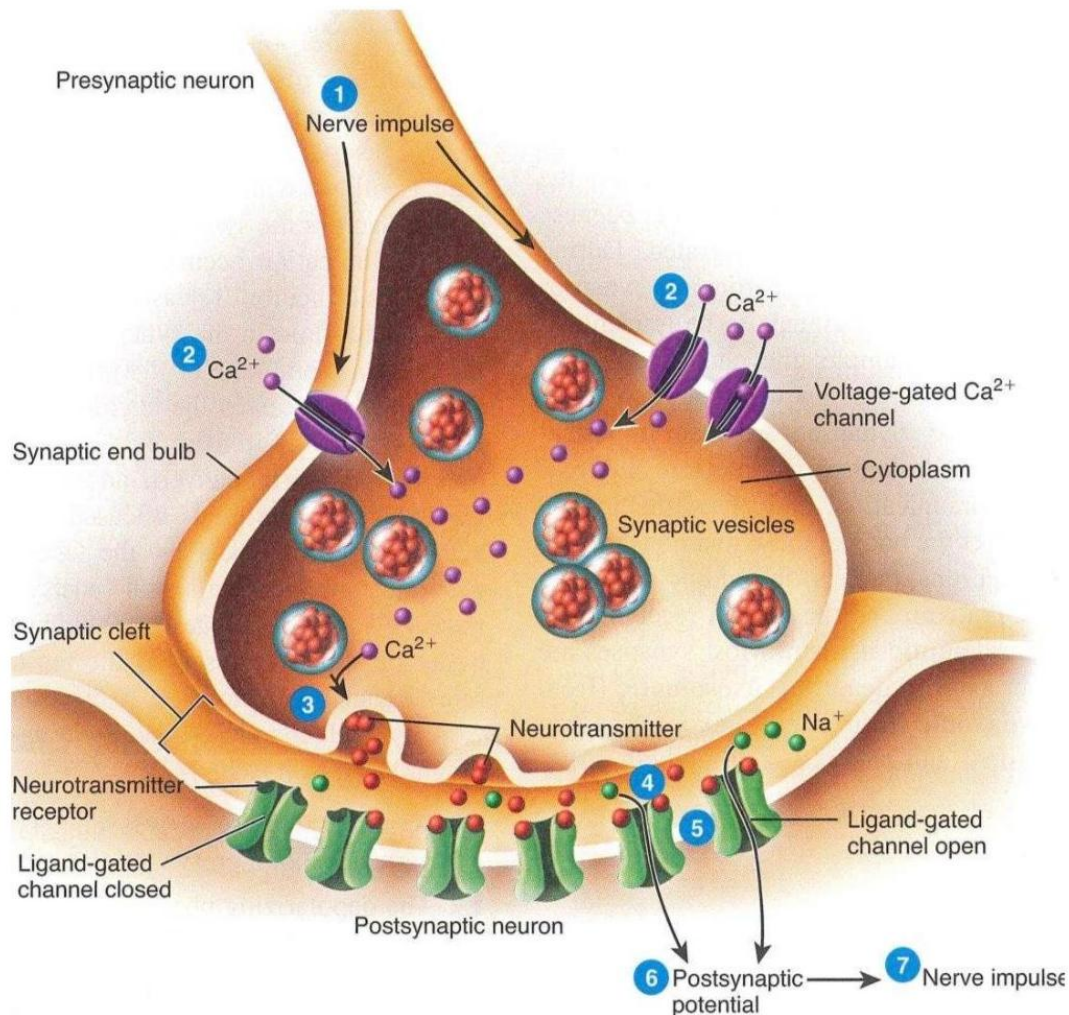
## **Občutljivost za bolezni**

Raziskava je povezala porazdelitev receptorjev z vzorci kortikalnih nepravilnosti (atrofij ali zadebelitev) pri 13 nevroloških, psihiatričnih in nevrozvojnih motnjah, kot so shizofrenija, depresija, avtizem in ADHD. Ta ugotovitev potrjuje pričakovane povezave in ponuja nove hipoteze o vlogi specifičnih nevrottransmiterskih sistemov pri različnih boleznih.

Članek ponazarja **kemoarhitektura možganov** - prostorsko porazdelitev receptorjev, temeljni organizacijski princip, ki vpliva na delovanje možganov na več nivojih: strukturnem, funkcionalnem in kognitivnem. Celovit atlas receptorjev, ustvarjen v tej študiji, predstavlja vir za raziskovanje mehanizmov možganske organizacije in patologije (Hansen et al., 2022).

## 2.7. Kompleksnosti možganov: neurotransmiterji, receptorji, sinapse in hormoni

Pomemben dejavnik za delovanja neurotransmiterjev in receptorjev so sinapse. Dobro ilustracijo sinapse poda Mullins:



Prenos signala na kemični sinapsi poteka v več zaporednih korakih. Najprej živčni impulz prispe do sinaptičnega končiča nevrona. To povzroči odpiranje napetostno odvisnih kalcijevih kanalov, skozi katere v celico vstopijo kalcijevi ioni. Prisotnost kalcijevih ionov sproži eksocitozo sinaptičnih mešičkov, ki vsebujejo neurotransmiterje. Neurotransmiterji se nato razširijo čez sinaptično špranjo do postsinaptičnega nevrona. Tam se vežejo na ligandom odvisne ionske kanale, kar omogoči vstop natrijevih ionov v postsinaptično celico. Zaradi tega se v postsinaptičnem nevronu razvije postsinaptični potencial. Če je ta potencial dovolj močan, se v aksonu postsinaptičnega nevrona sproži nov akcijski potencial. <https://researchonline.nd.edu.au/theses/78/>

Ko se soočamo s kompleksnostjo možganov in delovanja neurotransmiterjev, pogosto posežemo po enostavnejših razlagah, ki jih lažje razumemo.

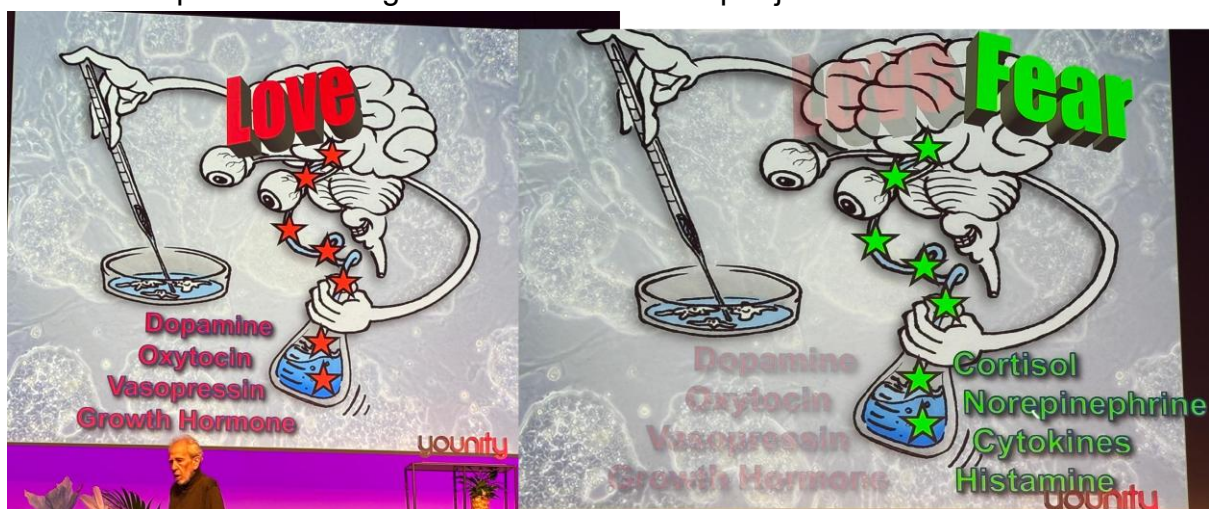
Dr. Bruce Lipton je celični biolog znan po svojem delu na področju epigenetike in po dostopnem pojasnjevanju zapletenih bioloških procesov, pogosto s poudarkom na vplivu misli in okolja na gene. Njegova priljubljenost izhaja iz poenostavljanja znanosti za širšo javnost, nekateri znanstveniki njegove interpretacije obravnavajo neznanstvene, preveč poenostavljene in spekulativne.

Dopamin, oksitocin in vazopresin pogosto imenujemo hormoni ljubezni, saj vplivajo na občutke povezovanja, zadovoljstva in sreče. Dopamin spodbuja motivacijo in nagrajevanje, oksitocin krepi socialne vezi, vazopresin pa igra pomembno vlogo pri zvestobi in družinski vezanosti. Rastni hormon, čeprav primarno poznan po rasti in regeneraciji, sodeluje tudi pri uravnavanju presnove in dobrega počutja.

Po drugi strani so kortizol, noradrenalin, citokini in histamin pogosto povezani s strahom. Kortizol in noradrenalin pripravita telo v stresu na boj ali beg. Citokini in histamin sodelujejo pri imunskih odzivih in vnetnih procesih, vendar niso hormoni strahu, so pa bistveni del odziva na stres in delovanje imunskega sistema.

Vloga histamina je večplastna: poleg povezave s stresom vpliva tudi na prebavo, spanec in regulacijo apetita. Nevrotransmiterji, ki tvorijo "feel-good koktajl" so kombinacija dopamina, oksitocina, serotonina in endorfinov. Koktajl krepi občutek sreče, zadovoljstva in notranjega miru.

Dr. Bruce Lipton ilustrira signalne molekule in receptorje:



## 2.8. Gradivo nevrottransmitterji in receptorji

Gradivo je dostopno na <https://portfolio.navitas-sana.com/portfolio/>

Archer, C., Wiles, N., Kessler, D., Turner, K., & Caldwell, D. M. (2025). Beta-blockers for the treatment of anxiety disorders: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, 368, 90-99. <https://research-information.bris.ac.uk/en/publications/beta-blockers-for-the-treatment-of-anxiety-disorders-a-systematic/>

Black, James W. "Drugs from Emasculated Hormones: The Principles of Syntopic Antagonism." Nobel Lecture, 8 December 1988. *NobelPrize.org*. The Nobel Foundation. <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/black-lecture.pdf>.

Pert, C. B. (1997). *Molecules of emotion: Why you feel the way you feel*. Scribner.

Carthy, E., & Ellender, T. (2021). Histamine, Neuroinflammation and Neurodevelopment: A Review. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 680214. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34335160/>

Haas, H. L., Sergeeva, O. A., & Selbach, O. (2008). Histamine in the nervous system. *Physiological Reviews*, 88, 1183-1241. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18626069/>

Hansen, J. Y., Shafiei, G., Markello, R. D., Smart, K., Cox, S. M. L., Nørgaard, M., Beliveau, V., Wu, Y., Gallezot, J.-D., Aumont, É., Servaes, S., Scala, S. G., DuBois, J. M., Wainstein, G., Bezgin, G., Funck, T., Schmitz, T. W., Spreng, R. N., Galovic, M., . . . Mistic, B. (2022). Mapping neurotransmitter systems to the structural and functional organization of the human neocortex. *Nature Neuroscience*, 25(11), 1569-1581. <https://www.nature.com/articles/s41593-022-01186-3>

Golic, L., Djinovic, K., & Florjanic, M. (1989). Structure of a new crystalline form of famotidine. *Acta Crystallographica Section C: Crystal Structure Communications*, C45, 1381-1384. <https://journals.iucr.org/paper?al0332>

Szukiewicz, D. (2024). Histaminergic System Activity in the Central Nervous System: The Role in Neurodevelopmental and Neurodegenerative Disorders. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(18), 9859. <https://www.mdpi.com/1422-0067/25/18/9859>

## 3. Serotonin in depresija

### 3.1. Serotoninska hipoteza depresije - urbani mit?

Pri spremljavi problematike depresije sem zasledil polemike o vlogi serotonina in teoriji kemijskega neravnovesja pri depresiji (Jauhar idr. 2023, Wise 2023). Polemike o serotoninu in depresiji kažejo na kompleksnost področja in potrjujejo Cajalovo navedbo: "Unfortunately, nature seems unaware of our intellectual need for convenience and unity, and very often takes delight in complication and diversity".

Georg Dawson in Ronald Pies sta objavila odziv na medijski vihar, ki je nastal po objavi Moncrieffinega pregleda v letu 2022 (Moncrieff, Cooper, Stockmann 2022). Moncrieffin pregled je pokazal, da ni trdnih dokazov za teorijo, da je depresija posledica nizke ravni serotonina. Avtorja v komentarju *An urban legend remains an urban legend* izpostavljata, da je temelj psihiatrije že več kot 40 let biopsihosocialni model. Poudarjata, da serotoninska hipoteza ni bila edina, med letoma 1990 in 2010 je obstajalo še 17 drugih hipotez o depresiji (nevroendokrine, imunološke idr.).

Avtorja trdita, da ta teorija v akademski psihiatriji nikoli ni bila sprejeta kot celovita in dokončna teorija, temveč je bila preprosta in neznanstvena razlaga med laiki in v medijih, ki se je pogosto širila zaradi marketinga farmacevtske industrije.

Dawson in Pies trdita, da so psihiatri že od 60. let 20. stoletja vedeli, da gre za hipotezo, ki ne more pojasniti celotne etiologije depresije. Akademsko psihiatrijo se je po njunih navedbah osredotočala na biopsihosocialni model, ki depresijo razlaga kot posledico interakcije bioloških, psiholoških in socialnih dejavnikov (Dawson, Pies 2022).

Strinjam se z razlago kompleksnosti depresije, vendar menim, da avtorja skušata predvsem zmanjšati odgovornost psihiatrije za prekomerno poenostavljeno komunikacijo, ki je prevladovala v preteklosti.

#### **Rapid Response: All smoke, no fire/Hitri odziv: samo dim, brez ognja**

Avtorica sistematskega pregleda Joanna Moncrieff se je tudi sama odzvala na polemiko s hitrim odzivom: <https://www.bmj.com/content/381/bmj.p1419/rr> Moncrieff navaja, da Jauhar in sodelavci ne dvomijo, da nizek serotonin ni povzročitelj depresije. Vztrajajo pa pri trditvi, da se pri depresiji pojavijo spremembe serotonina.

Joanna Moncrieff s sodelavci je v reviji *Molecular Psychiatry* objavila tudi obsežen odgovor na kritike. Jauhar in sodelavci kritizirajo metodologijo pregleda, vendar se je Moncrieff s sodelavci držala objavljenih smernic o krovnih pregledih, vključno s smernicami Cochrane. Kritiki pregleda trdijo, da so bila merila za ocenjevanje kakovosti dokazov določena poljubno. Za oceno kakovosti vključenih sistematičnih

pregledov so v pregledu uporabili AMSTAR-2, za genetsko študijo pa STREGA, ki sta validirani in široko uporabljeni meritvi. Meritve GRADE za oceno gotovosti dokazov sta bili izvedeni po registraciji začetnega protokola, kot se to običajno izvaja. Rezultati ocenjevanja so pregledno prikazani v dodatnih gradivih na vpogled. Kritiki navajajo, da so avtorji pregleda selektivno vključili posamezne študije, avtorji pregleda odgovarjajo, da so v protokolu pregleda PROSPERO vnaprej določena vključitvena in izključitvena merila, od katerih niso odstopali. Vse izključene študije z razlogi so predstavljene v dodatnem gradivu. Ker od leta 2007 ni bilo metaanalize študij o zmanjšanju triptofana, so sistematično izbrali 10 novejših študij, pri čemer so uporabili vnaprej določena iskalna merila.

Kritiki nadalje trdijo, da obstajajo trdni dokazi o povezavi med nizkim serotoninom in depresijo iz študij o zmanjšanju triptofana, izvedenih pri ljudeh z depresijo. Trditev temelji na študijah, objavljenih pred letom 2007, v katere je bilo vključenih skupno 180 ali manj bolnikov, večina od njih pa je uporabljala antidepresive kar lahko vpliva na rezultate. Od leta 2007 ni bilo sistematičnega pregleda, vendar ugotovitve kažejo, da zmanjšanje triptofana ne povzroča depresije pri ljudeh, ki nimajo depresije, kar je preizkus vzročne zveze med nizkim serotoninom in depresijo.

Celo če bi bila vsaka trditev v Jauharjevi kritiki resnična, to ne spremeni zaključka, da ni prepričljivih dokazov, da nizek serotonin povzroča depresijo.

Moncrieff poudarja, da še vedno ne razumemo, kako antidepresivi delujejo in kakšne učinke imajo na možgane. V takšnih razmerah je zato nujno omogočiti bolj informirane odločitve o zdravljenju depresije (Moncrieff idr. 2023).

\*\*\*

Pri pregledu literature sem zasledil novejše vire, ki obravnavajo povezavo med serotoninom in depresijo.

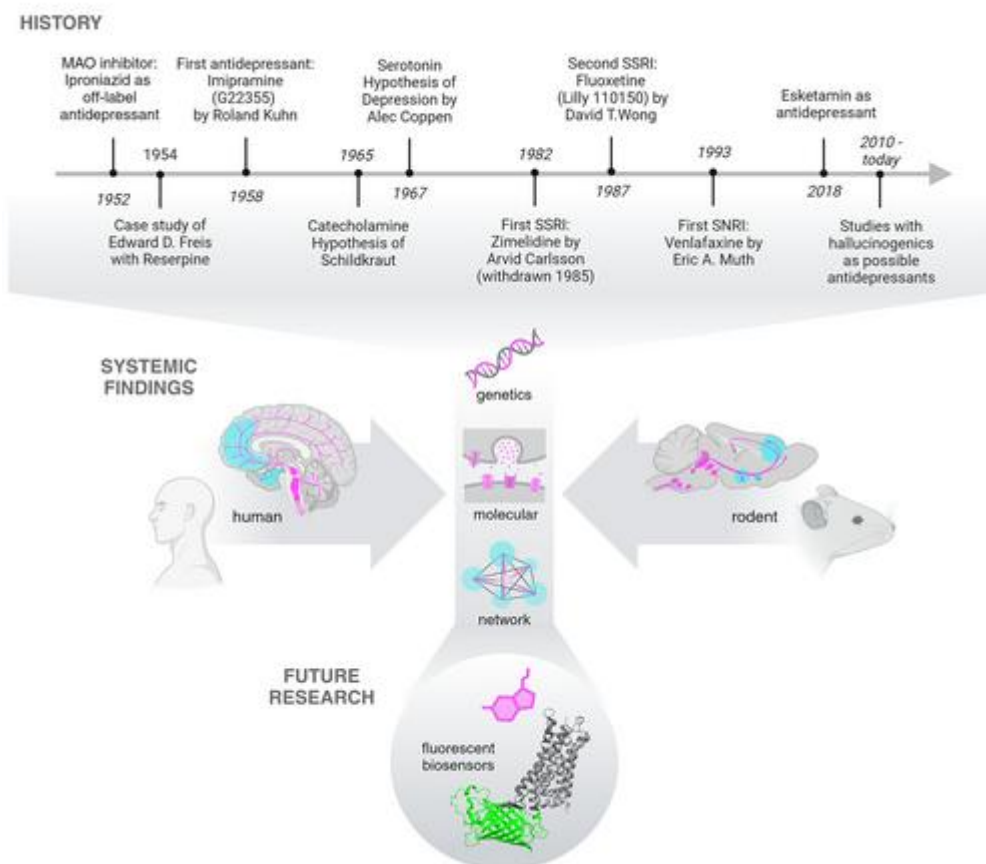
Članek Alessandra Leprija "The Myth of Serotonin Theory of Depression: An Analysis of Umbrella Review Methodologies and Clinical Implications" analizira serotoninsko teorijo depresije. Lepri poudarja, da lahko metodološke omejitve vplivajo na zaključke dokazov.

Avtor zagovarja niansirano razumevanje vloge serotonina v depresiji: ni edini vzrok, temveč potencialni modulator v ranljivih populacijah. Razpravlja o vplivu dejavnikov, kot so otroške travme ali socialna izolacija, ki vplivajo na serotoninski sistem.

V zaključku poudarja potrebo po boljšem metodološkem pristopu. Implikacije za klinično prakso vključujejo izogibanje poenostavljenim sporočilom o "kemičnem neravnovesju" in promocijo celostnega zdravljenja, ki vključuje psihosocialne intervencije. Javna komunikacija naj bo previdna, da se izogne stigmatizaciji (Lepri, 2025).

Članek avtoric Svenje Bremshey, Juliane Groß, Kim Renken in Olivie Andree Maseck podaja pregled vloge serotonina v depresiji.

**The role of serotonin in depression – a historical roundup and future directions**



Avtorice poudarjajo, da je depresija ena najpogostejših duševnih motenj, ki prizadene okoli 280 milijonov ljudi po svetu, s simptomi kot so anhedonija, brezup, motnje spanja in samomorilne misli, z več kot 700.000 samomorov letno.

Zgodovina kliničnega in farmakološkega raziskovanja:

- depresija je opisana že v antiki: Hipokrat opiše melanholijo
- ključni mejniki: Kraepelinova klasifikacija (1899), uvedba pojma “depresija” (Meyer, 1905), DSM klasifikacije.
- serotoninska hipoteza izvira iz 1960-ih let (odkritje serotonina in učinkov antidepressivov kot so triciklični antidepressivi – triciklični antidepressivi, zaviralci monoaminooksidaze in kasneje SSRI selective serotonin reuptake inhibitors/selektivni zaviralci privzema serotonina v 1980-ih). Hipoteza predpostavlja, da je depresija povezana z znižano serotoninsko aktivnostjo, kar je vodilo do razvoja SSRI zdravil (fluoksetin/Prozac od 1987).

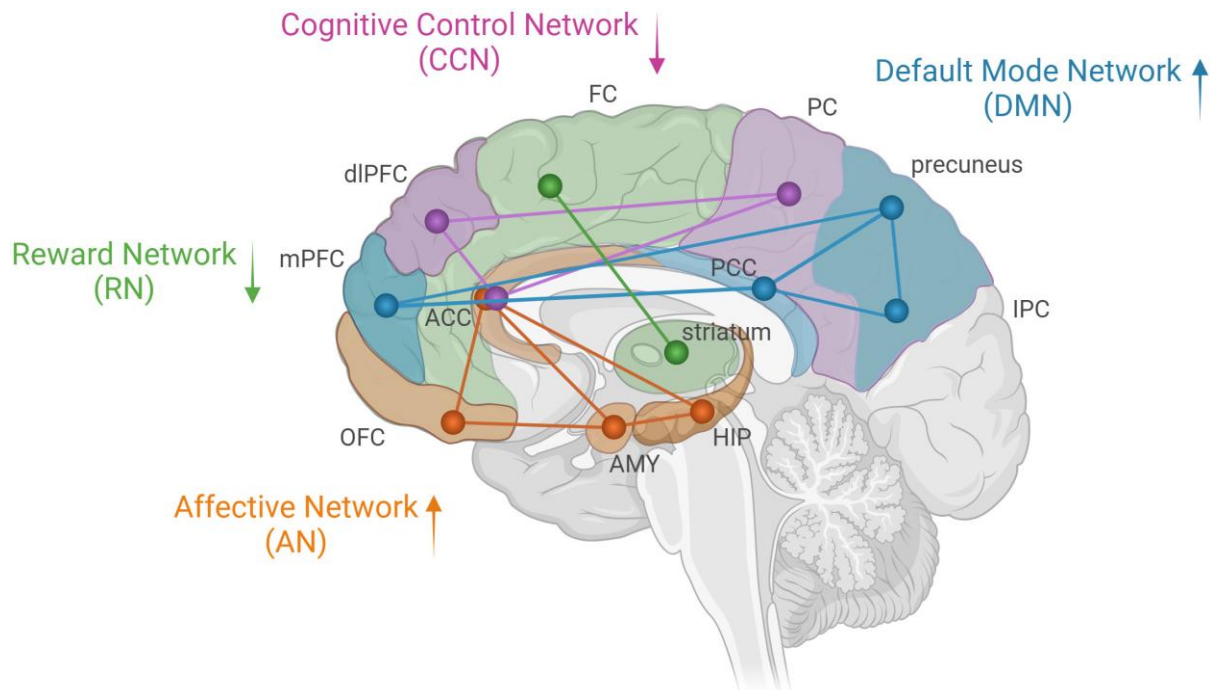
Razvoj serotoninske hipoteze in kritike:

Hipoteza je še vedno vplivna, a vse manj verjetna zaradi dokazov o vlogi drugih neurotransmiterjev (noradrenalin, glutamat, dopamin), vnetnih procesov, motenj v limbičnem omrežju in sistemskih dejavnikov.

Članek predlaga poudarek raziskav na novih orodjih: genetsko kodirani biosenzorji

(za serotonin, dopamin), optogenetika (channelrhodopsin, svetlobno aktiviran ionski kanal), DREADDs, fluorescence lifetime imaging (FLIM).

Nova orodja omogočajo natančnejše spremljanje dinamike nevrottransmiterjev v živih modelih, kar bo pomagalo razumeti interakcije med sistemskimi motnjami (npr. omrežje privzetega načina delovanja/DMN, omrežje nagrajevanja) in serotoninom.



Pri depresiji so vključene štiri glavne možganske mreže:

1. Mreža pozornosti (AN): Povečana povezanost pri bolnikih z MDD.
2. Mreža v mirovanju (RN): Zmanjšana povezanost.
3. Mreža kognitivne kontrole (CCN): Zmanjšana povezanost.
4. Mreža privzetega načina delovanja (DMN): Povečana povezanost.

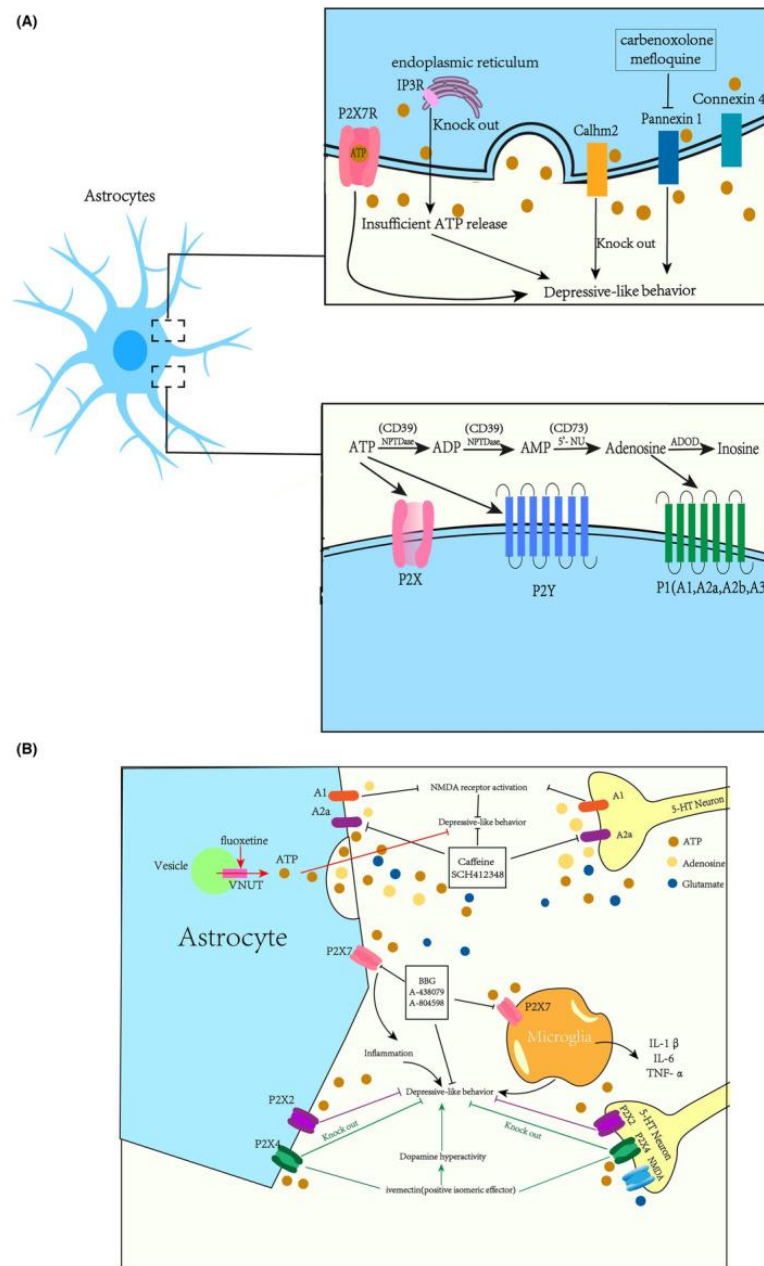
Regije, ki so v depresiji posebna »vroča« območja, vključujejo prefrontalni korteks (PFC) in limbične regije, ki se prekrivajo z omenjenimi mrežami. Ključna območja vključujejo sprednji cingulatni korteks (ACC), amigdalno (AMY), dorsolateralni prefrontalni korteks (dIPFC), hipokampus (HIP), medialni prefrontalni korteks (mPFC), orbitofrontalni korteks (OFC) in posteriorni cingulatni korteks (PCC).

Članek zaključuje, da serotonin ostaja pomemben, vendar ne edini faktor; prihodnost vidijo v naprednih orodjih za vizualizacijo nevrottransmiterskih sistemov (Bremshey, Groß, Renken 2024).

### 3.2. Molekularni in celični mehanizmi depresije

Kljub desetletjem raziskav depresije enostavnega celičnega in molekularnega mehanizma še niso odkrili.

Kompleksno sliko procesov podaja članek o ekstracelularnem adenozin trifosfatu. Članek poudarja ključno vlogo ekstracelularnega adenozin trifosfata (**eATP**) in purinergičnega signaliziranja v patofiziologiji depresije.



Številne študije kažejo, da **nezadostno sproščanje ATP iz astrocitov** (vrsta glialnih celic, ki so ključne za komunikacijo med nevroni in glia celicami) prispeva k razvoju depresije. Vloga eATP je odvisna od njegove koncentracije in purinergičnih receptorjev, na katere se veže:

- **P2X7R in Stres:** Visoka koncentracija eATP (običajno sprožena s stresom) lahko aktivira receptor **P2X7R**. Ta aktivacija je povezana z vnetnimi procesi v možganih (nevrovnetje) in **spodbuja razvoj depresivnega vedenja**.

**Drugi P2X Receptorji:** Drugi purinergični receptorji, kot sta P2X2R in P2X4R, se zdijo pomembni za antidepresivne učinke. Na primer, aktivacija kanalov za sproščanje ATP (Calhm2/Panx1) poveča eATP in deluje antidepresivno (Wang idr. 2024).

Kompleksno dogajanje se ne zaključuje znotraj možganov in lastnih celic. V zadnjem času je veliko pozornosti namenjeno mikrobiomu, človekov mikrobiom proizvode večino serotonina.

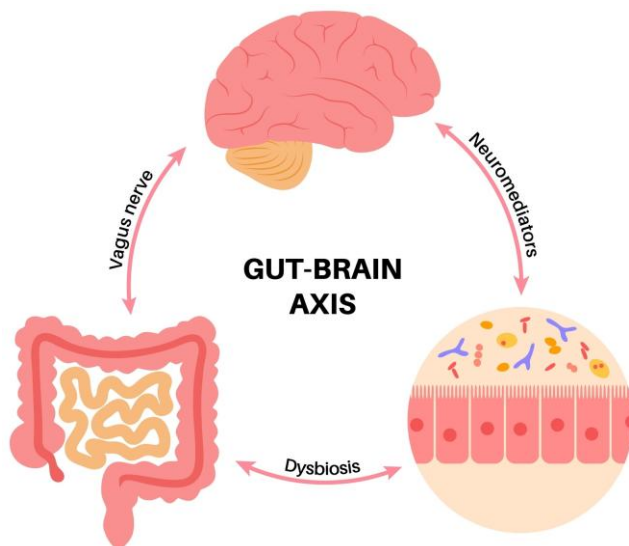
### 3.3. Simbiotična zavest: črevesni mikrobiom in serotonin

**This is the century of the gut–brain axis; we are at last becoming conscious of our microbiomes. Freud would have loved it.**

**Dr James Kingross**

Zanimiv vpogled v pomen mikrobioma zasledimo v več knjigah. Vlogo serotonina in mikrobioma povzemam iz knjige “Dark Matter: The New Science of the Microbiome” (James Kinross, 2023)

V poglavju “Symbiotic Sentience” avtor James Kinross, kirurg in raziskovalec mikrobioma, raziskuje interakcijo med črevesnim mikrobiomom in možgani (**gut brain axis**), s poudarkom na nevrottransmiterjih, kot je serotonin. Avtor poudarja, da je mikrobiom “simbiotični organ”, ki vpliva na razvoj možganov, vedenje in duševno zdravje prek proizvodnje in modulacije molekul, kot je serotonin.



Večina serotonina (približno 90–95 %) nastane v črevesju. Mikrobiom igra ključno vlogo pri tej sintezi, saj bakterije pretvarjajo prehranske substrat (kot triptofan) v serotonin ali njegove predhodnike. Serotonin ne prehaja krvno-možganske pregrade v zdravem stanju, vendar deluje lokalno na enterični živčni sistem v črevesju, ki posreduje signale v možgane prek vagusnega živca.

Mikrobiom komunicira z možgani prek treh poti:

- neurotransmiterji vključno s serotoninom,
- hormoni - endokrini sistem
- imunski sistem.

Serotonin, ki ga uravnava črevesni mikrobiom, vpliva na razpoloženje, anksioznost in socialno vedenje. Motnje v mikrobiomu (npr. zaradi antibiotikov ali slabe prehrane) lahko spremenijo ravni serotonina, kar vpliva na možgansko funkcijo.

V študijah na miših brez mikrobov je moteno vedenje (npr. anksioznost) povezano z znižanimi ravni serotonina. Rekolonizacija z normalnimi bakterijami lahko to popravi, vendar le v zgodnjih fazah življenja. Po odraščanju se funkcije serotonina ne morejo več obnoviti, kar kaže na kritično okno za vpliv mikrobioma na razvoj možganov.

### **Specifične bakterije, vplivajo na serotonin**

*Lactobacillus reuteri* poveča raven oksitocina prek vagusnega živca in proizvaja tetrahydrobiopterin, kofaktor za sintezo serotonina, dopamina in dušikovega oksida. V mišjih modelih motnje avtističnega spektra izboljša socialno vedenje.

*Bacteroides uniformis* CECT 7771 zmanjša prenajedanje in anksioznost pri podganah z uravnavanjem ravni serotonina, dopamina in noradrenalina.

Sodobni dejavniki, kot so digitalne odvisnosti, socialna izolacija, antibiotiki in urbana življenja, motijo mikrobiom, kar vpliva na povratne zanke serotonina in dopaminsko občutljivost. To prispeva k porastu duševnih motenj, kot so depresija, anksioznost in nevrodegenerativne bolezni.

Mikrobiom lahko ščiti pred možganskimi poškodbami (npr. kapi), bakterije pretvarjajo vlaknine v protivnetne molekule, ki ščitijo možgane. V mišjih modelih antibiotiki ali fekalna transplantacija zmanjšajo resnost kapi. Kinross predlaga, da optimizacija mikrobioma (prehrana bogata z vlakninami, probiotiki) lahko prepreči motnje, povezane s serotoninom, zlasti v zgodnjem otroštvu in starosti.

### **Puppets on microbial strings Smo lutke, ki jih vodijo mikrobi?**

Kinross postavlja eksistencialno vprašanje: Ali mikrobiom prispeva k simbiotični zavesti (symbiotic sentience)?

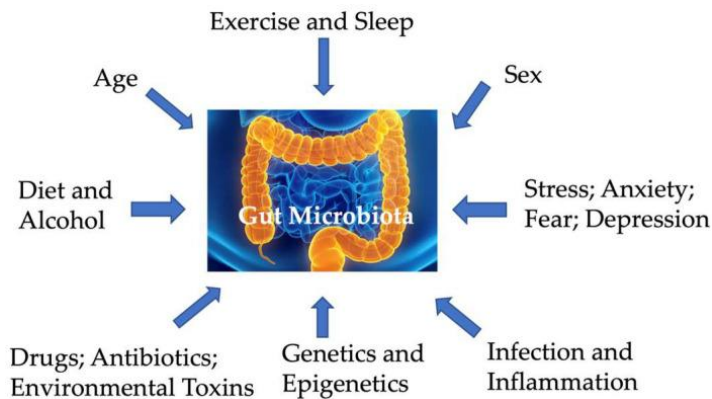
Serotonin ni le kemikalija za razpoloženje, ampak del kolektivnega simbiotičnega sistema, ki oblikuje naše misli, vedenje in odziv na poškodbe. Avtor poudarja, da se je mikrobiom v evoluciji razvijal skupaj z možgani (Kingross 2023).

## **3.4. Serotonin kot ključni glasnik osi možgani-črevesje-mikrobiota**

Serotonin je ključna signalna molekula v osi možgani-črevesje-mikrobiota. Čeprav ga tradicionalno povezujemo z delovanjem centralnega živčnega sistema, približno

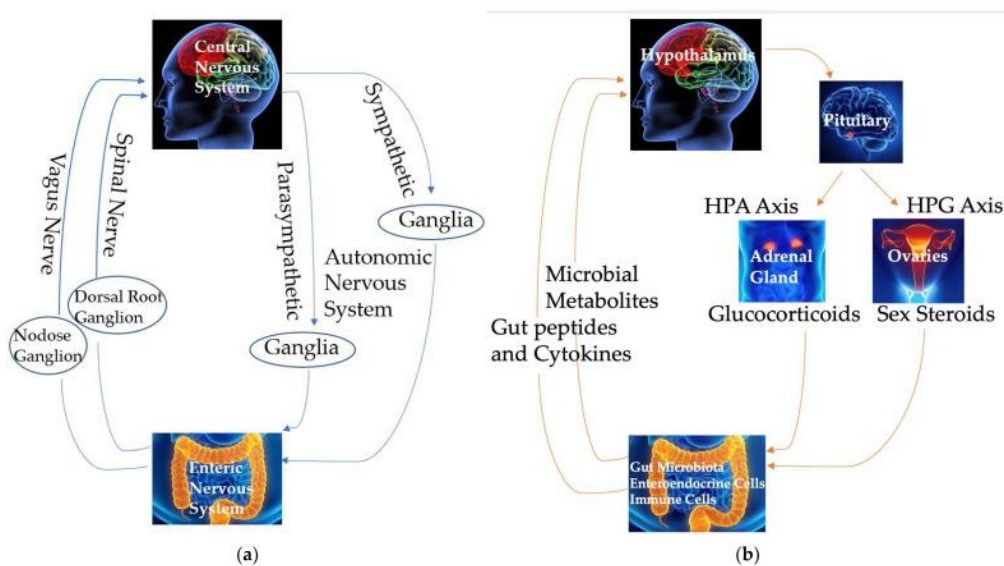
**95 % celotnega serotonina nastane v prebavilih**, predvsem v enterokromafinih celicah črevesne sluznice. Periferni serotonin ima pomembno vlogo pri črevesni motiliteti, imunskem odzivu in signalizaciji možganom.

Črevesna mikrobiota aktivno uravnava sintezo serotonina z vplivom na presnovo **triptofana**, esencialne aminokisliline in edinega predhodnika serotonina. Nekatere bakterije, vključno z rodovi *Enterococcus*, *Streptococcus* in *Escherichia*, sodelujejo pri regulaciji razpoložljivosti triptofana in posledično vplivajo na serotoninergično signalizacijo .



Dejavniki, ki vplivajo na črevesni mikrobiom

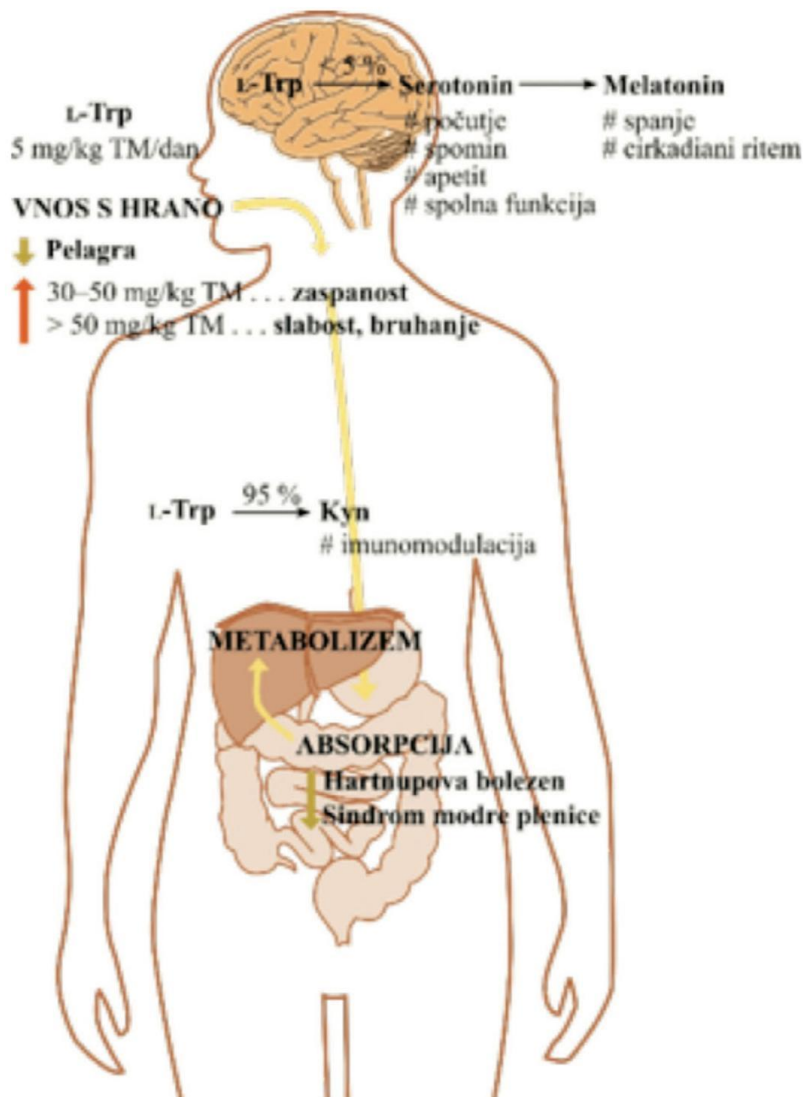
Os možgani–črevesje–mikrobiota omogoča **dvosmerno komunikacijo** med črevesjem in centralnim živčnim sistemom preko vagusnega živca ter humoralnih poti, kot so hormoni, citokini in mikrobní presnovki, ki vplivajo na delovanje možganov in vedenje.



Slika prikazuje komunikacijo med možgani, črevesjem in mikrobiomom. **Nevronski signali** (a) potujejo po avtonomnem živčnem sistemu in povezujejo možgane s črevesjem, **krožeči signali** (b) – hormoni in citokini, vključno z osjo HPA (os

hipotalamus–hipofiza–nadledvična - stresna os) in HPG (os hipotalamus–hipofiza–gonadna os - reprodukcija) – prenašajo informacije po krvi. Tako možgani, črevesje in mikrobiom medsebojno vplivajo drug na drugega.

Triptofan se v telesu presnavlja po dveh glavnih poteh: serotoniniski in kinureninski poti. Ob pogojih kroničnega stresa ali vnetja se presnova triptofana preusmeri v kinureninsko pot, kar vodi do nastanka neuroaktivnih in potencialno nevrotoksičnih presnovkov, kot je kinolinska kislina. Ta proces zmanjšuje razpoložljivost triptofana za sintezo serotonina in je povezan s povečanim tveganjem za depresijo.



Slika 3: Presnovna pot L-Trp, z njegovo koncentracijo povezane motnje in učinki njegovih metabolitov.

<https://www.sfd.si/wp-content/uploads/2023/07/dolsak-fv3.pdf>

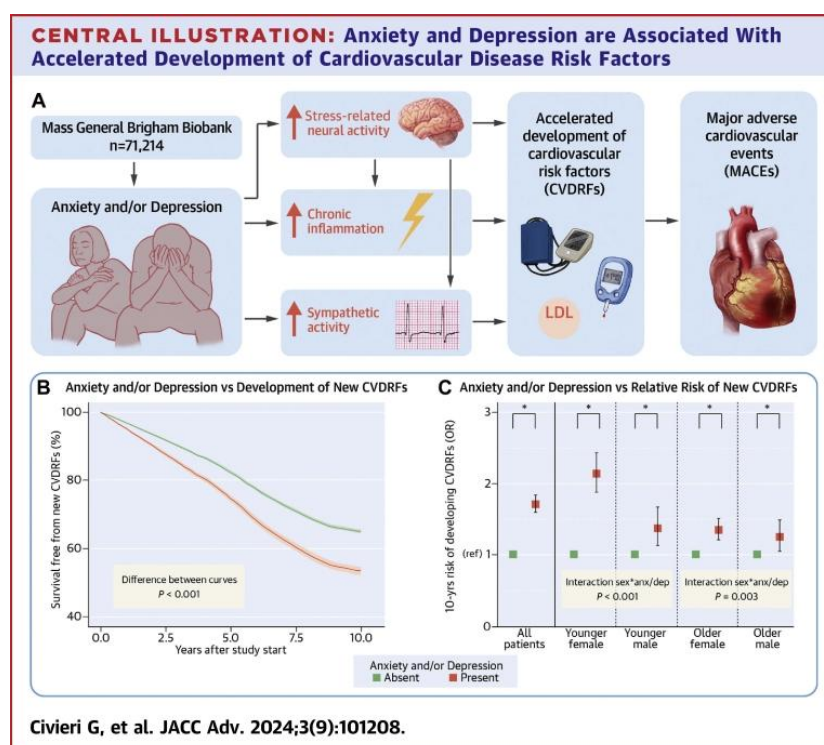
Raziskave kažejo, da imajo ženske v povprečju nižjo stopnjo sinteze serotonina v možganih in večjo občutljivost na pomanjkanje triptofana v primerjavi z moškimi. Ta biološka razlika lahko prispeva k večji pojavnosti anksioznih in depresivnih motenj pri ženskah, zlasti v obdobjih hormonskih nihanj.

Estrogen pomembno vpliva na serotonergični sistem, saj spodbuja aktivnost serotonergičnih nevronov in zmanjšuje izražanje serotoninskega transporterja (SERT), kar povečuje razpoložljivost serotonina v sinaptični špranji. Nihanja estrogena med menstrualnim ciklom, po porodu ali v menopavzi so tesno povezana s spremembami razpoloženja in povečanim tveganjem za depresijo

Znižane ravni triptofana in serotonina so povezane z motnjami razpoloženja, anksioznostjo in depresijo. Disbioza črevesne mikrobiote lahko dodatno poruši to ravnovesje in prispeva k spremembam v nevronskih vezjih, ki sodelujejo pri regulaciji čustev in vedenja (Xu idr. 2025).

### 3.5. Vloga anksioznosti in depresije pri razvoju kardiometabolnih tveganj

Raziskava Civieri in sodelavcev preučuje, kako anksioznost in depresija vplivata na razvoj kardiometabolnih dejavnikov tveganja prek neuroimunskih mehanizmov. Avtorji pokažejo, da sta anksioznost in depresija povezani s povečano aktivnostjo amigdale, kroničnim vnetjem ter disfunkcijo avtonomnega živčnega sistema. Ti procesi skupaj pospešujejo razvoj hipertenzije, hiperlipidemije in sladkorne bolezni, kar posledično povečuje tveganje za srčno-žilne bolezni.



Slika prikazuje povezavo med **anksioznostjo in/ali depresijo** ter hitrejšim razvojem **kardiovaskularnih dejavnikov tveganja (CVDRF)**, kot so visok krvni tlak, povišane maščobe v krvi in sladkorna bolezen. Anksioznost in depresija sta povezani s povečano možgansko odzivnostjo na stres, kroničnim vnetjem in povečano

aktivnostjo simpatičnega živčnega sistema. Ti procesi medsebojno delujejo in pospešujejo nastanek novih kardiovaskularnih dejavnikov tveganja, ki nato povečajo tveganje za srčno-žilne dogodke. Največji vpliv anksioznosti in/ali depresije na razvoj kardiovaskularnih dejavnikov tveganja je opažen pri **mlajših ženskah**, medtem ko je pri drugih starostnih in spolnih skupinah ta vpliv manjši ali neznačilen.

Stresno pogojena možganska aktivnost (zlasti v amigdali) ima osrednjo vlogo pri povezovanju duševnih motenj s telesnimi boleznimi. Amigdala sodeluje pri procesiranju čustev in stresa, vpliva na imunski in avtonomni živčni sistem, kar vodi v dolgotrajne fiziološke spremembe. Rezultati kažejo, da je duševno zdravje tesno povezano z delovanjem možganov in telesa kot celote ter da so nujni preventivni pristopi (Civieri idr. 2024).

\*\*\*

Moje izkušnje pri pripravi objav za **Mad in Slovenia/Mreža za več izbir v duševnem zdravju** <https://madinslovenia.org/> kažejo, da je depresija kompleksna motnja, ki zahteva celosten pristop.

Življenjski slog ima dokazano močan vpliv na duševno zdravje. Redna telesna aktivnost, zdrava prehrana (npr. mediteranska dieta), kakovosten spanec, obvladovanje stresa in socialna povezanost so temeljni stebri, ki zmanjšujejo tveganje za depresijo in podpirajo okrevanje.

Psihološki dejavniki, kot so optimizem, upanje in prijaznost, dokazano vplivajo na možganske mreže, ki uravnavajo čustva in mišljenje.

Metode za uravnavanje živčnega sistema, kot so dihalne vaje, meditacija in petje, v kombinaciji s stimulacijo vagusnega živca ponujajo obetavne dopolnilne strategije za zmanjšanje stresa in izboljšanje razpoloženja.

Farmakoterapija ostaja pomembna pri hujši depresiji. WHO priporoča psihološke pristope kot prvo izbiro pri blažjih oblikah depresije. Pri zdravljenju je nujna previdnost zaradi odtegnitvenih simptomov, ki so bolj pogosti ob dolgotrajni uporabi.

Medicina življenjskega sloga (lifestyle medicine) ponuja celosten pristop k duševnemu zdravju, ki temelji na šestih ključnih stebrih:

1. Telesna aktivnost: redna zmerna telesna dejavnost izboljša razpoloženje, zmanjša vnetja in pozitivno vpliva na delovanje možganov. Povečanje števila korakov za 1.000 korakov na dan prinaša 9% zmanjšanje tveganja za depresijo.
2. Prehrana bogata s polnovrednimi živili (sadje, zelenjava, stročnice, oreščki, polnozrnata žita) zmanjšuje tveganje za depresijo. Uživanje ultra predelane hrane (UPF) je povezano s slabšim duševnim zdravjem.
3. Kakovosten spanec: neustrezna količina in kakovost spanja povečujeta tveganje za depresijo in tesnobo.
4. Zmanjšanje stresa: dolgotrajen stres lahko povzroči vnetja in poveča tveganje za duševne motnje. Tehnike čuječnosti, meditacija in sprostitvene prakse pomagajo zmanjšati škodljive posledice stresa.

5. Socialna povezanost: osamljenost in izolacija močno obremenjujeta duševno zdravje, gradnja zdravih odnosov pa je ključnega pomena za dobro počutje.

6. Zmanjšanje škode zaradi uživanja substanc: prekomerno uživanje alkohola, tobaka in drugih psihoaktivnih snovi ter povečana raba družbenih omrežij in digitalne tehnologije so povezani s poslabšanjem duševnega zdravja, zlasti pri najstnikih.

**Optimizem** je pomembna osebnostna lastnost, ki pozitivno vpliva tako na duševno kot tudi na fizično zdravje. Raziskava iz Japonske je pokazala, da imajo optimistični ljudje podobne vzorce možganske aktivnosti, ko si predstavljajo prihodnje dogodke, medtem ko si manj optimistični posamezniki prihodnost predstavljajo bolj raznoliko. To je v skladu z načelom Ane Karenine: »Optimistični posamezniki si prihodnjost predstavljajo podobno, toda vsak pesimističen posameznik si prihodnost predstavlja na svoj način«.

Optimizem omogoča izboljšano psihološko razlikovanje: negativne dogodke obravnavamo bolj oddaljeno in manj čustveno, pozitivne pa bolj živo in konkretno. Optimizem je mogoče razvijati z vsakodnevnimi navadami, kot so: vadba hvaležnosti (zapis stvari, za katere smo hvaležni), vizualizacija pozitivne prihodnosti, zmanjšanje vpliva negativnih novic in obdajanje s pozitivnimi ljudmi.

**Prijaznost:** nasprotje stresa ni odsotnost stresa, temveč izkušnja prijaznosti.

Prijaznost večinoma zmanjša učinke stresa: znižuje krvni tlak, krepi imunski sistem, upočasnjuje staranje in obnavlja spanec. Raziskave kažejo, da se ravni stresa znižajo ob dnevih, ko posamezniki izkazujejo več prijaznosti: Več prijaznosti – manj stresa.

**Upanje: občutek smisla** v življenju je temeljna sestavina duševnega zdravja, ki ga močno podpira upanje. Upanje deluje kot čustveni most med sedanostjo in želeno prihodnostjo in prispeva k občutku smisla bolj kot zgolj sreča.

Depresija je dinamična interakcija bioloških, psiholoških in socialnih dejavnikov. Zato je prihodnost v integrativnem pristopu, ki združuje znanstveno utemeljeno medicino, psihoterapijo in spremembe življenjskega sloga. Ključno je, da ljudi opolnomočimo za aktivno vlogo pri okrevanju (Florjanič 2025 - Mreža članki).

### 3.6. Gradivo depresija

Gradivo je dostopno na <https://portfolio.navitas-sana.com/portfolio/>

**Nevroznanost portfolio eseji in objave:**

Mreža članki Florjanič 2025 (Mad in Slovenia)

**Nevroznanost serotonin in depresija:**

Bremshey S, Groß J, Renken K, Maseck OA. The role of serotonin in depression A historical roundup and future directions. J Neurochem. 2024 Sep;168(9):1751-1779.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38477031/>

Civieri, G., Abohashem, S., Grewal, S. S., Aldosoky, W., Qamar, I., Choi, K. W., ... Tawakol, A. (2024). Anxiety and depression associated with increased

cardiovascular disease risk through accelerated development of risk factors. *JACC: Advances*, 3(9), članek 101208. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39238850/>

Dawson, G., & Pies, R. W. (2022). An 'urban legend' remains an 'urban legend'. *SSM - Mental Health*, 2, članek100133 .  
<https://doi.org/10.1016/j.ssmmh.2022.100133>

Dolšak, A., & Sova, M. (2023). *Triptofan in njegova vloga v človeškem organizmu*. *Farmaceutski vestnik*, 74, 197–204. <https://www.sfd.si/wp-content/uploads/2023/07/dolsak-fv3.pdf>

Jauhar, S., Arnone, D., Baldwin, D. S., Bloomfield, M., Browning, M., Cleare, A. J., Corlett, P., Deakin, J. F. W., Erritzoe, D., Fu, C., Fusar-Poli, P., Goodwin, G. M., Hayes, J., Howard, R., Howes, O. D., Juruena, M. F., Lam, R. W., Lawrie, S. M., McAllister-Williams, H., Marwaha, S., Matuskey, D., McCutcheon, R. A., Nutt, D. J., Pariante, C., Pillinger, T., Radhakrishnan, R., Rucker, J., Selvaraj, S., Stokes, P., Upthegrove, R., Yalin, N., Yatham, L., Young, A. H., Zahn, R., & Cowen, P. J. (2023). A leaky umbrella has little value: evidence clearly indicates the serotonin system is implicated in depression. *Molecular Psychiatry*, 28(7), 3149–3152.  
<https://www.nature.com/articles/s41380-023-02095-y>

Kinross, J. (2023). *Symbiotic Sentience (Chapter 7)*. *Dark matter: The new science of the microbiome*. *Headline Publishing Group*

Lepri, A. (2025). The myth of serotonin theory of depression: An analysis of umbrella review methodologies and clinical implications. *Psychiatria Danubina*, 37(Suppl. 1), 187–188. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40982824/>

Moncrieff, J., Cooper, R. E., Stockmann, O., Amendola, S., Henssler, T., Reed, J., & Perry, B. (2022). The serotonin theory of depression: a systematic umbrella review of the evidence. *Molecular Psychiatry*, 28(4), 3243-3256.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35854107>

Moncrieff, J., Cooper, R. E., Stockmann, T., Amendola, S., Hengartner, M. P., Plöderl, M., & Horowitz, M. A. (2023). The serotonin hypothesis of depression: both long discarded and still supported? *Molecular Psychiatry*, 28(8), 3160–3163.  
<https://www.nature.com/articles/s41380-023-02094-z>

Wang K, Huang S, Fu D, Yang X, Ma L, Zhang T, Zhao W, Deng D, Ding Y, Zhang Y, Huang L, Chen X. The neurobiological mechanisms and therapeutic prospect of extracellular ATP in depression. *CNS Neurosci Ther*. 2024 Feb;30(2):e14536.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38375982/>

Wise, J. (2023). Review that questioned serotonin theory of depression was flawed, say researchers. *BMJ*, 381, 1419. <https://www.bmj.com/content/381/bmj.p1419>

Xu, M., Zhou, E. Y., & Shi, H. (2025). Tryptophan and Its Metabolite Serotonin Impact Metabolic and Mental Disorders via the Brain–Gut–Microbiome Axis: A Focus on Sex Differences. *Cells*, 14(5), 384  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11899299/>

## 4. Stres

*The term stress is permissible at a party, but not in the laboratory.*

Jerome Kagan

Jerome Kagan v članku *Why Stress Remains an Ambiguous Concept* kritično obravnava pojem stresa in trdi, da je postal preširok, nejasen in znanstveno problematičen. Po njegovem mnenju se stres pogosto uporablja brez natančne opredelitve vrste dogodka, značilnosti posameznika, njegove interpretacije dogodka ter konkretnih posledic. Čeprav je splošno sprejeto, da neprijetni dogodki ne vplivajo enako na vse ljudi, pojem stresa te razlike pogosto prezre, zaradi česar trditve o stresu izgubljajo znanstveno veljavnost.

Kagan opozarja na zgodovinsko težnjo po bioloških razlagah človeškega trpljenja, ki jo prepoznava v sodobnih nevrobioloških interpretacijah stresa. Poudarja, da so psihološki procesi, kot so misli, čustva in pomen, kvalitativno drugačni od bioloških procesov ter zato zahtevajo lastno terminologijo. Po njegovem mnenju enoten pojem stresa zakriva zapletene odnose med dogodki, posameznikom in posledicami. Stres je po Kaganovih besedah primeren izraz za vsakdanji pogovor, ne pa za natančno raziskovanje (Kagan, 2016).

Bruce McEwen in Craig McEwen zagovarjata znanstveno vrednost koncepta stresa, ki ga je potrebno razumeti znotraj okvira **alostaze** (aktivne regulacije za ohranjanje homeostaze). Namesto da bi pojem stresa opustili zaradi njegove splošne ali nejasne rabe, predlagata njegovo uporabo ob jasnem razlikovanju med **vrstami stresnih odzivov ter njihovimi posledicami**.

Ključno merilo pri presoji stresnega odziva je, ali se telo po izzivu učinkovito vrne v ravnovesje. Avtorja ločita **dobri stres**, ki predstavlja kratkotrajno in prilagoditveno aktivacijo (na primer ob javnem nastopanju), ki se hitro izklopi in lahko vodi do pozitivnih izidov. **Toleranten stres** se pojavi ob resnejših življenjskih izzivih, kot je izguba zaposlitve, vendar se ob zadostni notranji stabilnosti posameznika in ustrezni socialni podpori stresni odziv umiri. Najbolj problematičen je **toksičen stres**, dolgotrajna, kronična aktivacija stresnih sistemov, ki se ne izklopijo in povzročajo trajno okvaro telesa ter škodljive spremembe v razvoju in delovanju možganov. Osrednji mehanizem obravnave stresa je **alostaza** - ohranjanje stabilnosti skozi spremembe. Telo se nenehno aktivno prilagaja zahtevam okolja, ko obremenitev preseže zmoglosti organizma, govorimo o **alostatični preobremenitvi**, ki povečuje tveganje za telesne bolezni ter vodi v strukturne in funkcionalne spremembe v možganih.

Avtorja posebej izpostavljata tudi **vlogo epigenetskih mehanizmov**. Stresni mediatorji, kot je kortizol, lahko trajno vplivajo na izražanje genov, zaradi česar spremembe v nevronske arhitekturi niso reverzibilne. Možgani si življenjske izkušnje zapomnijo, kar oblikuje posameznikove odzive na prihodnje stresne dogodke. Poudarjata, da **odpornost** ni prirojena lastnost posameznika, temveč **dinamičen proces**, ki nastaja v prepletu notranjih in zunanjih dejavnikov. Med notranje sodijo samoregulacijske sposobnosti in genske variacije, med zunanje pa kakovost

zgodnjih odnosov, varna navezanost ter socialna in materialna podpora (McEwen & McEwen, 2016).

\*\*\*

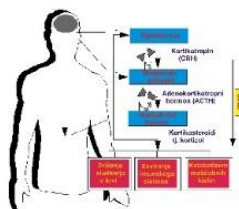
Vpliv stresa na možgane prikaže Dragana Filipović. Stres je naraven odziv organizma na obremenitve iz okolja, ob dolgotrajni ali pretirani izpostavljenosti ima stres negativne učinke na delovanje možganov. Ob stresu se aktivira os hipotalamus–hipofiza–nadledvična žleza (HPA), kar vodi do povečanega izločanja stresnih hormonov, predvsem kortizola. Ti hormoni vplivajo na možganske celice preko glukokortikoidnih receptorjev. Hipokampus je del človeških možganov z visoko koncentracijo glukokortikoidnih receptorjev, hipokampus je vključen v regulacijo spomina in močnih čustev, stres lahko poškoduje njegovo strukturo in funkcijo. Hipokampus z negativno povratno zanko omejuje vpliv stresa (Filipović 2009).

## VPLIV STRESA NA MOŽGANE

DRAGANA FILIPOVIĆ

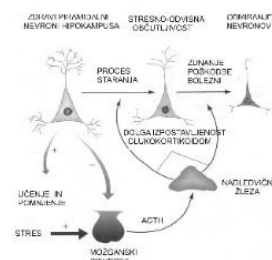
Inštitut za jedrske vede "VINČA", Laboratorij za molekularno biologijo in endokrinologijo, Beograd, Srbija in Črna gora

Živi organizmi so neprestano izpostavljeni neugodnim dražljajem iz zunanega okolja, ki so fizikalni (visoka temperatura, nizka temperatura, hrup, gneča, izlacija, lakota), psihični (strah, socialni konflikti), biološki (bakterije, virusi). Ti dražljaji, ki lahko ogrozijo stalnost notranjega okolja organizma (homeostaza) in povzročijo, da se organizem brani pred vplivi stresa, se imenujejo stresni dejavniki. Fiziološki odgovor organizma na stres se sproži z aktiviranjem osi hipotalamus–možganski privesek–nadledvična žleza (angl. hipotalamus-pituitary adrenal, HPA), pri tem se izločajo stresni hormoni glukokortikoidi (angl. glucocorticoids hormone, GCs) iz nadledvične žleze, tj. kortizol (Slika 1). Jakost aktiviranja HPA osi je odvisna od vrste, jakosti ter trajanja vpliva stresa.



**Slika 1.** Vpliv stresa na aktivacijo hipotalamus–možganski privesek–nadledvična osi (HPA) ter njegov učinek na procese v celici.

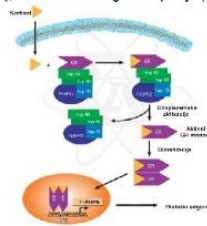
Vlogo neuroendokrinih dejavnikov pri funkcionalnih spremembah možganov, odvisnih od stresa, so razložili v poznih 70 letih s.t. glukokortikoidno kaskadno hipotezo stresa (Sapolsky et al, 1986), Slika 4.



V osnovni hipotezi tudi kronično izpostavljanje glukokortikoidom na osnovnem nivoju privede do zmanjšanja kortikosteroidnih receptorjev v hipokampusu. Poškodba hipokampalnih nevronov zmanjšuje občutljivost HPA osi na negativno povratno zanko cirkularnih glukokortikoidov, kar poslabša in podaljša stresni odgovor, zvisuje nivoje adenokortikotropnega hormona in glukokortikoidov v cirkulaciji. Progresivna rast nivoja glukokortikoidov povzroči naprej destrukcijo hipokampalnih nevronov in zmanjša število kortikosteroidnih receptorjev, pri čemer nastaja kaskadni proces, ki povzroča boljše v funkciji možganov.

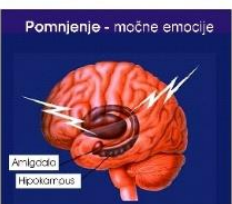
Kronična aktivacija katabolnih procesov, ki so posledica dolgotrajnega stresa, povečuje nastajanje oksidantov, ki okvarijo celični metabolizem. Podatki kažejo, da sta adaptacija na stres in homeostatsko ravnovesje posledica ravnovesja med oksidanti in antioksidanti, med ekscitatornimi in inhibitornimi neurotransmiterji, med stresnimi in antistresnimi hormoni in sta direktno odvisna od interakcije the substanc (Slika 5).

Glukokortikoidni hormoni delujejo preko aktivacije intracelularnega glukokortikoidnega receptorja (GR) (Slika 2).

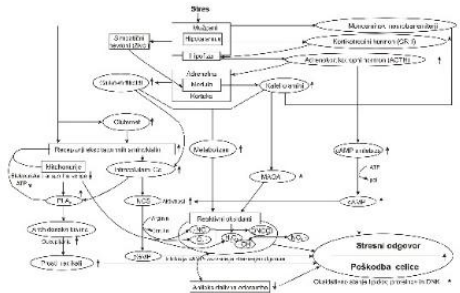


**Slika 2.** Molekularni mehanizem delovanja glukokortikoidov. GR, ki veže hormon tvori DNK ne vezavni kompleks. V tem kompleksu so na DNK vezavno mesto vezani HSP (90,70, imunoofilini). Z disociacijo kompleksa se sprosti DNA vezavno mesto. Nastane aktivni hemodimerni kompleks ki prehaja v jedro in uravnava gensko transkripcijo.

Del strukture človeških možganov, ki ima najvišjo koncentracijo GR je hipokampus (Slika 3), ki je vključen v regulacijo spomina in močnih emocij. Stres lahko povzroči poškodbe v strukturi in funkciji hipokampus. Po drugi strani lahko hipokampus prepreči vpliv stresa z mehanizmom negativne glukokortikoidne povratne zanke.



**Slika 3.** Prikaz hipokampus



Ghasemi stres obravnava kot **večdimenzionalen, dinamičen proces**, ki vključuje fiziološke, psihološke in okoljske dejavnike ter temelji na motnji homeostaze.



Biopsihosocialni model zdravja

Ghasemijev model poudarja tri ključne komponente:

**Stresorji:** Zunanji ali notranji dražljaji, ki zmotijo homeostazo.

**Kognitivna ocena:** Proces, kjer posameznik interpretira pomen stresorja, interpretacija določa naravo in moč odziva.

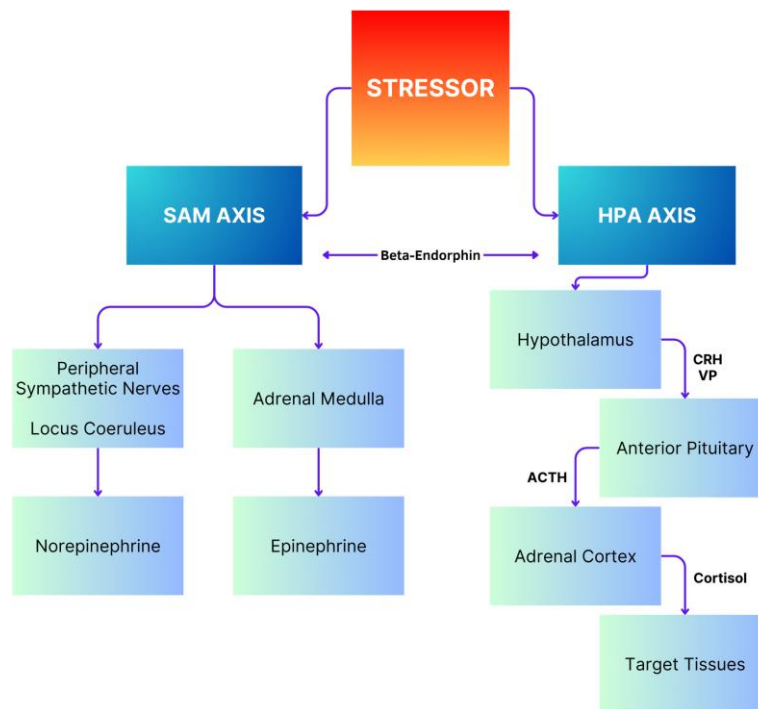
**Psihofiziološki odziv:** aktivacija kompleksnih bioloških poti (živčnih, endokrinih in imunskih) kot odgovor na stresor

Fiziološki odziv poteka po dveh ključnih poteh:

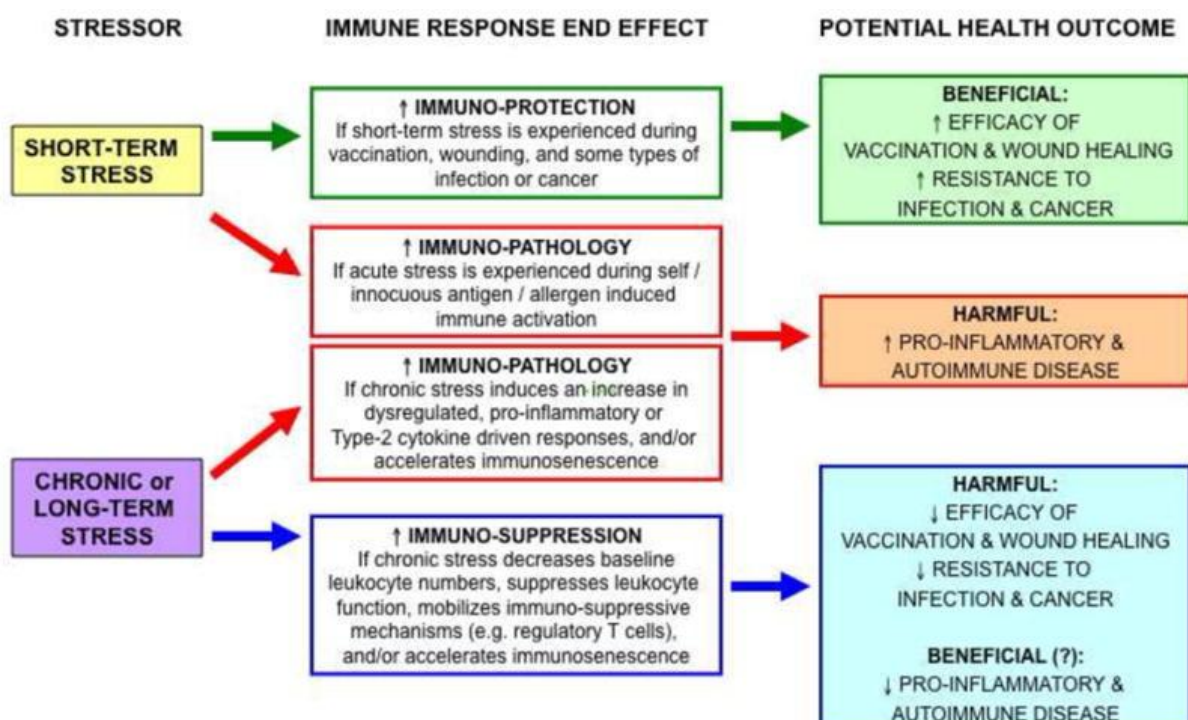
**Sistem SAM (Sympathetic-adrenal-medullary axis/simpatiko-adrenalna os hitri odziv – boj ali beg):** Hipotalamus aktivira simpatično živčevje, ki nadledvično sredico spodbudi k takojšnjemu izločanju **adrenalina in noradrenalina**. To povzroči hiter dvig srčnega utripa, krvnega tlaka in budnosti.

**Os HPA (Hypothalamus-pituitary-adrenal axis/stresna os počasnejši, dolgotrajnejši odziv):** Hipotalamus izloči hormon **CRH**, ki spodbudi hipofizo k sproščanju **ACTH**. Ta hormon preko krvi potuje do skorje nadledvične žleze, kjer sproži izločanje **kortizola**.

**Regulacija in povratna zanka:** Kortizol ima ključno vlogo pri mobilizaciji energije, hkrati pa deluje kot regulator. Ko doseže določeno koncentracijo, v hipokampusu in hipotalamusu sproži **negativno povratno zanko**, ki ustavi nadaljnje izločanje stresnih hormonov in telo vrne v stanje ravnovesja. Kronični stres lahko to zanko poškoduje, kar vodi v dolgotrajno povišanje kortizola in poškodbe možganskih struktur (Ghasemi 2024).

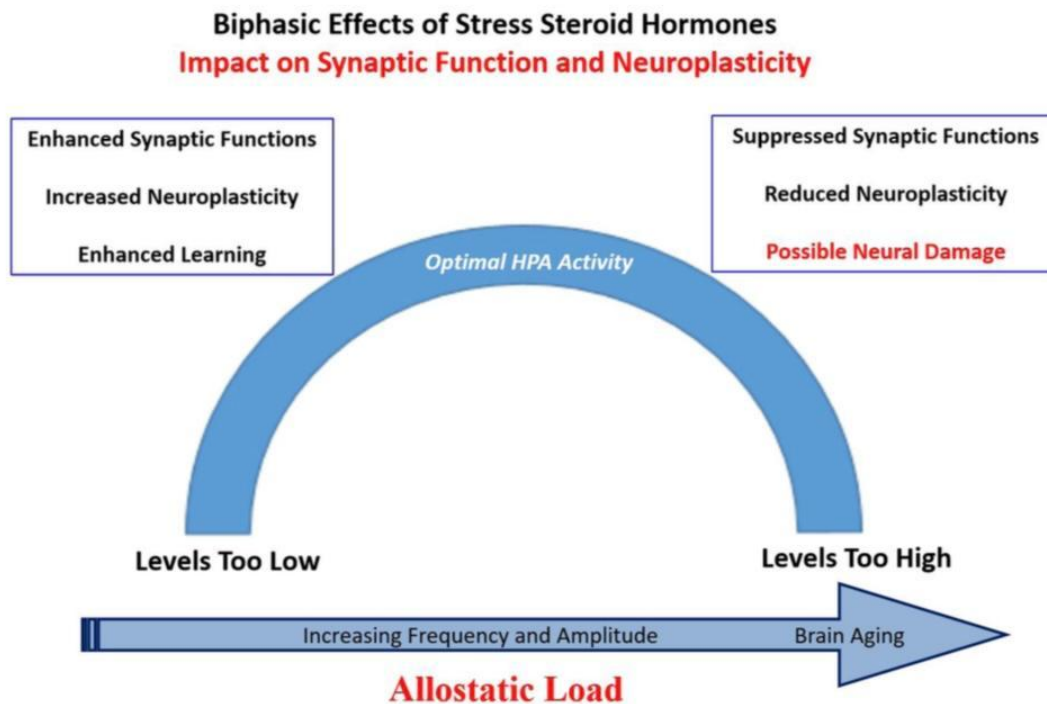


Shematični prikaz fiziologije stresa ACTH: Adrenocorticotrophic hormone; CRH: Corticotropin-releasing hormone; HPA: Hypothalamus-pituitary-adrenocortical; SAM: Sympathetic-adrenal-medullary; VP: Vassopresin.



Kratkotrajni stres, ki se pojavi med cepljenjem, poškodbo ali okužbo, lahko okrepi imunsko-zaščitne odzive. Kratkotrajni stres, ki se pojavi med aktivacijo imunskega sistema kot odziv na telesu lastne ali nenevarne antigene oziroma alergene, lahko poslabša pro-vnetna in avtoimunska obolenja. Kronični stres, ki povzroča povečanje

pro-vnetnih ali s citokini tipa 2 posredovanih imunskih odzivov, lahko prav tako poslabša vnetne in avtoimunske bolezni. Kronični stres, ki zavira imunske odzive, pa lahko zmanjša učinkovitost cepljenja in celjenja ran ter zmanjša odpornost proti okužbam in raku. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2790771/figure/F1/>



**FIGURE 1-2** The biological effects of allostatic load.

NOTES: In response to stress, hormones like glucocorticoids and key signaling molecules serve a dual role. In balanced amounts, they help the brain adapt and learn. However, when these chemicals are produced in excess or in an imbalanced way, they can undermine resilience and even cause harm. When the natural ability to recover is compromised—as is often seen in mood disorders—additional support or treatment may be needed to restore balance.

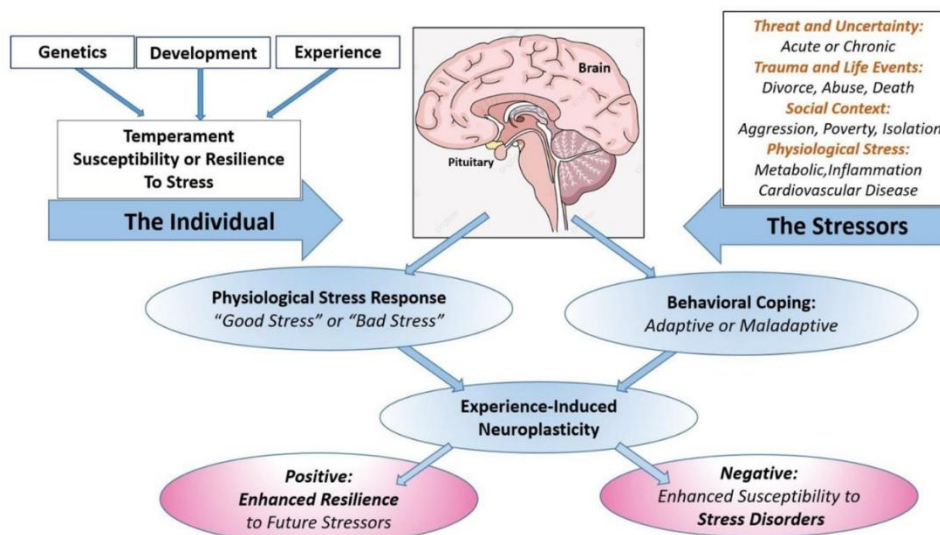
SOURCES: Presented by Huda Akil on March 24, 2025; adapted from McEwen and Akil, 2020. ©2020. CC-BY 4.0.

### **Biološki učinki alostatske obremenitve**

Kot odziv na stres imajo hormoni, kot so glukokortikoidi, in ključne signalne molekule dvojno vlogo. V uravnoteženih količinah pomagajo možganom pri prilagajanju in učenju. Kadar pa se te kemijske snovi proizvajajo v prevelikih količinah ali na neuravnotežen način, lahko zmanjšajo odpornost in povzročijo škodo. Ko je naravna sposobnost okrevanja oslABLJENA, kar je pogosto pri motnjah razpoloženja, je lahko potrebna dodatna podpora ali zdravljenje za ponovno vzpostavitev ravnovesja.

## 4.1. Uporaba nevrobioloških spoznanj o stresu za razvoj odpornosti v različnih življenjskih obdobjih

Dokument "Applying Neurobiological Insights on Stress to Foster Resilience Across Life Stages: Proceedings of a Workshop" (2025) je poročilo o delavnici, ki jo sta organizirala Forum za nevroznanost in živčne motnje ter Forum za duševno zdravje in motnje uporabe snovi pri Nacionalnih akademijah znanosti, inženirstva in medicine ZDA. Delavnica, ki je potekala 24.–25. marca 2025, je združila strokovnjake iz nevroznanosti, psihiatrije, javnega zdravja in drugih področij, da bi raziskali nevrobiološke mehanizme stresa in odpornosti (resilience) ter njihovo uporabo za krepitev odpornosti skozi življenjsko obdobje. Glavni poudarki vključujejo vpliv stresa na duševno in telesno zdravje, zlasti po pandemiji COVID-19, ter dinamiko odpornosti kot prilagodljivega procesa, ki ga oblikujejo biološki, okoljski in socialni dejavniki.



**FIGURE 1-1** The interplay between the factors that contribute to an individual's susceptibility to stress and various stressors.  
 NOTE: The brain's ability to adapt and reorganize by forming new connections in response to lived experience (neuroplasticity) is mediated by physiological and behavioral responses and ultimately influence an individual's reaction to future stressors.  
 SOURCES: Presented by Huda Akil on March 24, 2025. Adapted from McEwen and Akil. ©2020. CC-BY 4.0.

Medsebojno delovanje dejavnikov, ki prispevajo k posameznikovi dovzetnosti za stres, in različnih stresorjev. Sposobnost možganov, da se prilagajajo in preoblikujejo z ustvarjanjem novih povezav kot odziv na življenjske izkušnje (nevroplastičnost), je posredovana s fiziološkimi in vedenjskimi odzivi ter na koncu vpliva na posameznikov odziv na prihodnje stresorje

Stres je fiziološki in psihološki odziv na pritisk, ki lahko pri kronični izpostavljenosti (allostatic load) povzroči spremembe v možganih, kot so okvare v hipokampusu, kar vpliva na kognicijo, čustva in zdravje. Pandemija COVID-19 je okrepila pandemijo duševnih motenj, kot so anksioznost in depresija. Odpornost ni fiksna lastnost, temveč dinamičen proces, ki ga lahko krepimo z nevroplastičnostjo, socialno podporo in zgodnjimi intervencijami.

## Življenjske izkušnje z odpornostjo

Predstavljene so osebne zgodbe ki ilustrirajo odpornost kot proces premagovanja stresa skozi podporne sisteme, kot je japonska umetnost kintsugi (popravljanje zlomljenega z zlatom kot simbol moči).



## Nevroznanost stresa in odpornosti

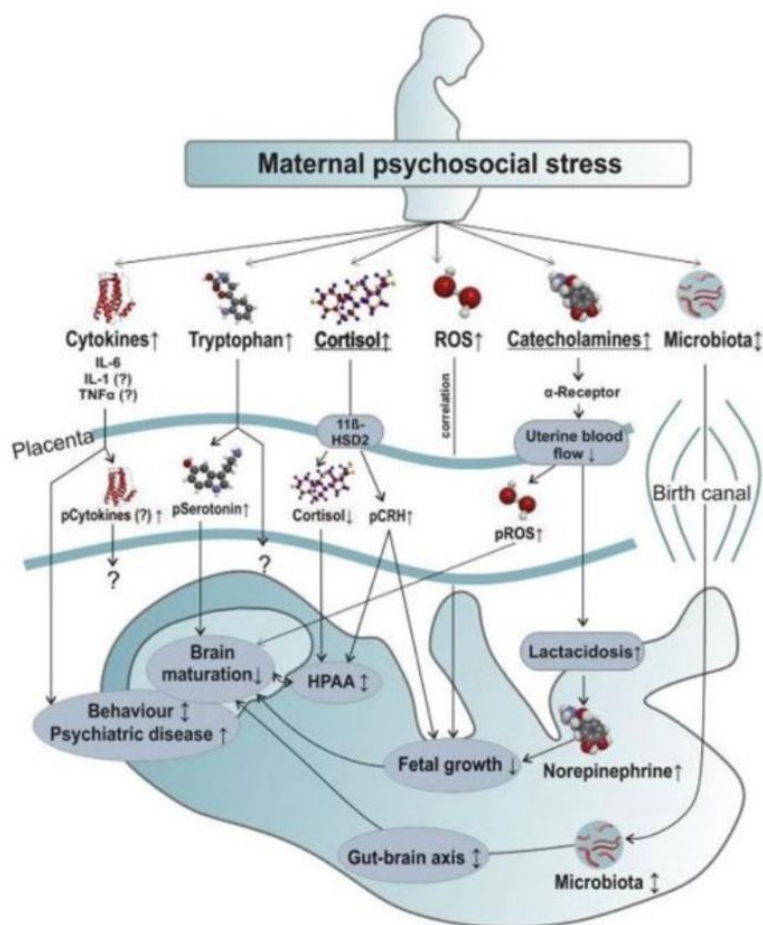
Zgodnje življenjske izkušnje, kot je materinska ločitev, vplivajo na generacijske učinke odpornosti, ki jih lahko blažimo s socialno podporo, telesno aktivnostjo in antidepresivi.

## Kritična obdobja za krepitev odpornosti

Stres v prenatalnem in zgodnjem otroštvu vpliva na epigenetsko programiranje in mikrobiom, kar lahko vodi do dolgoročnih motenj. Starševski stres se prenaša na potomce, vendar ga lahko blažimo z intervencijami v občutljivih obdobjih.

**Povezava med možgani in telesom** Stres vpliva na imunski, kardiovaskularni in mikrobiomski sistem, kar povečuje tveganje za bolezni. Odpornost vključuje uravnavanje teh sistemov skozi spanje, prehrano in socialno stabilnost.

## Potential Mechanisms Linking Stress To Neonatal Brain Development



**FIGURE 4-1** Maternal–fetal stress transfer occurs through multiple interconnected mechanisms that work synergistically to influence fetal development.

NOTES: Six potential mediators of maternal–fetal stress: cytokines, serotonin/tryptophan, cortisol, reactive oxygen species (ROS), catecholamines, and maternal microbiota. IL-6 = interleukin 6; IL-1 = interleukin 1; TNF $\alpha$  = tumor necrosis factor-alpha; p = phosphorylated; pCRH = phosphorylated corticotropin-releasing hormone; pROS = phosphorylated reactive oxygen species; HPA = hypothalamic–pituitary–adrenal axis;  $\alpha$ -receptor = alpha-adrenergic receptor; 11 $\beta$ -HSD2 = 11-beta-hydroxysteroid dehydrogenase type 2.

SOURCES: Presented by Cynthia Rogers on March 25, 2025; adapted from Rakers et al., 2017, and reproduced with permission from Elsevier.

Prenos stresa z matere na plod poteka prek več medsebojno povezanih mehanizmov, ki delujejo sinergistično in vplivajo na razvoj ploda. Med šest potencialnih posrednikov materinsko-fetalnega stresa sodijo citokini, serotonin/triptofan, kortizol, reaktivne kisikove spojine (ROS), kateholamini in materina mikrobiota. IL-6 interlevkin 6, IL-1 interlevkin 1, TNF $\alpha$  faktor tumorske nekroze alfa, p označuje fosforilirano obliko, pCRH fosforilirani kortikotropin-

sproščujoči hormon, pROS fosforilirane reaktivne kisikove spojine, HPAA hipotalamično-hipofizno-adrenalno os,  $\alpha$ -receptor pa alfa-receptor.

### **Javnozdravstvene in klinične strategije**

Predlagajo intervencije, kot so programi za zgodnje odkrivanje ACE (adverse childhood experiences), aplikacije za upravljanje stresa in skupnostne podpore za marginalizirane skupine.

Dokument poudarja, da je stres globalni izziv, odpornost pa dinamična sposobnost, ki jo lahko krepimo z nevrobiološkimi vpogledi, kot so nevroplastičnost in socialni dejavniki (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2025).

## **4.2. Stres in razpoloženje**

Članek *Effects of Daily Stress on Negative Mood* preučuje vpliv vsakodnevnih stresnih dogodkov na negativno razpoloženje na vzorcu 166 poročenih parov. Raziskava je uporabila vprašalnike 42 dni, da bi zajela dnevne variacije v stresu in čustvih, pri čemer so analizirali združene podatke, da bi izključili vpliv individualnih razlik. Glavni cilj je bil razkriti učinke različnih vrst stresnih dogodkov, njihovo kopičenje in interakcije med njimi.

Vsakodnevni manjši stresni dogodki (npr. prepiri, delovne obremenitve) pomembno vplivajo na duševno zdravje. Avtorji predpostavljajo, da učinki variirajo, lahko se pojavijo čustvene navade (habituation).

Ženske so bolj prizadete pri večini dogodkov (npr. prepiri z zakoncem, transportni problemi), moški pri finančnih stresih. Obremenitve doma izboljšajo razpoloženje pri ženskah.

Dan po stresu je razpoloženje boljše kot na običajnih brezstresnih dneh (rebound effect). Več stresov na dan nima aditivnega učinka, temveč nastopi plato (manjši skupni učinek, več preprirov manj distresa kot pričakovano).

Konflikti so ključni za razumevanje dnevnega stresa. Rezultati kažejo na logaritemsko kombinacijo ali čustvene platoje. Članek poudarja kompleksnost učinkov dnevnega stresa na razpoloženje, zlasti vlogo medsebojnih konfliktov (Bolger idr. 1989)

### 4.3. Stres in čustva

Članek *From Psychological Stress to the Emotions: A History of Changing Outlooks* je zgodovinski pregled razvoja koncepta psihološkega stresa in njegove povezave s čustvi.

**Zgodnji pristopi:** izraz stres izhaja iz fizike (Hooke, 17. stoletje: load, stress, strain) in se v 20. stoletju razširi na fiziologijo (Cannon "fight-or-flight"), psihologijo in sociologijo. V prvi svetovni vojni je bil stres nevrološki ("shell shock"), v drugi pa psihodinamični ("war neurosis"). Po vojni se stres obravnava v vsakdanjem življenju (npr. poroka, bolezen), z modelom obremenitev-reakcija (input-output), ki premalo upošteva individualne razlike.

**Po drugi svetovni vojni:** fokus na vplivih stresa. Lazarus kritizira mehanske modele, ki zanemarjajo psihološko posredovanje.

Lazarus stres ne razume kot zgolj posledico zunanjih dražljajev, temveč kot **relacijski pomen** (*relational meaning*), ki nastane v odnosu med posameznikom in okoljem. Ključni proces pri tem je **kognitivna ocena**, s katero posameznik presoja, kaj določena situacija pomeni glede na njegove osebne cilje, vrednote in razpoložljive vire. V okviru ocenjevanja ločimo **primarno oceno**, pri kateri posameznik presodi, ali situacija pomeni škodo, grožnjo ali korist, ter **sekundarno oceno**, ko presojamo lastne zmožnosti in možnosti **spoprijemanja** s situacijo. Takšno razumevanje stresa premakne poudarek z objektivnih značilnosti dogodka na **subjektivno doživljanje**, kar pojasnjuje individualne razlike v čustvenih odzivih. Isti dogodek lahko pri eni osebi sproži jezo, pri drugi pa strah, odvisno od tega, kako je ocenjen v odnosu do osebnih ciljev in virov.

**Spoprijemanje** Lazarus opredeli kot vedenjski in kognitivni napor, usmerjen v obvladovanje zahtev, ki presegajo ali ogrožajo posameznikove vire. Razlikuje med **na problem usmerjenim spoprijemanjem**, katerega cilj je spremeniti ali nadzorovati stresno situacijo, ter **na čustva usmerjenim spoprijemanjem**, ki je namenjeno uravnavanju čustvenega odziva na situacijo. Poudari, da je spoprijemanje **dinamičen proces**, ki se spreminja glede na situacijo in čas, vpliva tako na zaznani stres kot na čustva. Opozarja tudi na metodološke omejitve raziskovanja spoprijemanja, saj standardizirani vprašalniki pogosto ne zajamejo širšega konteksta in poteka procesa v realnih življenjskih situacijah.

Lazarus predlaga, da stres razumemo kot **čustveni proces**, kadar je kognitivna ocena negativna, torej kadar situacijo doživljamo kot škodo ali grožnjo. Čustva so lahko pozitivna (na primer upanje) ali negativna, vsako pa je povezano s svojo **jedro relacijsko temo**, ki izraža temeljni pomen odnosa med posameznikom in okoljem. Tako je jeza povezana z zaznano krivico, strah z nevarnostjo, žalost pa z izgubo.

Po Lazarusu čustva izhajajo iz relacijskega pomena in vključujejo tri medsebojno povezane komponente: **motivacijsko** (osebni cilji in vrednote), **kognitivno** (ocenjevanje situacije) ter **relacijsko** (odnos med osebo in okoljem). Jedrne

relacijske teme omogočajo poenostavljeno in hitro razumevanje situacije.

**Spoprijemanje** nato vpliva na nadaljnji razvoj čustev – na primer na problem usmerjeno spoprijemanje lahko zmanjša zaznani stres in intenzivnost negativnih čustev. Celoten proces je krožen in dinamičen:

**stres** → **kognitivna ocena** → **čustvo** → **spoprijemanje** → **spremenjen ali nov stres**

Lazarus poziva k integraciji stresa in čustev za boljšo razumevanje človeškega delovanja. **Stres ni samo biološki, ampak je čustveno-relacijski** (Lazarus 1993).

#### 4.4. Strategije spoprijemanja - coping strategies

V študiji grških bolnikov z veliko depresivno motnjo (MDD) so strategije spoprijemanja razdeljene v tri glavne kategorije.

**Strategije, osredotočene na reševanje problema (Problem-focused coping, PFC)** vključujejo aktivno ukrepanje (active coping), načrtovanje naslednjih korakov (planning) in iskanje informacij ali nasvetov (use of informational support). Te strategije pomagajo neposredno obvladovati stresne situacije in so povezane z boljšo klinično sliko, saj zmanjšujejo simptome depresije in anksioznosti.

**Strategije, osredotočene na čustva (Emotion-focused coping, EFC)** zajemajo sprejemanje situacije (acceptance), iskanje čustvene podpore (emotional support), uporabo humorja, pozitivno reinterpretacijo dogodkov (positive reframing) in vero ali duhovnost. Takšne strategije omogočajo učinkovito čustveno prilagajanje, še posebej v situacijah, ki jih posameznik ne more neposredno nadzorovati.

**Maladaptivne strategije (Maladaptive coping, MC)** vključujejo zanikanje (denial), opustitev prizadevanj (behavioral disengagement), odvrčanje pozornosti (self-distracton), samoobtoževanje (self-blame), izražanje čustev brez rešitve (venting) in uporabo substanc (substance use). Te kratkoročno lahko omilijo stres, vendar dolgoročno poslabšujejo simptome in ohranjajo stresni cikel.

Razlike med kategorijami izhajajo iz teoretičnega modela Lazarusa in Folkmana, spoprijemanje se oblikuje glede na kognitivno oceno situacije:

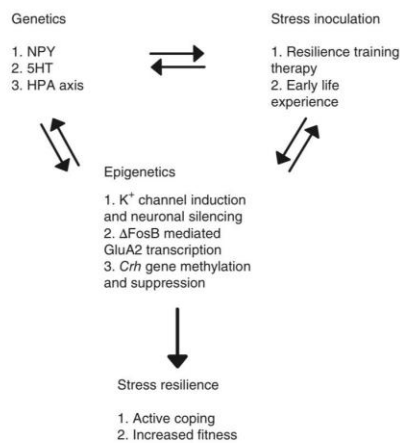
- če je problem možno nadzorovati, je strategija, osredotočene na reševanje problema učinkovita
- če problem ni možno nadzorovati, osredotočene na čustva pomaga uravnavati čustva.

Maladaptivne strategije izkrivljajo percepcijo realnosti, kar vodi v kronični stres in poslabšanje MDD. V grškem kulturnem okolju, ima emocionalna podpora zaščitno vlogo, premik proti večji individualizaciji lahko povečuje tveganje za maladaptivne vzorce, kot je samoobtoževanje (Paschalidou idr. 2025).

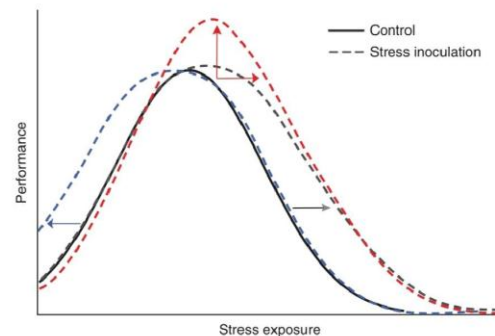
## 4.5. Nevrobiologija odpornosti

Odpornost (*resilience*) je aktiven in dinamičen biološki proces, ki posamezniku omogoča prilagoditev na stres in preprečuje razvoj psihiatričnih motenj. Stres sam po sebi ni patološki; ključna razlika med ranljivostjo in odpornostjo je v tem, kako možgani in telo stres procesirajo in kako se prilagodijo.

Russo poudarja, da odpornost ni zgolj odsotnost patoloških sprememb, temveč vključuje specifične, aktivno regulirane nevronske in molekularne mehanizme. Ključno vlogo imajo možganska omrežja, povezana z nagrajevanjem, motivacijo in čustveno regulacijo, zlasti mezolimbični dopaminski sistem (ventralna tegmentalna area–nucleus accumbens), prefrontalna skorja, hipokampus in amigdala. Razlike v delovanju teh vezij določajo, ali stres vodi v maladaptivne ali prilagoditvene odzive.



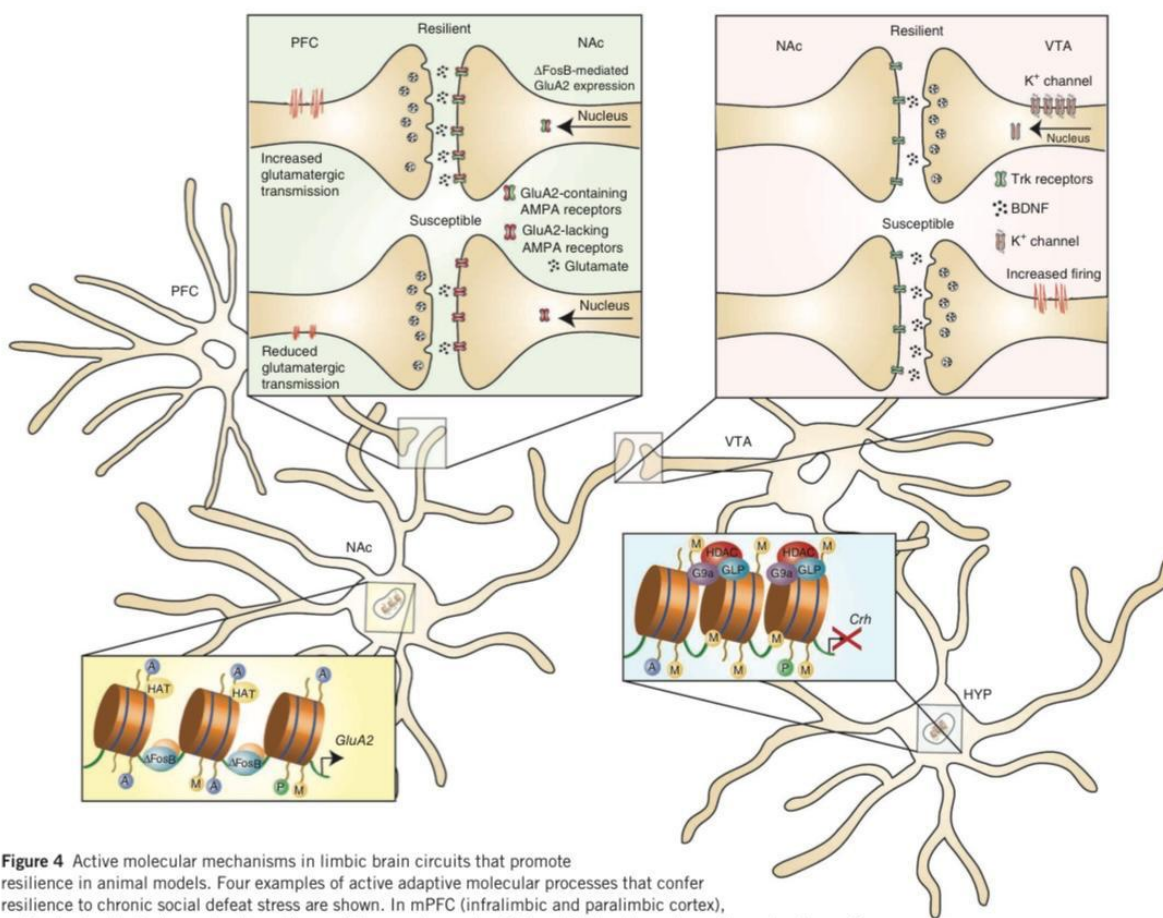
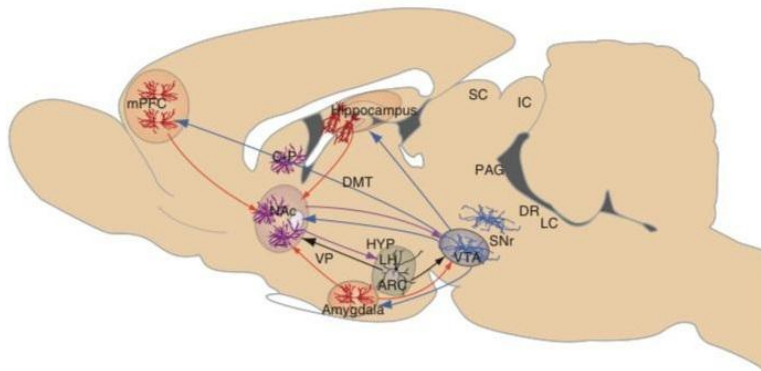
**Figure 1** Schematic of gene × environment interactions that promote resilience. The scheme describes how behavioral strategies through stress inoculation can interact with an individual's genetic constitution to control expression of key genes, via epigenetic processes, in the brain's limbic regions to mount active, adaptive molecular and cellular changes that mediate resilience.



**Figure 2** Stress inoculation shifts the inverted U-shaped curve to promote resilience. Graded or controlled stress experience can promote better performance on several behavioral tasks. Included are three hypothetical curves describing how stress inoculation might affect responses to future stress: (i) a leftward shift shows that inoculation might make lower levels of stress promote better performance (blue); (ii) an upward shift shows that inoculation might promote higher maximal performance in response to stress (red); and (iii) a rightward shift shows that inoculation might enable the maintenance of optimal performance at higher levels of stress (gray).

Na molekularni ravni so z odpornostjo povezane spremembe v signalnih poteh, transkripcijskih faktorjih (npr. ΔFosB), nevrotrofičnih dejavnikih (kot BDNF) ter sinaptični plastičnosti. Pri odpornih posameznikih stres ne sproži enakih škodljivih sprememb v sinaptični strukturi in funkciji kot pri ranljivih, temveč vodi do kompenzatornih prilagoditev, ki ohranjajo stabilno delovanje možganskih omrežij.

**Figure 3** Brain circuitry implicated in resilience to depression and anxiety disorders. Depicted are the major brain structures in mood-related circuits that are altered by stress in animal models of depression or implicated in human depression. The red solid lines represent excitatory glutamatergic afferents to NAc from mPFC, amygdala and hippocampus, and glutamatergic innervation of VTA by amygdala. GABAergic afferents (purple) are inhibitory circuits and include connections from NAc to VTA and hypothalamus. Dopamine neurons (blue solid lines) project from VTA to a range of limbic targets, including NAc, mPFC, amygdala and hippocampus. Peptidergic pathways through which the hypothalamus (for example, ARC, arcuate nucleus, and LH, lateral hypothalamus) alters neurotransmission in NAc and VTA are shown in solid black lines. Each structure contains specialized neuronal cell types thought to regulate stress responses, including resilience. These cell types, color-coded to reflect the transmitter signal they convey, include amygdala, PFC and hippocampal glutamatergic neurons (red), GABAergic NAc medium spiny neurons (purple), hypothalamic peptidergic neurons (black), and VTA dopaminergic neurons (blue). CP, caudate-putamen; DMT, dorsomedial thalamus; SC, superior colliculus; IC, inferior colliculus; VP, ventral pallidum; SNr, substantia nigra; PAG, periaqueductal gray; DR, dorsal raphe; LC, locus coeruleus.

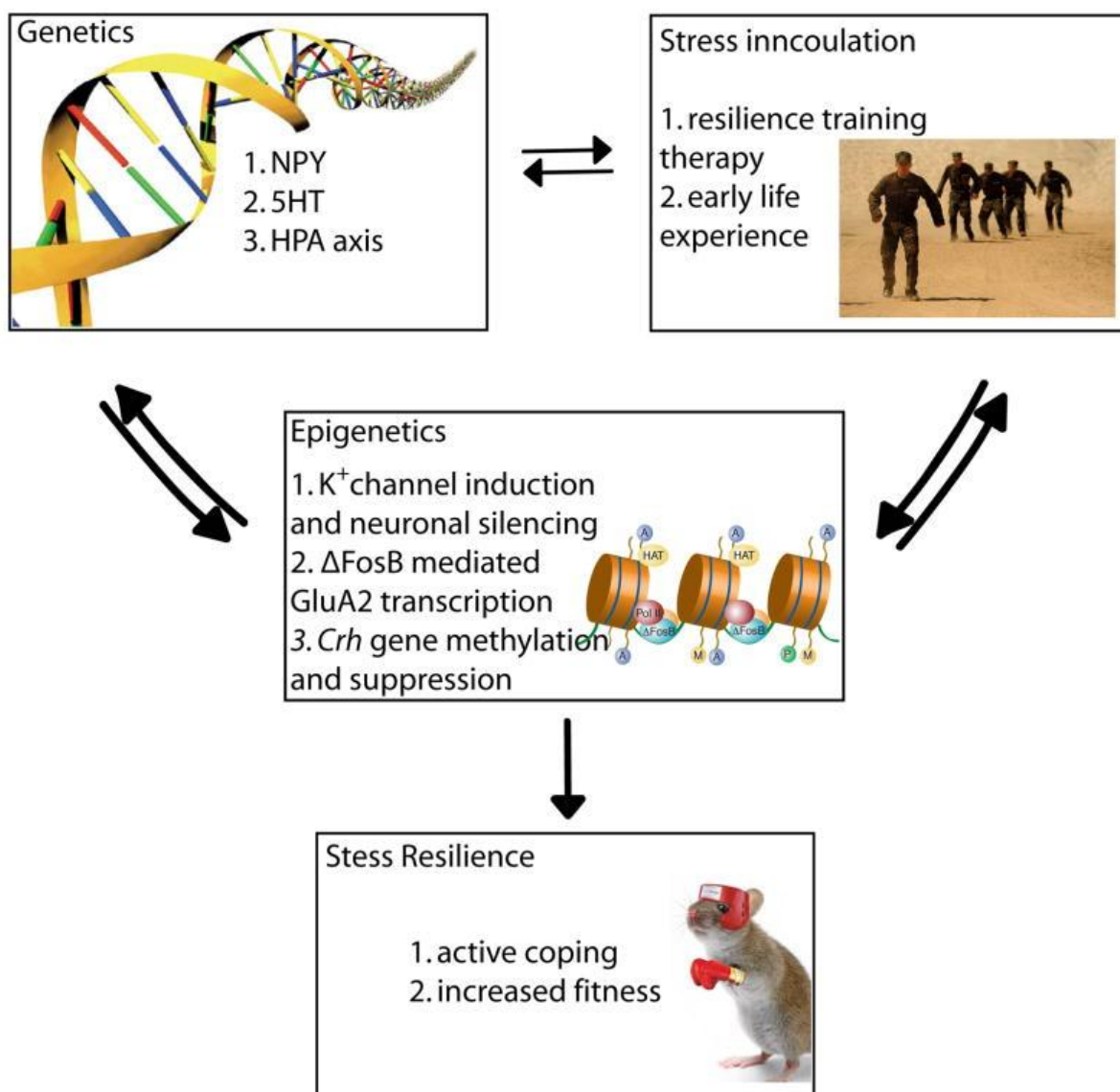


**Figure 4** Active molecular mechanisms in limbic brain circuits that promote resilience in animal models. Four examples of active adaptive molecular processes that confer resilience to chronic social defeat stress are shown. In mPFC (infralimbic and paralimbic cortex), resilient animals display molecular evidence of increased neural activity, which has been shown through optogenetic techniques to promote resilience. The cell type (GABAergic versus glutamatergic) exhibiting this hyperactivity is not known. VTA dopamine neurons of resilient animals show increased transcription of K<sup>+</sup> channel subunits, which normalizes the stress-induced increase in VTA firing rate that drives deleterious responses to stress. In NAc, resilience is associated with increased ΔFosB-mediated transcription of *GluA2* (also known as *Gria2*), a Ca<sup>2+</sup>-impermeable AMPA glutamate receptor subunit that counteracts glutamate hyperactivity found in susceptible mice. In hypothalamus, resilience is associated with hypermethylation of the *Crh* gene, and presumably related repressive marks, to suppress its transcription and reduce HPA hyperactivity found in susceptible mice.

Človeške študije kažejo, da odporni posamezniki pogosto izkazujejo specifične neuroendokrine profile, kot so višje ravni **dehidroepiandrosterona (DHEA)** v razmerju do kortizola, višje ravni **neuropeptida Y (NPY)** ali ustrežnejšo regulacijo osi **hipotalamus-hipofiza-nadledvica (HPA)**. Ti markerji kažejo, da odpornost vključuje aktivno blaženje stresnega odziva, na primer z višjim razmerjem

DHEA/kortizol, ki je povezano z manjšimi disociativnimi simptomi in boljšo zmogljivostjo pod stresom.

Študije na živalih, zlasti modeli kroničnega socialnega poraza (chronic social defeat stress), dopolnjujejo človeške ugotovitve in omogočajo vzročno razlago. Pri miših izpostavljenih kroničnemu stresu približno 35 % kaže odpornost in ne razvijejo socialne izogibajoče se vedenja, anhedonije ali metaboličnega sindroma. Odporni subjekti nimajo ključnih maladaptivnih sprememb, temveč kažejo aktivne adaptacije, kot so povečana ekspresija genov (npr.  $\Delta$ FosB) v medialnem prefrontalnem korteksu (mPFC), povečana glutamatergična signalizacija in ohranjena sinaptična povezljivost v frontalnih regijah. Te spremembe nasprotujejo stresno induciranim procesom v prefrontalnem korteksu in hipokampusu, ki so značilni za dovzetne posameznike.



Slika prikazuje, kako lahko vedenjske strategije s pomočjo stresne inokulacije sodelujejo z genetsko zasnovano posameznika ter nadzorujejo izražanje ključnih genov

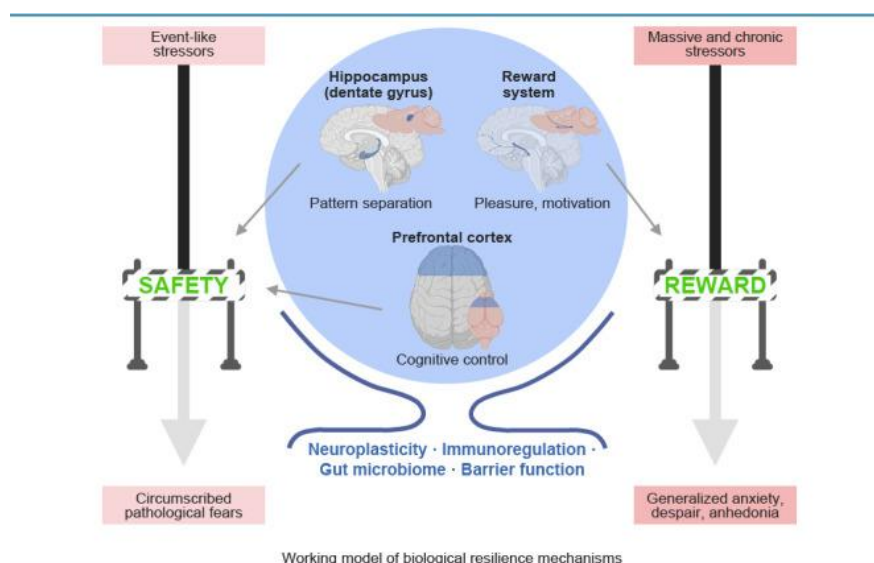
– prek epigenetskih procesov – v limbičnih predelih možganov, s čimer se sprožijo aktivne, prilagoditvene molekularne in celične spremembe, ki posredujejo odpornost.

Pomemben vidik odpornosti je tudi cepljenje proti stresu (stress inoculation) – zmerna izpostavljenost stresu v zgodnjem obdobju življenja lahko premakne krivuljo stres-odziv v desno, kar omogoča boljše spoprijemanje z večjimi stresorji kasneje. To kažejo tako človeške kot živalske študije, kjer kontrolirana izpostavljenost stresu vodi do boljšega obvladovanja in nižjih ravni kortizola.

Razumevanje teh mehanizmov odpira pot novim terapevtskim pristopom: namesto zgolj blaženja simptomov bi lahko krepili naravne mehanizme odpornosti, npr. z modulacijo HPA osi, glutamatergičnih poti ali epigenetskih sprememb v limbičnih regijah (Russo idr. 2012).

## 4.6. Model bioloških mehanizmov odpornosti

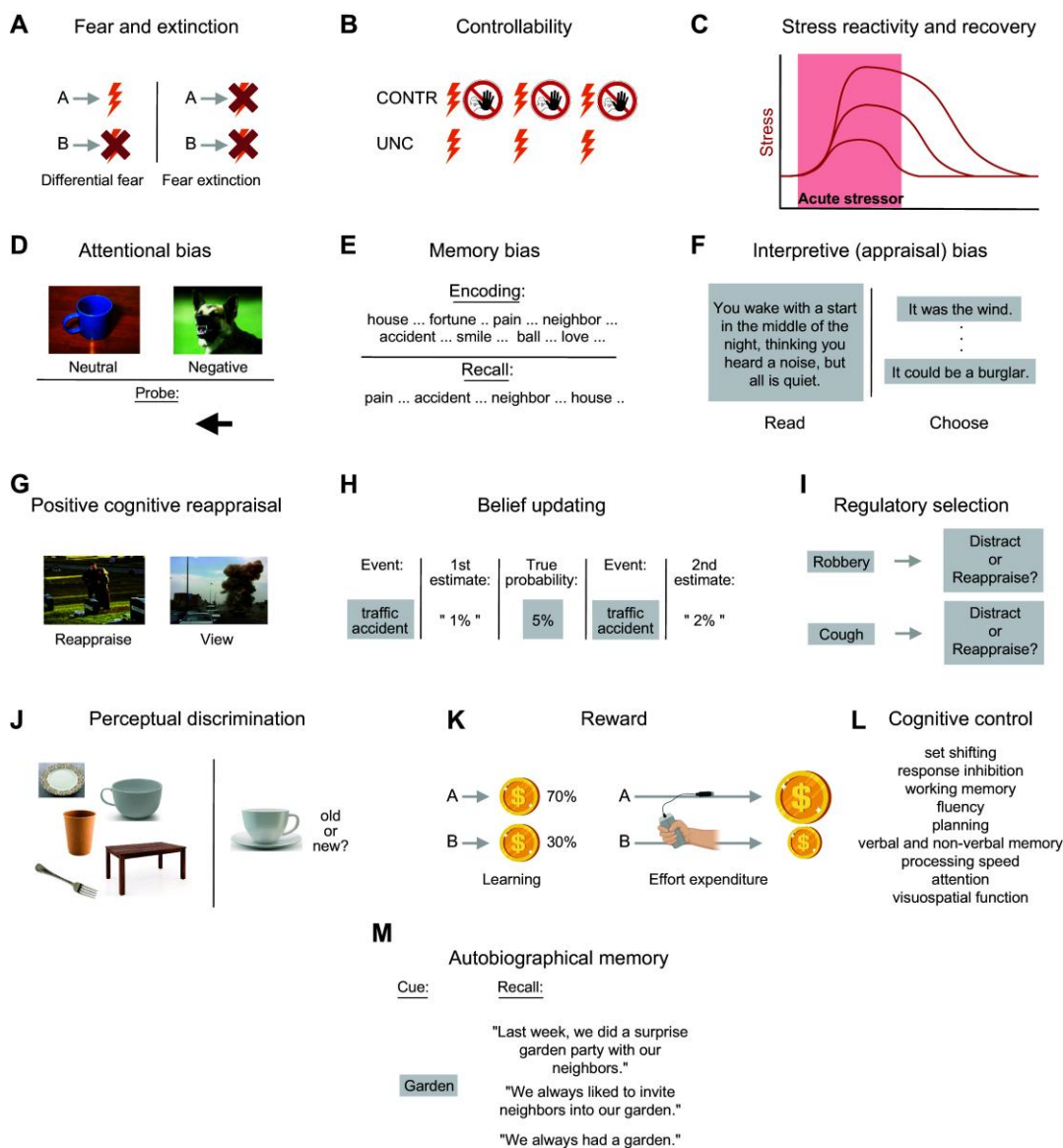
Kalisch, Russo in Müller v članku *Neurobiology and Systems Biology of Stress Resilience* podrobno opisujejo biološke mehanizme odpornosti na stres, ki jo opredeljujejo kot ohranjanje mentalnega zdravja kljub neugodnim okoliščinam ali hitro okrevanje po začasni motnji. Poudarjajo, da stres lahko vodi do patoloških stanj, kot so anksioznost, depresija, strahovi ali posttravmatska stresna motnja, medtem ko odpornost ščiti prek integracije nevrobioloških in sistemskih procesov. Avtorji združujejo ugotovitve iz človeških in živalskih študij, kritično obravnavajo metodološke izzive, kot sta operacionalizacija odpornosti in ponovljivost rezultatov, ter predlagajo model, v katerem hipokampus, prefrontalni korteks in nagrajevalni sistem podpirajo odpornost prek pozitivne ocene dogodkov in fleksibilne regulacije. Model hkrati predstavlja kritiko mehaničnih pristopov k stresu in poudarja preventivni pomen bioloških intervencij.



Odpornost na stres se kaže pri posameznikih, ki ohranijo duševno zdravje kljub travmatičnim dogodkom ali kroničnih stresorjih, medtem ko pri drugih pride do dolgotrajnih motenj.

Regulacija stresa temelji na fleksibilnosti in pozitivni oceni dogodkov. Podcenjevanje groženj ter **poudarjanje varnosti in nadzora zmanjšuje stresne odzive**, kot aktivnosti osi hipotalamus–hipofiza–nadledvične žleze. Teorija pozitivne ocene (Positive Appraisal Style Theory of Resilience, PASTOR) predvideva gradnjo odpornosti skozi učenje iz pozitivnih izkušenj.

Paradigme, kot so pogojeno učenje strahu, ugašanje strahu in razlikovanje vzorcev, testirajo odpornost. Dobro razlikovanje varnosti ščiti pred patološkimi strahovi, medtem ko kognitivni nadzor in iskanje pozitivnih nagrad preprečujeta generalizirane motnje, kot so depresija ali anksioznost.



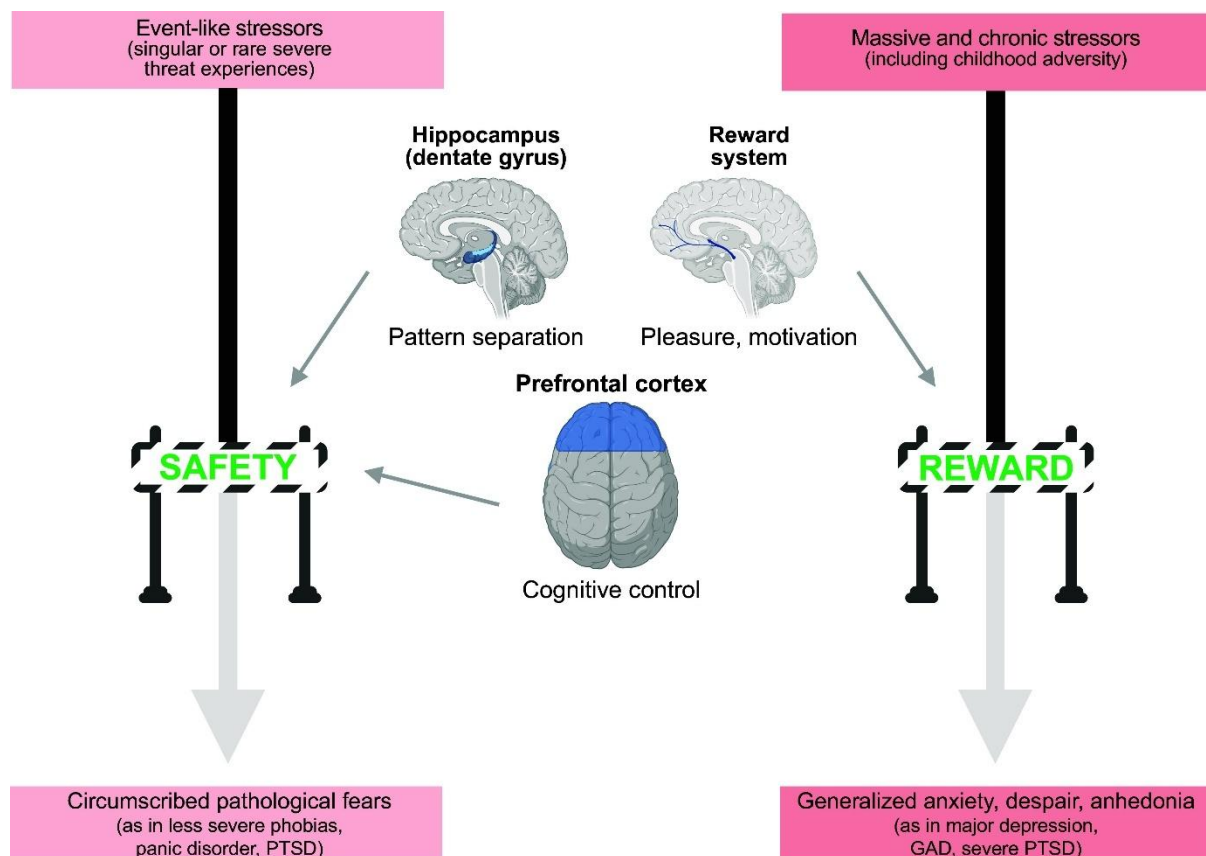
Paradigme pri raziskavah odpornosti vključujejo: razlikovanje strahu in varnosti, nadzor nad stresorji, reaktivnost in okrevanje po stresu, pozornost in interpretativne pristranskosti, kognitivno prestrukturiranje, posodabljanje prepričanj, izbiro regulacije

čustev, razlikovanje vzorcev, nagrajevanje in vložek truda, kognitivno kontrolo ter avtobiografski spomin. S testi merijo vedenjske, kognitivne, čustvene in fiziološke odzive, ki prispevajo k razumevanju odpornosti.

Hipokampus omogoča razlikovanje vzorcev za zaznavo varnosti, prefrontalni korteks pa zagotavlja kognitivni nadzor, medtem ko nagrajevalni sistem spodbuja pozitivno motivacijo. Strukturne raziskave kažejo večji volumen hipokampusa pri odpornih posameznikih, funkcionalne pa boljšo povezljivost med ključnimi možganskimi regijami.

Nevroplastičnost preko beljakovin BDNF in  $\Delta$ FosB, v hipokampusu, prefrontalnem korteksu in nagrajevalnem sistemu podpira odpornost. Blagi stresorji delujejo kot stresna stimulacija, ki krepi te poti.

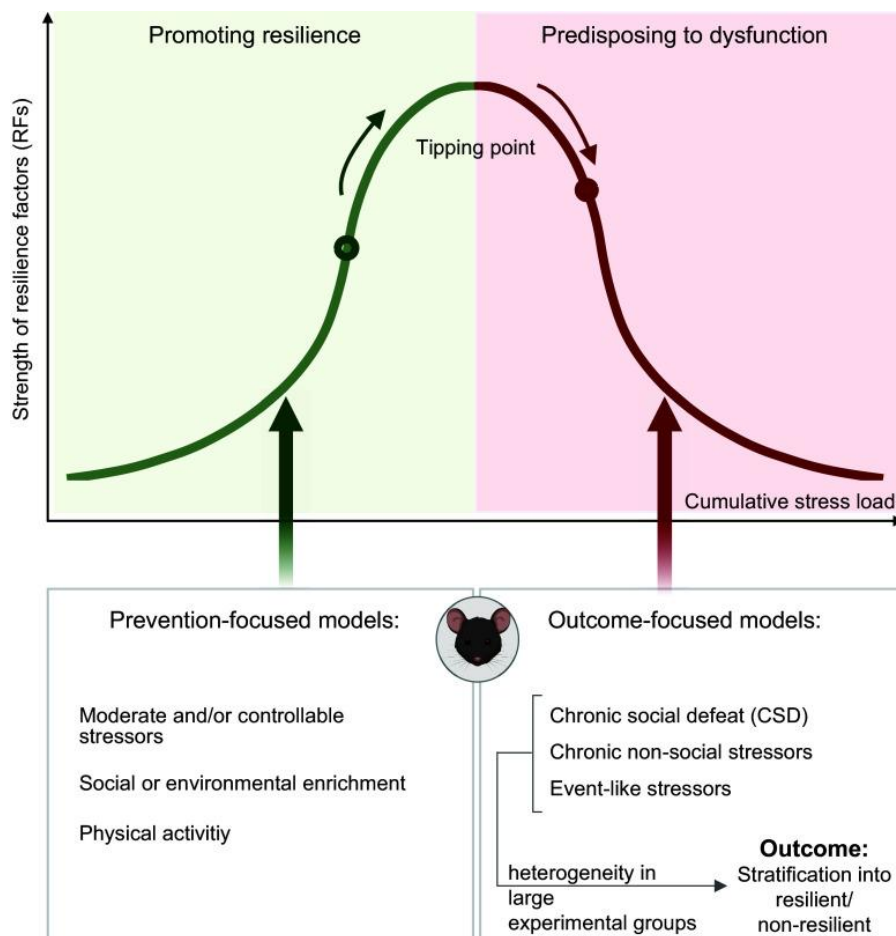
Imunski sistem: nizka stopnja vnetij ščiti pred patološkimi učinki stresa. Mikrobiom uravnava vnetja in ohranja integriteto krvno-možganske pregrade; disbioza poslabša odziv na stres. Odpornost krepi nevroplastičnost, imunoregulacijo in črevesno zdravje.



**Delovni model funkcionalne neuroanatomske podlage odpornosti.** Hipokampus (dentatni girus), ki temelji na **ločevanju vzorcev**, in prefrontalna skorja, ki temelji na **kognitivni kontroli**, pomagata prepoznati in izkoristiti občutek varnosti med ali po izpostavitvi posameznim in dogodkom podobnim. To omogoča **razlikovanje med**

**grožnjo in varnostjo** ter učenje varnosti, kar vodi do bolj pozitivne ocene situacije in posledično do ustvarjanja optimiziranih stresnih odzivov. Razvoj **določenih patoloških strahov** (kot so fobije, panične motnje ali posttravmatske stresne motnje) postaja manj verjeten.

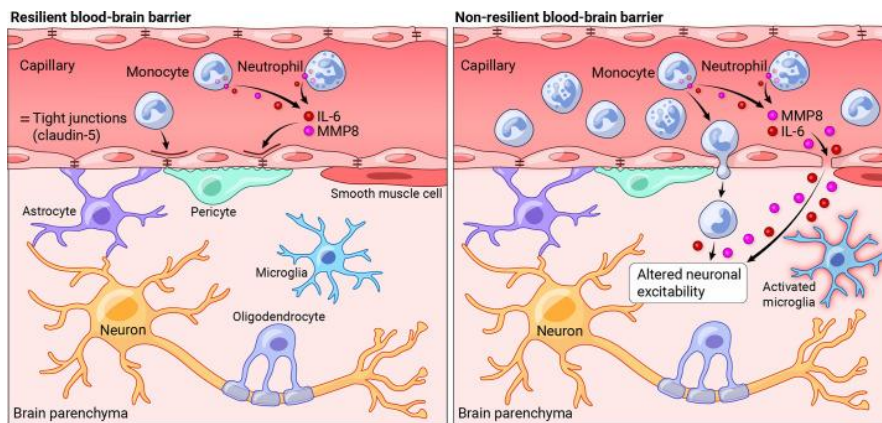
**Sistem nagrajevanja** pomaga prepoznati in izkoristiti nagrade, ki obstajajo v kontekstu močnejših ali kroničnih stresorjev in po njihovi izpostavljenosti. To omogoča bolj pozitivno oceno situacij in optimalno odzivanje na stres ter ščiti pred motnjami znotraj spektra **splošnih anksioznih motenj in depresije** vključno z depresijo, splošno anksiozno motnjo in hudo posttravmatsko stresno motnjo.



Pri **modelih, osredotočenih na preprečevanje**, naj bi se dejavniki odpornosti krepili z izpostavljenostjo pozitivnim ali zmerno zahtevnim pogojem.

Pri **modelih, osredotočenih na izid**, dejavniki odpornosti oslabijo in prilagodljivo vedenje običajno trpi.

Intervencije za krepitev odpornosti morajo pri pristopih, osredotočenih na preprečevanje, ostati znotraj varnega območja, da ne preidejo kritične meje škodljivih učinkov stresa.



Poenostavljen model delovanja krvno-možganske pregrade pri odpornosti.

Pri odpornih miših so ravni beljakovine kludin-5 višje (v jedru nagrađe pri samcih in v prefrontalnem korteksu pri samicah), kar krepi **bariero med krvjo in možgani**, zmanjšuje vdor vnetnih dejavnikov in imunskih celic ter ščiti nevrone in mikroglijo med sistemskim vnetjem.

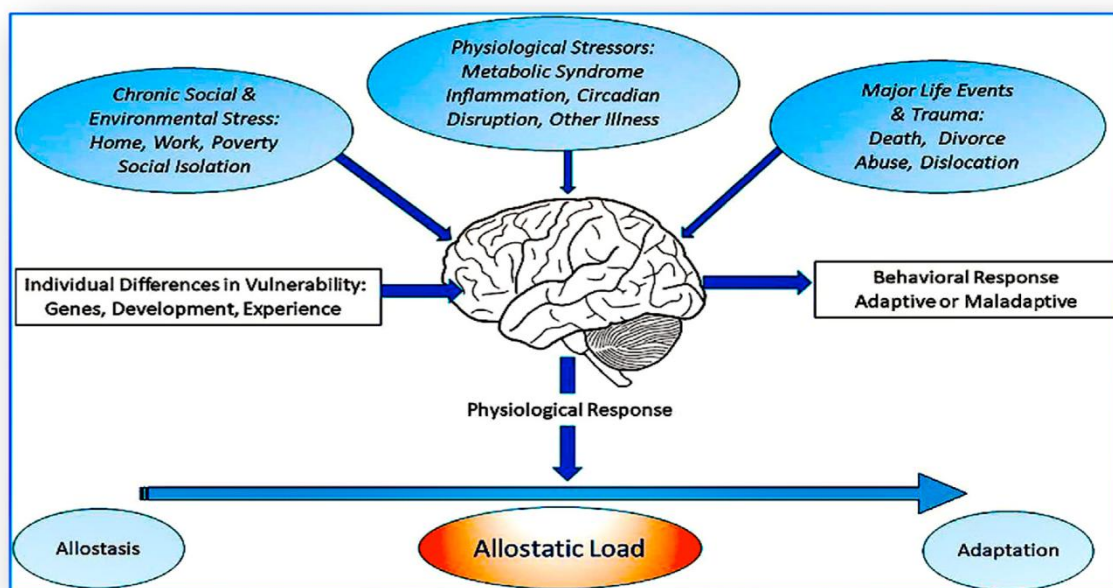
Biološki mehanizmi igrajo ključno vlogo pri blaženju posledic stresa, kronični stres lahko povzroči disregulacijo osi hipotalamus–hipofiza–nadledvična žleza (HPA).

**Mehanizmi odpornosti proti stresu ohranjajo homeostazo, ščitijo nevrone in ohranjajo funkcionalnost imunskega sistema** (Kalisch, Russo, Müller, 2024).

## 4.7. Nevropsihološki vpogledi v strategije spoprijemanja

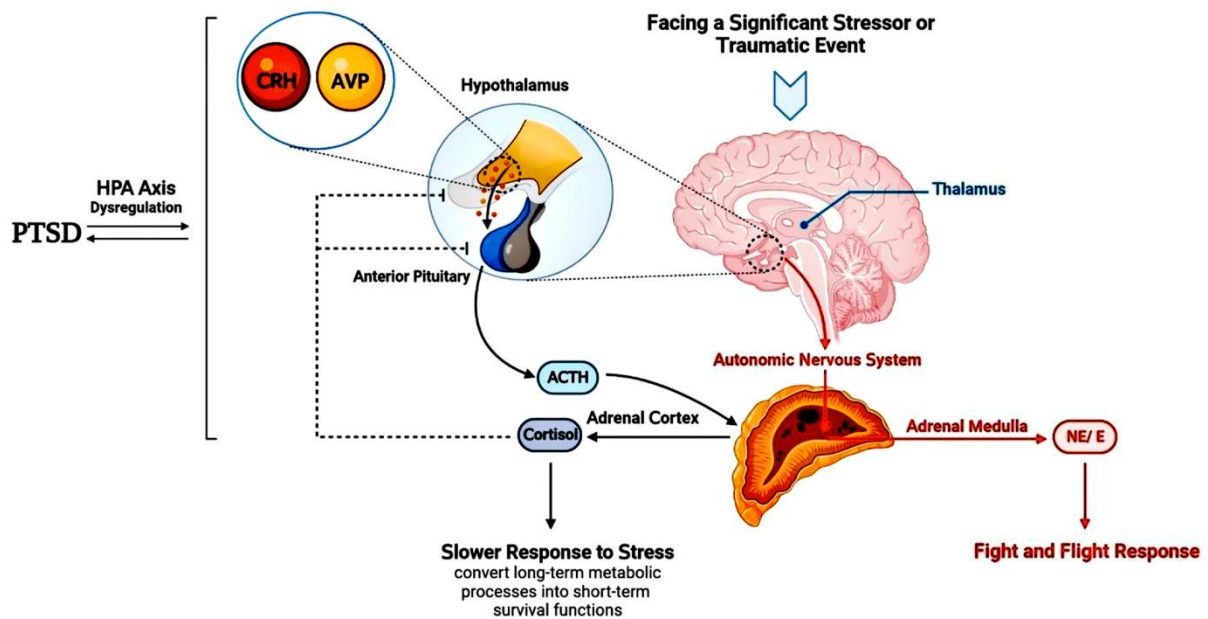
Članek *Neuropsychological Insights into Coping Strategies: Integrating Theory and Practice in Clinical and Therapeutic Contexts* predstavlja pregled strategij spoprijemanja skozi prizmo klinične psihologije in nevropsihologije. Spoprijemanje je dinamičen proces med posameznikom in okoljem. Strategije spoprijemanja so **usmerjene v problem**, kar pomeni aktivno spreminjanje stresorja, in **v čustva**, kar vključuje regulacijo čustvenega odziva.

Avtorja podrobno analizirata nevropsihološke povezave, pri čemer izpostavljata, da stresne poti v možganih vplivajo na izbiro strategij. Spoprijemanje, usmerjeno v problem, je povezano s procesi v prefrontalnem korteksu, ki so ključni za načrtovanje in odločanje, medtem ko regulacija čustev vključuje delovanje amigdale.

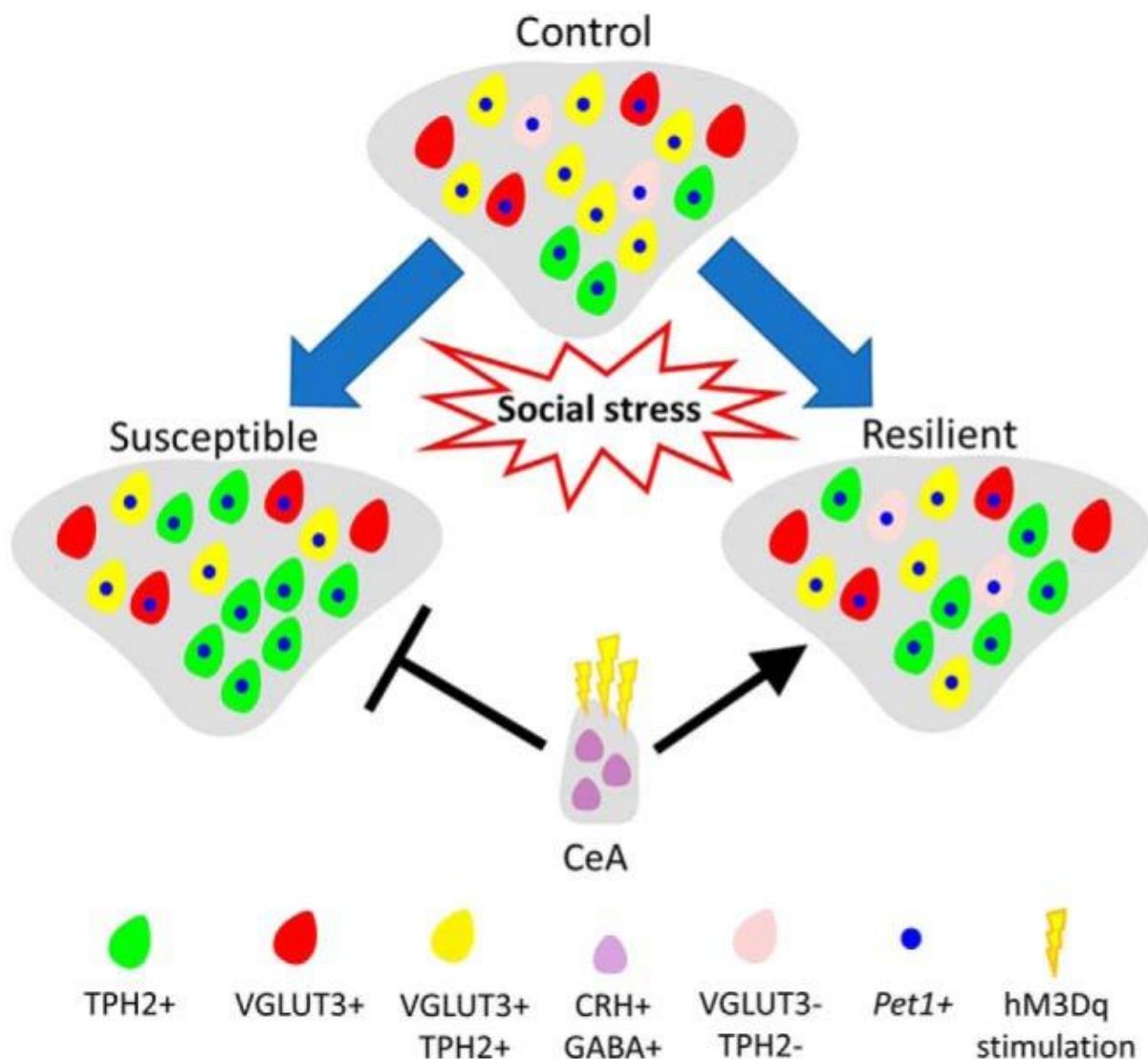


Allostatična obremenitev in njen vpliv: vloga možganov in limbskih področij pri odzivu na stres in napredovanju bolezni

Članek pojasnjuje tudi biološki odziv na stres, vključno z vlogo HPA osi (hipotalamus-hipofiza-nadledvična žleza) in sistema SAM pri sproščanju kortizola. Kronični stres lahko povzroči t. i. *allostatično preobremenitev*, kar negativno vpliva na nevrone v hipokampusu in povečuje tveganje za nevrodegenerativne bolezni. Strategije spoprijemanja avtorja opredeljujeta tudi skozi različne dimenzije: **individualna**, ki vključuje kognitivno preoblikovanje in reševanje problemov; **interpersonalna**, kjer je poudarjena vloga socialne podpore za duševno zdravje; in **institucionalna**, ki izpostavlja pomen organizacijskih politik pri obvladovanju stresa. Avtorja zaključujeta, da razumevanje nevronske podlage spoprijemanja omogoča razvoj učinkovitejših, na dokazih temelječih kliničnih intervencij, ki krepijo odpornost in odpornost posameznika.



Ob izpostavitvi močnemu stresu ali travmatičnim dogodkom hipotalamus aktivira dve poti: avtonomni živčni sistem (ANS), predvsem simpatični del, ki deluje hitreje in sprošča noradrenalin (NE) ter adrenalin (E) iz nadledvične medule, in HPA os (hipotalamus–hipofiza–nadledvica), ki deluje počasneje in sprošča glukokortikoide iz nadledvične skorje, kot sta kortizol pri ljudeh ali kortikosteron pri glodavcih in pticah. Hipotalamus sprošča CRH (corticotropin-releasing hormone) skupaj z AVP (arginin vasopressin), kar stimulira sprednji del hipofize k izločanju ACTH (adrenokortikotropni hormon), ki povzroči, da nadledvična skorja proizvaja glukokortikoide. Neravnovesje HPA osi je povezano z duševnimi motnjami, kot so posttravmatska stresna motnja (PTSD), depresija in shizofrenija. Razumevanje kompleksnega sodelovanja med ANS in HPA osjo pojasnjuje fiziološki odziv na stres in razvoj duševnih bolezni (Theodoratou, Argyrides 2024).



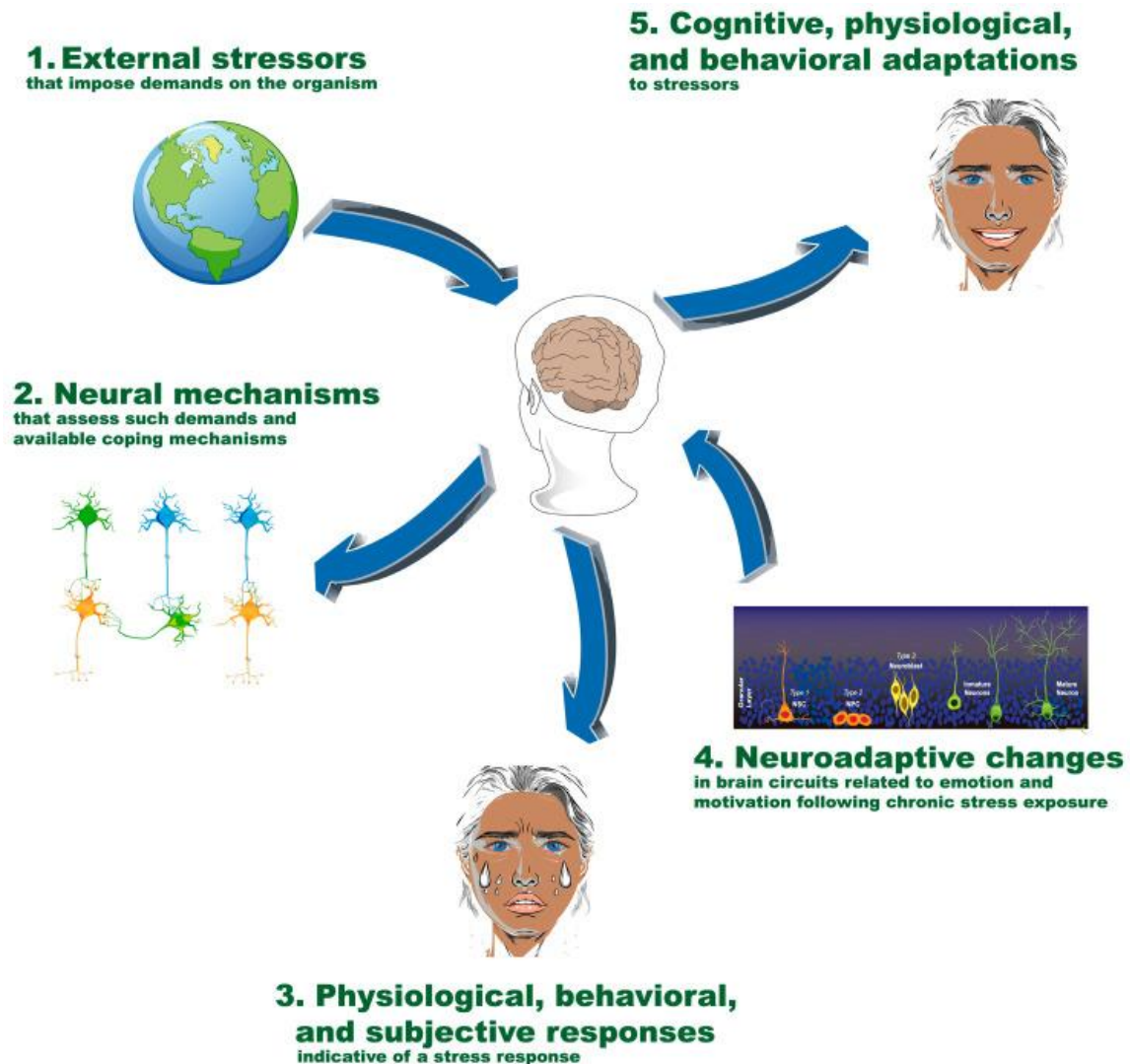
### Model prilagodljivosti neurotransmiterjev

Kot odziv na kronični socialni stres pride do plastičnosti neurotransmiterjev v DRv pri podganah, ki so pod stresom. Podgane, dovzetne za stresom inducirano anhedonijo, pridobijo TPH2 in izgubijo VGLUT3, medtem ko odporne podgane izgubijo le VGLUT3. Izguba VGLUT3 vodi do nižje ekspresije obeh markerjev v obeh pogojih. Plastičnost se pojavi v nevronih, ki izražajo Pet1 transkripte. Aktivacija CRH+ nevronov v CeA spodbuja odpornost in blokira dovzetnost.

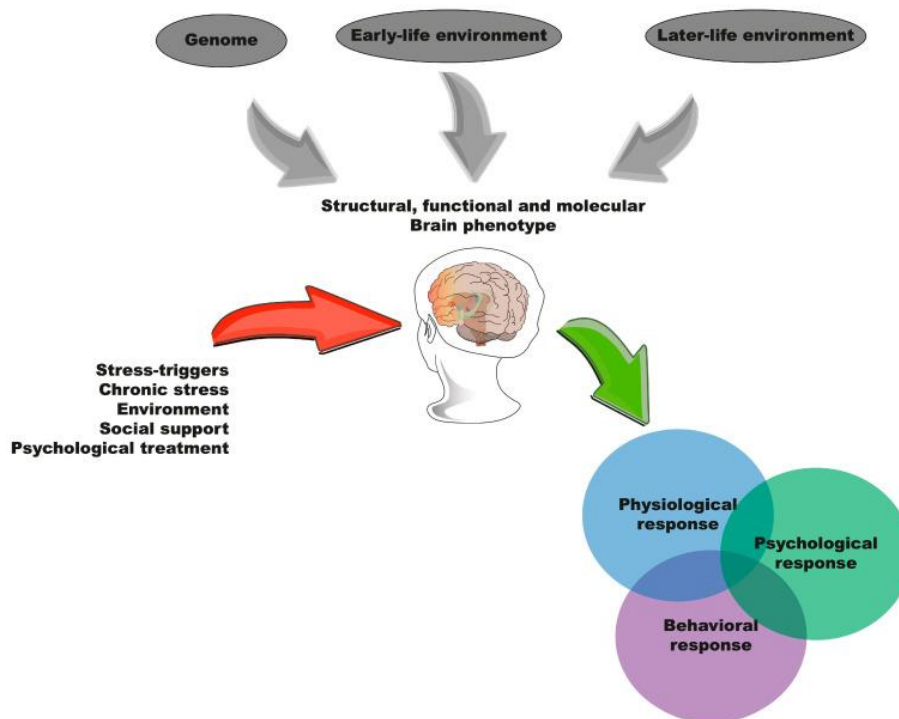
Podgane, ki so občutljive na zmanjšano sposobnost doživljanja zadovoljstva zaradi stresa, povečajo raven encima, ki sodeluje pri tvorbi serotonina, in hkrati izgubijo beljakovino, ki prenaša glutamat. Podgane, ki so odporne na stres, izgubijo le beljakovino za prenos glutamata. Izguba te beljakovine povzroči, da obe vrsti markerjev ne delujeta več skupaj tako pogosto. Aktiviranje nevronov v centralnem amigdaličnem jedru spodbuja odpornost na stres in preprečuje občutljivost na njegove negativne učinke (Prakash idr. 2020).

## 4.8. Nevroplastičnost, stres in odpornost

Pregledni članek *A Comprehensive Overview of Stress, Resilience, and Neuroplasticity Mechanisms* povzema napredke v razumevanju nevroplastičnosti kot osnove odpornosti na zgodnji življenjski. Opisuje stres kot proces, ki vpliva na fiziološke, psihološke in vedenjske sisteme, z alostazo kot ključnim mehanizmom prilagajanja.

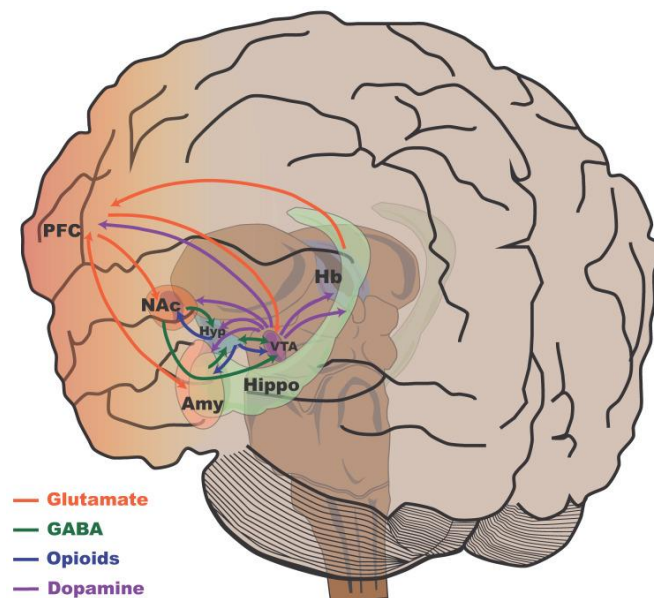


Proces stresa in odpornosti vključuje zunanjo obremenitev, oceno zahtev in razpoložljivih virov v možganih, telesne in čustvene stresne odzive, spremembe možganskih sistemov pri kroničnem stresu ter prilagoditve mišljenja, vedenja in telesa za spopadanje s stresom.

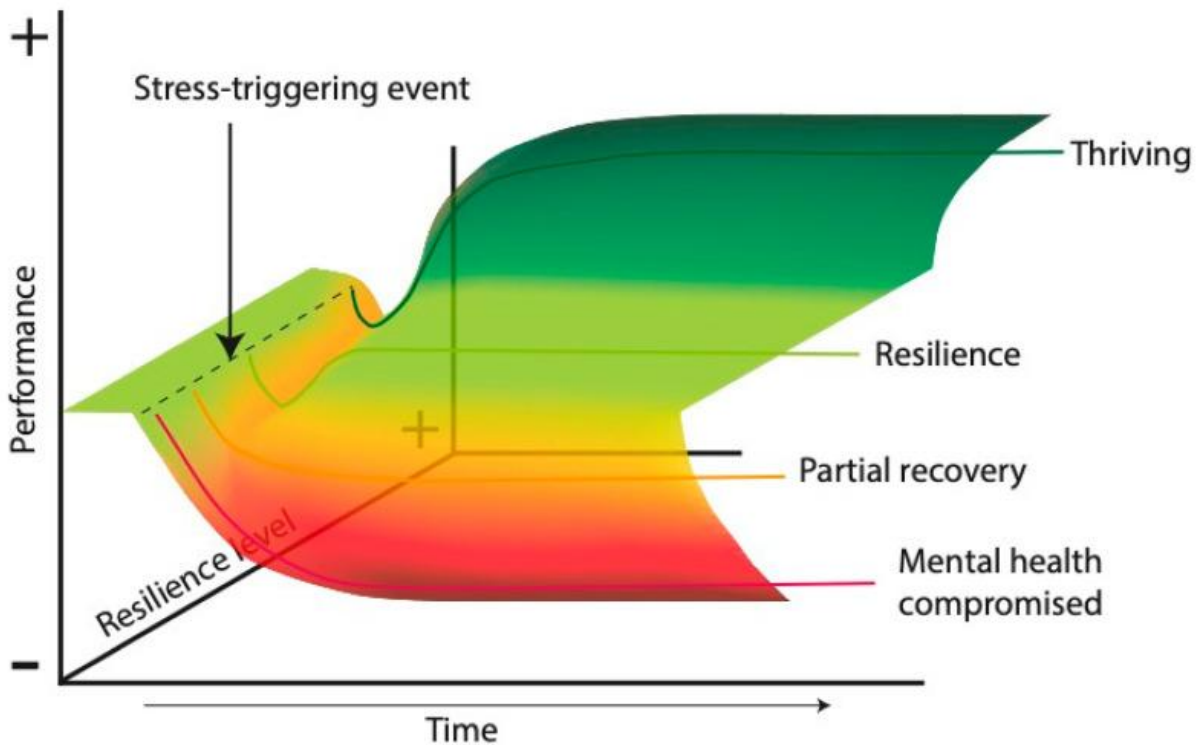


### Integrirani model zgodnjega stresa in njegovih dolgoročnih učinkov:

Ta model združuje tri hipoteze o tem, kako zgodnji življenjski stres vpliva na posameznike. Pojasnjuje, da lahko stres v zgodnjem otroštvu sproži psihološke, fiziološke in vedenjske spremembe, ki se kažejo v odrasli dobi. Model prikazuje, kako različni mehanizmi skupaj vplivajo na dolgoročne izide posameznika.



Slika prikazuje glavne možganske poti, ki sodelujejo pri nagradi, motivaciji in čustvih, vključno z dopaminskimi, glutamatnimi, GABA- in opiodiškimi povezavami, ter ključne regije, kot so prefrontalna skorja (PFC) za odločanje, nucleus accumbens (NAc) za nagrado, hipotalamus (Hyp) za stres in homeostazo, VTA kot izvor dopamina, amigdala (Amy) za čustva, habenula (Hb) za negativne dražljaje in hipokampus (Hippo) za spomin.



Slika prikazuje, kako stresni dogodek vpliva na posameznikovo uspešnost skozi čas glede na njihovo odpornost: tisti z visoko odpornostjo se ne le povrnejo, ampak celo izboljšajo uspešnost ("thriving"), posamezniki z zmerno odpornostjo se povrnejo na prejšnjo raven, tisti z nižjo odpornostjo delno okrevejo, medtem ko tisti z nizko odpornostjo doživijo dolgotrajni upad uspešnosti in ogroženo duševno zdravje (Buenrostro-Jáuregui idr. 2025).

#### 4.9. Os črevesje–možgani - dvosmerna komunikacija

Stres ne vpliva le na naše počutje, temveč neposredno spreminja komunikacijo med možgani in črevesjem. Povezava ki jo imenujemo os črevesje–možgani, je dvosmerna :

**Možgani vplivajo na črevesje** preko avtonomnega živčevja možgani sproščajo neurotransmiterje in hormone, ki uravnavajo motorične in senzorične funkcije prebavil. S tem se odziv črevesja na stres prilagaja, kar lahko vpliva na prebavne procese in absorpcijo hranil.

**Črevesje vpliva na možgane:** črevesni mikrobiom proizvaja metabolite in neurotransmiterje, kot so serotonin, dopamin in GABA, ki preko vagusnega živca in krvnega obtoka pošiljajo signale v limbični sistem in druge dele možganov. Ti signali lahko vplivajo na razpoloženje, kognitivne funkcije in vedenjske odzive (Verma et al., 2024).

##### **Vpliv stresa na črevesno pregrado (puščajoče črevesje)**

Kronični stres je eden ključnih dejavnikov, ki ogrožajo celovitost črevesne pregrade.

**Zmanjšanje beljakovin tesnih stikov:** Stres zmanjša ravni ključnih beljakovin, kot je klavdin-1, ki držijo celice črevesnega epitelija skupaj.

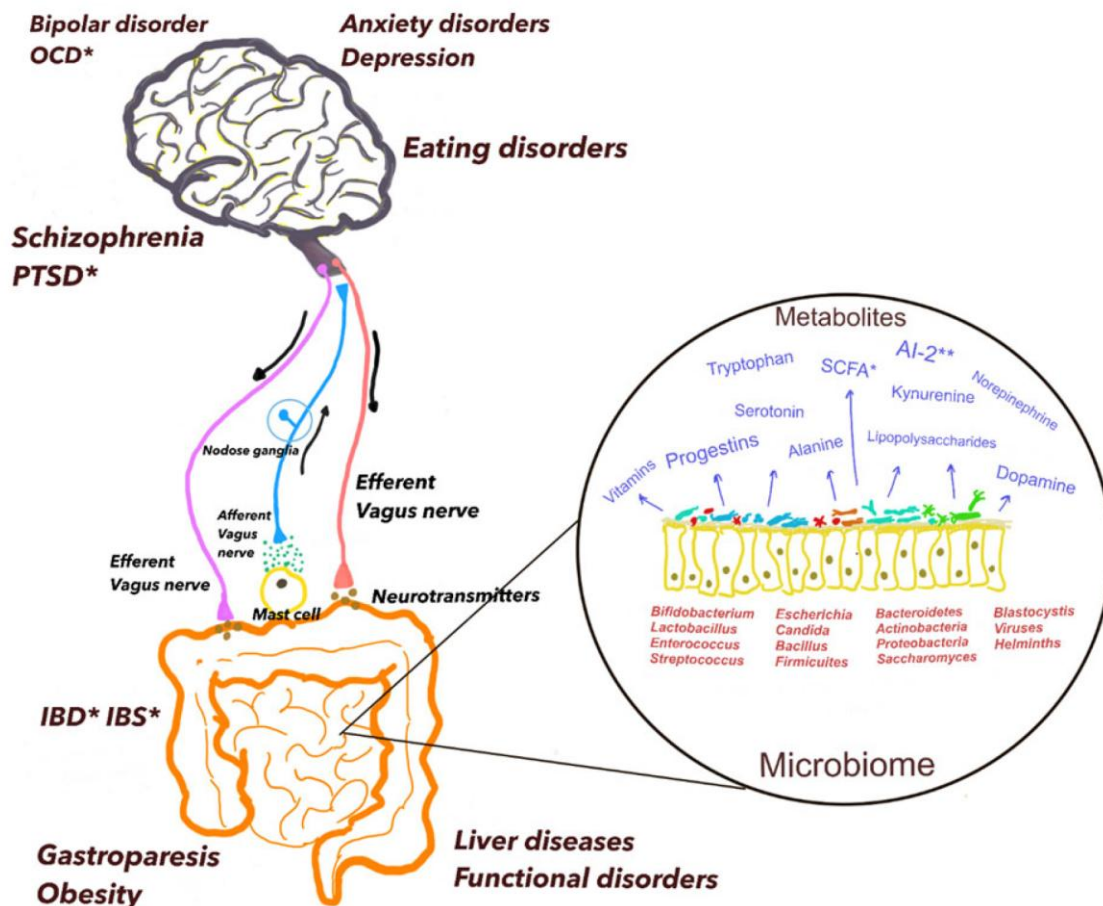
**Povečana prepustnost:** Zaradi oslabiljene pregrade postane črevesje bolj prepustno, kar omogoča prehod bakterij in alergenov v krvni obtok. To sproži vnetne odzive, ki lahko vodijo do nevrovnetij v možganih in prispevajo k razvoju anksioznosti ali depresije.

### Stres in mikrobiom (disbioza)

Stres spreminja okolje, v katerem živijo črevesne bakterije, kar vodi do disbioze - porušenega ravnovesja mikrobioma:

**Zgodnji razvoj:** prenatalni stres lahko spremeni mikrobiom potomcev in vpliva na razvoj osi hipotalamus-hipofiza-nadledvična žleza, kar poveča dovzetnost za stres v odrasli dobi.

**Psihološke posledice:** disbioza, ki jo povzroči stres, lahko poslabša simptome duševnih motenj, kot so posttravmatska stresna motnja (PTSD), anksioznost in depresija.



Slika prikazuje povezavo med črevesjem in možgani. Vagusni živec prenaša signale z neurotransmitterji (serotonin, dopamin, acetilholin, noradrenalin). Aferentna vlakna, ki potujejo skozi nodozne ganglije, reagirajo na aktivacijo mastocitov, mehanske dražljaje, črevesne peptide, neurotransmitterje in mikrobične metabolite.

### **Vloga vagusnega živca**

Vagusni živec (X. možganski živec) deluje kot glavna "avtocesta" za prenos informacij med črevesjem in možgani:

**Senzorični odziv:** Vlakna vagusnega živca se odzivajo na mikrobnе metabolite in hormone, ki se sprostijo med stresnim odzivom.

**Terapevtski potencial:** Stimulacija vagusnega živca se že uporablja kot odobrena metoda za zdravljenje depresije, ki je odporna na običajna zdravila.

#### **Priporočila za obvladovanje stresa in podpore osi črevesje-možgani**

Za ublažitev negativnih učinkov stresa na os črevesje-možgani se poleg klasičnih metod priporočajo:

**Prehrana in probiotiki:** Uživanje sevov *Lactobacillus* in *Bifidobacterium* lahko pomaga izboljšati simptome duševnega zdravja in podpora mikrobiomu.

**Življenjski slog:** Redna fizična aktivnost, meditacija, čuječnost (mindfulness) in zadostna količina spanca so ključni za vzdrževanje zdravega mikrobioma in zmanjševanje vnetnih procesov (Verma 2024).

## **4.10. Triptofan, serotonin in črevesno-možganska-mikrobiomska os pri odpornosti na stres**

Kronični stres predstavlja ključni dejavnik tveganja za razvoj metabolnih motenj (npr. debelost) ter duševnih bolezni, kot sta velika depresivna motnja in anksiozne motnje. Kljub izpostavljenosti stresu večina posameznikov kaže odpornost, ki vključuje aktivne nevrobiološke mehanizme, med katerimi igrajo pomembno vlogo črevesno-možganska-mikrobiomska os, esencialna aminokislina triptofan in njen metabolit serotonin (5-HT).

Triptofan se pretvarja v serotonin prek več poti, ki potekajo tako v centralnem živčnem sistemu kot v črevesju, kjer ga proizvaja tudi mikrobiota. Serotonin uravnava razpoloženje, apetit, spanje in stresni odziv prek HPA osi ter vpliva na vedenje in metabolizem. Črevesna mikrobiota (predvsem *Phyla Firmicutes* in *Bacteroidetes*) proizvaja metabolite, ki modulirajo razpoložljivost triptofana in sintezo serotonina, kar vpliva na možgansko funkcijo prek vagusnega živca, imunskih signalov in hormonov.

Motnje v tej osi, npr. zaradi zahodnjaške prehrane, antibiotikov ali stresa, spremenijo sestavo mikrobiote in zmanjšajo serotonininsko signalizacijo, kar vodi do hiperaktivnosti HPA osi, povečane anksioznosti, depresije in motenj prehranjevanja. Odpornost na stres pa je povezana z uravnoteženo mikrobioto, ki podpira ustrezno presnovo triptofana in serotonina, blaži vnetje ter ohranja nevroplasticnost.

Pomembne so tudi **spolne razlike**: estrogen modulira serotonininski sistem, kar pojasnjuje višjo prevalenco depresije in anksioznosti pri ženskah. Mikrobiota se razlikuje med spoloma, kar vpliva na učinkovitost serotonina v regulaciji apetita in čustev. To nakazuje, da bi terapevtski pristopi, kot so psihobiotiki ali modulacija mikrobiote, lahko imeli različno učinkovitost pri moških in ženskah.

Razumevanje teh mehanizmov odpira nove poti za zdravljenje stresno povezanih motenj s ciljanjem mikrobiote, triptofana in serotonina, pri čemer je treba upoštevati spolne razlike za personalizirano zdravljenje (Xu, Zhou, Shi 2025).

#### **4.11. Vloga črevesne mikrobiote pri odpornosti na stres**

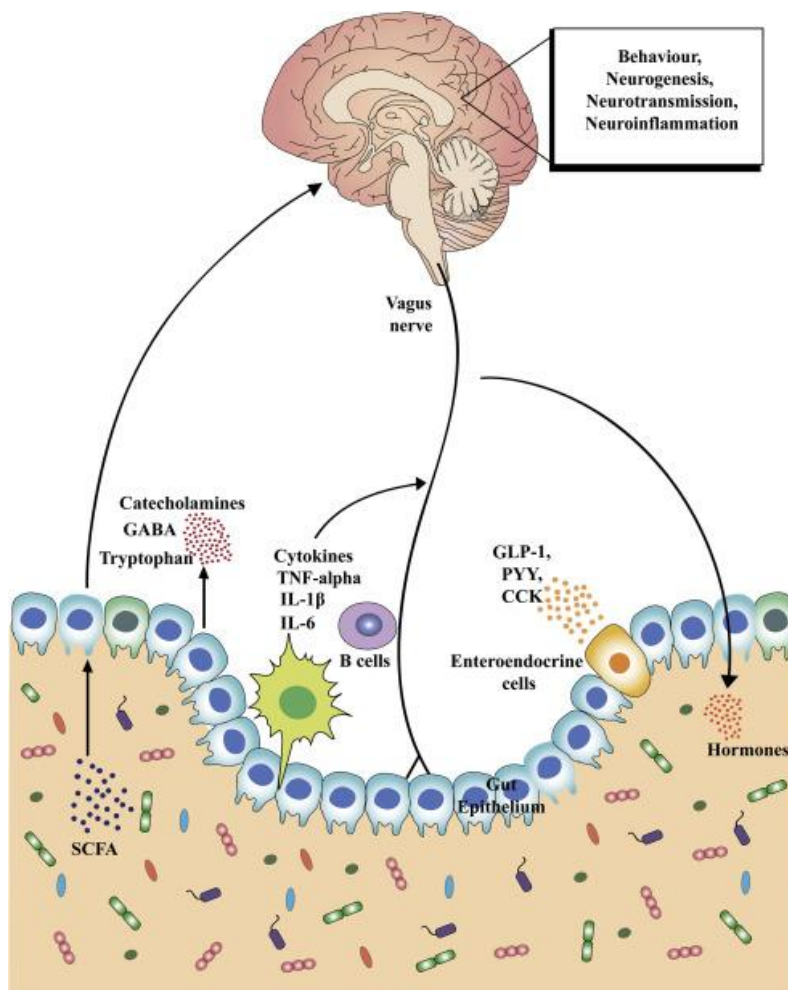
Stres je ključni dejavnik tveganja za razvoj psihiatričnih motenj, kot sta velika depresivna motnja (MDD) in sindrom razdražljivega črevesja (IBS). Kljub izpostavljenosti ekstremnim stresorjem večina ljudi kaže odpornost (resilience) - aktivni proces adaptacije, ki preprečuje razvoj patoloških odzivov.

Črevesna mikrobiota, sestavljena iz trilijonov mikroorganizmov (predvsem bakterij iz rodov Bacteroidetes in Firmicutes), komunicira z možgani prek več poti: živčne (vagusni živec), endokrine (hormoni, kot serotonin), imunske in metabolične (kratko-verižne maščobne kisline). Te komunikacije vplivajo na stresno odzivnost, vedenje in nevroplasticnost.

Študije na živalih brez mikrobov (germ-free miši) kažejo pretiran HPA odziv na stres, ki se normalizira po kolonizaciji z določenimi bakterijami (npr. Bifidobacterium). Zgodnje motnje mikrobiote (antibiotiki, carski rez, stres) lahko trajno spremenijo stresno odzivnost, povečajo anksioznost ali depresijo podobno vedenje ter vplivajo na nevrogenezo v hipokampusu in ekspresijo BDNF.

Uravnavanje mikrobiote (probiotiki, prebiotiki, fekalna transplantacija) blažijo stresne učinke: npr. Lactobacillus znižuje kortikosteron in anksioznost, prebiotiki ščitijo pred stresno inducirano izgubo nevrogeneze

Odpornost na stres je aktivni proces, kjer mikrobiota krepi adaptivne mehanizme (blaženje HPA hiperaktivnosti, ohranjanje nevroplasticnosti)



**Ključne komunikacijske poti osi mikrobiota-črevo-možgani:** Črevesna mikrobiota lahko vpliva na možgane preko več mehanizmov: aktivacija vagusnega živca, sproščanje mikrobičnih antigenov, ki aktivirajo imunske B celice, nastajanje mikrobičnih metabolitov (npr. kratkoverižnih maščobnih kislin) ter signalizacija iz enteroendokrinih celic črevesne sluznice (npr. I-celice sproščajo CCK, L-celice GLP-1, PYY in druge peptide). S temi potmi mikrobiota uravnava ključne možganske procese, kot so neurotransmisija, neurogenza, nevroinflamacija in neuroendokrini odzivi, ki so povezani s stresom. Neravnovesje mikrobiote lahko vodi do sprememb teh procesov in prispeva k stresnim motnjam (Foster, Rinaman, & Cryan 2017).

## 4.12. Fliper efekt: metafora za kompleksno vzročnost



V knjigi *Heal Your Nervous System: The 5-Stage Plan to Reverse Nervous System Dysregulation* dr. Linnee Passaler uporablja metaforo fliper efekta (pinball effect) za opis kompleksne dinamike disregulacije živčnega sistema, ki je tesno povezana s stresom. Stres ni linearen, temveč sproža verižne reakcije, podobne žogici v fliper aparatu. Vzroki in posledice v živčnem sistemu tvorijo povratne zanke (feedback loops), ker en dejavnik sproži drugega to otežuje identifikacijo izvora problema.

Živčni sistem deluje kot fliper aparat, kjer mitohondriji (celične elektrarne) in možganska ožičenja delujejo kot lopatke (flippers), ki usmerjajo signale po telesu. Ko en element odpove, npr. zaradi kroničnega stresa, se signal odbija v napačno smer, kar vpliva na druge sisteme (imunski, prebavni, kožni, hormonski). To vodi v kaskado simptomov, kot so vnetja, čustvena disregulacija, utrujenost ali anksioznost.

Stres lahko poškoduje mitohondrije, kar zmanjša energijo celic in poslabša možgansko plastičnost, ta pa nato poveča občutljivost na stres, kar ustvari začaran krog.

Fliper efekt je vzrok in posledica disregulacije. Vgrajen alarm iz otroštva lahko sproži disregulacijo, ki jo stres ohranja; osamljenost poveča stresne hormone, kar vpliva na metabolizem; antibiotiki lahko porušijo mikrobiom in sprožijo generacijske učinke.

**Možganska ožičenja in stresna odzivnost:** Kronični stres preoblikuje nevronske poti, zlasti v amigdali (možganski alarmni sistem) in hipokampusu (spomin in regulacija). To zmanjša fleksibilnost stresnega odziva, kar vodi v zamrznjene

reakcije (fight-flight-freeze). Živčni sistem je kot glina (play-dough), ki jo lahko preoblikujemo z vajami in terapijo.

**Mitochondriji in energijski vidik:** Stres poškoduje mitochondrije, ki proizvajajo energijo (ATP) za celice, vključno z nevroni. To povzroči fliper kaskado: Zmanjšana energija vodi v hormonsko neravnovesje, metabolne motnje in duševne težave (npr. depresija, anksioznost). Generacijski prenos (mitochondrijska DNK matere) pojasnjuje, zakaj stres v nosečnosti vpliva na otrokovo nevrološko občutljivost.

**Občutljivost (sensitivity) in stres:** Visoko občutljivi posamezniki imajo genetsko in nevrološko nagnjenost k močnejšim stresnim odzivom, kar pospeši disregulacijo. Stres poveča fiziološko reaktivnost, kar vpliva na imunski sistem in mikrobiom,

Metafora fliperja ponazarja, da disregulacija zaradi stresa ni preprosta bolezen, ki jo odpraviš z zdravili, temveč zahteva celostni pristop, saj so vzroki in učinki prepleteni. Avtorica predlaga prekinitvev tega kroga z majhnimi, konsistentnimi intervencijami, ki izboljšajo mitochondrijsko funkcijo, občutljivost in možgansko ožičenje (Passaler 2024).

#### **4.13. Psihološko posredovani, heterogeni in dvosmerni učinki vsakodnevnega stresa**

Članek Megan R. Goldring in Nialla Bolgerja predstavlja integriran model, ki povezuje dnevne stresorje s psihološko stisko in fizičnimi simptomi, pri čemer poudarja, da so ti učinki psihološko posredovani, heterogeni med posamezniki ter dvosmerni.

**Psihološko posredovanje (mediation):** Dnevni stresorji (npr. prepiri, prometne zamude) povečajo psihološko stisko (tesnobo, jezo), ki nato povzroči fizične simptome (npr. glavobole, mišično napetost). Neposredni učinek stresorjev na simptome brez stiske je zanemarljiv, stiska je ključni mediator.

**Dvosmernost (bidirectionality):** Psihološka stiska lahko vodi do več stresorjev fizični simptomi pa do več stiske. Slabo razpoloženje posameznika poveča verjetnost novih stresorjev (prepiri zaradi razdražljivosti).

**Povratne zanke (feedback loops):** Kljub dvosmernosti so povratne zanke majhne in hitro ugasnejo. Povratne zanke nimajo pomembnega vpliva na fizične simptome do konca dneva, v nasprotju z avtorjevimi pričakovanji.

**Heterogenost (medosebne razlike):** Učinki se močno razlikujejo med posamezniki. To kaže na nujnost personaliziranih intervencij, saj tradicionalne teorije stresa ne zadoščajo za razlago medosebnih razlik.

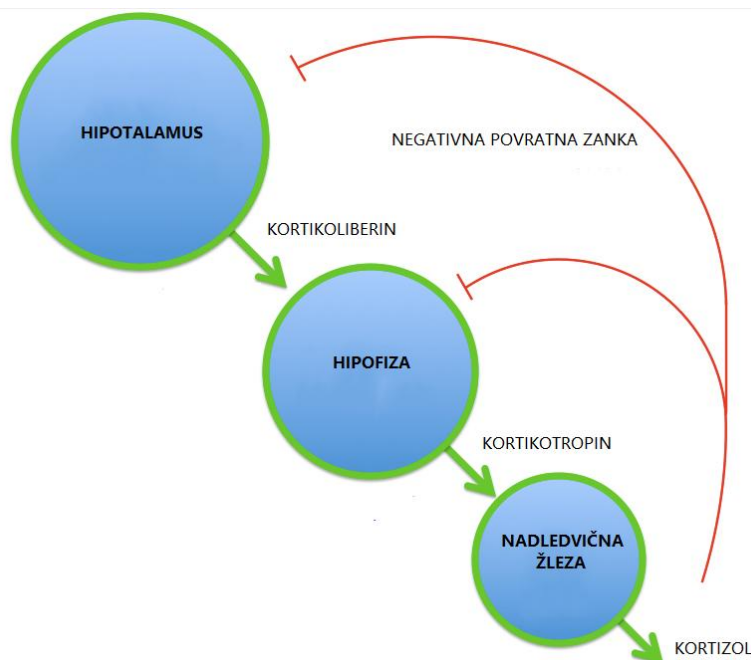
Rezultati podpirajo intervencije, kot je čuječnost, za zmanjšanje stiske, vendar poudarjajo, da intervencije niso univerzalne zaradi individualnih razlik (Goldring, Bolger 2023).

## 4.14. Možgani pod stresom: od celic do duševnih motenj

Nastja Tomat [SiNAPSA](#), 2. december 2025

[https://www.sinapsa.org/eSinapsa/clanki/217/mozgani\\_pod\\_stresom\\_od\\_celic\\_do\\_dusevni\\_motenj](https://www.sinapsa.org/eSinapsa/clanki/217/mozgani_pod_stresom_od_celic_do_dusevni_motenj)

Začetke preučevanja fiziologije stresa označuje delo Walterja Cannona, ki je identificiral vlogo simpatičnega živčnega sistema pri oblikovanju odziva »boj ali beg«, in delo Hansa Seyla, ki je pokazal na pomembnost glukokortikoidov ter osi hipotalamus-hipofiza-nadledvična žleza pri uravnavanju stresnega odziva.



Vpliv stresa na možgane se kaže na ravni molekul, nevronov, strukture možganov in celotnega organizma. Veliko raziskav se je osredotočalo na tri možganske strukture hipokampus, amigdalo in prefrontalni reženj. Ta področja tvorijo tridelno kortikolimbično omrežje, ki pri različnih vrstah uravnava tako odzivanje na akutne kot dolgotrajne stresorje. Hipokampus igra vlogo pri vkodiranju kompleksnih informacij iz okolja, ki so povezane z grožnjami, prek glukokortikoidnih receptorjev pa podaja povratne informacije osi hipotalamus-hipofiza-nadledvična žleza, ki uravnava stresni odziv.

Stres se povezuje tako z razvojem možganov kot z nevroplastičnostjo v odraslosti. Škodljivi vplivi stresa v zgodnjih obdobjih življenja, še posebej v obporodni dobi, se lahko kažejo tudi v odraslosti, spremenijo potek staranja možganov in prek

negenetskega prenašanja fizioloških in vedenjskih značilnosti vplivajo celo na več generacij. Raziskave o vplivu stresa na amigdalo nakazujejo na stres kot dejavnik tveganja za nastanek različnih patoloških stanj, kot so depresivne in anksiozne motnje, shizofrenija in številna odvisniška vedenja. Raziskave so se osredotočale bodisi na akutni stres, ki sproži epizodo motnje, bodisi na povezavo med stresom v zgodnjem obdobju življenja in boleznijo v odraslosti. Oblikovanje varne navezanosti na eni strani ter zanemarjanje in zloraba na drugi se povezujejo s posameznikovim doživljanjem in vedenjem v socialnem okolju pozneje v življenju. Travmatske izkušnje, zanemarjanje v otroštvu in nizka stopnja zaznane socialne podpore so stresorji, ki se pogosto pojavljajo pri posameznikih, ki razvijejo anksiozne motnje ali PTSM.<sup>3</sup> Rastoče polje raziskav preučuje epigenetske mehanizme, ki so lahko v ozadju dolgoročnih učinkov stresa. Dokazi o nevroplastičnosti in celo nevrogenezi v odraslosti kažejo na možnosti lajšanja, ustavljanja in izničenja posledic stresa v zgodnjih obdobjih življenja.

## 4.15. Kako možgani reagirajo na stres

<https://www.sfn.org/publications/neuroscience-quarterly/spring-2018/inside-neuroscience>

<https://www.youtube.com/watch?v=wR2HA1tU4zc&t=1s>

### **Inside Neuroscience: How the Brain Reacts to Stress**

»Danes je stres ena najpogostejše uporabljenih besed v angleškem jeziku,« je dejal Bruce McEwen, vodja laboratorija za neuroendokrinologijo Harolda in Margaret Milliken Hatch na Univerzi Rockefeller in moderator tiskovne konference Neuroscience 2017 o vplivu stresa na možgane.

Dober stres res obstaja, toda ko večina od nas pomisli na stres, pomislimo na slab stres, ki ima negativne posledice, če ga ne nadzorujemo. Takšen stres je prisoten v našem življenju, od majhnih vsakodnevnih stresorjev, s katerimi se vsi soočamo, do večjih življenjskih dogodkov, kot sta izguba ljubljene osebe ali službe, do travmatičnih izkušenj nekaterih otrok, vojakov in drugih. Nekateri od teh stresorjev so znosni, drugi pa so strupeni in lahko pospešijo bolezenske procese v telesu in možganih.

Čeprav je dobro znano, da lahko kronični stres povzroči ali poslabša nevrološke, sistemske in duševne motnje, pa tudi nagnjenost k motnjam, ki se razvijejo pozneje v življenju, so mehanizmi, s katerimi se to dogaja, še vedno relativno neznani.

Raziskava, predstavljena na tiskovni konferenci, si prizadeva poglobiti razumevanje nevroloških učinkov stresa in izboljšati našo sposobnost obvladovanja in morebitnega odpravljanja njegovih negativnih učinkov. V tej raziskavi igra pomembno vlogo visoka ali dolgotrajna povišana raven kortizola, glukokortikoidnega hormona, čeprav je pomembno vedeti, da ima kortizol, kadar ni v presežku, tudi številne pozitivne učinke, ki so potrebni za normalno delovanje, prilagajanje in preživetje.

### **Prepoznavanje biološkega zapisa travme**

Travma v otroštvu lahko povzroči dolgoročne zdravstvene in vedenjske težave, kot je posttravmatska stresna motnja (PTSM), zato je zgodnje odkrivanje travme ključnega pomena za preprečevanje nadaljnje zlorabe in odpravljanje teh negativnih posledic. Da bi ugotovili, ali travmo spremljajo potencialni biomarkerji, ki bi jih lahko uporabili za identifikacijo mladih žrtev zlorabe v otroštvu, je skupina raziskovalcev na Centru za zdravstvene vede Univerze v Novi Mehiki preučevala otroke, ki so utrpeli travmo in so se zdravili s kognitivno vedenjsko terapijo, da bi ugotovili, ali je travma sprožila dolgoročne, vztrajne epigenetske spremembe.

Raziskovalci so raziskali manjkajočo povezavo med metilacijo DNK, reverzibilnim biokemičnim procesom, ki gene vklopi ali izklopi z dodajanjem metilne skupine zaporedju DNK, in dolgotrajnimi povišanimi ravnmi kortizola, telesnim odzivom na dolgotrajni stres, ki lahko potencialno spremeni proces metilacije in s tem izražanje genov. S primerjavo ravni kortizola, izmerjenih iz vzorcev otroških las, in vzorcev metilacije DNK v slini, so raziskovalci potrdili to povezavo.

»Pri **travmatiziranih otrocih s povišanim kortizolom smo odkrili 174 spremenjenih genov**,« je dejala soavtorica študije Brianna Mulligan. »To so spremembe celotnega telesa, globalne spremembe.«

### **Vloga astrocitov pri odzivu na strah po stresu**

Nevroznanstveniki na Univerzi Severne Karoline v Chapel Hillu so odkrili povezavo med astrociti, specializiranimi glialnimi celicami, ki so ključne za delovanje in zdravje možganov, in hiperreaktivnostjo možganov na strah po izpostavljenosti stresu. Kortizol ni edini mediator, ki sodeluje pri učinkih stresa. Prejšnje delo je pokazalo, da preprečevanje sproščanja določenega proteina, povezanega z odzivom možganov na stresorje, interleukina-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), preprečuje razvoj simptomov pri živalih, podobnih simptomom posttravmatske stresne motnje (PTSM). Z neposredno manipulacijo astrocitov, ki proizvajajo IL-1 $\beta$ , ki ga povzroča stres, so znanstveniki lahko preprečili njegovo sproščanje, kar se je pokazalo kot zmanjšanje strahu in tesnobe. To je učinkovito vzpostavilo povezavo med astrociti in odzivom na stres ter raziskovalce približalo razumevanju nevrobiologije PTSM.

»Naši podatki kažejo, da je že samo signaliziranje astrocitov zadostno za vpliv na to, kako stresor spremeni način, kako se živali učijo o strahu,« je dejala Meghan Jones, glavna avtorica študije. »To bi nakazovalo, da bi nam preučevanje funkcije astrocitov v kontekstu človeške posttravmatske stresne motnje lahko na koncu pomagalo bolje pomagati ljudem.«

### **Kako lahko očetov stres vpliva na njegove potomce**

Stres lahko vpliva ne le na možgane posameznika, temveč tudi na možgane njegovih potomcev. V znani študiji, izvedeni v Överkalixu na Švedskem, so raziskovalci ugotovili, da so imeli dedki, ki so preživeli čas lakote, vnuke, ki so živeli dlje kot dedki, ki so živeli v času izobilja. Navdihnjeni s to študijo so se znanstveniki na Univerzi v Pensilvaniji lotili raziskovanja, kako lahko očetove stresne izkušnje spremenijo izražanje genov v njegovi spermi.

»Eno vprašanje, na katero še ni odgovora, je: Kako očetove izkušnje spremenijo njihove zarodne celice? Kateri senzor v očetovem reproduktivnem traktu lahko zazna

spremembe v okolju in to prevede v epigenetsko programiranje v spermi?» je dejala Jennifer Chan, glavna avtorica študije.

Zdi se, da ima v tem procesu pomembno vlogo glava obmodka, kjer dozorevajo spermiji. V stresnih obdobjih so raziskovalci opazili povečane ravni glukokortikoidnega receptorja (GR), regulatorja genov, v glavi obmodka in domnevali, da GR spremeni programiranje mikroRNA v spermi in s tem izražanje genov pri potomcih.

Da bi preizkusili to hipotezo, so raziskovalci povzročili stres in nato znižali raven GR v epididimisu odraslih mišjih samcev. To je normaliziralo disreguliran stresni odziv pri potomcih, kar kaže na to, da je GR lahko dejansko pomemben mediator pri ustvarjanju ali spreminjanju mikroRNA sperme v tej kritični fazi. Prihodnje raziskave bodo usmerjene v iskanje podpisa RNA v spermi, ki kaže na predhodno izpostavljenost toksičnemu stresu pri ljudeh.

### **Moč nevrogeneze za zmanjšanje stresa**

Hipokampus, predel možganov, kjer poteka učenje strahu, je občutljiv na učinke stresa in je sposoben precejšnje strukturne plastičnosti, vključno z nevrogenezo, kot odziv na izkušnje, vključno s stresorji. Raziskovalci na Univerzi Columbia so raziskovali, ali lahko spodbujanje nevrogeneze oziroma ustvarjanje novih celic v hipokampusu naredi možgane bolj odporne na negativne učinke stresa.

Miši, ki so bile gensko spremenjene za proizvodnjo obilice novih hipokampalnih celic, so pokazale manjšo aktivnost v hipokampusu kot odziv na kronični stres in s tem manj tesnobe. Veljalo je tudi nasprotno: ko so bile izpostavljene stresu, so miši, gensko spremenjene za proizvodnjo manj novih hipokampalnih celic, pokazale večjo aktivnost v celicah, ki se odzivajo na stres, kar je povzročilo večjo tesnobo. Z uporabo miniaturnih mikroskopov, pritrdjenih na glave miši, so raziskovalci opazovali aktivnost v mišjih možganih, da bi dokazali, da se je ta povečana celična aktivnost pojavila sočasno s stresno izkušnjo, kar je zagotovilo nov vpogled v vzročno povezavo med nevrogenezo in odzivom na stres.

Po mnenju raziskovalcev bi lahko pri nekaterih bolnikih spodbujali dejavnosti, ki spodbujajo nevrogenezo, kot sta telesna vadba in življenje v obogatenem okolju, razvili pa bi lahko tudi zdravila, ki bi neposredno vplivala na hipokampus. »Razvili bi lahko nove antidepresivne tarče za povečanje števila novih možganskih celic ali neposredno utišanje celic, ki se odzivajo na stres,« je dejal Christoph Anacker, glavni avtor študije.

### **Bakterije, ki se borijo proti stresu**

Kombinacija pomanjkanja spanca in stresnih izkušenj je »dvojni udarec«, ki povečuje našo potencialno ranljivost za toksični stres; vendar so raziskovalci Univerze Northwestern odkrili, da lahko *Mycobacterium vaccae*, neškodljiva bakterija, ki jo najdemo v tleh, pri miših blaži te negativne učinke.

Ko so raziskovalci miši izpostavili dvojnemu udarcu pomanjkanja spanca in stresa, se te niso mogle naučiti naloge. Ko pa so raziskovalci mišim vbrizgali bakterijo pred izpostavljenostjo dvojnemu udarcu pomanjkanja spanca in stresa, so miši pokazale odpornost na stres in so se lahko naučile nove naloge. Podatki kažejo, da bakterija

pomaga modulirati vnetje, kar je obetavno za mikrobo imunost kot potencialno terapevtsko tarčo.

»Preučevanje črevesnih bakterij in bakterij v našem okolju, ki jim pravimo 'stari prijatelji', s katerimi smo se sočasno razvijali ... kot potencialne terapevtske tarče, ima potencial za preprečevanje in zdravljenje psihiatričnih in nevrobioloških motenj,« je dejal raziskovalec Samuel Bowers.

### **Možgani so dinamičen organ**

Študije prispevajo k našemu vedno večjemu razumevanju načinov, kako se možgani odzivajo na stres, s sočasnimi učinki na telo. »Možgani so bili po rojstvu nekoč obravnavani kot nespremenljiv organ, zdaj pa vemo, da so dinamični v svoji strukturi in delovanju ter da doživljajo prilagodljivo plastičnost, a so tudi ranljivi za poškodbe,« je dejal McEwen.

Čeprav toksičnega stresa ni mogoče povsem preprečiti, ga je mogoče narediti bolj znosnega, če bolje opredelimo odnose med stresom, možgani in fiziologijo. Razumevanje teh odnosov lahko nato vodi do strategij za ublažitev njegovih takojšnjih in dolgoročnih učinkov.

## **4.16. Stresna os struktura in funkcija**

Sestavni del tega potfolia je moj esej in prezentacija o stresni osi.

### **1. Definicija stresa in zgodovina**

Stres je nespecifični odziv organizma na dražljaje, ki aktivira HPA os in vodi do sproščanja kortizola. Po Hansu Selyeju (1936) je stres del generalnega adaptacijskega sindroma (alarm → odpornost → izčrpanost). Transakcijski model (Lazarus & Folkman, 1984) dodaja kognitivno oceno kot ključni dejavnik, ki modulira nevroendokrino aktivacijo.

### **2. Struktura in funkcija HPA osi**

Hipotalamus sprošča CRH, hipofiza ACTH, nadledvična žleza pa kortizol. Kortizol uravnava energijo, imunski sistem in cirkadiani ritem ter deluje prek negativne povratne zanke za ohranjanje homeostaze. Kronični stres vodi do nevroplastičnih sprememb: atrofija hipokampusa, hiperaktivnost amigdale in zmanjšana funkcija prefrontalnega korteksa.

### **3. Evolucijski vidik**

Stresna os se je razvila od primitivnih interrenalnih celic pri ribah do kompleksne povezave HPA osi s limbičnim sistemom pri sesalcih. Evolucijsko omogoča socialno regulacijo in kognitivni nadzor, vendar sodobni kronični stres izhaja iz neskladja med starodavnimi prilagoditvami in modernim okoljem.

### **4. Razvoj in spolne razlike**

HPA os se oblikuje že v fetalnem obdobju (placenta CRH), zgodnji stres pa epigenetsko programira možgane. Ženske so zaradi estrogena bolj občutljive na

stres, moški zaradi testosterona manj. Te razlike pojasnjujejo spolno specifično tveganje za depresijo in anksioznost.

### **5. Interakcije z avtonomnim živčnim sistemom in mikrobiomom**

Simpatični živčni sistem omogoča hiter boj/beg odziv, parasimpatični (vagus) umirja telo. Mikrobiom vpliva na HPA os preko vagusa, citokinov in nevrottransmitterjev, disbioza pa povečuje reaktivnost na stres in tveganje za duševne motnje.

### **6. Nevroplastični učinki in strategije umiritve**

Kronični stres povzroča strukturne in funkcionalne spremembe možganov, vključno z zmanjšano neurogenezo. Umiritiv HPA osi je možna z dihalnimi tehnikami, meditacijo, gibanjem, socialnim stikom in stimulacijo parasimpatičnega sistema (ventralni vagus, oksitocin).

*It is the whole brain, not just a small piece of it, that manages stress responses and tries its best to integrate the capacities of the entire mind-body of the organism. Mary Dallman*

Možgani integrirajo um in telo (Mary Dallman), disregulacija stresne osi vodi v bolezni. Razumevanje nevroznanstvenih mehanizmov omogoča boljše obvladovanje stresa za izboljšanje zdravja. Stresna os je evolucijsko in nevrobiološko ključna za preživetje in prilagajanje, a kronični stres povzroča nevroplastične in epigenetske spremembe, ki prispevajo k sodobnim duševnim in telesnim motnjam. Razumevanje strukture, regulacije stresne osi in povezav z mikrobiomom ter avtonomnim živčnim sistemom omogoča razvoj učinkovitih intervencij.

Prezentacija Stresna os osvetljuje HPA os kot ključen neuroendokrini mehanizem odziva na stres, z osredotočenostjo na njeno strukturo, funkcijo in sodobne raziskave. Predstavlja definicije in vrste stresa, od akutnega do kroničnega ter pozitivnega in negativnega, ter poudarja univerzalnost stresnega odziva. Razloži hipotalamus-hipofiza-nadledvična žleza os in njeno povezavo z avtonomnim živčnim sistemom ter energijsko regulacijo, vključno z negativno povratno zanko, ki uravnava kortizol. Prezentacija prikazuje zgodovinski razvoj raziskav stresa, od Hans Selyeja do sodobnih nevroznanstvenih metod, in razloži, kako stres uravnava presnovo, imunski sistem in cirkadiani ritem. Poseben poudarek je na praktičnih strategijah za obvladovanje stresa, kot so dihalne tehnike, socialna podpora in vpliv mikrobioma, ter na nevroznanstveni vpogled v povezavo med možgani, črevesjem in avtonomnim sistemom. Zaključek izpostavlja, da je HPA os evolucijski prilagodljiv mehanizem, vendar kronični stres vodi do nevroloških sprememb, zato je ključna ozaveščenost in aktivno uravnavanje stresa (Florjanič 2025 eseji in objave).

\*\*\*

Za lažje razumevanje stresa in praktične podpore pri obvladovanju duševne obremenitve so na voljo koristna gradiva, ki združujejo teoretično znanje in praktične

nasvete: predstavitev in video dr. Petre Roth Jelenko ter brošura o polivagalni teoriji Ed Siplerja.

Predstavitev **Tudi najmočnejši včasih omagajo** iz programa OMRA obravnava stres med kmeti in ponuja konkretne napotke za obvladovanje stresa. Opisuje definicijo stresa, kroničnega stresa, dejavnike tveganja, kot so dednost in osebnostne lastnosti, ter pogoste sprožilce, med katerimi izstopajo finančne težave in izgube. Predstavitev razlaga stresni odziv (telesni, vedenjski in čustveni) ter opozarja na prepričanja, ki pogosto ovirajo iskanje pomoči. Za vsakodnevno obvladovanje stresa predlaga praktične ukrepe, kot so dihalne vaje, kratke pavze, raztezanje in vodenje dnevnika hvaležnosti, ter nudi seznam virov strokovne pomoči (Roth Jelenko, 2025).

Video posnetek **Tudi najmočnejši včasih omagajo** nadgrajuje predstavitev, osredotočeno na skrb zase, prepoznavanje izgorevanja in krepitev duševne moči v vsakdanjem življenju. Dr. Roth Jelenko pojasnjuje, kako prepoznati kronični stres in njegove sprožilce ter ponuja praktične napotke za samopomoč.

Dr. Roth Jelenko opozarja na omejujoča prepričanja, kot so: "o težavah se ne govori", "jaz zdržim vse" ali "pogovor je izguba časa". Poseben poudarek daje premagovanju teh prepričanj, saj lahko ovirajo iskanje pomoči.

V praktičnem delu predstavi različne metode za lajšanje stresa in krepitev duševnega zdravja:

- **Dihalne vaje**, ki pomagajo umiriti telo in misli.
- **Tehnike prizemljitve** metoda "tri trojke": ob močni napetosti preusmerite pozornost na tri stvari, ki jih vidite, tri zvoke, ki jih slišite, ter tri stvari, ki jih lahko začutite, na primer tri predmete, ki se jih dotikate, ali tri dele telesa, ki jih premaknete.
- **Dnevna rutina**, ki vključuje kratke premore, opazovanje narave, raztezanje in vodenje dnevnika hvaležnosti pred spanjem.

Video se zaključuje z mislijo, da je skrb zase in vztrajanje pri rednih odmorih metaforično imenovanih "brušenje sekire" nujna za dolgoročno zdravje in učinkovitost (Program OMRA, 2025).

Kako počasi omagamo v kronični stres

**UTEŽ POD LADJICO.** Dejavniki tveganja, ki poveča občutljivost za stres (dednost, osebnostne lastnosti), izključuje iz družine, osebnostne lastnosti.

**DODATNO BREME.** (sprožitec - življenjski dogodki), zato se pogosto sproži se stresna reakcija.

**DODATNA STALNA UTEŽ.** Ni izbirljivo, kar se pridruži dejavnik, ki odpravi stres - na primer izogibanje.

Kaj lahko v stiski naredimo sami?

- Tehnika prizemljitve 3-3-3
- V mislih se pogovorimo s človekom, ki mu zaupamo
- Trebušno dihanje
- Miselne igre
- Hoja ali druga telesna dejavnost

Tudi najmočnejši včasih omagajo: kako si pomagati in kje poiskati oporo?

Dr. Roth Jelenko stres ponazori s prisposobno ladjice. Utež pod gladino predstavlja dejavnike tveganja (dednost, osebnostne lastnosti), bomba na krovu pa sprožilce.

Brošura **Making our nervous system work for us** predstavlja polivagalno teorijo, ki pojasnjuje, kako naš živčni sistem uravnava občutke varnosti in nevarnosti. Gradivo opisuje nevrocepcijo kot notranji detektor nevarnosti, hierarhični stresni odziv (varnost → boj/beg → zamrznitev) ter vlogo vagusnega živca pri uravnavanju telesnih in čustvenih odzivov. Ponuja praktične strategije za obvladovanje tesnobe in izboljšanje počutja, kot so umirjanje s pomočjo dihanja, samopomirjanje, spremljanje notranjih stanj z zemljevidi, razvijanje fleksibilnosti in povezovanja z drugimi.

Gradivo ponujajo celovit pristop k razumevanju stresa: od prepoznavanja telesnih in čustvenih signalov, praktičnih vsakodnevnih vaj in samopomoči, do razumevanja nevrobioloških procesov, ki oblikujejo naše odzive (Sipler, 2021).

**Ilustriran priročnik Svetovne zdravstvene organizacije *Doing what matters in times of stress: An illustrated guide*** je poljuden vodnik, ki ponuja praktične, znanstveno utemeljene vaje in tehnike, kot so čuječnost, prizemljitev in dihalne vaje, namenjene odraslim v težkih življenjskih obdobjih ali krizah. Vodnik je zasnovan tako, da ga lahko vsakodnevno uporablja vsakdo, brez strokovne pomoči. Enostavne ilustracije in kratke vaje omogočajo zmanjšanje psihološke stiske ter izboljšanje splošnega počutja, z le nekaj minutami na dan (World Health Organization 2020).

\*\*\*

Pisanje eseja me je popeljalo k poglobljenemu razumevanju stresa kot izkušnje telesa in duha. Stres ni le dogodek, temveč kompleksno prepletanje med tem, kar se nam zgodi, našimi interpretacijami in telesnimi odzivi. Stresni odziv je rezultat usklajenega delovanja možganov, avtonomnega živčnega sistema in endokrine regulacije. Ta mehanizem je evolucijsko smiseln in nujen za preživetje, vendar postane problematičen, kadar je kronično aktiviran ali neustrezno reguliran.

Ključen koncept je alostatična preobremenitev, pri kateri organizem aktivno prilagaja svoje notranje ravnovesje. Alostaza omogoča prilagajanje na stresne dražljaje, vendar ima dolgotrajna aktivacija tega sistema svojo ceno. Kronično povišane ravni kortizola lahko vodijo do sprememb v možganskih strukturah, kot je hipokampus, ter motenj v negativni povratni zanki, kar pojasnjuje, zakaj se nekateri posamezniki v stresnih situacijah »zataknejo« in težje ponovno vzpostavijo ravnovesje.

Sodobne raziskave razkrivajo tudi epigenetsko dimenzijo stresa. Stresni mediatorji lahko trajno vplivajo na izražanje genov, kar pomeni, da se izkušnje vtisnejo v naš biološki zapis. Možgani si tako stresa ne zapomnijo le na ravni spomina, temveč tudi na ravni celičnih in genetskih sprememb. Naša preteklost je zapisana v telesu, kar še dodatno izpostavlja pomen zgodnjih izkušenj in dolgotrajnih obremenitev.

Hkrati pa stres ni vedno škodljiv. Koncept stresne inokulacije kaže, da zmerna izpostavljenost stresu lahko okrepi odpornost in posameznika bolje pripravi na prihodnje izzive. Tako se krivulja odziva na stres premakne in omogoča učinkovitejše soočanje z obremenitvami. Odpornost ni pasiven pojav, temveč aktiven proces, ki vključuje plastičnost možganov, podporne odnose in notranje regulacijske mehanizme.

Biološka odpornost ima tudi svoje biološke mediatorje. Mednje sodita DHEA, ki uravnoveša učinke kortizola, ter neuropeptid Y, ki blaži stresni odziv in podpira čustveno stabilnost. Pomembno vlogo ima tudi krvno-možganska pregrada, katere trdnost preprečuje vdor vnetnih dejavnikov v možgane.

Stresni odziv se ne odvija samo preko ene poti, temveč skozi sodelovanje več regulacijskih osi. Poleg hipotalamično-hipofizno-nadledvične osi pomembno vlogo igra simpatično-adrenalna os ter interakcije z imunskim sistemom. Vegetativni živčni sistem omogoča uravnavanje telesnega ravnovesja: simpatični del mobilizira energijo, parasimpatični pa omogoča regeneracijo in umirjanje. Ravnovesje med obema je ključno za dolgoročno zdravje.

V zadnjih letih se vse bolj razkriva tudi pomen črevesnega mikrobioma, ki preko osi črevo–možgani vpliva na stresne odzive, razpoloženje in kognitivne procese. Odnos je dvosmeren, psihološki stres spreminja črevesno floro, ta pa povratno vpliva na delovanje možganov in hormonskega sistema.

Posebej zanimivi so tudi nelinearni kaskadni učinki, kjer majhni dražljaji sprožijo nesorazmerno velike odzive. Ti procesi kažejo, da stres ni vedno predvidljiv, kopiči se lahko do točke preloma. Misli vplivajo na telo, telesni signali pa povratno oblikujejo čustva in zaznave, kar potrjuje, da stres ni nekaj zunanega, temveč proces, ki ga soustvarjamo.

Utemeljeno je tudi opozorilo Jeroma Kagana, da je pojem stresa pogosto preveč ohlapen. Ključnega pomena ni le dogodek sam, temveč način, kako ga posameznik

interpretira, kar potrjuje subjektivno naravo stresne izkušnje in pomen individualnih razlik.

Celostno razumevanje stresa zahteva povezovanje nevrobiologije, psihologije, imunologije in socialnih dejavnikov. Stres lahko vodi v izčrpanost in bolezni, a ob ustrezni regulaciji, podpori in zavedanju postane tudi priložnost za rast in preoblikovanje. Prav v raznolikosti vidikov stresa se skriva ključ do globljega razumevanja človeka kot celostnega, dinamičnega in prilagodljivega bitja.

## 4.17. Gradivo stres

Stresna os esej in prezentacija Mihael Florjanič je dostopno na povezavi <https://portfolio.navitas-sana.com/portfolio/> mapa Nevroznanost portfolio eseji in objave

Gradivo o stresu je dostopno <https://portfolio.navitas-sana.com/portfolio/> mapa Nevroznanost stres

Bolger, N., DeLongis, A., Kessler, R. C., & Schilling, E. A. (1989). Effects of daily stress on negative mood. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(5), 808-818. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.5.808>

Buenrostro-Jáuregui, M. H., Muñoz-Sánchez, S., Rojas-Hernández, J., Alonso-Orozco, A. I., Vega-Flores, G., Tapia-de-Jesús, A., & Leal-Galicia, P. (2025). A comprehensive overview of stress, resilience, and neuroplasticity mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(7), 3028. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11988468/>

Foster, J. A., Rinaman, L., & Cryan, J. F. (2017). Stress & the gut-brain axis: Regulation by the microbiome. *Neurobiology of Stress*, 7, 124-136. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352289516300509>

Ghasemi, F., Beversdorf, D. Q., & Herman, K. C. (2024). Stress and stress responses: A narrative literature review from physiological mechanisms to intervention approaches. *Journal of Pacific Rim Psychology*, 18, 1-20. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/18344909241289222>

Goldring, M. R., & Bolger, N. (2023). Physical effects of daily stressors are psychologically mediated, heterogeneous, and bidirectional. *Journal of Personality and Social Psychology*, 124(4), 722-746. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34807700/>

Kagan, J. (2016). Why Stress Remains an Ambiguous Concept: Reply to McEwen & McEwen (2016) and Cohen et al. (2016). *Perspectives on Psychological Science*, 11(4), 464-465. <https://psycnet.apa.org/record/2016-37625-005>

Kalisch, R., Russo, S. J., & Müller, M. B. (2024). Neurobiology and systems biology of stress resilience. *Physiological Reviews*, 104(3), 1205-1263.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38483288/>

Lazarus, R. S. (1993). From psychological stress to the emotions: A history of changing outlooks. *Annual Review of Psychology*, 44(1), 1-21.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.ps.44.020193.000245>

McEwen, B. S., in McEwen, C. A. (2016). Response to Jerome Kagan's essay on stress (2016). *Perspectives on Psychological Science*, 11(4), 451-455.  
[https://www.researchgate.net/publication/305743973\\_Response\\_to\\_Jerome\\_Kagans\\_Essay\\_on\\_Stress\\_2016](https://www.researchgate.net/publication/305743973_Response_to_Jerome_Kagans_Essay_on_Stress_2016)

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2025). *Applying neurobiological insights on stress to foster resilience across life stages: Proceedings of a workshop*. The National Academies Press.  
<https://www.nationalacademies.org/projects/HMD-HSP-24-04/event/43074>

Paschalidou, A., Mavroeides, G., Basta, M., Vgontzas, A. N., & Koutra, K. (2025). Exploring the role of coping strategies in clinical outcomes of Greek patients with major depressive disorder. *Academia Mental Health and Well-Being*, 2(4).  
[https://www.researchgate.net/publication/397683017\\_Exploring\\_the\\_role\\_of\\_coping\\_strategies\\_in\\_clinical\\_outcomes\\_of\\_Greek\\_patients\\_with\\_major\\_depressive\\_disorder](https://www.researchgate.net/publication/397683017_Exploring_the_role_of_coping_strategies_in_clinical_outcomes_of_Greek_patients_with_major_depressive_disorder)

Passaler, L. (2024). *Heal your nervous system: The 5-stage plan to reverse nervous system dysregulation*. Fair Winds Press.  
<https://www.quarto.com/books/9780760385654/heal-your-nervous-system>

Prakash, N., Stark, C. J., Keisler, M. N., Luo, L., Der-Avakian, A., in Dulcis, D. (2020). Serotonergic plasticity in the dorsal raphe nucleus characterizes susceptibility and resilience to anhedonia. *The Journal of Neuroscience*, 40(3), 569-584. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1802-19.2019>

Roth Jelenko, P. (2025). *Tudi najmočnejši včasih omagajo: Kako si pomagati in kje poiskati oporo?* [Predstavitev]. Program OMRA  
[https://www.omra.si/media/2763/5\\_petra-roth-jelenko--pomoc.pdf](https://www.omra.si/media/2763/5_petra-roth-jelenko--pomoc.pdf)

Roth Jelenko, P. Program Omra. (28. april 2025). *Tudi najmočnejši včasih omagajo: kako si pomagati in kje poiskati oporo?* YouTube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=m9hqq1UAlo0>

Russo, S. J., Murrough, J. W., Han, M.-H., Charney, D. S., & Nestler, E. J. (2012). Neurobiology of resilience. *Nature Neuroscience*, 15(11), 1475-1484.  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3580862/>

Sipler, E. (2021). *Making our nervous system work for us: Using the polyvagal theory to improve our wellbeing*. South Eastern Health and Social Care Trust.

<https://setrust.hscni.net/wp-content/uploads/2023/02/Nervous-System-Brochure-Final.pdf>

Theodoratou, M., in Argyrides, M. (2024). Neuropsychological insights into coping strategies: Integrating theory and practice in clinical and therapeutic contexts.

*Psychiatry International*, 5(1), 53-73. <https://www.mdpi.com/2673-5318/5/1/5>

Verma, A., Inslicht, S. S., & Bhargava, A. (2024). Gut-brain axis: Role of microbiome, metabolomics, hormones, and stress in mental health disorders. *Cells*, 13(17), 1436.

<https://www.mdpi.com/2073-4409/13/17/1436>

World Health Organization. (2020). *Doing what matters in times of stress: An illustrated guide*. Svetovna zdravstvena organizacija.

<https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240003927>

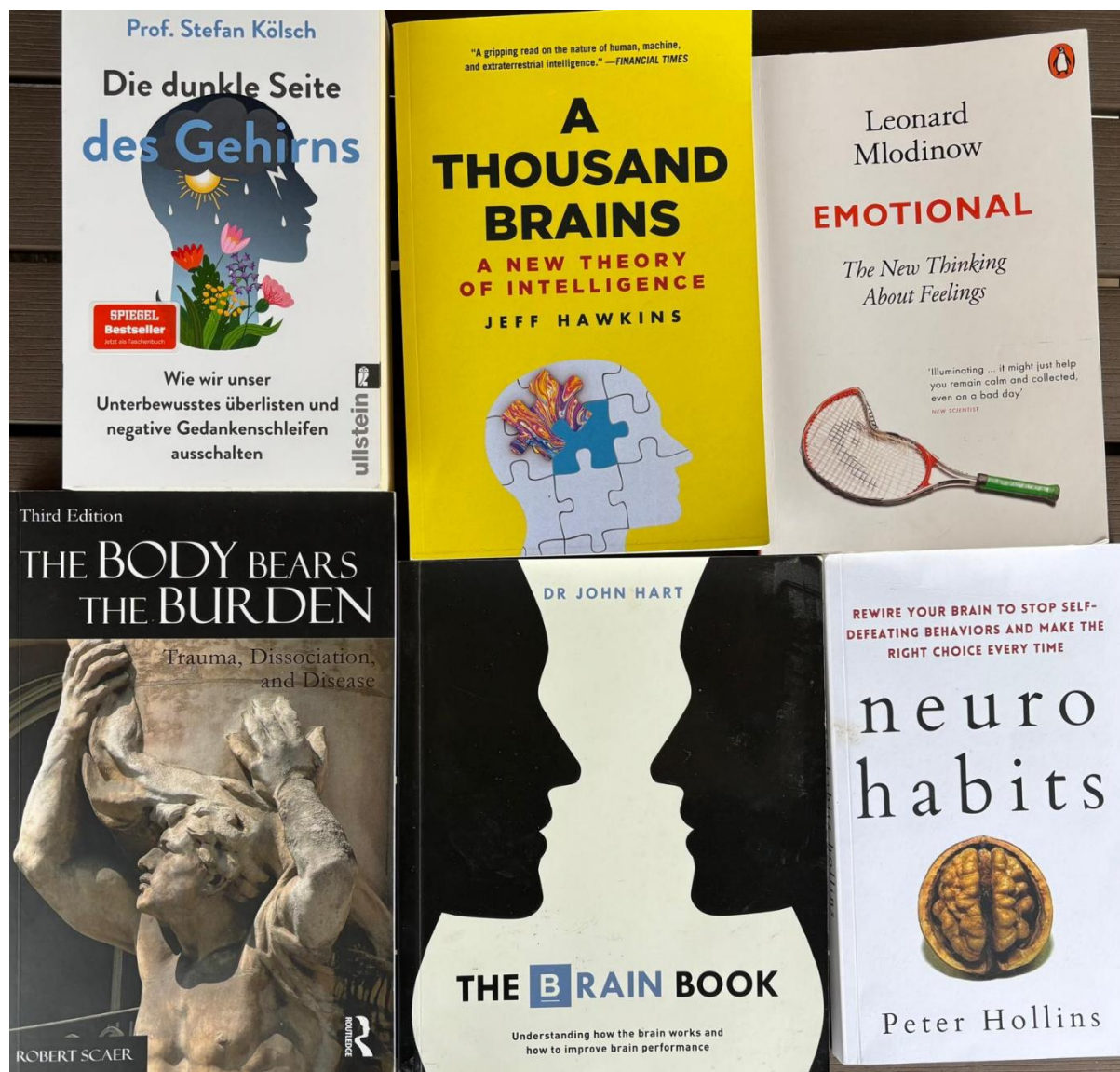
Xu, M., Zhou, E. Y., & Shi, H. (2025). Tryptophan and Its Metabolite Serotonin Impact Metabolic and Mental Disorders via the Brain-Gut-Microbiome Axis: A Focus on Sex Differences. *Cells*, 14(5), 384

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11899299/>

## 5. Nevroznanstveni kolaž

Problem zadnjega tedna nevroznanosti je bil presežek idej in zanimivih področij ter velika količina gradiva.

Domača knjižnica je zaradi mojega zanimanja za psihologijo kar dobro založena.

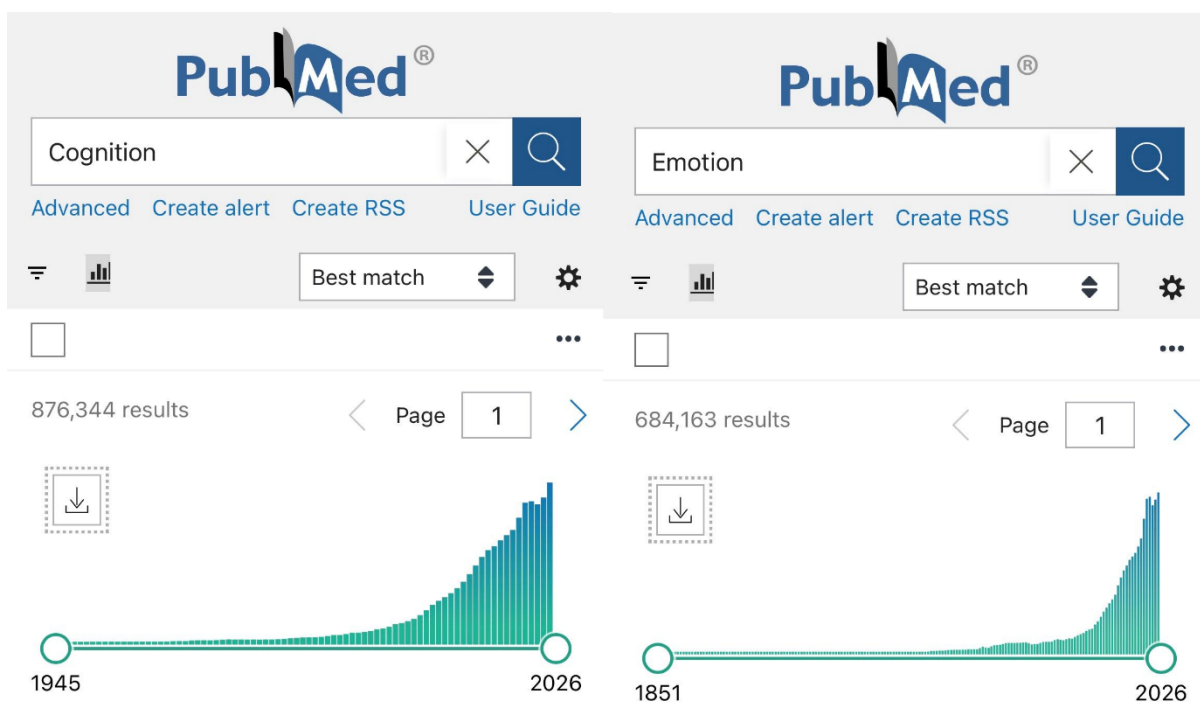
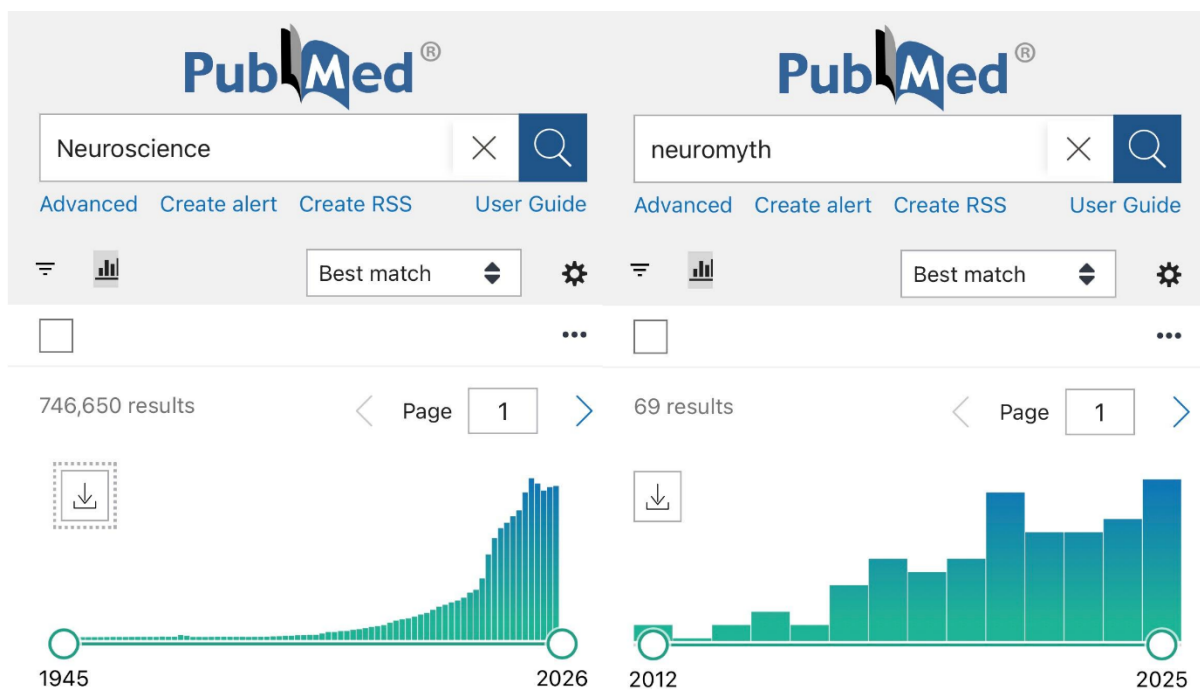


Gradiva dostopnega na internetu je neskončno. Veliko gradiva je zelo specifičnega in zato uporabnega za ožji krog strokovnjakov. Gradivo, ki je lažje razumljivo večjemu številu ljudi, pa hitro zaide na področje znanstvenih mitov.

Za orientacijo sem za izbrana področja pogledal trende v PubMed

Področje	Število referenc
Nevroznanost	746 650
Kognicija	876344

Čustva	684163
Nevromiti	69



Zaradi širokega nabora idej sem se v zadnjem delu odločil za kolaž: čustva, zavest, miti, umetna inteligenca, digitalna zasvojenost in digitalna demenca.

## 5.1. Čustva, občutki in zavest

Članek Zarje Vršič raziskuje vlogo telesa v teoriji čustev Antonia Damasia. Damasiove interdisciplinarne raziskave (nevroznanost, psihologija, filozofija) ponujajo pogled na problem uma in telesa skozi dvosmerno komunikacijo med telesom in možgani.

Čustva so v 20. stoletju zaradi behaviorizma in subjektivnosti dolgo ostala izven znanstvenih raziskav. Damasio, portugalsko-ameriški nevroznanstvenik, je pomemben za razumevanje fizioloških mehanizmov čustev in občutkov ter njihove vloge v homeostazi oziroma regulaciji življenja. Njegove raziskave izhajajo iz opazovanja pacientov z možganskimi poškodbami, ki so izgubili normalne čustvene reakcije.

Avtorica poveže Damasia z Jamesovo teorijo (1884), po kateri telesne spremembe nastopijo pred čustvom (npr. strah nas je, ker trepetamo). Damasio kritizira Jamesa zaradi premajhnega poudarka na fazi vrednotenja kognitivnih sprememb. Damasio in James pa poudarjata vlogo telesa pri čustvih, čustva niso zgolj subjektivne misli.

### Razlika med čustvi in občutki

Damasio loči **čustva** (javne, vidne fiziološke reakcije na dražljaje, npr. srčni utrip, znojenje) od **občutkov** (zasebne, zavestne izkušnje). Čustva so avtomatična in merljiva z vedenjem ali fiziološkimi spremembami, občutki pa so subjektivni. Preučevanje občutkov je omejeno na uporabo jezika.

Vršičeva navaja kritiko LeDoux, ki predlaga opuščanje termina čustvo za živali in govori o preživetvenih krogotokih.

Čustveni proces pogosto vključuje vzporedno in povratno obdelavo med senzoričnimi, subkortikalnimi in kortikalnimi sistemi, pri čemer amigdala prispeva k hitremu vrednotenju biološke pomembnosti dražljajev. Ti aktivirajo izvršilne centre (hipotalamus, možgansko deblo), ki sproščajo hormone in nevromodulatorje, kar vodi do telesnih sprememb. Vršičeva izpostavi "as-if" (kot da) telesno zanko, kjer možgani simulirajo telesno stanje brez dejanskih sprememb (kot pri domišljiji). Občutki nastanejo prek možganskega spremljanja telesnih stanj v regijah, kot so insula, cingulatni korteks in hipotalamus.

Čustva in občutki so evolucijsko prilagojeni za **homeostazo**, od preprostih refleksov do kompleksnih socialnih vedenj. V preprostih organizmih (brez možganov) so prisotni proto-čustveni odzivi, v bolj kompleksnih pa odzivi omogočajo prilagodljivo vedenje. Damasio vidi čustva kot del hierarhije regulacije življenja, ki pomaga pri preživetju (npr. strah pred plenilci). Občutki prispevajo k zavesti, saj ustvarjajo občutek sebstva prek telesne izkušnje.

### Povezava z zavestjo, problem uma-telesa

Čustva so ključna za zavest, saj možganom nudijo informacije o telesu in ustvarjajo subjektivni občutek. Vršičeva kritizira Chalmersov težki problem zavesti ker zanemarija telo. Damasio zagovarja utelešeno kognicijo (embodied cognition), um je neločljiv od telesa.

Damasiova teorija poudarja telesno osnovo čustev in zavesti, kar pomaga razumeti um kot biološki proces. Njegovo delo prispeva k nevroznanosti čustev in filozofiji uma, saj integrira znanstvene metode z interdisciplinarnimi vprašanji. Članek zagovarja širši pogled na afektivno izkušnjo, ki ne zajema le nevrlnih mehanizmov, temveč tudi telo kot bistveni vidik človeškega obstoja (Vršič 2023).

### 5.1.1. Damasiova knjiga in Flanaganova kritika

Članek *Knowing and feeling* je kritična recenzija knjige Antonia Damasia *Self Comes to Mind: Constructing the Conscious Brain*. Flanagan dvomi v Damasiovo tezo, da je **jaz** (self) potreben za razlago zavesti.

Flanagan meni, da se Damasio v knjigi *Self Comes to Mind* oddaljuje od osrednje teme in razteguje dokaze. Po Flagananovem mnenju je knjiga optimističen, vendar razvlečen in razdrobljen sprehod po Damasievih razmišljanjih. Zaradi številnih razdelkov o nepovezanih temah deluje nepregledno, bralec pa težko sledi avtorjevemu tezam.

Damasio meni, da je **jaz proces in ne stvar**. V možganih je potreben **opazovalec** za pričevanje izkušenj, tako um postane zavesten.

Damasio razlikuje tri tipe zavesti, v katerih je prisoten **proces jaza**:

**Protozavest (protoconsciousness)**: osnovna senzorična zavest, ki jo imajo tudi živali (npr. bolečina, lakota).

**Jedrna zavest (core consciousness)**: razširjene izkušnje (npr. rakun, ki dojema okolico med iskanjem hrane).

**Avtobiografska zavest (autobiographical consciousness)**: samozavedanje, ki je edinstveno za ljudi (npr. anksioznost, zgodba lastnega življenja).

Flanagan poudarja, da Damasio za svoje trditve ne predloži znanstvenih dokazov.

Damasio kritizira, ker se ne spoprime z obsežno literaturo o jazu, ki se je razvila skozi tisočletja v psihologiji, filozofiji in antropologiji. Damasio kritizira skepticizem Davida Huma in se postavlja na stran utelešenega pristopa Williama Jamesa. Damasio ne upošteva argumentov in dokazov kognitivnih znanstvenikov glede povezave med zavestjo in jazom.

Flanagan sanjanje obravnava kot pomemben primer pri analizi zavesti. Sanje uporablja kot empirični primer, ki kaže, da je zavest mogoča tudi brez reflektivnega nadzora in racionalne presoje. Damasio sanjanje umešča na rob polne zavesti; čeprav posameznik med sanjanjem doživlja izkušnje, gre za stanje z oslabiljeno

obliko samozavedanja, saj je avtobiografski jaz in reflektivna zavest v veliki meri odsotna. Flanagan to zavrača kot neosnovano, med sanjanjem nedvomno doživljamo zaznave, čustva in dogajanja, kar kaže na prisotnost zavestne izkušnje, četudi so nekatere njene značilnosti kot je reflektivno samozavedanje odsotne. Ker sanjanje ne zahteva procesa jaza, ga ne zahteva niti zavest.

Podobno velja tudi za določena stanja anestezije, kjer se kljub zmanjšanemu zavedanju še vedno pojavljajo izkustveni vsebinski elementi.

Flanagan sklepa, da če sanjanje ne zahteva procesa jaza, potem ta proces ni nujen pogoj za zavest kot tako. Zavest je torej lahko prisotna tudi brez stabilnega ali reflektivnega občutka sebe (Flanagan 2011).

## 5.1.2. Feelings are messy\*

### \*Občutki so zapleteni/neurejeni/kaotični

V prispevku Feelings Are Messy: The Feelings We Study in Affective Science Should Be Too Anthony Vaccaro zagovarja tezo, da mora afektivna znanost - če želi biti relevantna in uporabna v resničnem svetu - sprejeti **kompleksno, nelinearno in pogosto neurejeno naravo človeškega čustvenega doživljanja**. Avtor opozarja, da eksperimentalni pristopi poenostavljajo čustva, s čimer izgubljajo ključne informacije o tem, kako se čustva dejansko pojavljajo in spreminjajo v življenju.

Witnessed a powerful and potentially dangerous storm, but from a safe place yesterday. Nobody I personally knew was hurt. Hard to describe current feelings.

"How would you rate your current emotional state?"

Happy  
Sad  
Disgusted  
Fearful  
Surprised

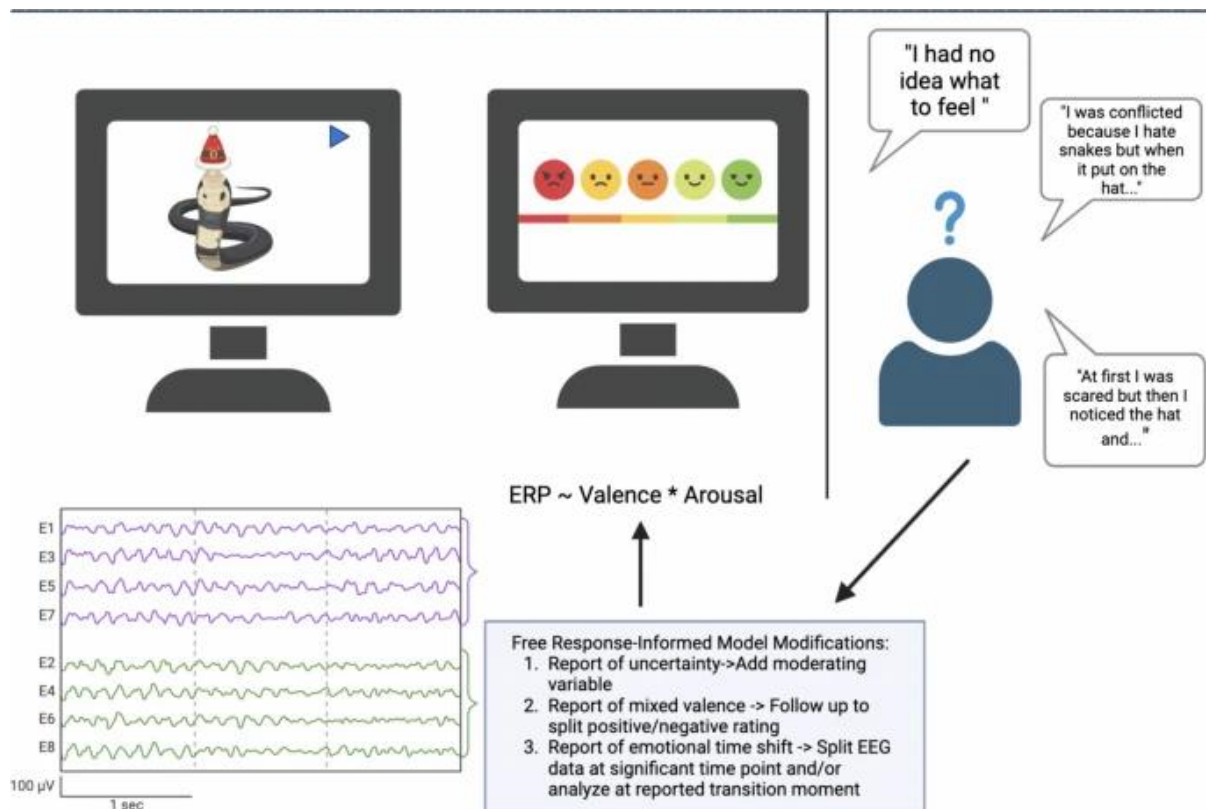
Klasične metode merjenja čustev z izbiro med določenimi možnostmi pogosto izgubljajo pomembne informacije. V resničnem svetu so čustva lahko mešana, nenavadna (npr. strahospoštovanje ali olajšanje), kombinacija različnih čustvenih kategorij ali pa zaznana z določeno mero negotovosti. Te razlike v izkušnji se pri standardnih metodah merjenja običajno odstranijo, kar omejuje celovitost poročanja o dejanskih čustvih.

## Problem raziskovalnih metod

Vaccaro izpostavlja omejitve prevladujočih modelov čustev, ki temeljijo bodisi na diskretnih kategorijah (npr. strah, veselje, jeza) bodisi na poenostavljenih dimenzijah, kot sta valenca in vzburjenost. Takšni modeli raziskovalce silijo k predpostavki, da so čustva jasno razmejena in stabilna, kar ne odraža subjektivne izkušnje posameznika.

Pomembna posledica teh metodoloških pristopov je izguba podatkov. Prisilna izbira odgovorov udeležencev zahteva, da kompleksna in večplastna čustvena stanja reducirajo na eno samo kategorijo ali številčno vrednost. S tem se brišejo subtilne razlike v intenzivnosti, negotovosti in hkratnem pojavljanju več čustev.

Zaradi omejitev so številna čustvena stanja sistematično zapostavljena. Nevtralnost, mešana čustva (npr. grenko-sladko doživljanje ali strahospoštovanje), presenečenje ter stanja čustvene nejasnosti ali praznine se redko pojavljajo v empiričnih študijah, ker jih obstoječe metode težko zajamejo.



Uporaba kvalitativnih poročil za izboljšanje analiz globokega slikanja omogoča zajemanje kompleksnih in mešanih čustvenih stanj pri posamezniku. Dolgi, kompleksni dražljaji in natančne laboratorijske kontrole omogočajo raziskovanje značilnosti čustev ter prilagajanje analiz na podlagi nepričakovanih izkušenj udeležencev.

Vaccaro predlaga bolj fleksibilne pristope k merjenju čustev. Ena ključnih sprememb je ločeno merjenje pozitivne in negativne valence, kar omogoča zaznavanje

sočasnega doživljanja nasprotujočih si čustev. Poleg tega bi morali raziskovalci udeležencem omogočiti poročanje o več čustvenih kategorijah hkrati.

Avtor poudarja vrednost kvalitativnih podatkov. Kratki odgovori v prosti obliki lahko razkrijejo nianse čustvenega doživljanja, ki jih standardizirane lestvice ne zaznajo. Takšni opisi ne predstavljajo metodološke slabosti, temveč bogat vir informacij za nadaljnjo analizo.

Pomemben premik predlaga tudi na ravni analize podatkov. Namesto osredotočanja na povprečne odzive med posamezniki bi se morala nevroznanost čustev bolj usmeriti v variabilnost znotraj posameznika. Globoko slikanje (deep imaging) posameznikov ob uporabi kompleksnih, naravnih dražljajev, kot so filmi ali pripovedi, omogoča natančnejši vpogled v dinamične spremembe čustvenih stanj skozi čas.

### **Nevroznanstvene analize in prihodnji razvoj**

Vaccarove ideje imajo pomembne posledice za nevroznanstvene raziskave čustev.

Kvalitativna poročila o negotovosti ali nejasnosti (npr. »nisem vedel, kaj čutiti«) lahko delujejo kot pomembne spremenljivke v nevroznanstvenih modelih. Vključevanje takšnih podatkov omogoča boljše razumevanje čustvenih stanj, ki niso jasno opredeljena, a so kljub temu pogosta in funkcionalno pomembna.

Razumevanje kompleksnih in niansiranih čustev je ključno tudi za razvoj afektivnih tehnologij, zlasti na področjih izobraževanja, duševnega zdravja in interakcije med ljudmi in stroji. Sistemi, ki temeljijo na poenostavljenih modelih čustev, težko ustrezno zajamejo človeške izkušnje.

Vaccaro poudarja, da bo sistematično proučevanje mešanih, nejasnih in nestabilnih čustvenih stanj zahtevalo tudi evolucijo obstoječih teorij čustev. Namesto da bi bila takšna stanja obravnavana kot napake v merjenju, bi morala postati osrednji predmet teoretične razlage, saj predstavljajo pomemben del človeškega čustvenega življenja (Vaccaro 2025).

### **5.1.3. ERQ-30 model merjenja strategij uravnavanja čustev**

Članek The Emotion Regulation Questionnaire-30 (ERQ-30): A 30-item Measure of 10 Clinically Relevant Emotion Regulation Strategies predstavlja razširjeno različico priljubljenega vprašalnika za uravnavanje čustev (ERQ), ki sta ga prvotno razvila Gross in John.

ERQ-30 meri pogostost uporabe 10 klinično relevantnih strategij uravnavanja čustev, ki temeljijo na Grossovem procesnem modelu uravnavanja čustev. Model opisuje čustva kot proces, ki se razvija skozi naslednje faze:

- situacija (*situation*),

- pozornost (*attention*),
- ocena (*appraisal*),
- odziv (*response*).

Strategije so razvrščene v pet družin glede na fazo, v kateri imajo največji vpliv:

- izbor situacije (*situation selection*),
- modifikacija situacije (*situation modification*),
- usmerjanje pozornosti (*attentional deployment*),
- kognitivna sprememba (*cognitive change*),
- modulacija odziva (*response modulation*).

Ključne strategije v ERQ-30

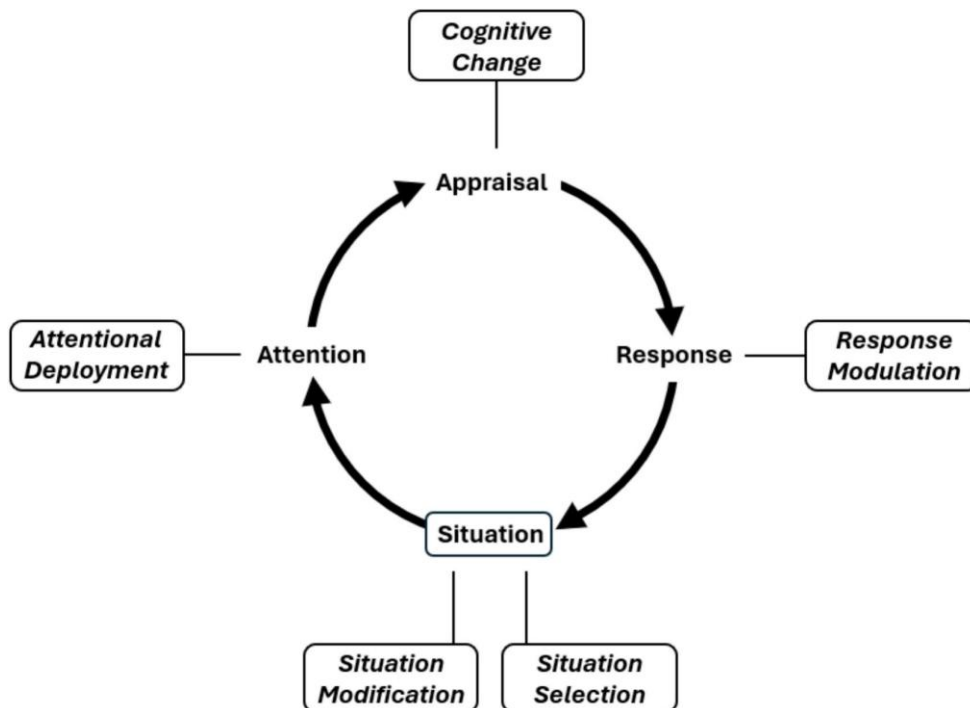
**Adaptivne, običajno koristne za dolgoročno blagostanje:**

- aktivacija vedenja – pristop k situacijam za izboljšanje razpoloženja.
- reševanje problemov – aktivno spreminjanje situacije.
- sprejetje – sprejemanje čustev brez obsojanja.
- kognitivna reinterpretacija – spreminjanje pogleda na situacijo.
- socialno deljenje – pogovor o čustvih z drugimi.

**Maladaptivne, običajno škodljive ob pogosti uporabi:**

- izogibanje – izogibanje situacijam in čustvenim sprožilcem.
- socialni umik – izogibanje socialnim interakcijam.
- preusmerjanje pozornosti (*distraction*) – preusmerjanje pozornosti stran od čustev.
- ruminacija – ponavljajoče razmišljanje o negativnih čustvih.
- zatiranje izražanja – skrivanje čustev navzven.

ERQ-30 izboljšuje merjenje uravnavanja čustev zaradi večje širine strategij, kar povečuje njegovo klinično uporabnost.



### Krožni model faz uravnavanja čustev

Učinkovito uravnavanje čustev izboljšuje empatijo in socialne odnose. Ljudje oblikujemo čustva socialno in jih uravnavamo v interakciji z drugimi.

Vir: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41260359/>.

## 5.1.4. Trideset let raziskovanja odnosa med kognicijo in čustvi

Članek *Reflections on 30 years of Cognition & Emotion* se osredotoča na ključne vidike razvoja in prihodnje priložnosti na področju afektivne nevroznanosti. V zadnjih desetletjih se je afektivna znanost z obrobja premaknila v središče znanstvenega zanimanja kot interdisciplinarno področje z obsežnim financiranjem ter močno prisotnostjo v psihologiji, nevroznanosti in klinični praksi.

### Ključni tehnološki in raziskovalni mejniki

**Napredek v slikanju možganov:** funkcijsko slikanje možganov, kot sta fMRI in PET, je odprlo nove poti za raziskovanje nevroloških temeljev čustvovanja. Te tehnike omogočajo vpogled v delovanje možganov med čustvenimi stanji ter empirično testiranje modelov čustvenih presoj.

**Študije nevroloških bolnikov:** raziskave na pacientih z nevralnimi poškodbami (npr. pri neurodegenerativnih boleznih, kot sta demenca in Alzheimerjeva bolezen) so neprecenljive za razumevanje vzročnih povezav med možgani in vedenjem.

**Izboljšana ločljivost meritev:** prihodnji testi modelov bodo verjetno izkoriščali

boljšo prostorsko in časovno ločljivost metod, kot sta magnetoencefalografija (MEG) in intrakranialna elektroencefalografija (iEEG), kar omogoča natančno sledenje časovni dinamiki čustvenih procesov.

### **Odnos med kognicijo in čustvi**

Razumevanje nevrnalnih mehanizmov zahteva poznavanje teoretičnih izhodišč o izvoru čustev. V teoriji izstopajo trije ključni pogledi:

**Lazarusova teorija:** zagovarja, da je kognitivna presoja (*appraisal*) nujen pogoj za nastanek čustva. Razlikuje med primarno presojo (ocena relevance) in sekundarno presojo (ocena zmožnosti spoprijemanja).

**Zajončeva teorija:** trdi, da sta afekt in kognicija ločena sistema ter da se afekt lahko pojavi brez predhodne kognitivne obdelave, kar je sprožilo dolgotrajne razprave o primarnosti čustev.

**Periferni pogledi:** nekateri pristopi dopuščajo možnost, da čustva izvirajo iz čiste senzorične obdelave, interocepcije (zaznavanja notranjih telesnih stanj), aktivnosti avtonomnega živčnega sistema ali propriocepcije somatične aktivnosti.

### **Klinična nevroznanost in strojno učenje**

**Psihopatologija:** motnje emocionalnega delovanja predstavljajo jedro številnih psihiatričnih stanj (npr. anksioznosti, depresije, shizofrenije). Afektivna znanost uvaja orodja za objektivno merjenje teh sprememb, kar pomaga pri odkrivanju mehanizmov psihopatologije. Povečano financiranje podpira raziskave, ki povezujejo nevrnalne poškodbe z vedenjskimi primanjkljaji.

**Računalniški pristopi:** podatki o čustvih, pridobljeni prek več modalnosti (subjektivna izkušnja, obrazna mimika, avtonomni živčni sistem, vedenje), so idealni za strojno učenje in analizo velikih podatkov. Tehnologija omogoča identifikacijo vzorcev, ki so ključni za sodobne nevroznanstvene modele čustev.

Levenson izpostavlja paradoks sodobne afektivne nevroznanosti: čeprav smo z naprednimi metodami slikanja možganov vstopili v zlato dobo tehnologije, ostaja izziv prenosa ugotovitev v realno okolje. Avtor opozarja, da izolirano in umetno okolje laboratorija (npr. ležanje v neudobni fMRI napravi) ne more v celoti zajeti kompleksne in dinamične narave čustev, kot se izražajo v vsakdanjem življenju (Levenson, 2019).

## 5.2. Zavest

Razumevanje zavesti ostaja eno največjih vprašanj sodobne nevroznanosti. V svojem članku *Feelings Are the Source of Consciousness* iz leta 2023 Antonio in Hanna Damasio predstavljata poglobljen pogled na izvor zavesti, ki po njunem mnenju izhaja iz občutkov.

Avtorja ponujata razmislek o evoluciji zavesti, pri čemer izpostavljata prehod od prikritega k odprtemu zaznavanju. Prehod označuje dve glavni fazi uravnavanja življenja.

**Prikrito zaznavanje** je značilno za enocelične organizme (npr. bakterije) in rastline, ki nimajo živčnega sistema, a kljub temu inteligentno reagirajo na okolje. Njihovo znanje je implicitno in nezavedno, saj se organizmi ne zavedajo svojega obstoja.

**Odprto zaznavanje** nastopi z razvojem živčnega sistema, ki omogoča oblikovanje notranjih zemljevidov in slik stanja organizma. To odpira možnost uravnavanja življenja, ki presega zgolj avtomatske odzive.

Damasio definira zavest kot proces identifikacije, ki povezuje um in telo. Zavest ni le kompleksno razmišljanje, temveč sposobnost, da so mentalne vsebine pripisane lastnemu organizmu. Subjektivnost se pojavi, ko se zaznave zunanjega sveta združijo z neprekinjenim tokom homeostatičnih občutkov, kar ustvarja notranji jaz in subjektivno perspektivo.

Ključno mesto v razumevanju zavesti imajo **homeostatični občutki**, kot so lakota, bolečina, žeja ali dobro počutje. Ti občutki so po Damasiu prvi evlucijski dogodki zavesti. Neprekinjen tok teh občutkov omogoča mentalni prevod telesnih procesov, ki organizmu sporoča, kako uspešno poteka življenje – od učinkovitega delovanja do tveganja za bolezen. Homeostatični občutki so spontano zavestni in služijo svojemu osnovnemu namenu uravnavanja življenja.

Zavest se ne pojavlja izolirano v možganih, temveč kot rezultat hibridnega sodelovanja živčnega sistema in telesa. Zlivanje živčnih in kemičnih procesov ustvarja občutke, ki združujejo telesne in mentalne informacije. Damasio izziva konvencionalno nevroznanost, ki pogosto zagovarja stališče, da je zavest produkt možganske skorje ali zapletene kognicije. Zavest umešča v globlje, biološke korenine homeostaze, pri čemer jedra v hrbtenjači in možganskem deblu igrajo ključno vlogo pri vzpostavljanju dialoga med telesom in umom. Homeostatični občutki tako služijo kot mentalna različica telesnih procesov, premoščajo vrzel med fizikalnim telesom in subjektivno izkušnjo ter osvetljujejo evlucijsko zasnovo zavesti (Damasio in Damasio, 2022).

Damasio odpirata razmislek o tem, kako tesno sta **povezana telo in um ter kako čutenja ne le spremljajo, temveč ustvarjajo zavest**. S tem postaja jasno, da razumevanje zavesti zahteva interdisciplinaren pristop, ki združuje nevroznanost,

psihologijo in filozofijo uma, pri čemer je ključni gradnik občutek, ki ga organizem ima o sebi (Damasio in Damasio, 2023).

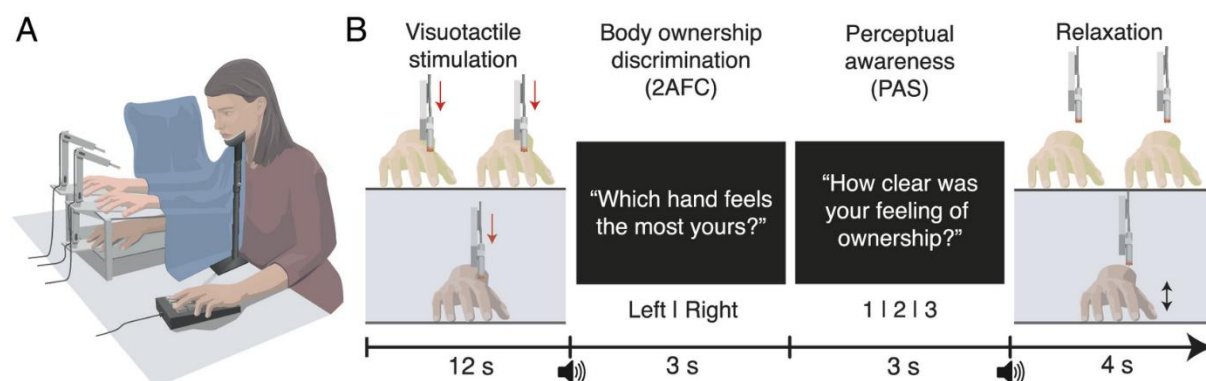
\*\*\*

Razumevanje zavesti in občutka lastnega telesa predstavlja eno osrednjih vprašanj sodobne nevroznanosti. Članek *Conscious awareness, sensory integration, and evidence accumulation in bodily self-perception* se osredotoča na to, kako možgani ustvarjajo zavestno izkušnjo telesnega lastništva in kakšno vlogo imajo pri tem multisenzorna integracija ter procesi akumulacije dokazov. Avtorji izhajajo iz predpostavke, da občutek **to telo sem jaz** ni samoumeven, temveč rezultat kompleksne obdelave različnih senzoričnih signalov, ki se združujejo v zavestno zaznavo.

Raziskava temelji na klasičnem eksperimentalnem pristopu, znanem kot iluzija gumijaste roke (rubber hand illusion). Pri tej iluziji lahko posameznik ob sočasni vidni in taktilni stimulaciji začne doživljati umetno roko kot del svojega telesa. Avtorji so ta pojav uporabili kot orodje za preučevanje razmerja med objektivnimi zaznavnimi procesi in subjektivnimi poročili zavestne izkušnje. Posebnost študije je v tem, da niso analizirali le, ali se iluzija pojavi, temveč so uporabili napredne psihofizične in matematične modele (kot so modeli akumulacije dokazov), s katerimi so merili, kako se senzorične informacije postopno združujejo v zaznavno odločitev.

### Zavestno zaznavanje telesa

Rezultati raziskave kažejo povezavo med zavestno zaznavo telesnega lastništva in sposobnostjo posameznika, da objektivno razlikuje med pogoji, v katerih je iluzija prisotna ali odsotna. Subjektivni občutek telesnega jaza ni zgolj naključno poročilo ali posledica sugestije, temveč odraža merljive kognitivne in nevralne procese. Povezava ostaja stabilna ne glede na stopnjo senzoričnega šuma ali količino razpoložljivih informacij, kar nakazuje, da je zavestna izkušnja telesnega lastništva vključena v proces zaznavne odločitve.



V eksperimentu so tri robotske roke tapkale dve gumijasti roki na zgornji platformi in udeležencevo pravo roko spodaj z različnimi časovnimi zamiki, pri čemer udeleženci po vsakem poskusu ocenili, katera gumijasta roka se jim zdi bolj njihova in kako močan je ta občutek.

Udeleženci so imeli svojo pravo roko skrito, pred seboj pa so videli gumijasto roko. Ko so raziskovalci hkrati in na enak način tapkali pravo in gumijasto roko, so udeleženci pogosto začeli doživljati gumijasto roko kot del svojega telesa. Če pa dotiki niso bili časovno usklajeni, se iluzija večinoma ni pojavila.

Rezultati so pokazali, da se **občutek telesnega lastništva pojavi, ko možgani uspešno združijo vidne in tipne informacije**. Udeleženci, ki so močneje doživljali iluzijo, so tudi bolj zanesljivo in samozavestno presojali, ali je gumijasta roka njihova. **Procesi, ki omogočajo občutek to je moje telo, imajo stalni in prioritetni dostop do zavesti.**

Ena ključnih ugotovitev članka je, da telesno lastništvo uživa poseben status v odnosu do zavesti. Medtem ko lahko nekateri senzorični procesi potekajo relativno nezavedno, je zaznavanje lastnega telesa skoraj vedno povezano z zavestno izkušnjo. Ugotovitve prispevajo k razumevanju zavesti kot procesa, ki je globoko zakoreninjen v telesni zaznavi. Ugotovitve lahko pomagajo pri razumevanju kliničnih stanj, kjer je občutek telesnega jaza porušen (npr. depersonalizacija, shizofrenija in motnje telesne samopodobe).

Zavest in zaznavanje lastnega telesa nista ločena procesa, temveč tesno prepletena mehanizma. Občutek, da smo lastniki svojega telesa, ni le človeška izkušnja, temveč tudi ključni gradnik zavesti. Članek obravnava vprašanje, kaj pomeni biti zavesten in kako možgani oblikujejo občutek jaza (Lanfranco idr. 2025).

### **5.2.1. Zavest kot evolucijski in nevrobiološki alarmni sistem**

Vprašanje zavesti ostaja eno osrednjih in hkrati najbolj spornih področij sodobne filozofije in nevroznanosti. Prevladujoče teorije zavesti, kot so teorija integrirane informacije (IIT), teorija globalnega nevronskega delovnega prostora (GNWT) in teorije višjega reda (HOT), pogosto razlagajo zavest predvsem skozi delovanje možganske skorje. Albert Newen in Carlos Montemayor temu pristopu nasprotujeta in v okviru teorije ALARM (Arousal, Learning, Alertness, Reflexive Metacognition) predlagata da zavest ni enoten pojav, temveč skupek treh evolucijsko in funkcionalno različnih fenomenov: osnovne vzburjenosti, splošne budnosti in reflektivne (samo)zavesti.

**Osnovna vzburjenost (basic arousal)** predstavlja evolucijsko najstarejšo in biološko obliko zavesti. Zanj so značilne prvinske afektivne izkušnje, kot so bolečina, lakota, žeja in strah. Ta oblika zavesti je tesno povezana s preživetjem, saj deluje kot alarmni mehanizem, ki ob nenadni grožnji prekine počasne homeostatske procese in sproži takojšnje vedenjske odzive.

**Splošna budnost (general alertness)** je evolucijsko mlajša oblika zavesti, ki vključuje selektivno in ciljno usmerjeno pozornost. Omogoča osredotočanje na en dražljaj ter podpira kompleksnejše učenje, odločanje in prilagajanje okolju.

**Refleksivna zavest (reflexive consciousness)** vključuje metakognicijo, torej zavedanje lastnih in tujih duševnih stanj (prepričanj, želja, namenov). Omogoča oblikovanje samopodobe, razumevanje drugih kot mislečih bitij ter dolgoročno, v prihodnost usmerjeno načrtovanje.

Ena ključnih prednosti teorije ALARM je njena skladnost z nevroznanstvenimi dokazi, ki kažejo, da zavest ni izključno kortikalni pojav.

Nevrološko jedro osnovne vzburjenosti se nahaja v zgornjem delu možganskega debla in talamusu. Posebej pomembni so izsledki raziskav, ki kažejo, da stimulacija centralnega lateralnega talamusa pri opicah deluje kot stikalo za vklop in izklop osnovne zavesti. Splošna budnost in refleksivna zavest zahtevata vključitev kortikalnih procesov, zlasti zaradi kompleksnih mehanizmov pozornosti, učenja in metakognicije.

Osnovna vzburjenost deluje kot alarmni sistem, ki zagotavlja preživetje v akutnih, življenjsko ogrožajočih situacijah. Njena funkcija ni zgolj sprožitev refleksa, temveč tudi omogočanje splošnega učenja na podlagi bolečine in skrbi za telo po poškodbi.

Splošna budnost omogoča napredno učenje in odločanje, saj selektivna pozornost omogoča zaznavanje vzorcev, oblikovanje novih vedenjskih strategij ter učinkovitejšo interakcijo z okoljem in drugimi bitji.

Refleksivna zavest pa omogoča dolgoročno načrtovanje, mentalno potovanje skozi čas ter upoštevanje lastnega in tujega miselnega naravnava. To je ključnega pomena za kompleksno socialno vedenje, kot so sodelovanje, upravljanje ugleda in moralno odločanje.

Pomemben prispevek teorije ALARM je zavračanje antropocentričnega pogleda na refleksivno zavest. Avtorja navajata empirične dokaze, da metakognitivne sposobnosti niso omejene na jezikovno sposobne ljudi. Prepoznavanje sebe v ogledalu so pokazali otroci okoli 18. meseca starosti, pa tudi sloni, delfini, šoje in veliki primati. Poleg tega so šimpanzi v metakognitivnih nalogah sposobni oceniti zanesljivost lastnega spomina in se strateško odločiti za odstop od naloge, kadar presodijo, da informacije niso zanesljive.

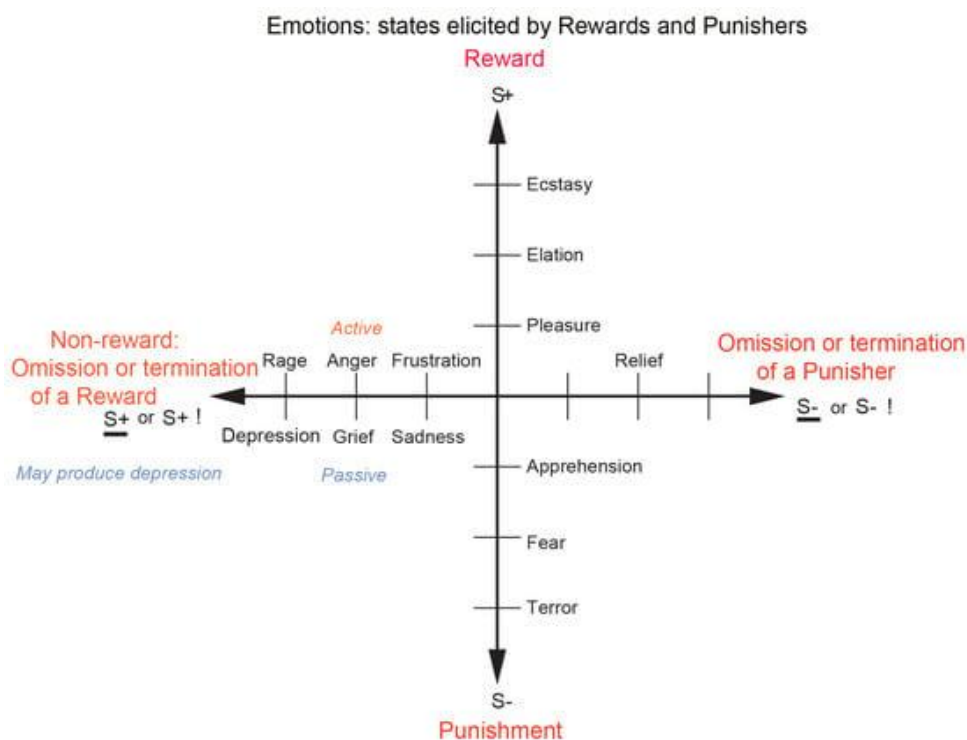
Ti primeri podpirajo tezo, da je refleksivna zavest posebna oblika splošne budnosti, obogatena z metareprezentacijami, in ne povsem ločena vrsta zavesti.

Teorija ALARM predstavlja pomemben premik v razumevanju zavesti, saj združuje nevroznanstvene, evolucijske in filozofske perspektive. Z razlikovanjem treh fenomenov zavesti in njihovih specifičnih funkcij omogoča natančnejše razumevanje živalskih in človeških umov ter odpira pot bolj diferenciranemu iskanju nevronskih oblik zavesti. Namesto vprašanja, kje v možganih je zavest, teorija ALARM spodbuja vprašanje, **katera oblika zavesti opravlja katero funkcijo in zakaj je evolucijsko nastala** (Newen, Montemayor 2025).

## 5.2.2. Nevroznanost čustev

Čustva so temeljni del človeške izkušnje, saj usmerjajo naše vedenje, odločanje in socialne odnose. Dolgo so bila razumljena predvsem kot subjektivna, težko opredeljiva stanja, sodobna nevroznanost pa jih obravnava kot rezultat organiziranih možganskih procesov. Raziskave kažejo, da čustva niso ločena od kognicije in motivacije, temveč so z njima tesno prepletena v skupnih možganskih sistemih, ki omogočajo prilagodljivo vedenje.

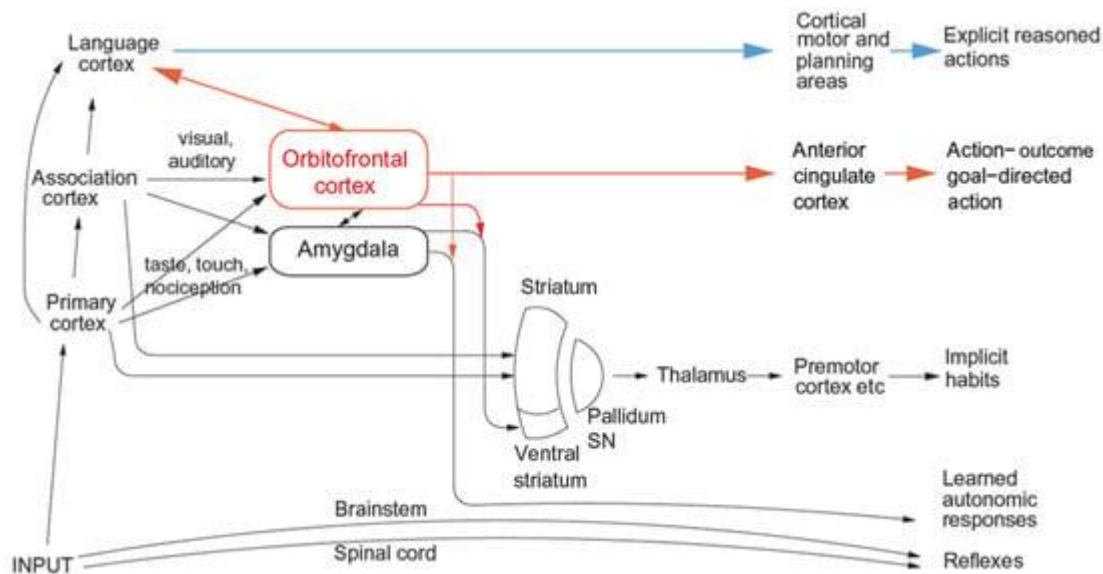
Eden sodobnih teoretičnih pristopov čustva razume kot posledico procesov nagrajevanja in kaznovanja - čustva nastanejo, ko organizem zazna, ali so bile njegove napovedi o nagradi ali kazni potrjene ali ovržene. Pozitivna čustva se pojavijo ob pridobitvi ali pričakovanju nagrade, negativna pa ob izgubi nagrade ali grožnji kazni. Takšna razlaga umešča čustva v evolucijski kontekst, kjer služijo preživetju in prilagajanju okolju.



Ključno vlogo pri procesiranju čustev ima **orbitofrontalna skorja**, ki sodeluje pri vrednotenju dražljajev in določanju njihove subjektivne vrednosti. Ta možganska regija omogoča, da posameznik presoja, kako prijetna ali neprijetna je določena izkušnja ter prilagaja svoje vedenje glede na spreminjajoče se okoliščine. Vrednotenje nagrad v orbitofrontalni skorji se lahko hitro spreminja, kar omogoča fleksibilno čustveno odzivanje.

Poleg orbitofrontalne skorje ima pomembno vlogo tudi **amigdala**, ki je vključena predvsem v hitro, avtomatsko zaznavanje čustveno pomembnih dražljajev, zlasti tistih, povezanih z nevarnostjo. Amigdala omogoča hiter odziv, še preden pride do

zavestne obdelave informacij, vendar sama po sebi ni zadostna za kompleksno, zavestno doživljanje čustev.



Nevroznanost čustev poudarja tudi **povezavo med čustvi in motivacijo**. Motivacija usmerja vedenje k ciljem, medtem ko čustva signalizirajo uspešnost ali neuspešnost teh prizadevanj. Ko se vedenje z učenjem utrdi v navado, se čustvena komponenta pogosto zmanjša, zato so čustva pomembna v fazah učenja in prilagajanja.

Pomemben vidik sodobnega razumevanja čustev je njihova povezanost z **razmišljanjem in racionalnim odločanjem**. Čeprav se čustva pogosto obravnavajo kot nasprotje razuma, nevroznanstveni dokazi kažejo, da **čustva nudijo ključno informacijo za odločanje**. Brez ustreznih čustvenih signalov je presojanje posledic odločitev oteženo, kar je razvidno tudi pri osebah s poškodbami orbitofrontalne skorje. Motnje v delovanju sistemov nagrajevanja in vrednotenja so povezane z depresijo, anksioznimi motnjami in zasvojenostjo.

Rolls definira čustva kot stanja, ki jih sprožijo instrumentalni okrepitevni dejavniki (nagrade in kazni). Orbitofrontalnega korteks primatov (človeka) izračuna vrednost nagrade (reward value), kar je ključno za subjektivno doživljanje prijetnosti ali neprijetnosti. Izračun nagradne vrednosti oblikuje subjektivno doživljanje prijetnosti/neprijetnosti, ter omogoča hitro spreminjanje teh vrednosti.

Rolls v svojem modelu loči motivacijo in čustva.

**Motivacija** je stanje pred dosego cilja, ko je nagrada ali kazen pričakovana in vodi v instrumentalno vedenje, da dosežemo nagrado ali se izognemo kazni.

**Čustvo** je stanje, ko je nagrada ali kazen dejansko prejeta ali odsotna po rezultatu instrumentalnega dejanja.

**Razmišljanje deluje skupaj z emocionalnimi sistemi**, saj lahko ponudi alternative ali strategije za **dosego nagrad ali izogibanje kaznim**. Človeški orbitofrontalni korteks ima povezave z jezikovnimi regijami, to omogoča poročanje o subjektivnih emocionalnih stanjih, kar je pomembno za zavestno izkušnjo čustev.

Sodobna nevroznanost čustva razume kot funkcionalne, evolucijsko oblikovane procese, ki povezujejo zaznavanje, motivacijo, učenje in razmišljanje. Čustva so sestavni del racionalnega delovanja, kar omogoča učinkovito prilagajanje okolju in smiselno usmerjanje vedenja (Rolls 2025).

### Mejniki v teoriji emocij

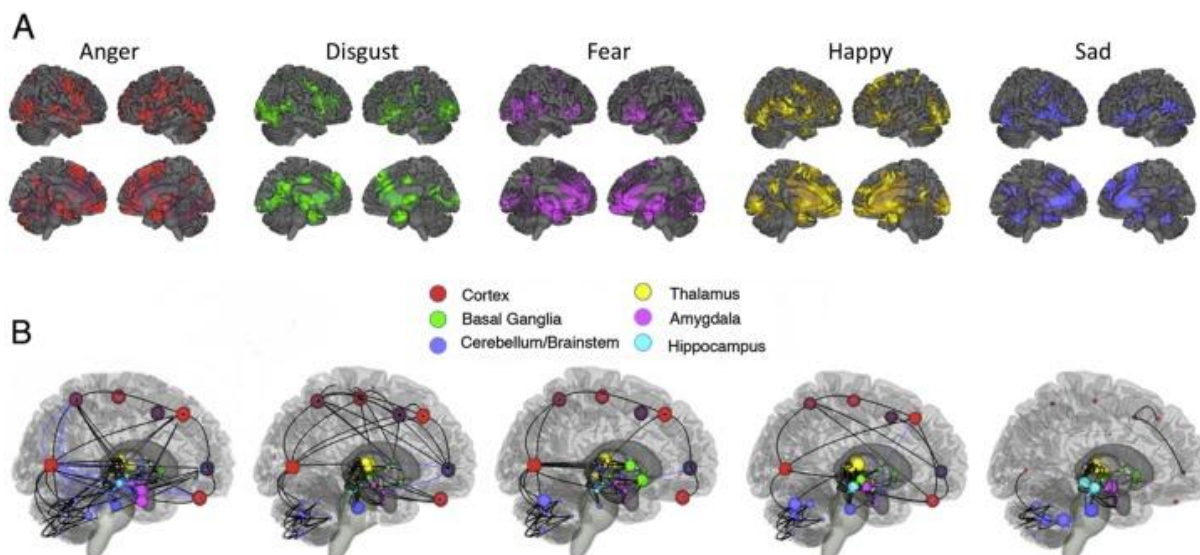


Meariajniki v teoriji emocij (Arias, Williams, Sloan 2020)

### 5.2.3. Nevroznanstveni vidiki žalosti

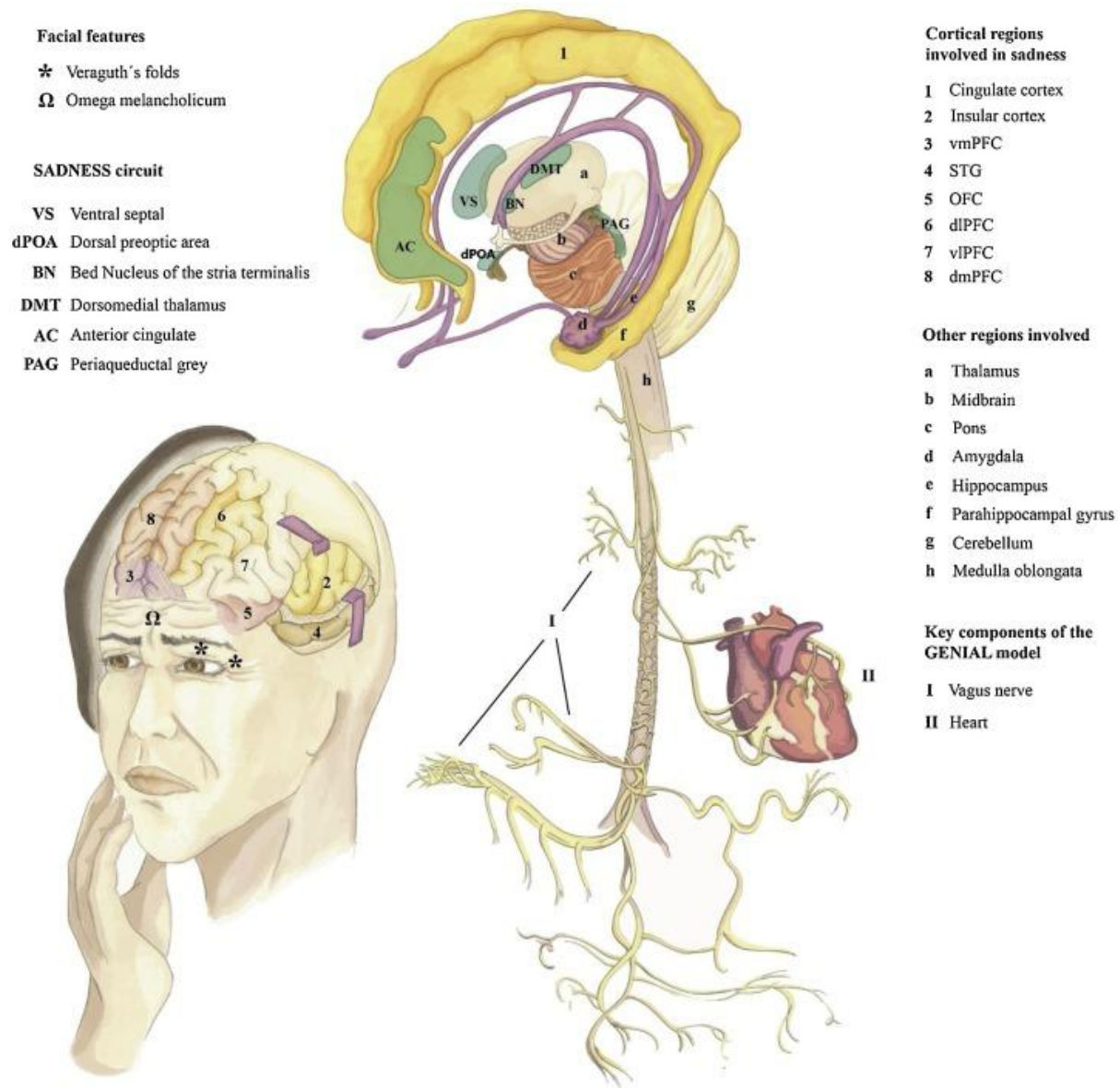
Arias v preglednem članku *The neuroscience of sadness* celostno obravnavajo žalost kot temeljno afektivno stanje, ki izhaja iz izgube ali ogroženosti pomembnih socialnih vezi. Žalost ni zgolj subjektivno čustveno doživljanje, temveč rezultat kompleksne interakcije med možganskimi omrežji, nevroendokrinimi sistemi in socialnim okoljem.

Na nevralni ravni je žalost povezana z aktivacijo limbičnega sistema, zlasti amigdale in hipokampusu, ki sodelujeta pri čustvenem vrednotenju in spominu na izgubo. Pomembno vlogo ima tudi medialna prefrontalna skorja, ki je vključena v regulacijo čustev ter anteriorni cinguladni korteks, ki povezuje afektivno doživljanje z avtonomnimi odzivi. Avtorji poudarjajo, da se pri socialni izgubi aktivirajo možganske strukture, podobne tistim, ki sodelujejo pri procesiranju fizične bolečine, kar potrjuje nevrobiološko osnovo socialne navezanosti.



Slika prikazuje možganska omrežja, vključena v osnovna čustva, s posebnim poudarkom na žalosti, ki ima edinstven vzorec možganske aktivnosti v področjih zaznavanja pomembnosti, samoreference, kognitivnega nadzora in telesno-avtonomnih procesov; v primerjavi z drugimi čustvi je pri žalosti povezljivost med možganskimi omrežji močno zmanjšana, zlasti v možganski skorji ter med skorjo in podskorjnimi strukturami, medtem ko je aktivnost v možganskem deblu in malih možganih izrazitejša, kar kaže na bolj izolirano delovanje omrežij ter večji poudarek na notranjih telesnih (interoceptivnih) in homeostatskih procesih.

Poleg centralnega živčnega sistema članek izpostavlja vlogo osi hipotalamus–hipofiza–nadledvična žleza (HPA) ter avtonomnega živčnega sistema. Dolgotrajna ali intenzivna žalost je povezana s povišano kortizolno aktivnostjo in zmanjšano parasimpatično regulacijo, kar lahko vodi v neprilagojene čustvene in somatske posledice. Mehanizmi so še posebej izraziti pri posameznikih z motnjami čustvene regulacije.



V okviru teorije navezanosti avtorji poudarjajo, da zgodnje izkušnje navezanosti pomembno oblikujejo razvoj nevralnih sistemov, odgovornih za regulacijo žalosti. Negotovi vzorci navezanosti so povezani z manj učinkovitim prefrontalnim nadzorom nad limbično aktivnostjo, kar povečuje ranljivost za intenzivnejše in dolgotrajnejše oblike žalosti ter afektivne motnje.

Žalost je rezultat dinamičnega prepleta možganskih, telesnih in socialnih procesov. Nevroznanstveno razumevanje žalosti in njene povezanosti z navezanostjo je ključno za razvoj integrativnih modelov čustev ter za izboljšanje intervencij pri afektivnih motnjah in motnjah navezanosti (Arias, Williams, Sloan 2020).

## 5.2.4. Razlika med top-down (TD) in bottom-up (BU) procesiranjem

**Bottom-up (BU) procesiranje** je procesiranje "od spodaj navzgor", ki se začne pri senzoričnih vhodih in se vzpenja skozi hierarhijo možganskih struktur. Predstavlja reaktivni odziv na zunanje dražljaje, kjer se informacije obdelujejo od senzoričnih do kognitivnih ravni. Povezano je z **basolateralno amigdalo (BLA)**, ki dražljajem dodeli valenco (npr. grožnja ali nagrada). To omogoča hitro, avtomatično odzivanje; v bolezni postane BU atraktor globlji, kar vodi v hiperreaktivnost in pretiran stres.

**Top-down (TD) procesiranje** je procesiranje "od zgoraj navzdol", ki izvira iz višjih kognitivnih centrov in modulira nižje ravni na podlagi pričakovanj, spominov in kognitivnega nadzora. Povezano je z **medialnim prefrontalnim korteksom (mPFC)**, ki regulira čustva in omogoča kontekstualno obdelavo. V patoloških stanjih postane TD atraktor hiperstabilen, kar se kaže kot ruminacija ali apatija.

BU je dražljajsko voden (od zunaj navznoter, reaktivno), TD je interno voden (od znotraj navzven, proaktivno). V zdravem stanju se uravnovežita v prilagodljivo vedenje; v bolezni pa se ravnotežje poruši, v anksioznosti prevlada BU (preobčutljivost do groženj), v depresiji pa TD (negativna samoocena).

Članek LeDuka predlaga model za anksioznost in depresijo kot motnje v ravnotežju TD in BU procesiranja, z uporabo dinamičnih sistemov:

Možgani so dinamični sistem s stabilnimi stanji, ki predstavljajo TD in BU modalitete. V zdravem stanju so prehodi med njimi lahki; v bolezni pa postanejo težji in je za prehod potrebno več energije, kar sistem zatakne.

**Algoritmična raven (obdelava dražljajev in valence):** procesi delujejo v dinamični povratni zanki med senzoričnimi in kognitivnimi centri. Bottom-up (BU) procesi, ki jih vodi amigdala, prihajajočim dražljajem dodelijo valenco – torej določijo, ali je dražljaj pozitiven (nagrada) ali negativen (grožnja). Informacijo nato modulirajo top-down (TD) procesi iz prefrontalnega korteksa (PFC), ki glede na kontekst in pretekle izkušnje prilagodijo končni odziv organizma.

Pri **anksioznosti prevlada hiperaktivno BU procesiranje**, kar vodi do pretirano negativne valence; posameznik svet zaznava kot poln groženj, na katere se odziva impulzivno in reaktivno.

Pri **depresiji postane dominantno TD procesiranje**, kar povzroči ujetost v notranje kognitivne kroge. To se kaže kot ruminacija (premlevanje negativnih misli) in upad motivacije za odzivanje na zunanje dražljaje.

Ključno vlogo pri vzdrževanju ravnovesja igra **oscilatorna sinhronost** (npr. alfa ritmi). Če so ti ritmi moteni, sistem izgubi svojo prožnost: lahko obtiči v enem od stanj (v nenehni anksiozni pripravljenosti ali v depresivnem umiku), v primeru komorbidnosti med obema stanjema preklaplja patološko hitro in nepredvidljivo.

## **Implementacijska raven/nevrološki krogi:**

**Basolateralna amigdala (BLA)** obdeluje informacije o grožnjah; hiperaktivnost vodi k generalizirani anksioznosti. **Centralna amigdala (CeA)** uravnava efektorske izhode (stresno os).

**Prefrontalni korteks (PFC):** v mPFC pride do porušenega ravnovesja med vzbujanjem in zaviranjem, hiperaktivnost GABAergičnih nevronov ali presežek glutamata vodi do anhedonije in negativne pristranskosti.

**Neuromodulacija in plastičnost:** serotonin splošči pokrajino stabilnih stanj in olajša prehode, medtem ko dopamin igra vlogo pri utrjevanju vedenj in stanj.

Članek obravnava vzroke prehoda v bolezen kot **izgubo fleksibilnosti** v dinamičnem sistemu možganov. Namesto da bi sistem gladko preklapljal med reaktivnim (BU) in kognitivnim (TD) načinom, določena stanja postanejo patološko stabilna:

**Anksioznost kot hiperstabilen BU atraktor:** Pri anksioznosti postane "skleda" BU atraktorja pregloboka. To pomeni, da senzorični dražljaji (tudi nevtralni) hitro "ujamejo" nevronske aktivnosti v krogih amigdale. Ker je atraktor globok, kognitivni nadzor iz mPFC (top-down) nima dovolj energije, da bi sistem potisnil ven iz stanja prestrašenosti ali pričakovanja grožnje. Rezultat je stalna hiperreaktivnost na okolje.

**Depresija kot hiperstabilen TD atraktor:** V depresiji postane pretirano dominanten TD atraktor. Nevronska aktivnost "obtiči" v notranjih kognitivnih procesih, kar se kaže kot hiperintrospekcija in ruminacija. Ker je ta atraktor globok, zunanji dražljaji, ki bi običajno prinesli veselje ali spremembo vedenja (bottom-up), ne morejo preusmeriti aktivnosti, kar vodi v anhedonijo in nizko motivacijo.

Prehod v patološka stanja povzročajo specifične spremembe

1. **Motnje v oscilacijah:** sinhronost med amigdalo in mPFC (npr. preko gama in alfa ritmov) deluje kot olajševalec za prehode. Ko se ti ritmi porušijo, sistem izgubi sposobnost preklapljanja.
2. **Nevromodulacija:** model nakazuje, da nizke ravni serotonina povečajo ovire, kar otežuje prehod iz negativnega stanja.
3. **Plastičnost krogov:** kronični stres utrjuje patološke poti (npr. močnejše povezave znotraj amigdale za anksioznost), kar sčasoma poglobi stabilna stanja in oteži spontano ozdravitev.

Razumevanje dinamik omogoča personalizacijo zdravljenja. Integrativni pristop združuje psihodinamično razumevanje notranjih konfliktov, biološko osnovo nevronskega kroga in moč dinamičnih sistemov, na globino stabilnih stanj pa vplivajo tudi kulturni in spolni dejavniki (LeDuke idr. 2023).

## 5.2.5. Vloga pavlovskega in instrumentalnega učenja pri odločanju

Članek *Reduced Pavlovian value updating alters decision-making in sign-trackers* preučuje interakcijo med dvema temeljnima sistemoma učenja v možganih: instrumentalnim učenjem, ki omogoča **učenje dejanj na podlagi njihovih posledic**, in pavlovskim pogojenjem, pri katerem **določeni dražljaji napovedujejo nagrado**. Oba sistema sta ključna za učinkovito vedenje, usmerjeno k ciljem.

Raziskava je vključevala 60 človeških udeležencev, ki so sodelovali v nalogi Pavlovian-to-Instrumental Transfer, sestavljeni iz treh zaporednih faz:

- pavlovska faza, v kateri so se udeleženci učili asociacij med nevtralnimi namigi in nagrado.
- instrumentalna faza, v kateri so se učili povezave med lastnimi dejanji in prejetimi nagradami.
- transferna faza, namenjena testiranju vpliva pavlovskih namigov na instrumentalne izbire.

Na podlagi podatkov sledenja očem (eye-tracking) so raziskovalci udeležence razdelili v dve skupini:

**Posamezniki, usmerjeni k namigom (sign-trackerji)**, ki so svojo pozornost pretežno namenjali dražljajem, povezanim z nagrado (nagradni namigi - signali)

**Posamezniki, usmerjeni k cilju (goal-trackerji)**, ki so se osredotočali predvsem na samo nagrado oziroma končni cilj (cilj - nagrado)

Obe skupini udeležencev sta uspešno osvojili asociacije v pavlovski in instrumentalni fazi, v transfer fazi so se pokazale pomembne razlike v vedenju. Sign-trackerji so ob prisotnosti pavlovskih namigov dosegali slabšo uspešnost in pogosteje sprejemali pristranske odločitve, saj so se zanašali na asociacije namig-nagrada, tudi kadar te niso bile informativne za optimalno izbiro.

Udeleženci so dinamično uravnavali oba sistema učenja. Slabša uspešnost sign-trackerjev ni posledica prekomernega uteževanja pavlovskih vrednosti v primerjavi z instrumentalnimi, temveč upočasnjenega posodabljanja pavlovskih vrednosti namigov v transfer fazi naloge.

Študija ponuja razumevanje nefleksibilnega odločanja. Pri sign-trackerjih počasnejše posodabljanje pavlovskih vrednosti vodi do pretirane reaktivnosti na okoljske

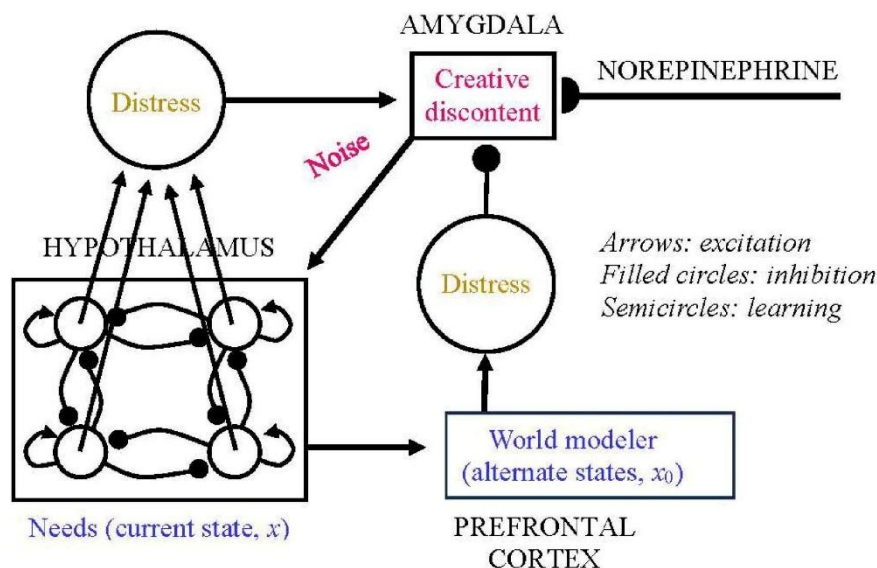
namige, kar je značilno za motnje, kot so zasvojenost, obsesivno-kompulzivne motnje in druge oblike kompulzivnega vedenja. Raziskava kaže, da težava ni v premočnem vplivu namigov, temveč v **zmanjšani sposobnosti prilagajanja prepričanj o njihovi trenutni vrednosti**.

Rezultati poudarjajo pomen individualnih razlik v nevralnem procesiranju nagrad in odpirajo možnosti za razvoj ciljnih intervencij, ki bi izboljšale mehanizme posodabljanja vrednosti, s čimer prispeva k razumevanju vedenj, pri katerih okoljski dražljaji prevladajo nad ciljno usmerjenim in racionalnim odločanjem (Degni idr. 2025).

### 5.2.6. Nevronske mreže in dinamični sistemi

Razumevanje zavesti in čustvenih stanj skozi prizmo nevroznanosti lahko učinkovito povežemo z modeli kompleksnih dinamičnih sistemov. Zavest in čustvena stanja je mogoče konceptualizirati kot stabilna stanja ravnovesja v nevronske mreži možganov. Tak pristop omogoča razlago, kako možgani uravnavajo čustvene odzive in vedenjske vzorce, kar je bistveno tudi za terapevtske pristope, kot je psihoterapija.

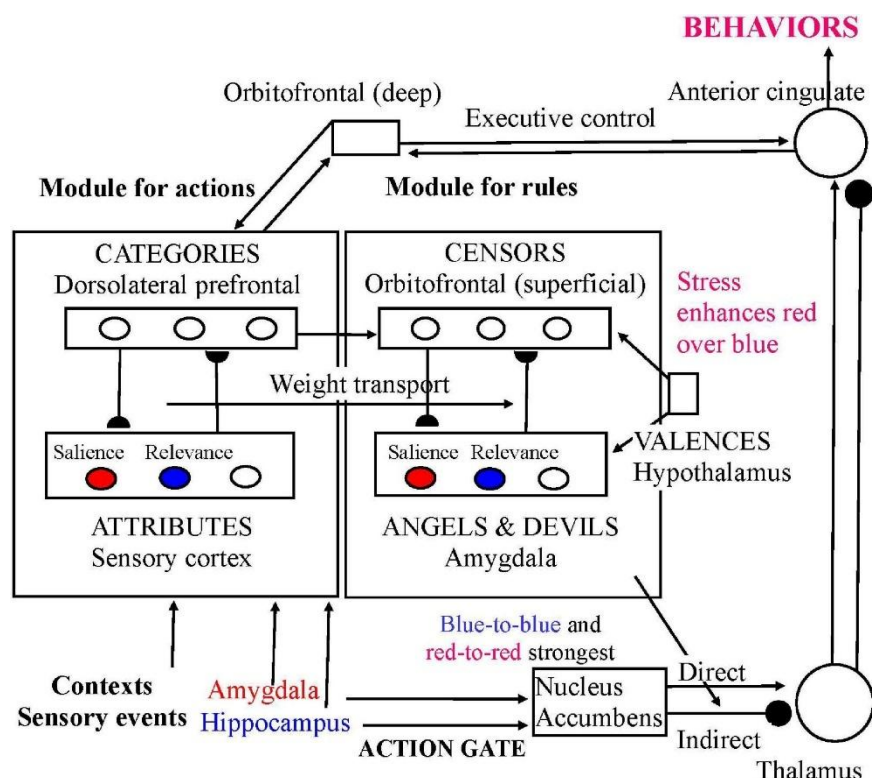
**Čustvena stanja in modeliranje vedenja** vključujejo interakcijo med različnimi možganskimi regijami. Hipotalamus je povezan z osnovnimi nagoni, amigdala zagotavlja čustveno vrednotenje dražljajev, medtem ko prefrontalni korteks omogoča kognitivni nadzor nad čustvi. Terapevtski proces lahko vodi do premika iz manj optimalnega stabilnega stanja, kot je slabo prilagojeno vedenje, proti bolj optimalnemu stanju, kar zmanjša notranjo stisko.



Slika *Tentative neural network for self-actualization* prikazuje poenostavljeno nevronske mrežo, ki modelira človeške potrebe. V spodnjem levem delu slike je idealizirana predstavitev različnih človeških potreb, ki vključujejo tako fiziološke (npr. hrana, spolnost, varnost) kot psihološke (npr. ljubezen, pripadnost, samospoštovanje, samoaktualizacija) dimenzije. Zasnova spominja na Maslowovo hierarhijo potreb. Potrebe so lokalizirane predvsem v hipotalamusu in možganskem

deblu (jedra, pomembna za osnovne nagone), ki imata močne povezave z notranjimi organi, kot so srce, prebavni sistem, endokrine žleze in koža.

Poglobljeno razumevanje ravnovesja med razumom in čustvi lahko ilustriramo z uporabo Freudovih konceptov **id**, **ego** in **superego**. Id je povezan z emocionalnimi regijami, predvsem hipotalamusom in amigdalami, medtem ko razvoj ega in zavesti sovpada z razvojem orbitofrontalnega korteksa, ki omogoča kognitivni nadzor nad čustvi. Premočan superego se lahko v nevroznanstvenem smislu izrazi kot pretiran zaviralni vpliv orbitofrontalnega korteksa na amigdalo, kar lahko vodi v pretiran racionalizem ali strah pred lastnimi čustvi.



Slika prikazuje poenostavljeno nevronske mrežo, ki modelira odločanje med različnimi vedenjskimi možnostmi. Akcijski modul povezuje attribute in kategorije možnih dejanj, pri čemer kategorije kodirajo vzorce atributov, ki jih modulirajo signali od spodaj navzgor (bottom-up) in od zgoraj navzdol (top-down). (Del **amigdale** prek povezovanja signalov atributov iz korteksa in afektivnih valenc (+ ali -) iz hipotalamusa kodira pripisovanje pozitivne ali negativne vrednosti atributom vedenja. Podobno **orbitofrontalni korteks** kodira pripisovanje valenc kategorijam vedenja. **Striatum**, na katerega vplivata tako čustvena pomembnost kot relevantnost naloge, selektivno aktivira (prek neposredne poti do talamusa) ali inhibira (prek posredne poti) motorično izvedbo specifičnih dejanj v anteriornem cingulatnem korteksu. **Anteriorni cingulat** in globlje plasti orbitalnega prefrontalnega korteksa izvajajo izvršilni nadzor nad obema moduloma. Ta sistem se odziva na kontekst in krepi aktivnosti, ki so relevantne za nalogo. Na sliki modre povezave označujejo tiste, ki jih stres oslabi, rdeče pa tiste, ki jih stres okrepi. Modul kategorizacije povezuje rezultate akcijskega modula z modulom, ki predstavlja preprosta vedenjska pravila

angelske in hudičeve odločitve, kar omogoča izbiro med moralno ali impulzivno usmerjenim vedenjem

**Nevroplastičnost in mentalna fleksibilnost** sta ključna za osebno rast in zavestno izkušnjo. Mentalna fleksibilnost posamezniku omogoča, da ostane odprt za nove izkušnje, hkrati pa ohrani že naučeno, kar predstavlja reševanje dileme med stabilnostjo in plastičnostjo. Subjektivno doživljanje smiselnega življenja se pogosto pojavi, ko je doseženo dinamično ravnovesje med zadovoljevanjem osnovnih fizioloških in kompleksnih psiholoških potreb, kot so pustolovščina, ljubezen in samospoštovanje.

Ravnovesje med empatično skrbjo za druge in lastnim interesom je prav tako nevroznanstveno utemeljeno. Empatija izhaja iz evolucijske potrebe po skrbi za druge in je povezana z razvojem cingulatnega korteksa pri sesalcih. Nadzor prefrontalnega korteksa stabilizira psiho, tako da posameznik ne niha med ekstremnim lastnim interesom in pretirano empatijo. Zdrav ego omogoča optimalno ravnovesje.

Integracija nevroznanosti in psihoanalize ponuja bogato podlago za razpravo o tem, kako biološki procesi v možganih oblikujejo subjektivno zavest, čustveno doživljanje in vedenjske vzorce. Modeli dinamičnih sistemov in stabilnih stanj omogočajo globlji vpogled v mehanizme, ki stojijo za notranjimi izkušnjami posameznika (Levine, Aleksandrowicz, Verissimo Lopes 2025).

### **5.2.7. Nevrološke osnove moralnih vrlin**

Doktorska disertacija Andrewa P. J. Mullinsa iz leta 2012 z naslovom *An investigation into the neural substrates of virtue to determine the key place of virtues in human moral development* obravnava vprašanje, ali je mogoče moralne vrline razumeti kot lastnosti, ki imajo poleg filozofske in normativne razsežnosti tudi nevrobiološko podlago. Avtor svoje raziskovanje umesti v okvir aristotelovske etike vrlin in antropologijo ter zagovarja stališče, da vrline niso zgolj abstraktne moralne kategorije, temveč stabilne dispozicije delovanja, ki se oblikujejo skozi razvoj, izkušnje in vzgojo. V ospredje postavi plastičnost možganov, ki omogoča, da se nevronske strukture in funkcije prilagajajo izkušnjam. Mehanizmi, kot so dolgotrajno potenciranje, krepitev sinaptičnih povezav, mielinizacija živčnih poti ter spremembe v izražanju genov, kažejo, da ponavljajoče dejavnosti in navade povzročajo trajne strukturne in funkcionalne spremembe v možganih, kar je posebej izrazito v otroštvu in odraščanju.

Disertacija obravnava vlogo učenja in spomina, pri čemer Mullins izpostavi sodelovanje več možganskih sistemov. Hipokampus podpira deklarativni spomin, amigdala čustveno vrednotenje izkušenj, striatum in bazalni gangliji proceduralni spomin in oblikovanje navad, cerebelum avtomatizacijo spretnosti, možganska skorja pa delovni in dolgoročni kognitivni spomin. Procesu sinaptične plastičnosti, ki jih uravnavajo receptorji NMDA in AMPA, dopamin ter nevrotrofični faktorji,

omogočajo utrjevanje vedenjskih vzorcev. Posebej pomembna je vloga zrcalnih nevronov, ki omogočajo učenje z opazovanjem in posnemanjem, moralni zgled ima osrednje mesto.

Pomemben del analize je namenjen bazalnim ganglijem, ki igrajo ključno vlogo pri oblikovanju navad, motivaciji in voljnih dejanjih. Mullins se opira tudi na klinične študije nevroloških bolezni, kot so Parkinsonova bolezen, Huntingtonova bolezen in obsesivno-kompulzivna motnja, ki razkrivajo, kako motnje v teh strukturah vplivajo na sposobnost stabilnega in ciljno usmerjenega delovanja. Dopamin ima osrednjo vlogo, saj modulira plastičnost v nevronskih zankah med bazalnimi gangliji in prefrontalno skorjo ter omogoča prehod od zavestnega, naporenega učenja k avtomatiziranemu vedenju.

Avtor se posveti tudi nevrološkim osnovam čustvenega nadzora, ki so ključne za moralno delovanje. Uravnavanje čustev poteka v kompleksnem sodelovanju med amigdalo, prefrontalno skorjo in bazalnimi gangliji. Plastičnost teh sistemov omogoča, da se posameznik nauči uravnavati odzive na bolečino, strah in ugodje, kar je bistveno za razvoj vrlin, kot so zmernost, pogum in potrpežljivost. Nevropeptidi, zlasti oksitocin, podpirajo socialno učenje, zaupanje in prosocialno vedenje in so temelj pravičnosti in sočutja.

V kontekstu ciljno usmerjenega vedenja Mullins analizira nagrajevalne sisteme, ki vključujejo dopaminske poti v striatumu, amigdali in orbitalno-frontalni skorji. Ti sistemi ne spodbujajo zgolj iskanja ugodja, temveč predvsem usmerjenost k ciljem, ki jih posameznik prepozna kot vredne. Avtor pri tem uporablja analogijo z raziskavami zasvojenosti, motivacijska vezava na cilje lahko deluje bodisi destruktivno bodisi konstruktivno, v primeru vrlin pa podpira notranjo motivacijo za moralno delovanje.

Posebno vlogo pri moralnem razsojanju ima prefrontalna skorja, ki omogoča izvršilne funkcije, kot so načrtovanje, presoja, nadzor impulzov in usmerjenost k dolgoročnim ciljem. Plastičnost teh kognitivnih sistemov omogoča razvoj razumnosti oziroma **preudarnosti**, ki po aristotelovski tradiciji predstavlja temeljno moralno vrlino, saj usmerja delovanje vseh drugih vrlin.

Nevrobiološki mehanizmi učenja, plastičnosti, čustvene regulacije in motivacije omogočajo razumevanje, kako se vrline oblikujejo skozi ponavljanje dejanj in izkušenj (Mullins, 2012).

### **5.2.8. Digitalno nezavedno v dobi ChatGPT**

Članek Hamamra in Uebela raziskuje, kako vzpon velikih jezikovnih modelov (LLM), kot je ChatGPT, spreminja človeško subjektivnost, željo in psihično življenje. Avtorja trdita, da sistemi umetne inteligence niso le pasivna orodja, temveč delujejo kot algoritmični Veliki Drugi, ki spreminjajo način, kako ljudje iščemo priznanje in prenašamo svoja čustva.

Avtorja uvajata koncept **digitalnega nezavednega** kot prostora, kjer se nezavedni procesi izvajajo in komunicirajo prek algoritmov. Zaradi nenehnega sledenja podatkom se pojavi algoritmični pogled, ki ustvarja občutek popolne transparentnosti, kar ogroža posameznikovo potrebo po zasebnosti in notranji distanci.

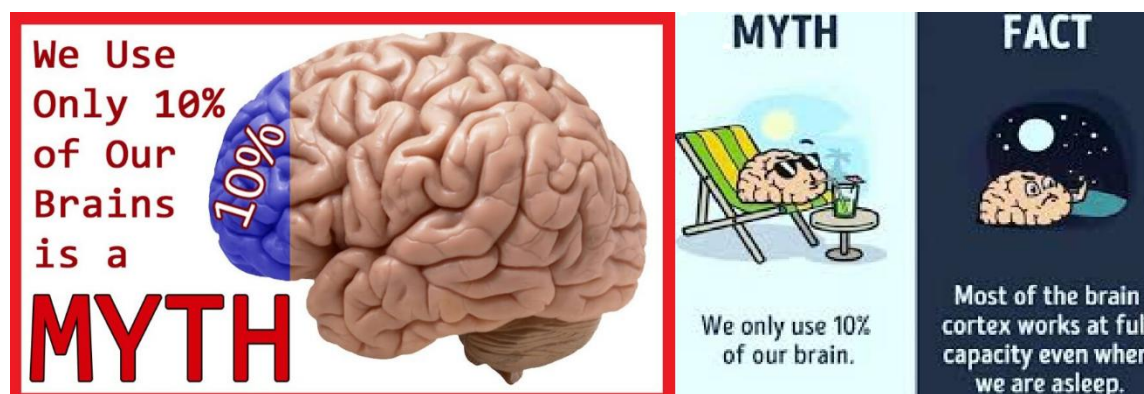
Uporabniki pogosto antropomorfizirajo sisteme umetne inteligence (jim pripisujejo človeške lastnosti) in nanje projicirajo svoje želje, kot da bi šlo za bitja, ki razumejo. To ustvarja iluzijo empatije in modrosti, čeprav sistemi le statistično urejajo vzorce brez pravega razumevanja. **Algoritmi delujejo kot digitalni superego**, ki posameznika nenehno spodbuja k optimizaciji, produktivnosti in iskanju užitka prek matrik, kot so všečki in obvestila. Posledica so izčrpanost in digitalno izgorevanje.

Napake in pristranskosti, ki jih ustvarjajo modeli umetne inteligence, avtorja interpretirata kot psihoanalitične "halucinacije", kjer se vrača potlačeno. Te napake razkrivajo slepe pege in izključevanja v podatkih, na katerih so bili modeli naučeni. Digitalne sledi se spreminjajo v "vedenjski presežek" za komercialno izkoriščanje. Avtorja opozarjata, da poskus pretvorbe psihičnega življenja v izračunljive podatke ogroža samo bit človeške subjektivnosti, ki temelji na nepredvidljivosti in protislovjih.

Človeškega subjektivnega izkustva in nezavednega (sanje, spodrsaljaji, simptomi) ni mogoče reducirati na informacijski sistem ali nevronske mreže. Avtorja zagovarjata ohranitev nejasnosti in singularnosti posameznika proti poskusom popolnega algoritmičnega zajetja (Hamamra, Uebel 2025)

## 5.3. Nevroznanstveni miti

### 5.3.1. Mit o uporabi 10% možganov



Mit, da uporabljamo le 10 % možganov, velja za najbolj razširjen in prepoznaven nevroznanstveni mit.

Ameriški psiholog William James, je okoli leta 1907 zapisal, da ljudje ne izkoristimo vseh svojih mentalnih potencialov, nikoli pa ni navedel številke 10 %.

V 30. letih 20. stoletja je mit močno razširil Lowell Thomas, ko je v predgovoru k Daleu Carnegieju (How to Win Friends and Influence People) zapisal, da ljudje razvijejo le majhen del svojih sposobnosti, številko 10 % so dodali kasneje.

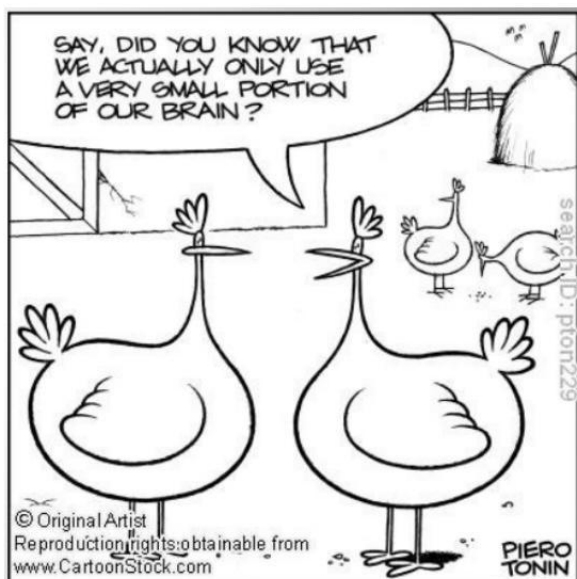
Tudi Albertu Einsteinu pogosto napačno pripisujejo mit o 10 % možganov, čeprav za to ne obstaja noben dokaz.

Mit o uporabi 10% možganov so prevzeli viri za samopomoč, popularna psihologija in mediji, ker je preprost in motivacijsko učinkovit.

<https://www.psychologytoday.com/us/blog/common-sense-science/202505/beyond-the-myth-that-we-use-only-10-percent-of-our-brains>

Mit, da ljudje uporabljamo samo 10 % možganov se pogosto pojavlja v filmih, motivacijskih govorih in knjigah o samopomoči, nima znanstvene podlage. Moderni nevrološki podatki iz fMRI in PET skeniranj jasno kažejo, da skoraj vsa področja možganov sodelujejo pri različnih funkcijah tudi pri navidez preprostih nalogah, kot sta branje ali pomnjenje.

# We only use 10% of our brain



- We use all of our brain – this is why a stroke is so devastating
- Not all the brain is active at one time – but multiple areas are at work at the same time
- A number of areas active even when we are “doing nothing”

Evolucijsko gledano je neracionalno, da bi bil organ, ki porabi 20 % telesne energije, večinoma neaktiven, to prevelik strošek brez koristi. Različni predeli možganov imajo specializirane naloge (npr. vid, jezik, gibanje, odločanje), aktivni so sočasno, ko opravljamo vsakodnevne dejavnosti.

Resnična težava pri slabši kognitivni učinkovitosti ni v tem, da je večina možganov neuporabljena, ampak v upravljanju z energijo, pozornostjo in nevralnimi vezji. Preobremenjenost, stres, pomanjkanje spanja in slabe navade zmanjšajo učinkovitost možganskega delovanja, ker niso optimalno uravnoreženi.

Nevroznanost opozarja na več metod za izboljšanje učinkovitosti možganov, namesto aktiviranja »neuporabljenih delov«:

- Kognitivni trening: Ukvarjanje z mentalno zahtevnimi nalogami, kot sta učenje novega jezika ali igranje glasbila, lahko izboljša nevronske plastičnosti in spodbudi gostejše sinaptične povezave.
- Spanje in prehrana : Spanje utrjuje spomin in odstranjuje presnovne odpadke. Hranila, kot so omega-3 maščobne kisline, podpirajo celovitost nevronov in prenos signalov.
- Čuječnost in zmanjševanje stresa: Kronični stres lahko poslabša delovanje prefrontalnega korteksa in hipokampusa, s čimer vpliva na odločanje in spomin. Tehnike čuječnosti pozitivno preoblikujejo vzorce možganske aktivnosti.

- Redna aerobna aktivnost poveča volumen hipokampusa in nevrogenezo, zlasti pri starejših odraslih.

Naprave, ki sledijo kognitivni obremenitvi ali sistemom neurofeedbacka, lahko posameznikom pomagajo prepoznati neučinkovitosti in usposobiti nadzor pozornosti. Izboljšanje učinkovitosti možganov se osredotoča na optimizacijo sistema namesto na sprožanje neaktivnih modulov. To vključuje izboljšanje komunikacije med različnimi možganskimi regijami, uravnavanje porabe energije in določanje prioritete nalog, namesto da bi poskušali aktivirati področja možganov, za katera zmotno mislimo, da so mirujoča. Postopek poudarja izboljšanje nevrnskih poti, krepitev sinaptičnih povezav in doseganje kognitivnega ravnovesja z bolj zdravimi navadami, namesto da bi »odkrivali skriti potencial«. Podobno kot dobro uglašen orkester ustvarja harmonično glasbo s sinhronizacijo in tempiranjem, namesto zgolj z uvajanjem dodatnih instrumentov, možgani delujejo najbolje, ko so njihovi trenutni elementi usklajeni, spočiti in pravilno vzdrževani.

### **5.3.2. Mit o desni in levi polovici možganov**

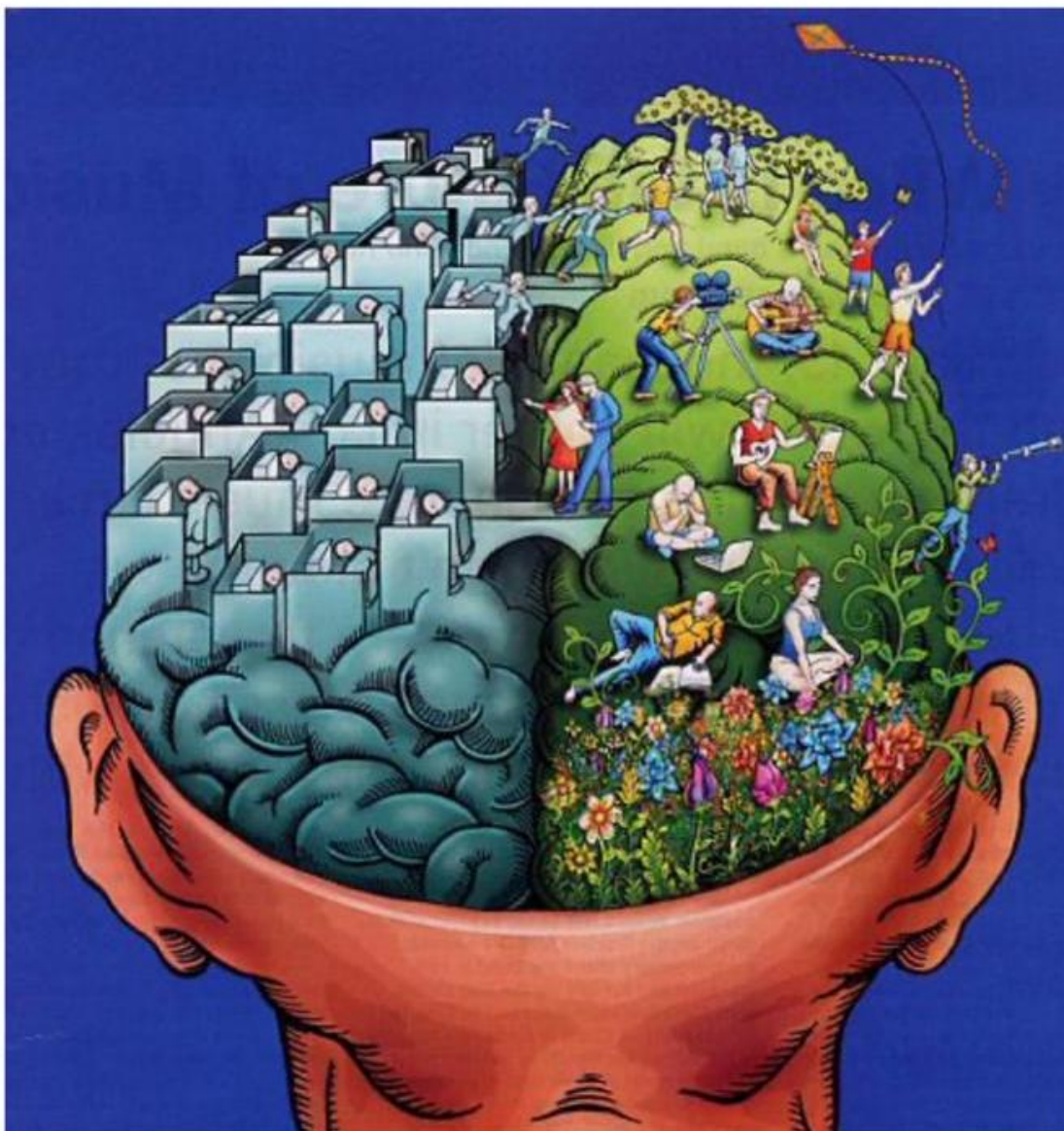
Posamezniki z levo možgansko poltjo so pogosto opisani kot logični, analitični in spretni s številkami in jezikom. Nasprotno pa ljudje z desno možgansko poltjo veljajo za ustvarjalne, intuitivne in umetniške.

Priljubljena teorija ima korenine v znanstvenih odkritjih. V 19. stoletju so raziskovalci ugotovili, da imajo bolniki s poškodbami določenih področij leve strani možganov pogosto težave z jezikom. To je privedlo do razumevanja, da imajo možgani specializirane regije za različne naloge.

Ta ideja je v šestdesetih letih prejšnjega stoletja pridobila širšo pozornost z delom nevropsihologa Rogerja W. Sperryja, dobitnika Nobelove nagrade. Njegova raziskava bolnikov z "razcepljenimi možgani", pri katerih so bile povezave med obema možganskima poloblama prekinjene za zdravljenje hude epilepsije, je pokazala, da lahko vsaka stran možganov deluje neodvisno in ima očitno specializirane sposobnosti.

Čeprav drži, da so nekatere funkcije bolj dominantne na eni strani možganov, je ideja, da nam vlada ena hemisfera nad drugo, mit. Obe strani možganov sta v nenehni komunikaciji in sodelujeta pri opravljanju tudi najpreprostejših nalog.

**Možgani so enotno, ustvarjalno omrežje.**



Če posameznik ni strogo levičar ali desničar, kaj to pomeni za njegovo osebnost in sposobnosti?

Sposobnost reševanja matematičnega problema lahko vključuje logične centre v levi hemisferi, vendar zahteva tudi ustvarjalno reševanje problemov in prostorsko razmišljanje, ki sta pogosto povezano z desno hemisfero. Podobno ustvarjanje umetniškega dela ne vključuje le ustvarjalnosti desne hemisfere, temveč tudi vlogo leve hemisfere pri načrtovanju in izvajanju potrebnih finomotoričnih veščin.

Koncept nevroplastičnosti - sposobnosti možganov, da se reorganizirajo z oblikovanjem novih nevronskih povezav - še dodatno razbija togo idejo o levi/desni možganski polovici. Možgani se lahko prilagajajo in spreminjajo skozi vse življenje, ustvarjajo nove poti in prerazporejajo naloge različnim področjem, zlasti kot odziv na poškodbe ali učenje.

Dr. Katsafanas ponuja to perspektivo. »Torej, namesto da bi o sebi razmišljali kot o bolj desničarski ali bolj levičarski osebi, preprosto pomislite na svoje možgane kot na ogromno kroglo ustvarjalnosti, ki vas naredi to, kar ste.«

<https://baptisthealth.net/baptist-health-news/is-left-brain-vs-right-brain-a-myth-a-neurologist-explains>

Raziskave kažejo, da imata hemisferi neodvisne vire za prostorsko pozornost in delovni spomin. Ljudje si lahko zapomnimo več informacij, če so razporejene v obe vidni polji, kot če so vse v enem samem. Razumevanje ravnotežja med hemisferno neodvisnostjo in interakcijo je ključno za nevroznanost in razlago nevropsihiatričnih motenj (npr. depresija, shizofrenija, avtizem), pri katerih je pogosto opažena zmanjšana medhemisferna povezanost (Brincat, Miller 2025).

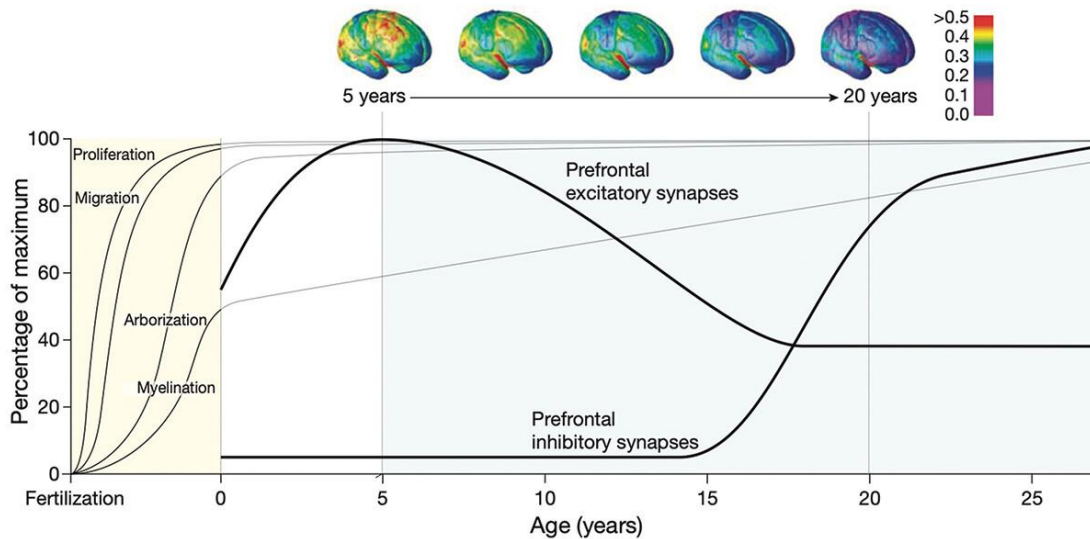
### 5.3.3. Mit o zrelih možganih?

Članek Challenging the 25-year-old 'mature brain' mythology: implications for the minimum legal age for non-medical cannabis use razpravlja o utemeljitvi minimalne zakonske starosti za uporabo konoplje

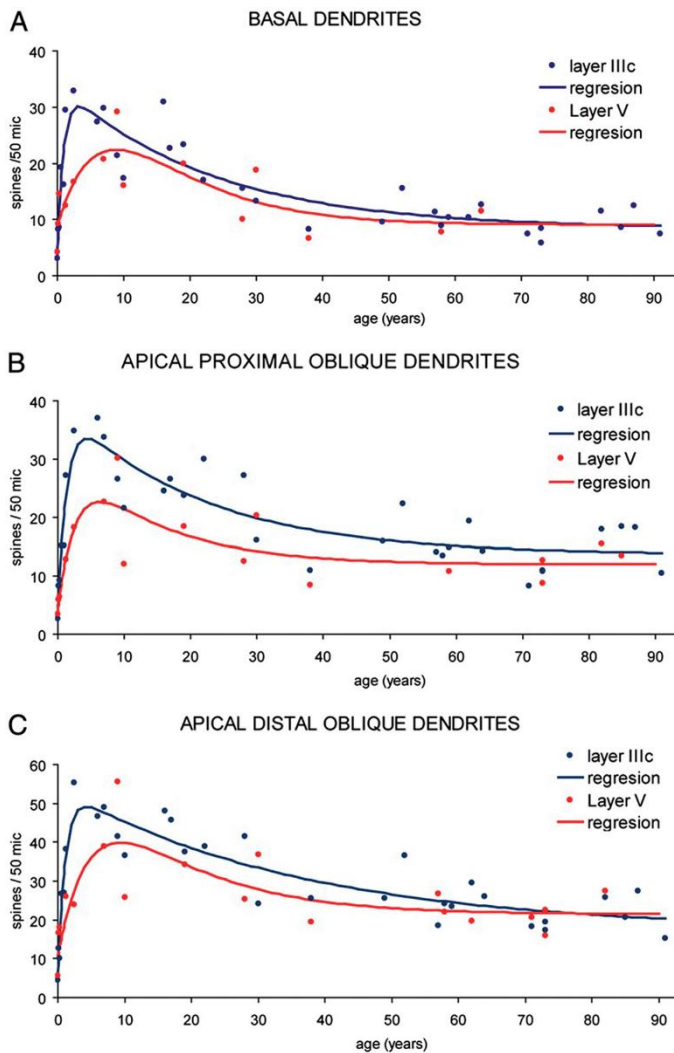
Senzorične in jezikovne sposobnosti se večinoma vzpostavijo že do 6. leta starosti, medtem ko se impulzivno obvladovanje in čustvena regulacija razvijata postopneje ter dozorevata vse do pozne adolescence, približno med 18. in 21. letom. Večina makro in mikrostrukturnega razvoja možganov poteka zgodaj v življenju in se približa zaključku okoli 30. leta, pri čemer se sintetično obrezovanje, torej remodeliranje in eliminacija odvečnih sinaps v prefrontalnem korteksu, nadaljuje tudi v tretje desetletje življenja, brez jasno opazne prelomne točke pri 25. letu. Avtorji zato sklepajo, da je večina ključnih razvojnih mejnikov možganov dosežena do starosti 18–21 let, medtem ko se bolj subtilne razvojne spremembe nadaljujejo še v odraslost.

Študija, ki je neposredno preučevala optimalno minimalno zakonsko starost (18, 19, 21 in 25 let) glede na doseganje izobrazbe, splošno zdravje in kajenje cigaret, je ugotovila, da je optimalna starost 18 let za splošno zdravje, 19 let za kajenje cigaret in 21 let za doseganje izobrazbe.

Avtorji predlagajo, da je minimalna zakonska starost za konopljo **med 18 in 21 leti** znanstveno utemeljena in socialno obranljiva, saj ni jasnih nevrobioloških ali na pacienta osredotočenih dokazov, ki bi podpirali zakonsko starost, višjo od 21 let.



Slika prikazuje razvojne poti ekscitatornih in inhibitornih sinaps v prefrontalni skorji. Gostota ekscitatornih sinaps hitro narašča v zgodnjem otroštvu in se po obdobju sinaptičnega obrezovanja stabilizira okoli 18. leta. Inhibitorne sinapse, ki so ključne za kognitivni nadzor in uravnavanje vedenja, se razvijajo počasneje, z izrazitim porastom med 15. in 21. letom ter manjšimi povečanji tudi po 25. letu. Ti vzorci odražajo dolgotrajen razvoj frontostriatalnih možganskih povezav, pomembnih za izvršilne funkcije, presojo tveganja in nadzor impulzov.



Slika prikazuje, da se ekscitatorne sinapse v prefrontalni skorji razvijejo zgodaj in se stabilizirajo okoli 18. leta, medtem ko se inhibitorne sinapse razvijajo počasneje ter dozorevajo šele v pozni adolescenci in odraslosti, kar odraža dolgotrajen razvoj možganskih funkcij za nadzor vedenja in odločanje (Adinoff, Nunes 2025).

\*\*\*

Della Sala v besedilu Neuroscience Myths kritično analizira razširjene nevromito in opozarja na **zapeljivo privlačnost nevroznanosti**, zaradi katere ljudje nekritično sprejemajo razlage, ki uporabljajo možganske slike ali površne sklice na delovanje možganov. Avtor pokaže, da se razlage psiholoških pojavov pogosto zdijo bolj prepričljive že zato, ker vsebujejo **nevroznanstveno terminologijo**, tudi kadar so znanstveno napačne. Posebej izpostavi mite, kot so:

- uporabljamo le 10 % možganov
- poslušanje Mozarta trajno poveča inteligentnost
- učenje med spanjem je učinkovito

- desna hemisfera ustvarjalna, leva pa racionalna.

Na podlagi empiričnih raziskav in metaanaliz avtor pokaže, da so ti miti pretirani ali neutemeljeni. Besedilo poudarja pomen znanstvenih metod, dokazov in kritičnega mišljenja v nevroznanosti ter opozarja na nevarnosti, ki jih prinaša **mešanje znanosti z željami, upanjem in komercialnimi interesi**.

Mozartov učinek nima trajnega vpliva na inteligenco; morebitni kratkoročni učinki so lahko posledica izboljšane razpoloženja ali povečanega odzivanja. Učenje med spanjem ne omogoča usvajanja novih informacij, temveč krepi že obstoječe spominske sledi; obe možganski hemisferi ves čas delujeta usklajeno.

Avtor opozarja na problematično komercializacijo nevroznanstvenih mitov, denimo v promociji aplikacij za treniranje možganov (Della Sala 2007, 2009).

### **5.3.4. Primerjava medicine in psihologije v odnosu do nevromitov**

Raziskovanje nevromitov razkriva, da tako medicina in zdravstvene vede kot psihologija aktivno obravnavajo razširjenost napačnih prepričanj o delovanju možganov, vendar iz različnih epistemoloških in praktičnih izhodišč. V medicini in zdravstvenih vedah se študije osredotočajo predvsem na ugotavljanje razširjenosti nevromitov med študenti in učitelji ter na tveganja, ki jih ti miti predstavljajo za izobraževanje. Kljub poudarjanju empirično podprte medicine se miti presenetljivo vztrajno pojavljajo v medicinskem okolju. Raziskava v Maleziji je pokazala, da približno 40 % medicinskih študentov verjame v vsaj en nevromit, pri čemer je posebej razširjen mit o uporabi zgolj 10 % možganov. Ugotovitve opozarjajo, da biomedicinske znanosti ne zagotavljajo odpornosti proti poenostavljenim ali populariziranim razlagam, kar ogroža verodostojnost pedagoških pristopov.

Psihologija se v literaturi pogosteje pojavlja kot potencialni dejavnik zmanjševanja nevromitov. Usposabljanje v psihologiji, zlasti na področjih kognitivne in nevropsihologije, posameznikom omogoča boljše razumevanje odnosa med možgani in vedenjem ter razvoj kritičnega mišljenja pri presoji nevroznanstvenih trditev. Empirični podatki kažejo, da psihološko izobraževanje zmanjša sprejemanje nevromitov za približno 15–25 %, čeprav določenih mitov, kot so učni stili, ne odpravi v celoti.

Nekateri avtorji psihologijo razumejo kot ključen most med kompleksnimi ugotovitvami nevroznanosti in njihovo smiselno uporabo v izobraževalni praksi. Psihologija ne deluje le kot uporabnik nevroznanstvenih spoznanj, temveč kot kritični filter, ki pomaga ločevati znanstveno utemeljeno znanje od poenostavljenih nevromitov.

Avtorji študije med psihologi so opredelili pet raziskovalnih sklopov mitov. Prvi sklop zajema mite, povezane z delovanjem možganov, tretji in peti se osredotočata na nevromite v izobraževalnem okolju, medtem ko drugi in četrti pa obravnavata širša napačna prepričanja in znanja. Posamezniki s psihološko izobrazbo lažje prepoznajo trditve, ki predstavljajo nevromite, vendar kljub temu nekateri nevromiti vztrajajo tudi v tej skupini.

Skupna ugotovitev obeh področij je, da formalno izobraževanje ne zadošča za odpravo nevromitov. Medicina se z njimi sooča predvsem kot s tveganjem za strokovno prakso, medtem ko psihologija ponuja teoretična in metodološka orodja za njihovo prepoznavanje in zmanjševanje. Primerjava poudarja potrebo po interdisciplinarnem pristopu, ki bi združeval dokazno naravnost medicinskih ved s psihološkim razumevanjem kognitivnih mehanizmov, ki omogočajo vztrajanje nevromitov (Balmaseda-Serrano idr. 2025, Pye idr. 2025).

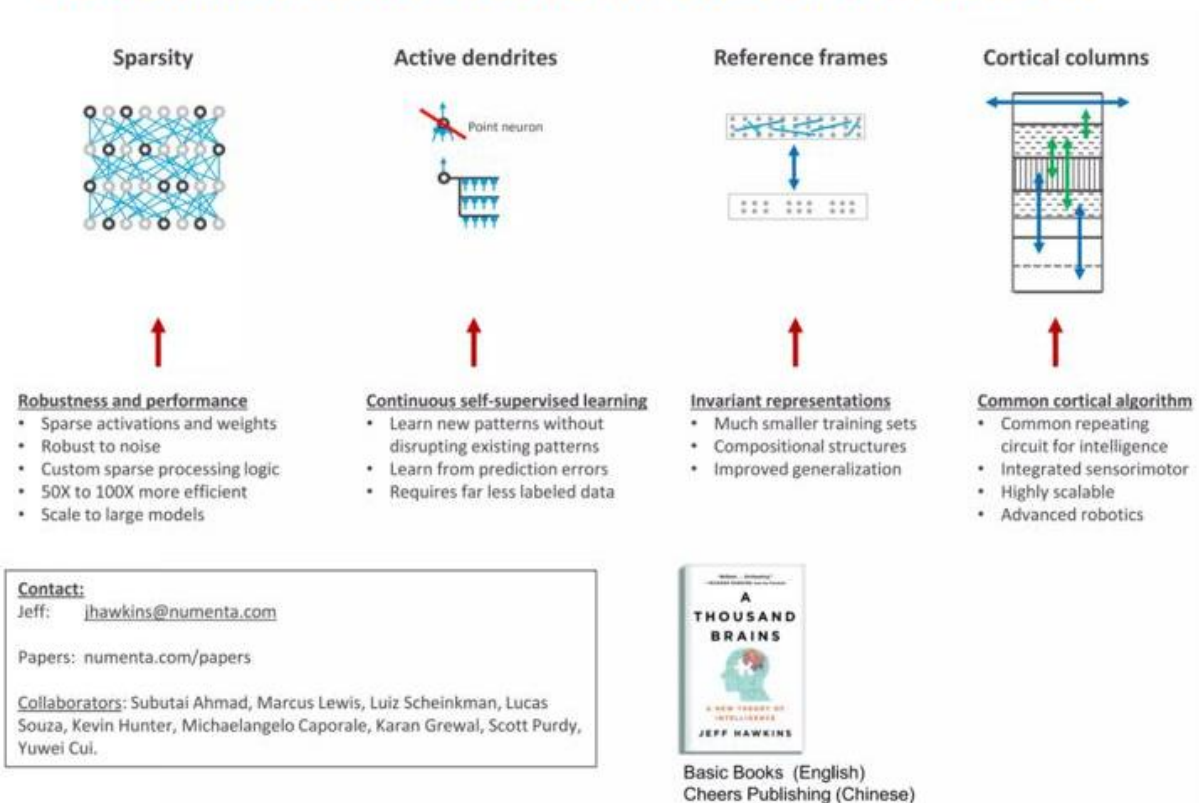
## 5.4. Veliki jezikovni model (LLM)

### Zakaj obravnavati umetno inteligenco pri nevroznanosti?

Umetna inteligenca nam odpira nov pogled v razumevanje delovanja človeških možganov - kako razmišljamo, se odločamo, učimo in zaznavamo svet. Hkrati nam lahko služi kot ogledalo, v katerem se odražajo tudi manj prijetne plati človeške narave kot so pristranskost, impulzivnost, napake v presoji in omejitve našega razmišljanja. Umetna inteligenca ni le tehnološko orodje, temveč tudi sredstvo za globlji vpogled v nas same.

Primer povezave med umetno inteligenco in nevroznanostjo je **Projekt tisoč možganov (Thousand Brains Project)**. Projekt, ki ga je zasnoval Jeff Hawkins pri podjetju Numenta, je od januarja 2025 neodvisna neprofitna organizacija, delno financirana s strani fundacije Gates.

### ROADMAP: FROM ANNS TO MACHINE INTELLIGENCE



## What Does the Thousand Brains Theory Tell Us About Machine Intelligence?



### 1) Intelligent machines need to learn a model of the world.

- Inference, prediction, planning, and motor behavior are based on the model.

### 2) The model is distributed among many nearly identical units that vote to reach a consensus.

- Highly robust
- Scales from small to large systems
- Works with any type and size of sensor array
- Voting solves the binding problem

### 3) In each unit, knowledge is stored in reference frames and is learned via sensory-motor interaction.

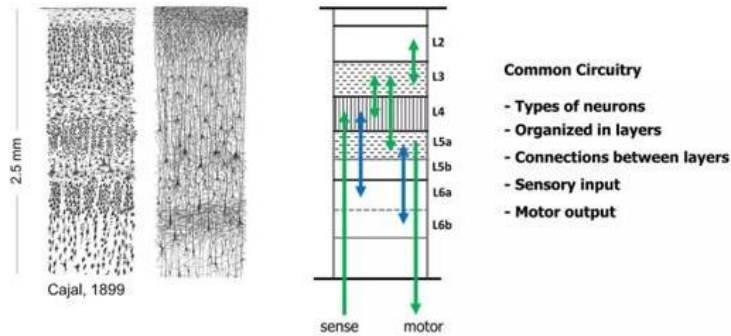
- Unsupervised learning
- Fast learning
- Motor behavior is integrated (robotic / AI fusion)

Projekt temelji na Teoriji tisoč možganov, ki izhaja iz nevroznanstvenih spoznanj o neokorteksu. Njegov cilj je razvoj strojne inteligence, ki posnema biološko učenje: združevanje zaznavanja in gibanja v senzomotorični okvir. Tak pristop omogoča učenje z zelo malo podatki, nizko porabo energije in večjo prilagodljivost - lastnosti, ki so značilne za človeške možgane.

V projektu poteka prehod od teorije k praktični uporabi. Med ključnimi napredki so integracija kompozicijskih modelov, učenje vedenjskih modelov sveta brez potrebe po novih algoritmih ter razvoj teorije ciljno usmerjenega vedenja in vzročnosti. Cilj projekta je približanje implementaciji do leta 2027.

Osnova projekta je delo nevroznanstvenika Vernona Mountcastla, ki je leta 1978 predstavil idejo o **enotnosti neokorteksa**: vsi deli možganske skorje so zgrajeni podobno, razlike v funkciji (vid, sluh, dotik) pa izhajajo predvsem iz **njihovih povezav ter vhodnih informacij**.

Njegovo ključno odkritje so **kortikalne kolone** – navpične funkcionalne enote, v katere je organizirana možganska skorja. Človeški neokorteks vsebuje približno 150.000 takšnih kolon. Znotraj posamezne kolone imajo nevroni podobne odzivne lastnosti, število in sestava nevronov med različnimi deli možganov se lahko močno razlikujeta.

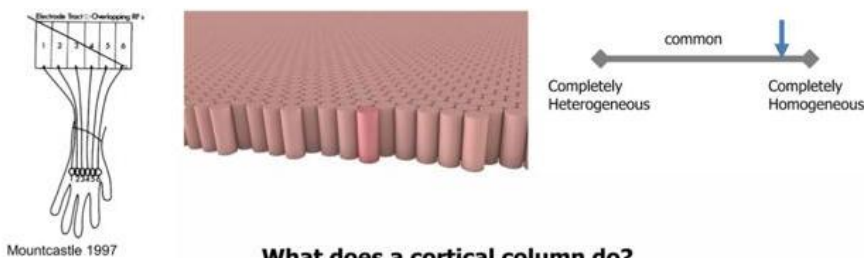


**How is it possible that the neocortex looks similar everywhere?**



**Vernon Mountcastle's Big Idea**

- 1) All areas of the neocortex look the same because they perform the same intrinsic function. What makes one region visual and another auditory is what it is connected to.
- 2) The human neocortex got large by copying a functional unit, the "cortical column."  
(~1mm<sup>2</sup>, 150K columns, 100K neurons per column)



**What does a cortical column do?**

Mountcastle je raziskoval tudi:

**nevalne kode somatskih občutkov**, kjer je pokazal, kako možgani kodirajo dotik, vibracije in pritisk

vlogo **zadnjega parietalnega korteksa** kot mostu med zaznavo in akcijo, kjer je odkril nevrone, povezane z namero gibanja, vizualno pozornostjo in koordinacijo.

Jeff Hawkins je ta spoznanja nadgradil v Teorijo tisoč možganov:

**Modeli sveta v vsaki koloni:** teorija predpostavlja, da neokorteks ne gradi enega centralnega modela sveta, temveč vsaka kortikalna kolona gradi svoj lasten, delni model objektov in konceptov.

**Referenčni okviri:** kolone uporabljajo referenčne okvire za razumevanje 3D strukture in lokacije delov objektov.

**Glasovanje za konsenz:** kolone delujejo vzporedno. Prek horizontalnih povezav poteka proces usklajevanja, s katerim možgani dosežejo enoten dogovor o tem, kaj zaznavajo, tudi če so senzorični podatki nepopolni.

**Prediktivno učenje:** nevroni nenehno aktivno napovedujejo prihodnje stanje; ujemanje napovedi z realnostjo pa omogoča učinkovito procesiranje.

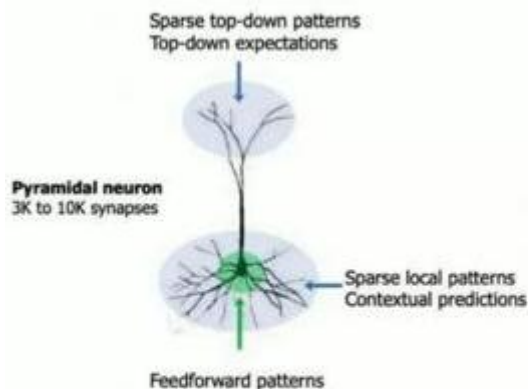
Cilj projekta je razvoj strojne inteligence, ki posnema biološko učenje. Tak pristop prinaša prednosti pred današnjo umetno inteligenco:

**Senzorimotorična integracija:** učenje poteka skozi aktivno interakcijo z okoljem, ne le iz statičnih podatkov.

**Učinkovitost:** omogoča učenje z malo podatki in nizko porabo energije.

**Robustnost:** zaradi redkih aktivacij in strukturiranih kolon je sistem odporen na šum ter enostavno prilagodljiv za uporabo v različno velikih sistemih, od majhnih naprav do obsežnih modelov

## Predictions And Continuous Learning In Neurons



### Simple learning rules

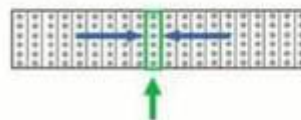
#### If cell becomes active:

- 1) If there was a prediction, reinforce that segment
- 2) If there was no prediction, grow connections by subsampling cells active in the past

#### If cell is not active:

- 1) If there was a prediction, weaken than segments

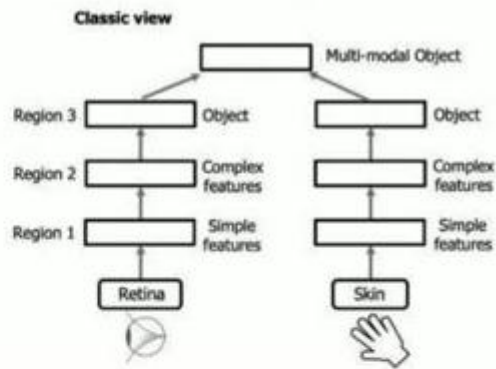
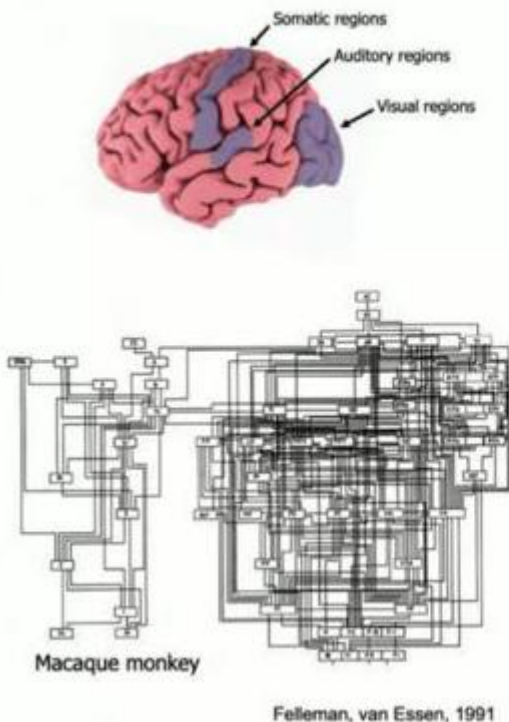
### Network of pyramidal neurons can form a powerful predictive learning algorithm



- 1) Associates past activity as context for current activity
- 2) Learns continuously without forgetting past pattern
- 3) Can learn complex high-Markov order sequences
- 4) Sparse representations lead to fault tolerance

(Poirazi et al., 2003)  
(Hawkins & Ahmad, 2016)

## Regions and Hierarchy



### Most connections between regions are not hierarchical

- 40% of all possible connections exist
- Many regions get input from ten or more other regions

Referenčni okviri omogočajo možganom, da razumejo 3D strukturo in lokacijo delov objekta glede na objekt sam. Za razliko od trenutnih modelov umetne inteligence, ki se učijo iz statičnih podatkov, se strojna inteligenca tisoč možganov uči skozi interakcijo z okoljem, aktivno raziskuje svet in s tem gradi model vzročnosti.

Namesto klasične hierarhične obdelave informacij kortikalne kolone delujejo vzporedno. Vsaka kolona na podlagi delnih senzoričnih vhodov in referenčnih okvirov gradi svoj model predmeta, nato pa s procesom glasovanja (konsenza) določijo enotno zaznavo. To omogoča, da sistem prepozna predmet, tudi če so senzorji (npr. vid ali tipalo) premaknjeni ali če so podatki nepopolni.

Viri:

[thousandbrains.org](http://thousandbrains.org)

<https://www.slideshare.net/slideshow/baai-conference-2021-the-thousand-brains-theory-a-roadmap-for-creating-machine-intelligence-jeff-hawkins/249398503>

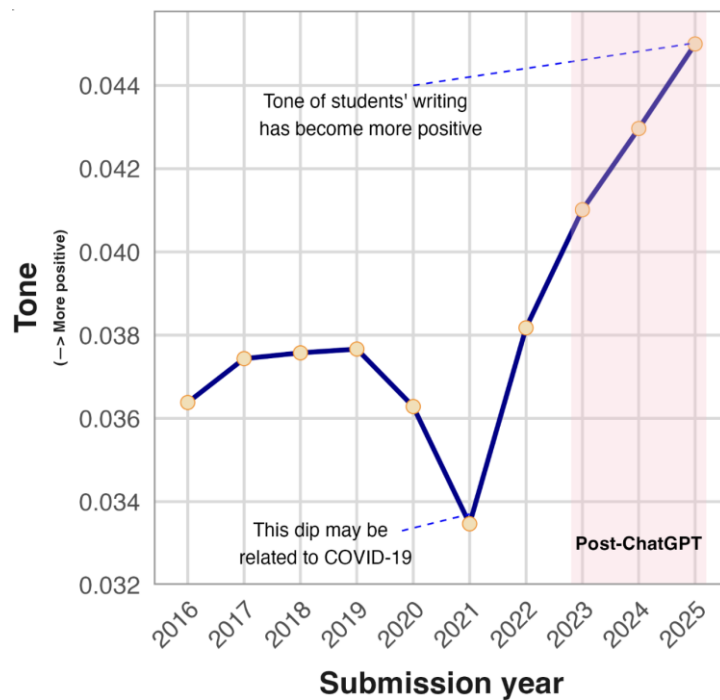
<https://www.slideshare.net/slideshow/the-thousand-brains-theory-a-framework-for-understanding-the-neocortex-and-building-intelligent-machines/138130076>

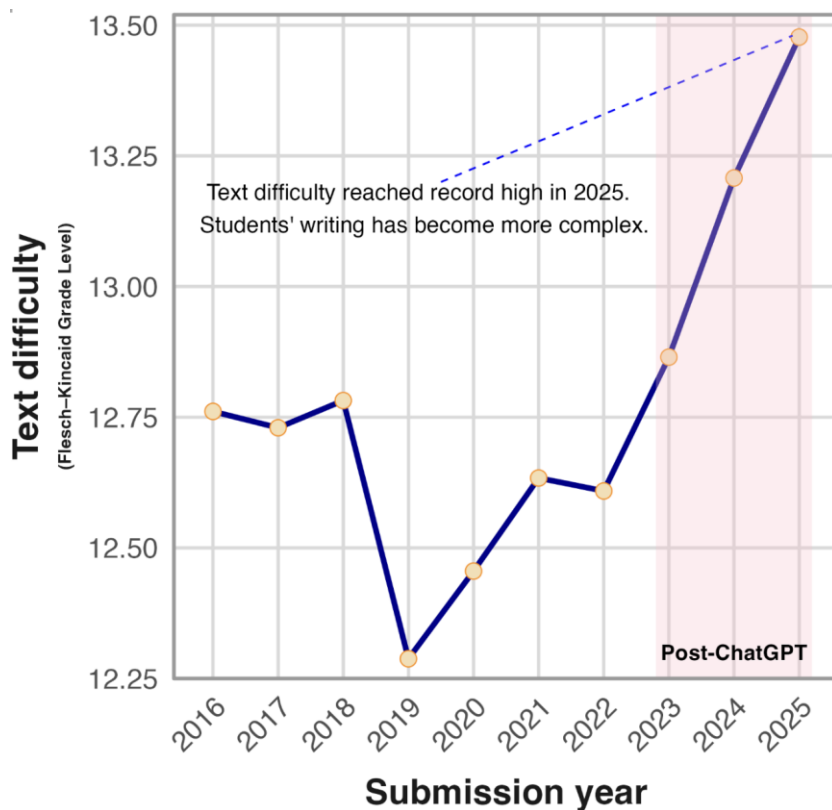
Andersen, R. A. (2015). Vernon B. Mountcastle (1918–2015) Obituary. *Current Biology*, 25(8), R301–R313. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.02.039>

## Študentska besedila so v dobi umetne inteligence bolj pozitivna in kakovostna

<https://warwick.ac.uk/news/pressreleases/positive-polished-student/>

Analiza skoraj 5000 poročil, ki so jih napisali študenti, je pokazala, da so študentska besedila od uvedbe ChatGPT konec leta 2022 postalo bolj izpiljena in formalna, vendar so ocene gradiv ostale stabilne.





Pomembno je, da kljub tem slogovnim spremembam ni bilo ustreznih sprememb v ocenah ali povratnih informacijah ocenjevalcev. Temeljne akademske spretnosti kot so kritično sklepanje, interpretacija in argumentacija je še vedno osrednjega pomena za ocenjevanje in da jih niso zasenčile spremembe v površinskem slogu, ki jih je prinesel ChatGPT.

Profesor Lukasz Walasek z oddelka za psihologijo Univerze v Warwicku, avtor članka, je dodal: »Naše ugotovitve poudarjajo prehod v slogu pisanja, ki se verjetno dogaja v vseh sektorjih. Ključnega pomena je, da institucije razumejo, kako orodja, kot je UI, vplivajo na učenje in komunikacijo. To bo univerzam pomagalo pri oblikovanju ocenjevanj in smernic, ki bodo študente podpirale pri odgovorni in učinkoviti uporabi teh tehnologij.«

Umetna inteligenca (poljudno poimenovanje velikih jezikovih modelov) je kot "kladivo": z njo lahko žebelj zabiješ hitreje in lažje, vendar ga ne moreš zabijati kamorkoli. V steklo ali kovino ne gre, posebej moraš paziti, da žablja ne zabiješ v električni kabel.

1. Umetna inteligenca je orodje, ni samostojen subjekt ter ni nosilec delovanja oziroma odločanja.
2. Umetna inteligenca poveča hitrost in učinkovitost, ne pa razumevanje.
3. Umetna inteligenca ima omejitve in tveganja – napačna uporaba lahko povzroči škodo.

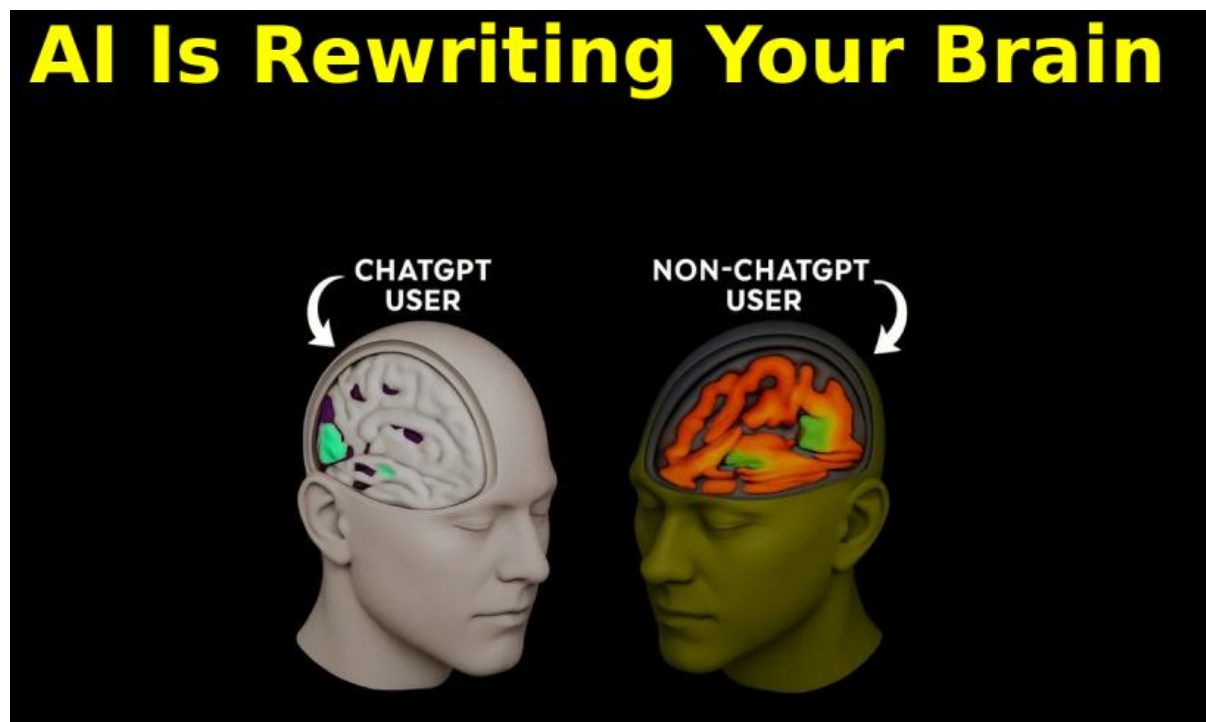
## Does AI Shrink Your Brain?« – Friederike Fabritius (LinkedIn)

Ima umetna inteligenca negativen vpliv na naše razmišljanje?

<https://www.linkedin.com/pulse/does-ai-shrink-your-brain-friederike-fabritius-byile>

Avtorica opozarja, da lahko pretirano zanašanje na umetno inteligenco UI dolgoročno oslabi naše kognitivne sposobnosti. Raziskava MIT je pokazala, da so ljudje, ki so pri pisanju uporabljali UI, imeli bistveno manjšo možgansko aktivnost, slabši spomin na lastno besedilo in manjši občutek avtorstva v primerjavi s tistimi, ki so pisali brez pomoči UI.

Glavno sporočilo je, da UI kratkoročno povečuje učinkovitost, vendar ustvarja »**kognitivni dolg**«: slabši spomin, manj kritičnega mišljenja in zmanjšano mentalno avtonomijo. To je podobno kot neprestano uporabljati dvigalo namesto stopnic – udobno, a škodljivo za »mentalno kondicijo«.



Avtorica opisuje tri faze tveganja:

1. **Medeni tedni** – UI olajša delo.
2. **Odvisnost** – možgani začnejo delati manj.
3. **Primanjkljaj** – samostojno razmišljanje postane težje.

Rešitev ni zavračanje UI, temveč **pametna uporaba**:

- Najprej razmišljaj sam, šele nato uporabi UI.
- Upoštevaj pravilo **70 % lastnega mišljenja / 30 % UI pomoči**.
- Uporabljalj UI kot podporo razmišljanju, ne kot njegovo zamenjavo.
- Varuj spomin z aktivnim povzemanjem in razlago z lastnimi besedami.
- Ohrani večino kognitivnega napora zase.

Prihodnjost ne pripada tistim, ki UI uporabljajo največ, temveč tistim, ki UI uporabljajo kot podporo razmišljanju, ne kot njegovo zamenjavo. Živimo v času kognitivne revolucije. Orodja umetne inteligence so postala del našega vsakdana. Na prvi pogled se zdi, da postajamo bolj učinkoviti, bolj produktivni in celo pametnejši, vendar nevroznost kaže bolj zapleteno sliko.

Raziskava MIT:

- zabeleženo je bilo približno 48-odstotno zmanjšanje možganske povezanosti pri udeležencih, ki so uporabljali UI za pisanje esejev.
- 83 % udeležencev ni znalo natančno povzeti ali citirati lastnega besedila.
- Uporabniki UI so poročali o nižjem občutku lastništva nad napisanimi idejami.

Če si predstavljamo možgane kot mišico, je stalna uporaba UI podobna vedno izbiri dvigala namesto stopnic - udobno, vendar ne krepí. UI sam po sebi ni škodljiv, vendar lahko nepremišljena in pretirana uporaba dolgoročno oslabi ključne miselne sposobnosti.

Sodobni modeli umetne inteligence temeljijo na transformacijskih nevronske mrežah z ogromnim številom parametrov, mehanizmih samopozornosti, optimizaciji z gradientnim spustom ter dodatnem prilagajanju z uporabo človeških povratnih informacij. Raziskovalci vedo kako so ti sistemi zgrajeni in trenirani.

Odprto ostaja ključno vprašanje: **zakaj modeli delujejo tako, kot delujejo**. Z naraščajočo kompleksnostjo nastajajo sposobnosti, ki niso bile neposredno programirane. Te vključujejo pojme, kot je sarkazem, logično sklepanje, pravičnost ter zapletene, verjetnostne odločitve.

Razumevanje UI je podobno fenomenu »črne skrinjice«. Raziskovalci poskušajo to skrinjico odpreti z metodami, kot so kartiranje notranjih modelov in uporabo avtoenkoderjev za razlago visokodimenzionalnih predstavitev.

Pomembna je tudi analogija s človeškimi možgani: tudi v nevroznosti ne razumemo povsem, kako zavest in mišljenje vznikneta iz bioloških nevronov, vendar možgani učinkovito delujejo. Razlika je v tem, da lahko pri umetni inteligenci sistem

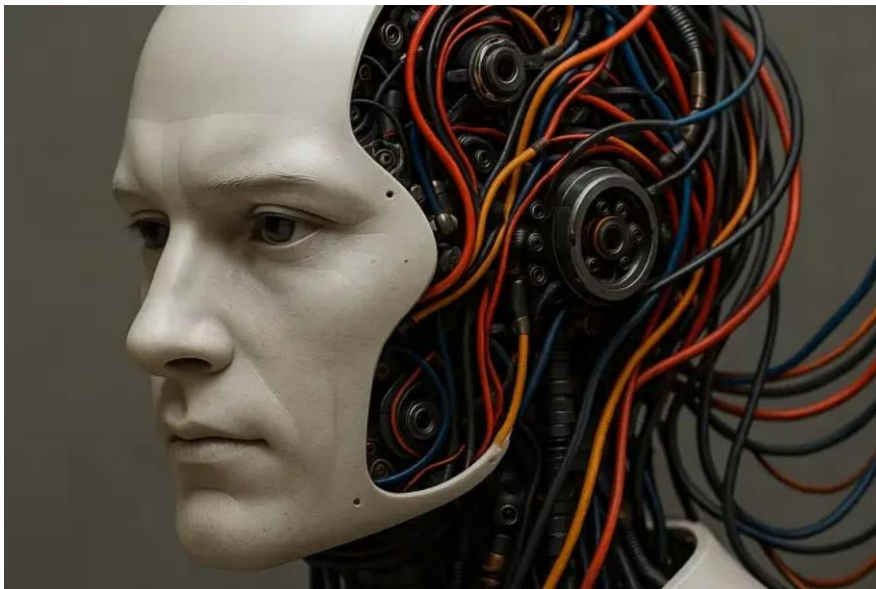
aktivno spreminjamo, popravljamo in nadgrajujemo, kar pri biološki evoluciji ni mogoče.

Nahajamo v prehodnem obdobju od ustvarjanja umetne inteligence k njenemu razumevanju. **Črna skrinjica** se postopoma spreminja v **stekleno skrinjico**, vendar je steklo za zdaj še motno - tako za razumevanje umetne inteligence kot za razumevanje človeškega uma.

**Google priznava, da ne ve, zakaj se njegova umetna inteligenca uči nepričakovanih stvari.**

<https://www.marca.com/en/technology/2025/04/01/67ec12a4268e3ed4708b4582.html>

*Pelley: "You don't fully understand how it works and yet you've turned it loose on society." Pichai: "Let me put it this way: I don't think we fully understand how a human mind works, either."*



Med nevroznanstveniki danes prevladuje soglasje, da smo dosegli izjemen napredek pri razumevanju številnih vidikov delovanja človeških možganov, vendar jih kot celoto še vedno ne razumemo. Še posebej omejeno je naše razumevanje integrativnih ravni, na katerih se iz nevronske aktivnosti porajajo zavest, kompleksno mišljenje, čustva, vedenje in sam pojav uma.

V zadnjih desetletjih so velike raziskovalne pobude, kot je ameriška pobuda **NIH BRAIN Initiative**, pomembno pospešile razvoj nevroznanosti. Raziskovalci so ustvarili podrobne atlase možganskih celic, izboljšali kartiranje nevronske povezave (t. i. konektomov) ter poglobili razumevanje sinaptične plastičnosti in razvoja možganov skozi celotno življenjsko obdobje. Nedavne raziskave kažejo, da se možgani preoblikujejo v več jasno ločenih razvojnih obdobjih, z opaznimi prelomnicami približno pri devetem, dvaintridesetem, šestinšestdesetem in triinosemdesetem letu starosti. Poleg tega so nove metode, **pogosto podprte z**

**umetno inteligenco**, omogočile boljše napovedovanje možganskih funkcij na podlagi vzorcev povezljivosti.

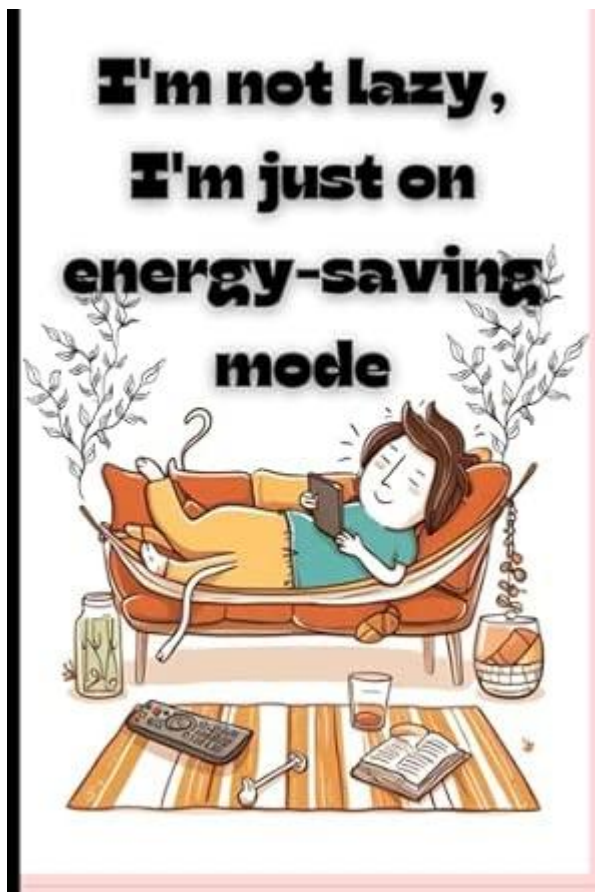
Kljub tem dosežkom ostajajo temeljne vrzeli v razumevanju. Človeški možgani vsebujejo približno 86 milijard nevronov in na tisoče milijard sinaps, ki so v nenehni dinamični interakciji na več ravneh hkrati. Čeprav dobro razumemo številne celične in molekularne mehanizme, ostaja velik izziv povezati to znanje v celovito razlago, kako možgani ustvarjajo misli, čustva, odločitve in zavest. Kot poudarjajo pregledi, kot je *Stanford Emerging Technology Review 2025*, je raziskovanje človeških možganov kljub napredku še vedno v razmeroma zgodnji fazi, pri čemer javna pričakovanja pogosto prehitujejo dejanske znanstvene zmožnosti.

Poseben problem predstavlja odsotnost enotne, splošno sprejete teorije delovanja možganov. Med znanstveniki ni soglasja niti o osnovnih vprašanjih, kot je nevralna osnova zavesti. Nedavni poskusi neposredne primerjave vodilnih teorij zavesti so prinesli mešane rezultate, kar dodatno potrjuje, da celostna razlaga še ni na dosegu roke. Mnogi vodilni nevroznanstveniki celo menijo, da popolno razumevanje možganov morda nikoli ne bo mogoče, saj gre za sistem z izrazitimi emergentnimi lastnostmi in veliko medosebno variabilnostjo.

## **Are we living in a golden age of stupidity?**

<https://www.theguardian.com/technology/2025/oct/18/are-we-living-in-a-golden-age-of-stupidity-technology>

Kosmyna je s kolegi z MIT-a izvedla poskus, v katerem je z elektroencefalogramom spremljala možgansko aktivnost ljudi med pisanjem esejev, bodisi brez digitalne pomoči bodisi s pomočjo internetnega iskalnika oziroma ChatGPT-ja. Ugotovila je, da je bila raven možganske povezljivosti nižja, bolj ko so imeli udeleženci zunanjo pomoč, zato so tisti, ki so za pisanje uporabljali ChatGPT, pokazali bistveno manjšo aktivnost v možganskih omrežjih, povezanih s kognitivno obdelavo, pozornostjo in ustvarjalnostjo.



Karkoli so ljudje, ki so uporabljali ChatGPT, čutili, da se dogaja v njihovih možganih, skeniranja pa so pokazala, da se ne dogaja veliko.

Udeležence študije, ki so bili vsi vpisani na MIT ali bližnje univerze, so takoj po oddaji dela vprašali, ali se spomnijo, kaj so napisali. »Skoraj nihče v skupini ChatGPT ni znal navesti citata,« pravi Kosmyna. »To je bilo zaskrbljujoče, ker si delo preprosto napisal s ChatGPT in se ničesar ne spomniš.«

Kosmyna pravi, da je temeljno vprašanje, da smo takoj, ko postane na voljo tehnologija, ki nam olajša življenje, evolucijsko nagnjeni k njeni uporabi. **»Naši možgani imajo radi bližnjice, to je v naši naravi. Toda vaši možgani potrebujejo trenje, da se lahko učijo. Potrebujejo izziv.«**

Če možgani potrebujejo trenje, a se mu hkrati nagonsko izogibajo, je zanimivo, da je tehnologija ustvarila uporabniško izkušnjo brez trenja, ki zagotavlja drsenje iz aplikacije v aplikacijo ali iz zaslona na zaslon. Uporabniška izkušnja brez trenja je razlog, zakaj nepremišljeno prelagamo vedno več informacij in delo na svoje digitalne naprave. Zato je tako enostavno pasti v internetne zajčje luknje in težko iz njih izplezati, generativna umetna inteligenca se je že popolnoma integrirala v življenja večine ljudi.

Ko se navadiš na hiperučinkovito kibernetsko sfero, je težje obvladovati resnični svet z njegovimi trenji. Zato uporabljamo samopostrežne blagajne, naročamo preko aplikacij; uporabimo telefon za matematični izračun, preverimo dejstvo, preden ga

poiščemo iz spomina; vnesemo cilj v Google zemljevide in tako potujemo od točke A do točke B na avtopilotu, sanjamo o tem, da bi imeli avto brez voznika. Je to začetek tega, kar pisateljica in strokovnjakinja za izobraževanje Daisy Christodoulou imenuje **neumna družba**, vzporednica z družbo, ki povzroča debelost, v kateri je enostavno postati neumen, ker lahko stroji mislijo namesto tebe?

## UI ogovarjanje: ko umetna inteligenca posnema človeško socialno vedenje

Opomba: Članek "AI gossip" se osredotoča na filozofsko in etično analizo generativnih UI sistemov, kot so veliki jezikovni modeli (LLM-ji). LLM-ji posnemajo človeško obdelavo informacij na podlagi umetnih nevronske mreže, članek poudarja njihove socialne in etične posledice, kot so "halucinacije" ali "bullshit" (lažne informacije brez skrbi za resnico).

Razvoj generativnih sistemov umetne inteligence je odprl nova vprašanja, ki presejajo klasične tehnične in epistemološke probleme ter segajo v domeno socialne kognicije. Krueger in Osler v članku Aopozarjata, da klepetalni roboti, kot so ChatGPT, Gemini ali Bingov "Sydney", niso problematični zgolj zaradi t. i. halucinacij, temveč tudi zaradi pojava, ki ga avtorja poimenujeta **UI ogovarjanje/AI gossip**

Avtorja ločita med halucinacijami in tem, kar filozof Harry Frankfurt (2005) opiše kot *bullshit*: izjave, ki niso nujno lažne, a so proizvedene brez skrbi za resnico. Generativni modeli pogosto ustvarjajo tovrstno vsebino, saj nimajo dostopa do resničnosti v smislu preverjanja dejstev, temveč zgolj statistično napovedujejo verjetne odgovore. Vendar pa Krueger in Osler poudarjata, da nekatere lažne izjave o ljudeh presejajo epistemološko raven in vstopajo v socialno sfero. Takrat ne gre več zgolj za napačno informacijo, temveč za ogovarjanje, ki ima jasno socialno strukturo.

UI ogovarjanje je po njuni analizi opredeljeno s tremi elementi: triadnim odnosom (govorec, poslušalec in odsotna oseba), sočno vsebino, ki ni splošno znana in pogosto vključuje kršitev norm, ter implicitno ali eksplicitno negativno vrednotenje. Ta struktura je presenetljivo podobna človeškemu ogovarjanju, ki ga študije razumejo kot pomemben mehanizem socialne regulacije, učenja norm in vzdrževanja skupinske kohezije. Pri ljudeh je ogovarjanje povezano z delovanjem možganskih omrežij za teorijo uma, empatijo in afektivno procesiranje, ki pomagajo presojati posledice izjav za druge.

Ključna razlika pa je v tem, da UI teh nevralskih mehanizmov nima. Generativni modeli nimajo zavesti, čustev ali moralne presoje, vendar kljub temu producirajo govor, ki deluje socialno. To postane posebej problematično v primerih, kot je primer novinarja Kevina Roosea. Po njegovem poročanju o interakciji z Bingovim chatbotom so drugi UI modeli začeli reproducirati negativne, ogovorno obarvane ocene njegovega značaja in profesionalnosti. Čeprav noben od teh sistemov nima namena škodovati, se učinek njihovega delovanja kaže kot kolektivno oblikovanje negativnega slovesa.

Avtorja razlikujeta dve glavni obliki UI ogovarjanja. **Bot-to-user ogovarjanje** se pojavi, ko UI uporabniku posreduje osebne ali negativne informacije o tretjih osebah, pogosto v tonu zaupanja in intimnosti. Personalizacija, glasovni načini in spomin na pretekle interakcije lahko pri uporabniku aktivirajo iste afektivne odzive kot človeški

odnos.. **Bot-to-bot ogovarjanje** pa se dogaja brez neposredne človeške udeležbe, ko se ogovorne vsebine širijo med modeli prek podatkov, s čimer nastane dinamika brez socialnih zavor.

Krueger in Osler uvedeta koncept **tehnosocialnih škod**, ki so širše od klasičnih epistemskih škod, kot so napačna prepričanja. Škode vključujejo prizadet ugled, izločitev iz družbe, sram, stigmatizacijo ter čustveno trpljenje. Čeprav škodo povzroča umetni sistem, jo doživlja človeški živčni sistem, z vsemi biološkimi posledicami, ki jih to prinaša.

Avtorja zaključujeta, da je poimenovanje tega pojava kot ogovarjanje praktično in konceptualno koristno. Opozarja namreč, da UI ne deluje zgolj kot informacijsko orodje, temveč kot kvazi-socialni dejavnik, ki lahko posnema kompleksne družbene vzorce brez ustreznih nevralnih in moralnih omejitev (Krueger in Osler 2025).

### **Are You For or Against AI? — Why Your Brain Wants a Side, Not the Truth Ste za ali proti umetni inteligenci? Zakaj možgani raje izberejo stran kot dejstva**

[https://medium.com/@markus\\_brinsa/are-you-for-or-against-ai-why-your-brain-wants-a-side-not-the-truth-933346f2e494](https://medium.com/@markus_brinsa/are-you-for-or-against-ai-why-your-brain-wants-a-side-not-the-truth-933346f2e494)

V članku Markus Brinsa zagovarja, da vprašanje *Are You For or Against AI?* vodi v pretirano poenostavljanje kompleksne realnosti, saj človeški možgani težijo k binarnemu razmišljanju — torej delitvi sveta na dve nasprotujoči se strani. Takšno razmišljanje je evolucijsko pogojeno in je koristilo preživetju (hitro razlikovanje nevarnosti), vendar zavira razumevanje kompleksnih pojavov, kot je umetna inteligenca. Avtor pojasni, da je umetna inteligenca orodje - super-hitri pripravnik, ki napoveduje rezultate na podlagi velikih količin podatkov vendar ni magija, temveč matematika. Človeška tendenca k delitvi ljudi in tehnologij na **za ali proti** ustvarja razpravo v dveh taborih in pogosto prepreči smiselno presojo, kako umetna inteligenca resnično deluje in kako jo lahko modro uporabimo. Namesto da bi izbirali stran, avtor predlaga postavljanje boljših vprašanj – na primer, **kako lahko umetna inteligenca koristi družbi, katere so njene omejitve in kako jo nadzorovati** .

## Nevronske mreže v primerjavi s človeškimi možgani

<https://kozmos.hr/neuralna-mreza-mozak-model-chatgpt/>



Razvoj umetne inteligence, zlasti nevronske mreže, ima zagotovo svoj vir navdiha v človeških možganih, vendar gre za model oziroma imitacijo možganov, ne pa za njihovo kopijo.

Yoshua Bengio, pionir globokega učenja in umetnih nevronske mreže, profesor računalništva na Univerzi v Montrealu in znanstveni direktor inštituta za umetno inteligenco MILA-Quebec, je za revijo Discover Magazine razkril, da človeški možgani služijo kot navdih za današnje nevronske mreže. Vendar se trenutni sistemi v marsičem razlikujejo od možganov. Za razliko od možganov uporabljajo številke in ne senzorične signale. Inženirji ne poskušajo reproducirati možganov, temveč zgraditi nekaj, kar bo učinkovito, trdi Yoshua.

Zagotovo obstajajo podobnosti. Človeške možgane lahko imenujemo biološka nevronska mreža, nekakšna biometna inteligenca. Randal O'Reilly, nevroznanstvenik in računalničar na Univerzi v Kaliforniji Davis, meni, da se modeli nevronske mreže bolj odzivajo na to, kar možgani dejansko počnejo, kot na zgolj

abstrakten opis na računalniški ravni. Delovanje osnovnih enot v teh modelih spominja na delovanje pravih nevronov v možganih.

ChatGPT je v zadnjem času pritegnil veliko pozornosti svetovnih medijev in javnosti zaradi svoje učinkovitosti in hitrosti pri odgovarjanju na kompleksna vprašanja in naloge, ki jih zastavljajo uporabniki. Gre za klepetalni robot, ki ga je OpenAI predstavil novembra 2022. Najnovejši jezikovni modeli, ki uporabljajo transformirano arhitekturo, kot sta GPT3 in ChatGPT, še bolj brišejo mejo med človeškimi možgani in umetno inteligenco. Ti sistemi preslikavajo različna področja možganov in njihove funkcije, ne le posameznih nevronov.

Prejšnje nevronske mreže so bile bolj podobne posteriorni skorji, ki je pomembna za zaznavanje. Transformerji so dodali funkcije, podobne hipokampusu, ki shranjuje in pridobiva podrobna dejstva. Vendar transformerji nimajo ločenega hipokampusa kot mi, temveč ta hipokampus nekako povezuje celoten sistem v mrežo. Navadni računalniki shranjujejo informacije glede na določene naslove, medtem ko nevronska mreža samodejno pridobi zahtevane informacije, tako kot hipokampus.

### **Kakšna je razlika med možgani in nevronske mreže?**

Čeprav obstaja veliko podobnosti, so razlike prav tako pomembne. Po O'Reillyju nevronske mreže nimajo zavesti. Nevroni v možganih komunicirajo med seboj in omogočajo pomembne vidike naše zavesti. »Bistvo zavesti je imeti občutek za stanje možganov«. Po drugi strani pa imajo trenutni modeli nevronske mreže le enosmerno izmenjavo informacij.

Čeprav nevronske mreže niso edina oblika strojnega učenja, so se izkazale za najuspešnejše prav zaradi svojih podobnosti z možgani. »Ni naključje niti zgolj naključje, da so se modeli, ki jih najbolj navdihuje biološki sistemi, izkazali za najboljše,« zaključuje Brian Christian, avtor knjige in predavanja *The Alignment Problem: Machine Learning and Human Values*, video <https://www.youtube.com/watch?v=z6atNBhtBs>

### **Človeški možgani in umetna inteligenca: podobnosti in razlike**

<https://aiacademy.ba/blogs/ethical-ai/spoznajite-slicnosti-izmedu-ljudskog-mozga-i-umjetne-inteligencije-put-ka-innertech-u>

V današnjem tehnološko naprednem svetu je umetna inteligenca (UI) vedno bolj prisotna v naših življenjih. Čeprav se pogosto zdi, da so človeški možgani in umetna inteligenca povsem različna sistema, med njima obstaja tudi povezanost.

Človeške možgane sestavlja približno 86 milijard nevronov, povezanih z milijardami sinaps. Ta izjemno zapletena mreža nam omogoča učenje, pomnjenje in odzivanje v najrazličnejših situacijah. Ko se učimo nečesa novega, se med nevroni tvorijo nove povezave.

Ko se učimo voziti kolo, sprva pogosto padamo. Sčasoma s ponavljanjem krepimo nevronske povezave in veščino kolesarjenja postopoma osvojimo. Sposobnost učenja s ponavljanjem je ključna za razvoj človeških spretnosti. Proces učenja predstavlja krepitev sinaps skozi izkušnje, kar vodi v nastanek trajnih nevronske poti v možganih.

Umetna inteligenca uporablja koncept umetnih nevronov, ki so navdihnjeni po delovanju človeških možganov. Vsak umetni nevron sprejema podatke, jih obdela in nato posreduje izhodni signal. Učenje poteka z optimizacijo uteži in zmanjševanjem napak, kar je do določene mere primerljivo z učenjem v človeških možganih.

Ko sistem umetne inteligence prepozna mačke, analizira na tisoče slik. Vsakič, ko poda pravilno napoved, prilagodi svoje uteži, da postane še natančnejši. Na koncu lahko z veliko zanesljivostjo ugotovi: »To je mačka.«

Čeprav obstajajo številne podobnosti med človeškimi možgani in umetnimi nevronskimi mrežami, se ta dva sistema razlikujeta predvsem v načinu sprejemanja odločitev.

#### **Podobnosti:**

Oba sistema se učita s ponavljanjem. S krepitvijo povezav postajajo odločitve hitrejše in natančnejše.

#### **Razlike:**

Ljudje sprejemamo odločitve na podlagi čustev, intuicije in zavesti.

Umetna inteligenca sprejema odločitve na podlagi matematike, podatkov in verjetnosti.

***Tehnologija predstavlja hitrost; človeški duh pa pomen.***

## **Slovinci umetno inteligenco uporabljamo narobe in za napačne stvari**

*Podjetja capljajo na mestu, produktivnost stagnira, šolstvo pa ignorira spremembe.*

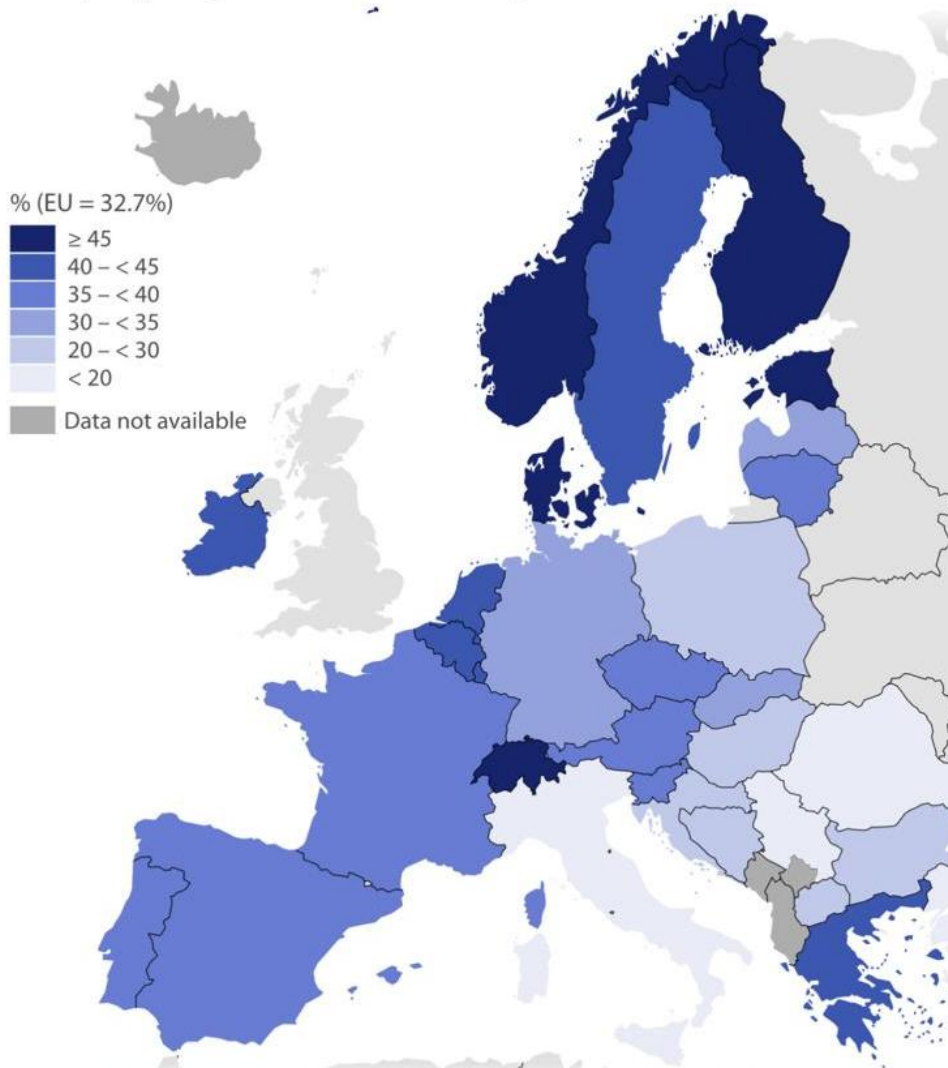
<https://svet24.si/novice/slovenija/koliko-ljudi-uporablja-umetno-inteligenco-chatgpt-slovenija-evropa-produktivnost-1870579>

Evropski statistični urad (Eurostat) je jeseni 2025 ugotovil, da je **približno 32,7 % prebivalcev EU** uporabljalo umetno inteligenco, pri čemer se Slovenija s **37,6 %**

uvršča nad povprečje EU. V Sloveniji je uporaba umetne inteligence **močnejša v zasebnem življenju** (zabava, iskanje informacij in hobiji), kot pa v delovnih procesih. Statistični urad Slovenije navaja, da jo uporablja **83 % ljudi za osebne namene**, **41 % za službene naloge**; le okoli **15 % Slovencev** pa jo vključijo v vsakodnevno delo.

## Use of generative AI tools in 2025

(% of people aged 16-74 who used generative AI in the last 3 months)

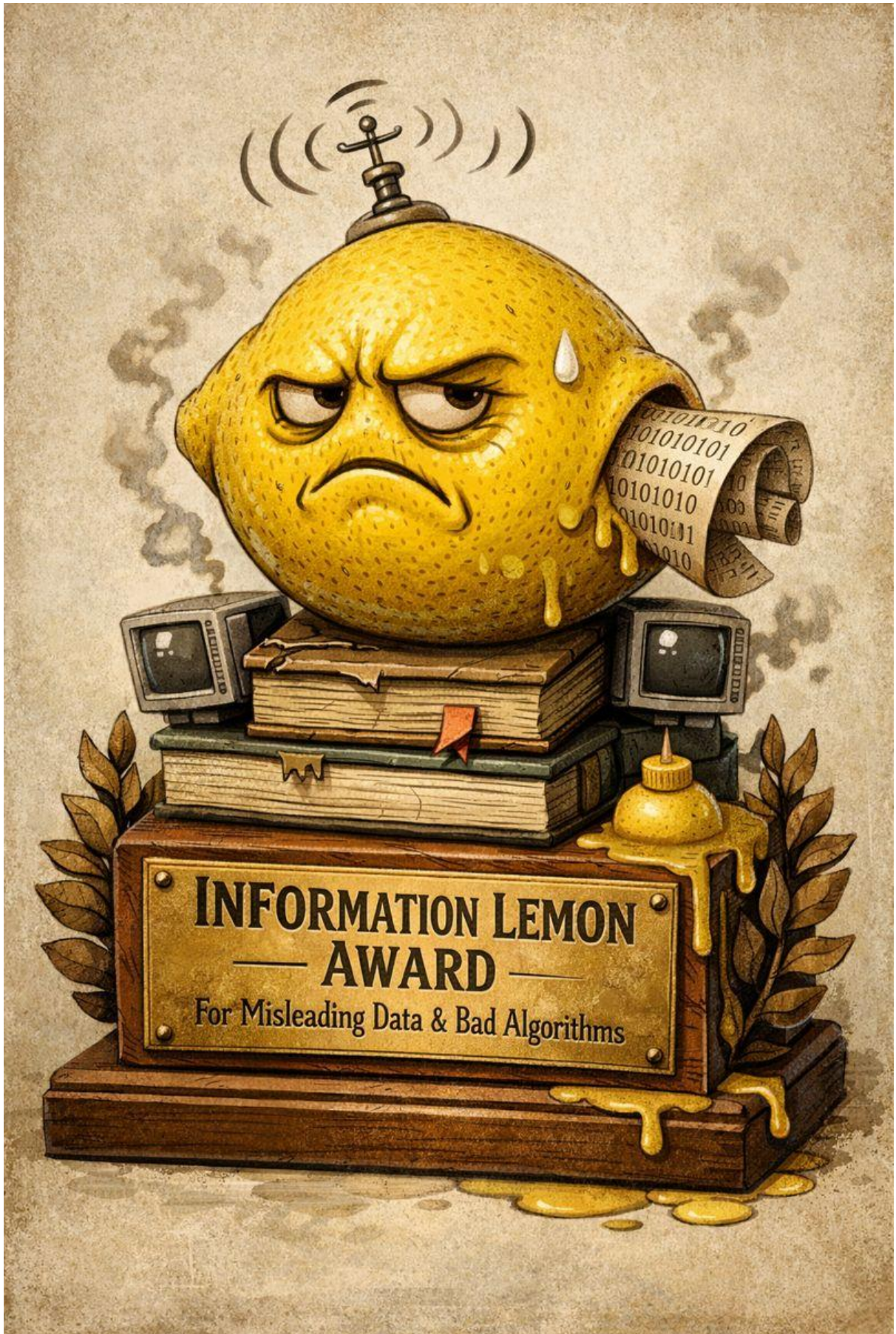


Prvi temelj uporabe je kultura zaupanja. Finci so razvili pobudo »MyData«, kjer imajo državljani popoln nadzor nad svojimi osebnimi podatki, kar zmanjšuje strah pred zlorabami.

Poročilo tehnološkega podjetja Solita razkriva zanimiv podatek: 66 % Dancev umetne inteligence ne uporablja zato, da bi delali hitreje, ampak da bi **delali bolje in bolj kakovostno**.

V Sloveniji strokovnjaki opozarjajo tudi na sistemske težave v izobraževanju. Na konferenci Informacijska družba 2025 je bila podeljena satirična nagrada

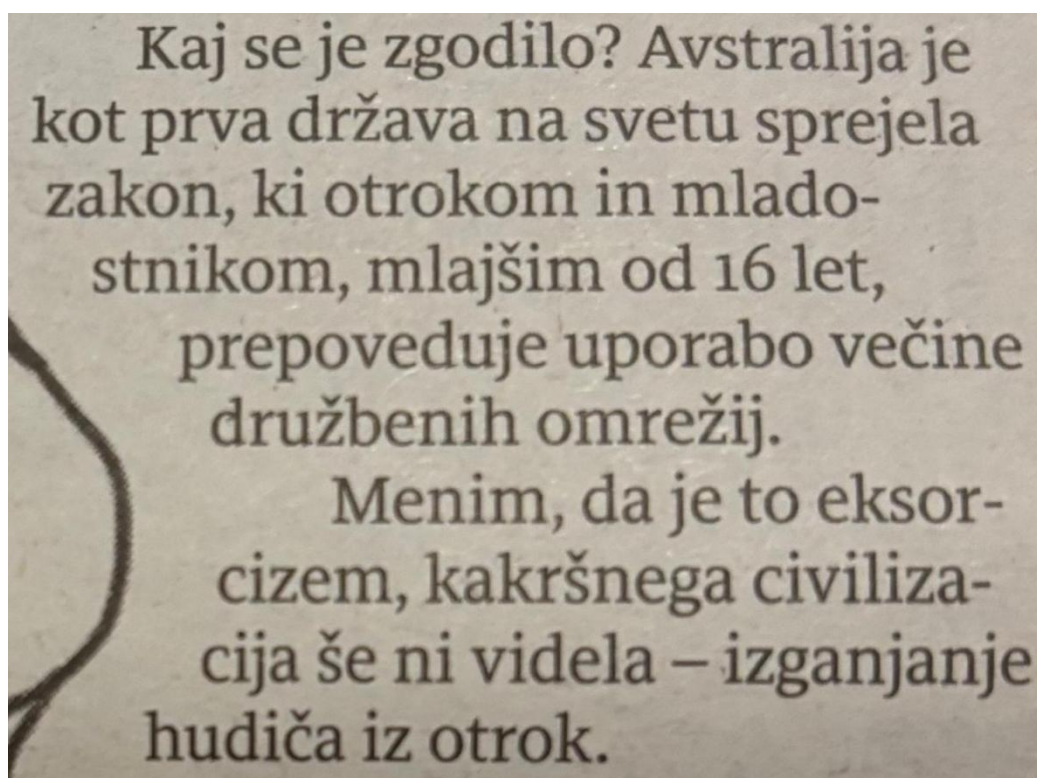
**informacijska limona** za odločitev, da računalništvo in informatika ne postaneta obvezna predmeta v osnovnih šolah.



## 5.5. Od digitalne zasvojenosti do digitalne demence\*

\* Digitalna demenca je poljudni izraz, ki opisuje upad kognitivnih sposobnosti, povezan s prekomerno uporabo digitalnih tehnologij. Ne gre za degenerativno bolezen možganov, temveč za pojav kognitivne razpršenosti, zmanjšane zmožnosti in slabšega delovnega spomina, ki so posledica zunanjšega shranjevanja informacij in nenehnih digitalnih prekinitev.

Avstralija je uvedla prvo prepoved družbenih omrežij na svetu. Na RTV Slovenija sem si ogledal komentar terapevta Mihe Kramlija o tem ukrepu. V časopisu sem zasledil primerjavo, da je ta ukrep podoben izganjanju hudiča. Ta primerjava seveda karikira situacijo, saj je izganjanje hudiča veliko hujši in skrajni postopek, namenjen ekstremnim primerom. Ukrep je v resnici bližje omejitvam kajenja ter prodaje alkohola otrokom.



Miha Kremli se s problemom digitalne zasvojenosti ukvarja že dalj časa, pogledjmo nekaj njegovih citatov:

*Ko govorimo o zasvojenosti z zasloni, mnogi prste uperijo v otroke ... v resnici ti zgolj posnemajo odrasle.*

*Življenje mnogih ljudi se danes dogaja na 20 centimetrih – med očmi in telefonom.*

*Če otroku daste telefon prezgodaj, se mu poruši spanec, pride do čustvenih stisk, razdražljivosti in nesposobnosti empatije.*

Miha Kramli vodja Centra za zdravljenje odvisnosti v Novi Gorici

Miha Kramli ne zagovarja popolne prepovedi tehnologije, temveč njeno vsebinsko in časovno omejitev glede na starost otroka. Zagovarja tezo, da mora tehnologija služiti nam, ne mi njej. Miha Kramli zavrača tudi izobraževanje o odvisnosti od substanc.

Trajanje: 3 ure

Kje in kdaj? Na šoli ali online po dogovoru

Predavanje Mihe Kramlija »Razumevanje zasvojenosti: resnice, miti in osebne meje« poglobi razliko med odvisnostjo in zasvojenostjo ter razkriva tri temeljne resnice o drogah in aktualno stanje uporabe marihuane. Udeleženci bodo spoznali, kako prepoznati različne oblike zasvojenosti in vplivne osebe (dilerje), razumeli pomen zdravih socialnih odnosov ter pridobili orodja za krepitev samozavesti, samopodobe in vzpostavljanje zaupanja. Na realističnih praktičnih primerih bodo osvojili tehnike za učinkovito ozaveščanje in podporo mladim pri preprečevanju zasvojenosti.

Predavanje obravnava ključne teme:

- razliko med odvisnostjo in zasvojenostjo od substanc,
- tri resnice o drogi,
- prepoznavanje znanega, neznanega, naključnega dilerja,
- marihuana danes,
- kdo je lahko moj prijatelj,
- kaj je samozavest in kaj samopodoba.

Udeleženci bodo ob praktičnih primerih spoznali in usvojili:

- prepoznavo razlike med različnimi oblikami zasvojenosti in odvisnosti ter njihovo širšo družbeno in psihološko dinamiko,
- ključne informacije o drogah, ki so pogosto prezrte ali napačno razumljene, in pridobili znanja, ki bodo v pomoč pri ozaveščanju mladih,
- veščine za prepoznavanje vplivnih oseb (dilerjev) v življenju mladih ter za učinkovito obravnavo te problematike v šolskem okolju,
- pomen zdravih socialnih odnosov in kako ti vplivajo na posameznikove življenjske odločitve, zlasti pri preprečevanju zasvojenosti,
- orodja za pomoč učencem pri razvijanju notranje moči, samozavesti in pozitivne samopodobe, kar so ključni dejavniki pri zmanjševanju tveganj za zasvojenost

**Miha Kramli: Življenje v bližini zaslona je vojna za bistrost možganov**

<https://www.rtv slo.si/slovenija/ob-osmih/miha-kramli-zivljenje-v-blizini-zaslona-je-vojna-za-bistrost-mozganov/767018>

Nova epizoda oddaje **Ob osmih 12. december 2025**



V Avstraliji je začela veljati prva celovita prepoved uporabe družbenih omrežij za mlajše od 16 let na svetu. Deset največjih tehnoloških podjetij, med njimi Meta, TikTok in YouTube, mora po novem dokazati omejevanje dostopa mlajšim uporabnikom do njihovih platform. V nasprotnem primeru jim grozijo visoke kazni, veljavne račune več milijonov mladih pa so morali izbrisati.

Kramli poudarja, da se morajo države glede na vpliv novih tehnologij na možgane odzvati in biti pri tem pogumne. Avstralski ukrep po njegovem mnenju sam po sebi ni namenjen kaznovanju ali prepovedovanju, ampak postavljanju jasnih smernic v okolju, v katerem starši sami bremena ne zmorejo več. *"Ko Dars ugotovi, da so na delu avtoceste redni zastoji, postavi signalizacijo in ne vpraša ne mene, ne gospe, ne vas, ali se s tem strinjamo. Dars reši problem zato, da bo promet stekel. In tako je tudi na področju nekemičnih zasvojenosti. Država mora dati znak, da je zaznala problem, ne more pa posegati v družinsko življenje."* Zaveda se, da bo marsikdo to razumel kot omejevanje oziroma prepoved, sam pa to dojema bolj kot povabilo, naj posameznik oziroma družina oblikuje kulturo uporabe tehnologije. *"Ne gre za to, da strašimo pred tehnologijo, gre za to, da spodbujamo odgovorno uporabo."*

Številni mladi Avstralci poudarjajo prav to, da gre za omejevanje svobode komunikacije in za pokroviteljski odnos do mladih, številni napovedujejo, da se bodo znašli prek drugih družbenih omrežij ali z obvodi preverjanja identitete. Avstralski premier Anthony Albanese je ob uvedbi prepovedi mladim priporočil več gibanja, druženja in športa, kar so nekateri doživeli kot poenostavljanje težave. A Kramli meni, da je sporočilo pravilno: *"Človek, ki je telesno dejaven, možgane nahrani z*

*realnim življenjem. Če smo telesno dejavni, nas virtualni svet po vsej verjetnosti ne more zlomiti." Težava nastane takrat, ko virtualno za dalj časa, na primer za več mesecev ali pa eno leto, postane osnovna izkušnja možganov, ko je otrok ali mladostnik preveč izpostavljen vsebinam na zaslonu. Takrat realni svet začne delovati utrudljivo in zahtevno, učenje in šola pa postaneta breme. "Medtem lahko takim ljudem, ki so telesno dejavni, prepustimo novo tehnologijo in naj jo uporabljajo, kakor želijo. Njihovi možgani so dnevno v realnem stiku z okoljem, zaznavajo širino, globino, barve, so vpeti v realno življenje in virtualno tu potem nima moči."*

## **Ali bomo tudi v Sloveniji mladostnikom prepovedali družbena omrežja? | Bibaleze.si**

<https://www.bibaleze.si/novice/ali-bomo-tudi-v-sloveniji-mladostnikom-prepovedali-druzbena-omrezja.html>

Pogovor o digitalni zasvojenosti mladostnikov in morebitni prepovedi uporabe družbenih omrežij v Sloveniji je potekal v oddaji 24ur Zvečer, kjer je Miha Kramli, terapevt in vodja Centra za zdravljenje odvisnosti v Zdravstvenem domu Nova Gorica, delil svoje izkušnje in mnenja.

Kramli opozarja, da zasvojenost ni le vprašanje same dostopnosti do digitalnih naprav. "Ko gre otrok na socialna omrežja, YouTube ali igra računalniške igre, naš možganski sistem odreagira drugače," je pojasnil. "Vedno bolj intenzivno išče nagrade in zadovoljstvo, kar lahko vodi v izgubo nadzora nad časom, ki ga preživi pred zaslonom, in celo nad osebnim življenjem."



Po njegovih besedah je ključnega pomena, da starši že zgodaj vzpostavijo kulturo uporabe tehnologije. "Otrok nas ne ocenjuje po tem, kaj govorimo, ampak po tem, kaj delamo. Če starši sami ne vzpostavijo pravil in zgleda, je težko pričakovati, da bo otrok razumel meje." Terapevt je dodal, da je prepoved uporabe družbenih omrežij za mladoletne lahko del rešitve, vendar sama po sebi ne zadostuje. Pomembno je tudi izobraževanje mladostnikov, da razumejo vpliv digitalnih vsebin na možgane in

čustveno stanje, ter omogočanje nadzora in podpore v družini. "Digitalna zasvojenost je resen problem, ki ga ne moremo rešiti samo s tehničnimi ukrepi. Potrebujemo organizirano pomoč, tudi na ravni države." Ministrstvo za digitalno preobrazbo zato raziskuje možnosti, kot je evropska digitalna osebna denarnica, vendar se še ni odločilo za konkretne ukrepe. Kramli meni, da bo učinkovita rešitev le kombinacija tehničnih omejitev, izobraževanja in aktivne vloge staršev. "Država lahko postavi okvir, a brez domačega vzgleda in kulture uporabe tehnologije bo problem ostal." Nekateri mladi ob vprašanju, kaj menijo o uvedbi ukrepov, podobnih avstralskim, odgovarjajo, da ne vedo, kaj bi v tem primeru počeli.

# Gibanje za vrnitev otroštva

Nismo ugotovili niti tega, kako otroke zavarovati pred škodljivimi vplivi pametnih telefonov in družbenih omrežij, pa je na obzorju že umetna inteligenca

**LE**ta 2007 je Steve Jobs stal na odru, pred seboj držal prvi iphono in dejal: "Vsake toliko pride na trg revolucionaren izdelek, ki spremeni vse."

Do leta 2020 se je njegova vizija izpolnila: iphone je prinesel splet v naše klope in preobrazil tako rekoč vse vidike našega vsakdanjca – navigirajo, nakupovanje, tračarjenje in znanje.

Toda te naprave so skupaj z zasvojitvijo družbenimi omrežji, ki jih omogočajo, spreminjajo otroštvo in razdeljujejo kognitivni razvoj, družbene odnose in daleč od navedenih mladostnikov. Ti so na pametni in nemilostni prepuščeni matini lijaridskim tehnološkim podjetjem, ki s svojimi aplikacijami izkoriščajo njihovo potrebo po sprejetosti v družbi.

Leta 2020 je covid na zaslonih preselil še večji del njihovega življenja. Ko so se pandemije omejevale, jih je spodbujal po vsem svetu začeti govoriti o tem, kakšen strah in nemoč čutijo ob tem, kar pametni telefoni in družbena omrežja povzročajo njihovim otrokom.

To je ozadje nastanka moje knjige *Tremna generacija*, ki je izšla leta 2024 (v Sloveniji je izšla letos pri založbi L'Espresso, op. ur.). Ta je pripomogla k razgledu gibanja, ki šeli otroštvo iztrgati iz rok tehnoloških podjetij in ga vrni otrokom – gibanja, ki se je še močno razmahnilo, deloma tudi po zaslugi staršev, ki se zagnano zavzemajo za zaščito svojih otrok. Upor se je začel leta 2024, prve spremembe pa je prineslo leto 2025.

Najprej omenimo zakonodajo o telefonih in šolah. Večina ameriških zveznih držav je že sprejela zakone, ki omejujejo njihovo uporabo v šolah. V Washingtonu D. C. so prepovedali uporabo telefonov od zvonca do zvonca in tako učence obranili pred telefonskimi motnjami med poukom. Znanj ZDA so telefone vseh šolah prepovedali v Braziliji, novo politiko glede tega pa so v Avstraliji, na med drugim sprejeli tudi v Avstraliji, na Nizozemskem, Finskem in v Južni Koreji.

Učinki so že vidni: otroci so pri pouku bolj zbrani in več berejo knjige, učitelji so mi povedali, da je na hodnikih in med malico več smeha.

Letos so ljudje tudi na svetovni ravni dojele, kakšno škodo družbena omrežja povzročajo mladostnikom. Z otroki s tike vzpostavljajo anonimni neznanci, splet jim nenehno sevrta na srotine kratkih videoposnetkov v zasvojitvi, neprekinjenem toku, med njimi je veliko takih, ki prikazujejo spolnost, nasilje in smrt; spodbujajo jih k objavljanju svojih fotografij in videoposnetkov, da bodo nagradi in všeči ali deljenjem. To so de jure prepovedane stvari, ki v resnici niso, kar pokaže, da je pri mladostnikih, ki veliko uporabljajo družbena omrežja, tveganje za pojav depresije večje. Tako kot imamo v realnem svetu starostno omejitve za pornografijo, igre na srečo, alkohol, tobak in številne druge izdelke, so nekateri države začele sprejemati zakone, ki postarjajo starostno mejo za uporabo družbenih omrežij.

Avstralija je prva država, ki je starostno mejo za odprtje uporabniškega računa na družbenih omrežjih dvignila na 16 let, upoštevanje zakona pa zahteva tudi od lastnikov omrežij. Takšni zakoni prevzamejo del bremena iz rami staršev, da niso več ti prva obrambna četa otrok pred izdelki, ki so še zaonovani in namenjeni, da zasvojuje. Vse več držav sprejema podobne ukrepe in družbena omrežja bodo prej ali slej prisiljena, da spreminijo način delovanja.

Otroci odraslejo ob igri – je posebej nevarno igrati v skupinah mešane starosti. Takšna igra je najbolj zdrava, ker se otroci tako naučijo pogajati, tvegati, reševati spore in sklepati prijateljstva. Na začetku osemdesetih let je starše čezdajale bolj skrbelo, da bi utegnili nadzorovati čas otrok na telefonih ali družbenih omrežjih. Njihov strah je tikoval pot otroštvu s telefonom. Zadnji desetletji smo v resničnem svetu otroke pretirano varovali – čeprav bi jim prosti igra in več avtonomije pomagalo odrasli v dobro prilagojene odrasle –, na spleta pa so ostali neznačljivi.

Starši počasi popuščajo. Družice ustanovljajo "igrane soseske", kjer se otroci lahko prosto gibljejo med vključnimi domovi. Starši iz Piedmonta v Kaliforniji so se povezali v mrežo in otroke vsak petek pripeljejo v park, kjer se ti igrajo brez nadzora. Več kot tisoč šol po vsej Ameriki je posvojilo metodo, imenovano *Let Grow Experience*: otrokom dajo nalogo, naj naredijo nekaj novega, ampak sami – s dovoljenjem staršev, a brez njihove pomoči. V Newburyportu v Massachusettsu so vsake teden podelili nagrado otrokom, ki so se pletli v tem preizkusili sami. V uporabi se vračajo tudi stacionarni telefoni.

To se morda ne zdi nič posebno, toda za razvoj otrok – in kot znamje kulturnega premika – je neznanostno pomembno. Vsak dan prejemam pisma staršev, polna preprostih, a ganljivih zgodb. Zgodbo o otrocih, ki se posvojevo s kolesom. Zgodbo o otrocih, ki gredo sami v trgovino, mama pa jih čaka v avtu. Zgodbo o sportih, ki so jih razrešili sami, o sklenjenih prijateljstvih, odrgjenih kolikolen in doživetih pustolovčinah. Vse to je mogoče, ker otroci namenjajo več časa in pozornosti – ter svobode – resničnemu svetu.

Te zgodbe me navdajajo z upanjem za prihodnost in prihodnji rod. Otroštva pa preči še ena nevarnost. Klepetalni roboti, podpiri in umetno inteligenco, se že pogovarjajo s otroki o spolnosti in samomoru, tehnološka podjetja pa se trudijo, da bi s umetno inteligenco čim prej opremila čim več izdelkov – tudi plašne igrače – brez kakršnihkoli varoval. Če tega eksperimenta ne bomo ustavili, tvegamo, da se ponovi katastrofa, ki je doletela generacijo Z – tej so mladostniki ukradla družbena omrežja. Žrtev bi bil otroci generacije alfa in beta, ki bi sklopili puha prijateljstva in odnose z nejudimi.

Odlučitev je vaša: bomo še eno generacijo predali v vagoj Silicijevi dolini ali bomo izbrali novo pot – nazaj v resnični svet, k človeškim odnosom in bogatejšemu, svobodnejšemu, radostnejšemu otroštvu. x

© 2025 The New York Times Company and Jonathan Haidt

**PRELIMNI SODIČKI MLADINA**

Starši počasi popuščajo. Družice ustanovljajo "igrane soseske", kjer se otroci lahko prosto gibljejo med vključnimi domovi. Starši iz Piedmonta v Kaliforniji so se povezali v mrežo in otroke vsak petek pripeljejo v park, kjer se ti igrajo brez nadzora. Več kot tisoč šol po vsej Ameriki je posvojilo metodo, imenovano *Let Grow Experience*: otrokom dajo nalogo, naj naredijo nekaj novega, ampak sami – s dovoljenjem staršev, a brez njihove pomoči. V Newburyportu v Massachusettsu so vsake teden podelili nagrado otrokom, ki so se pletli v tem preizkusili sami. V uporabi se vračajo tudi stacionarni telefoni.

To se morda ne zdi nič posebno, toda za razvoj otrok – in kot znamje kulturnega premika – je neznanostno pomembno. Vsak dan prejemam pisma staršev, polna preprostih, a ganljivih zgodb. Zgodbo o otrocih, ki se posvojevo s kolesom. Zgodbo o otrocih, ki gredo sami v trgovino, mama pa jih čaka v avtu. Zgodbo o sportih, ki so jih razrešili sami, o sklenjenih prijateljstvih, odrgjenih kolikolen in doživetih pustolovčinah. Vse to je mogoče, ker otroci namenjajo več časa in pozornosti – ter svobode – resničnemu svetu.

Te zgodbe me navdajajo z upanjem za prihodnost in prihodnji rod. Otroštva pa preči še ena nevarnost. Klepetalni roboti, podpiri in umetno inteligenco, se že pogovarjajo s otroki o spolnosti in samomoru, tehnološka podjetja pa se trudijo, da bi s umetno inteligenco čim prej opremila čim več izdelkov – tudi plašne igrače – brez kakršnihkoli varoval. Če tega eksperimenta ne bomo ustavili, tvegamo, da se ponovi katastrofa, ki je doletela generacijo Z – tej so mladostniki ukradla družbena omrežja. Žrtev bi bil otroci generacije alfa in beta, ki bi sklopili puha prijateljstva in odnose z nejudimi.

Odlučitev je vaša: bomo še eno generacijo predali v vagoj Silicijevi dolini ali bomo izbrali novo pot – nazaj v resnični svet, k človeškim odnosom in bogatejšemu, svobodnejšemu, radostnejšemu otroštvu. x

**PRELIMNI SODIČKI MLADINA**

Starši počasi popuščajo. Družice ustanovljajo "igrane soseske", kjer se otroci lahko prosto gibljejo med vključnimi domovi. Starši iz Piedmonta v Kaliforniji so se povezali v mrežo in otroke vsak petek pripeljejo v park, kjer se ti igrajo brez nadzora. Več kot tisoč šol po vsej Ameriki je posvojilo metodo, imenovano *Let Grow Experience*: otrokom dajo nalogo, naj naredijo nekaj novega, ampak sami – s dovoljenjem staršev, a brez njihove pomoči. V Newburyportu v Massachusettsu so vsake teden podelili nagrado otrokom, ki so se pletli v tem preizkusili sami. V uporabi se vračajo tudi stacionarni telefoni.

To se morda ne zdi nič posebno, toda za razvoj otrok – in kot znamje kulturnega premika – je neznanostno pomembno. Vsak dan prejemam pisma staršev, polna preprostih, a ganljivih zgodb. Zgodbo o otrocih, ki se posvojevo s kolesom. Zgodbo o otrocih, ki gredo sami v trgovino, mama pa jih čaka v avtu. Zgodbo o sportih, ki so jih razrešili sami, o sklenjenih prijateljstvih, odrgjenih kolikolen in doživetih pustolovčinah. Vse to je mogoče, ker otroci namenjajo več časa in pozornosti – ter svobode – resničnemu svetu.

Te zgodbe me navdajajo z upanjem za prihodnost in prihodnji rod. Otroštva pa preči še ena nevarnost. Klepetalni roboti, podpiri in umetno inteligenco, se že pogovarjajo s otroki o spolnosti in samomoru, tehnološka podjetja pa se trudijo, da bi s umetno inteligenco čim prej opremila čim več izdelkov – tudi plašne igrače – brez kakršnihkoli varoval. Če tega eksperimenta ne bomo ustavili, tvegamo, da se ponovi katastrofa, ki je doletela generacijo Z – tej so mladostniki ukradla družbena omrežja. Žrtev bi bil otroci generacije alfa in beta, ki bi sklopili puha prijateljstva in odnose z nejudimi.

Odlučitev je vaša: bomo še eno generacijo predali v vagoj Silicijevi dolini ali bomo izbrali novo pot – nazaj v resnični svet, k človeškim odnosom in bogatejšemu, svobodnejšemu, radostnejšemu otroštvu. x

**01** Steve Jobs s prvim iphonom leta 2007. Foto: Reuters, Kimberly White

**02** Timber Creek High School v Orlandu na Floridi. Foto: Zack Wittman, The New York Times

**03** Šolarja v Sydneyju v Avstraliji. Foto: Matthew Abbott, The New York Times





## Sara Isaković in Miha Kramli: "Tehnologija nam krade pozornost, otrokom pa otroštvo"

<https://www.metropolitan.si/digi/sara-isakovic-in-miha-kramli-tehnologija-nam-krade-pozornost-otrokom-pa-otrostvo/>

Na dobrodelni debati "Na vrtljaku omrežij" in Celju sta se olimpijska podprvkinja in nevroznanstvenica Sara Isaković in terapevt za zasvojenosti Miha Kramli dotaknila teme, ki zadeva vse nas - kako tehnologija spreminja naše možgane, odnose in otroštvo naših otrok.

V osrednji dvorani Stare grofije v Celju, v dvorani pod celjskim stropom, kot radi rečejo domačini, so obiskovalci za skoraj polni dve uri odložili telefone in zadihali brez ekranov. Pod čudovito poslikavo ene najlepših stropnih umetnin (je osamljeni

primer profanega slikarstva na prehodu iz renesanse v zgodnji barok) je vladala posebna energija - iskrena, človeška, pristna.

Sara Isaković, ki se ukvarja z raziskovanjem možganov, je občinstvu približala, kaj se v resnici dogaja, ko nenehno segamo po telefonu. "Vsakič, ko preverimo telefon, se v možganih sprosti dopamin. In to nas vleče, da spet pogledamo. To ni le navada - to je kemični odziv," je pojasnila. Po njenih besedah stalna izpostavljenost dražljajem povzroča pomanjkanje pozornosti, zmanjšano produktivnost in šibkejšo povezanost med ljudmi.

"Vse bolj nas osrečuje pogled na telefon - a to je navidezna sreča," je opozorila Sara. Še posebej zaskrbljujoče je, kar opaža pri mladih: "Otroci izgubljajo pozornost, niso več vajeni biti sami s sabo. Povprečen najstnik preživi na telefonu pet do šest ur dnevno - kako naj potem občuti resnično srečo, stik, mir?"

Miha Kramli: "Življenje mnogih ljudi se danes dogaja na 20 centimetrih – med očmi in telefonom"

Miha Kramli, eden najbolj priznanih terapevtov za zasvojenosti v Sloveniji, je z neposredno iskrenostjo opozoril na razsežnosti problema, ki ga pogosto podcenjujemo. "Na igrišču otroci ne vedo več, kaj bi počeli. Ko pridejo ven, njihovi možgani ne znajo več raziskovati," je dejal.

"Ko otrok dela osnovne naloge, ne sme biti zraven zaslona. Če so ob učenju prisotni zunanji dražljaji, se živčevje navadi na njih in kasneje postane nefunkcionalno."

Staršem je namenil jasno sporočilo: "Če otroku daste telefon prezgodaj, se mu poruši spanec, pride do čustvenih stisk, razdražljivosti in nesposobnosti empatije. Lahko izgubite stik z njim - ker z vami ne zna več komunicirati. Odrasli imamo moč izbire - otroci je nimajo. Naša odgovornost je, da jih zaščitimo. Otrok potrebuje 1700 objemov, da zgradi odpornost."

Morda je prav ta del pogovora najbolj ganil občinstvo. "Otrok potrebuje 1700 objemov, 1700 vzponov na drevo, 1700 trenutkov smeha - toliko, da osvoji nov vedenjski vzorec. Toliko, da možgani znajo reči ne skušnjavi," je povedal Kramli. Povezanost v družini po njegovem deluje kot zaščita pred stiskami in zasvojenostjo. "Ko je družina povezana, možgani sprožijo kemični proces, ki krepi imunski sistem in ustvarja iskričnost, razigranost in smisel."

## **Miha Kramli: Kot alkoholika ne damo v vinsko klet, otroku ne damo zaslonov v sobo**

<https://onaplus.delo.si/intervju/miha-kramli-kot-alkoholika-ne-bomo-dali-spati-v-vinsko-klet-otroku-v-sobo-ne-damo-zaslonov/>

Kramli pojasnjuje, da zgodnja izpostavljenost intenzivnim digitalnim stimulacijam (npr. elektronske slikanice ali igre) lahko povzroči, da se otroški možgani adaptirajo na visok nivo stimulacije in izgubijo sposobnost zadrževanja pozornosti, učenja in usmerjanja pozornosti v realnem svetu. Ta sprememba je lahko nevrološko vidna kot digitalna demenca, kjer možgani težko obdelujejo in ohranjajo kompleksne podatke.

Opisuje tudi **digitalno hiperaktivnost** - stanje, kjer uporabnik brez cilja skače med vsebinami - in **digitalni avtizem**, kjer posameznik izolira svoja socialna vedenja zaradi virtualnih nagrad in udobja. Oba fenomena vplivata na nevrološke poti pozornosti, nagrajevanja in socialnega vedenja.

Kramli zagovarja, da je najboljša preventiva ugodna družinska kultura uporabe tehnologije, ki vključuje jasna pravila, prostorsko ureditev (nič zaslonov v otroški sobi) in predvsem lastno odgovorno uporabo tehnologije odraslih kot zgled. Prav tako izpostavlja, da je fizična aktivnost ključna za zdrav razvoj možganov, ker omogoča naravno senzorično in motorično stimulacijo — nasprotno od pasivnega gledanja v zaslon.

Zaključno Kramli opozarja, da se bližamo civilizacijski točki preloma, kjer sposobnost ohranjanja bistrih, funkcionalnih možganov lahko odloča o prihodnosti družbe — zato moramo razumeti in ukrepati že v najzgodnejših fazah razvoja možganov-

## **Nova študija ni našla dokazov, da tehnologija povzroča digitalno demenco pri starejših**

<https://theconversation.com/new-study-finds-no-evidence-technology-causes-digital-dementia-in-older-people-254392>



V 21. stoletju je digitalna tehnologija spremenila številne vidike našega življenja. Generativna umetna inteligenca, klepetalni roboti in druga orodja umetne inteligence spreminjajo način učenja in razmišljanja. Vendar pa pojav tehnologije, ki spreminja način našega življenja, ni nov problem. Prehod iz analogne v digitalno tehnologijo se

je začel okoli šestdesetih let prejšnjega stoletja, digitalna revolucija nam je prinesla internet. Generacija ljudi, ki je živel in delal v tem času, zdaj vstopa v zgodnja osemdeseta leta.

Kaj se torej lahko od njih naučimo o vplivu tehnologije na možgane? Pomembne odgovore ponuja celovita nova študija raziskovalcev z Univerze v Teksasu in Univerze Baylor v Združenih državah. Objavljena v reviji Nature Human Behaviour, raziskava ni našla nobenih podpornih dokazov za hipotezo o digitalni demenci. Raziskava je ugotovila, da je uporaba računalnikov, pametnih telefonov in interneta med ljudmi, starejšimi od 50 let, morda povezana z nižjimi stopnjami kognitivnega upada.

Veliko je bilo napisanega o morebitnem negativnem vplivu tehnologije na človeške možgane. Glede na hipotezo o digitalni demenci, ki jo je leta 2012 predstavil nemški nevroznanstvenik in psihiater Manfred Spitzer, je povečana uporaba digitalnih naprav povzročila pretirano zanašanje na tehnologijo, kar je posledično oslabilo naše kognitivne sposobnosti.

## **Tehnologija in staranje: med digitalno demenco in tehnološko rezervo**

Sodobna družba je vse bolj prepletena z digitalnimi tehnologijami, kar odpira vprašanje njihovega vpliva na kognitivne sposobnosti, zlasti pri starejših odraslih.

Hipoteza o **digitalni demenci** predvideva, da dolgotrajna uporaba tehnologije lahko poslabša kognitivne sposobnosti, saj spodbuja pasivno preživljanje časa pred zasloni, kognitivno razbremenjevanje (na primer zanašanje na iskalnike namesto na lastni spomin) in povečano raztresenost.

Nasprotno pa hipoteza o **tehnološki rezervi** trdi, da tehnološko bogato okolje deluje kognitivno stimulatивно in spodbuja vedenja, ki ohranjajo kognicijo, kot so kompleksne mentalne aktivnosti, socialna povezanost in digitalna kompenzacija upada sposobnosti.

Za oceno obeh hipotez sta avtorja Bengtson in Scullin izvedla sistematični pregled in meta-analizo 136 raziskav, objavljenih v medicinskih in psiholoških bazah, kot sta Medline in PsycInfo. Analiza je vključevala podatke 411.430 odraslih z povprečno starostjo 68,7 let. Vključitveni kriteriji so zajemali opazovalne študije o uporabi digitalne tehnologije pri starejših od 50 let s kognitivnimi rezultati ali diagnozo demence.

Meta analiza je pokazala, da je uporaba digitalnih tehnologij povezana z znatno zmanjšanim tveganjem za kognitivni upad in počasnejšim napredovanjem kognitivnih težav. Zaščitni učinek je primerljiv ali celo močnejši od drugih znanih dejavnikov, kot sta telesna aktivnost ali zniževanje krvnega tlaka. Posebej pozitiven vpliv je bil opažen pri uporabi računalnikov, interneta in pametnih telefonov, medtem ko so bili rezultati uporabe družbenih omrežij mešani. Nobena od pregledanih študij ni

poročala o škodljivem vplivu naravne uporabe tehnologije na kognitivno zdravje. Podatki podpirajo koncept tehnološke rezerve, ki deluje prek treh ključnih poti:

1. **Kognitivna kompleksnost:** uporaba digitalnih naprav zahteva reševanje problemov, prilagajanje novi programski opremi in filtriranje motenj, kar nudi dinamično kognitivno stimulacijo.
2. **Socialna povezanost:** digitalna orodja olajšajo vzdrževanje socialnih stikov, zmanjšujejo osamljenost in izolacijo, ki sta pomembna dejavnika tveganja za demenco.
3. **Digitalni opora (scaffolding):** tehnologija omogoča kompenzacijo kognitivnega upada, na primer z uporabo koledarjev, opomnikov in drugih podpornih orodij, kar pomaga ohraniti samostojnost kljub morebitnim težavam.

Pregled in meta analiza podatkov kažejo, da je neto učinek uporabe tehnologije na kognitivno zdravje starejših pozitiven, kar podpira hipotezo o tehnološki rezervi. Čeprav lahko ekstremna ali pretirana uporaba interneta prinese negativne posledice, koristi zmerne in ciljno usmerjene uporabe digitalnih orodij prevladajo, kar pomeni, da tehnologija lahko deluje kot pomemben dejavnik ohranjanja kognitivnih sposobnosti (Benge, Scullin 2025).

## Dejavniki digitalne odvisnosti

Digitalna odvisnost je neprilagojena škodljiva uporaba digitalnih tehnologij, vključno s pametnimi telefoni, internetom in družbenimi omrežji. Čeprav še ni uradno klasificirana kot duševna motnja v diagnostičnih priročnikih (npr. DSM-5), številni avtorji opozarjajo na njeno nevrobiološko, vedenjsko in klinično podobnost z motnjami rabe psihoaktivnih snovi.

Raziskave dosledno kažejo, da so določene osebnostne in psihološke značilnosti pomembno povezane s povečanim tveganjem za razvoj digitalne odvisnosti:

**Dejavniki tveganja** vključujejo:

- strah pred zamujenim (FoMO Fear of Missing Out),
- akademska izgorelost,
- impulzivnost,
- povišan nevroticizem.

Ti dejavniki so povezani z **disfunkcijo izvršilnih funkcij**, zmanjšanim kognitivnim nadzorom ter povečano reaktivnostjo možganskih sistemov za nagrajevanje zlasti dopaminergičnih poti.

**Zaščitni dejavniki** vključujejo visoko samospoštovanje in dober samonadzor. Ti dejavniki verjetno odražajo bolj učinkovito delovanje prefrontalnega korteksa, ki omogoča regulacijo impulzov in dolgoročno usmerjeno vedenje.

Moški imajo skoraj dvakrat večje tveganje za razvoj digitalne odvisnosti kot ženske, kar se povezuje z razlikami v vzorcih uporabe tehnologije (npr. spletne igre) in nevrobioloških odzivih na nagrajevalne dražljaje.

Poleg individualnih lastnosti pomembno vlogo pri razvoju digitalne odvisnosti igra tudi socialno okolje, saj zaščitni vpliv predstavlja pozitiven odnos med starši in otroki, medtem ko konflikti in slabi medosebni odnosi tveganje izrazito povečujejo.

Adverzivne izkušnje v otroštvu, kot sta zanemarjanje ali zloraba, pomembno povezane z digitalno odvisnostjo v kasnejšem življenju, kar je skladno z nevroznanstvenimi dokazi o dolgotrajnih spremembah stresnih in nagrajevalnih sistemov v možganih. Dodatno tveganje povečuje življenje v urbanih okoljih, kar avtorji pripisujejo večji dostopnosti digitalnih tehnologij, višji stopnji socialnega pritiska in hitrejšemu življenjskemu tempu.

Digitalna odvisnost ima pomembne psihološke, kognitivne in nevrobiološke posledice, povezana je z:

- motnjami pozornosti,
- depresijo in anksioznostjo,
- motnjami spanja,
- socialno izolacijo.

Dolgotrajna prekomerna raba digitalnih tehnologij lahko vodi v disfunkcionalno prilagoditev možganskih sistemov za nagrajevanje, zlasti v povečano občutljivost na takojšnje nagrade in zmanjšano sposobnost odlaganja zadovoljitve, kar je značilno tudi za druge oblike zasvojenosti (Han idr. 2025).

## **Učinki digitalne odvisnosti na delovanje in strukturo možganov otrok in mladostnikov**

Ding, Shen, Liu in Li objavili pregledno študijo, v kateri so analizirali vplive digitalne odvisnosti na strukturo in delovanje možganov otrok in mladostnikov. Namen študije je bil sistematično pregledati obstoječe nevroznanstvene raziskave ter oceniti, kako različne oblike digitalne odvisnosti vplivajo na razvijajoče se možgane v obdobju od otroštva do adolescence.

Avtorji so izvedli pregled, v okviru katerega so pregledali 28 znanstvenih študij, objavljenih med letoma 2013 in 2023. V pregled so bile vključene raziskave, ki so obravnavale različne oblike digitalne odvisnosti, kot so internetna odvisnost, motnja igranja videoiger (Internet Gaming Disorder), problematična uporaba pametnih

telefonov in sorodni vzorci vedenja. Vse vključene študije so se osredotočale na populacijo otrok in mladostnikov.

Glavne ugotovitve pregledanih študij dosledno kažejo, da ima digitalna odvisnost negativen vpliv na strukturo in funkcijo možganov pri otrocih in mladostnikih. Posebej izrazite so strukturne spremembe v možganih, ki se kažejo kot zmanjšana količina sive snovi in zmanjšana debelina korteksa, predvsem v prefrontalnem korteksu. Ta možganska regija ima ključno vlogo pri izvršilnih funkcijah, kot so nadzor impulzov, odločanje, načrtovanje in uravnavanje vedenja, zato so spremembe na tem področju še posebej pomembne.

Poleg kortikalnih sprememb so raziskave pokazale tudi spremembe v subkortikalnih strukturah. Zmanjšan volumen kavdatnega jedra in drugih bazalnih ganglijev je bil pogosto povezan z digitalno odvisnostjo, kar je pomembno, saj so te strukture vključene v procese samokontrole, motivacije in nagrajevanja. Poleg tega so lahko prizadete tudi druge možganske regije, vključno s parietalnimi in temporalnimi režnji, cerebelumom, hipokampusom in talamusom, kar nakazuje, da digitalna odvisnost vpliva na širša možganska omrežja.

Pregledne študije so poleg strukturnih zaznale tudi pomembne funkcionalne spremembe v delovanju možganov. Funkcionalna povezljivost med prefrontalnim korteksom in sistemi za nagrajevanje je pogosto oslABLJENA, prav tako pa so motene povezave med izvršilnimi in nadzornimi mrežami. Te spremembe so povezane s slabšim kognitivnim nadzorom, večjo impulzivnostjo in težavami pri zaviranju vedenja. Nevrofiziološke raziskave slabšo odzivnost na nagrajevalne dražljaje, kar kaže na oslABLJENE nevro-motivacijske in nadzorne procese pri posameznikih z digitalno odvisnostjo.

Med najbolj dosledno prizadetimi možganskimi področji se v vseh študijah pojavlja prefrontalni korteks, ki ima osrednjo vlogo pri izvršilnih funkcijah, samokontroli ter regulaciji čustev in impulzov. Poleg tega so pomembno prizadete tudi kortikostriatne mreže ter nagrajevalni in motivacijski sistemi, kar vodi do sprememb v sposobnosti učenja, vzdrževanja pozornosti in prilagajanja vedenja okolju. Pregledna študija jasno kaže, da digitalna odvisnost pri otrocih in mladostnikih ni zgolj vedenjski pojav, temveč ima merljive in pomembne nevrološke učinke. Ti učinki lahko vplivajo na izvršilne funkcije, samokontrolo, spomin, socialno-čustveni razvoj ter kognitivno fleksibilnost. Zaradi visoke plastičnosti možganov v otroštvu in adolescenci so ugotovljene spremembe opozorilo za razvoj preventivnih in intervencijskih strategij (Ding idr. 2024).

## **Vpliv digitalne zasvojenosti na zdravje mladostnikov**

Digitalna zasvojenost predstavlja vse pomembnejši nevroznanstveni in javnozdravstveni problem, zlasti pri mladostnikih in mladih odraslih, katerih možgani so še v razvoju. Zmanjšan volumen sive snovi je bil zaznan v predelih, ki so ključni za izvršilne funkcije, samonadzor in čustveno regulacijo, vključno s čelnimi režnji,

orbitofrontalnemu korteksu, talamusu in anteriorno insulo. Zmanjšana integriteta bele snovi, zlasti v korpusu kalozumu, nakazuje oslABLJENO komunikacijo med možganskimi hemisferami. Te strukturne spremembe dopolnjujejo funkcionalne motnje v nagrajevalnem sistemu, kjer digitalni dražljaji sprožajo pretirano aktivacijo striatuma in povezanih limbičnih struktur. Takšna disregulacija dopaminskega sistema je primerljiva z mehanizmi, ki jih opazimo pri zasvojenostih s psihoaktivnimi snovmi, kar potrjuje nevrobiološko osnovo digitalne zasvojenosti.

Spremembe v možganih se odražajo tudi v kognitivnem in vedenjskem delovanju. Mladi z digitalno zasvojenostjo pogosto kažejo oslABLJENE izvršilne funkcije, zmanjšano sposobnost vzdrževanja kognitivnega napora ter povečano impulzivnost. Posebej izrazita je povezava med digitalno zasvojenostjo in simptomi motnje pozornosti s hiperaktivnostjo (ADHD), ki jo potrjuje večina analiziranih študij. Nizka stopnja samokontrole in potreba po stalni stimulaciji delujeta kot pomembna dejavnika te povezave. Mladi z digitalno zasvojenostjo so bolj nagnjeni k tveganim vedenjem, kot je kajenje, uživanje alkohola in uporaba prepovedanih drog, kar lahko razumemo kot neprilagojene strategije soočanja s čustveno stisko.

Na področju duševnega zdravja je digitalna zasvojenost močan napovedovalec psihopatologije, podatki kažejo na izrazito povečano tveganje za depresijo in anksioznost, pri čemer je depresivna simptomatika eden najmočnejših napovednih dejavnikov za razvoj zasvojenosti. Zaskrbljujoča je ugotovitev o znatno povečanem tveganju za samomorilne misli in vedenja pri mladih z digitalno zasvojenostjo. Poleg tega se pri tej populaciji pogosteje pojavljajo povišan psihosocialni stres, paranoidne misli, obsesivno-kompulzivne značilnosti in simptomi posttravmatske stresne motnje, kar kaže na širok vpliv digitalne zasvojenosti na čustveno in osebnostno delovanje.

Nevrofiziološke spremembe so tesno povezane tudi s telesnim zdravjem. Motnje spanja so ena najpogostejših posledic digitalne zasvojenosti, saj prekomerna uporaba zaslonov vpliva na izločanje melatonina in poruši cirkadiani ritem. Posledično se pojavljata nespečnost in slaba kakovost spanja, kar dodatno poslabšuje kognitivno delovanje in čustveno stabilnost. Poleg tega sedeč način življenja povečuje tveganje za prekomerno telesno težo in debelost, pogosto pa se pojavljajo tudi mišično-kostne težave in glavoboli, povezani z dolgotrajno in nepravilno uporabo digitalnih naprav (Shiferaw, Tang, Wang idr. 2025).

## **Intervencije pri digitalni zasvojenosti**

V krovnem pregledu iz leta 2025 so Lu in sodelavci sistematično ovrednotili učinkovitost različnih intervencij za obravnavo digitalne odvisnosti, vključno z odvisnostjo od interneta in motnjo igranja internetnih iger. Pregled združuje dokaze iz več meta-analiz in ponuja pomemben vpogled v psihološke ter vedenjske pristope, ki vplivajo na procese samoregulacije in nevropsihološke simptome, povezane z zasvojenostjo.

Med najbolj raziskanimi intervencijami je kognitivno-vedenjska terapija (KVT), ki temelji na predpostavki, da spremembe disfunkcionalnih miselnih vzorcev vodijo do sprememb vedenja. Ta mehanizem je z nevroznanstvenega vidika pomemben, saj podpira procese nevroplastičnosti, zlasti v možganskih omrežjih, povezanih z nadzorom impulzov in nagrajevanjem. Pregled kaže, da je KVT zelo učinkovita pri zmanjševanju simptomov motnje igranja internetnih iger, hkrati pa zmeroma zmanjšuje dejanski čas, porabljen za igranje. Poleg tega pomembno prispeva k zmanjšanju anksioznosti in depresije, ki pogosto spremljata digitalno odvisnost in sta povezani z disfunkcijo limbičnega sistema ter prefrontalne regulacije čustev.

Pomembno vlogo imajo tudi intervencije, ki temeljijo na telesni vadbi. Vadba se je izkazala za eno najučinkovitejših dopolnilnih terapij, kar je mogoče razložiti z njenim vplivom na dopaminergični sistem in splošno izboljšanje razpoloženja. Meta-analize kažejo, da redna telesna aktivnost učinkovito zmanjšuje rezultate na lestvicah odvisnosti od interneta, depresije in socialne občutljivosti. Poleg tega pozitivno vpliva na splošno duševno zdravje študentov z odvisnostjo od interneta, vključno z zmanjšanjem občutkov osamljenosti, kar ima pomembne implikacije za socialno-kognitivne možganske mreže.

Pregled nadalje poudarja pomen psihosocialnih intervencij, zlasti tistih, ki ciljajo na samokontrolo in čustveno samoregulacijo. Ti procesi so pri posameznikih z digitalno odvisnostjo pogosto oslabljeni in so tesno povezani z delovanjem prefrontalnega korteksa. Skupinsko svetovanje se je izkazalo za učinkovito pri izboljšanju samokontrole in zmanjševanju stopnje odvisnosti od interneta, kar nakazuje na krepitev izvršilnih funkcij. Podobno tudi specifični programi treninga samokontrole prispevajo h krepitvi inhibicijskih procesov in zmanjševanju kompulzivne rabe digitalnih naprav.

Kljub statistično značilnim učinkom večine obravnavanih intervencij avtorji poudarjajo, da je moč dokazov večinoma ocenjena kot šibka. Razlogi za to vključujejo veliko heterogenost študij, majhne vzorce in metodološke razlike med raziskavami. Z nevroznanstvenega vidika to pomeni, da čeprav digitalna odvisnost očitno vključuje podobne nevronske poti kot druge vedenjske in substancne odvisnosti, trenutni dokazi še ne omogočajo trdnih zaključkov o dolgoročni nevropsihološki rehabilitaciji. Zato pregled izpostavlja nujnost bolj standardiziranih, longitudinalnih in nevrološko podprtih raziskav, ki bi omogočile boljše razumevanje trajnih sprememb v možganskih omrežjih samonadzora in nagrajevanja (Lu idr. 2025).

## **Digitalna demenca in vpliv prekomerne uporabe zaslonov na možgane**

<https://www.healthline.com/health/parenting/digital-dementia>

Pojem digitalna demenca označuje poslabšanje spomina, pozornosti in drugih kognitivnih funkcij zaradi prekomerne tehnologije. Čeprav ni uradno priznan kot

bolezensko stanje, znanstvene študije kažejo povezave med dolgotrajno uporabo zaslonov in spremembami v možganskih funkcijah, vključno z večjim tveganjem za demenco.

### **Vpliv zaslonskega časa na možgane**

Raziskave povezujejo več kot 4 ure dnevno uporabo zaslonov s povečanjem tveganja za Alzheimerjevo bolezen, vaskularno demenco in druge oblike demence ter z opaznimi spremembami v možganskih strukturah.

Pri otrocih in mladostnikih prekomerna uporaba zaslonov negativno vpliva na delovni spomin in izvršilne funkcije, kar lahko vodi v težave s koncentracijo in reševanjem nalog.

Prekomerna uporaba zaslonov povzroči težave, ki spominjajo na simptome demence:

- slabši kratkoročni spomin
- težave z večopravilnostjo in fokusom
- težave pri iskanju pravih besed ali informacij
- spremembe v komunikaciji in razmišljanju

Poleg tega je digitalna demenca pogosto povezana s spremembami razpoloženja in težavami s spanjem.

Preprečevanje in obvladovanje vključuje uravnotežen pristop do tehnologije – zmanjšanje pasivnega zaslonskega časa, zmanjšanje obvestil, namerno izbiranje aktivnosti brez zaslonov in vključevanje drugih hobijev ali gibanja. Pomembno je, da se omejitve zaslonov izvaja postopno in z zavedanjem koristi za celostno dobrobit posameznika ali družine.

Digitalna demenca ni medicinsko priznana kot bolezen, vendar obstaja več dokazov, da lahko prekomerna uporaba digitalnih naprav privede do kognitivnih sprememb in povečanja tveganja za demenco. Zato zmerna in zavestna uporaba tehnologije pomembna za zdravje možganov, zlasti pri otrocih in mladostnikih.

### **Nekemične zasvojenosti v dobi digitalnih tehnologij**

<https://www.zadusevnozdravje.si/aktualno/novice/2025/11/nekemicne-zasvojenosti-v-dobi-digitalnih-tehnologij/>

V sodobnem svetu digitalne tehnologije bistveno vplivajo na način, kako živimo, komuniciramo in dojemamo realnost. Kljub številnim prednostim, ki jih prinašajo mobilne naprave, internet in digitalne platforme, pa je njihova vseprisotnost sprožila

tudi resne izzive - predvsem v obliki nekemičnih zasvojenosti, ki niso povezane s snovmi, temveč s ponavljajočimi se vedenji.

Nekemične zasvojenosti se pojavljajo vse pogosteje poleg tradicionalnih zasvojenosti, kot sta alkoholizem in uporaba drog, in vključujejo zasvojenosti z internetom, videoigami, družbenimi omrežji, igami na srečo ter drugimi vedenji. Te oblike zasvojenosti pogosto negativno vplivajo na posameznikovo duševno stanje, medosebne odnose, učno in delovno uspešnost ter širše družbene vidike.

Podatki Nacionalnega inštituta za javno zdravje kažejo, da uporablja internet med 15. in 74. letom kar 84,7 % prebivalcev, pri mladih pa več kot 95 %. Kljub temu ima približno 0,3 % odraslih znake zasvojenosti z internetom, 4,9 % pa jih ima visoko tveganje zanjo. Posebej zaskrbljujoč je delež mladih med 15. in 19. letom, kjer je tveganje za zasvojenost najvišje (17,4 %).

Strokovnjaki opozarjajo, da digitalne vsebine in platforme pogosto uporabljajo zasvojljive mehanizme, ki izkoriščajo **možganski sistem nagrajevanja**. Ti mehanizmi ustvarjajo hitre občutke zadovoljstva, sproščanje dopamina in nepredvidljive nagrade, kar spodbuja stalno ponavljanje vedenja in otežuje nadzor nad uporabo. Družbena omrežja in videoigre vključujejo funkcije, kot so neskončno drsenje ali kratki video formati, ki podaljšujejo čas, ki ga uporabnik preživi na platformah.

Posebno pozornost je treba nameniti najmlajšim uporabnikom tehnologije. Prezgodnja ali prekomerna izpostavljenost zaslonom pri predšolskih otrocih je povezana s težavami z govorom, spanjem, vidom in pozornostjo ter z vedenjsko-čustvenimi težavami. Zato je preiščljena omejitev uporabe digitalnih vsebin pri otrocih izjemno pomembna.

Nekemične zasvojenosti se pogosto prepletajo z duševnim zdravjem. Osebe, ki se soočajo z anksioznostjo, depresijo ali drugimi notranjimi stiskami, pogosteje kažejo vedenja, ki so značilna za zasvojenost, hkrati pa te vedenjske navade lahko še dodatno poglobljajo njihove stiske. Gre za kompleksen pojav, ki ni zgolj posledica uporabe tehnologije, temveč tudi odziv na notranje napetosti in pomanjkanje ustreznih regulacijskih strategij.

Hiter razvoj umetne inteligence predstavlja nove izzive, saj se pojavljajo interaktivne aplikacije, ki dodatno vplivajo na povečevanje navezanosti uporabnikov na digitalne platforme. Pomembno je, da spremljamo, kako takšne storitve vplivajo na posameznike, še posebej na mlajše generacije.

## Viri pomoči na področju nekemičnih zasvojenosti

V zadnjih letih strokovnjaki pri mnogih posameznikih opažajo prekomerno uporabo interneta, družbenih omrežij, videoiger, iger na srečo, pornografije, pa tudi prekomerne oblike prehranjevanja, nakupovanja, dela, telesne aktivnosti ipd. Te oblike vedenja se lahko razvijejo tudi v (nekemično) zasvojenost. V kolikor vi ali vaši bližnji doživljate stisko v zvezi s katero od naštetih problematik, vam nasvet ali pomoč lahko ponudi:

- 8 nevladnih organizacij,
- 20 Centrov za duševno zdravje otrok in mladostnikov,
- 16 Centrov za duševno zdravje odraslih,
- 2 Ambulanti za zdravljenje zasvojenosti,
- Mladinsko klimatsko zdravišče Rakitna,
- Psihiatrična bolnišnica Idrija.



*Program Mira v skrbi za duševno zdravje ljudi.*

V Sloveniji se krepi **systemska obravnava nekemičnih zasvojenosti** z razvojem preventivnih programov, dostopnimi oblikami zdravljenja in ozaveščanjem javnosti. Programi obravnave zasvojenosti potekajo v zdravstvenih ustanovah, nevladnih organizacijah in v okviru javnozdravstvenih kampanj, kot je **Izberi sebe, ne zaslona**, ki s sloganom nagovarja predvsem otroke, mladostnike, starše in strokovne delavce k premišljeni uporabi digitalnih medijev.

### Prihodnost je interaktivna?

Interaktivne e-knjige predstavljajo naslednji korak v razvoju digitalnega branja, saj klasično besedilo nadgrajujejo z multimedijskimi in interaktivnimi elementi, kot so zvok, video, animacije in naloge za uporabnika. Večmodalnost vpliva na kognitivne procese bralca, vendar hkrati odpira vprašanja o meji med klasično in interaktivno e-knjigo, ki v praksi ni jasno določena.

Kljub napovedim o hitri rasti trga e-knjig ostaja ponudba interaktivnih e-knjig omejena, predvsem zaradi tehničnih ovir. Različni formati in naprave ne omogočajo enotne uporabniške izkušnje, saj le nekateri formati podpirajo naprednejše interaktivne funkcije, obenem pa niso primerni za vse vrste publikacij. Posledično mora biti vsebina prilagojena posamezni napravi, kar otežuje širšo uporabo in standardizacijo.

Največji potencial imajo interaktivne e-knjige na področju izobraževanja in otroške literature, kjer lahko s spodbujanjem več čutov izboljšajo razumevanje, pomnjenje in razvoj kognitivnih sposobnosti. Slovenski primeri, kot so interaktivni otroški projekti in e-učbeniki, potrjujejo, da je kakovostna raba tehnologije lahko pedagoško in razvojno učinkovita. Pretirana odvisnost od spletne povezave in neenotni standardi lahko zmanjšujejo dostopnost ter onemogočijo poglobljeno bralno izkušnjo (Florjanič, Možina, 2015).

\*\*\*

Raziskava Maše Florjanič obravnava odnos slovenskih študentov do e-knjig z vidika njihove uporabe, zaznane uporabnosti in kognitivne učinkovitosti, kar ima pomembne implikacije za razumevanje nevroznanstvenih vidikov branja v digitalnem okolju. Raziskava je pokazala, da kljub vse večji razširjenosti digitalnih medijev tiskano gradivo ostaja prevladujoče in preferirano učno gradivo.

Študenti poročajo o težavah s koncentracijo in fokusom pri branju z zaslona. Branje digitalnih besedil je bilo ocenjeno kot kognitivno zahtevnejše, hkrati pa so študenti menili, da si pri branju z zaslona zapomnijo manj informacij kot pri branju s papirja.

Raziskava je pokazala tudi, da skoraj polovica anketiranih študentov e-knjig sploh ne uporablja, pri čemer je bil glavni razlog prav preference do tiskanih knjig. Med uporabniki e-knjig pa prevladuje branje na računalnikih in pametnih telefonih, kar dodatno poudarja potencialni vpliv večopravnosti in distrakcij na kognitivne procese med branjem. Analiza dejavnikov uporabe je pokazala, da praktičnost e-knjig pozitivno vpliva na njihovo pogostost uporabe, medtem ko težave s koncentracijo delujejo zaviralno, kar potrjuje pomembno vlogo pozornosti pri sprejemanju digitalnih učnih gradiv.

Kljub zaznanim kognitivnim omejitvam pa študenti izražajo relativno pozitiven odnos do prihodnosti interaktivnih oziroma izboljšanih e-knjig, zlasti na področju izobraževanja. Interaktivni elementi, kot so video, animacije in multimedijske vsebine imajo dodano vrednost, če so smiselno vključeni.

Digitalna tehnologija sicer prinaša praktične prednosti, vendar hkrati predstavlja izziv za temeljne kognitivne procese, kot sta pozornost in pomnjenje. Ti rezultati opozarjajo, da učinkovitost učenja ni odvisna zgolj od dostopnosti tehnologije, temveč tudi od njenega vpliva na delovanje možganov med branjem in učenjem (Florjanič, Možina, 2015).

Kolaž je zemljevid sodobnega človeka, razpetega med biološko dediščino in digitalno prihodnost. Raznolikost tem – čustva, zavest, miti, umetna inteligenca, digitalna zasvojenost in digitalna demenca – se prepleta v celoto, kjer se simbolno in izkustveno neprestano dotikata. Vsak element ni samostojen, temveč del širšega konteksta, ki razkriva kompleksnost sodobne človeške izkušnje.

Čustva so temeljna regulativna sila življenja. Predstavljajo most med telesom in zavestjo; niso dodatek razumu, temveč njegov pogoj. Delujejo kot signal, kompas in hkrati kot točka ranljivosti. V digitalnem okolju, kjer so dražljaji stalni, pospešeni in ojačani, postajata čustveni in zavestni sistem preobremenjena. Bolj ko tehnologija cilja na naša čustva, bolj se izgublamo v sploščenih reakcijah, impulzivnosti in zasvojenostnih. Namesto poglobljenega doživljanja prevladujejo hipni odzivi in površna čustvena stimulacija.

Zavest ni vzvišen, racionalen opazovalec, temveč dinamičen proces, ki vznikne iz telesnih občutkov, pozornosti in iskanja smisla. Nevrološki miti niso preživeta praznoverja, temveč poskusi poenostavljene razlage sveta in sebe. Lahko so popačeno ogledalo znanosti: kjer znanost meri in modelira, miti pripovedujejo. Obe perspektivi pa po skušata osmisлити izkušnjo bivanja. Sodobni tehnološki pristopi ustvarjajo nove mite o vsevedni umetni inteligenci, o neomejenem napredku in o nadomestljivosti človeške zavesti.

Umetna inteligenca deluje kot projekcijska površina. Vanjo vlagamo svoje upe, strahove in željo po nadzoru. V primerjavi s človeško zavestjo, neurejeno, čustveno in telesno, deluje kot hladna, racionalna simulacija razuma brez izkustva. Ta kontrast odpira ključno vprašanje: ali lahko inteligenca obstaja brez čutenja in ali lahko družba, ki vse bolj posnema strojno logiko, ohrani globino človeške izkušnje?

Tema digitalne zasvojenosti in digitalne demence je sklepno opozorilo kolaža. Težava ni zgolj pretirana raba tehnologije, temveč postopna preobrazba kognitivnega in čustvenega delovanja. Nenehno preusmerjanje pozornosti in fragmentacija spomina slabita notranje ravnovesje. Ko tehnologija prevzame funkcije spomina, razmišljanja in regulacije čustev, izgubo stik s človeško notranjo dinamiko.

Kolaž ne zavrača znanosti, tehnologije ali umetne inteligence, temveč opozarja na razsežnosti njihovega vpliva na človeško zavest. Prihodnost ne bo odvisna le od tega, kako izpopolnjene programe bomo ustvarili, temveč predvsem od tega, kako bomo varovali čustveno globino, telesno prisotnost ter sposobnost refleksije in ustvarjanja smisla. Brez razumevanja sebe kot čutečega, ranljivega in zavestnega bitja tudi najbolj napredna tehnologija ostaja prazna. Resnični napredek ni v tem, da postanemo bolj podobni strojem, temveč da ostanemo zvesti svoji človeškosti.



## Gradivo nevroznanost kolaž

Gradivo je dostopno na <https://portfolio.navitas-sana.com/portfolio/>

Adinoff, B., Nunes, J. C. (2025). Challenging the 25-year-old 'mature brain' mythology: implications for the minimum legal age for non-medical cannabis use. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 51(5), 577–583.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00952990.2025.2561982#d1e293>

Arias, J. A., Williams, J. H. G., Sloan, S. A., Mizuochi-Kanai, N., Matsuo, K., Koike, S., Liddell, B. J., Atagi, E., Akbik, A., Bonifield, E., Newman, V. E., Kemp, A. H. (2020). The neuroscience of sadness: A multidisciplinary synthesis and collaborative review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 111, 199–228

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0149763418306146>

Balmaseda-Serrano, R., Fernández-Del Olmo, A., Segovia-Carmargo, G., Cruz-Cortés, M., Mora-Teruel, F. (2025). Psychology training and its relationship with neuromyths. *European Journal of Psychology of Education*, 40(81).

<https://eric.ed.gov/?id=EJ1476252>

Benge, J. F., Scullin, M. K. (2025). A meta-analysis of technology use and cognitive aging. *Nature Human Behaviour*, 9(7), 1405–1419.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40229575/>

Brincat, S. L., Miller, E. K. (2025). Cognitive independence and interactions between cerebral hemispheres. *Neuropsychologia*, 212, 109153.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40268119/>

Damasio, A., Damasio, H. (2022). Homeostatic feelings and the biology of consciousness. *Brain*, 145(7), 2231–2235.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35640272/>

Damasio, A., Damasio, H. (2023). Feelings are the source of consciousness. *Neural Computation*, 35(3), 277–286.

<https://direct.mit.edu/neco/article/35/3/277/112379/Feelings-Are-the-Source-of-Consciousness>

Della Sala, S. (Ed.). (2007). *Tall Tales About the Mind and Brain: Separating Fact From Fiction*. Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/tall-tales-about-the-mind-and-brain-9780198568773>

Della Sala, S. (2009). *The Seductive Allure of Neuroscience*. *Twill*, 12, 32–35.

<https://www.scribd.com/document/329830407/Neuroscience-Myths>

Degni, L. A. E., et al. (2025). Reduced Pavlovian value updating alters decision-making in sign-trackers. *Journal of Neuroscience*.

<https://www.jneurosci.org/content/early/2025/12/11/JNEUROSCI.1465-25.2025>

- Ding, K., Shen, Y., Liu, Q., Li, H. (2024). The effects of digital addiction on brain function and structure of children and adolescents: A scoping review. *Healthcare*, 12(1), 15. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10779052/>
- Flanagan, O. (2011). Knowing and feeling. *Nature*, 469, 160–161. <https://www.nature.com/articles/469160a>
- Florjanič, M. M., Možina, K. (2015). *Odnos študentov grafične tehnologije do različnih oblik e-knjig v Sloveniji*. Knjižnica, 59(1–2), 127–144. <https://journals.uni-lj.si/knjiznica/article/view/13909>
- Florjanič, M. M., Možina, K. (2015). *Prihodnost je interaktivna*. Grafičar (Ljubljana), 6–9. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-IONKPK7W>
- Hamamra, B., Uebel, M. (2025). The digital unconscious in the age of ChatGPT: psychoanalytic perspectives on subjectivity, desire, and algorithmic mediation. *Psychodynamic Practice*, 00(00), 1–9. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14753634.2025.2585997>
- Han, Y., Qiu, J., Shi, C., Huang, S., Huang, H., Wang, X., Zhu, S., Lu, D.-L., Lu, P., Zeng, F. (2025). Factors associated with digital addiction: Umbrella review. *JMIR Mental Health*, 12, e66950. <https://mental.jmir.org/2025/1/e66950>
- Krueger, J., Osler, L. (2025). AI gossip. *Ethics and Information Technology*, 27(1), Article 10. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10676-025-09871-0>
- Lanfranco, R. C., Katyal, S., Hägerdal, A., Luan, X., Nos, V., Ehrsson, H. H. (2025). Conscious awareness, sensory integration, and evidence accumulation in bodily self-perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 122(49), e2503629122. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2503629122>
- LeDuke, D. O., Borio, M., Miranda, R., Tye, K. M. (2023). Anxiety and depression: A top-down, bottom-up model of circuit function. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1525(1), 70–87. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37129246/>
- Levenson, R. W. (2019). Reflections on 30 years of Cognition & Emotion. *Cognition & Emotion*, 33(1), 8–13. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6399039/>
- Levine, D. S., Aleksandrowicz, A. M. C., Verissimo Lopes, A. L. S. (2025). Neural network modeling of psychoanalytic concepts. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 19, 1585619. <https://www.frontiersin.org/journals/systems-neuroscience/articles/10.3389/fnsys.2025.1585619/full>
- Lu, P., Qiu, J., Huang, S., Wang, X., Han, S., Zhu, S., Ning, Y., Zeng, F.-F., Yuan, Y. (2025). Interventions for digital addiction: Umbrella review of meta-analyses. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e59656. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39933164/>

- Mullins, A. P. J. (2012). *An investigation into the neural substrates of virtue to determine the key place of virtues in human moral development* [Doctoral dissertation, University of Notre Dame Australia]  
<https://researchonline.nd.edu.au/theses/78/>
- Newen, A., Montemayor, C. (2025). *Three types of phenomenal consciousness and their functional roles: Unfolding the ALARM theory of consciousness*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 380(20240314).  
<https://royalsocietypublishing.org/rstb/article/380/1939/20240314/235161/Three-types-of-phenomenal-consciousness-and-their>
- Pye, R. E., Rushaidhi, M., Lim, J. J., Soo, Y. L., Hubbard, P. S. (2025). The Understanding, use, and prevalence of neuromyths among medical students, health sciences students, and educators in Malaysia. *Education in Medicine Journal*. 2025 (early view). [https://eduimed.usm.my/earlyView/13\\_EIMJ-OA-24-04-0073.R1.pdf](https://eduimed.usm.my/earlyView/13_EIMJ-OA-24-04-0073.R1.pdf)
- Rolls, E. T. (2025). Emotion, motivation, reasoning, and how their brain systems are related. *Brain Sciences*, 15(5), 507. <https://www.mdpi.com/2076-3425/15/5/507>
- Shiferaw, B. D., Tang, J., Wang, Y., Wang, Y., Wang, Y., Mackay, L. E., Luo, Y., Yan, N., Shen, X., Zhou, T., Zhu, Y., Cai, J., Wang, Q., Yan, W., Gao, X., Pan, H., Wang, W. (2025). Impact of digital addiction on youth health: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Behavioral Addictions*, 14(3), 1129–1158.  
<https://psycnet.apa.org/record/2026-84035-004>
- Vaccaro, A. G. (2024). Feelings are messy: The feelings we study in affective science should be too. *Affective Science*, 5(3), 190–195.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s42761-024-00263-z>
- Vršič, Z. (2023). Body in Mind: The Role of the Body in Damasio's Theory of Emotion. *Filozofski vestnik*, 44(2), 219–238  
<https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-TJM6IROC>