**LIETUVOS SVEIKATOS MOKSLŲ UNIVERSITETAS**

PATVIRTINTA
Kauno medicinos universiteto
Senato 2004 m. gruodžio 17 d.
Nutarimu Nr. 3-11

ATNAUJINTA
2026 m. rugsėjo 1 d.

# LĄSTELIŲ TARPUSAVIO SĄVEIKA

DOKTORANTŪROS STUDIJŲ DALYKO PROGRAMA

Dalyko programos koordinatorius:

NI Biochemijos laboratorijos vr. m. d., doc. dr. Julius Liobikas
padalinio pavadinimas, vadovo pareigos, pedagoginis vardas, mokslo laipsnis, vardas, pavardė, parašas

Padaliniai, dalyvaujantys dalyko programoje:

1. NI Biochemijos laboratorija, prof. dr. Vilmantė Borutaitė
padalinio pavadinimas, vadovo pedagoginis vardas, mokslo laipsnis, vardas, pavardė parašas

2. NI Molekulinės neurobiologijos laboratorija, dr. Paulina Vaitkienė
padalinio pavadinimas, vadovo mokslo laipsnis, vardas, pavardė parašas

3. NI Neurofiziologijos laboratorija, dr. Gytis Svirskis
padalinio pavadinimas, vadovo mokslo laipsnis, vardas, pavardė parašas

Kaunas, 2026

**Dalyko programos duomenys**

| | |
|---|---|
| Mokslų sritis | Gamtos mokslai (N 000),<br>Medicinos ir sveikatos mokslai (M 000) |
| Mokslo kryptis (kodas) | Biologija – N 010, biofizika – N 011,<br>medicina M – 001 |
| Dalyko pavadinimas | Ląstelių tarpusavio sąveika |
| Programos apimtis | 160 val. (6 ECTS) |
| Paskaitos | 60 val. |
| Seminarai | 16 val. |
| Savarankiškas darbas | 84 val. |

**Dalyko programos rengimo grupė**

| Eil. Nr. | Pedagoginis vardas, vardas, pavardė | Pareigos | Telefonas (darbo) | Elektroninio pašto adresas |
|---|---|---|---|---|
| 1. | dr. Paulina Vaitkienė | vyr. m. d. | +37037302967 | Paulina.Vaitkiene@lsmu.lt |
| 2. | doc. dr. Julius Liobikas | vr. .m. d. | +37037302968 | Julius.Liobikas@lsmu.lt |
| 2. | dr. Gytis Svirskis | vr. m. d. | +37037302958 | Gytis.Svirskis@lsmu.lt |

**Dalyko programos aprašas:**

Dalyko programos poreikis. Normalus organizmo funkcionavimas reikalauja tikslios atskirų komponentų tarpusavio sąveikos. Daugialąsčiame organizme tai atliekama ląstelių tarpusavio ryšio ir tarpląstelinės signalizacijos sistemomis. Šių sistemų išsiderinimas sutrikdo normalią organizmo veiklą ir galiausiai pasireiškia įvairiais biocheminiais, morfologiniais bei funkciniais pakitimais, kurie gali tapti daugelio ligų priežastimi. Todėl manome, kad ląstelių tarpusavio sąveikos mechanizmų žinios gali būti naudingos doktorantams, tiek besigilinantiems į normalaus organizmo funkcionavimą, tiek ir tiriantiems įvairių patologijų kilmę bei mechanizmus.

Studijų programa sudaryta iš trijų dalių:

1 dalis. Ląstelių sąveikos biologiniai pagrindai.
2 dalis. Tyrimo metodai.
3 dalis. Nervinių ląstelių signalo perdavimo mechanizmai.

I dalis. **LĄSTELIŲ SĄVEIKOS BIOLOGINIAI PAGRINDAI**

(Atsakinga dr. P. Vaitkienė)

Tikslai. Daugialąsčiame organizme ląstelės turi koordinuoti savo elgseną, priklausomai nuo intraląstelinės ir ekstraląstelinės aplinkos. Tuo tikslu evoliucijoje išsidirbo signaliniai mechanizmai, įgalinantys ląsteles bendrauti viena su kita ir koordinuoti savo elgseną organizmo, kaip visumos, naudai. Tokios „socialinės kontrolės“ svarbą parodo vėžiniai procesai, kuriuose ląstelės dalijasi tada, kai neprivalo dalintis ir užima vietą, kurios neprivalo užimti. Daugumoje atveju, tai priveda prie daugialąsčio organizmo žūties.

Uždaviniai. Suprasti ląstelių veiklos principus daugialąsčiame organizme, išsiaiškinti ląstelių bendravimo molekulinius mechanizmus.

Apimtis: 40 valandų, iš kurių 16 val. paskaitų, 4 val. seminarų ir 20 val. savarankiško darbo.

TEORINĖ DALIS

| Eil. Nr. | Paskaitos pavadinimas | Trukmė | Dėstytojas |
|---|---|---|---|
| 1. | Bendri ląstelių signalizacijos principai. | 2 val. | P. Vaitkienė |
| 2. | Su G-baltymais susietų receptorių ir antrinių pernešėjų sistemos. | 2 val. | P. Vaitkienė |
| 3. | Signalizacija per receptorius, susietus su fermentais. | 2 val. | P. Vaitkienė |
| 4. | Ras baltymai sudaro svarbiausią ryšį signalinėse kaskadose. | 2 val. | P. Vaitkienė |
| 5. | Signalinių kelių integracija, grįžtamieji ryšiai ir ląstelės adaptacija. | 2 val. | P. Vaitkienė |
| 6. | Intraląstelinės signalizacijos logika | 2 val. | P. Vaitkienė |
| 7. | Tarpląstelinis informacijos perdavimas užląstelinėmis pūslelėmis ir nekoduojančiomis RNR. | 2 val. | P. Vaitkienė |
| 8. | Vienos ląstelės ir erdvinė transkriptomika ląstelių sąveikų tyrimuose. | 2 val. | P. Vaitkienė |

TEORINĖ-PRAKTINĖ DALIS

| Eil. Nr. | Seminaro temos pavadinimas | Trukmė | Dėstytojas |
|---|---|---|---|
| 1. | Pasirinkti konkretų vėžio onkogeną (pvz., KRAS G12C) ir parengti bei pristatyti terapinės strategijos (taikinių schemos) projektą, apeinantį ląstelės adaptacinius mechanizmus. | 2 val. | P. Vaitkienė |
| 2. | Tarp-ląstelinės komunikacijos tinklų modeliavimas ir analizė naudojant kuriamąjį bei struktūrinį dirbtinį intelektą. | 2 val. | P. Vaitkienė |

SAVARANKIŠKAS DARBAS

1. Ekstraląstelinės ir intraląstelinės signalinės molekulės.
2. Paviršinių receptorinių baltymų tipai.
3. Intraląstelinės signalizacinės kaskados.
4. G-baltymo struktūra ir savybės.
5. Antriniai pranešėjai.
6. Su fermentais susietų receptorių struktūra ir veikimas.
7. Ras baltymu medijuojama signalizacija į branduolį.
8. Signalizacijos sutrikimų ryšys su vėžiniais procesais.
9. Tikslinės ląstelės adaptacijos būdai.
10. Užląstelinių pūslelių tipai ir jų turinys.
11. Nekoduojančių RNR tipai ir jų dalyvavimas ląstelių komunikacijoje.
12. Vienos ląstelės ir erdvinės sekoskaitos taikymas signalizacijos tyrimuose.
13. Dirbtinio intelekto metodai biologinių tinklų analizei.

II dalis. **TYRIMO METODAI**

(Atsakingas doc. dr. J. Liobikas)

Tikslai. Tarpląsteliniai ryšiai atsakingi už daugelio organizmo pagrindinių funkcijų atlikimą. Tarpląstelinius ryšius realizuoja specialūs baltymai – koneksinai – esantys ląstelės membranoje ir išsidėstydami šešiakampėje struktūroje formuojantys kanalus, kuriais gali tarp ląstelių keliauti gana didelės molekulės ar jonai (iki kelių šimtų kD molekulinio svorio). Šiuo metu jau žinoma 21 koneksinų šeima. Šių baltymų struktūros bei savybių įvairovė leidžia sudaryti labai įvairiomis savybėmis pasižyminčius tarpląstelinius ryšius ir užtikrinti labai įvairias organizmo funkcijas. Intensyvūs fundamentalūs tarpląstelinių ryšių tyrimai atliekami pastaruosius 20 metų. Šių tyrimų rezultatai atskleidė daugelio susirgimų priežastis bei leido sukurti ypatingai efektyvius gydymo metodus. Todėl biomedicinos mokslų krypties doktorantams yra būtina susipažinti su šių tyrimų metodais ir pagrindiniais tyrimų rezultatais.

Uždaviniai. Supažindinti biomedicinos mokslų krypties doktorantus su tarpląstelinio ryšio kanalų sandara, pagrindinėmis savybėmis. Supažindinti su pagrindiniais tarpląstelinio ryšio tyrimo metodais, praktiškai atlikti užregistruotų signalų pavyzdžių įvertinimą bei kai kurių parametrų matavimus.

Apimtis: 40 valandų, iš kurių 16 val. paskaitų, 6 val. pratybų ir 18 val. savarankiško darbo.

TEORINĖ DALIS

| Eil. Nr. | Paskaitos pavadinimas | Trukmė | **Dėstytojas** |
|---|---|---|---|
| 1. | Tarpląstelinio ryšio kanalai (Gap Junctions), apžvalga | 4 val. | J. Liobikas |
| 2. | Tarpląstelinio ryšio tyrimo metodai: | | |
| 2.1 | Elektrinio tarpląstelinio ryšio tyrimai | 4 val. | J. Liobikas |
| 2.2 | Molekulių difuzijos tyrimai (dažų difuzija) | 4 val. | J. Liobikas |
| 2.3 | Tarpląstelinių kontaktų tyrimas elektroniniu mikroskopu | 4 val. | J. Liobikas |

TEORINĖ-PRAKTINĖ DALIS

| Eil. Nr. | Seminaro temos pavadinimas | Trukmė | Dėstytojas |
|---|---|---|---|
| 1. | Tarpląstelinio ryšio tyrimo metodai: | | |
| 1.1 | Elektrinio tarpląstelinio ryšio tyrimai | 2 val. | J. Liobikas |
| 1.2 | Molekulių difuzijos tyrimai (dažų difuzija) | 2 val. | J. Liobikas |
| 1.3 | Tarpląstelinių kontaktų tyrimas elektroniniu mikroskopu | 2 val. | J. Liobikas |

SAVARANKIŠKAS DARBAS

1. Tarpląstelinio ryšio tyrimo metodai:
1.1 Elektrinio tarpląstelinio ryšio tyrimai;
1.2 Molekulių difuzijos tyrimai (dažų difuzija);
1.3 Tarpląstelinių kontaktų tyrimas elektroniniu mikroskopu
2. Specialūs signalų apdorojimo metodai, populiarios programos.
3. Imunohistocheminis tarpląstelinio ryšio kanalų žymėjimas ir jų tyrimai.
4. Galimi tarpląstelinio ryšio sutrikimai bei jų sąlygotos ligos.

III dalis. **NERVINIŲ LĄSTELIŲ SIGNALŲ PERDAVIMO MECHANIZMAI**

(Atsakingas dr. G. Svirskis)

Tikslas. Smegenys kaip organas pasižymi išskirtine ląstelių tipų ir funkcijų įvairove. Ši įvairovė leidžia apibendrinti molekulinių mechanizmų gyvuose organizmuose svarbą funkcijoje ir patalogijoje.

Uždaviniai. Supažindinti doktorantus su molekuliniais nervinių ląstelių veiklos mechanizmais, kurie leidžia specifiškai keisti nervinių ląstelių elektrines savybes ir įgalina nervines ląsteles atlikti informacijos apdorojimo, perdavimo ir kaupimo funkciją. Parodyti, kaip molekulinių mechanizmų sutrikimai veda prie funkcinių sutrikimų ir ligų.

Apimtis: 80 valandų, iš kurių 28 val. paskaitų, 6 val. seminarų ir 46 val. savarankiškų studijų.

TEORINĖ DALIS

| Eil. Nr. | Paskaitos pavadinimas | Trukmė | Dėstytojas |
|---|---|---|---|
| 1. | *Nervinių ląstelių funkcijos ypatumai*. Nervinių ląstelių struktūra. Signalo perdavimo tipai smegenyse. Baltymų ekspresija ir transportas. | 2 val. | G. Svirskis |
| 2. | *Elektrinio signalo perdavimas neurone.* Nernsto potencialas. Joninių koncentracijos gradientų palaikymas. Membraninės srovės. Joniniai kanalai. Pralaidumo lygtis. Signalo tipai. Veikimo potencialas aksone. Dendritinis signalo gesimas. | 2 val. | G. Svirskis |
| 3. | *Elektrinio signalo perdavimas neurone.* Joniniai kanalai kaip membranos proteinai. Tyrimo metodai. Klonavimas. Kanalų struktūra. Ryšys tarp struktūros ir funkcijos. Joninis selektyvumas. Kanalų aktyvacija ir inaktyvacija. | 2 val. | G. Svirskis |
| 4. | *Elektrinio signalo perdavimas neurone.* Nuo potencialo priklausančių joninių kanalų įvairovė ir savybės. Natriniai kanalai. Kalciniai kanalai. Kaliniai kanalai. Spaiko generavimas. | 2 val. | G. Svirskis |
| 5. | *Elektrinio signalo perdavimas neurone.* Skirtingi spaikiavimo tipai neuronuose. Klausos neurono fazinis spaikiavimas. Gumburio neurono atsakas pliūpsniais. Purkinje ląstelės pliūpsninis atsakas. Piramidinės žievės ląstelės dendritinis spaikas. Nugaros smegenų motoneurono bistabilumas. | 2 val. | G. Svirskis |
| 6. | *Tarpneuroninis signalo perdavimas.* Plyšynės ir cheminės jungtys. Molekuliniai neurosekrecijos mechanizmai. | 2 val. | G. Svirskis |
| 7. | *Tarpneuroninis signalo perdavimas.* Neurotransmitteriai ir neurohormonai. Tiesiogiai aktyvuojami sinapsiniai receptoriai. Glutamato, GABA, acetilcholino receptorių įvairovė. | 2 val. | G. Svirskis |
| 8. | *Tarpneuroninis signalo perdavimas.* Receptoriai ir transdukcijos mechanizmai. Netiesioginio poveikio receptoriai. G proteinai. Fosforilinimas. Antriniai mesendžeriai: kalcis, cAMP, cGMP. | 2 val. | G. Svirskis |
| 9. | *Tarpneuroninis signalo perdavimas.* Receptorai ir transdukcijos mechanizmai. Antriniai mesendžeriai: IP3, NO, CO. Neuronų savybių moduliacijos pavyzdžiai. Motoneuronas, žievės piramidinis neuronas. | 2 val. | G. Svirskis |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10. | *Tarpneuroninis signalo perdavimas.* Sensorinio signalo transdukcija. Mechanoreceptoriai, fotoreceptoriai, chemoreceptoriai. | 2 val. | G. Svirskis |
| 11. | *Tarpneuroninis signalo perdavimas.* Smegenų funkcijos sutrikimų molekuliniai mechanizmai. Epilepsija, Parkinsonizmas, šizofrenija. | 2 val. | G. Svirskis |
| 12. | *Tarpneuroninis signalo perdavimas.* Smegenų funkcijos sutrikimų molekuliniai mechanizmai. Alzhaimerio liga, depresija, narkomanija. | 2 val. | G. Svirskis |
| 13. | *Neuronų vystymasis ir plastiškumas.* Neurono augimas. Trofiniai faktoriai. Aksono kelio formavimas. Sinapsių susidarymas. Membranos sulipimo molekulės. | 2 val. | G. Svirskis |
| 14. | *Neuronų vystymasis ir plastiškumas.* Cheminių sinapsių plastiškumas. Atmintis. Sinapsinio ryšio fasilitacijos ir depresijos mechanizmai. | 2 val. | G. Svirskis |

TEORINĖ-PRAKTINĖ DALIS

| Eil. Nr. | Seminaro temos pavadinimas | Trukmė | Dėstytojas |
|---|---|---|---|
| 1. | Bendros potencialui jautrių membraninių kanalų struktūros savybės | 1 val. | G. Svirskis |
| 2. | Joninės srovės įtakojančios piramidinių neuronų spaikiavimo savybes | 1 val. | G. Svirskis |
| 3. | Motorinių nugaros smegenų neuronų moduliacijos mechanizmai | 1 val. | G. Svirskis |
| 4. | Molekuliniai Alzhaimerio ligos mechanizmai | 1 val. | G. Svirskis |
| 5. | Molekuliniai depresijos mechanizmai | 1 val. | G. Svirskis |
| 6. | Molekuliniai narkomanijos mechanizmai | 1 val. | G. Svirskis |

SAVARANKIŠKAS DARBAS

1. Baltymų ekspresija ir transportas.
2. Veikimo potencialas aksone. Dendritinis potencialo gesimas.
3. Ryšys tarp kanalo struktūros ir funkcijos. Kanalų aktyvacija ir inaktyvacija.
4. Plyšinės ir cheminės jungtys.
5. Glutamato, GABA, acetilcholino receptorių savybės ir įvairovė.
6. Antriniai pranešėjai: NO, CO, kalcis, cAMP, cGMP, IP3.
7. Mechanoreceptoriai, fotoreceptoriai, chemoreceptoriai.
8. Atmintis. Sinaptinio ryšio ilgalaikės facilitacijos ir depresijos mechanizmai.

Priedas Nr. 1

**Rekomenduojama literatūra**

| Eil. Nr. | Leidinio pavadinimas | Leidinio autorius | Leidimo metai ir leidykla |
|---|---|---|---|
| 1 | Molecular Biology of the Cell | B. Alberts ir k.t | New York: W.W. Norton and Company, 2022 |
| 2. | Cell Biology | T.D.Pollard, W.C.Earnshaw | Saunders, 2002 |
| 3. | Life. The Science of Biology | W.K.Purves, G.H.Orians, H.C.Heller, D.Sadava | W. H. Freeman, 2012 |
| 4. | Single-channel recording | Ed. B. Sakmann and E. Neher | Plenum Press, New York and London, 2009. |
| 5. | Patch-clamp applications and protocols | Ed.A.A.Boulton, G.B.Baker W.Walz. | Humana Press, Neuromethods Ser, v.26. 1995 |
| 6. | Ionic Channels of Excitable Membranes | B.Hille | Sinauer Ass; 2001. |
| 7. | Handbook of Medical Informatics | J.H.van Bemmel (ed) M.A. Musen | Springrer-Verlag, 2002. (http://www.mieur.nl/mihandbook) (http://mihandbook.stanford.edu) |
| 8. | Fundamental neuroscience | L. Squire, D. Berg | Academic Press. 2012 |
| 9. | Basic Neurochemistry | S.T. Brady, G.J. Siegel | Academic Press. 2012 |
| 10. | Žmogaus fiziologija | Sud. E.Kevelaitis, M.Illert, H.Hultborn | Kauno medicinos universiteto leidykla 2006 |
| 11. | Computational non-coding RNA biology | Zheng Yun | London, United Kingdom: Academic Press, an imprint of Elsevier; 2019 |
| 12. | The landscape of cell–cell communication through single-cell transcriptomics | Axel A Almet, Zixuan Cang , Suoqin Jin, Qing Nie | England: Elsevier Ltd , 2021 |
| 13. | Artificial intelligence in bioinformatics : from omics analysis to deep learning and network mining | Mario Cannataro; Pietro Hiram Guzzi | Amsterdam, Netherlands; London, England: Elsevier; 2022 |

Priedas Nr. 2

Numatomų dėstytojų sąrašas:

1. Dalyko programoje dėstysiantys profesoriai arba vyriausieji mokslo darbuotojai:
    1. dr. Paulina Vaitkienė
2. Dalyko programoje dėstysiantys docentai ar vyresnieji mokslo darbuotojai:
    1. dr. Gytis Svirskis
    2. doc. dr. Julius Liobikas