

Laboratorinis darbas Nr 4

Signalų sklidimas dendritais ir aksonu

Bendrieji nurodymai

Laboratorinio darbo ataskaitą pateikite raštu. Žodžiu pristatykite sukurtas programas, pademonstruokite jų veikimą, grafinius rezultatus.

1. Tikslai

- 1) Ištirti, kaip signalai sklinda dendritais (pasyvus sklidimas) ir aksonu (aktyvus sklidimas).
- 2) Ištirti, kokias logines operacijas gali atlikti neuronas.

Tirsime realų katės somatosensorinės smegenų žievės 6 sluoksnio piramidinį neuroną (layer 6 cortical pyramidal cell from cat somatosensory cortex)

Naudingos nuorodos:

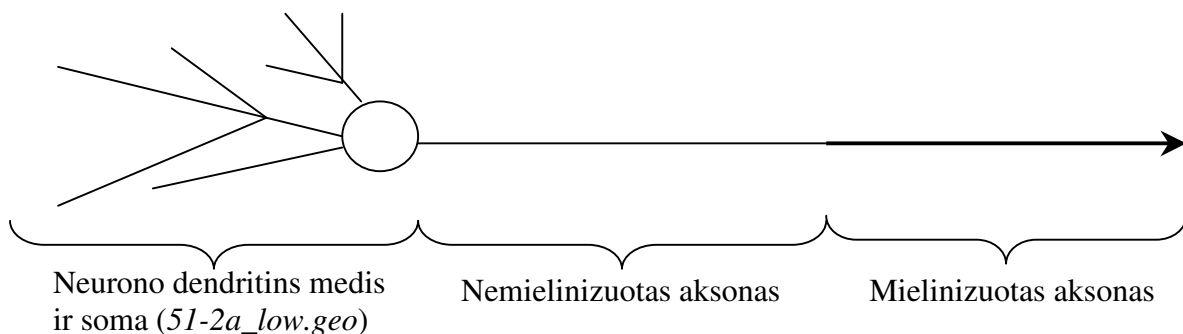
<http://www.neuron.yale.edu/neuron/> - NEURON puslapis

<http://www.neuron.yale.edu/neuron/docs/help/contents.html> - NEURON funkcijų aprašymas

Naudosime failus *labDarbas4.hoc* ir *51-2a_low.geo*.

51-2a_low.geo – aprašo realaus neurono morfologiją.

labDarbas4.hoc - sukuria veikimo potencialus generuojantį neuroną. Šis failas naudoja realaus neurono morfologiją (*51-2a_low.geo*) ir prijungia aksoną, kurį sudaro dvi dalys – mielinizuotas ir nemielinizuotas (su mielino sekcijomis ir Ranvier mazgais). Tai leis palyginti veikimo potencialo sklidimo greičius mielinizuotu ir nemielinizuotu aksonu.



Atidarytus langus, kuriuose braižote įvairias charakteristikas, galite išsaugoti naudodami **File→Save session**. Atsiradusiame meniu viršutinėje eilutėje įrašykite savo sesijos vardą su išplėtimu .ses. Tuomet failo .hoc gale įrašę

xopen("mano_sesija.ses")

ir vykdydami programą, visuomet atversite ir išsaugotus langus.

Panagrinėkite programą *labDarbas4_sklidimas.hoc*.

Neurono topologija :

Komanda `xopen("51-2a_low.geo")` pakrauna neurono morfologijos failą – pažiūrėkite, kaip aprašoma realios ląstelės struktūra.

Pažiūrėkite, kaip atrodo neuronas naudodami **Graph→Shape plot**. Dešiniuoju pelės klavišu atvėrę papildomą meniu ir pasirinkę **Shape Style→Show Diam**, matysite sekcijas pagal jų diametrą.

Sekcijų vardai:

Neurono sekciją patogu tyrinėti naudojantis grafiniu meniu

Tools→DistributedMechanisms→Viewers→ShapeName. Šis meniu raudonai pažymi išrinktą sekciją bei parodo jos vardą. Vaizdą galite padidinti ir paslinkti (komandos **Zoom in/out**, **Translate** kontekstiniame meniu). Neurono topologiją taip pat galite pažiūrėti komanda *topology()*, įvedę ją komandiniame lange. Pasirinkite dendritus, nedaug nutolusios nuo somos.

Veikimo potencialo generavimui svarbūs jonų kanalai:

Į aksoną įterpiami aktyvūs jonų kanalai *hh*, kurie generuoja veikimo potencialą:

```
axon insert hh
```

Tai Hodgkin-Huxley kanalai, kurių parametrai:

- *gnabar_hh* – maksimalus specifinis Na kanalų laidumas [0.120 S/cm^2]
- *gkbar_hh* – maksimalus specifinis K kanalų laidumas [0.036 S/cm^2]
- *gl_hh* - maksimalus specifinis nuotėkio laidumas [0.0003 S/cm^2]
- *ena* - reversinis Na kanalų potencialas [50 mV] (pagal nutylėjimą, jei nenurodoma)
- *ek* - reversinis K kanalų potencialas [-77 mV] (pagal nutylėjimą, jei nenurodoma)
- *el_hh* - reversinis nuotėkio srovių potencialas [-70.0 mV]

Į dendritus įterpiami pasyvūs jonų kanalai *pas*.

Mielinizuotas ir nemielinizuotas aksonai:

Nemielinizuotas aksonas – viena sekciija; ilgis $1000 \mu\text{m}$.

```
axon.L=1000
```

Mielinizuotas aksonas – sudarytas iš 10 sekcijų mielinizuotų sekcijų *myelin* ir 10 Ranvier mazgų *node*.

Mielino sekcijos turi pasyvius jonų kanalus (*insert pas*), Ranvier mazgai – aktyvius jonų kanalus (*insert hh*).

Kiekvienos mielino sekcijos ilgis $100 \mu\text{m}$., Ranvier mazgo – $0.5 \mu\text{m}$.

```
myelin[i].L=100 // i -tosios mielino sekcijos ilgis L yra 100 μm
node[i].L=0.5 // i-tojo Ranvier mazgo sekcijos ilgis L 0.5 μm
```

Mielino sekcijų specifinis laidumas mažas, specifinė talpa maža lyginant su dendritų ir somos parametrais.

```
myelin[i].g_pas=5e-6
myelin[i].cm=0.005
```

Somos parametrai:

```
soma.g_pas=0.001
soma.cm=1
```

1 užduotis. Išanalizuokite pasyvų membranos potencialo sklidimą.

Srovės šaltinis yra vieno iš ilgiausių dendritų *dend5[29]* viduryje:

Srovės amplitudė 0.5 nA, stimulo trukmė 4ms.

```
//Current source in dendrite dend5[29]
objref stim
dend5[29] stim=new IClamp(0.5)
stim.amp=0.5//nA
stim.del=10 //ms
stim.dur=4 //ms
```

Atlikite eksperimentą ir pažiūrėkite, kaip kinta membranos potencialas laike: išanalizuokite grafikus dendrito *dend5[29]*_viduryje, toliau nuo vidurio link somos ir somoje - dendrito koordinatėse *dend5[29].v(0.1)*, *dend5[29].v(0.5)* ir *dend5[29].v(0.9)*, somoje *soma.v(0.5)*.

Aprašykite, kokius stebite skirtumus/panašumus dendrito viduryje ir jo gale bei somoje. Kodėl gaunate tokius rezultatus?

2 užduotis. Išanalizuokite aktyvų membranos potencialo sklidimą.

Srovės šaltinį perkeltkite į somą. Srovės amplitudė 1 nA.

```
//Current source in soma
objref stim
soma stim=new IClamp(0.5)
stim.amp=1//nA
stim.del=10 //ms
stim.dur=4 //ms
```

Ar generuojamas veikimo potencialas? Palaipsniui didinkite srovės impulso amplitudę, kol bus sugeneruojamas veikimo potencialas. Koks yra veikimo potencialo generavimo įtampos slenkstis? (tai geriausiai matyti, kai veikimo potencialas dar nėra generuojamas)

Išanalizuokite veikimo potencialo formą nemielinizuoto aksono sekcijos *axon* pradžioje, viduryje ir gale - aksono koordinatėse *axon.v(0.1)*, *axon.v(0.5)* ir *axon.v(0.9)*. Ar kinta jo amplitudė ir forma? Kodėl? Koks yra veikimo potencialo sklidimo greitis nemielinizuotu aksonu? Aksono ilgis 1000 μm .

3 užduotis. Išanalizuokite veikimo potencialo formą mielinizuoto aksono Ranvier mazguose *node[0].v(0.5)* ir *node[9].v(0.5)*. Ar kinta jo amplitudė ir forma? Kodėl? Koks yra veikimo potencialo sklidimo greitis mielinizuotu aksonu? Aksono ilgis 1005 μm . Palyginkite gautąsias dvi greičio vertes.

4 užduotis. Užblokuokite Na^+ kanalus: šiuos kanalus blokuoja cheminė medžiaga tetradoksinas.

Nustatykite Na^+ kanalų laidumą lygų nuliui:

```
gnabar_hh=0
```

Ar nustatėte, pasitikrinkite komandomis:

```
access axon
psection()
```

Ar dabar generuojamas veikimo potencialas?