

MERENJE ELEKTRIČNE AKTIVNOSTI MOZGA:

ElektroEncefaloGrafija EEG rezime

Elektroencefalografija (EEG)

ElektroEncefaloGram (EEG) predstavlja relativno niskofrekventnu spontanu električnu aktivnost mozga.



Rezultat je aktivnosti hiljade neurona u mozgu.

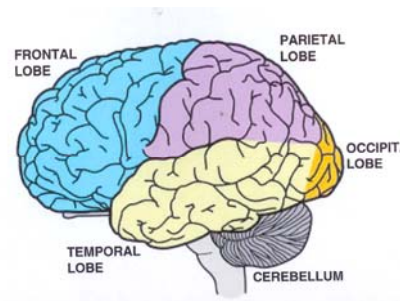
Tipična amplituda - 50 μ Vpp.

Oblik aktivnosti zavisi od stepena budnosti, tj aktivnosti – ako je osoba relaksirana, onda EEG sadrži sporije talase; ako je osoba aktivna i koncentrisana, onda EEG sadrži brže talase.

Struktura i funkcije mozga

Funkcionalna mapa mozga

Različiti delovi mozga zaduženi za različite funkcije.



Korteks:

Frontalna oblast – Planiranje akcije i uravljanje pokretom;

Temporalna oblast – Sluh, u dubljim struktrama je hipokampus važan element memorije;

Ocipitalna oblast – Vid;

Parijetalna oblast – Osećaj položaja.

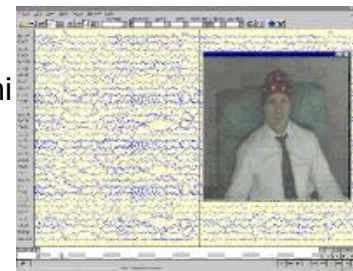
Izvor EEG-a

Kao i ostali biopotencijali na koži, i ovi na glavi su posledica protoka električnih jonskih struja.

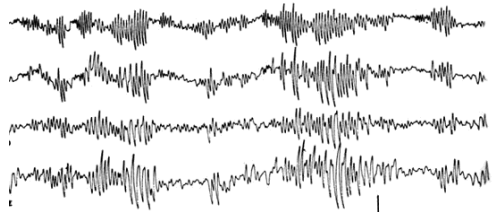
Ove *makroskopske* struje su sume *mikroskopskih* struja koje proizvode velike populacije (grupe) električno aktivnih ćelija.

U korteksu se asinhrono generišu milioni PSP, koji se sumiraju i formiraju vrlo kompleksan kompozitni signal koji *ne može da se dekomponuje* na komponente PSPa.

Kako PSP nastaju i slabe, tako se EEG potencijali sa površine glave menjaju.



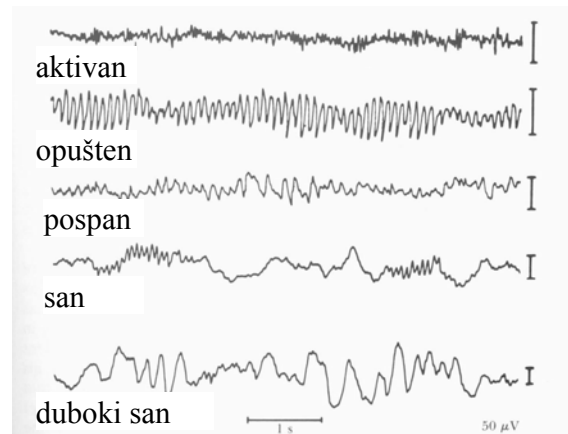
Elektroencefalografija (EEG)



EEG se koristi za registrovanje moždane aktivnosti u različite svrhe, uključujući

- ispitivanje *spavanja*,
- za dijagnozu moždanih poremećaja (npr. *epilepsija*),
- nakon *povrede*,
- služi kao dokaz moždane *smrti*.

Spavanje



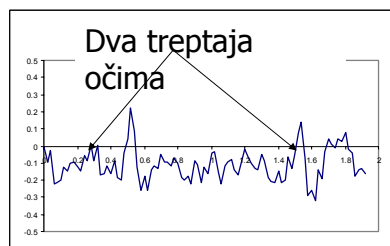
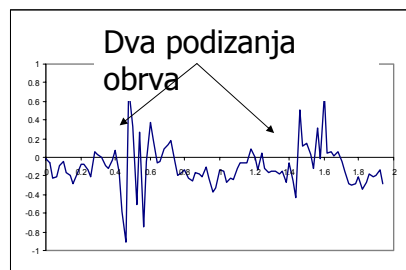
Mi provedemo oko 1/3 naših života spavajući, ali još uvek se ne zna tačna funkcija spavanja.

Spavanje je jedna od najvećih misterija.

Spavanje sastoji iz nekoliko nivoa.

Evocirani potencijali

Postoji izvesna korelisanost sa nekim specifičnim radnjama (npr. motornim, kognitivnim).

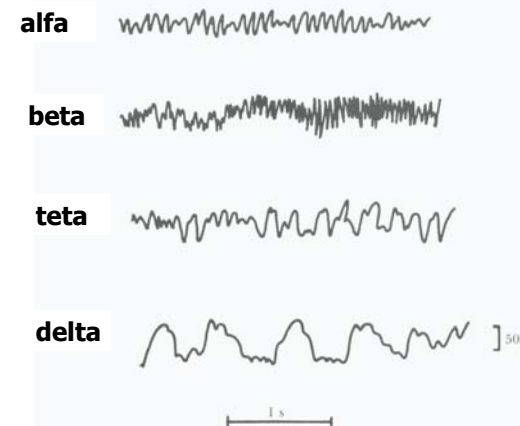


EEG ritmovi

Frekvencije električnih potencijala koji se registruju na lobanji

0 - 50Hz

Pojavljuju se u vidu tzv. *EEG ritmova* ili *moždanih talasa*.



EEG ritmovi

Alfa ritam (*Berger–ov ritam*)

Ima frekvencije 8–13Hz i amplitudu oko 50 μ V.

Dominira na snimku osobe sa normalnim EEG-om u opuštenom budnom stanju. Obično se registruje u zadnjim delovima glave (posteriorno lateralno) i simetričan je po amplitudi i fazi na obe strane glave. Nestaje otvaranjem očiju, mentalnim naprežanjem i u fazi sanjivosti.

Beta ritam

Ima frekvencije 14 - 30 Hz i amplitudu < 30 μ V.

Registruje se frontalno i takođe treba da je simetričan. Karakterističan je za aktivna stanja, koncentraciju.

EEG ritmovi

Delta ritam

Vrlo spori talasi frekvencije do 4Hz i imaju najveću amplitudu.

Normalno se pojavljuje pri spavanju i nastaje u brstovima. Normalan je kod dece mlađe od godinu dana. Smatra se patološkim kad se registruje kod budnih odraslih osoba.

Teta ritam

Frekvencije 4–7 Hz. Promenljive je amplitude.

Normalan je kod odraslih u snu i kod dece. Može da se javi pri hipnozi, hiperventilaciji, lucidnim snovima.

EEG ritmovi

Ritam ***mi* (μ) *talasa*** (9-11 Hz) je nazvan senzorno - motorni ritam i povezan je sa fizičkim naporom.

Ritam ***gama* (γ) *talasa*** (>30 Hz) je vezan za izrazito jaku mentalnu aktivnost. Beleži se kada se rade evocirani potencijali izraženih kognitivnih funkcija.

DC i vrlo spori EEG daje kompletniju sliku promena u moždanim funkcijama, npr. promene O₂ i CO₂ u krvi pri epileptičkim napadima ili pri anesteziji.

EEG ritmovi i njihove karakteristike

Naziv	Frekvencija (Hz)	Amplituda (μ V)	opis
α talasi	8-13	20-60	Opušten i relaksiran sa zatvorenim očima
β talasi	14-30	2-20	Napet, fokusiran, otvorene oči
δ talasi	0.5-4	20-200	Dubok san
θ talasi	4-7	20-100	Pospan
γ talasi	>30		Jaka mentalna aktivnost
μ talasi	9-11		Fizička aktivnost

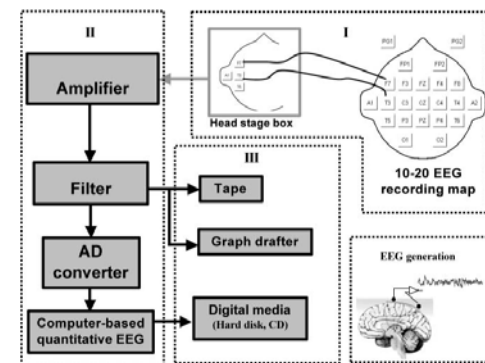
EEG merenje - Digitalna EEG

Amplituda je 15-1000 μV
Pojaćanje $10^3 - 10^6$ (60-120 dB)

Ulazna impedansa pojačavača
100-200 M Ω

Impedansa elektroda
manja od 5 k Ω

Sporazumno je uzeto da
pozitivne vrednosti potencijala
na snimku odgovaraju stvarnim
negativnim potencijalima i
obratno.



Na signal se obično primeni:

- NF ($f_g = 0.16-0.6$ Hz),
- VF filter ($f_g = 30-100$ Hz) i
- filter za potiskivanje frekvencije visokonaponske mreže 50Hz (60).

A/D najmanje 12-bitna
za oseg od 2 mV rezolucija je 0.5 μV
(2mV/2¹²)

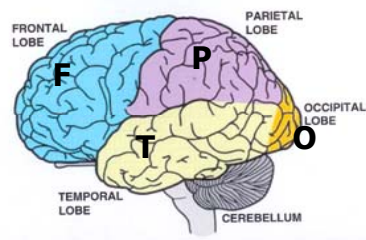
Kod savremenih digitalnih EEG
merenja: $f_s = 256 - 1000$ Hz

Izvor artefakta

U EEG snimku mogu se pojaviti i drugi signali, tj. artefakti:

- EMG artefakti** usled mišićne aktivnosti subjekta tokom snimanja (treptanje, pomeranje očiju, vilice, glave i ostalih delova tela) mogu biti čak nekoliko puta veći od korisnog signala, pa bi subjekt tokom snimanja trebalo da miruje,
- artefakt EKG** signala,
- artefakt EOG** signala,
- artefakti kao rezultat dejstva **spoljašnjeg električnog ili magnetnog polja**,
- promena otpornosti na kontaktu elektrode sa površinom glave usled **pomeranja elektroda**,
- uticaj tkiva** koja se nalazi između mozga i elektroda (talamus takođe ima spontanu ritmičku električnu aktivnost koja utiče na spontanu aktivnost korteksa).

"10-20 sistem" montaže elektroda

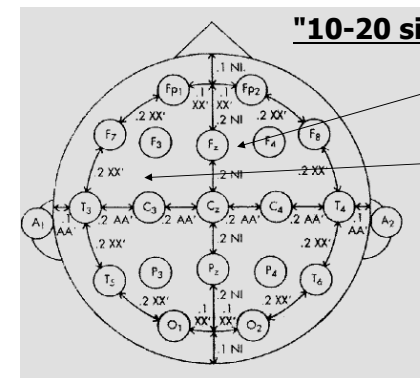
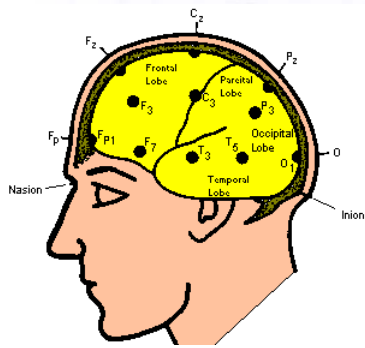


"10-20" sistem se bazira na odnosu između lokacije elektrode i oblasti ispod cerebralnog korteksa.

Svaka moždana oblast je označena posebnim slovom a broj ili slovo u indeksu označavaju lokaciju hemisfere.

Slova F, T, P i O predstavljaju frontalni, temporalni, parijetalni i ocipitalni region.

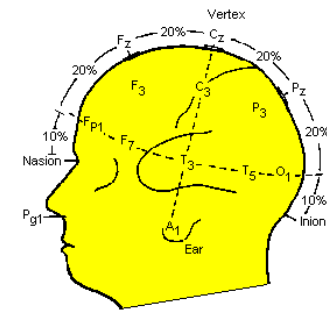
C- Ne postoji "centralni region" na mozgu, to je samo radi identifikacije položaja.



"10-20 sistem" montaže elektroda

- Parni brojevi (2,4,6,8) se odnose na desnu hemisferu,
- a neparni (1,3,5,7) na levu hemisferu.
- Slovo "z" se odnosi na elektrodu postavljenu na srednjoj liniji.
- Pravilo je da manji broj znači bliže srednjoj liniji.

Položaj elektroda pri 10-20 montaži.
19 elektrodna pozicija je definisana sa 10% i 20% u odnosu na tri mere:
NI – rastojanje od korena nosa do potiljka (nosion – inion, nos-potiljak);
AA' - auralna linija;
XX' – poluobim;
A1 i A2 su postavljene na ušne školjke.



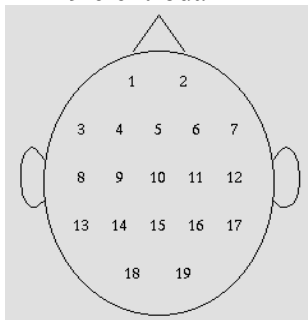
Ostale elektrodne montaže

Prema IFCN standardu digitalnog kliničkog EEG-a potrebno je najmanje 24 kanala, a preporuka je 32.

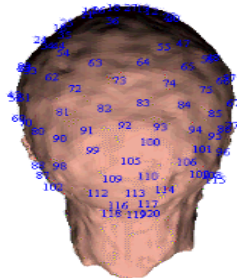
Pored sistema “10-20”, razvijeni su sistemi koji sadrže 32, 64, 128, ili čak i 256 individualnih elektroda.

“10-20”

19 elektroda



128 elektroda



Karakteristike EEG signala

EEG je **random** električna aktivnost, koja je suma inhibitornih i eksitatornih električnih potencijala *piramidalnih* ćelija.

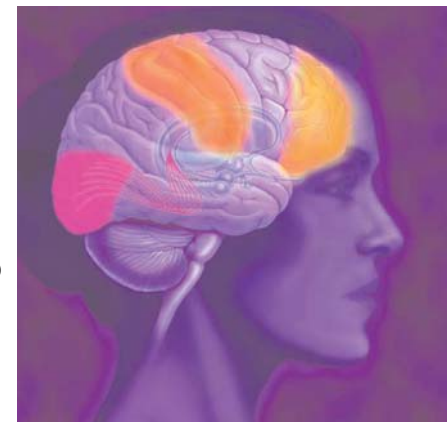
Za razliku od EKG signala, normalan EEG signal **nema** očigledan, ponovljiv oblik.

Dugogodišnje empirijsko proučavanje EEGa ukazuje da izvesni **statistički atributi** izvedeni iz EEGa odražavaju i prate stanje mozga.

Karakteristike EEG signala

Karakteristike EEG signala su kompleksne usled složenosti neuralnog sistema.

Tradicionalno, EEG se opisuje kao **stohastički proces velike sličnosti sa šumom**.



Svaka EEG komponenta je uzrok nekog moždanog procesa, čija je priroda, međutim, često nepoznata.

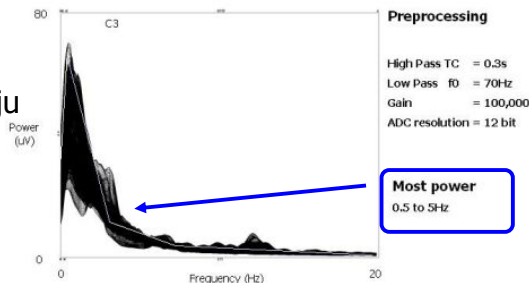
Karakteristike EEG signala

Sa stanovišta obrade, EEG ima sledeće karakteristike:

- 1) prirodu *šuma* i pseudo stohastički; pokazuje veliki stepen nestacionarnosti i random karakter;
 - 2) *vremenski promenljiv*; varira sa fiziološkim stanjima; talasni oblici koje uključuje su različiti: regularne sinusoide, iregularni spajkovi ili poluspajkovi, šiljkovi ili polušpiljkovi. Kod epileptičnih ispada može da ima izraženu singularnost ili nestacionarnost.
- U praksi se EEG tretira kao stacionaran proces u vrlo kratkom periodu (epoha 3,5 s) za rutinske spontane EEG zapise.
- 3) *visoka nelinearnost* zavisna od vremena, stanja, strane sa koje se snima (još uvek koriste linearni modeli).
 - 4) Mali odnos *signal/šum*
 - 5) Velika intra- i inter-personalna *varijabilnost*.

EEG spektar

EEG talasi se prikazuju u *frekvencijskom domenu* primenom Furijeove transformacije.



Pretpostavka za Furijeovu analizu je **stacionarnost** signala.

(Stacionarnost signala: statističke karakteristike signala - srednja vrednost, varijansa su stabilni u toku merenja.)

Ograničenje na epohu analiziranja EEG signala (npr. oko 4 s).

Procesiranje uključuje:

- spektralnu analizu,
- fraktalnu analizu,
- automatsku detekciju spajkova (npr. epilepsija),
- interpolaciju za topografsko prikazivanje EEG-a i lokalizaciju izvora.

Osnovna **prednost** EEG-a je njegova nezamenljiva *vremenska rezolucija*.

Druge tehnike imaju rezoluciju sekunde - minuta, EEG ima rezoluciju manju od milisekunde.

Kvantitativna EEG (QEEG ili qEEG)

QEEG je oblik **digitalne EEG**.

QEEG predstavlja matematičko procesiranje digitalnog EEG-a u cilju da se:

- istaknu određene komponente moždanih talasa,
- transformiše EEG u format ili domen koji ukazuju na relevantne informacije ili
- korelišu numeričke vrednosti sa snimljenim EEG-om.

QEEG obuhvata nekoliko mogućih obrada:

- Analizu signala
u *vremenskom, prostornom i frekvencijskom domenu*
- Topografsko prikazivanje
- Statističku analizu

Novije primene EEG-a

EEG spektar odražava kognitivna stanja,

- za on-line **dijagnostiku kognitivnih operacija**;

EEG zasnovan **biofeedback** se može primeniti

- za korekciju funkcionisanja mozga
(npr. signaliziranje pogrešnih mentalnih operacija)

EEG je ranije bio tretiran kao rezultat **proste sumacije** aktivnosti ogromne mase neurona,

danas se koristi kao efikasna alatka u analizi mehanizama **informacionih procesa** u ljudskom mozgu.