

# Elektrookulografija

## Sadržaj

1. Uvod .....	2
1.1 Očna jabučica.....	2
1.2 Pomoćni organi oka .....	3
1.3 Mišići oka.....	3
2. EKSPERIMENT NA BIOPAC SISTEMU .....	6
3. LITERATURA .....	22



Hungary-Serbia  
IPA Cross-border Co-operation Programme

**Non-Standard Forms of Teaching  
Mathematics and Physics**



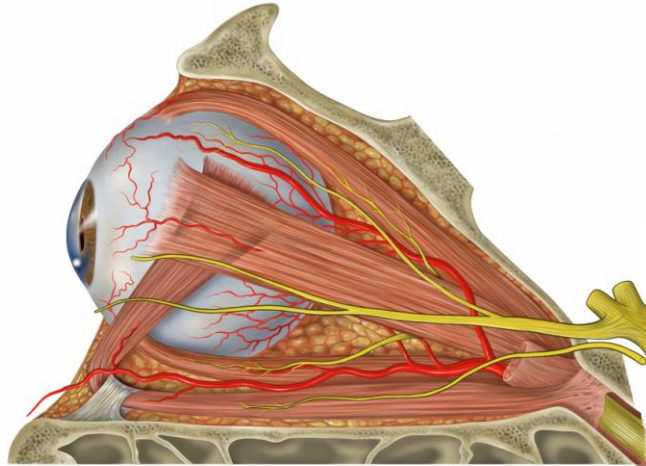
The project is co-financed by the  
European Union

# 1. Uvod

## 1.1 OČNA JABUČICA

Očna jabučica (*Bulbus oculi*) je smeštena u prednjem delu koštane očne duplje. Okružena je svojim mišićima i masnim delom očne duplje (slika 1.1). Ona ima oblik neprovidne lopte čiji je prednji deo više ispupčen od zadnjeg.

Očna jabučica ima veoma složen sastav u koji ulaze: 1. omotači očne jabučice (spoljna ili fibrozna opna, srednja ili sudovna opna i unutrašnja opna) i 2. sadržaj očne jabučice.



Slika 1.1

**1. Spoljna ili fibrozna opna očne jabučice** (*Tunica fibrosa bulbi*) je čvrsta fibrozna opna, koja štiti unutrašnjost oka i pruža otpor tzv. intraokularnom pritisku, koji deluje unutar očne jabučice. Takođe, ona služi i za pripajanje očne jabučice mišićima koji su odgovorni za njeno pokretanje. Sastoji se od rožnjače (*cornea*) i beonjače (*sclera*).

- ◆ **Rožnjača** predstavlja manju, prednju petinu spoljne očne jabučice. Providna je jer kroz nju ulazi svetlost u unutrašnjost oka pa nema ni krvnih ni limfnih sudova. Ima ulogu konveksno-konkavnog sočiva koje prelama i konvergira zrake. Rožnjača ima oblik odsečka lopte (kalote) te joj se razlikuju prednja - konveksna i zadnja - konkavna strana.
- ◆ **Beonjača** čini preostale četiri petine spoljne opne očne jabučice. To je čvrsta, nerastegljiva, beličasta i neprozirna opna oblika lopte presečene u prednjem delu gde se uvlači periferna ivica rožnjače. Osim ovog otvora, u beonjači se nalaze i drugi manji otvori koji služe za prolaz krvnih sudova, kanalića za regulisanje unutaročnog pritiska i živaca.

**2. Srednja ili sudovna opna očne jabučice** (*Tunica vasculosa bulbi*) leži između beonjače i mrežnjače i ima veoma važnu ulogu u ishrani očne jabučice, a posebno mrežnjače. Sastoji se iz tri dela: dužice (*iris*), cilijarnog dela (*corpus ciliare*) i sudovnjače (*choroidea*).

- ◆ **Dužica** ima ulogu dijafragme oka, jer reguliše količinu svetlosti koja ulazi u unutrašnjost oka kroz otvor – zenicu (*pupilla*), koja se nalazi u središnjem delu. Zenica se pomoću dva glatka mišića može sužavati ili širiti refleksno u zavisnosti od količine svetlosti koja stiže u oko.
- ◆ **Cilijarno telo** predstavlja srednji i najdeblji deo sudovne opne i nalazi se između dužice i sudovnjače. Stvara očnu vodicu i ima ulogu pri akomodaciji oka, koja se vrši pomoću cilijarnog mišića. Ima oblik trostranoprizmatičnog prstena, šireg napred nego pozadi.
- ◆ **Sudovnjača** predstavlja zadnji deo srednje opne očne jabučice. Njena ispupčena spoljna površina je neravna usled prisustva krvnih sudova i živaca u kapilarnom prostoru. Izdubljena unutrašnja površina sudovnjače je glatka i prirasla uz pigmentni sloj mrežnjače.

**3. Unutrašnja opna očne jabučice** (*Tunica interna bulbi*) se sastoji iz dva funkcionalno i morfološki različita sloja: pigmentnog sloja (*stratum pigmenti*) i mrežnjače (*retina*).

- ◆ **Pigmentni sloj** unutrašnje opne očne jabučice oblaže unutrašnju površinu dužice, cilijarnog tela i sudovnjače. Sastoji se iz jednoslojnog epitela, čije su ćelije ispunjene pigmentom. Zadatak mu je da spreči refleksiju svetlosti sa unutrašnje strane beonjače, tj. da je apsorbuje.
- ◆ **Mrežnjača** je deo unutrašnje opne očne jabučice čija je unutrašnja površina u kontaktu sa prozračnim sadržajem očne jabučice, a spoljna površina je pigmentnim slojem odvojena od sudovne opne očne jabučice. Mrežnjača se sastoji iz tri dela: dužični deo mrežnjače, cilijarni deo mrežnjače i optički ili vidni deo mrežnjače. Ova tri dela imaju različitu građu i značaj. Dužični i cilijarni deo mrežnjače su veoma tanki, sastavljeni su iz jednog sloja ćelija i nemaju fotoreceptivnu sposobnost te su nazvani slepi deo mrežnjače (*pars caeca*).

Vidni deo mrežnjače (*pars optica*) predstavlja najvažniji deo oka koji učestvuje u procesu viđenja. To je deblji sloj veoma složene građe i predstavlja jedini deo mrežnjače osposobljen za prijem svetlosnih nadražaja i njihovo pretvaranje u električne signale, zahvaljujući fotoreceptorskim ćelijama koje se u njemu nalaze. Električni signali se zatim šalju optičkim nervom do mozga.

**4. Sadržaj očne jabučice.** Unutrašnjost očne jabučice ispunjena je providnim delovima bez krvnih sudova. Veći deo unutrašnjosti, zadnje dve trećine očne jabučice zauzima staklasto telo (*corpus vitreum*). Ono naleže na mrežnjaču na čitavoj njenoj površini, a napred je ograničeno očnim sočivom. Osim što naleže na mrežnjaču i sprečava njeno nabiranje, obezbeđuje i njenu ishranu, a propušta i prelama svetlosne zrake. Očno sočivo (*lens*) je smešteno iza dužice, a ispred staklastog tela. Ima oblik bikonveksnog prozračnog sočiva, koje prelama svetlosne zrake i stvara na mrežnjači oštru obrnutu sliku predmeta. Ispred sočiva dužica deli prostor ispunjen očnom vodicom (*Humor aquosus*) na prednju i zadnju komoru. Očna vodica je bistra, bezbojna tečnost koja ispunjava obe komore i zajedno sa staklastim telom održava stalan intraokularni pritisak.

## 1.2 POMOĆNI ORGANI OKA

Pomoćni organi oka (*Organa oculi accessoria*) su:

- ◆ Mišići očne jabučice (*Masculi bulbi*), koji pomeraju očnu jabučicu u svim pravcima i usmeravaju oba oka u istom pravcu; ima ih šest i to četiri prava i dva kosa, od kojih su po dva uvek antagonisti.
- ◆ Fascije očne duplje (*Fasciae orbitalis*) su: a) Tenonova čaura, tanka čvrsta fibrozna opna u kojoj očna jabučica slobodno rotira bez pomeranja unazad; b) Mišićne fascije, tanki fascijalni omotači koji mišiće pokretače očne jabučice spajaju sa Tenonovom čaurom; c) Orbitalna pregrada, četvrtasta savitljiva ploča koja s preda nepotpuno zatvara ulazni otvor orbite i ulazi u sastav fibroznog sloja očnih kapaka.
- ◆ Obrve (*Supercilium*) su kožno-mišićni nabori koji u vidu luka leže iznad gornjih očnih kapaka i štite oči od znoja koji se sliva niz čelo.
- ◆ Očni kapci (*Palpebrae*) spređa pokrivaju otvor očne duplje i njen sadržaj; treptanjem raspoređuju suze i time ispiraju i vlaže rožnjaču.
- ◆ Vežnjača (*Tunica conjunctiva*) je glatka, sjajna i providna sluzokožna opna koja pokriva prednji deo očne jabučice i zadnju stranu oba očna kapka vezujući ih zajedno te odatle i potiče njen naziv.
- ◆ Periorbita (*Periorbita*) je tanka pokosnica očne duplje, koja pokriva njene koštane zidove.
- ◆ Masno telo orbite (*Corpus adiposum orbitae*) je polutečno masno tkivo koje ispunjava prazan prostor između koštanih zidova očne duplje i organa smeštenih u njoj. Takođe, olakšava pokrete očne jabučice.
- ◆ Suzni pribor (*Apparatus lacrimalis*) izlučuje i sprovodi suze. Sastoji se od suzne žlezde i odvodnih organa suza.

## 1.3 MIŠIĆI OKA

Mišići oka su skupina od 11 mišića (slika 1.2) čije je delovanje vezano uz oko, a smješteni su u očnici (lat. orbita). Mišić oka pokreću očnu jabučicu, šire ili sužavaju zenicu, učestvuju u akomodaciji oka za gledanje na blizinu i podižu veđu.

Razlikujemo mišiće oka koji su građeni od glatkih mišićnih vlakana i one koji su građeni od poprečno prugastih vlakana. Mišiće možemo podeliti na one koje se nalaze unutar oka i one izvan (ekstraokularne).

**Poprečno-prugasti mišići oka**, mišići pokretači očne jabučice:

1. gornji ravni mišić (*musculus rectus superior*)
2. donji ravni mišić (*musculus rectus inferior*)
3. medijalni ravni mišić (*musculus rectus medialis*)
4. lateralni ravni mišić (*musculus rectus lateralis*)
5. gornji kosi mišić (*musculus obliquus superior*)
6. donji kosi mišić (*musculus obliquus inferior*)
7. mišić podizač gornje veđe (*musculus levator palpebrae superioris*)

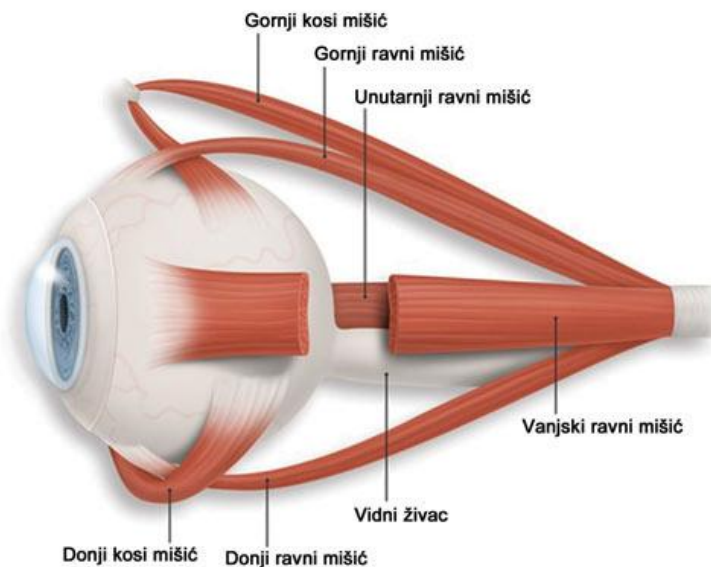
### Glatki mišići oka

unutrašnji:

1. mišić sfinkter zenice (*musculus sphincter pupillae*)
2. mišić dilatator zenice (*musculus dilatator pupillae*)
3. cilijarni mišić (*musculus ciliaris*)

spoljašnji:

1. tarzalni mišići (*musculus tarsalis superior et inferior*)



Slika 1.2.

Spoljašnji pravi mišić je inervisan od strane živca odvodioaca, dok su ostala tri inervisana živcem pokretačem oka. Spoljašnji pravi mišić povlači oko direktno upolje, unutrašnji ga povlači ka unutra, gornji pravi mišić pokreće očnu jabučicu naviše i unutra, a donji mišić ka naniže i unutra.

Mišićna kontrola oka obezbeđuje da lik predmeta koji oko posmatra padne na foveu centralis, bez obzira na to da li je objekat posmatranja stacionaran ili u pokretu. Ovaj proces se zove vizualna fiksacija. Postoje dva osnovna mehanizma koji obezbeđuju fiksiranje objekata: voljna i nevoljna fiksacija.

Voljna fiksacija podrazumeva svestan trud da se pogled usmeri u pravcu selektovanog objekta u vidnom polju. Ovaj mehanizam inicijalno selektuje objekat posmatranja u vidnom polju. Nevoljna fiksacija podrazumeva nesvesnu radnju koja omogućava da selektovani objekat posmatranja ostane u vidnom polju i fokusiran. Tačnije, nakon što ste fokusirali objekat posmatranja, vaše oči nastavljaju da se pomeraju, periodično, nesvesno, neprimetno, isprekidano. Ovi pokreti se zove mikrosakade. To omogućava da individualne fotosenzitivne ćelije retine budu stalno stimulisane. Bez ove promene, ove ćelije - fotoreceptori bi prestali da opažaju svetlost. Mikrosakade pomeraju oko za 0,2 stepena kod odraslih osoba. Mikrosakade je veoma teško registrovati i izmeriti i to neće biti predmet ove vežbe. Kada osoba sa normalnim vidom usmeri pogled ka odabranom osvetljenom objektu svetlosni signali sa fiksiranog objekta e projektuju na foveu centralis na retini. Moždani deo odgovoran za vid sakuplja senzorne informacije sa obe retine produkujući tako oštru i jednoznačnu sliku posmatranog objekta. Ako postoji poremećaj u procesu fiksacije oba oka, na primer ako oslabi jedan ili više mišića očne

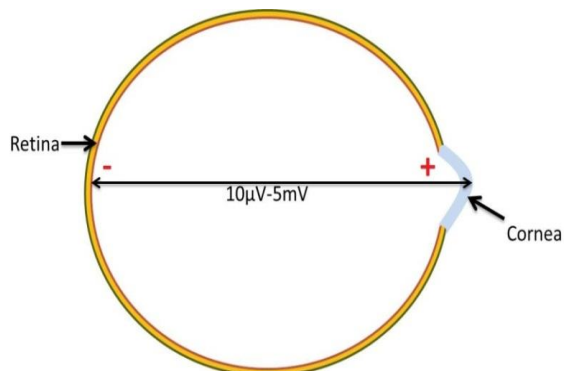
jabučice, onda dolazi do gubitka saglasnosti između retina sa dva oka i rezultat može biti *diplopia* ili udvojeno viđenje (slika 1.3). Postoji devet pravaca pogleda kod usaglašenog pomeranja očnih jabučica koji su prikazani na slici 1.4.



Slika 1.3.

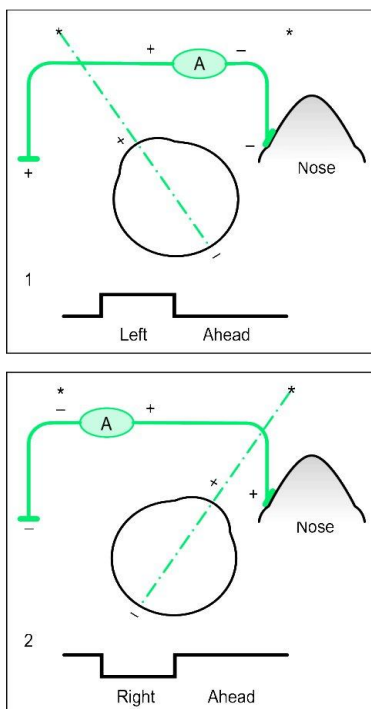


Slika 1.4.



Slika 1.5.

Ljudska očna jabučica predstavlja električni dipol sa pozitivnim krajem na rožnjači (cornea) i negativnim krajem na retini (slika 1.5). Potencijalska razlika između prednje i zadnje strane očne jabučice se još zove CRP (*corneal-retinal potential*) potencijal i primarno se javlja zbog hiper i depolarizacije nervnih ćelija retine. Ovaj potencijal obično ima vrednosti od 0.4 do 1.0 mV.



Slika 1.6.

*Elektrookulografija* je tehnika koja omogućava beleženje CRP-a dok se očna jabučica pomera u njenoj orbiti. Elektrookulogram (EOG) predstavlja zapis razlike potencijala nastao pomeranjem očne jabučice prilikom fiksacije različitih objekata ili objekata u kretanju kada nema pomeranja glave ispitanika. Za registrovanje EOG elektrode se postavljaju u blizini oka sa leve i desne (horizontalno praćenje) i gornje i donje (vertikalno praćenje) strane. Elektrode detektuju promenu potencijala zbog pomeranja rožnjače bliže ili dalje od elektroda. Kada oči gledaju pravo napred rožnjača je na skoro istom rastojanju od obe elektrode, pa je signal na elektrodama približno jednak nuli. Kada je kornea bliža pozitivnoj elektrodi registruje se pozitivna promena naponskog signala. EOG signal je proporcionalan veličini pomeraja i menja se za oko  $20 \mu\text{V}$  za svaki stepen promene položaja očne jabučice. Promene EOG signala su veoma osetljive na treptaj, pomeranje glave, promenu osvetljenosti i električne signale iz mozga.

## 2. EKSPERIMENT NA BIOPAC SISTEMU

### I. Eksperimentalni ciljevi

- 1) Snimiti EOG i uporediti pokrete očiju prilikom realnog i simuliranog pokretanja klatna.
- 2) Snimiti EOG i uporediti pokrete očiju prilikom realnog i simuliranog pokretanja objekta u vertikalnoj ravni.
- 3) Snimiti i uporediti sakadičke (brze) pokrete očiju prilikom raznih vrsta čitanja: tiho (lagano), tiho (teško) i naglas (teško).

### II. Materijali

- 2 x BIOPAC skup elektroda (SS2L)
- BIOPAC elektode za jednokratnu upotrebu (EL503,) 6 elektroda po subjektu
- BIOPAC gel za elektrode (GEL1) i abrazivni jastučići (ELPAD)
- *Opcionalno:* BIOPAC Lepljiva traka (TAPE 2)—koristiti traku radi fiksiranja kablova
- Klatno: Može da bude napravljeno kačenjem bilo kakvog objekta (50 gm sile) na kanap dužine od 61cm.
- Olovka za vertikalno praćenje
- Uzorci za čitanje (zabavno i naučno štivo)
- Biopac Student Lab System: BSL 4 software, MP36, MP35 or MP45 hardware
- Kompjuter (Windows 8, 7, Vista, XP, Mac OS X 10.5 – 10.8)

### III. Eksperimentalne metode

#### A. PODEŠAVANJE

##### Brzo podešavanje

1. Uključiti kompjuter.
  - Ako se koristi MP36/35 jedinica, isključiti je.
  - Ako se koristi MP45, proveriti da li je USB kabal kontaktovan i da li je "Ready" svetlo upaljeno.
2. **Uključiti set elektroda (SS2L)** kao što je prikazano:
  - Horizontalno — CH 1
  - Vertikalno— CH 2
3. Uključiti MP36/35 jedinicu.

##### Detaljno objašnjenje koraka podešavanja



Slika 2.1 MP3X (vrh) i MP45 (dno) hardvar veze

4. Lagano očititi kožu.
5. Povezati elektrode kao što je prikazano na slika. 2.2.

**VAŽNO**  
 Za precizna merenja povezati elektrode tako da su horizontalno i vertikalno poravnate.

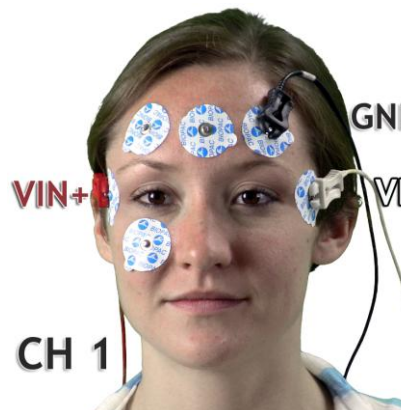


Slika 2.2 Podešavanje elektroda

- U slučaju da je na mestima gde se kače elektrode, koža ispitanika previše masna potrebno je ova mesta prebrisati alkoholom pre postavljanja elektrode. abrading.
- U slučaju da su elektrode suve potrebno je na mesto postavke postviti gel..
- Postaviti po jednu elektrodu iznad i ispod desnog oka tako da su vertikalno poravnate.
- Postaviti po jednu elektrodu sa desne strane desnog oka i sa leve strane levog oka tako da su poravnate horizontalno.
- Druge dve elektrode su za uzemljenje tako da nije bitno da li će biti poravnate.

Zarad boljeg merenja, postaviti elektrode na kožu barem pet minuta pre početka kalibracije.

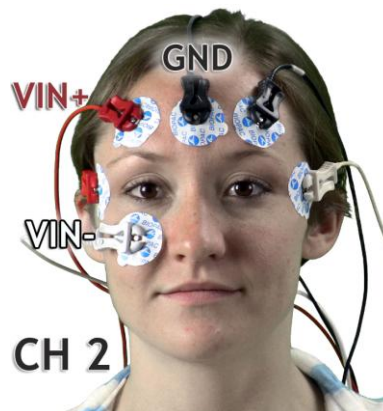
6. Povezati CH 1 Electrode Set (SS2L)u horizontalni prateći boje na slici (slika. 2.3).



Slika 2.3 Podešavanje elektroda

- **Postaviti kablove elektroda kao na slici da bi se obezbedio optimalan položaj kablova koji se neće naprezati**
- Elektrode moraju da stoje ravno na koži.

7. Povezati CH 2 Electrode Set (SS2L) u vertikali prateći boje na slici (slika. 2.4).



Slika 2.4 Podešavanje elektroda

8. **Pokrenuti** Biopac Student Lab Program.

Startovati Biopac Student Lab duplim klikom na Desktop prečicu.

9. Izabrati lekciju “**L10 – Electrooculogram (EOG) I**” i kliknuti **OK**.

Ne možemo da zavedemo dvoje ljudi istog imena tako da je potrebno da imamo neku identifikaciju poput ispitavnikovog nadimka ili nekog drugog ličnog podatka..

10. Ukucati podatke u jedinstven **filename** i kliknuti **OK**.

Za svakog ispitanika će se stvoriti folder sa njegovim podacima tako da će biti moguće koristiti taj folder i za druga merenja u sklopu Biopac.

Ova lekcija ima opcionalne mogućnosti za podatke i displej prilikom merenja. Moguće je podesiti

11. Opciono:

- Kliknuti File > **Lesson Preferences**.
- Izabrati željenu opciju i kliknuti ok.

[Kordinatne mreže](#)

[Specijalna snimanja](#)

**KRAJ PODEŠAVANJA**



## B. KALIBRACIJA

Kalibracije se koristi zarad uspostavljanja unutrašnjih parametara našeg uređaja i ovaj korak je jako bitan ako želimo da dobijemo dobro merenje. **Obratiti posebnu pažnju na kalibraciju.**

### Brzo podešavanje

1. **Ispitanik** sedi, relaksiran je, diše normalno i položaj lica je takav da ne gleda u monitor.
  - Pažljivo pratiti predstojeće korake
2. Kliknuti **Calibrate**.
3. **Ispitanik mora da:**
  - Kompletira 4 kruga horizontalnih pokreta (ekstremno levo, ekstremno desno i nazad u centar) i 4 kruga vertikalnih pokreta (ekstremno gore, ekstremno dole i nazad u centar)
  - Sačekati da kalibracija stane.

### Detaljno objašnjenje koraka kalibracije

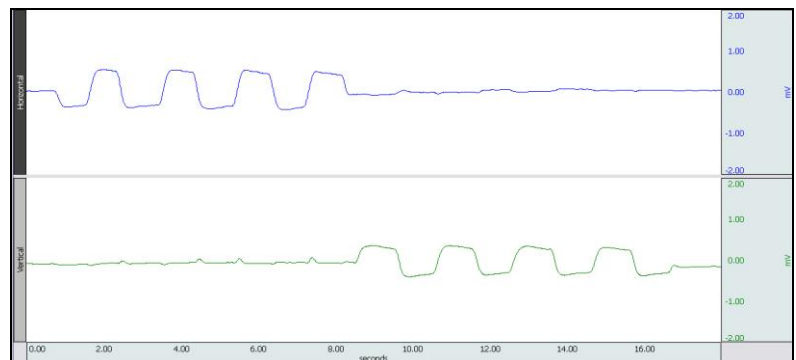
- **Ispitanik** bi trebao da sedi sa rukama opuštenim pored tela, nogama savijenim u kolenima i stopalima poravnatim sa zemljom.
- **Ispitanik** se priprema za pomeranje očiju horizontalno i vertikalno za kalibraciju
- **Ispitanik** mora držati glavu mirno i da izbegava treptanje. Kalibracija traje 20 sekundi.



Slika 2.5 Pravilan položaj glave

4. Proveriti da li snimanje liči na podatke iz primera.
  - Ako su slični kliknuti **Continue** I nastaviti ka snimanju podataka
  - U suprotnom kliknuti **Redo Calibration**.

Četiri ciklusa horizontalnih i vertikalnih pokreta očiju će biti jasno vidljive na odgovarajućem kanalu podataka.



Slika 2.6 Primer podataka kalibracije

Ako snimak ne izgleda kao što je prikazano u primeru...

- Ako je podatak prava linije, proveriti sve konekcije za MP jedinicu.
- Ako postoji prekomerna buka ili osnovni drift, proveriti da li elektrode imaju dobar kontakt sa kožom i da li kablovi ne čupaju lektrode.
- Ako je ispitanik trepnuo pojaviće se veliki pik u merenju, tada će biti potrebno da se opet uradi kalibracija.

**KRAJ KALIBRACIJE**

## C. SNIMANJE PODATAKA

### Brzo podešavanje

1. Pripremiti se za snimanja.

#### *Klatno*

- Izvođač drži klatno ispred ispitanika i sprema se da ga pusti (slika 2.7).
- Ispitanik mora da se fokusira na klatno
- Pregledati korake snimanja

### Detaljno objašnjenje koraka snimanja podataka

Biće potrebno odraditi sedam snimanja podataka.

*Snimanje 1 – 2:* realno i simulirano klatno

*Snimanje 3 – 4:* realno i simulirano vertikalno pomeranje

*Snimanje 5 – 6:* čitanje u sebi (lagano i izazovno)

*Snimanje 7:* čitanje naglas (izazovno)

Za sva merenja Ispitanik sedi relaksirano udaljen licem od monitora.

#### **Pomoć pri dobijanju optimalnih podataka:**

- Naučiti postupak merenja unapred.
- Budite sigurni da sve elektrode imaju dobar kontakt sa kožom i da kablovi ne čupaju elektrode.
- Ispitanik mora da ostane u sedećem i opuštenom stanju tokom celog merenja
- Ispitanik mora da drži glavu mirno, da pomera samo oči i da se trudi da izbegava treptanje
- U cilju merenja dovoljne amplitudne razlike pokreti očiju moraju biti što je moguće veći. Kada se prati predmet u pokretu, pokreti očiju moraju da pokrivaju značajan deo vidnog polja jedne ose. Prilikom čitanja materijal za čitanje mora da se drži što je bliže moguće ispitaniku, a da on zadržava fokus.



Slika. 2.7 Položaj klatna

#### Detalji

- Ispitanik bi trebalo da sedi na udaljenosti od 25 cm od klatna, prilagoditi ako se ne dobija fokus
- Donji deo klatna treba da se poravna sa dnom ispitanikovog nosa.
- Klatno treba podići otprilike 45 stepeni u ispitanikovu desnu stranu zadržavajući zategnutost kanapa, spremite se da pustite klatno kada merenje počne
- Izvođač mora da drži klatno na istoj poziciji tokom celog merenja

**Snimanje se nastavlja...**

2. Kliknuti **Record**.
  - **Izvođač pušta klatno**
3. **Ispitanik prati klatno jedino pogledom.**
4. Sačekati dok klatno ne prestane sa oscilacijom.
5.
  - liknuti **Suspend**.
6. Proveriti da li se dobijeni podaci poklapaju sa primerom
  - Ako su slični kliknuti **Continue**

Trebalo bi da postoji ciklična varijacija u podacima i amplituda bi trebala da progresivno opada. Horizontalni podaci bi na displeju trebali da imaju veću amplitudu od vertikalnih podataka



Slika 2.8 Primer podataka za realno klatno

Ako merenje nema sličnosti sa primerom:

- Ako su podaci prava linija proveriti konekcije MP jedinice.
- Ako postoji prekomerna buka ili osnovni drift, proveriti da li elektrode imaju dobar kontakt sa kožom i da li kablovi ne čupaju lektrode.
- Ako ne postoji dovoljna amplitudna varijacija, uveriti se da klatno osciluje u velikom delu vidnog polja.
- Ako ispitanik trepne pojavice se veliki pik tako da treba ponoviti merenja.

- U suprotnom kliknuti **Redo**.
- Ako su sva potrebna merenja odrađena kliknuti **Done**.

Kliknuti **Redo** i ponoviti korake 2 – 7 ako je potrebno.

#### *Simulirano klatno*

7. **Pripremiti se za merenje**
  - **Ispitanik** se priprema da simulira pomeranje očiju pri praćenju imaginarnog klatna.
  - **Ispitanik postavlja oči u položaj 2h**
  - **Pregledati postupke merenja**
8. Kliknuti **Record**.
9. **Ispitanik** prati imaginarno klatno sa smanjivanjem obrtnih ciklusa.
10. **Ispitivač** posmatra horizontalni kanal sve dok postoji i najmanji pokret očiju
11. Kliknuti **Suspend**.

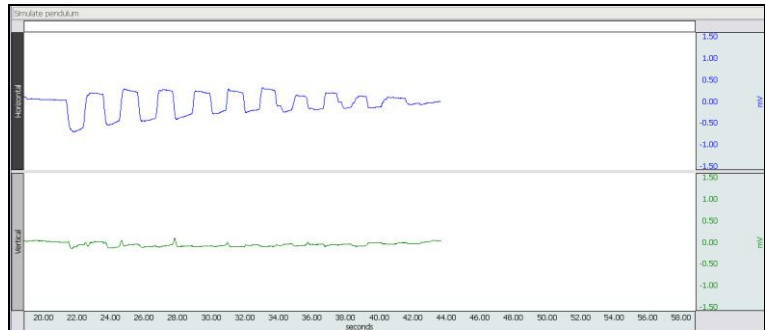
#### **Simulirano klatno**

**Ispitanik** se trudi da vizuelizuje pokretanje klatna iz prethodnog merenja i da prati imaginarno klatno samo sa očima. Oscilovanje takođe treba da zauzima veliki deo vidnog polja duž x ose i svaka uspešna oscilacija bi trebalo da ima sve manju amplitudu sve dok oči ne prestanu da se pokreću.

12. Proveriti da li se snimak poklapa sa primerom

- Ako je sličan kliknuti Continue i nastaviti sa snimanjem.

Trebalo bi da postoji ciklična varijacija u horizontalnim podacima i amplituda bi trebala da progresivno opada.



Slika. 2.9 Primer podataka za simulirano klatno

- Ako je potrebno kliknuti **Redo**.

Podaci ce biti drugačiji zbog detalja opisanih u koraku 7  
Kliknuti Redo i ponoviti korake 8-13 ako je potrebno.

### ***Vertikalno praćenje***

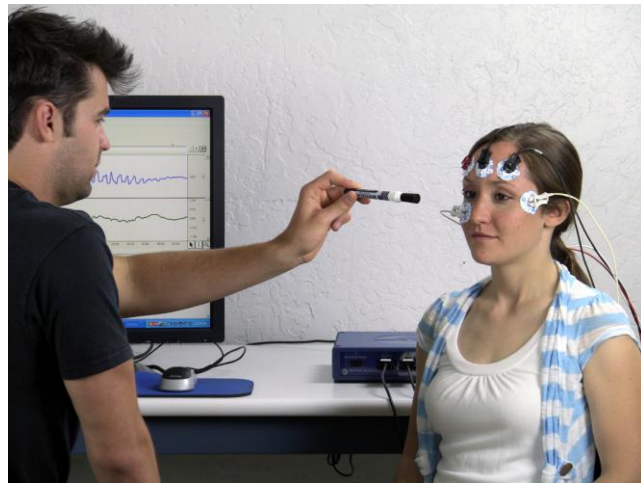
**Izvođač** drži olovku centriranu sa očima (prilagoditi ako nema fokusa). Ispitanik mora da izabere tačku fokusa na olovci i da posmatra njeno pomeranje BEZ pomeranja glave.

**Izvođač** određuje gornju i donju granicu ispitaničkovog vidnog polja pomeranjem olovke gore dole sve dok ispitanič ne kaže da više ne može da je vidi.

**Izvođač** vraća olovku u centralnu poziciju i snimanje može da počne.

13. **Pripremiti se za merenje**

- **Ispitavač** postavlja olovku na oko 25cm od ispitanika
- **Ispitanik prati**
- **Ispitavač** pomera olovku vertikalno gore dole da utvrdi limite ispitaničkovog vidnog
- **Pregledati postupke snimanja**



Slika. 2.8 Vertikalno praćenje

14. Kliknuti **Record**.
15. **Subject** prati olovku dok je **Director** pomera od centra do gornje i donje ivice vidnog polja.
  - Ponoviti pet ciklusa.
16. Kliknuti **Suspend**.
17. Proveriti da li se snimak poklapa sa primerom

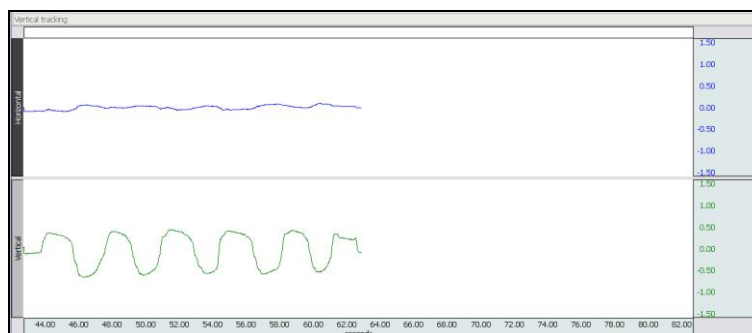
Ako je sličan kliknuti Continue i nastaviti sa snimanjem.

Ispitanik mora da prati pokret olovke samo sa očima i da se trudi da ne pomera glavu i da ne trepće.

Izvođač pomera olovku ukupno 5 vertikalnih ciklusa

- Iz centra naviše i naniže i opet u centar vidnog polja

Ovih pet ciklusa bi trebalo da budu jasno uočljivi u kanalu Vertikalnih podataka.



Slika. 2.9 Primer podataka – vertikalno praćenje

Ako merenje nema sličnosti sa primerom:

- Ako su podaci prava linija proveriti konekcije MP jedinice.
- Ako postoji prekomerna buka ili osnovni drift, proveriti da li elektrode imaju dobar kontakt sa kožom i da li kablovi ne čupaju lektrode.
- Ako ne postoji dovoljna amplitudna varijacija, uveriti se da se olovke pomera u velikom delu vidnog polja.
- Ako ispitanik trepne pojaviće se veliki pik tako da treba ponoviti merenja.

- Ako je potrebno kliknuti **Redo**.
- Ako su sva potrebna snimanja odrađena kliknuti **Done**.

Kliknuti **Redo** i ponoviti korake 14 – 18 ako je potrebno.

#### *Simulirano vertikalno praćenje*

18. **Pripremiti se za snimanje.**
  - **Subject** se priprema za simuliranje vertikalnog praćenja.
  - **Pogledati postupak snimanja**
19. Kliknuti **Record**.
20. **Subject**prati očima imaginarnu olovku pri pomeranju gore dole za ukupno pet ciklusa
21. **Director** prati vertikalni kanal sve dok više nema pomeranja očiju
22. Kliknuti **Suspend**.
23. Proveriti da li se snimak poklapa sa

Ispitanik prati imaginarnu olovku samo sa očima, zamišljajući da se olovka pomera gore i dole do ivica vidnog polja i zatim vraća u centar. Takođe je potrebno uraditi 5 ciklusa merenja.

Ovih pet ciklusa bi trebalo da budu jasno uočljivi u kanalu Vertikalnih

primerom. Ako je sličan kliknuti Continue.

podataka.



Slika. 2.10 Primer podataka – simulirano vertikalno praćenje

- Ako je potrebno kliknuti **Redo**.

Podaci ce se razlikovati zbog razloga navedenih u koraku 18.

Kliknuti Redo i ponoviti korake 19-24 ako je potrebno.

Zapamtiti da se prethodni podaci skorijeg merenja brišu klikom na Redo

### Čitanje u sebi (Lagano)

#### 24. Pripremiti se za merenje

- **Director** drži materijal za čitanje ispred ispitanika što je više moguće dok ispitanik zadržava fokus. (slika 2.11).
- **Pogledati postupke snimanja**.

Ovaj pasus bi trebalo lako da se pročita.



Slika. 2.11 Čitanje u sebi (lagano)

#### Detalji...

- Ispitanik bi trebao da bude u mogućnosti da pročita ceo tekst bez pomeranja glave
- Ispitanik mora da tekst posmatra samo pokretima očiju i to bez treptanja.
- Izvođač mora da drži papir što je moguće mirnije.

25. Kliknuti **Record**.

26. **Subject** čita materijal u sebi i kaže kad završi.

27. Kliknuti **Suspend**.

## Snimanje se nastavlja...

- Proveriti da li se snimak poklapa sa primerom
- Ako je sličan kliknuti Continue i nastaviti sa snimanjem.

Trebalo bi da se dobije na displeju oblik zubaca motorne testere u kanalu gde se beleže Horizontalni podaci.



Slika. 2.12 Primer podataka – čitanje u sebi (lagano)

Ako merenje nema sličnosti sa primerom:

- Ako su podaci prava linija proveriti konekcije MP jedinice.
- Ako postoji prekomerna buka ili osnovni drift, proveriti da li elektrode imaju dobar kontakt sa kožom i da li kablovi ne čupaju lektrode.
- Ako ne postoji dovoljna amplitudna varijacija, uveriti se da se materijal za čitanje drži što je moguće bliže ispitanikovom licu.
- Ako ispitanik trepne pojavice se veliki pik tako da treba ponoviti merenja.

- Ako je potrebno kliknuti **Redo**.
- Ako su sva merenja odrađena kliknuti **Done**.

### Čitanje u sebi (teško)

#### 28. Pripremiti se za merenje

- **Director** drži materijal za čitanje ispred ispitanika što je više moguće dok ispitanik zadržava fokus. (slika 2.11).
- **Pogledati postupke snimanja..**

#### 29. Kliknuti **Record**.

#### 30. **Subject** čita materijal u sebi i kaže kada završi

#### 31. Kliknuti **Suspend**.

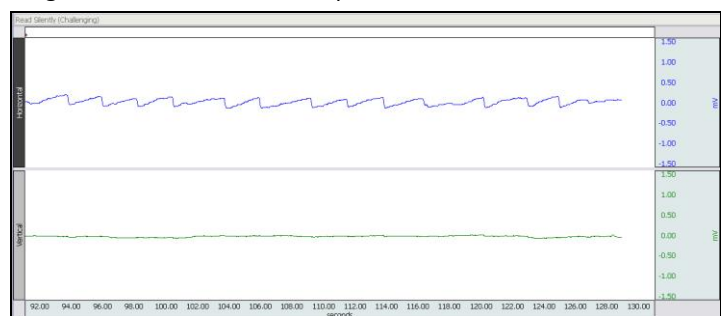
- Proveriti da li se snimak poklapa sa primerom
- Ako je sličan kliknuti Continue i nastaviti sa snimanjem..

Kliknuti Redo i ponoviti korake 25-29

Ovaj tekst bi trebao da bude izazovnij(i) teži od prethodnog pasusa.

Podsetiti se detalja navedenih u koraku 25.

Trebalo bi da se dobije na displeju oblik zubaca motorne testere u kanalu gde se beleže Horizontalni podaci.



Slika. 2.12 Primer podataka – čitanje u sebi (teško)

- Ako je potrebno kliknuti **Redo**.
- Ako su sva merenja odrađena kliknuti **Done**.

**Snimanje se nastavlja...**

**Čitanje naglas (Izazovno)**

32. **Pripremiti se za merenje**

- **Director** drži materijal za čitanje ispred ispitanika što je više moguće dok ispitanik zadržava fokus. (2.11).
- **Pogledati postupke snimanja..**

33. Kliknuti **Record**.

34. **Subject** čita materijal nagls.

35. Kliknuti **Suspend**.

- Proveriti da li se snimak poklapa sa primerom
- Ako je sličan kliknuti Continue i nastaviti sa snimanjem..
- ili **Done** za završavanje lekcije.

- Ako je potrebno kliknuti **Redo**.

Podaci će se malo razlikovati zbog razloga navedenih u koraku 29. Ako je potrebno kliknuti Redo i ponoviti korake 30-34.

U ovom delu lekcije se koristi isti tekst kao u prošlom samo se čita naglas.

Podsetiti se koraka 25.

Ispitanik čita tekst naglas i trudi se da svede na minimum pokrete usta i vilice kako ne bi dodao signal na EOG.

Horizontalni podaci neće imati doslednost kao prošla merenja i na slika 2.13 može da se vidi kako će da izgledaju.



Slika. 2.13 Primer podataka – glasno čitanje (teško)

Podaci će se razlikovati zbog razloga navedenih u koraku 29.

Ako je signal previše težak za interpretaciju zamoliti ispitanika da još više smanji pokrete usana i vilice. Ako je potrebno kliknuti Redo i ponoviti korake

**Snimanje se nastavlja...**



## Opcioni deo aktivnog učenja

Sa ovom lekcijom možete snimiti dodatna merenja klikom na **Continue** nakon poslednjeg merenja. Dizajnirajte eksperiment tako da testira ili dokaže naučne tvrdnje koje su povezane sa temom elektrookulografije.

### Dizajnirajte svoj eksperiment

Uzmite poseban list na koji ćete napisati koncept vašeg eksperimenta. Koncept mora da sadrži:

- A. **Hipotezu u kojoj se trebaju objasniti naučni principi koje ispitujemo**
- B. **Materijale koji se koriste**
- C. **Metodu koja se izvodi**

### Pokrenite vaš eksperiment

#### A. Priprema

Pripremiti opremu i ispitanika za eksperiment

#### B. Merenje

Koristite **Continue**, **Record** i **Suspend** dugmad da bi snimili onoliko podataka koliko je u eksperimentu potrebno.

Kliknuti **Done** kada završite sa merenjima.

### Analiza eksperimenta

- C. Podesite merenja koja su relevantna vašem eksperimentu i snimiti rezultate u Data Report

36. Nakon klikanja **Done**, izabrati opciju i kliknuti **OK**.

37. Skinuti elektrode.

Ukoliko se koristi **Record from another Subject** opcija:

- Ponoviti korake 4 – 7, i nastavite klikom na Calibration.

Zatim skidamo kablove i elektrode. Elektrode bacamo pošto mogu da se koriste samo jednom. Peremo ostatke gela sa kože. Takođe na koži mogu da ostanu tragovi elektroda koji će nestati nakon par sati.

**KRAJ ZAPISIVANJA**

## IV. DATA ANALYSIS

1. Uđite u **Review Saved Data** opciju.

- Primititi označavanje kanala podataka (CH):

Channel	Displays
CH40	Horizontal
CH 41	Vertical

- Primititi podešavanja za razna merenja:

Channel	Measurement
SC	Delta T
CH 40	P-P
CH 41	P-P

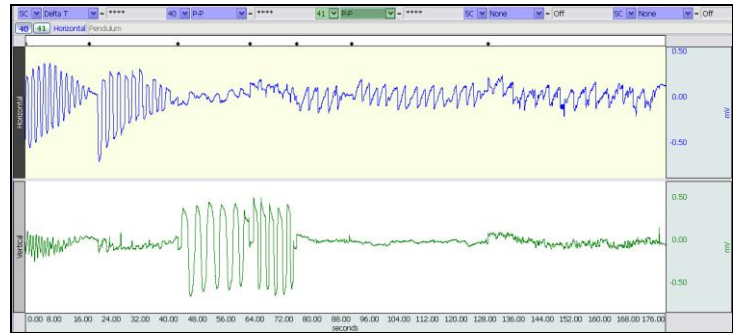
2. Podestiti displej za optimalno posmatranje "Praćenja klatna" podataka.

3. Selektovati vreme prvog ciklusa. Izmeriti Delta T (period) i P-P. Ponoviti za svaki uspešan ciklus.

### Detaljno objašnjenje analize podataka

Ako ulazimo u **Review Saved Data** opciju iz Startup dialoga moramo da se uverimo da smo izabrali pravi fajl.

Primer:



Slika. 2.14 Primer podataka

Polja sa merenjima se nalaze iznad markiranog regiona u prozoru. Svako merenje ima tri odeljka: broj kanala, tip merenja i rezultat. Prva dva odeljka su padajući meniji koji se aktiviraju klikom na njih.

**SC** je selektovani kanal; onaj sa zacrtnenom oznakom kanala. Kanali se selektuju klikom na channel selection polje.

**Kratke definicije merenja:** **Delta T:** Prikazuje ukupno vreme u selektovanoj oblasti. **P-P (pik-pik):** Oduzima minimalnu od maksimalne vrednosti u selektovanoj oblasti

Selektovana oblast je oblast koja se selektuje pomoću I markera.

**Note:** Marker  se pojavljuje na početku svakog

**Koristan alat za promenu pregleda:**

**Display menu:** Autoscale Horizontal, Autoscale Waveforms, Zoom Back, Zoom Forward

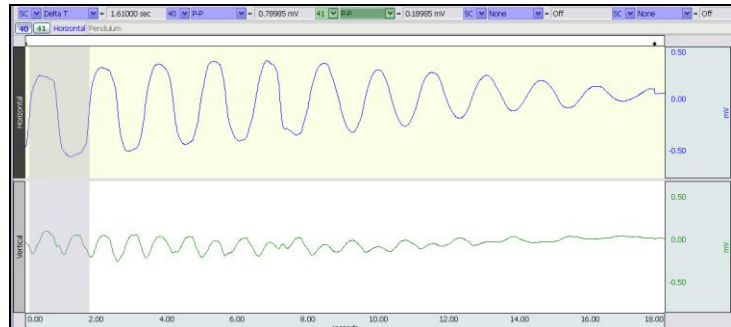
**Scroll Bars:** Time (Horizontal); Amplitude (Vertical)

**Cursor Tools:** Zoom Tool

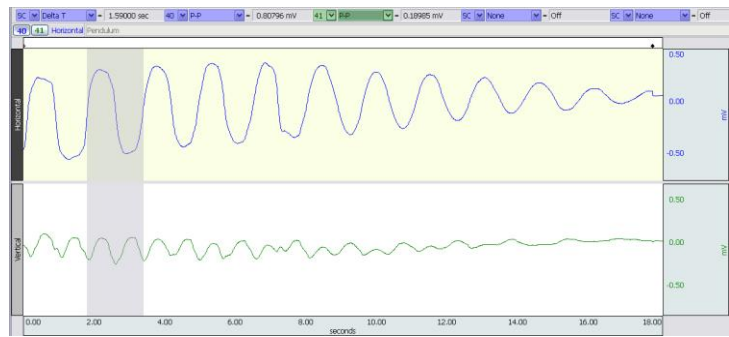
**Buttons:** Overlap, Split, Show Grid, Hide Grid, -, +

**Hide/Show Channel:** "Alt + click" (Windows) or "Option + click" (Mac) the channel number box to toggle channel display.

Na početku prvog ciklusa oči su bile postavljene pravo ispred i podaci su bili aproksimativno centrirani između maksimalne i minimalne vrednosti.



Slika. 2.15 Selektovanje prvog horizontalnog ciklusa



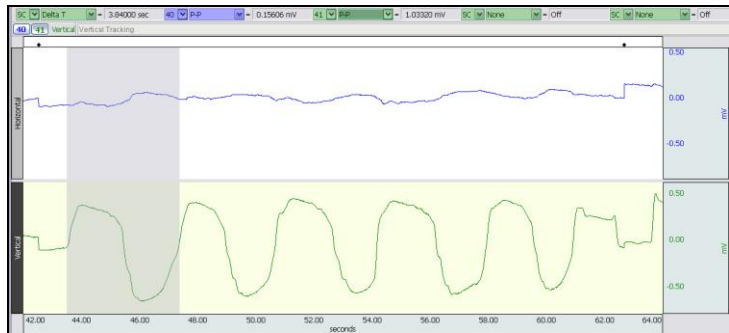
Slika. 2.16 Selektovanje drugog horizontalnog ciklusa

4. Skrolujte do podataka za **“Simulirano klatno”** i započnite merenje za svaki uspešan ciklus kao što je već navedeno u koraku 3.
5. Skrolujte do podataka za **“Vertikalno praćenje”**



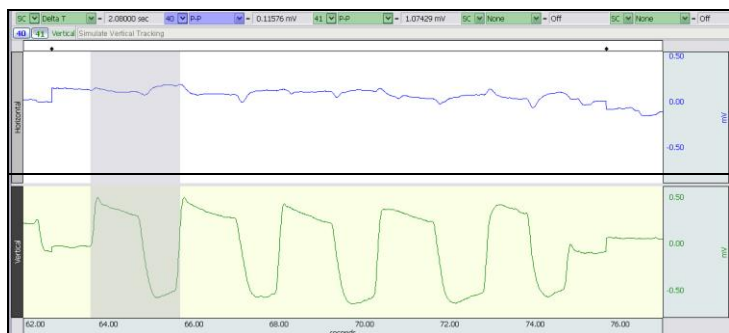
Slika. 2.17 Selektovanje prvog horizontalnog ciklusa

6. Za vertikalna merenja takođe merimo Delta T i P-P vrednosti za svaki uspešan ciklus.



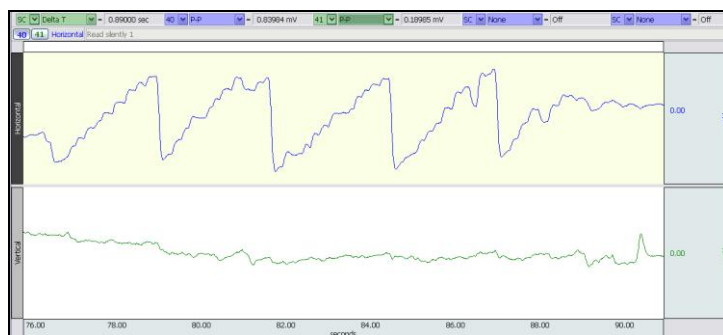
Slika. 2.18 Selektovanje drugog horizontalnog ciklusa

7. Skrolujte do podataka za **“simulirano vertikalno praćenje”** i ponovite postupak kao i za prošla merenja



Slika. 2.19 Selektovanje prvog vertikalnog ciklusa

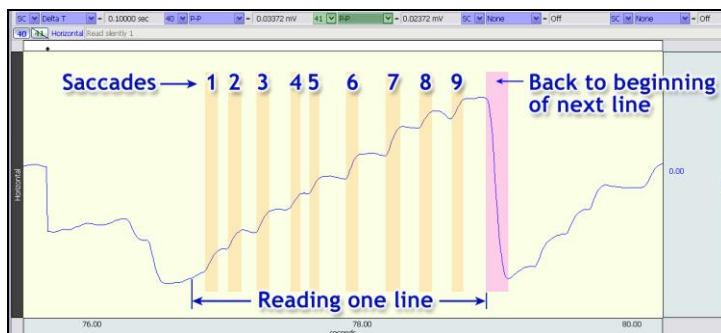
8. Podesiti displej za optimalnu obradu podataka "Čitanje u sebi 1"



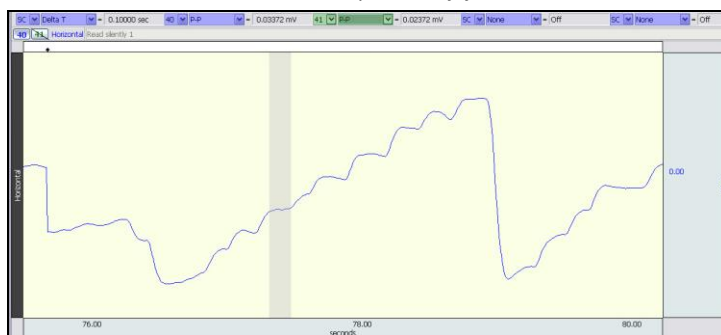
Slika. 2.20 Primer podataka – čitanje u sebi

9. Izmeriti broj reči u prvog i drugoj liniji svakog pasusa.
10. Zumirati podatke izmerene tokom čitanja prvog reda..
11. Izbrojati broj sakadičnih pokreta prilikom čitanja prvog pasusa.
12. Izmeriti interval Delta T između svih sakadičnih pokreta.
13. Skrolujte na podatke dobijene čitanjem drugog reda i ponovite merenja Steps 11 and 12.

U predstojećim primerima, Vertikalni kanal je sakriven pošto su sva merenja napravljena u horizontali  
Podaci za čitanje svake linije bi trebalo lako prepoznati pošto postoji velika promena položaja očiju na početku čitanja sledećeg reda.  
Sakadički pokreti predstavljaju brze prelaze u pozitivnom delu naponskog signala. Vreme između sakada predstavlja vreme koje ispitanik posmatra jednu reč.



Slika. 2.21 Obeleženi intervali predstavljaju sakadične intervale

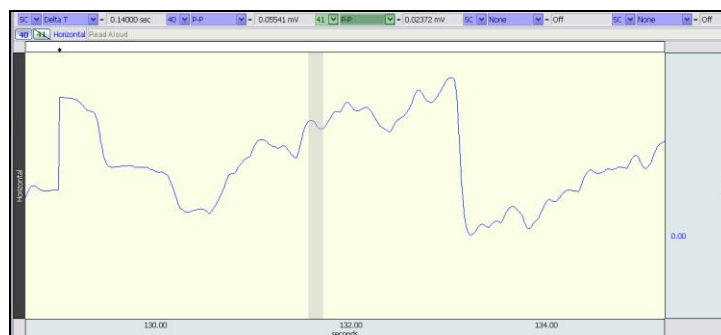


Slika. 2.22 Primer vremena između sakada

Skrolujte do podataka za "Čitanje u sebi 2" i ponoviti sve korake.

Biće teže raspoznati sakadičke pokrete i intervale između sakada pri čitanju naglas jer je pokret očiju mnogo komplikovaniji nego pri čitanju u sebi. Razlog je što pomeranje facijalnih mišića takođe ima ulogu u naponskom signalu. Tako da je jedino potrebno meriti vreme između sakada koje su jasno prepoznatljive.

Skrolujte do podataka za "Čitanje naglas" i ponoviti sve korake.



Slika. 2.23 Primer intervala između sakada

14. Odgovoriti na pitanja
15. Sačuvati ili odštampati podatke.
16. Izaći iz programa.

**KRAJ ANALIZE PODATAKA**

---

**KRAJ LEKCIJE**

### 3. LITERATURA

1. [http://www.tedmontgomery.com/the\\_eye/eom.html](http://www.tedmontgomery.com/the_eye/eom.html)
2. <http://www.pogledbeznaocala.com/>
3. [http://en.wikipedia.org/wiki/Extraocular\\_muscles](http://en.wikipedia.org/wiki/Extraocular_muscles)
4. <http://en.wikipedia.org/wiki/Diplopia>
5. <http://www.intechopen.com/books/medical-imaging-in-clinical-practice/ocular-movement-and-cardiac-rhythm-control-using-ecg-techniques>
6. Slobodanka Stanković, Fizika ljudskog organizma, Univerzitet u Novom Sadu, PMF, 2006, Novi Sad
7. Biopac Student Lab Laboratory Manual, Lessons, 1998-2013 *BIOPAC* Systems, Inc.