

Äädikakärbse tiib aitab ravida inimesi

Tartu ülikooli arengubioloogia professori **Osamu Shimmiga** vestelnud **Tambet Tõnissoo**

Oled pärit Jaapanist, tõusva päikesemaalt, mis on Eestist linnulennult ligi 8000 kilomeetri kaugusel. Kas oled üles kasvanud maal või linnas?

Minu kodulinn, kus üles kasvasin, on Miyazaki. Miyazaki prefektuur paikneb Kyūshū saarel, mis on üks neljast lõunapoolsest Jaapani peasaarest. Seal elab veidi üle miljoni inimese, seega ümmarguselt niisama palju kui Eestis. Ilm on Miyazakis aasta läbi pigem leebe ja temperatuur langeb vaevu alla nulli isegi talvel. Seetõttu on Miyasaki menukas sportlaste seas, seal peetakse kevadisi treeninglaagreid. Võrreldes suurte linnadega, nagu Jaapani pealinn Tōkyō, on Miyasakis õnneks ka palju loodust säilinud.

Kas lapsepõlves oli mingi ajend, mis kallutas su huvi teaduse poole?


Lapsepõlves olin väga vaimustunud lihasööjatest taimedest, nagu kärbsepüünis ja huulhein. Minu isa oli innukas bonsaimeister. Bonsai on ommoodi Jaapani kunst, kus spetsiaalses pottides kasvatatakse väikesi puid, mis jäljendavad kaunite täissuuruses puude kuju. Isa tegi mulle kasvuhooone, kus kasvasin oma taimi. Mul oli tohutu loomtoiduliste taimede kogu, mis mu uudishimu bioloogia vastu kasvatas.

Sa ei jäänud botaanika juurde. Kuidas jõudsid arengubioloogiani?

Pärast keskkooli läksin Tōkyō teadusülikooli ja seejärel doktorioppesse Tsukuba ülikooli, mis asub Tōkyōst umbes tunnise rongisõidu kaugusel.

Doktorantuuris uurisin endotelini, üht väikest peptiidi, mis ahendab veresooni, ja selle biokeemiat.

Seejärel siirdusin järeldoktorantuuri USA-sse Minnesota ülikooli Michael O'Connori laborisse. Seal hakkasingi tegelema arengubioloogiaga, uurides äädikakärbsed. 2005. aastal läksin USA-st Helsingi ülikooli ning hakkasin looma oma teadusrühma. Mullu asusin tööle Tartusse, kus olen nüüd arengubioloogia professor.

 **Mõistsin, et teadlase tööd ei pea kammitsema riigipiirid, võib vabalt nautida elu teadlasena ka välisriikides.**

Mis oli see ajend või ambitsioon, mis kutsus Eestisse?

Keskkooliõpilasena lugesin raamatut ühest Jaapani matemaatikust, kes veetis oma teadlaseelu USA-s. Mõistsin, et teadlase tööd ei pea kammitsema riigipiirid, võib vabalt nautida elu teadlasena ka välisriikides.

Kui mul avanes võimalus töötada USA-s, Soomes ja lõpuks Eestis, siis ma ei kõhelnud ja olin valmis neid uusi võimalusi proovima. Muidugi on vahel raske elada kodumaalt eemal, aga väga inspireeriv on saada uusi ideid ja suuniseid oma tööle.

Eri riikides töötades olen õppinud mõndagi nende ühiskondade kohta. Jaapanis olles arvasin, et elu USA-s ja Euroopas on sarnane. Nüüd saan aru, et elustiil erineb suuresti.

Ajaloo on Tartu ülikooliga seotud nii mõnigi arengubioloogia suurmees, nagu Baer, Rathke ja

Pander*. Kas sul on oma töös ajaloolisi eeskujusid?

Eelkäijate tööd on suur inspiratsiooniallikas. Üks minu pikaajalisi huviseid on olnud teoreetiline bioloogia, seda huvi on ajendanud ka epigeneetika suurmehe Conrad Waddingtoni artiklid. Oma 1952. aasta artiklis „Genetic assimilation of an acquired character“ selgitab Waddington, kuidas keskkonna mõjul omandatud kehatunnused võivad geneetilise assimilatsiooni* käigus kanduda üle genoomi. Selles artiklis on mudelina käsitletud äädikakärbsse tiiva struktuure, mida praegu ka ise uurin.

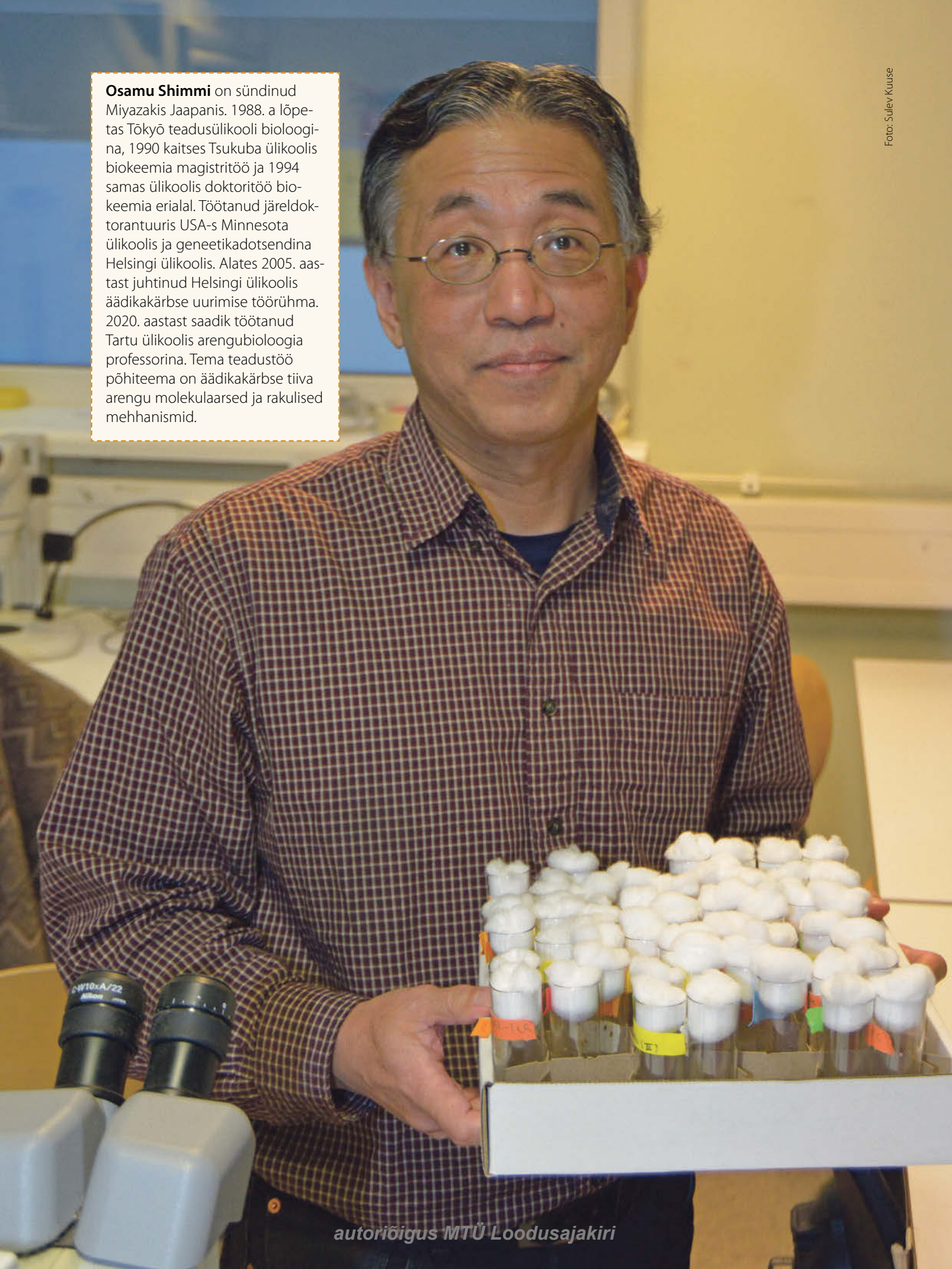
Nüüdisajal on arengubioloogia tihedalt seotud paljude bioloogiaharudega, nagu näiteks molekulaarbioloogia, rakubioloogia, ökoloogia, evolutsioonibioloogia, immunoloogia, mikrobioloogia, geneetika, meditsiiniline embrüoloogia ja teratoloogia. Kuidas arengubioloogia kui teadusharu praegu sellisest kokteilist välja paistab?

Tõepoolest, õige mitu teadusharu on keskendunud arengubioloogilistele protsessidele. Samas, irooniliselt arengubioloogia tähtsust alahinnatakse. Kuna akadeemiline ruum on piiratud, tunnetavad arengubioloogid ohtu teadusharu tulevikule.

Võtame näiteks arengubioloogiaga tihedalt seotud teadusharud, nagu tüvirakkude bioloogia ja evolutsioonibioloogia. Pärast seda, kui professor Shinya Yamanaka* eestvõttel on kasutusele võetud niinimetatud indutseeritud pluripotentsed rakud (iPS-rakud)*, on teadlased üle maailma hakanud innukalt uurima, kuidas kasvatada neist rakkudest laboris niinimetatud organoide*, näiteks ajusarnast kude, südant või muud sel-

Osamu Shimmi on sündinud Miyazakis Jaapanis. 1988. a lõpetas Tōkyō teadusülikooli bioloogina, 1990 kaitses Tsukuba ülikoolis biokeemia magistritöö ja 1994 samas ülikoolis doktoritöö biokeemia erialal. Töötanud järeldoktorantuuris USA-s Minnesota ülikoolis ja geneetikadotsendina Helsingi ülikoolis. Alates 2005. aastast juhtinud Helsingi ülikoolis äädikakärbse uurimise töörühma. 2020. aastast saadik töötanud Tartu ülikoolis arengubioloogia professorina. Tema teadustöö põhiteema on äädikakärbse tiiva arengu molekulaarsed ja rakulised mehhanismid.

Foto: Sulev Kluuse





Äädikakärbse *Drosophila melanogaster* isane (vasakul) ja emane (paremal) isend. Äädikakärbsed on needsamad pisikesed kärbsed, kes ilmuvad sügisel lauale seisma jäänud puuviljadele või moosipurki. Bioloogias on nad laialt kasutusel mudel-süsteemina*, sest neid on kerge laboris pidada ja paljundada ning geneetiliselt muundada

list. See on avanud meditsiinile uusi võimalusi ja tekitanud põhjendatud ootusi ja lootusi. Aga et organoide õnnestuks kasvatada, on vaja head retsepti. See kasvamine – lihtsast rakust kuni kompleksse kolmemõõtmelise elunditaolise struktuurini – kätkeb hulka arengubioloogilisi protsesse. Selleks et eesmärki saavutada, vajame teadmisi arengubioloogiast.

Teine näide on evolutsioon. Varem käsitleti seda pigem arengubioloogiast lahus. Kuid tänapäeval on rajatud uus teadusharu, evolutsiooniline arengubioloogia (*evo-devo*)*. See on andnud silmapaistvaid tulemusi, muu hulgas muutnud meie arusaama loomariigi mitmekesisusest. Kuna oma teadustöös kasutan mudelina* äädikakärbest, paelub mind putukate erakordne mitmekesisus. Arengubioloogia nüüdismeetodite ja tehnika abil saame teada, millised arengu eripärad teevad näiteks äädikakärbses äädikakärbse, kujundavad ta erinema teistest putukatest. Selle põhjal saame selgitada ka elurikkuse mehhanisme.

Tõin vaid paar näidet, ent need viitavad selgelt, kuidas arengubioloogia mängib otsustavat rolli paljudes teistes bioloogiaharudes.

Mis on tänapäeva arengubioloogias kõige aktuaalsem temaatika? Millist läbimurret teaduses võiks lähiaastatel oodata?

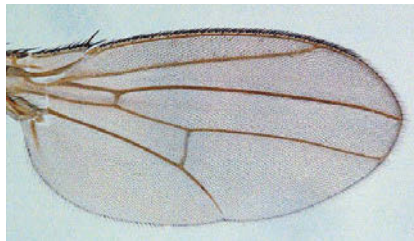


Foto: Osamu Shimmi

Täiskasvanud äädikakärbse tiib on pealtnäha lihtne kahemõõtmeline struktuur, kuid selle arengus on keerukamaid kolmemõõtmelisi etappe

Traditsiooniliselt on arengubioloogia välja kujunenud organismide, elundite ja kudede vaatluste põhjal. Võime kujutleda, kuidas see alguses käis, näiteks Aristotelese ajal. Uudishimu elusolendite ja nende kujunemise vastu on osa inimloomusest, instinktiivne.

Läinud sajandi alguses tekkis uus teadusharu geneetika, mis lisas organismide arengu uurimisse loogikat. Kuid tõeline muutus saabus sajandi lõpu poole, molekulaarbioloogia ajastuga. Arengut hakati uurima molekulide tasemel.

Praegu oleme taas liikumas uude ajastusse, kuna tehnika on täius- tunud: saame uuringutes kasutada ühe-raku-transkriptomikat ja -proteoomikat*, mis annab rohkelt väärtuslikku teavet rakutasandil toimiva kohta. Saame analüüsida, millised geenid rakus parasjagu avalduvad ja milliseid valke seal leidub.

Arengubioloogiaga tegeldes peab arvestama, et elusrakud ja -koed on väga dünaamilised, muutuvad pidevalt. Pärilised keerulised on saada jälile, kuidas elundite ja kudede arengu protsessid ise mõjutavad arengumehhanisme ja kuidas niiviisi mõjutatud mehhanismid omakorda hõlbustavad organite kujunemist – teisisõnu, kuidas toimib niinimetatud mehhanismiline tagasiside*.

Siin aitas kaasa revolutsiooniline pööre tehnoloogias: viimase kümne aasta jooksul on tunduvalt täiustatud valgusmikroskoopia seadmeid. Näiteks on välja arendatud ülilahutusega mikroskoopia*, mis võimaldab vaadelda isegi mõnekümne nanomeetri suurusi objekte, samuti pöörleva ketta mikroskoopia* ja valguskihi mikroskoopia*, millega saab uurida elusaid kudesid.

Veelgi enam, tehnikaid kombineerides on välja töötatud niinimetatud *bio-imaging*, mis võimaldab teadlastel jälgida arenguprotsesside dünaamikat rakust väiksemal, subtsellulaarsel tasemel. Siiski tuleb tõdeda, et tipp-tasemel pilditehnika jaoks sobivaid mudelsüsteeme on endiselt napivõitu. Usun, et tipp-tehnoloogia areng kannustab teadlasi ja lähiaastatel on arengubioloogias oodata mõjukaid muutusi.

Praegu uurite äädikakärbse tiiva arengut. Tiib on lihtsa ehitusega, seda on teaduses mudelina kasutatud juba aastakümneid. Mis on see uuenduslik teema, mis teile tiiva arengu puhul huvi pakub?

Äädikakärbse tiib on tõesti klassikaline mudel ja olnud geneetilistes uurin-gutes kasutusel pikka aega. Tänu sellele on paljud tiiva arengus olulised geenid juba välja selgitatud. Hiljem on leitud, et enamik neid kärbsetiiva geene etendab tähtsat rolli teistegi loomade, sealhulgas inimese arengus. Nii aitab kärbsse tiib mõista arengu- protsesse üldiselt.

Miks mind huvitab just tiib? Kui vaatate täiskasvanud kärbsse tiiba, on see justkui õhuke kile, pealtnäha lihtne kahemõõtmeline struktuur. Ent nukustaadiumis kätkeb tiiva areng



2 x foto: Osamu Shimmi

Äädikakärbse nukk 14 tundi pärast nukkumist ehk vastse üleminekut nukujärku. Külje peal on läbi nukukesta näha arenev tiib. Paremäl fotol on tiivapiirkonnas nukukest eemaldatud

ka suuri kolmemõõtmelisi muutusi. Oleme püüdnud selgitada selliste kolmemõõtmeliste muutuste mehhanismi ja loogikat elundite kujunemisel ehk organogeneesis. Usutavasti on putukatiiva arengul ühiseid mehhanisme teiste loomade elundite arenguga, ühiseid seaduspärasid, kuidas lihtsamatest 2D-kudedest tekitatakse komplekssemad 3D-struktuurid. Kärbsetiib on siingi kasutusel just mudelina, et hankida üldisemaid teadmisi.

Üks põletav teema, millega tegeled, on raku kuju muutumine ja selle mõju kudede kujunemisele ehk morfogeneesile.

Jah, viimasel ajal on avanenud kudede arengu dünaamika selgitamiseks uued tehnilised võimalused. Varem on arenguprotsesse uurides kasutatud fikseeritud, see tähendab surmatud kudedest tehtud pilte. Nõnda on õnnestunud selgitada üksikute geenide rolli: kui lülitame mõne geeni välja, siis kuidas see kajastub koe struktuuris ühel või teisel arenguhetkel. Need uuringud on andnud tohutult teadmisi, mitte ainult arenguprotsesside molekulaarsete mehhanismide kohta, vaid ka inimeste haiguste põhjuste kohta.

Siiski napib teadmisi selle kohta, mil moel geenid mõjutavad koe arengu dünaamikat. Seda on raske selgitada, kasutades klassikalist käsitlust.

Meie katsume seda selgitada nii, et jälgime koe dünaamikat ja geenide avaldumist ehk geeniekspressiooni korraga. Kasutades valgusmikroskoopi

ja fluorestseeruvate valkude, näiteks GFP abi, saame jälgida arenevat elusat äädikakärbse tiiba ajalis-ruumiliselt (nn *live-imaging**).

Kuna on saadaval hulk hõlpsasti geneetiliselt muundatavaid äädikakärbse liine, ongi just nukustaadiumis olev äädikakärbse tiib hea mudel sedalaadi töö jaoks.

Usutavasti on putukatiiva arengul ühiseid mehhanisme teiste loomade elundite arenguga, ühiseid seaduspärasid, kuidas lihtsamatest 2D-kudedest tekitatakse komplekssemad 3D-struktuurid.

Mida oleme põhiliselt avastanud? Oleme saanud palju targemaks selles, kuidas nuku tiiva 3D-struktuuri muutus mõjutab tiiva arengus oluliste signaalmolekulide jaotust väljaspool rakku. See mängib omakorda olulist rolli koe edasisel kujunemisel. Oleme selgitanud näiteks sedagi, mismoodi areneva tiiva rakud tekitavad spetsiifilisi väljakasve, mis aitavad tiiva struktuuri kujundavatel rakkudel omavahel suhelda. Sellised tähelepanekud ei oleks võimalikud ilma *live-imaging*-tehnikata: ilma võimaluseta jälgida mikroskoobi all elusaid arenevaid kudesid.

Kasutad arenguprotsesside jälgimiseks uue põlvkonna nii-öel-

da 5D-mikroskoopiat. Mida see endast kujutab ja millised on selle meetoodika võimalused?

5D-pildistamine hõlmab kolme ruumimõõdet, ajamõõdet ja lainepikkuse mõõdet, vaadeldavad objektid märgistatakse näiteks fluorestseeruvate värvide abil. Hea näide, mida 5D-pildistamine võimaldab, ongi eelmainitud raku väljakasvude visualiseerimine. Neid peenikesi väljakasve on tähele pandud juba varemgi, vaadeldes fikseeritud kudesid. Neid on leitud näiteks looterakkudel, närvirakkudel, vähirakkudel, bakteritel, on uuritud nende osalust näiteks rakkude ainevahetuses ja suhtluses. Ent nende bioloogiline otstarve ja tähtsus on siiani paljuski ebaselge. Kui nende struktuuride kujunemist ja muutumist jälgida elusas koes, siis saab märksa täpsemalt arutleda nende rolli üle.

Seega, 5D-bio-pildistamine avab piltlikult öeldes uksi, piilumaks täiesti uude maailma. Siin on muidugi kaks kriitilist küsimust. Esiteks tuleb valida, milliseid raku osi visualiseerida, kas membraani, tsütoskeletti, tuuma, mitokondreid või midagi muud. Teiseks, mil moel neid rakuosi visualiseerida? Meie kasutame näiteks fluorestseeruvaid GFP-valke, mida saadakse bioluminestseeruvatelt ehk helendavatel meduusidelt.

Otsesemalt või kaudsemalt püütakse teaduslikke teadmisi ikka rakendada inimese heaolu teenistusse. Eesti on olnud esirinnas inimese

genotüpiseerimise projektidega, tuvastamaks geneetilisi haigusrisike. Kas äädikakärbse mudelid oleks hea alternatiiv, millega uurida inimese arenguhäireid, haigusi? Või milline on praktiline väljund, mida võiks arengubioloogilised mudelid pakkuda?

See on väga tähtis küsimus. Käsitlen kahte aspekti. Esiteks, et genotüpiseerimise projekt edaspidigi edeneks, on vaja luua süsteem, kuidas selgitada genotüübi-fenotüübi kaardi* taga peituvaid bioloogilisi mehhanisme. Teame endiselt üsna vähe selle kohta, mil moel ikkagi DNA-järjestuste muutused põhjustavad muutusi fenotüübis. Arvan, et äädikakärbes on üks parimaid mudeleid, mille abil sellele küsimusele vastata.

Teiseks võivad äädikakärbsed toimida hea mudelina, millel katsetada ravimeid. USA teadlaste hiljutises uuringus viidi äädikakärbestesse neljanda staadiumi vähahaigelt saadud vähiga seotud geenide mitmekordsed mutatsioonid, seejärel prooviti kärbestel eri ravimeid. Teadlased valisid selleks katseks targu need ravimid, mille USA toidu- ja ravimiamet oli heaks kiitnud. Selgus, et kahe ravimi kombinatsioonid pärssisid tunduvalt kasvajalaadsete struktuuride teket kärbestes. Seejärel anti neid kahte ravimit sellelesamale vähihai-gele patsiendile ning kasvaja tõepoolest vähenes tunduvalt. Kui luua sujuvalt toimiv süsteem, siis saaks seda laadi uuringuid vähihaigete rutiinseks raviks teha üpris kiiresti, kolme-nelja kuuga.

Nagu näha, töötab äädikakärbse mudel personaalmeditsiini arendamisel päris palju. Ütleksin, et see ei ole inimese geeniuuringutes mitte alternatiivne, vaid pigem lisavõimalus, kuna võimaldab teha seda, mis teiste mudelorganismidega on raske.

Pöörame pilgu tagasi su lapsepõlve poole. Teadupärast on Jaapan edukas oma tipp tehnoloogiliste lahenduste ja reaalteaduste poolest. Kas Jaapani koolisüsteem annab lastele juba varakult selleks tõuke?

Minu õpingute ajal Jaapanis oli põhi-

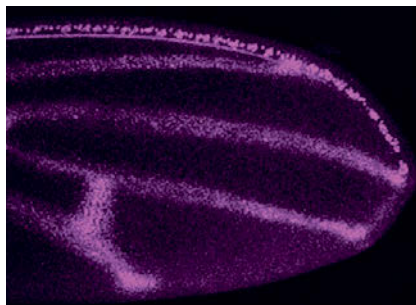


Foto: Jinghua Gui

Smad-nimelise valgu paiknemine äädikakärbse arenevates tiivasoontes üks ööpäev pärast nukkumist. Smad-valk vahendab rakusignaale, aidates reguleerida eri arenguprotsesse, näiteks kasvamist, rakkude diferentseerumist ning kudede ja elundite kujunemist. Et Smad-valku tiivas nähtavaks muuta, on kasutatud helendava märgisega antikehasid, mis tunnevad selle valgu ära ja seonduvad selle külge. Pilt on tehtud konfokaalmikroskoobiaga*

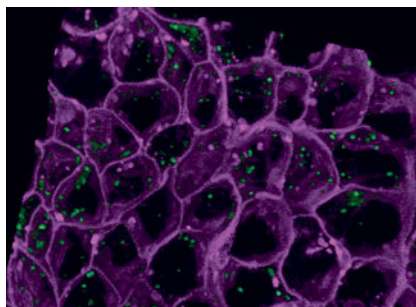


Foto: Osamu Shimmi

Kolmemõõtmelise konfokaalmikroskoopia* pilt äädikakärbse arenevast tiivast 14 tundi pärast nukkumist. Tiiva epiteelirakkude membraan (lilla) ja mitokondrid (roheline) on muudetud nähtavaks, seondades neile teatud peptiide ja helendavaid märgiseid

Jaapani telesaadetes räägitakse tihti edulugusid Jaapani teadlastest-rahvuskangelastest, kuidas nad on eesmärgile jõudnud ja karjääri edendanud. Sellel on suur mõju teadusest huvitatud noortele.

rõhk pigem sellele, kuidas meelde jätta loodusteaduste faktiteadmisi, kui sellele, kuidas mõista asjade toimimist. Ilmselgelt pole selline reaalharidus piisav, et soodustada teadmiste arengut pärast kooli ja tagada edu. Kuid teismelisena tundus see igati loogiline.

Küllap suurendab ligipääs kõrgtehnoloogiale uudishimu teaduse vastu. Ent tähtis on seegi, et noor inimene leiaks häid eeskujusid. Õnneks on Jaapani tipp-teadus olnud väga edukas, viimase kahekümne aasta jooksul on Jaapanist valitud üheksateist Nobeli auhinna laureaati. Jaapani telesaadetes räägitakse tihti edulugusid Jaapani teadlastest-rahvuskangelastest, kuidas nad on eesmärgile jõudnud ja karjääri edendanud. Sellel on suur mõju teadusest huvitatud noortele. Näiteks vaatavad tänapäeva Jaapani lapsed imetluse ja austusega eespool mainitud professor Yamanaka poole, kes on oma meeskonnaga välja arendanud indutseeritud pluripotentsed rakud. Lapsed unistavad olla kunagi niisama edukad tipp-teadlased nagu Yamanaka ja see on innustav jõud.

Pead professorina loenguid ka üliõpilastele. Millist suunda peaks tänapäeval arengubioloogiat õpetades rõhutama?

USA professor John B. Wallingford on oma värskes essees „Me kõik oleme arengubioloogid“ kirjeldanud, et paljud ülikoolitudengid peavad arengubioloogiat igavaks ja vanamoodsaks õppeaineks. Wallingford kirjutab: „Praegu on kõige põnevam aeg arengubioloogia ajaloos. Hoogustatuna nii uutest tehnoloogiatest kui ka teiste valdkondade uudsetest sisenditest lammutame vanu arusaamu ja avame uusi fantastilisi horisonte embrüoloogias.“

Olen temaga sama meelt. Arvan, et teaduse uuenedes peab muutama ka arengubioloogia õpetamist. Loengusaalis ei tule tutvustada mitte ainult klassikalist, vaid ka nüüdisaegset arengubioloogiat. See on oluline, et suudaksime ligi meelitada järgmise põlvkonna arengubiolooge.

Arengubioloogia: teadusharu bioloogias, mis uurib organismi arengut kogu elutsükli jooksul, viljastumisest kuni vananemise ja loomuliku lõpuni.

Karl Ernst von Baer (1792–1876) oli loodus- ja arstiteadlane, embrüoloog, avastas muu hulgas imetajate munaraku.

Martin Heinrich Rathke (1793–1860) oli arstiteadlane, anatoom ja embrüoloog, avastas muu hulgas imetajate ja lindude lõpusepilud.

Christian Heinrich Pander (1794–1865) oli zooloog, embrüoloog ja paleontoloog, avastas muu hulgas lootelehed.

Geneetiline assimilatsioon: protsess, kus mõni elusolendi tunnus, mis algul kujunes vaid keskkonna mõjul, kinnistub loodusliku valiku toimel genotüüpi.

Shinya Yamanaka sai koos John B. Gurdoniga 2012. aasta Nobeli auhinna tööde eest, mis võimaldasid luua **indutseeritud pluripotentseid rakke**. Need rakud luuakse täiskasvanud organismi keharakkudest, ent on omadustelt sarnased varaste embrüorakkudega, nii et neist võib arendada kõigi kolme lootelehe rakke.

Organoid: laboris kasvatatud väike ja lihtsustatud versioon mõnest elundist.

Evolutsiooniline arengubioloogia (*evolutionary developmental biology, evo-devo*): teadusharu, mis uurib organismi arengut mõjutavaid pärilikke muutusi, kaasates nii paleonto-

loogia, võrdleva arengubioloogia kui ka geneetika.

Mudel: mingi konkreetne liik, elund, rakk vms, mida uurides kogutakse teadmisi bioloogiliste protsesside kohta üldisemalt.

Ühe-raku-transkriptomika ja -proteoomika. Organismi **transkriptomiks** nimetatakse tema genoomilt transkribeeritud kõikvõimalike RNA-de kogumikku (nii nagu tema geenide koguhulka nimetatakse genoomiks). **Transkriptomikaks** nimetatakse transkriptomii uurimist. **Ühe-raku-transkriptomika** on meetodika, mille abil saadakse teada kõik üksikutes rakkudes parasjagu toimivad (avalduvad) geenid, mõõtes neilt transkribeeritud RNA hulka raku. Samamoodi nimetatakse **proteoomiks** organismi loodavate valkude koguhulka, **proteoomikaks** nende ehituse ja toime uurimist ning **ühe-raku-proteoomikaks** meetodikat, mis võimaldab välja selgitada kõik üksikutes rakkudes parasjagu toimivad valgud.

Mehhanokeemiline tagasiside: tagasiside raku toimivate mehhaniliste signaalide (jõud, mis on tekitatud tsütoskeleti või valgustruktuuri muutustega) ja biokeemiliste signaalide (näiteks kasvufaktorite ja transkriptsioonifaktorite avaldumise) vahel.

Ülilahutusega mikroskoopia (*super resolution microscopy*) on valgusmikroskoopia meetod, mis võimaldab objekte pildistada ja vaadelda kõrgemal eraldustasemel kui valguse difraktsioonipiir. See annab

võimaluse vaadelda raku toimivaid mehhanisme, näiteks aktiini reorganiseerumist, vesiikulite liikumist piki mikrotorakesi või üksikute sünapside teket neuronis.

Pöörleva ketta mikroskoopia (*spinner-disc microscopy*) on konfokaalmikroskoopia meetod, kus kasutatakse kiiresti pöörlevat plaati, kus sees on sadu punktauke, et skaneerida laservalguse täppe. See võimaldab pildistada kiiremini kui tavaline konfokaalmikroskoopia. Meetodi abil on hea jälgida näiteks dünaamilisi, ajas muutlikke protsesse eluskudedes, sest see kahjustab kudesid tunduvalt vähem kui tavaline konfokaalmikroskoopia.

Konfokaalmikroskoopia põhimõtte seisneb selles, et pilt pannakse kokku imepisikestest osapiltidest, et vältida valguse hajumisest tingitud ebatäpsusi pildil.

Valguskihi mikroskoopia (*light sheet microscopy*) on fluorestsentsmikroskoopia (helendavatel märgistel põhinev mikroskoopia), mis võimaldab uuritavast materjalist teha kiireid optilisi lõikeid, kasutades laservalgust risti vaatluse suunaga.

Live-imaging: pildistamistehnika, mille käigus pildistatakse elusaid rakke, kudesid, organisme. See võimaldab hästi jälgida dünaamilisi, ajas muutuvaid protsesse.

Genotüübi-fenotüübi kaart: genotüübi (organismi pärilik info) ja fenotüübi (organismi kõigi välis- ja sisetunnuste kogum mingil kindlal arenguastmel) vastastikuste seoste süsteemne kirjeldus.

Lõpetuseks, oleme Eestimaal tänavu viimaks kogenud päris kena talve. Kas olete perega jõudnud tutvust teha Eesti imelise loodusega ja kuidas on lood suusatamisega? Teadupärast on Jaapan ju suur suusamaa. Kas olete juba mõnel mara-

tonil osalenud või ennast sinna kirja pannud?

Nagu alguses ütlesin, minu kodulinna sellist talve ei ole. Mul ei olnud lapsepõlves võimalust harrastada talispordi. Küll nautisin tudengina mäesuusatamist. Kui siirdusin USA-sse

Minnesotasse, siis tegin tutvust ka murdmaasuusatamisega. Praegu meeldib see mulle väga. Loodan osaleda kuulsal Tartu maratonil, aga ehk järgmine aasta.

Tõlkinud **Tambet Tõnissoo**