

Primjena LSD-a u psihoterapiji - usporedba učinka prije i poslije slušanja glazbe	Verzija: <1.0>
Tehnička dokumentacija	Datum: <07/01/2025>

**Primjena LSD-a u psihoterapiji - usporedba učinka
prije i poslije slušanja glazbe
Tehnička dokumentacija
Verzija <1.0>**

Studentski tim: Erika Tomakić

Nastavnik: Jelena Božek

Primjena LSD-a u psihoterapiji - usporedba učinka prije i poslije slušanja glazbe	Verzija: <1.0>
Tehnička dokumentacija	Datum: <07/01/2025>

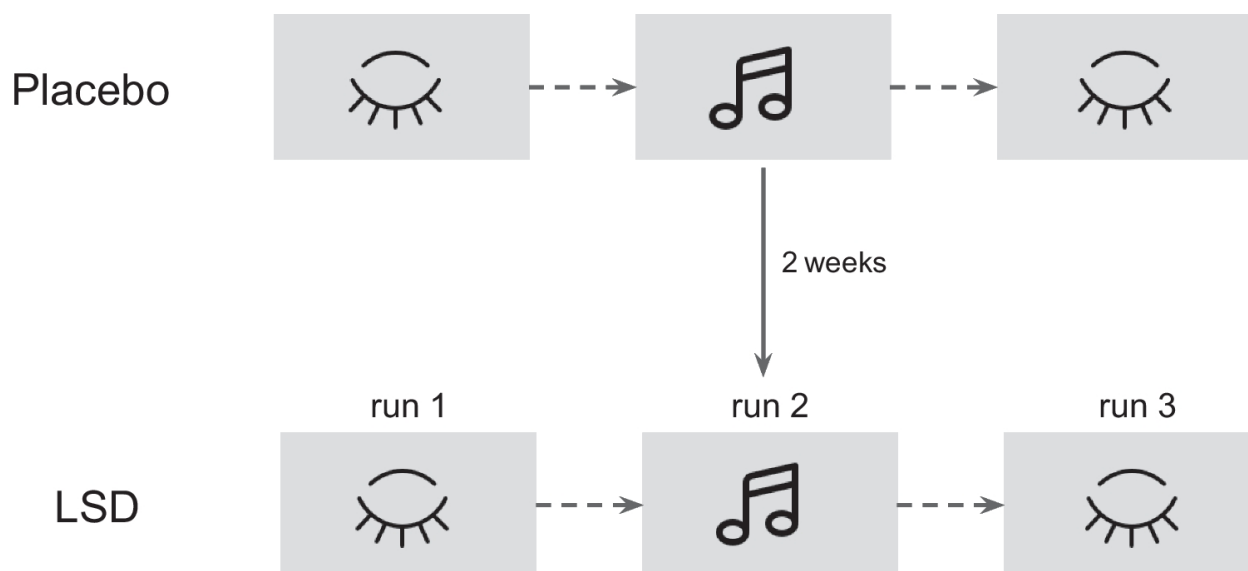
Sadržaj

1.	Opis skupa podataka	3
2.	Metode	4
2.1	Pretprocesiranje	4
2.2	Statistička analiza	4
3.	Rezultati	7
3.1	Rezultati prije slušanja glazbe	7
3.2	Rezultati poslije slušanja glazbe	7
3.3	Usporedba rezultata	7
4.	Literatura	10

Primjena LSD-a u psihoterapiji - usporedba učinka prije i poslije slušanja glazbe	Verzija: <1.0>
Tehnička dokumentacija	Datum: <07/01/2025>

1. Opis skupa podataka

Podatci korišteni u ovom projektu preuzeti su s OpenNeuro (oznaka skupa ds003059 [1]). Preuzeti skup podataka sadrži preprocesirane fMRI slike 15 subjekata. Svaki od subjekata sudjelovao je u dvije grupe, placebo i LSD. Snimanja između grupa napravljena su u razmaku od minimalno 14 dana. Za obje grupe provedena su tri snimanja: prije, tijekom i nakon slušanja glazbe. Dakle, prvo i treće snimanje su resting state. To čini šest fMRI snimanja po subjektu. Prilikom svakog snimanja, ispitanike se tražilo da imaju zatvorene oči i budu opušteni. Glazba izabrana za ovo istraživanje je elektroničkog žanra te ambijentalnog i klasično indijskog stila. Detaljniji opis skupa podataka i provedenih procedura nalazi se u članku Carhart-Harris et al [2]. Zbog tehničkih poteškoća s puštanjem glazbe, tri subjekta su izbačena iz daljnje analize, što nas ostavlja s 12 subjekata.



Slika 1.1 Skica postupka snimanja [3]

Primjena LSD-a u psihoterapiji - usporedba učinka prije i poslije slušanja glazbe	Verzija: <1.0>
Tehnička dokumentacija	Datum: <07/01/2025>

2. Metode

Ovaj projekt fokusira se na površinsku analizu mozga. Analiza se radi na placebo i LSD grupama, odvojeno za prvo i treće snimanje, kako bismo uzeli u obzir utjecaj glazbe na potencijalni terapijski učinak LSD-a.

2.1 Pretprocesiranje

Kako se u korištenom skupu podataka nalaze samo fMRI slike u Nifti formatu (volumetrijski podatci), a cilj rada je površinska analiza, bilo je potrebno dodatno pripremiti podatke prije same analize. Za ovaj korak korišten je alat FreeSurfer [4] i njegove metode `recon_all` i `mri_vol2surf` za rekonstrukciju površine iz volumena te metoda `mri_surf2surf` za poravnanje svih dobivenih površina subjekata u istu ravninu. Kao predložak za poravnanje korišten je Freesurfer-ov `fsaverage`.

2.2 Statistička analiza

Statistička analiza napravljena je u programskom jeziku Python pomoću biblioteka NumPy, NiBabel i SciPy, dok su vizualizacije napravljene pomoću biblioteka Matplotlib, Seaborn i Nilearn.

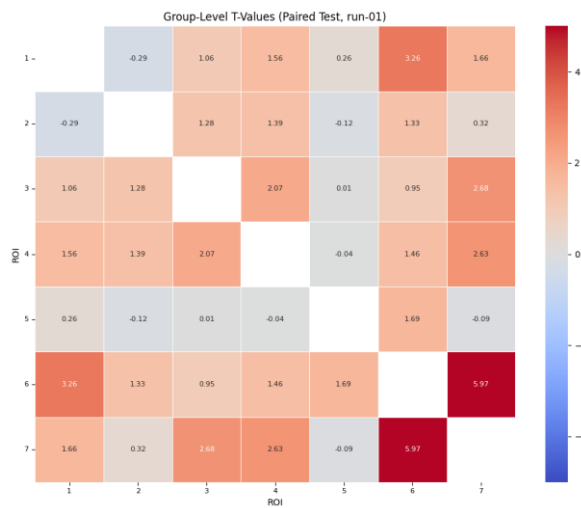
Korišten je Yeo atlas sa 7 regija [5]. Odabrani Yeo atlas dijeli mozak na sljedećih 7 funkcionalnih mreža:

1. *Visual Network* – obrada vizualnih informacija
2. *Somatomotor Network* (SMN) – motorička kontrola i osjetila
3. *Dorsal Attention Network* (DAN) – usmjerena pažnja i svijest o prostoru
4. *Ventral Attention Network* (VAN) – reakcija na značajne podražaje, preusmjeravanje pažnje
5. *Limbic Network* – regulacija emocija i obrada memorije
6. *Frontoparietal Control Network* (FPCN) – kontrola i donošenje odluka, radna memorija, kompleksni kognitivni zadatci
7. *Default Mode Network* (DMN) – razmišljanje, aktivna tijekom odmora i introspektivnih aktivnosti

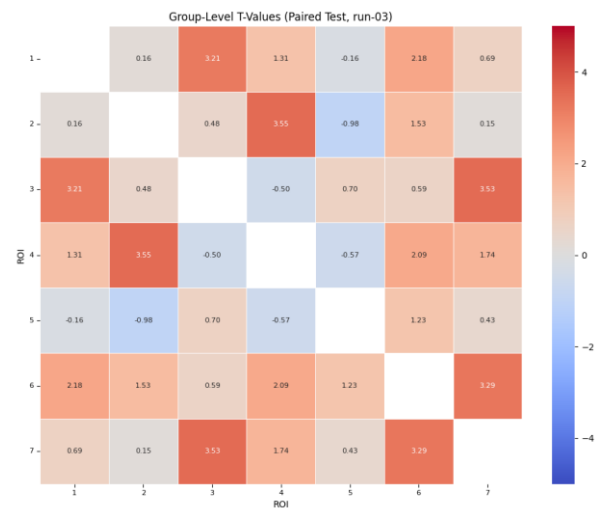
Imamo dva snimanja za placebo efekt i dva snimanja za LSD efekt, što znači da se za svakog subjekta analiziraju četiri površine mozga. Za svaku površinu izračunata je Pearsonova korelacija između parova regija mozga koje odgovaraju Yeo atlasu. Rezultatne vrijednosti zatim su transformirane u z-score koristeći Fisherovu transformaciju. Ovaj korak osigurava da su korelacije približno normalno distribuirane, što je nužno za analizu grupne razine.

Nakon procesiranja individualnih subjekata, radi se grupna analiza. Odvojeno za snimanje prije i snimanje poslije glazbe, napravljeni su upareni t-testovi između LSD i placebo grupe kako bi se procijenilo postoji li značajna razlika u povezanosti regija mozga između tih dviju stanja. Dobivene t-vrijednosti i p-vrijednosti vizualno su prikazane u obliku toplinske mape na slikama 2.1-2.4.

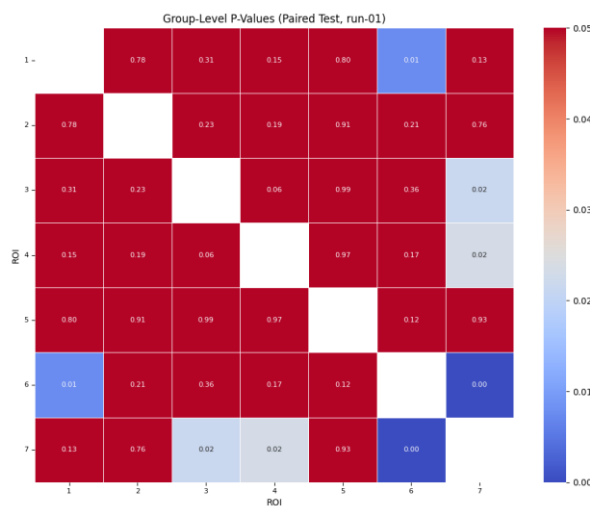
Primjena LSD-a u psihoterapiji - usporedba učinka prije i poslije slušanja glazbe	Verzija: <1.0>
Tehnička dokumentacija	Datum: <07/01/2025>



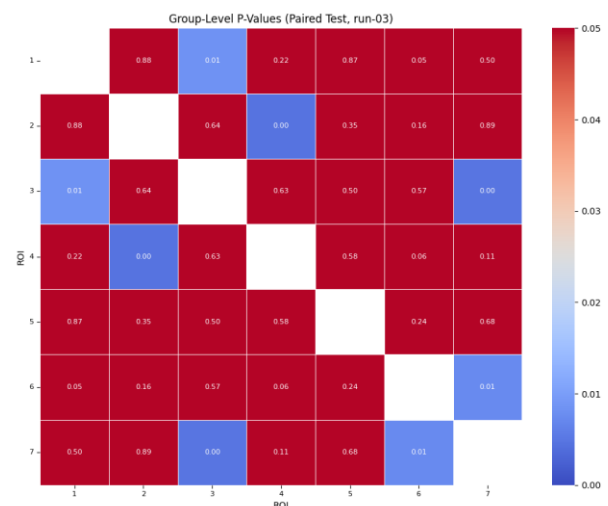
Slika 2.1 T-vrijednosti za snimanje prije glazbe



Slika 2.2 T-vrijednosti za snimanje poslije glazbe



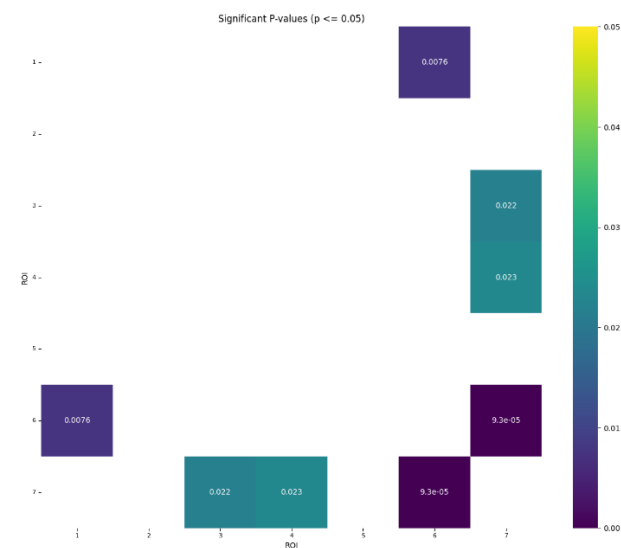
Slika 2.3 P-vrijednosti za snimanje prije glazbe



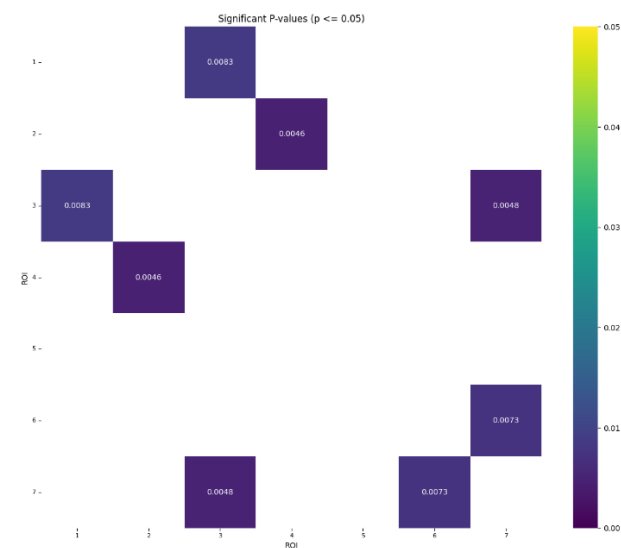
Slika 2.4 P-vrijednosti za snimanje poslije glazbe

Zanimaju nas samo parovi regija mozga gdje postoji statistički značajno odstupanje u povezanosti između placebo i LSD grupe. Zbog toga se p-vrijednosti filtriraju postavljanjem praga vrijednosti 0.05 te se fokusiramo samo na parove regija čije su p-vrijednosti manje ili jednake pragu, što je prikazano na slikama 2.5 i 2.6.

Primjena LSD-a u psihoterapiji - usporedba učinka prije i poslije slušanja glazbe	Verzija: <1.0>
Tehnička dokumentacija	Datum: <07/01/2025>



Slika 2.5 P-vrijednosti nakon postavljanja praga za snimanje prije glazbe



Slika 2.6 P-vrijednosti nakon postavljanja praga za snimanje poslije glazbe

Rezultirajući parovi regija pobliže su objašnjeni u rezultatima.

Primjena LSD-a u psihoterapiji - usporedba učinka prije i poslije slušanja glazbe	Verzija: <1.0>
Tehnička dokumentacija	Datum: <07/01/2025>

3. Rezultati

Rezultati su vidljivi u tablicama 3.1 i 3.2.

3.1 Rezultati prije slušanja glazbe

Pod utjecajem LSD-a, pronađene su značajne promjene u funkcionalnoj povezanosti između nekoliko regija:

- **Vizualna mreža i FPCN:**
Povećana povezanost ukazuje na pojačanu interakciju između obrade vizualnih informacija i kompleksnih kognitivnih zadataka. Ovaj rezultat može objasniti vizualne halucinacije i osjećaj "pojačane percepcije" pod LSD-om.
- **DAN i DMN:**
U normalnim uvjetima ove mreže su antikorelirane, dok pod LSD-om pokazuju pozitivnu korelaciju. DMN služi za introspektivne aktivnosti, a DAN za vanjsko usmjeravanje pažnje. Povećana povezanost ovih mreža potencijalno objašnjava „disoluciju ega“, odnosno osjećaj da smo jedno s prostorom – simptom koji se povezuje s uzimanjem psihodelika.
- **VAN i DMN:**
Ova povezanost odražava veću integraciju između pažnje na podražaje i introspektivnih procesa. To bi moglo sugerirati da pod LSD-om unutarnje misli i emocije postaju stvarne poput vanjskog podražaja.
- **FPCN i DMN:**
Povezanost između kontrole i donošenja odluka te introspekcije često se povezuje s fleksibilnijim i nekontroliranim misaonim procesima.

3.2 Rezultati poslije slušanja glazbe

Nakon slušanja glazbe, značajne promjene u funkcionalnoj povezanosti bile su uočene između sljedećih mreža:

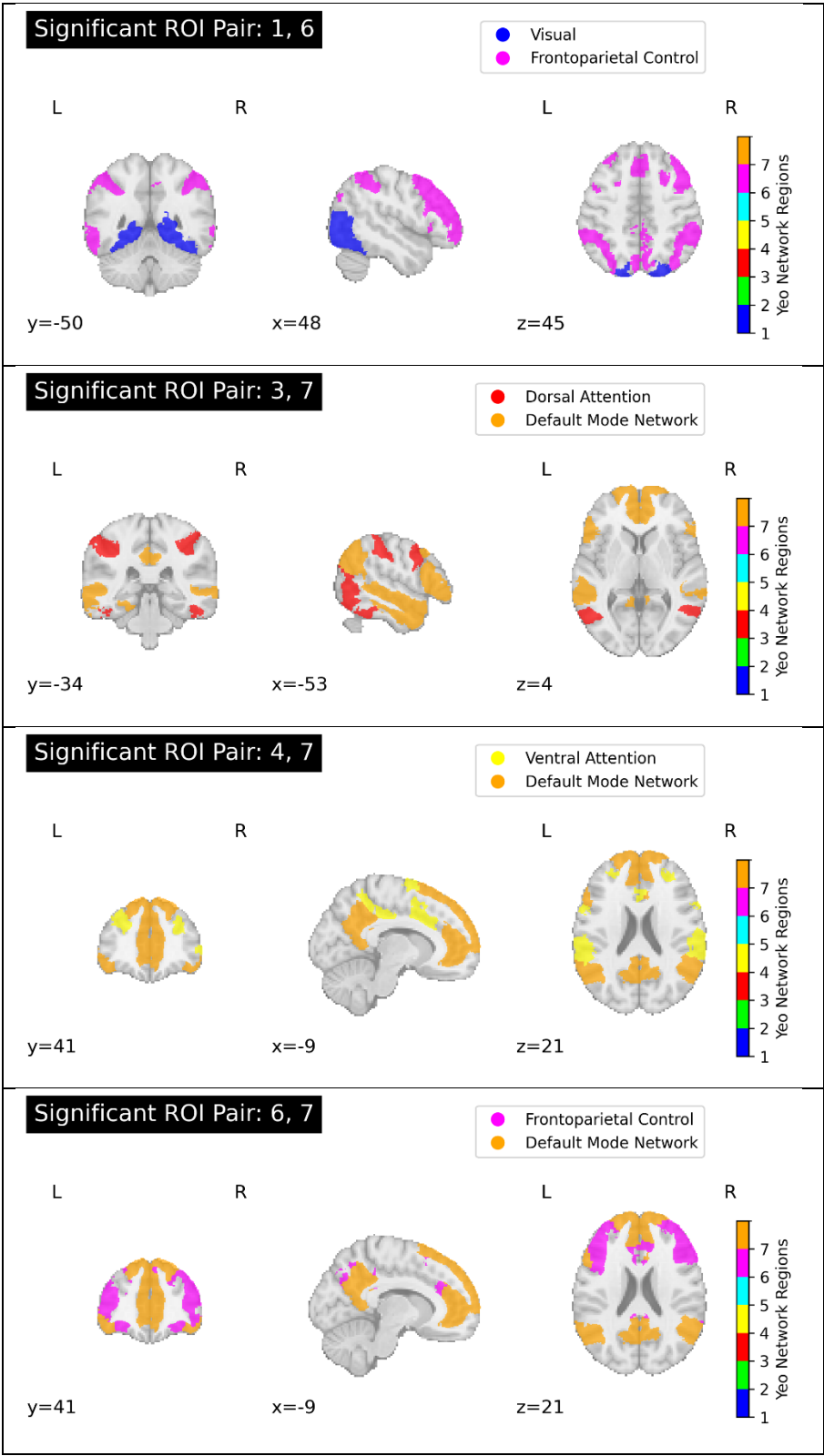
- **Vizualna mreža i DAN:**
Pojačana povezanost ovih mreža sugerira da glazba pomaže usmjeriti pažnju na vizualno.
- **SMN i VAN:**
LSD je često povezan sa sinestezijom, gdje se osjetila (npr. zvuk i dodir) isprepliću. Glazba pojačava povezanost ovih mreža, što bi moglo rezultirati fizičkim doživljajem glazbe.
- **DAN i DMN:**
Glazba dodatno pojačava povezanost ovih mreža.
- **FPCN i DMN:**
Glazba smanjuje povezanost ovih mreža. Vjerojatno jer se FPCN fokusira na sami podražaj glazbe. To bi moglo sugerirati da glazba pomaže organizirati i smiriti kaotične misli uzrokovane LSD-om.

3.3 Usporedba rezultata

LSD je poznat da pojačava globalnu povezanost mozga. Dobiveni rezultati sugeriraju da LSD može utjecati na način kako različiti dijelovi mozga međusobno komuniciraju i povezuju se, što može pomoći pri razumijevanju neurobioloških učinaka LSD-a i njegovog utjecaja na kognitivne procese i percepciju. Glazba pojačava emocionalnu dubinu iskustva, što ju čini korisnim alatom u psihoterapiji. Posebno se čini važna u kontekstu smirivanja kaotičnih misli uzrokovanih LSD-om. Glazba bi zbog toga mogla omogućiti korisnicima da se lakše nose s intenzivnim iskustvima koja LSD može izazvati.

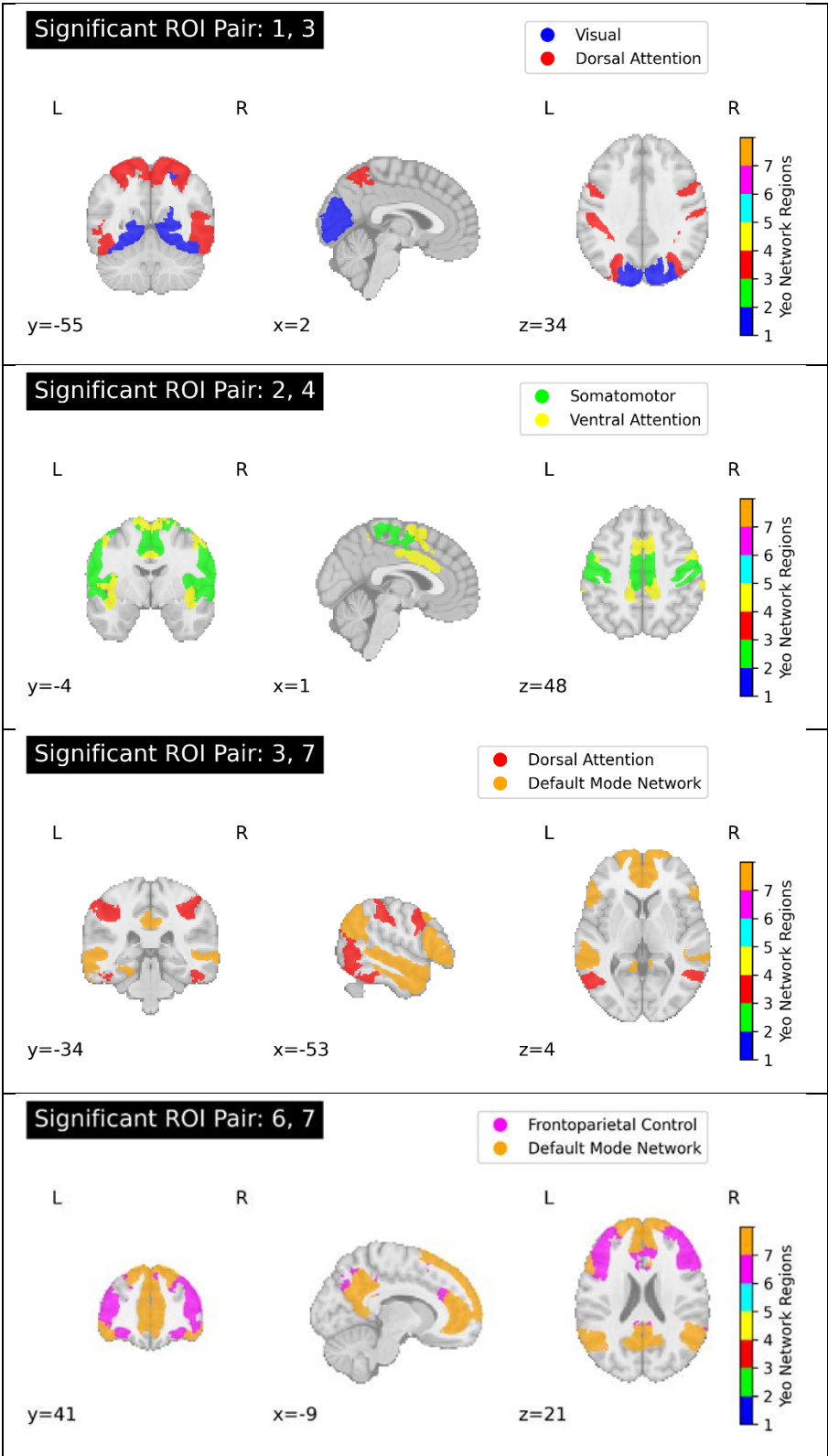
Neobično je to što analiza pokazuje da LSD nije značajno utjecao na povezanost limbičkog sustava s drugim regijama, iako je u teoriji poznato da svi psihodelici utječu na limbički sustav. Treba naglasiti da je korišteni skup podataka premalen te to vjerojatno utječe na konačni rezultat.

Tablica 3.1 Vizualizacija značajnih regija za snimanje prije glazbe



Primjena LSD-a u psihoterapiji - usporedba učinka prije i poslije slušanja glazbe	Verzija: <1.0>
Tehnička dokumentacija	Datum: <07/01/2025>

Tablica 3.2 Vizualizacija značajnih regija za snimanje poslije glazbe



Primjena LSD-a u psihoterapiji - usporedba učinka prije i poslije slušanja glazbe	Verzija: <1.0>
Tehnička dokumentacija	Datum: <07/01/2025>

4. Literatura

- [1] R. Carhart-Harris et al. (2020). Neural correlates of the LSD experience revealed by multimodal neuroimaging. OpenNeuro. [Dataset] doi: 10.18112/openneuro.ds003059.v1.0.0
- [2] Carhart-Harris RL, Muthukumaraswamy S, Roseman L, Kaelen M, Droog W, Murphy K, Tagliazucchi E, Schenberg EE, Nest T, Orban C, Leech R, Williams LT, Williams TM, Bolstridge M, Sessa B, McGonigle J, Sereno MI, Nichols D, Hellyer PJ et al (2016) Neural correlates of the LSD experience revealed by multimodal neuroimaging. Proc Natl Acad Sci 113(17):4853–4858. <https://doi.org/10.1073/pnas.1518377113>
- [3] Adamska, I., Finc, K. Effect of LSD and music on the time-varying brain dynamics. Psychopharmacology 240, 1601–1614 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00213-023-06394-8>
- [4] Fischl B. et al.: FreeSurfer (2012), <https://github.com/freesurfer/freesurfer>
- [5] Yeo BT, Krienen FM, Sepulcre J, Sabuncu MR, Lashkari D, Hollinshead M, Roffman JL, Smoller JW, Zollei L., Polimeni JR, Fischl B, Liu H, Buckner RL. The organization of the human cerebral cortex estimated by intrinsic functional connectivity. J Neurophysiol 106(3):1125-65, 2011.