Neil Shubin

ŽUVIS TAVYJE

PRIEŠ 3,5 MLRD. METŲ PRASIDĖJUSI
ŽMOGAUS KŪNO ISTORIJA

Vertė *Ovidijus Stokys*

eugrimas.lt | TOBULĖJIMUI
Vilnius

UDK 575.8
Sh-17

TEISĖS GINAMOS.
Šį leidinį draudžiama atkurti bet kokia forma ar būdu, viešai skelbti, įskaitant padarymą viešai prieinamą kompiuterių tinklais (internete), išleisti ir versti, platinti jo originalą ar kopijas parduodant, nuomojant, teikiant panaudai ar kitaip perduodant nuosavybėn.

Draudžiama šį kūrinį, esantį bibliotekose, mokymo įstaigose, muziejuose arba archyvuose, mokslinių tyrimų ar asmeninių studijų tikslais atkurti, viešai skelbti ar padaryti viešai prieinamą kompiuterių tinklais tam skirtuose terminaluose tų įstaigų patalpose.

Versta iš knygos:
Your Inner Fish: A Journey into the 3.5-Billion-Year History of the Human Body by Neil Shubin

Iš anglų kalbos vertė
Ovidijus Stokys

Redagavo
Ona Balkevičienė

Mokslinį redagavimą atliko
Danutė Rimšienė

Konsultavo
Ingrida Merkytė

Maketą kūrė
Jurgita Petrulytė ir Dovilė Kuliešienė

Viršelį kūrė
Jurgita Petrulytė ir Artūras Babušis

Knygų serija „MOKSLAS VISIEMS“ yra leidžiama įgyvendinant Lietuvos mokslų akademijos kartu su partneriais vykdomą projektą „Nacionalinės mokslo populiarinimo priemonių sistemos sukūrimas ir įgyvendinimas“, kuris yra finansuojamas Europos socialinio fondo lėšomis.

ISBN 978-609-437-156-1

Copyright © Neil Shubin, 2008, 2009
Vertimas į lietuvių kalbą © Ovidijus Stokys, 2013
© Leidykla „Eugrimas“, 2013

Skiriu Mišelei

TURINYS

	Įvadas	*7*
Pirmas skyrius:	Ieškant mumyse tūnančios žuvies	**9**
Antras skyrius:	Tvirti gniaužtai	**31**
Trečias skyrius:	Rankų genai	**47**
Ketvirtas skyrius:	Kur pažvelgsi – visur dantys	**61**
Penktas skyrius:	Griaučiai su galva	**81**
Šeštas skyrius:	Geriausia (kūno) schema	**95**
Septintas skyrius:	Kūno formavimo nuotykiai	**113**
Aštuntas skyrius:	Kvapų vilionės	**133**
Devintas skyrius:	Rega	**141**
Dešimtas skyrius:	Ausys	**151**
Vienuoliktas skyrius:	Ką visa tai reiškia?	**165**
	Epilogas	*189*
	Baigiamasis naujo leidimo žodis	*192*
	Pastabos, nuorodos ir rekomenduojama literatūra	*199*
	Padėkos	*213*

ĮVADAS

Parašyti šią knygą paskatino vienas netikėtas įvykis. Čikagos universiteto medicinos mokyklą paliko keletas dėstytojų, ir mane paskyrė vesti žmogaus anatomijos kursą medicinos studentams. Per anatomijos pratybas baikštūs pirmakursiai skrodžia žmonių kūnus, mėgina įsiminti daugelio organų, ertmių, nervų ir kraujagyslių pavadinimus bei sandarą. Šios pratybos įveda studentus į medicinos pasaulį, teikia patirties, be kurios tapti geru gydytoju neįmanoma. Iš pirmo žvilgsnio vargu ar galima įsivaizduoti blogesnį kandidatą į jaunosios gydytojų kartos mokytojus: juk aš paleontologas ir didžiąją savo laiko dalį praleidžiu tyrinėdamas iškastines žuvis.

Tačiau, pasirodo, paleontologijos išmanymas – didžiulis anatomijos dėstytojo privalumas. Kodėl? Pačius geriausius kelių, vedančių į žmogaus kūno pažinimą, žemėlapius rasime kituose gyvūnuose. Paprasčiausias būdas supažindinti studentus su žmogaus galvos nervų raizginiais – parodyti, kaip atrodo ryklio nervai. Pažinti mūsų galūnes labiausiai padeda... žuvys. Ropliai – puiki priemonė, padedanti perprasti mūsų smegenų sandarą. *Šių būtybių kūnai dažniausiai atrodo kaip supaprastintos mūsų kūnų versijos*.

Prasidėjus vadovavimo anatomijos kursams antrųjų metų vasarai, su ekspedicija išvykau į Arktį, kur man ir mano kolegoms pavyko iškasti žuvies fosiliją ir sukaupėme nepaprastai vertingų duomenų apie stuburinių išėjimą į sausumą; šis vyksmas prasidėjo daugiau kaip prieš 375 mln. m. Radinys kartu su mano įsiveržimu į žmogaus anatomijos sritį paskatino mano troškimą nuodugniai ištirti abu šiuos objektus (žuvį ir žmogų) siejančius giluminius ryšius. Štai kas paskatino parašyti šią knygą.

PIRMAS SKYRIUS

IEŠKANT MUMYSE TŪNANČIOS ŽUVIES

Vasaras dažniausiai praleidžiu gerokai šiauriau Šiaurės poliaračio, skaldydamas uolų akmenis ant apsnigtos ar įmurusios žemės. Beveik visada sušąlu į ragą, prisitrinu pūslių ir grįžtu namo, nieko nepešęs. Bet jeigu nusišypso sėkmė, aptinku senovinių žuvų kaulų. Daugumai žmonių tai ne kažin koks lobis, tačiau man jie vertingesni už auksą.

Iškastinių žuvų kaulai padeda suprasti, kas esame ir kaip tokiais tapome. Žinių apie žmogaus kūną galime rasti, tyrinėdami pačius keisčiausius šaltinius – nuo viso pasaulio uolienose randamų kirmėlių ir žuvų fosilijų iki DNR, išgaunamos, galima sakyti, iš bet kurio dabartinio mūsų planetos gyvūno. Tačiau iš pradžių turiu tinkamai argumentuoti savo įsitikinimą, kad senosios griaučių liekanos – ypač žuvų – yra pagrindas geriau suprasti žmogaus kūno sandaros esmę.

Kaip galima įsivaizduoti, kas vyko prieš milijonus, o kai kada ir prieš milijardus metų? Deja, negalime remtis liudininkų pasakojimais – mūsų tuomet dar nebuvo. Iš tikrųjų didžią to laikotarpio dalį išvis nebuvo nei kalbančių, nei burnas ar galvas turinčių būtybių. O blogiausia, kad dauguma gyvūnų nugaišo ir buvo palaidoti po žeme taip seniai, jog iš daugelio jų kūnų mažai kas liko. Atsižvelgiant į tai, kad iki mūsų dienų išnyko daugiau kaip 99 % visų kada nors gyvenusių rūšių, kad išliko tik menkutė išnykusių gyvūnų fosilinių

liekanų dalis, ir kad pavyksta aptikti dar mažesnę šių fosilinių liekanų dalį, gali pasirodyti: pastangos pažinti mūsų praeitį yra bergždžios.

IŠKASTOSE FOSILIJOSE REGIME SAVE

Pirmą kartą vieną iš mūsų „vidinių žuvų“ pamačiau sniegingą liepos popietę, tirdamas 375 mln. m. uolienas Elsmyro saloje, esančioje ties 80° šiaurės platumos. Kartu su kolegomis nusidanginau į šį žmonių apleistą kraštą, tikėdamasis aptikti vieną iš svarbiausių žuvies virsmo sausumos gyvūnu stadijų.

Iš uolos kyšojo žuvies galva. Ir tai buvo ne šiaip sau žuvis – o žuvis su plokščia galva. Vos išvydę šį plokščiagalvį padarą, supratome – radome kažką ypatingo. Jeigu šiame akmeniniame skardyje aptiktume daugiau šios žuvies griaučių liekanų, jos padėtų įminti mūsų kaukolės, kaklo ir netgi galūnių ankstyvųjų vystymosi stadijų paslaptį.

Ką plokščia galva gali papasakoti apie gyvūnų persikėlimą iš vandens į sausumą? Ir kodėl aš, užuot saugiai ir patogiai gyvenęs kur nors Havajuose, pasirinkau Arktį? Į šiuos klausimus atsakysime, pasakodami, kaip fosilijų ieškoma, ir kaip jos atskleidžia mūsų praeitį.

Fosilijos – vienas svarbiausių duomenų šaltinių, kuriuo remdamiesi galime suprasti save (kitus tokios informacijos šaltinius – genus ir embrionus – aptarsime vėliau). Daugelis žmonių net nenutuokia, kad ieškoti fosilijų – tikslinga veikla, todėl jų radimvietes dažnai galima numatyti iš anksto. Kad paieškos kasinėjimų rajonuose būtų kuo vaisingesnės, turime kruopščiai atlikti vadinamuosius namų darbus. Tada lieka pasikliauti sėkme.

Paradoksalią planavimo ir atsitiktinumo sąsają geriausiai apibūdina garsusis Dvaito D. Eizenhauerio (*Dwight D. Eisenhower*) posakis apie karybą: „Rengdamasis mūšiams tikėjau, kad planuoti būtina, tačiau planai yra beverčiai.“ Ši frazė puikiai perteikia paleontologinių ekspedicijų esmę. Sudarinėjame sudėtingiausius planus galimoms fosilijų radimvietėms nustatyti, tačiau atvykę dažnai pamatome, kad kruopščiai parengtą planą galima nedvejojant išmesti į šiukšlyną. Tikrovė niekais gali paversti net pačius tiksliausius apskaičiavimus.

Vis dėlto galime planuoti ekspedicijas, siekdami atsakyti į konkrečius mokslinius klausimus. Turėdami kelias paprastas idėjas, apie kurias daugiau papasakosiu vėliau, galime numatyti svarbių fosilijų radimvietes. Žinoma,

niekada negarantuosi šimtaprocentinės sėkmės, tačiau tenka aptikti ir gana įdomių radinių. Šiuo tikslingumo principu grindžiau visą savo profesinę veiklą: ieškojau senovinių žinduolių, ketindamas nustatyti jų kilmę; tą patį norėjau sužinoti apie varles; taip pat ieškojau pačių seniausių keturkojų, kad galėčiau sužinoti, iš kur atsirado sausumos gyvūnai.

Mūsų dienomis paleontologams aptikti naujas fosilijų sankaupas žymiai lengviau nei kada nors anksčiau. Kadangi įvairių šalių naftos ir dujų bendrovės vykdo intensyvią geologinę žvalgybą, daug daugiau sužinoma apie geologinę Žemės sandarą. Internetas teikia greitą prieigą prie žemėlapių, topografinių duomenų ir aeronuotraukų. Neatsitraukdamas nuo savo skreitinuko, netgi galiu nustatyti, ar klodų su fosilijomis nėra jūsų kieme. Galiausiai, pritaikydami įvairius vaizdavimo ir radiografinius įtaisus, galime kiaurai matyti kai kurias uolienas ir ištirti jose palaidotus kaulus.

Nepaisant visų šių modernių priemonių, vertingų fosilijų paieškų metodai išliko beveik tokie patys kaip ir prieš šimtmetį. Dabartiniams paleontologams taip pat tenka apžiūrinėti uolienas – kitaip tariant, jas apčiupinėti šliaužiojant – ir jose glūdinčias fosilijas dažniausiai atkasinėti rankomis.

Ieškant fosilinių gyvūnų ir iškasinėjant jų kaulus tenka priimti daugybę sprendimų – štai kodėl šį darbą taip sunku automatizuoti. Be to, aptikti fosiliją kompiuterio ekrane toli gražu nėra taip smagu, kaip atkapstyti rankomis.

Ieškoti sunku ir todėl, kad fosilijų sankaupų yra mažai. Tikintis geriausio, būtina trijų veiksnių samplaika. Ieškome vietovių, kur yra atitinkamo amžiaus ir tipo uolienų, sudarančių palankią terpę fosilijoms išlikti, ir uolienų su paviršinėmis atodangomis. Neužmirštinas dar vienas veiksnys: laimingas atsitiktinumas. Štai pavyzdys.

Mūsų pavyzdys – viena svarbiausių gyvybės atsiradimo Žemėje tarpinių formų – žuvis leidžia susieti su sausumos stuburiniais. Milijardus metų visa gyvybė egzistavo tik vandenyje. Vėliau, maždaug prieš 365 mln. m., gyvos būtybės pradėjo keltis į sausumą. Gyvenimo sąlygos sausumoje nuo sąlygų vandenyje skiriasi iš esmės. Kvėpuoti vandenyje reikia visai kitokių organų, nei kvėpuoti sausumoje. Tas pats pasakytina apie ekskreciją, mitybą ir judėjimą. Gyventi sausumoje reikėjo visai kitokios kūno sandaros. Iš pirmo žvilgsnio riba tarp abiejų terpių atrodo beveik neįveikiama. Tačiau viskas pasikeičia, įvertinus faktus. Įvyko tai, kas atrodo neįmanoma.

Ieškant atitinkamo amžiaus uolienų talkina vienas nuostabus faktas. Fosilijos Žemės uolienose išsidėsto anaiptol ne bet kaip. Uolienų klodai ir juose glūdinčios iškasenos yra išdėstyti griežta tvarka, ir į ją visada atsižvelgiame, planuodami ekspedicijas. Per milijardus metų Žemės pavidalas labai keitėsi, ir šiuos pokyčius akivaizdžiai rodo tvarkingai vienas ant kito sugulę skirtingų uolienų klodai.

Remiamės lengvai patikrinama darbine prielaida, kad viršutiniai uolienų sluoksniai yra jaunesni už žemutinius. Paprastai tai pasitvirtina tose srityse, kur uolienų klodai aiškiai matomi ir savo forma primena sluoksniuotą pyragą (pavyzdžiui, Didysis Kanjonas). Tačiau judančios tektoninės Žemės plokštės sukelia sprūdžių, galinčių pakeisti šių sluoksnių padėtį – senesnes uolienas užstumti ant jaunesnių. Laimė, jeigu pavyksta nustatyti tokio sprūdžio padėtį, tada pradinę sluoksnių seką dažnai galima atkurti.

Šiuose uolienų sluoksniuose glūdinčios fosilijos yra palaidotos irgi nuosekliai: apatiniuose sluoksniuose randama visai kitų iškastinių gyvūnų rūšių nei viršutiniuose. Jeigu galėtume išgauti vientisą kerną – cilindrinį uolienų stulpelį, kuris apimtų visus gyvybės vystymosi etapus Žemėje, – išvystume neįtikėtiną fosilijų įvairovę.

Pačiuose žemiausiuose sluoksniuose akivaizdžių gyvybės įrodymų būtų mažai. Aukštesniuose rastume įvairių duobagyvių arba pirmųjų medūzų atspaudų. Dar aukštesniuose Žemės sluoksniuose aptiktume griaučius, galūnes ir įvairius organus (pavyzdžiui, akis) turinčių gyvių liekanų. Virš pastarųjų slūgsotų klodai su pirmaisiais stuburiniais. Ir taip toliau.

Sluoksniai su pirmaisiais žmonėmis būtų aptikti gerokai aukščiau. Žinoma, tikrovėje tokio vientiso, visą Žemės gyvybės istoriją apimančio kerno išgauti neįmanoma. Konkrečioje Žemės plutos vietoje esančios uolienos atspindi tik mažą laiko atkarpėlę. Norėdami šias atkarpėles sujungti į visumą, turime surinkti krūvon ir, lygindami uolienas ir jose palaidotas fosilijas, sudėlioti taip, tarsi tai būtų milžiniška dėlionė.

Visai nenuostabu, kad fosilinių organizmų rūšys geologiniame pjūvyje išsidėsto tam tikra seka. Mažiau akivaizdu, kad galime atkurti gana tikslius kiekviename sluoksnyje palaidotų fosilizuotų gyvūnų atvaizdus, juos lygindami su dabartinėmis Žemėje gyvenančiomis rūšimis. Ši informacija padeda iš anksto numatyti, kokių fosilijų aptiksime senovinių uolienų sluoksniuose.

Iš tikrųjų fosilinių gyvūnų sekas Žemės uolienų kloduose įmanoma numatyti lyginant save su zoologijos sodo arba akvariumo gyvūnais.

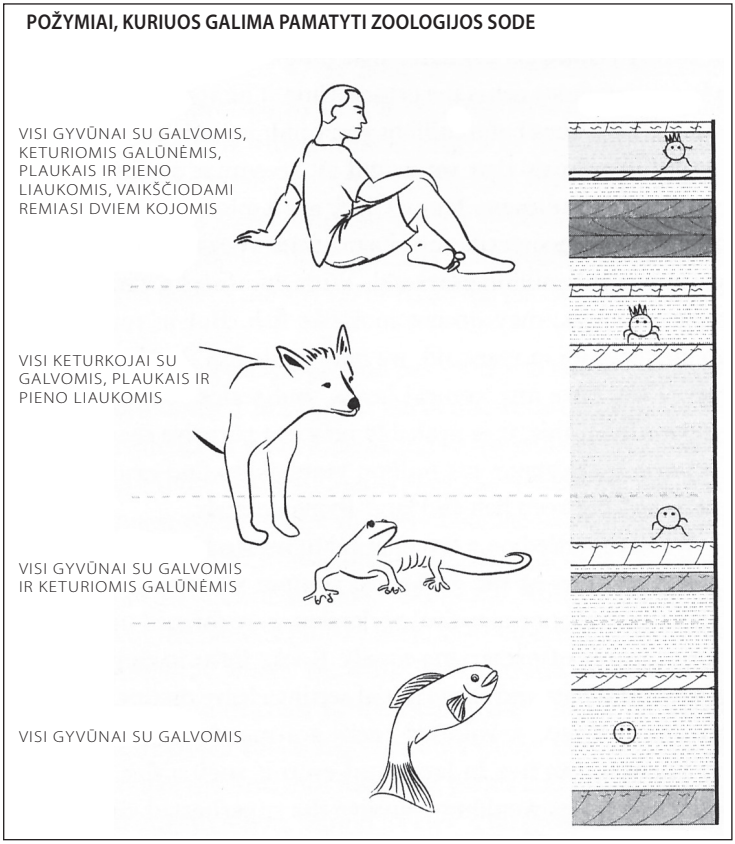
Kaip, vaikštinėdami po zoologijos sodą, galime nuspėti, kokiose uolienose gali glūdėti vertingos fosilijos? Zoologijos soduose yra daugybė skirtingų gyvūnų, jų požymiai skiriasi. Bet kol kas skirtumus pamirškime: kad mūsų prognozės būtų tikslios, privalome sutelkti dėmesį į bendras šių skirtingų organizmų savybes. Išskirdami visoms rūšims būdingus bruožus, galime nustatyti organizmų, turinčių panašius požymius, grupes. Visus gyvus organizmus galime sugrupuoti ir išdėstyti kaip matrioškas, mažesnes gyvūnų grupes įtraukdami į didesnes. Tai padarę, nustatysime vieną fundamentalų gyvosios gamtos principą.

Kiekvienas zoologijos sodo arba akvariumo gyvūnas turi galvą su pora akių. Šias rūšis priskirkime grupei „Visi gyvūnai“. Joje yra pogrupis gyvūnų, turinčių ne tik galvą ir porą akių, bet ir keturias galūnes. Gyvūnų su galūnėmis pogrupį pavadinsime „Visi gyvūnai su galūnėmis“. Vieno šių galvas ir keturias galūnes turinčių gyvūnų pogrupio nariai puikuojasi didžiulėmis smegenimis, vaikšto remdamiesi dviem kojomis ir kalba. Šis pogrupis – mes, žmonės. Žinoma, klasifikaciją galime tęsti ir išskirti dar smulkesnius pogrupius, tačiau prognozei pakaks ir šios trilypės schemos.

Įvairių pasaulio vietovių uolienose fosilijos dažniausiai guli minėta seka, ir, ja remdamiesi, galime planuoti naujas paleontologines ekspedicijas. Pagal pateiktą pavyzdį, pirmųjų fosilizuotų galvą ir porą akių turinčių grupės „Visi gyvūnai“ narių randama kur kas gilesniuose sluoksniuose, nei pirmųjų fosilizuotų grupės „Visi gyvūnai su galūnėmis“ gyvių. Kalbant dar tiksliau, pirmosios žuvys (grupės „Visi gyvūnai“ visateisės narės) atsirado gerokai anksčiau pirmųjų varliagyvių (grupė „Visi gyvūnai su galūnėmis“). Akivaizdu, kad šią schemą toliau tobuliname, tyrinėdami kitas gyvūnų rūšis ir požymius, vienijančius juos į bendras grupes, taip pat įvertindami ir tikrąjį uolienų amžių.

Būtent tokius tyrimus atliekame laboratorijose su begale savybių ir rūšių. Mes ne tik kruopščiai tiriame anatomiją, bet ir nagrinėjame sudėtingus DNR segmentus. Informacijos tiek daug, kad, norėdami išsiaiškinti pogrupių seką grupėse, turime naudotis galingais kompiuteriais. Šiuo požiūriu grindžiama visa biologija, nes jis leidžia kurti hipotezes apie gyvūnų giminystės saitus.

Remdamiesi per šimtmečius kauptomis iškastinių gyvūnų liekanomis, galime ne tik grupuoti gyvūnus pagal jų kilmės giminiškumą. Fosilijų kolekci-



ZOOLOGIJOS SODO GYVŪNAI ATSKLEIDŽIA FOSILIJŲ IŠSIDĖSTYMO SEKĄ ŽEMĖS UOLIENŲ SLUOKSNIUOSE.

jos padėjo sukaupti milžinišką biblioteką, arba katalogą, aprėpiantį skirtingas Žemės ir joje atsiradusios gyvybės epochas. Dabar galime apytikriai nustatyti svarbių Žemėje pokyčių periodus.

Susidomėjote žinduolių kilme? Keliaukite tyrinėti uolienų, priskiriamų mezozojaus eros pradžiai. Geocheminiais tyrimais nustatyta, kad šioms uolienoms gali būti apie 210 mln. m. Įdomu primatų kilmė? Chronologine Žemės skale kilkite aukštyn, kol pasieksite kreidos periodo (maždaug 80 mln. m.) uolienas.

Fosilijų slūgsojimo tvarka Žemės uolienose duoda svarbių faktų apie mūsų ryšius su kitokia gyvybe. Jeigu, kasinėdami uolienas, kurioms dabar

daugiau nei 600 mln. m., šalia seniausių medūzų liekanų aptiktume miškinio švilpiko griaučius, turėtume perrašyti vadovėlius, nes miškiniai švilpikai paleontologiniame metraštyje atsirado kur kas anksčiau, nei pirmieji žinduoliai, ropliai ar žuvys – netgi anksčiau už pirmąsias kirmėles.

Be to, šis senovinis miškinis švilpikas taptų įrodymu, kad dauguma žinių apie Žemės gyvybės evoliuciją yra netikslios. Ir nors žmonės fosilijų ieško jau daugiau kaip 150 m. visuose žemynuose ir iš esmės visuose jiems pasiekiamuose uolienų sluoksniuose, tokių keistų radinių kol kas niekur neaptikta.

Dabar grįžkime prie pirmųjų žuvų giminaičių, persikėlusių gyventi į sausumą, ieškos problemos. Mūsų sukurtoje schemoje šie organizmai turėtų būti tarp grupių „Visi gyvūnai“ ir „Visi gyvūnai su keturiomis galūnėmis“. Šią prielaidą palyginę su žiniomis apie uolienas, gausime svariais geologiniais faktais pagrįstų įrodymų, kad lemtingas lūžis galėjo įvykti maždaug prieš 380–365 mln. m. Kiek jaunesniuose, maždaug 360 mln. m., uolienų dariniuose aptinkama įvairių fosilinių varliagyvių ir roplių liekanų.

Mano kolegė Dženė Klek (*Jenny Clack*) iš Kembridžo universiteto ir dar keletas paleontologų Grenlandijos uolienose aptiko varliagyvių, kuriems per 365 mln. m. Nuo žuvų jie skiriasi tuo, kad turi kaklą, išorinius klausos organus ir keturias kojas. Tačiau uolienose, kurių amžius siekia apie 385 mln. m., aptinkame liekanų tikrų žuvų, kurios ir atrodo visai kaip žuvys. Jos turi pelekus, kūgio formos pavidalo galvas ir žvynus, tačiau neturi kaklų. Todėl nenuostabu, kad, atsižvelgdami į šias aplinkybes, ypatingą dėmesį skiriame uolienoms, kurių amžius siekia apie 375 mln. m., nes būtent jose ir tikimės aptikti žuvų ir sausumos stuburinių tarpinių formų.

Taigi kalbame apie laikotarpį, kurį norime ištirti, ir kartu nustatėme geologinio profilio sluoksnius – juose taip pat tikimės kažko rasti. Dabar mūsų užduotis – aptikti uolienų, kuriose susidarė sąlygos, tinkamos gyvūnų fosilizacijai. Uolienos formuojasi įvairiose terpėse, ir būtent pastarosios turi lemiamą reikšmę jų sluoksnių sandarai.

Vulkanines uolienas galime atmesti iš karto. Jokia žinoma žuvis lavoje neišgyventų. Net jei tokia žuvis ir būtų buvusi, fosilizuoti jos kaulai nebūtų atlaikę tokio didelio karščio, kuriame susidaro bazaltas, liparitas, granitas ir kitos vulkaninės uolienos. Taip pat galima atmesti metamorfines uolienas, pavyzdžiui, skalūną ir marmurą: jos nuo pat pradžių formuojasi veikiamos itin

aukštos temperatūros ir milžiniško slėgio. Jose neišliktų jokia į jas patekusio organizmo fosilija.

Palankiausia terpė fosilijoms išlikti – nuosėdinės uolienos: klintys, smiltainiai, aleuritai ir skalūnai. Palyginti su vulkaninėmis ir metamorfinėmis, šios uolienos susidarė veikiant švelnesniems veiksniams, įskaitant upių, ežerų ir jūrų. Svarbiausia, kad pastarosiose terpėse gali gyventi gyvūnai, ir formuotis nuosėdinės uolienos, kuriose puikiai išsilaiko fosilijos.

Tarkime, į vandenyno arba ežero vandenį nuolat patenka įvairių smulkių dalelių, jos nugula dugną. Laikui bėgant, nauji dalelių sluoksniai suslegia ankstesnes nuosėdas. Tolygiai didėjantis slėgis, veikiantis išvien su uolienose vykstančiais ilgalaikiais cheminiais procesais, sudaro puikias sąlygas palaidotiems griaučiams fosilizuotis. Panašūs procesai vyksta upėse ir jų pakrantėse. Čia galioja bendra taisyklė: kuo lėtesnė upelio ar upės srovė, tuo geriau išsilaiko fosilijos.

Kiekvienas ant žemės gulintis akmuo gali papasakoti istoriją, kaip atrodė Žemė, kai formavosi konkretų akmenį sudaranti uoliena. Akmens viduje glūdi informacija apie kadaise Žemėje vyravusį klimatą ir aplinkos sąlygas, kurios dažniausiai labai skiriasi nuo dabartinių. Dabartį nuo praeities kartais gali skirti milžiniška praraja.

Vienas įspūdingiausių šią prarają rodančių pavyzdžių yra Everesto kalnas, ties kurio viršūne, daugiau kaip 5 mylių [beveik 9 km] aukštyje, slūgso uolienos iš senovėje čia tyvuliavusios jūros dugno. Užkopę ant šiaurinio šlaito ir pasiekę vietą, iš kurios galima pamatyti garsųjį Hilario slenkstį, aptiksime fosilinių kriauklių.

Panašių kontrastų galima pamatyti ir mūsų nuolat lankomoje Arktyje, kur oro temperatūra žiemą dažnai nukrinta iki –40 °F [–40 °C]. Tačiau kai kuriose šios srities uolienose aptinkama fosilinių organizmų, kadaise gyvenusių senovinėje tropinėje deltoje, labai panašioje į Amazonės deltą: tai augalai ir žuvys, galėję tarpti tik šilto ir drėgno klimato zonose.

Šilumamėgių gyvūnų fosilijų radimvietės aukščiausiose viršukalnėse ir pačiose atšiauriausiose vietovėse patvirtina, kad mūsų planeta gali keistis iš pagrindų: jos paviršiuje iškyla ir prasmenga kalnai, klimatas pakaitomis šiltėja ir šaltėja, o žemynai nuolatos juda. Aiškiai įsivaizduodami milžiniškus mūsų planetos pokyčius, kurie vyko per neišmatuojamus laiko tarpsnius, galime pasinaudoti šia informacija planuodami naujas fosilijų paieškos ekspedicijas.

Taigi, jeigu norime suprasti sausumos stuburinių kilmę, dėmesį turime atkreipti ypač į uolienas, kurių amžius yra maždaug 375–380 mln. m., ir kurios susiformavo vandenynuose, ežeruose arba upėse. Atmetus vulkanines ir metamorfines uolienas, mūsų paieškų zona, kur galime aptikti mus dominančių fosilijų, dar labiau susiaurėja.

Naujos ekspedicijos planavimą kol kas tik įpusėjome. Mums jokios naudos, jeigu tinkamo amžiaus nuosėdinės uolienos slūgso labai giliai, jeigu ant jų plyti ganyklos, stūkso prekybos centrai ar miestai. Čia kasinėtume aklai. Nesunku įsivaizduoti, kokia menka būtų sėkmės tikimybė, mėginant aptikti fosiliją, darant gręžinius. Tai būtų panašu į žvirblių šaudymą iš patrankų.

Iškastinių gyvūnų geriausia ieškoti tose vietovėse, kur daugelį kilometrų driekiasi plikos uolos, ir kur fosiliniai kaulai matyti Žemės paviršiuje atsivėrusių nuogulų sluoksniuose. Reljefiniai fosilinių kaulų kontūrai dažnai išryškėja uolienų paviršiuose, nes, būdami tvirtesni, gerokai lėčiau pasiduoda erozijai. Štai kodėl mums taip patinka vaikštinėti plikomis pamatinėmis uolienomis ir imti kaulus ten, kur jų pėdsakų matyti paviršiuje.

Štai ir paaiškinome, kaip rengiama nauja fosilijų ieškos ekspedicija: surandamos atitinkamo amžiaus, atitinkamo tipo (nuosėdinės) ir pakankamai atidengtos uolienos, o tada imamasi darbo. Ieškoti fosilijų tinkamiausios tos vietovės, kurias dengia plonas dirvožemio sluoksnis, kur skurdi augalija ir kur beveik nėra žmonių veiklos pėdsakų. Tad argi nuostabu, kad daugiausiai atradimų padaroma dykumose? Gobio. Sacharos. Jutoje. Taip pat arktinėse – pavyzdžiui, Grenlandijoje.

Visa tai atrodo gana logiška, tačiau neužmirškime dar vieno dalyko – laimingo atsitiktinumo. Tiesą sakant, kaip tik atsitiktinumas ir padėjo mūsų grupei aptikti „žuvies tavyje“ pėdsakų. Pirmus svarbius atradimus padarėme ne dykumoje, bet šalikelėje, Centrinėje Pensilvanijoje, kur, ieškant uolienų atodangų, tenka gerokai paplušėti. Tiesą sakant, pradėjome ieškoti būtent čia, nes stokojome lėšų.

Kelionės į Grenlandiją arba Sacharos dykumą yra brangios ir trunka ilgai, o vietinių kasinėjimų projektams nebūtina skirti didelių dotacijų, tereikia gauti užtektinai pinigų kurui ir mokamiems greitkeliams. Jaunam aspirantui ar ką tik iškeptam universiteto dėstytojui šie veiksniai turi lemiamą reikšmę. Pradėjusį dirbti pirmoje darbovietėje Filadelfijoje ypač masino uolienų grupė, žinoma kaip Pensilvanijos Katskilio kalnų darinys.

Mokslininkai intensyviai tyrinėja šį darinį jau daugiau kaip 150 metų. Jo amžius gerai žinomas – tai vėlyvajam devono periodui priklausančios uolienos, kuriose galima aptikti puikiai išsilaikiusių sausumos stuburinių ir jų artimiausių giminaičių liekanų. Norint suprasti, kodėl taip yra, reikia įsivaizduoti, kaip atrodė devono periodo Pensilvanijos teritorija.

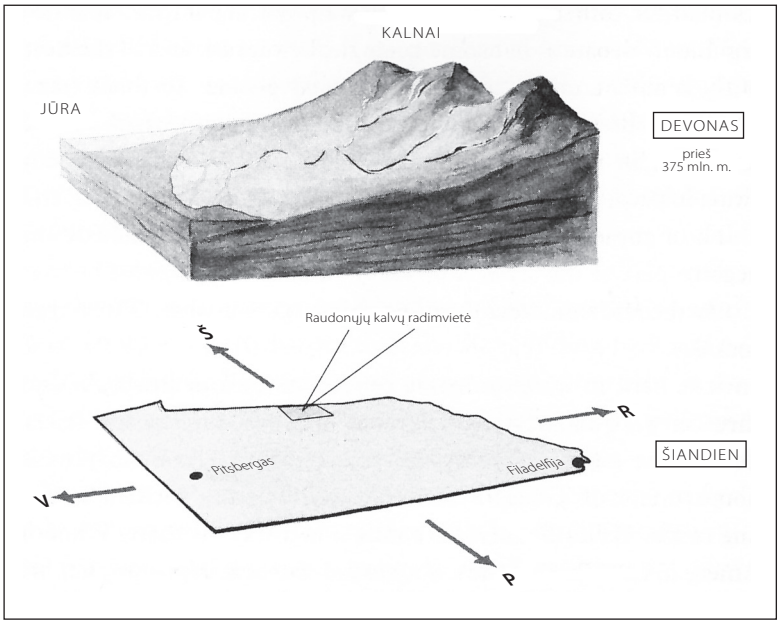
Pamėginkime ištrinti iš atminties šių dienų Filadelfiją, Pitsbergą ir Harisbergą ir įsivaizduokime Amazonės deltą. Per rytinę valstijos dalį driekėsi aukštumos. Iš rytinės jų pusės vakarų kryptimi tekėjo keletas upių, kurių vandenys papildė didžiulę jūrą, kadaise tyvuliavusią ten, kur šiandien stovi Pitsbergas.

Jeigu ne faktas, kad visa Pensilvanijos centrinė dalis yra apstatyta miestais, apaugusi miškais ir pievomis, kažin ar galėtum tikėtis palankesnių sąlygų fosilijų paieškoms. Uolienų atodangų daugiausiai aptinkama ten, kur pagal Pensilvanijos transporto departamento projektus tiesiami platūs greitkeliai. Kelininkai dažnai sprogdina, ir atsidengia uolienos. Gal tai ir ne pats geriausias kasinėjimų būdas, tačiau, kaip byloja sena patarlė, dovanotam arkliui į dantis nežiūrima.

Taip pat nudžiugino dar vienas laimingas atsitiktinumas: 1993 m. pas mane atvyko Tedas Dešleris (*Ted Daeschler*) vykdyti paleontologinių tyrinėjimų. Ši partnerystė pakeitė mūsų abiejų gyvenimą. Būdami skirtingų temperamentų, puikiai prisiderinome vienas prie kito: aš niekaip nenustygstu vietoje ir vis planuoju, kur ieškosime vėliau, o Tedas yra kantrus ir žino, kur reikia apsistoti ir neskubant ieškoti ten glūdinčios aukso gyslos.

Su Tedu ėmėmės tirti devono periodo uolienas Pensilvanijoje, vildamiesi aptikti naujų duomenų apie sausumos stuburinių galūnių kilmę. Pradėjome žvalgyti keliaudami automobiliu beveik po visą rytinę valstiją, kur tik buvo ruošiamas gruntas būsimajam keliui. Be galo nustebome, kai Tedas iš karto aptiko puikiai išsilaikiusį žastikaulį (*humerus*).

Jį priskyrėme varliagyviui, kurį pavadinome *Hynerpeton*. Išvertus iš graikų kalbos tai reiškia „mažas ropojantis gyvūnas iš Hainerio“. Haineris – Pensilvanijos miestas netoli šio kaulo radimvietės. *Hynerpeton* turėjo labai tvirtą žastą, o tai leidžia daryti prielaidą, kad šis gyvūnas veikiausiai naudojosi itin tvirtomis galūnėmis. Deja, taip ir nepavyko rasti viso gyvūno griaučių, nes ištyrėme per mažai atodangų. Kodėl? Atspėjote: ten veši augalija, yra daugybė gyvenamųjų namų ir prekybos centrų.



PENSILVANIJOS ŠALIKELĖSE TYRINĖJOME SENOVINĖS UPĖS, PANAŠIOS Į NŪDIENOS AMAZONĘ, DELTĄ. PENSILVANIJOS VALSTIJA (ŽEMIAU) IR TOS PAČIOS TERITORIJOS DEVONO ŽEMĖLAPIS (AUKŠČIAU).

Šiose uolienose aptikę *Hynerpeton* ir dar keletą kitų fosilijų, nekantriai laukėme progos pereiti prie didesnių atodangų. Jeigu visą savo mokslinę veiklą paskirtume tik visokių liekanų rinkimui, tuomet daugelis mums nerimą keliančių klausimų taip ir liktų neatsakyti. Taigi nusprendėme veikti „pagal vadovėlį“ – ieškoti gerai atidengtų atitinkamo amžiaus ir tipo uolienų dykumų rajonuose. Dabar tikrai žinome, kad ko gero nebūtų pavykę padaryti didžiausio savo gyvenimo atradimo, jeigu ne geologijos pagrindų vadovėlis.

Iš pradžių ketinome surengti ekspediciją į Aliaską ir į teritoriją prie Jukono upės, nes buvome surinkę daug informacijos apie svarbius kitų ten buvusių paleontologų atradimus. Galiausiai pradėjome ginčytis apie kai kurias ezoterines geologijos tiesas, ir pačiame šio disputo įkarštyje vienas iš mūsų stvėrė nuo rašomojo stalo tą gerąjį geologijos vadovėlį. Norėdami įsitikinti, kuris iš mūsų yra teisus, aptikome diagramą – ir užėmė kvapą. Joje buvo pavaizduota būtent tai, ko ieškojome.

Ginčas užgeso akimirksniu, ir pradėjome planuoti naują ekspediciją.

Remdamiesi ankstesniais atradimais, padarytais kiek jaunesnėse uolienose, manėme, kad ieškoti fosilijų labiausiai tiks nuogulos, virš kurių kadaise tekėjo upės. Toje diagramoje buvo pavaizduotos trys sritys, kur buvo gėlavandenių devono nuogulų – kiekviena atitiko deltų sistemą.

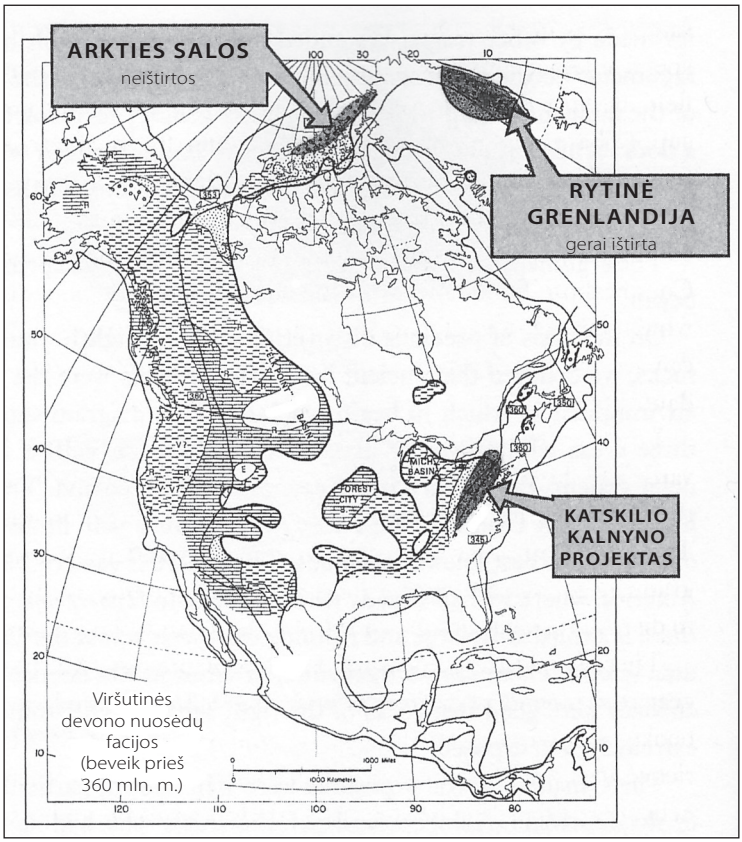
Pirma sritis – Grenlandijos rytinė pakrantė. Būtent čia Dž. Klek aptiko fosiliją – vieną pirmųjų organizmų su keturiomis galūnėmis ir vieną seniausių žinomų stuburinių sausumos gyvūnų. Kita svarbi vietovė – Šiaurės Amerikos rytinė dalis, kur neseniai pasidarbavome ir aptikome *Hynerpeton* žastikaulį. Tačiau buvo ir trečia didžiulė, iš rytų į vakarus ištįsusi arktinė Kanados sritis. Arktyje nėra medžių, purvo sąnašų ar miestų, tad yra puiki galimybė didžiuliuose plotuose aptikti tinkamo amžiaus ir tipo uolienų atodangų.

Atodangos Kanados Arktyje jau buvo gerai žinomos, ypač Kanados geologams ir paleobotanikams – jas kruopščiai pažymėjo žemėlapiuose. Be to, Eštonas Embris (*Ashton Embry*), vadovavęs daugeliui čia dirbusių grupių, rašė, kad šių Kanados teritorijoje esančių devono uolienų geologinė sandara daugeliu atžvilgių nesiskiria nuo Pensilvanijos uolienų geologijos. Mes su Tedu buvome pasirengę susikrauti kuprines tą pačią minutę, kai tik perskaitėme šį sakinį. Pamokos, išmoktos Pensilvanijos greitkeliuose, galėjo puikiai patarnauti tolimojoje Kanados šiaurėje.

O visų nuostabiausia, kad Arkties uolienos yra netgi senesnės nei Grenlandijos ar Pensilvanijos fosilijų klodai. Todėl ši sritis geriausiai tiko pagal visus tris svarbiausius kriterijus: uolienų amžių, jų tipą ir atodangų kiekį. Bet labiausiai džiugino, kad ši teritorija dar nebuvo patekusi į stuburinius tyrinėjančių paleontologų akiratį, todėl buvome tikri: čia aptiksime puikių egzempliorių.

Tačiau mūsų laukė visai kitokie išbandymai nei Pensilvanijoje. Fosilijų ieškodami palei Pensilvanijos greitkelius, rizikuodavome pakliūti po pralekiančių sunkvežimių ratais. Arktyje mus galėjo suėsti baltieji lokiai, galėjo baigtis maistas, arba dėl blogo oro galėdavome likti atkirsti nuo civilizuoto pasaulio. Šiaurėje neprisikrausi kiek telpa sumuštinių į automobilį ir nenusigausi juo iki vietovių, kur gausu fosilijų.

Planuoti kiekvieną tiriamojo darbo dieną tekdavo ne mažiau kaip aštuonias dienas, nes reikalingų uolienų atodangas buvo įmanoma pasiekti tik oru, o artimiausia tiekimo bazė nuo jų – net už 250 mylių [400 km]. Galėjome



ŽEMĖLAPIS, NUO KURIO VISKAS PRASIDĖJO. ŠIAME ŠIAURĖS AMERIKOS ŽEMĖLAPYJE PARODYTA BŪTENT TAI, KO IEŠKOJOME. SKIRTINGAIS ŠTRICHAIS PAŽYMĖTOS DEVONO JŪRŲ IR GĖLO VANDENS TELKINIŲ UOLIENŲ ATODANGOS, RODYKLĖMIS – TRYS SRITYS, KUR KADAISE BUVO UPIŲ DELTOS. ŽEMĖLAPIS ATKURTAS SU PAKEITIMAIS PAGAL: *R. H. DOT AND R. L. BATTEN, EVOLUTION OF THE EARTH,* NEW YORK: *MCGRAW-HILL*, 1988, 13.I PAV. (SKELBIAMAS LEIDUS *THE MCGRAW-HILL COMPANIES* LEIDYKLAI).

atsiskraidinti tik tiksliai apskaičiuotą maisto produktų kiekį, įrenginius ir šiek tiek atsargų nenumatytam atvejui. Ir (o tai svarbiausia) dėl griežtų lėktuvo svoriui taikomų apribojimų galėjome pasiimti tik menkutę dalį visų aptiktų fosilijų. Prie visų šių apribojimų pridėkite kelių dienų pakenčiamo oro laikotarpį, kai Arktyje įmanoma normaliai dirbti, ir pamatysite, kokie laukė netikėti ir bauginantys sunkumai.

Pagaliau atėjo metas scenoje pasirodyti dr. Ferišui A. Dženkinsui jaunesniajam (*Farish A. Jenkins, Jr.*), buvusiam mano moksliniam vadovui iš Harvardo. Ferišas daugybę metų vadovavo ekspedicijoms į Grenlandiją ir turėjo pakankamai patirties, būtinos įgyvendinti šį rizikingą sumanymą. Štai ir visa mūsų komanda. Trijų akademinių kartų atstovai: mano buvęs studentas Tedas, mano baigiamojo mokslinio darbo vadovas Ferišas ir aš išsiruošėme į Arktį mėginti rasti įrodymų, patvirtinančių žuvies virsmą sausumos gyvūnu.

Kol kas neturime jokio praktinio Arkties paleontologijos vadovo. Rengdamiesi šiai ekspedicijai, pasikliovėme draugų ir kolegų patarimais. Taip pat skaitėme knygas, ir jos tik dar labiau įtikino, kad niekas negali padėti pasirengti būsimiesiems išbandymams. Šis jausmas itin stipriai užvaldo tuomet, kai pirmą kartą vienui vieni išlipate iš sraigtasparnio kokiame nors Dievo užmirštame Arkties užkampyje. Pirmoji galvon toptelėjusi mintis – baltieji lokiai. Ištisai žvalgiausi po apylinkes, ieškodamas judančių baltų taškelių. Užvaldžius nerimui, pamatai ir tai, ko nėra.

Pirmą savaitę vienas narys pastebėjo judančią baltą dėmelę. Nutarėme, kad maždaug už ketvirčio mylios [puskilometrio] slampinėja baltasis lokys. Strimgalviais, tarsi vienos kino komedijos apie policininkus herojai, puolėme ieškoti ginklų, signalinių raketų ir švilpukų, kol galiausiai pamatėme, kad maždaug už dviejų šimtų pėdų [keliasdešimties metrų] strakaliojo visai ne plėšrūniškai atrodantis baltasis kiškis. Kadangi Arktyje nėra nei namų, nei medžių, labai sunku tiksliai įvertinti atstumą, ir rega gali lengvai apgauti.

Arktis – milžiniška, tuščia dykra. Dominančios uolienų atodangos plyti beveik pusantro tūkstančio kilometrų. O mūsų ieškomi iškastiniai gyvūnai – apie keturių pėdų [vos metro su trupučiu] ilgio. Kažkaip reikėjo surasti šiose platybėse mažytį uolienos lopinėlį, kur galėjo būti taip reikalingų fosilijų. Tarp paraiškų dotacijoms recenzentų pasitaiko tikrai nuožmių subjektų. Apžvalgose jie nuolat įkyriai primena panašius sunkumus. Ko gero labiausiai tai pavyko vienos pirmųjų Ferišo paraiškos tyrinėti Arktyje recenzentui. Recenzijoje (mano nuomone, ne itin draugiškoje) jis rašė: galimybės aptikti Arktyje naujų fosilijų „dar mažesnės, nei surasti garsiąją adatą šieno kupetoje“.

Kol suradome savo adatą, prireikė keturių ekspedicijų į Elsmyro salą ir daugiau kaip šešerius metus trukusių tyrinėjimų. Štai kaip ilgai kartais tenka laukti sėkmės.

Mėgindami mokytis iš savo klaidų, po daugybės bandymų ir nesėkmių pagaliau aptikome tai, ko ieškojome. Iš pradžių, per 1999 m. lauko darbų sezoną, ieškojome toli Arkties vakaruose esančioje Melvilio saloje. Tuomet dar nežinojome, kad buvome išlaipinti senovinio vandenyno pakraštyje. Uolienose aptikome įvairiausių žuvų fosilijų. Tačiau veikiausiai būta giliavandenių gyvūnų, o ne mūsų ieškomų sekliuose upeliuose ar ežeruose gyvenusių rūšių, kurios virto sausumos stuburiniais.

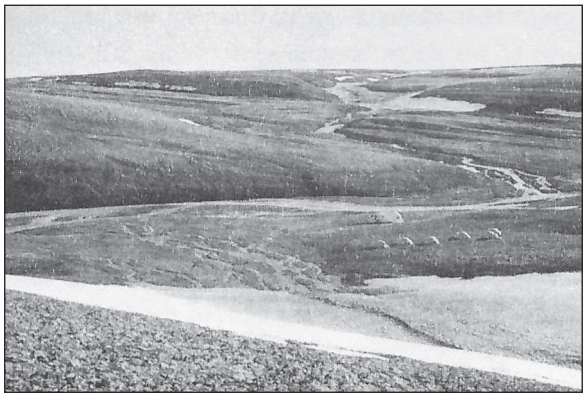
Pasitelkę E. Embrio geologinių tyrimų duomenis, ketinome 2000 m. ekspediciją perkelti į Elsmyro salą rytuose – ten tikėjomės rasti uolienų, susidariusių iš upių dugno nuogulų. Netrukus ten pradėjome aptikti žuvų kaulų liekanų, ne ką didesnių už 25 centų monetas.

Tikro proveržio sulaukėme baigiantis 2000 m. lauko darbų sezonui. Tai įvyko prieš pat vakarienę, likus maždaug savaitei iki mūsų parskraidinimo namo. Grupė jau buvo grįžusi į stovyklą, ir visi tvarkėme įprastinius pavakario reikalus: rūšiavome dienos radinius, registravome žurnale ir ketinome ruoštis vakarieniauti. Staiga pastebėjome, kad stovykloje nėra Džeisono Daunso (*Jason Downs*), uolaus, paleontologinių atradimų ištroškusio paskutinio kurso studento.

Sunerimti būta dėl ko, nes paprastai vaikštome grupėmis; o jeigu tenka išsiskirti, visada aiškiai sutariame, kada ir kur susitiksime. Negalima lengvabūdiškai elgtis vietovėse, po kurias zuja baltieji lokiai, ir kur netikėtai gali užklupti audra. Pamenu, sėdėjau pagrindinėje stovyklos palapinėje su draugais, ir mūsų nerimas dėl Džeisono augo sulig kiekviena minute. Kai jau buvome besirengią eiti ieškoti, išgirdau atsegamo palapinės užtrauktuko garsą.

Iš pradžių pasirodė Džeisono galva. Akys keistai blizgėjo, jis sunkiai gaudė kvapą. Jam įėjus, supratome, kad baltieji lokiai čia niekuo dėti: šautuvas kaip ir įprasta kabojo ant peties. Netrukus tapo aišku, kodėl Džeisonas užtruko: virpančiomis iš susijaudinimo rankomis sauja po saujos traukė fosilijų kaulus, kurių buvo grūste prigrūstos drabužių – striukės, kelnių, palaidinės – kišenės ir nedidelė kuprinė.

Ko gero būtų prisigrūdęs ir į kojines, batus, jei tik būtų galėjęs basomis parsigauti į stovyklą. Visi šie fosilinių kaulų fragmentai buvo surinkti nuo uolienos paviršiaus nedideliame plote, prilygstančiame mažalitražio automobilio stovėjimo vietai, maždaug už mylios [pusantro kilometro] nuo stovyklos. Vakarienę teko atidėti.



MŪSŲ MAŽYTĖ STOVYKLA (VIRŠUJE) BEKRAŠTĖS DYKROS PLATYBĖSE. MANO „VASARNAMIS“ (ŽEMIAU) – NEDIDUKĖ PALAPINĖ, SUTVIRTINTA AKMENIMIS, KAD NENUPŪSTŲ GŪSINGAS VĖJAS (DAŽNAI STIPRESNIS NEI 50 MYLIŲ PER VALANDĄ [20 M/S]). NUOTRAUKOS AUTORIAUS.

Arktyje vasarą būna šviesu ištisą parą, todėl nereikėjo bijoti, kad užklups tamsa. Pasičiupome keletą plytelių šokolado ir nuskubėjome į Džeisono aptiktą vietą. Ji glaudėsi prie kalvos šlaito tarp dviejų nuostabių upių slėnių ir, kaip nupasakojo Džeisonas, visa buvo užklota fosilinių žuvų kaulų kilimu. Keletą valandų rinkome kaulų fragmentus, fotografavome ir aptarinėjome ieškos planus. Šiai radimvietei buvo būdingos visos mūsų ieškomos savybės. Rytojaus dieną vėl sugrįžome, turėdami naują tikslą: surasti būtent tą uolienos sluoksnį, kuriame glūdi palaidoti žuvų kaulai.

Buvo labai svarbu nustatyti Džeisono aptiktų kaulų fragmentų šaltinį – vienintelę vietą, kur galėjome tikėtis sveikų griaučių. Tačiau Arkties sąlygos viską gali apversti aukštyn kojomis. Kiekvieną žiemą temperatūra nukrinta iki –40 °F [–40 °C]. Vasarą, kai saulė niekada nenusileidžia, oro temperatūra pakyla beveik iki +50 °F [+10 °C]. Dėl tokių šalčio ir atlydžio ciklų gerokai padidėja paviršinių uolienų ir fosilijų trapumas. Veikiamos šalčio, jos susitraukia, o sušildytos vasaros saulės – išsiplečia. Per tūkstančius metų uolienoms kasmet traukiantis ir plečiantis, jų paviršiuje esantys kaulai suyra į gabalus.

Stovėdami šlaite priešais kaulų krūvas, niekaip negalėjome nustatyti, kuris konkretus uolienos sluoksnis yra jų šaltinis. Keletą dienų rausėme šlaite šurfus ir, geologinius plaktukus naudodami kaip virgules, siekėme nustatyti, iš kurios šlaito vietos šie fosilijų fragmentai iškilo. Galiausiai po keturių dienų šį sluoksnį aptikome ir suradome daugybę iškastinių žuvų griaučių, kurie daug kur gulėjo vienas ant kito.

Ir vėl nesėkmė: aptiktos žuvys priklausė žinomoms rūšims, randamoms panašaus amžiaus uolienose Rytų Europoje. Svarbiausia – šios žuvys nebuvo

ŠTAI MŪSŲ DARBO VIETA: ELSMYRO SALOS PIETINĖ DALIS, KANADOS NUNAVUTO TERITORIJA, MAŽDAUG UŽ 1000 MYLIŲ [1600 KM] NUO ŠIAURĖS AŠIGALIO.

itin artimos sausumos stuburinių giminaitės. 2004 m. ryžomės mėginti dar kartą. Savo padėtį galėjome apibūdinti žodžiais „pergalė arba mirtis“. Mūsų Arkties ekspedicijos – gana brangios, ir jeigu artimiausiu metu nebūtų pavykę aptikti svarbių radinių, toliau ieškoti būtų tekę atsisakyti.

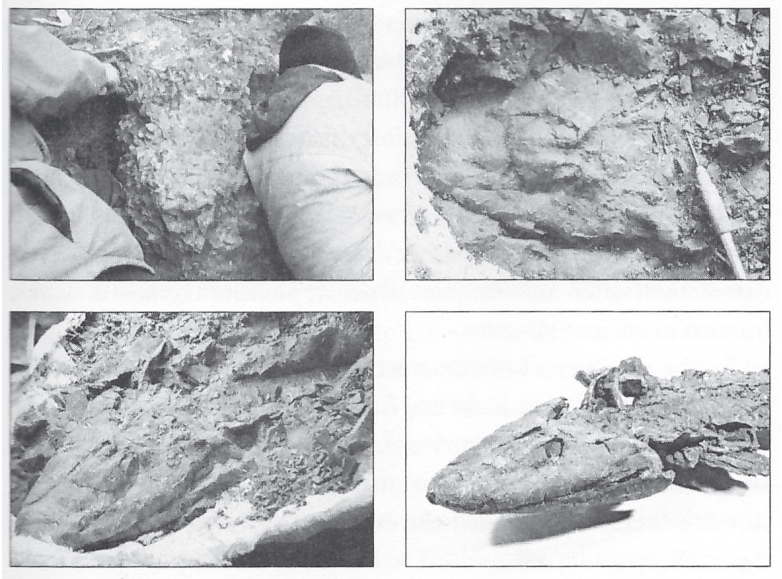
Viskas pasikeitė per keturias dienas 2004 m. liepos pradžioje. Žarsčiau akmenis karjero dugne, dažniau skaldydamas ledą nei uolieną. Vienoje vietoje, prakirtęs ledą, pamačiau tai, ko niekada nepamiršiu: žvynuotą lopinėlį, nepanašų į jokį kitą tame karjere iki tol aptiktą radinį. Šalia jo gulėjo dar vienas apledėjęs gumulas. Savo forma jis priminė nasrus. Tačiau šie nasrai nebuvo panašūs į jokios kada nors mano matytos žuvies nasrus. Atrodo, šiuos nasrus turėjusi galva buvo plokščia.

Kitą dieną mano kolega Stivas Geitsis (*Steve Gatesy*) žarstė akmenis viršutinėje to paties karjero dalyje. Jis pakėlė kumščio didumo atskalą, iš kurios kyšojo keisto gyvūno galva. Kaip ir duobės dugne mano aptiktos apledėjusios žuvies, ši taip pat plokščia. Tai – naujas ir svarbus radinys. Tačiau Stivo egzemplioriuje buvo kur kas daugiau radinių, nei manajame. Matėme priekinę kūno dalį, vadinasi, jeigu pasiseks, iš šio luito galėsime išgauti visus griaučius.

Kiaurą vasarą Stivas kantriai šalino nuo griaučių uolienos fragmentus, kad galėtume jį parsigabenti į laboratoriją ir kruopščiai nuvalyti. Meistriškai pasidarbavęs, Stivas rado vieną pačių nuostabiausių iš iki šiol aptiktų fosilijų, rodančių stuburinių persikėlimo iš vandens į sausumą laikotarpį.

Į laboratoriją atsigabenti uolienų pavyzdžiai atrodė kaip paprasčiausi akmenys su fosilijomis. Ištisus du mėnesius preparuotojai atsidėję po dalelytę nuo griaučių šalino uolieną dažniausiai rankiniu būdu: odontologų instrumentais ar dantų šepetėliais. Kiekviena diena atskleisdavo naujų šio fosilinio gyvūno anatomijos detalių. Nuvalę naują didelę jo griaučių dalį, neretai sužinodavome kažką naujo apie sausumos stuburinių kilmę.

Tą 2004 m. rudenį iš uolienos išgavome ne paprasto gyvūno fosiliją, o formą, buvusią tarp žuvies ir sausumos stuburinio. Žuvys nuo sausumos stuburinių skiriasi daugeliu požymių. Žuvis turi kūginę galvą, o pirmųjų sausumos stuburinių galvos priminė dabartinių krokodilų – jos plokščios ir su išsišovusiomis akimis. Žuvis be kaklo: kaukolė prie liemens pritvirtinta eile kaulinių plokštelių. Seniausieji sausumos stuburiniai, kaip ir visi jų palikuonys, kaklus turi, tad gali sukinėti galvas, nesvarbu, kokia pečių padėtis.

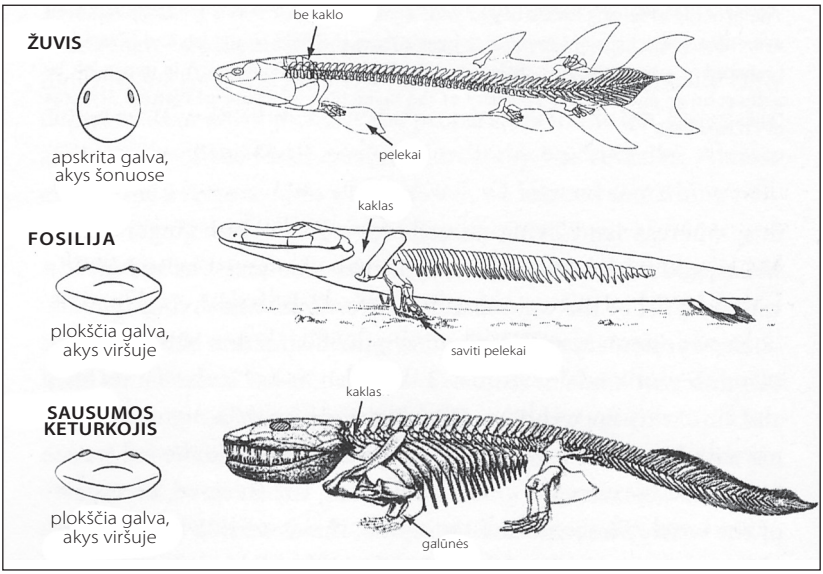


FOSILIJŲ IEŠKOMA ŠALINANT UOLIENOS FRAGMENTUS. ŠIOSE NUOTRAUKOSE MATYTI, KAIP FOSILIJŲ IEŠKOMA, IR KAIP JOS GABENAMOS IŠ RADIMVIETĖS Į LABORATORIJĄ. LABORATORIJOJE FOSILIJOS PAVYZDYS KRUOPŠČIAI NUVALOMAS. NUOTRAUKA KAIRĖJE VIRŠUJE – AUTORIAUS, KITAS NUOTRAUKAS MALONIAI LEIDO SKELBTI T. DEŠLERIS IŠ FILADELFIJOS GAMTOS MOKSLŲ AKADEMIJOS.

Yra ir daugiau ryškių skirtumų. Žuvies kūnas yra žvynuotas, sausumos stuburiniai – bežvyniai. Kitas svarbus skirtumas – pirmosios turi pelekus, antrieji – galūnes, kurios baigiasi kulkšnimis, čiurnomis, plaštakomis ir pirštais. Ir tai toli gražu ne visi žuvų ir sausumos stuburinių skirtumai.

Tačiau mūsų aptikta būtybė turėjo abiem gyvūnų grupėms būdingų požymių. Kaip ir žuvis, ji buvo žvynuota ir turėjo plėviškus pelekus. Tačiau galva plokščia, su kūnu ją jungė kaklas. Tai sausumos stuburiniams būdingi požymiai. Be to, pelekas sudarytas iš kaulų, atitinkančių žastą, dilbį ir netgi kai kuriuos riešakaulius. Ir, negana to, šios iškasenos kaulai sujungti sąnariais: pečių, alkūnių ir riešų. Viskas plėviško peleko viduje.

Iš esmės beveik visi šiam padarui ir sausumos stuburiniams būdingi požymiai atrodo labai primityvūs. Pavyzdžiui, jo „žastikaulis“ (*humerus*) savo forma ir gūbrių išsidėstymu primena tiek žuvies, tiek varliagyvio. Tą patį galima pasakyti apie kaukolės ir mentės formą.



ŠIS PAVEIKSLAS PAAIŠKINA VISKĄ. *TIKTAALIKAS* – TARPINĖ GRANDIS TARP ŽUVIES IR PRIMITYVAUS SAUSUMOS STUBURINIO.

Užtrukome šešerius metus, kol radome šią fosiliją, tačiau ji patvirtino vieną paleontologijos prielaidą: žuvis ne tik buvo tarp dviejų skirtingų gyvūnų grupių. Ją aptikome *tam tikro Žemės istorijos laikotarpio uolienoje*, kuri *susiformavo tam tikroje aplinkoje*. Atsakymas tūnojo 375 mln. m. uolienose, susiformavusiose upėse.

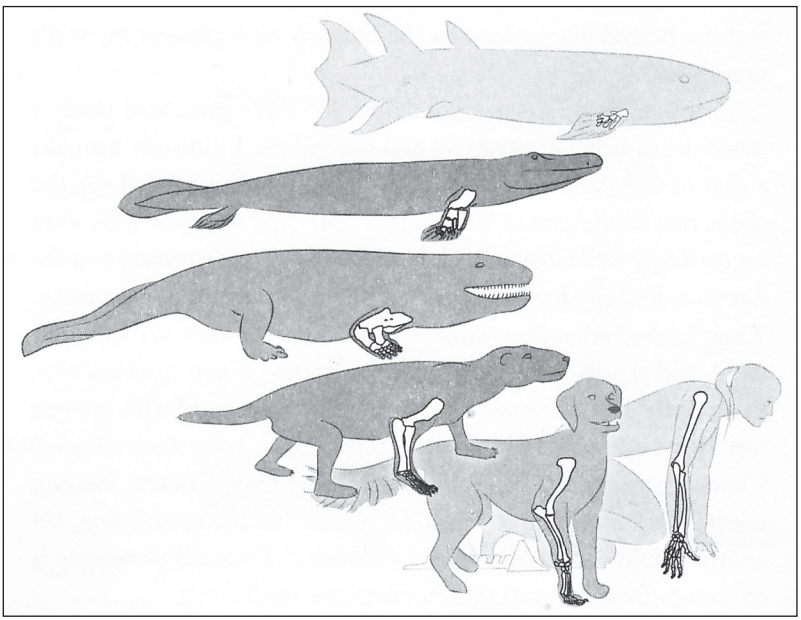
Kadangi Tedas, Ferišas ir aš esame tikrieji šio gyvūno suradėjai, įgijome išskirtinę teisę jam suteikti oficialų mokslinį pavadinimą. Norėjome, kad jis rodytų šios žuvies kilmę iš arktinės Nunavuto teritorijos ir mūsų dėkingumą eskimų tautai, leidusiai dirbti jų žemėje. Kreipėmės į Nunavuto seniūnų tarybą (*Inuit Qaujimajatuqangit Katimajiit)*, kad ji pasiūlytų pavadinimą vietinių eskimų (inuktitutų) tarme.

Tiesa, kiek sunerimau, kad *Inuit Qaujimajatuqangit Katimajiit* taryba gali pasiūlyti tokį pavadinimą, kurio nesugebėsime ištarti. Tada jai nusiunčiau fosilijos nuotrauką, ir netrukus sulaukėme dviejų siūlymų: *Siksagiaq* ir *Tiktaalik.* Pastarąjį pasirinkome dėl to, kad šį žodį gana lengvai gali ištarti ir nemokantis eskimų kalbos, ir dėl to, kad jis reiškia didelę gėlavandenę žuvį.

Kai 2006 m. balandį paskelbėme apie savo atradimą, kitą dieną tiktaalikas tapo svarbiausia daugelio laikraščių naujiena, ir netgi solidūs dienraščiai, sakykime, *The New York Times,* apie jį pranešė didžiulėmis antraštėmis. Visuotinis dėmesys mūsų radiniui visą savaitę jaukė mano įprastai ramų gyvenimo ritmą. Tačiau įsimintiniausias šio žiniasklaidos sukelto šurmulio dalykas man tapo ne tiktaaliko karikatūros, ne vedamieji straipsniai ir ne karštos diskusijos tinklaraščiuose. Didžiausią įspūdį paliko įvykis sūnaus vaikų darželyje.

Kai žiniasklaidos triukšmas įsišėlo kaip reikiant, darželio auklėtoja manęs paprašė atsinešti tiktaaliko fosiliją ir apie ją papasakoti vaikams. Klusniai atsinešiau jo gipso išlają į Natanielio (sūnaus) grupę, mintimis rengdamasis kilsiančiam triukšmui. Tačiau dvi dešimtys keturmečių ir penkiamečių elgėsi kaip niekada ramiai, kol pasakojau, kaip dirbome Arktyje iki suradome šią fosiliją, ir rodžiau aštrius jos dantis. Paskui paklausiau, kas, jų nuomone, tai galėtų būti.

Išdygo miškas rankų. Pirmas vaikas pasakė: tai gali būti krokodilas arba aligatorius. Paklausęs, kodėl taip mano, išgirdau atsakymą: šio gyvūno



PRIEKINIŲ GALŪNIŲ GRIAUČIŲ VYSTYMASIS NUO ŽUVIES IKI ŽMOGAUS.

plokščia galva su akimis viršuje kaip krokodilo arba driežo. Taip pat jis turi didelius dantis.

Kiti vaikai ėmė jam prieštarauti. Kai parodžiau į vieną iš keliančių rankas vaikų, išgirdau: „Ne, ne, tai joks krokodilas, tai žuvis, nes ji turi žvynus ir pelekus!“ O dar vienas vaikas sušuko: „O gal tai ir viena, ir kita?“

Štai apie ką tiktaalikas byloja – ir taip aiškiai, kad suvokia net ikimokyklinukai. Tačiau tiktaalikas leidžia sužinoti kur kas daugiau. Jis gali papasakoti ne vien apie žuvų evoliuciją – joje galima aptikti ir dalelę mūsų pačių. Būtent šių sąsajų paieškos ir atvedė mane į Arktį.

Kodėl esu toks tikras, kad ši fosilija yra susijusi su mano paties kūnu? Pažvelkime į tiktaaliko kaklą. Visos iki jo gyvenusios žuvys turi grupę kaulų, jungiančių kaukolę su pečių juosta, todėl kai žuvis pasuka kūną, pasisuka ir galva. Tiktaalikas yra kitoks. Jo galva nesuaugusi su pečiais. Tokia sandara šią žuvį suartina su varliagyviais, ropliais, paukščiais ir žinduoliais, kuriems priklausome ir mes, žmonės. Žuvų virsmas sausumos stuburiniais prasidėjo tada, kai panašios į tiktaaliką žuvys prarado keletą kauliukų.

Panašiu būdu galima išnagrinėti riešakaulių, šonkaulių, klausos kaulelių ir kitų mūsų griaučių dalių vystymąsi – visų jų užuomazgų atsirado panašiose į tiktaaliką žuvyse. Ši fosilija – lygiai tokia pati mūsų kilmės istorijos dalis, kaip ir Afrikos hominidai, pavyzdžiui, garsioji Liusi (*Australopithecus afarensis*). Tirdami Liusi, tiriame savo istoriją nuo artimiausių mūsų biologinių protėvių – aukštesniųjų primatų. Tirdami tiktaaliką, tiriame savo istoriją, prasidėjusią nuo žuvų.

Ką sužinojome? Mūsų pasaulyje viešpatauja tokia griežta tvarka, kad, vaikštinėdami po zoologijos sodą, galime numatyti, kokių fosilijų rasime konkrečiuose įvairių pasaulio vietovių uolienų sluoksniuose. Prognozės gali padėti aptikti fosilijas, bylojančias apie svarbius gyvybės istorijos įvykius žiloje senovėje. Šių įvykių pėdsakų išlieka mumyse tam tikrų mūsų anatomijos bruožų pavidalu.

Paminėsiu dar vieną faktą: savo istoriją galime atkurti pagal genus, kitaip tariant, tyrinėdami DNR. Šių duomenų apie mūsų praeitį nerasime Žemės uolienų sluoksniuose – jie glūdi kiekvienoje mūsų kūno ląstelėje. Siekdami ištirti savo istoriją, savo kūno atsiradimo istoriją, remsimės ir fosilijomis, ir genais.

ANTRAS SKYRIUS

TVIRTI GNIAUŽTAI

Medicinos fakulteto prozektoriumo vaizdų neįmanoma užmiršti. Štai įeinate į patalpą, kurioje praleisite keletą mėnesių, pjaustinėdami žmonių kūnus, atverdami sluoksnį po sluoksnio, organą po organo, ir dar turėsite išmokti dešimtis tūkstančių naujų kūno dalių pavadinimų.

Likus keliems mėnesiams iki mano pirmojo žmogaus kūno skrodimo, mėginau pasirengti tam, ką pamatysiu, įsivaizduoti savo reakcijas ir jausmus. Paaiškėjo, kad paruošti šiai patirčiai vaizduotė buvo bejėgė. Akimirka, kai nutraukėme paklodę ir pamatėme negyvėlį, nebuvo tokia baisi, kaip tikėjausi. Rengėmės atverti krūtinės ląstą, todėl atidengėme tik jos sritį, o galvą, rankas ir kojas palikome įvyniotas į konservante išmirkytą marlę.

Kūno audiniai neatrodė labai žmogiški. Apdorotas įvairiais konservantais, pjaunamas kūnas nekraujavo, o oda ir vidaus organai buvo kaip guma. Ėmiau galvoti, kad lavonas panašesnis į lėlę nei į žmogų.

Per keletą savaičių ištyrėme krūtinės ląstos ir pilvo ertmės organus. Netgi pradėjau įsivaizduoti, kad esu kone šios srities specialistas. Kai netrukus pamačiau daugelį vidaus organų, mane apėmė puikybė ir didžiavimasis įgyta patirtimi. Po daugybės savarankiškai atliktų skrodimų ir preparavimų perpratau daugumos pagrindinių organų anatomiją. Viskas buvo daroma mechaniškai, ramiai ir moksliškai.

Šis malonus miražas staiga išnyko, kai ėmiausi plaštakos. Nuvyniojus marlę nuo pirštų ir išvydus sąnarius, pirštų galiukus ir nagus, prasiveržė jausmai, ramiai tūnoję paskutines keletą savaičių. Tai ne lėlė ir ne manekenas –

kadaise buvo gyvas žmogus, kuris šia ranka kažką nešiojo ar glostė kažkieno galvą. Staiga skrodimas, iki tol laikytas mechaniniu veiksmu, virto labai asmenišku. Iki tol šiam negyvėliui nejaučiau nieko. Jau buvau išėmęs skrandį, tulžies pūslę ir kitus organus, tačiau ar gali sveiko proto žmogus pajusti ryšį su kitu žmogumi, pamatęs jo tulžies pūslę?

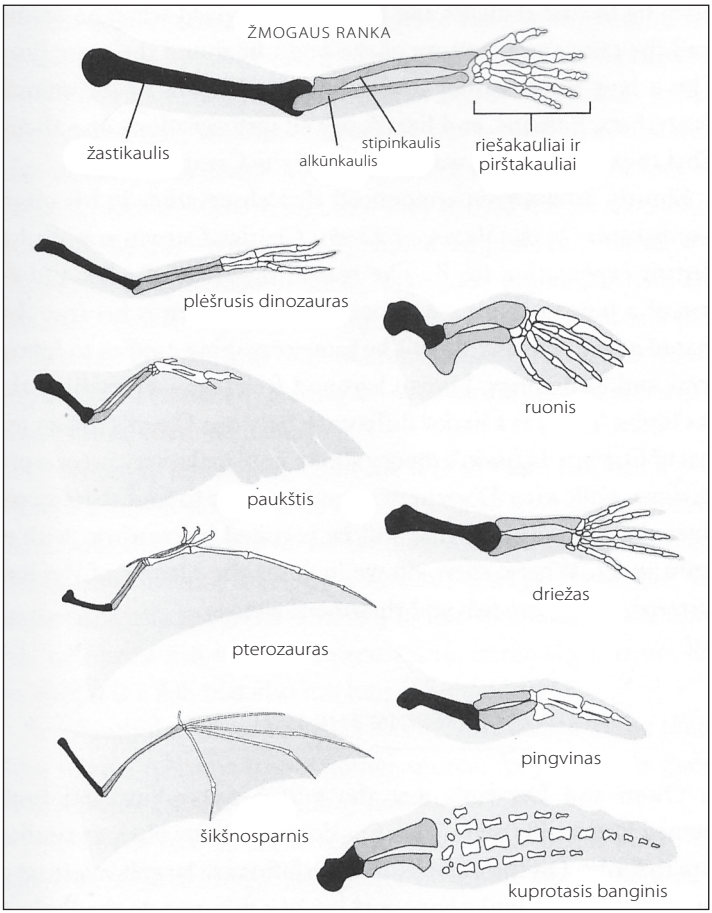
Kuo ypatinga ranka, kad ji atrodo tarsi žmogaus kvintesencija? Ko gero į šį klausimą galima atsakyti taip: ranka – aiškus mūsų tarpusavio ryšys, simbolis to, kas mes esame ir ką galime pasiekti. Mūsų gebėjimas sugriebti, statyti ir įgyvendinti sumanymus glūdi šiame kaulų, nervų ir kraujagyslių derinyje.

Žmogaus rankos vidus stulbina kompaktiškumu. Nykščio pakyla turi keturis raumenis. Pasukinėkite nykštį ir palenkite plaštaką: vienu metu darniai suveiks dešimt raumenų ir mažiausiai šeši kaulai. Rieše yra mažiausiai aštuoni kauliukai, judantys vienas kito atžvilgiu. Lenkiant riešą, dalyvauja keli raumenys, kurie prasideda ties dilbiu, pereina į sausgysles ir baigiasi plaštakose. Pats paprasčiausias judesys sukelia sudėtingą daugelio dalių, užimančių mažytę delno erdvę, sąveiką.

Mūsų rankose glūdinti sudėtingumo ir žmogiškumo samplaika nuo seno domina ir žavi mokslininkus. 1822 m. įžymus škotų chirurgas seras Čarlzas Belas (*Charles Bell*) parašė klasikinę knygą apie rankos plaštakos anatomiją. Jos pavadinimas išties iškalbingas: *The Hand, Its Mechanism and Vital Endowments as Evincing Design* („Ranka, jos mechanizmas ir esminės funkcijos kaip aukštesnės prasmės įrodymas“). Autorius įsitikinęs, kad rankos sandara yra „tobula“, nes ji sudėtinga ir gerai pritaikyta mūsų gyvensenai. Jo supratimu, šis apgalvotas tobulumas galėjo būti tik dieviškosios kilmės.

Didis anatomas seras Ričardas Ovenas (*Richard Owen*) buvo vienas garsiausių mokslininkų, ieškojusių mūsų kūne dieviškojo prado. Jam nusišypsojo laimė būti anatomu XIX a. viduryje, kai atokiuose Žemės kampeliuose mokslininkai vis dar atrasdavo iki tol neregėtų gyvūnų rūšių. Europos mokslininkams ištiriant vis daugiau mūsų planetos rajonų, į laboratorijas ir muziejus patekdavo pačių įvairiausių egzotiškų gyvūnų.

R. Ovenas apibūdino gorilą, kurios pirmasis egzempliorius parvežtas iš ekspedicijos Centrinėje Afrikoje. Jis pirmasis pasiūlė terminą dinozauras, juo pavadindamas vieną iš iškastinių gyvūnų, aptiktų Anglijos uolienose. Tyrinėdamas lig tol nematytas keistas būtybes, sugebėjo įžvelgti tam tikrą tvarką šioje iš pirmo žvilgsnio netvarkingoje biologinėje įvairovėje.



BENDRA STUBURINIŲ GALŪNIŲ SANDARA: VIENAS KAULAS, PRIE JO JUNGIASI DU KAULAI, PRIE PASTARŲJŲ JUNGIASI KAULIUKAI, PASTARIEJI BAIGIASI PIRŠTAKAULIAIS.

Mokslininkas nustatė, kad mūsų rankos ir kojos, plaštakos ir pėdos atitinka bendrą daugeliui gyvūnų schemą. Jis patvirtino tai, ką anatomai žinojo seniai – žmogaus rankos griaučiai eina tam tikra seka: vienas petikaulis, du dilbio kaulai, devyni riešo kauliukai ir penki pirštai, sudaryti iš kelių nuosekliai sujungtų kaulų. Kojos griaučių sandara yra panaši: vienas kaulas, du kaulai, daug kauliukų ir penki pirštakauliai. Lygindamas šį modelį su įvairiais griaučiais iš viso pasaulio, R. Ovenas padarė nepaprastą atradimą.

Tyrėjo genijus pasireiškė tuo, kad jis nesistengė sutelkti dėmesio į įvairių griaučių skirtumus. Jis nustatė ir vėliau savo paskaitose ir knygose skelbė *išskirtinio panašumo* bruožus tokių skirtingų būtybių, kaip varlė ir žmogus. Visų sausumos stuburinių galūnės (sparnai, plaukmenys ar rankos) yra tos pačios sandaros. Vienas kaulas, žastikaulis priekinėse galūnėse arba šlaunikaulis užpakalinėse yra sujungtas sąnariu su dviem kaulais, kurie toliau jungiasi su eile kauliukų, susijungiančių su pirštakauliais.

Toks modelis būdingas visų sausumos stuburinių galūnių sandarai. Norite įsivaizduoti šikšnosparnio sparną? Labai ištempkite pirštus. Norite arklio kojos? Ištempkite didžiuosius pirštus ir sulenkite arba paslėpkite kitus. O gal pageidaujate varlės kojos? Pailginkite kojos kaulus ir keletą jų suauginkite vieną su kitu.

Šių gyvūnų griaučiai skiriasi kaulų dydžiu bei forma, taip pat kauliukų ir pirštakaulių skaičiumi. Nors gyvūnų galūnės atlieka skirtingas funkcijas ir skiriasi išvaizda, principinė jų sandara vienoda.

Galūnių sandaros bendrybių atradimas buvo tik R. Oveno veiklos pradžia. Tirdamas skirtingų gyvūnų kaukoles, stuburus ir, žinoma, viso kūno sandarą, nustatė tą pačią bendrystę. Visų gyvūnų griaučiai yra sudaryti pagal tą pačią pamatinę schemą. Varlės, šikšnosparniai, žmonės ir driežai – tos pačios temos variacijos. Mokslininkas tikėjo, kad ši tema – tai mūsų Kūrėjo planas.

Kai savo išvadas R. Ovenas paskelbė klasikinėje monografijoje *On the Nature of Limbs* („Apie galūnių kilmę“), Čarlzas Darvinas (*Charles Darwin*) šiuos faktus paaiškino paprastai. Šikšnosparnio sparno ir žmogaus rankos griaučių panašumą nulėmė tai, kad šikšnosparniai ir žmonės kilo iš vieno protėvio. Lygiai taip pat galima paaiškinti žmogaus rankų ir paukščių sparnų, žmogaus ir varlės kojų panašumus – visus stuburinių gyvūnų panašumus.

Tačiau R. Oveno ir Č. Darvino teorijos skiriasi vienu principiniu dalyku: remdamiesi Č. Darvino teorija, galime gana tiksliai prognozuoti – galime viltis, kad R. Oveno schema turi praeitį, siekiančią jokių galūnių neturėjusias būtybes. Tad kurgi glūdi sausumos stuburinių galūnių ištakos? Jų turime ieškoti žuvyse ir jų pelekų griaučiuose.

ŽVILGSNIS Į ŽUVIS

R. Oveno ir Č. Darvino laikais atrodė, kad žuvų pelekus ir stuburinių galūnes skiria neįveikiama praraja. Iš pirmo žvilgsnio šie organai nepanašūs. Daugumos žuvų pelekus iš išorės dengia plėvelė. Žmogaus ir visų kitų sausumos stuburinių galūnės tokių plėvelių neturi. Jeigu nuo peleko nuimsime plėvelę ir jo griaučius lyginsime su žmogaus galūnių griaučiais, bus ne ką lengviau. Daugelis žuvų neturi nieko panašaus, ką būtų galima palyginti su R. Oveno schema (kaulas – du kaulai – daugybė kauliukų – pirštakauliai). Visų sausumos stuburinių galūnių pagrindą sudaro vienas ilgas kaulas – žastikaulis ir šlaunikaulis. Žuvų griaučiai atrodo visiškai kitaip. Tipiško peleko pagrindą sudaro keturi ar daugiau kaulų.

XIX a. viduryje anatomai pradėjo tyrinėti paslaptingas žuvis, gyvenančias pietinių žemynų vidaus vandenyse.

Vieną pirmųjų tokių žuvų aptiko Pietų Amerikoje dirbęs vokiečių anatomas. Ji panaši į įprastą žuvį, turinčią pelekus ir žvynus, tačiau ryklėje yra dideli trachėjos maišai – plaučiai! Be to, šis gyvūnas žvynuotas ir su pelekais. Atradėjai taip suglumo, kad jį pavadino *Lepidosiren paradoxa* („paradoksalus žvynuotas varliagyvis“).

Kitos plaučius turinčios žuvys, kaip ir atrastoji amerikinė dvikvėpė, netrukus buvo aptiktos Afrikoje ir Australijoje. Visos jos buvo pavadintos dvikvėpėmis. Vieną šių žuvų Afrikos tyrinėtojai atvežė R. Ovenui. Kai kurie mokslininkai, pavyzdžiui, Tomas Hakslis (*Thomas Huxley*) ir anatomas Karlas Gegenbauras (*Carl Gegenbaur*), dvikvėpes žuvis laikė esant varliagyvio ir žuvies hibridu. Čiabuviams jos – skanėstai.

Iš pažiūros niekuo neišsiskiriančių šių žuvų pelekų griaučių sandaros poveikis mokslui buvo didžiulis. Dvikvėpių žuvų peleko pagrindą sudaro tik vienas kaulas, jis yra prisitvirtinęs prie peties. Bet kuriam anatomui panašumas į sausumos stuburinius būtų akivaizdus. Mūsų viršutinė rankos dalis taip pat turi vieną kaulą, ir tas pavienis kaulas, žastikaulis, pritvirtintas prie mentės. Dvikvėpė žuvis turi žastikaulį. O įdomiausia, kad ji ne šiaip sau žuvis, o žuvis, turinti plaučius. Nejau tai sutapimas?

Kai XIX a. mokslas sužinojo apie keletą iki šiol aptinkamų dvikvėpių žuvų rūšių, mokslininkai rado ir kitokių dalykų. Atspėjote: kalbame apie

iškastines žuvis. Viena pirmųjų tokių fosilijų buvo aptikta Gaspė pusiasalio pakrantėje Kvebeke maždaug 380 mln. m. uolienoje. Žuvis buvo pavadinta sunkiai ištariamu *Eusthenopteron* vardu. Ji turėjo neįtikėtiną varliagyviams ir žuvims būdingų požymių derinį. Iš R. Oveno aprašytų galūnių kaulų (pavienis kaulas – du kaulai – daug kauliukų – pirštakauliai), *Eusthenopteron* peleko griaučius sudarė du pirmieji sandai (kaulas – du kaulai). Taigi, kai kurių žuvų pelekai tuomet buvo sudaryti panašiai kaip stuburinių galūnės. R. Oveno archetipas nebuvo dangiškasis ar amžinasis visos gyvybės pradas.

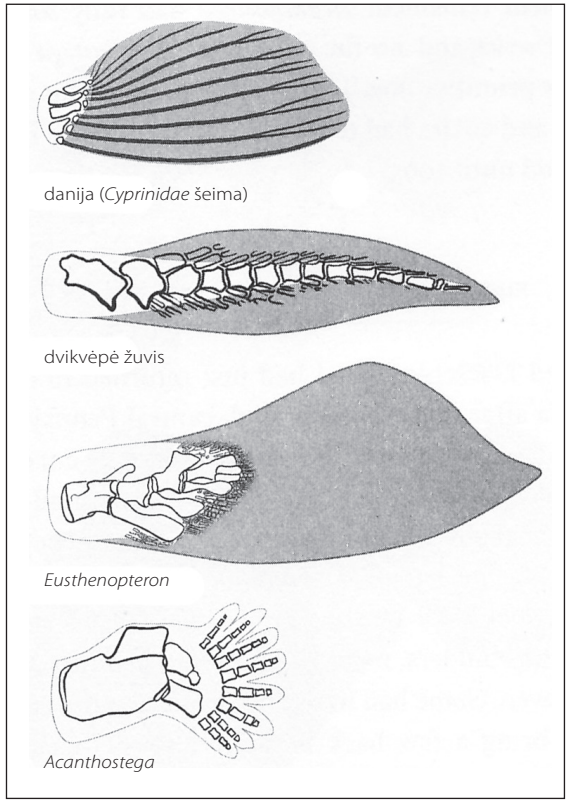
Jis turėjo savo kilmės istoriją, ir jo pėdsakų išliko devono uolienose, kurioms gali būti 390–360 mln. m. Šis svarbus atradimas nulėmė visiškai naują tyrimų programą: pirštų atsiradimo įrodymų reikia ieškoti kažkur devono uolienose.

XX a. trečiajame dešimtmetyje uolienos pateikė naujų staigmenų. Jaunam švedų paleontologui Gunarui Save-Soderbergui (*Gunnar Säve-Söderbergh*) nusišypsojo laimė fosilijų ieškoti Grenlandijos rytinėje pakrantėje. Tuomet ši sritis buvo *terra incognita*, tačiau mokslininkas nustatė, kad joje buvo didžiuliai devono uolienų klodai.

Būdamas vienas geriausių visų laikų paleontologų, garsėjusių nenuilstama tyrinėtojo dvasia ir nepaprastu įžvalgumu, per savo neilgą gyvenimą iškasė daugybę mokslui vertingų fosilijų (deja, jo gyvenimas tragiškai nutrūko pačioje jaunystėje: mirė nuo džiovos netrukus po savo paskutinių ekspedicijų, kai padarė keletą stulbinamų atradimų). 1929–1934 m. jo surengtose ekspedicijose mokslininkų grupė atrado fosilijų, kurios tais laikais buvo pavadintos viena svarbiausių trūkstamųjų paleontologinio metraščio grandžių.

Apie šį atradimą trimitavo viso pasaulio laikraščiai, jis buvo išjuokiamas karikatūromis, o jo svarba nagrinėjama vedamuosiuose straipsniuose. Švedų paleontologo grupės aptiktos fosilijos buvo išties nepaprastos savo požymių gausa: jų galvos ir uodegos – kaip žuvų, tačiau taip pat turėjo gerai išsivysčiusias, sausumos stuburiniams būdingas galūnes (su pirštais), o stuburkauliai labai panašūs į varliagyvių. Po G. Save-Soderbergo mirties šias fosilijas apibūdino jo kolega Erikas Jarvikas (*Erik Jarvik*) ir vieną jų savo draugo garbei pavadino *Ichthyostega soderberghi*.

Kalbant apie mūsų tikslus, *Ichthyostega* kiek nuvylė. Pagal daugelį galvos ir stuburo sandaros bruožų ją išties galima laikyti išskirtine tarpine forma,



DAUGUMA ŽUVŲ (PAVYZDŽIUI, VIRŠUJE PAVAIZDUOTOS DANIJOS) TURI MEMBRANA APTRAUKTUS PELEKUS, O JŲ PAGRINDĄ SUDARO DAUGYBĖ KAULIUKŲ. DVIKVĖPĖS ŽUVYS ATKREIPĖ MOKSLININKŲ DĖMESĮ, NES JŲ (KAIP IR MŪSŲ) GALŪNĖS PAGRINDĄ SUDARO PAVIENIS KAULAS. *EUSTHENOPTERON* (VIDURYJE) PARODĖ, KAIP UŽSIPILDO PRARAJA TARP ŽUVŲ IR SAUSUMOS GYVŪNŲ: ŠIS GYVŪNAS TURI KAULUS, PANAŠIUS Į ŽMOGAUS ŽASTIKAULĮ IR DILBĮ. *ACANTHOSTEGA* (APAČIOJE) TURI *EUSTHENOPTERON* SANDAROS GALŪNIŲ KAULUS, SKIRTUMAS TIK TAS, KAD JOS PIRŠTAI VISIŠKAI SUSIFORMAVĘ.

tačiau ji mažai ką atskleidžia apie sausumos stuburinių galūnių kilmę, nes jos kojos kaip tikrų varliagyvių jau buvo su pirštais. Po kelių dešimtmečių kitas G. Save-Soderbergo atrastas iškastinis gyvūnas – apie jį paskelbus, buvo skirta ne per daugiausiai dėmesio – mūsų nagrinėjamam klausimui suteikė tikrai vertingų žinių.

Šiam antrajam iškastiniam gyvūnui su galūnėmis buvo lemta likti mįsle iki 1988 m., kol mano kolegė paleontologė Dž. Klek, su kuria jus supažindinome 1 skyriuje, grįžo į G. Save-Soderbergo aptiktas radimvietes ir senovinio gyvūno fosilijų rado daugiau. Šis gyvūnas aprašytas dar XX a. trečiajame dešimtmetyje pagal aptiktus švedų paleontologo fragmentus ir pavadintas *Acanthostega gunnari.*

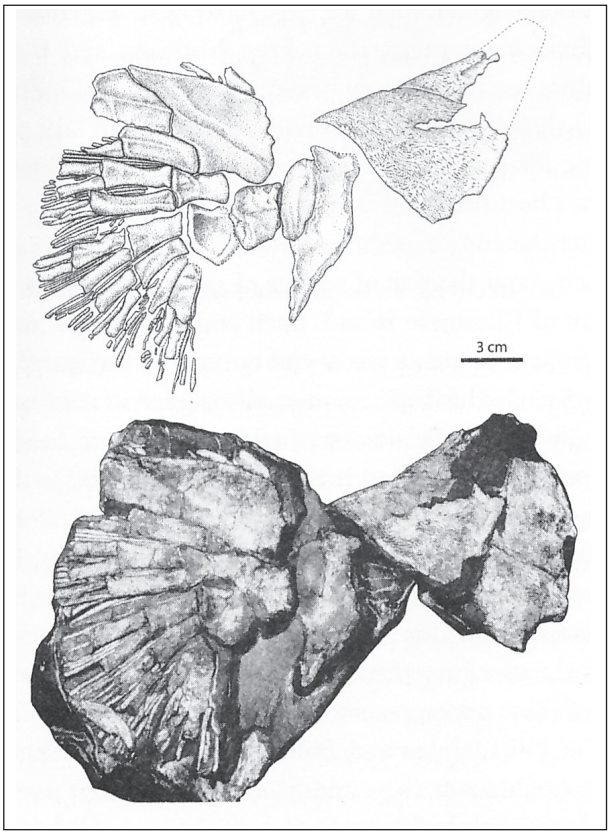
Nauji šio iškastinio gyvūno radiniai atskleidė, kad jis turėjo visavertes galūnes su gerai susiformavusiais pirštais. Tačiau viena jo savybių tapo tikra staigmena: Dž. Klek nustatė, kad *Acanthostega gunnari* galūnė turėjo plaukmenį, primenantį ruonio. Šis radinys Dženi pakišo mintį esą seniausios pirmųjų sausumos stuburinių galūnės atsirado kaip plaukiamieji, o ne organai judėjimui sausumoje.

Ši mintis tapo žingsniu į priekį, tačiau išliko vienas keblumas: *Acanthostega* turėjo pirštus su tikru riešu, bet nebuvo žuvies pelekams būdingos plėvelės. Išskirtinis *Acanthostega* bruožas – sausumos stuburiniams būdingos galūnės, nors ir gana primityvios. Kad sužinotume, kaip atsirado plaštakos ir pėdos, riešai ir kulkšnys, turėjome nusikelti į dar tolimesnę praeitį. Taip klostėsi reikalai iki pat 1995 m.

APTINKAME ŽUVŲ PIRŠTUS IR RIEŠUS

1995 m. su T. Dešleriu atvažiavome pas jį į Filadelfiją, pervažiavę visą Pensilvanijos centrinę dalį – ieškojome vietovių, kur tiesiami keliai. Aptikome nuostabią grunto iškasą 15-ajame kelyje į šiaurę nuo Viljamsporto, kur Pensilvanijos transporto departamentas atidengė milžinišką skardį su apie 365 mln. m. senumo smiltainio klodais. Skardį sprogdino dinamitu, ir greitkelio šalikelėje liko krūvos didžiulių akmenų. Mums tai buvo pati geriausia vieta ieškoti fosilijų. Išlipę iš automobilio, pradėjome ropinėti akmenimis, kurių dauguma savo dydžiu prilygo nedidelei mikrobangų krosnelei. Kai kurių paviršius buvo nusėtas žuvų žvynais, todėl keletą jų įsidėjome parsivežti į Filadelfiją. Kai privažiavome prie Tedžio namų, Deizė, keturmetė jo dukra, išbėgo pasitikti tėčio ir paklausė, ką radome.

Rodydami vieną akmenį, staiga pastebėjome iš jo kyšančią didelės žuvies peleko dalelę. Būdami ten, jo kažkaip nepastebėjome. Netrukus sužinojome, jog aptikome nepaprastą peleką: viduje buvo daugybė kaulų. Laboratorijos



MŪSŲ NUOSTABUSIS PELEKAS. DEJA, PAVYKO RASTI TIK ŠĮ PAVIENĮ EGZEMPLIORIŲ. PIEŠINYS VIRŠUJE ATKURTAS GAVUS SKOTO ROLINSO (*SCOTT RAWLINS*) IŠ ARKEIDIJOS UNIVERSITETO LEIDIMĄ. NUOTRAUKA AUTORIAUS.

darbuotojai sugaišo apie mėnesį, kol išėmė šį peleką iš akmens. Tada išvydome žuvies griaučių liekanas, atitinkančias R. Oveno modelį. Arčiausiai žuvies kūno buvo vienas kaulas. Prie jo tvirtinosi dar du. Į išorę nuo peleko atsikišę maždaug aštuoni kauliukai.Visi požymiai rodė: žuvis turi pirštus.

Pelekas turėjo įprastą plėvelę, žvynus ir netgi žuviai būdingą peties juostą, tačiau jo viduje buvo kaulai, kurie daugeliu požymių priminė „standartinę“ sausumos stuburinio galūnę. Nelaimei, į mūsų rankas pakliuvo tik pavienis pelekas.

Dabar turėjome surasti vietą, kurioje būtų galima aptikti sveikų tokių gyvūnų griaučių. Turint vienintelį peleką, neįmanoma atsakyti į svarbiausius klausimus: kaip šis gyvūnas pelekus naudojo ir ar juose buvo kaulų ir sąnarių, kurie veikė taip pat, kaip mūsų galūnių kaulai ir sąnariai. Atsakyti į šį klausimą galima tik radus sveikus griaučius.

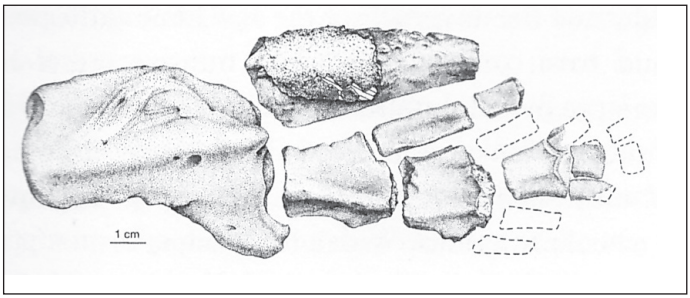
Jų ieškojimas truko beveik dešimtmetį. Ir aš nebuvau pirmasis tuos griaučius pamatęs laimingasis. Juos aptiko fosilijų preparuotojai Fredas Mulisonas (*Fred Mullison*) ir Bobas Masekas (*Bob Masek*). Odontologo įrankiais preparuotojai nugremžia uolieną nuo pavyzdžių ir atidengia fosilijas. Kad iš didžiulio akmens, kuriame slypi fosilija, išgautų gražų, tyrimams tinkantį egzempliorių, jie dažnai triūsia mėnesius, o kartais ir ištisus metus.

Per 2004 m. ekspediciją Elsmyro saloje aptikome tris stambius devono periodo uolienos luitus didelio kelioninio lagamino dydžio. Kiekviename jų buvo po plokščiagalvį gyvūną: karjero dugne vieną apledėjusį radau aš, kitas radinys buvo Stivo, ir dar vieną fosiliją radome paskutinę ekspedicijos dieną.

Kasinėjimų vietoje pašalinome uolieną aplink fosilijų galvas, bet kitur nelietėme, kad laboratorijoje galėtume ištirti šių gyvūnų kūnų sandarą. Tada uolienas užpylėme gipsu ir paruošėme gabenti. Nuimant gipsą nuo radinių, apima jausmas, tarsi atidarytum laiko kapsulę, o joje – žinia iš praeities. Šiame gipse glūdi mūsų gyvenimo Arktyje fragmentai, aprašyti pastabose prie kiekvieno radinio. Nuo radinių pasklinda tundros kvapas.

Fredas Filadelfijoje ir Bobas Čikagoje vienu metu šalino uolieną nuo „savo“ akmenų. Bobas aptiko mažytį kauliuką, kuris sudarė dalį didelio žuvies (tuomet jos dar nebuvome pavadinę tiktaaliku) peleko griaučių. Tačiau šis kubo formos kauliukas nuo kitų peleko kaulų skyrėsi tuo, kad jo gale buvo sąnarys su keturių kaulų duobutėmis. Kitaip kalbant, šis kauliukas buvo bauginamai panašus į riešakaulį. Deja, akmeniniai pelekai išsilaikę itin blogai, ir apie juos pasakyti kažką daugiau negalėjome.

Po savaitės naujų duomenų gavome iš Filadelfijos. Fredas tarsi koks burtininkas su stebuklingais odontologo instrumentais iš akmens iškrapštė sveiko peleko fosiliją. Ir būtent reikiamoje vietoje, dilbio kaulų gale, šiame peleke buvo *toks pat* kaulas. Prie *to* kaulo jungėsi dar keturi. Mes žvelgėme į vienos mūsų kūno dalies kilmės įrodymą, kuris tūnojo 375 mln. m. žuvyje. Radome žuvį, kuri turėjo riešą.



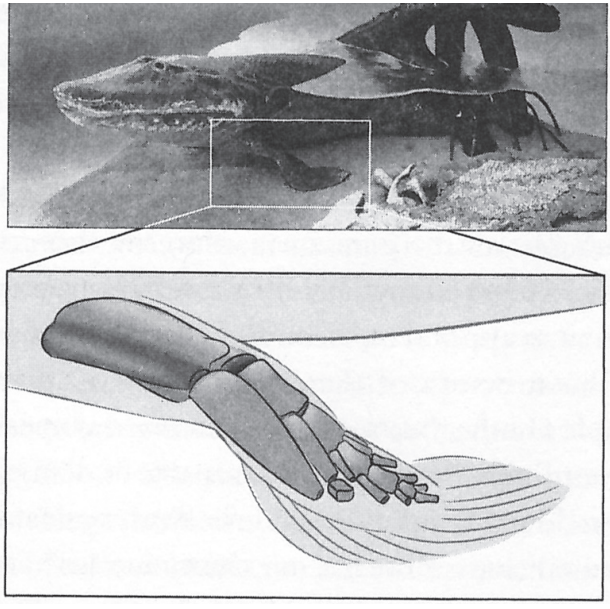
***TIKTAALIKO* – RIEŠĄ TURINČIOS ŽUVIES – PRIEKINIO PELEKO KAULAI.**

Po kelių mėnesių pamatėme visus šios galūnės griaučius. Tai buvo pusiau pelekas, pusiau sausumos stuburinio galūnė. Peleką dengė plėvelė, tačiau jo griaučiai atitiko primityvų R. Oveno schemos variantą: vienas kaulas – du kaulai – daug kauliukų – pirštakauliai. Kaip kad savo teorijose išpranašavo Č. Darvinas, tam tikroje vietoje reikiamo laikotarpio uolienose aptikome dviejų visiškai skirtingų gyvūnų grupių tarpinę grandį.

Pelekas – tik pirmoji atradimo dalis. Pats smagumas Tedui, Ferišui ir man prasidėjo ėmus aiškintis, kokia šio peleko paskirtis, kaip jis veikė, ir spėlioti, dėl ko jame atsirado riešo sąnarys. Šiuos galvosūkius galima išspręsti tiriant kaulų ir juos jungiančių sąnarių sandarą.

Išardę tiktaaliko peleko griaučius, radome šį tą tikrai įdomaus: kiekvieno kaulo sąnario paviršius buvo puikiai išsilaikęs. Žuvis turi mentę, alkūnkaulį ir riešą, sudarytus iš tų pačių kaulų, kaip ir žmogaus žastikaulis, dilbis ir riešas. Tirdami šiuos kaulus jungiančių sąnarių sandarą, kad suprastume, kaip jie judėjo vienas kito atžvilgiu, nustatėme, kad tiktaaliko galūnės buvo pritaikytos atlikti gan neįprastą funkciją: ši žuvis galėjo remtis į žemę. Mums atsispaudinėjant, delnai būna tvirtai prispausti prie žemės, alkūnės yra sulenkiamos: kūną keliame ir nuleidžiame krūtinės raumenimis.

Tiktaaliko kūno sandara taip pat leido atlikti šį mankštos pratimą. Jo galūnės, kaip ir mūsų rankos, galėjo lankstytis per alkūnes, o riešas pelekui padėjo išsilenkti į šoną, todėl žuvies „delnas“ galėjo gerai priglusti prie žemės. Be to, tiktaalikas veikiausiai turėjo puikiai išvystytus krūtinės raumenis. Jeigu pažvelgsime į šio gyvūno mentes ir į apatinę jo žastikaulių dalį toje vietoje, kur jie turėtų susijungti, pamatysime masyvius gūbrelius ir vageles, prie kurių



NATŪRALAUS DYDŽIO *TIKTAALIKO* KŪNO MODELIS (VIRŠUJE) IR JO PELEKO PIEŠINYS (APAČIOJE). PELEKĄ SUDARO ŽASTIKAULIS, ALKŪNĖS SĄNARYS IR PIRMYKŠTIS RIEŠAS, KURIE LEIDO ŽUVIAI DARYTI JUDESIUS, PANAŠIUS Į RĖMIMĄSI.

turėjo tvirtintis galingi krūtinės raumenys. Tiktaalikas kaip tikras karys galėjo įvykdyti komandą: „Pargriuvai – atsispausk 20 kartų!“

Kam žuviai reikėjo remtis? Kad suprastume, turime išnagrinėti visą jos kūną. Plokščia galva su akimis viršuje ir šonkauliai žuviai veikiausiai buvo reikalingi ropoti upių dugnu ir ežerų salpomis, netgi šlepsėti užliejamomis dumblėtomis jūros seklumomis. Kūno masę palaikantys pelekai būtų buvę išties labai naudingi žuviai, turinčiai išgyventi šiose terpėse. Ši interpretacija taip pat atitinka geologines vietovės, kurioje aptikome fosilinių liekanų, ypatybes. Uolienų klodų išsidėstymas ir uolienų grūdėtumas yra būdingas seklių upokšnių, kurių pakrantėmis išsidėsčiusios reguliariai užliejamos salpų pelkės, suneštoms nuoguloms.

Bet kam iš viso reikėjo gyventi tokioje aplinkoje? Kas galėjo priversti žuvį išnirti iš vandens gelmių ir apsigyventi seklumose? Prisiminkime: beveik visos žuvys, plaukiojusios šiose 375 mln. m. upėse, buvo plėšrūnės. Kai kurios jų

išaugdavo net iki 16 pėdų [apie 5 m] ilgio – du kartus ilgesnės nei pats stambiausias tiktaalikas. Kartu su juo iškasamos kitų rūšių žuvys dažniausiai siekia daugiau kaip 7 pėdas [2 m] ilgio ir turi galvą sulig krepšinio kamuoliu. Jų dantys gali būti kaip smaigai, kuriais tvirtinami geležinkelio bėgiai. Ar tikrai norėtumėte plaukioti vienoje iš tokių senovinių upių?

Nė kiek neperdėsime tvirtindami, kad tokiame pasaulyje stipresnieji rydavo silpnesniuosius. Tokiomis aplinkybėmis vienintelė tinkama išgyventi strategija – būk didelis, nuožmus arba iš vandens nešdinkis. Panašu, kad tolimi mūsų protėviai ne itin mėgo peštis.

Tačiau polinkis vengti konfliktų reiškia kai ką daugiau. Šių žuvų pelekuose galime aptikti mūsų pačių galūnių sandaros ištakas. Pasukinėkite riešą. Sugniaužkite ir atgniaužkite delną. Juda sąnariai, kurie atsirado tokių žuvų, kaip tiktaalikas, pelekuose. Anksčiau tokių sąnarių nebuvo. Jie aptinkami vėlesnių sausumos stuburinių galūnėse.

Nuo tiktaaliko keliaukime prie varliagyvių, kol galiausiai pasieksime žinduolius, ir paaiškės, kad patys seniausi gyvūnai, turėję žastą, dilbį, netgi riešakaulius ir delnus, taip pat turėjo žvynus ir pelekus gaubiančią plėvelę. Šie gyvūnai – žuvys.

Ką duoda sandara „vienas kaulas – du kaulai – daugybė kauliukų – pirštakauliai“, kurią R. Ovenas priskyrė Kūrėjo darbams? Kai kurių žuvų, tarkim, dvikvėpių, peleko griaučių pagrindas taip pat turi vieną kaulą. Kitoms žuvims, pavyzdžiui, *Eusthenopteron,* būdinga „vienas kaulas – du kaulai“. Po jų – tiktaalikas, kurio peleko griaučiai – „vienas kaulas – du kaulai – daug kauliukų“. Mūsų galūnėse tūno ne viena žuvis, o ištisas akvariumas. R. Oveno schemos pagrindas – žuvys.

Galbūt tiktaalikas ir galėjo daryti atsispaudimus, bet tikrai negalėjo žaisti beisbolo, skambinti pianinu ar vaikščioti dviem kojomis. Kelias nuo tiktaaliko iki žmogaus be galo ilgas. Tačiau yra vienas labai svarbus ir įspūdingas faktas: daugumą kaulų, leidžiančių žmogui vaikščioti, svaidyti kamuoliukus ar sugriebti ranka, gyvūnai turėjo prieš dešimtis ar šimtus milijonų metų. Mūsų žastų ir kojų užuomazgas turėjo *Eusthenopteron*, gyvenusios prieš 380 mln. m.

Tiktaalikas atskleidė žmogaus riešo, delno ir pirštų srities ankstyvąją evoliuciją. Pirmieji tikruosius pirštakaulius turintys keturkojai – prieš 365 mln. m. gyvenę varliagyviai *Acanthostega.* Galiausiai, visi žmogaus riešakauliai ir šokikauliai pirmą kartą aptikti ropliuose, gyvenusiuose prieš 250 mln. m. Mūsų

rankų ir kojų griaučiai formavosi šimtus milijonų metų iš pradžių žuvų pelekuose, o vėliau varliagyvių ir roplių galūnėse.

Tačiau kur slypi permainų, leidusių naudotis rankomis ir vaikščioti dviem kojomis, esmė? Kaip šie pokyčiai vyko? Pažvelkime į du paprastus su galūnėmis susijusius pavyzdžius, padėsiančius atsakyti bent į kai kuriuos klausimus.

Mes, žmonės, kaip ir daugelis kitų žinduolių, galime keisti nykščio padėtį alkūnės atžvilgiu. Ši paprasta funkcija yra labai svarbi kasdieniam rankų naudojimui. Įsivaizduokite, kaip būtų sunku valgyti, rašyti arba sviesti kamuoliuką, jeigu plaštaka būtų nejudri. Tai daryti galime todėl, kad vienas dilbio kaulų – stipinkaulis – gali sukiotis alkūnės sąnario ašies atžvilgiu. Alkūnės sąnario sandara šiai funkcijai pritaikyta nepaprastai puikiai. Žastikaulio gale yra rutuliukas. Stipinkaulio, kuris jungiamas šioje vietoje, galiukas suformuoja gražią mažą įdubą, apgaubiančią dalį rutuliuko paviršiaus. Būtent šis rutulinis lankstas ir leidžia sukinėti riešą. Šis gebėjimas jį judinti vadinamas pronacija ir supinacija.

Kur glūdi šio gebėjimo ištakos? Tokiose būtybėse kaip tiktaalikas. Jo žastikaulio gale yra pailgas iškilimas, prie kurio priglunda taurės formos įdubimas stipinkaulio sąnaryje. Kai tiktaalikas sulenkdavo galūnę per alkūnę, stipinkaulio galiukas pasisukdavo (arba palinkdavo į priekį) alkūnės atžvilgiu. Daug geresnis šis gebėjimas varliagyvių ir roplių – jų žastikaulio galas yra pavirtęs tikru rutuliuku, labai panašiu į mūsų.

Dabar panagrinėkime užpakalinių galūnių porą. Čia aptiksime svarbų požymį, užtikrinantį mūsų gebėjimą vaikščioti. Šį požymį turi ir kiti žinduoliai. Kitaip nei žuvų ir roplių, žmogaus keliai ir alkūnės yra nukreipti priešingomis kryptimis. Tai esminis požymis: įsivaizduokite, kaip vaikščiotume, jeigu girnelės būtų nukreiptos atgal. Visai kitoks *Eusthenopteron* vaizdas – šios žuvies kelių ir alkūnės atitikmuo lankstosi ta pačia kryptimi. Mums pradėjus vystytis gimdoje, keliai ir alkūnės linktų ta pačia kryptimi kaip *Eusthenopteron'o*. Augančio embriono keliai ir alkūnės sukasi, kol jų padėtis tampa būdinga žmogui.

Juda mūsų, vaikščiojančių dviem kojomis, klubai, keliai, kulkšnys ir pėdų kaulai, padedantys išlaikyti vertikalią padėtį, kuri nė kiek nepanaši į gulsčią gyvūnų, sakykime, tiktaalikio, pozą. Esminis skirtumas – klubų padėtis. Mūsų kojos ne išsikišusios į šonus kaip krokodilų, varliagyvių arba žuvų galūnės, o eina vertikaliai žemyn. Žmogaus laikysena pakitus klubo sąnariui, dubeniui

ir šlauniai: dubuo įgijo vazos formą, klubo duobutė pagilėjo, o šlaunikaulis įgijo aiškiai matomą kakliuką – pastarasis šlaunikaulį ir nukreipia vertikaliai žemyn, ir jis nestyro, atsikišęs į šoną.

Ar mūsų kilmės istorijos faktai įrodo, kad žmonės nėra ypatingi ir niekuo neišsiskiria iš kitų gyvų būtybių? Žinoma, ne. Priešingai, prisikasdami iki giliausių žmogaus kilmės šaknų, savo gyvavimo faktui suteikiame dar daugiau žavesio: visi mūsų ypatingi gebėjimai kilo iš svarbiausių dėmenų, kuriuos turėjo senovinės žuvys ir kiti gyvūnai. Iš bendrų daugelio gyvūnų kūno dalių atsirado išties labai unikali konstrukcija. Žmogaus ir kitos gyvosios gamtos neskiria gili praraja – esame jos dalis iki kaulų bei jų sudedamųjų dalių ir netgi iki savo genų – tuo netrukus įsitikinsime.

Prisimindamas praeitį, suprantu, kad ta akimirka, kai pirmą kartą išvydau žuvies riešą, man buvo ne mažiau svarbi, kaip ir momentas, kai pirmą kartą nuvyniojau marlę nuo lavono pirštų prozektoriume. Abiem atvejais aptikau glaudų manojo žmogiškumo ir kitos būtybės ryšį.

TREČIAS SKYRIUS

RANKŲ GENAI

2004 m. liepą, kol su kolegomis Arktyje atkasinėjome pirmuosius tiktaaliko fosilijų likučius, Rendis Danas (*Randy Dahn*), vienas mano laboratorijos darbuotojų, uoliai darbavosi Čikagos pietinėje dalyje: darė genetinius eksperimentus su ryklių ir rajų embrionais.

Paplūdimiuose dažnai galima pamatyti mažų juodų kiaušinio formos kokonų, kitaip dar vadinamų undinių piniginėmis. Tokios „piniginės“ viduje glūdi kiaušinėlis su tryniu, kuriame vystosi rajos embrionas. Per daugelį metų Rendis praleido šimtus valandų iki paryčių darydamas bandymus su šiais kiaušiniuose esančiais embrionais. Tą lemtingą 2004 m. vasarą Rendis eksperimentavo su kokonais, įšvirkšdamas į juos cheminį vitamino A analogą. Atlikęs injekcijas, gemalus palikdavo augti, kol po kelių mėnesių išsirisdavo mailius.

Tokie eksperimentai kai kam gali pasirodyti keistokas būdas praleisti didesnę metų dalį, tuo labiau jaunam mokslininkui, siekiančiam sėkmingos mokslinės karjeros. Kodėl pasirinkti būtent rykliai ir rajos? Kodėl būtent vitaminas A?

Norint paaiškinti šių bandymų prasmę, reikia įsitikinti, į kokius klausimus jie gali atsakyti. Šiame skyriuje pagaliau prisikasėme prie recepto, kuris yra užrašytas mūsų DNR: iš vienintelio kiaušinėlio susiformuoja visas žmogaus kūnas. Kai kiaušinėlį apvaisina spermatozoidas, kiaušinėlis, pavyzdžiui, dar neturi rankučių. Jos susiformuos pagal informaciją, esančią toje pavienėje ląstelėje.

Čia susiduriame su labai sudėtinga problema. Viena yra lyginti rankos griaučius su peleko griaučiais, tačiau ką galime sužinoti, palyginę genetinį receptą, pagal kurį formuojasi rankos, su receptu, pagal kurį formuojasi pelekas? Norėdami kartu su Rendžiu rasti atsakymą, turime susipažinti su atradimais, kurie atskleidžia bendras rankų, ryklio pelekų ir netgi musės sparnelių kilmės ištakas.

Kaip kad teko įsitikinti, iškirtę langą, pro kurį galime pamatyti tolimą praeitį, galime aptikti būtybių, kurių kūno griaučiai dažnai primena supaprastintus mūsų griaučių variantus. Tačiau, dirbdami su fosilijomis, susiduriame su viena didele kliūtimi: negalime eksperimentuoti su seniai išnykusiais gyvūnais. O juk bandymai – puikus dalykas, nes galime keisti sąlygas ir stebėti, kaip tokie pokyčiai veikia rezultatus.

Dėl šios priežasties mano laboratorija yra padalyta į du skyrius: viename tiriamos fosilijos, kitame – embrionai ir DNR. Štai kodėl čia verdančiame gyvenime galima įžvelgti šizofrenijos požymių. Rakinama spinta – joje laikomi tiktaaliko fosilijos pavyzdžiai – stovi greta šaldiklio, kuriame saugomi neįkainojami DNR mėginiai.

Bandymai su DNR turi milžinišką potencialą, padedantį aptikti žuvį savyje. O kas, jeigu atliktume tokį tyrimą, kai, veikiamas įvairiais chemikalais, žuvies embrionas imtų keistis, ir iš jo išaugtų pelekas, kurio dalis būtų panaši į rankos plaštaką? O kas, jeigu galėtume įrodyti, kad peleko formą nulemiantys genai iš tikrųjų nesiskiria nuo genų, nulemiančių rankos formą?

Pradėsime nuo akivaizdžios mįslės. Mūsų kūną sudaro šimtai įvairiausių tipų ląstelių. Ląstelių įvairovė lemia kūno audinių, organų sandarą ir funkcijas. Kaulus, nervus, virškinimo sistemą ir kitus organus sudarančios ląstelės labai skiriasi tiek išvaizda, tiek veikimu. Tačiau, nepaisant šių skirtumų, jos turi vieną esminį panašumą: tą pačią DNR. Jeigu į DNR įrašyta informacija, pagal kurią turi vystytis žmogaus kūnas, audiniai ir organai, kodėl tuomet raumenų, nervų ir kaulų ląstelės, kurios viena nuo kitos taip labai skiriasi, turi tą pačią DNR?

Atsakome – todėl, kad skirtingose ląstelėse veikia skirtingos DNR atkarpos (genai). Odos ląstelė visiškai nepanaši į neuroną, nes kiekvienoje šių ląstelių veikia skirtingi genai. Pradėjusiame veikti gene pradeda gamintis baltymas,

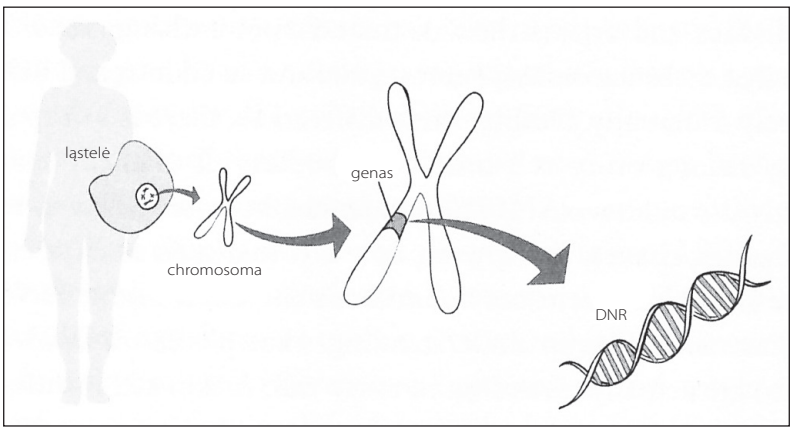
nulemiantis ląstelės išvaizdą ir funkcionavimo pobūdį. Todėl, norėdami suprasti, kuo skiriasi akies ląstelė nuo rankos griaučių ląstelės, turime išsiaiškinti, kaip reguliuojantieji genai veikia visose ląstelėse ir audiniuose.

Štai kas išties svarbu: reguliuojantieji genai padeda surinkti kūną į darnią visumą. Pastojus žmogus atsiranda kaip vienaląstis organizmas, kuriame slypi visa DNR su užkoduota būsimojo kūno sandara. Kūno sukūrimo planas vykdomas paklūstant instrukcijoms, įrašytoms šioje pavienėje mikroskopinėje ląstelėje.

Kad paprasta kiaušialąstė virstų užbaigtu žmogaus kūnu, susidedančiu iš trilijonų specializuotų ląstelių, išdėstytų tinkama tvarka, tam tikrais raidos laikotarpiais turi būti aktyvinami ir slopinami atitinkami ląstelių dariniai. Tarsi iš daugybės natų susidedanti darni simfonija, kurią atlieka įvairūs muzikos instrumentai, žmogaus kūnas yra sudarytas iš daugybės genų, aktyvinamų arba slopinamų tam tikru mūsų raidos metu.

Ši informacija – tikra palaima mokslininkams, tiriantiems gyvų organizmų sandarą, nes ji leidžia palyginti skirtingų genų veiklą ir nustatyti, kokie pokyčiai lemia naujų organų atsiradimą.

Imkime, pavyzdžiui, galūnes. Lygindami grupes genų, kurie dalyvauja peleko vystymesi, su genais, dalyvaujančiais vystantis rankai, galime nustatyti pelekų ir rankos genetinius skirtumus. Lyginant įmanoma nustatyti kaltininkus – reguliuojančius genus. Pokyčiai galėjo nulemti sausumos stuburinių



GENAI – KIEKVIENOJE ORGANIZMO LĄSTELĖJE ESANČIOS DNR FRAGMENTAI.

galūnių išsivystymą iš pelekų. Tada galime ištirti šių genų veiklą embrione ir mėginti nustatyti, kokie buvo jų pokyčiai. Netgi galime atlikti bandymus – genais manipuliuoti ir stebėti, kaip keičiasi organizmai, veikiami įvairių sąlygų arba dirgiklių.

Norėdami nustatyti, kurie genai lemia rankų ir kojų sandarą, turime veikti panašiai kaip garsiojo televizijos serialo „C.S.I. kriminalistai“ veikėjai – pradėti nuo kūno apžiūros ir prisikasti prie esmės. Visų pirma susipažinsime su žmogaus galūnių sandara, o tada skverbsimės į į audinius, ląsteles ir genus, nulemiančius sandarą.

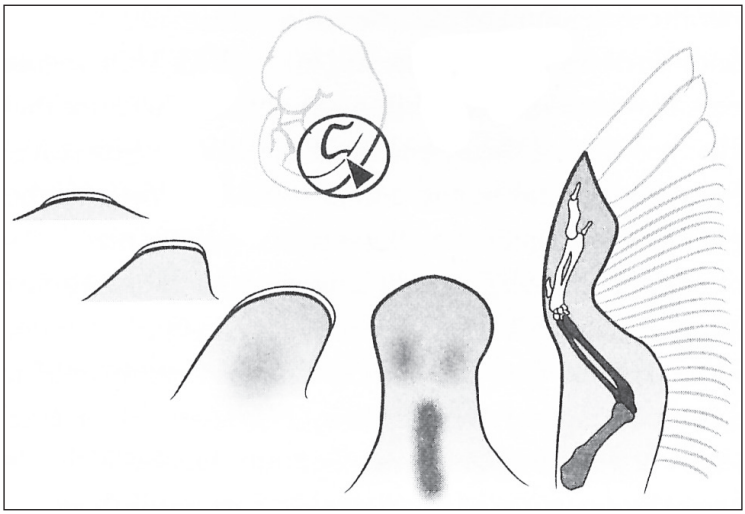
KURIANT RANKAS

Mūsų galūnės yra trimatės: turi viršų ir apačią, po pusę mažylio ir nykščio, pagrindą ir galiuką. Kaulai galūnių galuose – pirštuose – skiriasi nuo pečių juostos kaulų. Mažylis yra sudarytas kitaip nei nykštys. Galutinis žmogaus galūnių evoliucijos tyrimų tikslas, šventasis jų gralis – nustatyti, kurie genai nulėmė vienokių ar kitokių kaulų susiformavimą, ir kas veikia jų vystymąsi šioje trimatėje erdvėje. Dėl kokių DNR fragmentų mažylis skiriasi nuo nykščio? Kodėl pirštakauliai skiriasi nuo žastikaulio ir dilbio? Perpratę genus, kurie reguliuoja kūno sandarą, sužinosime schemą, pagal kurią esame sukurti.

Visi reguliuojantieji genai, nulemiantys pirštų, riešo, žastikaulio ir dilbio formą, veikia tris–aštuonias savaites po apvaisinimo. Iš pradžių galūnės atrodo tarsi mažyčiai pumpurėliai embriono paviršiuje. Per dvi savaites jie paauga tiek, kad galuose atsiranda mentelės. Jose yra milijonai ląstelių, iš kurių galiausiai susidaro griaučiai, nervai ir raumenys, kuriais naudosimės visą gyvenimą.

Norėdami išsiaiškinti, kaip šis modelis susidaro, turime ištirti embrionų sandarą ir retkarčiais įsikišti į jų raidą, kad sužinotume, kas nutinka, kai viskas susiklosto ne pagal schemą. Be to, turime ištirti mutantus, vidinę jų sandarą ir genus, dažnai sukurdami ištisas mutantų veislių populiacijas. Akivaizdu, tokių tyrimo metodų negalima taikyti žmonėms. Šios srities pradininkai tikėjosi aptikti gyvūnų, galėjusių padėti įminti žmogaus kilmės paslaptį.

Eksperimentinės embriologijos kūrėjai, galūnių vystymąsi tyrę ketvirtajame–penktajame XX a. dešimtmetyje, susidūrė su keletu problemų. Jiems reikėjo surasti organizmą, kurio embriono galūnes būtų galėję stebėti ir su



GALŪNĖS (ŠIAME PAVYZDYJE PATEIKTAS VIŠČIUKO SPARNAS) VYSTYMASIS. SVARBIAUSIA SPARNO GRIAUČIŲ RAIDA VYKSTA KIAUŠINYJE.

jomis eksperimentuoti. Embrionas turėjo būti palyginti didelis, kad jo tyrimams būtų galima taikyti chirurginius metodus. Labai svarbu ir tai, kad šis embrionas turėjo vystytis saugioje uždaroje ir ramioje vietoje. Taip pat (ir tai itin svarbu) embrionų turėjo būti daug, ir jie turėjo būti stebimi ištisus metus. Todėl visai nenuostabu, kad mokslininkų akys nukrypo į objektus, kurių galima nusipirkti maisto parduotuvėje – vištų kiaušinius.

Šeštajame–septintajame XX a. dešimtmetyje kai kurie biologai, tarp jų ir Edgaras Cvilingas (*Edgar Zwilling*) ir Džonas Sondersas (*John Saunders*), atliko įsimintinų ir originalių bandymų su vištų kiaušiniais, norėdami išsiaiškinti, kaip formuojasi griaučių sandara.

Tai buvo „prapjauk ir išskaidyk“ era. Embrionus pjaustydavo, įvairius audinių fragmentus perkeldavo į skirtingas vietas, kad pamatytų, kokią įtaką tai padarys jų raidai. Taikė subtilius mikrochirurginius metodus, manipuliavo su audinių fragmentais, kurių storis nesiekdavo milimetro. Taikydami tokius audinių manipuliavimo metodus, Dž. Sondersas ir E. Cvilingas atskleidė kai kuriuos svarbiausius mechanizmus, lemiančius tokių skirtingų galūnių, kaip paukščių sparnai, banginių plaukmenys ir žmogaus rankos, formavimąsi.

Jie atrado du nedidelius audinio lopinėlius, kurie reguliuoja galūnių griaučių sandaros vystymąsi, ir nustatė, kad mažytis audinio rėželis pačiame galūnės užuomazgos gale iš esmės reguliuoja *visą* galūnės vystymąsi. Pakanka jį nupjauti, ir galūnė nustoja vystytis. Jeigu ją pašalinsime ankstyvojoje vystymosi stadijoje, išsivystys tik žastas arba žastikaulio dalis. Pašalinkite šią ataugą kiek vėliau, išsivystys tik žastikaulis ir dilbis. O jeigu pašalinsite dar vėliau, susiformuos beveik visa galūnė, tačiau jos pirštai bus trumpi ir deformuoti.

Dar vienas eksperimentas, kurį pirmą kartą atliko Merė Gaseling (*Mary Gasseling*) Dž. Sonderso laboratorijoje, atvėrė naują perspektyvių tyrimų kryptį. Paimkime ankstyvose formavimosi stadijose mažytį audinio rėželį iš tos pusės galūnės užuomazgos, kur turėtų susiformuoti mažylis*, ir persodinkime į kitą užuomazgos pusę, kiek žemiau vietos, kur turi būti smilius. Leiskime viščiuko embrionui vystytis ir suformuoti sparną.

Rezultatas apstulbino beveik visus. Sparnas vystėsi įprastai, tačiau *pirštų skaičius jo gale padvigubėjo*. Dar didesnę nuostabą kėlė pirštų sandara: jie buvo veidrodinis įprastų pirštų atvaizdas. Neabejotina – kažkas šiame audinyje, kažkokia molekulė ar genas, visų pirštų vystymąsi nukreipė tam tikra kryptimi.

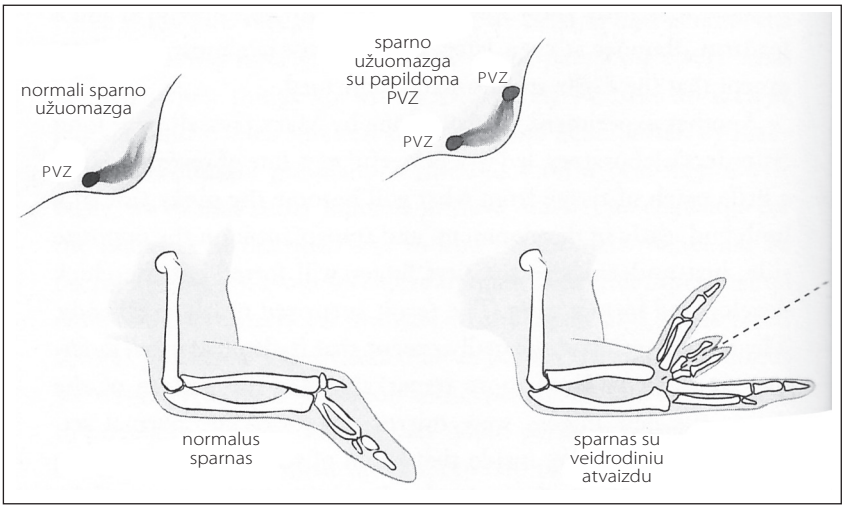
Šis atradimas sukėlė ištisą naujų eksperimentų laviną, ir sužinojome, kad lygiai tokį patį rezultatą galima gauti daugybe kitų būdų. Pavyzdžiui, šiek tiek A vitamino įšvirkšti į vištos embriono galūnės užuomazgą arba į kiaušinį ir leisti embrionui vystytis. Jeigu atitinkamą A vitamino kiekį įšvirkšite tam tikru embriono vystymosi metu, gausite tokį patį veidrodinį galūnių padvigubėjimą, kokį gavo M. Gaseling, Dž. Sondersas ir E. Cvilingas, persodindami audinio rėželius. Šis audinio lopinėlis buvo pavadintas poliarizuotos veiklos zona (PVZ).

Iš esmės PVZ ir lemia mažylio ir nykščio skirtumą. Žinoma, viščiukas neturi mažylio ar nykščio, nes pirštai sparnuose yra redukuoti. Šiais terminais vadiname sąlygiškai, norėdami apibūdinti tas galūnės puses, kuriose turinčių penkis pirštus stuburinių susidaro atitinkamai penktas ir pirmas pirštai.

Bandymai su PVZ sukėlė didžiulį susidomėjimą dėl to, kad ši zona kažkaip veikia pirštų formavimąsi. Bet kaip? Kai kas manė, kad PVZ ląstelės išskiria medžiagą, kuri vėliau pasklinda po galūnės užuomazgą ir ląstelėms nurodo, kokius pirštus jos turi suformuoti.

---

* Pirštų pavadinimai sąlygiški, siekiant tiksliau apibūdinti būsimųjų atitinkamų žmogaus pirštų vietą. – Red. past.



MAŽO AUDINIO LOPINĖLIO, VADINAMOJO PVZ, PERSODINIMAS PADVIGUBINA PIRŠTŲ SKAIČIŲ.

Dažniausiai buvo manoma, kad šį reiškinį sukėlė kažkokia nežinoma medžiaga.

Srityse greta PVZ, kur šios medžiagos labai daug, ląstelės sudaro mažylį. Priešingoje rankos pusėje, toliau nuo PVZ, kur jos mažiau, ląstelės sudaro nykštį. Per vidurį esančios ląstelės taip pat reaguoja pagal šios medžiagos daugį ir sudaro smilių, vidurinį ir bevardį.

Šį nuo tam tikros medžiagos sankaupos priklausomą vystymąsi buvo galima išbandyti. 1979 m. Denisas Samerbelas (*Denis Summerbell*) įskiepijo mažytį folijos lopinėlį tarp PVZ fragmento ir galūnės dalies. Bandymo tikslas – neleisti jokiai medžiagai prasiskverbti iš PVZ į kitą galūnės pusę.

Tada mokslininkas ištyrė, kas nutinka ląstelėms abiejose šios užtvaros pusėse. Ląstelės PVZ pusėje formavo pirštus. Ląstelės kitoje pusėje ne visada formavo pirštus, o jeigu ir formavo, tai jie buvo nepakankamai išsivystę. Išvada akivaizdi: PVZ išskirdavo kažkokią medžiagą, reguliuojančią pirštų formavimąsi ir jų išvaizdą. Norėdami šią medžiagą išskirti, tyrėjai turėjo įdėmiau pažvelgti į DNR.

DNR RECEPTAS

Šio projekto ėmėsi jau nauja mokslininkų karta. Iki pat XX a. paskutinio dešimtmečio, kai atsirado naujos molekulių tyrimų technologijos, mokslininkams nepavykdavo nustatyti, kokie genai koduoja PVZ veiklą.

Didesnis proveržis įvyko 1993 m., kai PVZ veiklą koduojančių genų paieška susidomėjo Klifo Teibino (*Cliff Tabin*) laboratorija Harvarde. Jie vylėsi aptikti molekulinius mechanizmus, lemiančius PVZ gebėjimą mažyliui ir nykščiui suteikti skirtingas formas. Tuomet, kai K. Teibino grupė pradėjo tyrimus XX a. paskutiniame dešimtmetyje, daugybė bandymų, panašių į mano aprašytus, jau buvo įtikinę mokslininkus, kad reiškinį sukelia kažkokia medžiaga. Teorija įspūdinga, tačiau niekas nežinojo, kokia ta medžiaga. Manė – viena ar kita, tačiau įsitikindavo: jai primetamos veiklos nė viena neatlieka.

Galiausiai šios laboratorijos mokslininkai pasiūlė originalią idėją, tiesiogiai susijusią su mūsų knygos tema. Jie nusprendė, kad atsakymą ras musėse. XX a. devintajame dešimtmetyje atlikti genetiniai tyrimai leido nustatyti nuostabų genų veiklos modelį, pagal kurį musės kūnas išsivysto iš vienaląsčio kiaušinėlio. Paprastosios vaisinės muselės kūnas turi priekinę ir užpakalinę dalis. Priekinėje yra galva, užpakalinėje – sparnai. Musės lervos vystymesi dalyvauja ištisos genų armados, kurios suaktyvėja arba tampa neveiklios tam tikroje musės vystymosi stadijoje, ir ši genų grupių veiklos seka lemia skirtingų musės kūno dalių susidarymą.

K. Teibinas to dar nežinojo, tačiau kitų dviejų laboratorijų – Endžio Makmahono (*Andy MacMahon*) ir Filo Ingamo (*Phil Ingham*) – mokslininkai taip pat nepriklausomai vienas nuo kito tyrė tą pačią idėją. Šis sutapimas netikėtai virto itin sėkmingu trijų laboratorijų bendradarbiavimu. Vienas iš šios muselės genų patraukė K. Teibino, E. Makmahono ir F. Ingamo dėmesį.

Jie pastebėjo, kad dėl šio geno poveikio vienas muselės kūno segmento galas skiriasi nuo kito. Su vaisinėmis muselėmis dirbantys genetikai jį pavadino ežiu. Argi nepanaši „ežio“ funkcija musės kūne – atskirti vieną kūno sritį nuo kitos – į PVZ funkciją, dėl kurios mažylis tampa nepanašus į nykštį? Šią analogiją pastebėjo visų šių laboratorijų mokslininkai. Tad kibo „ežio“ geno ieškoti kituose gyvūnuose: vištose, pelėse ir žuvyse.

Kadangi šių laboratorijų mokslininkai jau žinojo, kaip sudarytas musės „ežio“ genas, pagal jo atvaizdą galėjo aptikti panašų vištų geną. Kiekvieną geną sudaro tam tikra seka išsidėstę elementai. Taikydami molekulinius metodus, tyrėjai galėjo peržiūrėti vištos DNR ir surasti juose slypinčią „ežio“ seką. Galiausiai, po daugybės bandymų ir klaidų surado vištos „ežio“ geną.

Lygiai taip pat kaip paleontologai suteikia vardus atrandamoms rūšims, genetikai turi suteikti pavadinimus naujiems genams. Vaisinių muselių „ežio“ geną taip jie pavadino dėl to, kad ant musių, turinčių šio geno mutaciją, kūno augo šereliai, ir musė priminė ežiuką. K. Teibinas, E. Makmahonas ir F. Ingamas šio vištos geno analogą pavadino „ežiuku Soniku“ – ežiuko Soniko, bendrovės *Sega Genesis* išleisto vaizdo žaidimo personažo, garbei.

Atėjo metas atsakyti į patį įdomiausią klausimą: ką iš tikrųjų „ežiukas Sonikas“ veikia galūnėse? K. Teibino laboratorijos mokslininkai nudažė molekulę, kuri prisijungia prie šio geno, kad galėtų stebėti, kuriose galūnių užuomazgų ląstelėse šis genas veikia. Tyrėjai labai nustebo: jis veikia tik nedidelėje audinio srityje – toje pačioje PVZ.

Taigi, dabar jie tikrai žinojo, ką reikia daryti toliau. „Ežiuko Soniko“ genas veikia būtent ten, kur veikia pati PVZ. Prisiminkime, kad, galūnę apdorojus retino rūgštimi (A vitaminu), kitoje galūnės pusėje pradeda veikti kita PVZ. Atspėkite, kur veiks „ežiukas Sonikas“, galūnę apdorojus retino rūgštimi? Po injekcijos jis pradeda veikti abiejose galūnės pusėse – mažylio ir nykščio – lygiai taip pat, kaip ir PVZ.

Perpratę vištos „ežiuko Soniko“ geno sandarą, kiti mokslininkai įgijo įrankį, padedantį ieškoti šio geno kituose pirštus turinčiuose organizmuose, pradedant varlėmis ir baigiant žmonėmis. Paaiškėjo, kad šį geną turi visi keturkojai stuburiniai gyvūnai. Ir visų iki vieno iki šiol tirtų gyvūnų PVZ audinyje veikia „ežiukas Sonikas“. Jeigu, prasidėjus aštuntajai vystymosi savaitei, „ežiukas Sonikas“ neveikia taip, kaip reikia, tuomet išauga papildomi pirštai arba mažylis ir nykštys supanašėja. Kartkartėmis, kai šis genas pažeidžiamas, susiformuoja ranka, primenanti plačiamentį irklą, ant kurios išauga dvylika vienodai atrodančių pirštų.

Dabar žinome, kad „ežiukas Sonikas“ yra vienas iš daugybės genų, kurie veikia – būdami aktyvūs arba neveiklūs tam tikru metu – susidarant mūsų galūnėms nuo pečių iki pirštų galiukų. Visų įstabiausia, kad vištų, varlių ir pelių

tyrimai rodė tą patį. DNR užkoduotas žasto, dilbio, riešų ir pirštų receptas yra iš esmės vienodas visų sausumos stuburinių.

Iki kokio taško galime atsekti „ežiuko Soniko“ ir kitų DNR fragmentų, valdančių galūnių vystymąsi, praeitį? Ar, formuojantis žuvies peleko griaučiams, veikė tie patys genai? O gal rankos nuo pelekų genetiškai skiriasi iš principo? Žuvies anatomijos požymių aptikome rankų ir plaštakų sandaroje. Tačiau ką galime pasakyti apie jų vystymąsi valdančią DNR?

Atėjo metas pasirodyti R. Danui ir jo „undinių piniginėms“.

PADOVANOKIME RYKLIUI RANKĄ

R. Danas užsuko pas mane į laboratoriją ir iškėlė paprastą, tačiau labai puikią idėją: rajų embrionus apdoroti taip, kaip K. Teibinas apdorojo vištų kiaušinius. Rendis buvo užsibrėžęs su rajomis daryti visus bandymus, kaip mokslininkai su vištų kiaušiniais, pradedant audinių operacijomis, kurias atliko Dž. Sondersas ir E. Cvilingas, ir baigiant K. Teibino genetiniais eksperimentais. Rajos embrionas vystosi kiaušinyje, kurio paviršių gaubia savotiška kapsulė, o viduje yra trynys. Be to, rajų embrionas savo dydžiu nė kiek nenusileidžia vištos embrionui. Šios savybės buvo be galo palankios: galėjome tirti rajų embrionus, taikydami genetinius ir kitus eksperimentinius metodus, sukurtus vištų embrionų tyrimams.

Tačiau ką galėtume sužinoti, lygindami ryklio arba rajos peleko vystymąsi su viščiuko kojos vystymusi? Ir (o tai dar svarbiau), ką iš tokio lyginimo sužinotume apie save?

Dž. Sondersas, E. Cvilingas ir K. Teibinas parodė, kad viščiukų galūnės – tai neįtikėtinai puikus modelis tyrinėti savo galūnes. Viskas, ką atrado Dž. Sondersas ir E. Cvilingas išpjaudami ir įsodindami audinius, ir ką nustatė K. Teibino laboratorijos mokslininkai DNR tyrimais, gali būti pritaikyta ir mūsų galūnėms. Turime ir PVZ, ir „ežiuką Soniką“, itin svarbius normaliai žmogaus raidai. Kaip jau įsitikinome, dėl netinkamai veikiančios PVZ arba dėl „ežiuko Soniko“ geno mutacijos gali sutrikti normalus galūnių (neišskiriant žmonių) vystymasis.

Rendis norėjo sužinoti, kuo savitas žmonių galūnių formavimosi mechanizmas. Kiek glaudus mūsų ryšys su kitais gyvūnais? Ar gana tvirti saitai mus

sieja su kitomis gyvomis būtybėmis? Ar rankų susidarymo receptas yra naujas, o gal jo šaknys siekia kitus gyvus organizmus? O jeigu siekia, tai kaip giliai?

Rykliai ir jų giminaičiai – patys seniausi organizmai, kurių pelekai turi griaučius. Norint kuo tiksliau atsakyti į Rendžio klausimą, reikėtų iškasti 400 mln. m. ryklio fosiliją, laboratorijoje supjaustyti smulkiais gabalėliais ir ištirti genų sandarą. Tada vertėtų daryti bandymus su fosilijos embrionais ir nustatyti, ar „ežiukas Sonikas“ taip pat darbuojasi jų plaukmenų užuomazgose ir ar jis veikia būtent ten, kur ir žmogaus galūnių užuomazgos.

Tai būtų naudingas eksperimentas, tačiau neįmanomas. Iš tokių senų fosilijų neįmanoma išgauti DNR, o jeigu ir būtų įmanoma, niekaip negalėtume gauti šių iškastinių gyvūnų embrionų ir eksperimentuoti. Štai kodėl sutelkiame dėmesį į kitą ne mažiau kokybišką objektą – dabar gyvenančius ryklius ir jų giminaičius. Niekas nesupainios ryklio peleko su ranka – kažin ar galima įsivaizduoti skirtingesnes galūnes.

Ne tik patys rykliai yra labai tolimi žmogaus giminaičiai, bet ir jų plaukmenų griaučiai visiškai nepanašūs į mūsų galūnių griaučius. Pelekuose nerasime nieko bent kiek panašaus į R. Oveno schemą „vienas kaulas – du kaulai – daugybė kauliukų – pirštakauliai“. Peleko kaulai primena stipinus: ilgus ir trumpus, siaurus ir plačius. Juos vadiname kaulais, nors iš tikrųjų jie yra kremzlė (rykliai ir rajos yra vadinami kremzlinėmis žuvimis, nes jų griaučiai niekada nevirsta tikrais tvirtais kaulais).

Jeigu nusprendėme išsiaiškinti, ar „ežiuko Soniko“ veikla būdinga tik sausumos stuburiniams, kodėl gi nepamėginti ištirti rūšies, kuri beveik visais atžvilgiais nuo mūsų skiriasi? Be to, kodėl nepasirinkti vieno paties primityviausių šiuo metu Žemėje gyvenančių organizmų, turinčių porines galūnes? Rykliai puikiai tinka abiem minėtais požiūriais.

Pirma užduotis buvo gana paprasta – reikėjo patikimo ryklių ir rajų embrionų šaltinio. Paaiškėjo, kad rasti nuolatinį ryklių embrionų šaltinį ne taip lengva, tačiau su rajomis, artimomis ryklių giminaitėmis, reikalai klostėsi kur kas sklandžiau. Taigi pradėjome eksperimentuoti su rykliais, o vėliau, jų ištekliams pradėjus sekti, ėmėmės rajų. Suradome tiekėją: kas pora mėnesių jis pristatydavo dvidešimties ar trisdešimties kiaušinėlių su embrionais siuntas. Tarsi dovanų kultą išpažįstantys laukiniai kas mėnesį nekantraudami laukdavome neįkainojamos embrionų siuntos.

K. Teibino ir kitų genetikų gauti rezultatai padėjo Rendžiui tinkamai suplanuoti tyrimus. Nuo 1993 m., kai K. Teibinas nustatė „ežiuką Soniką“, pastarasis buvo aptiktas daugelyje gyvūnų rūšių, pradedant žuvimis ir baigiant žmonėmis. Žinodamas „ežiuko Soniko“ geno sandarą, Rendis galėjo ištirti visą rajos arba ryklio DNR, tikėdamasis joje taip pat aptikti šį geną. Labai greitai ir surado ryklio „ežiuką Soniką“.

Dabar reikėjo atsakyti į kitus du svarbius klausimus. Kurioje ryklio embriono vietoje veikia „ežiukas Sonikas“? Ir (o tai visų svarbiausia) ką iš tiesų veikia?

Rendis nustatė, kurioje rajų embriono vietoje ir kada imasi darbo „ežiukas Sonikas“, kurioje embriono raidos stadijoje „ežiukas Sonikas“ ima veikti – ar ji sutampa su tuo pačiu laiku, kai šis genas pradeda veikti vištos embriono galūnėse. Paaiškėjo, kad laikas sutampa. Tada mokslininkas tyrė, ar šis genas veikia audinio lopinėlyje užpakalinėje peleko dalyje, atitinkančioje žmogaus mažylio piršto pusę. Ir vėl teigiamas atsakymas.

A vitamino poveikio tyrimai – kvapą užimantis momentas. Jeigu apdorosite viščiuko arba žinduolio galūnę šiuo junginiu, nykščio pusėje atsiras dar vienas audinio plotelis, kuriame veikia „ežiukas Sonikas“ – lemia galūnių kaulų susidvejinimą. Rendis suleido vitamino A į rajos kiaušinio embrioną, palaukė apie parą, o tada patikrino, ar vitaminas A privers „ežuką Soniką“ veikti kitoje galūnės pusėje, kaip kad vištų atveju. Būtent taip ir buvo. Dabar atėjo metas kantriai laukti. Sužinojome, kad „ežiukas Sonikas“ veikia vienodai tiek rankose, tiek rajų ir ryklių pelekuose. Tačiau kaip gali padaryti įtaką griaučių formavimuisi? Atsakymo teko laukti du mėnesius.

Embrionai vystėsi už nepermatomo kiaušinio lukšto. Tegalėjome sužinoti, ar embrionas gyvas. Negalėjome matyti, kas vyksta peleke.

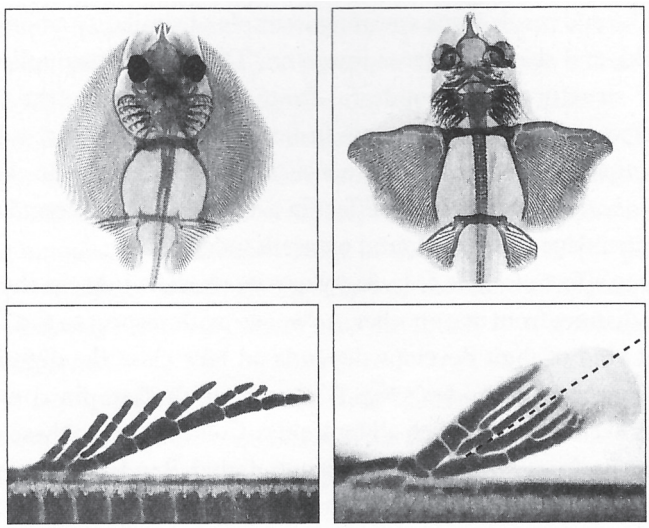
Galutinis tyrimo rezultatas – stulbinantis žmonių, ryklių ir rajų panašumo pavyzdys: veidrodinio atvaizdo pelekas. Krūtinės pelekų vidinių griaučių dalys susidvejino tiksliai „priekis – užpakalis“ kryptimi, lygiai taip pat, kaip susidvejindavo vištų galūnėse. Sparnų sandara susidvejina, atspindėdama viena kitą. Ryklių (kaip ir rajų) pelekų sandara taip pat susidvejina. Formuojantis pačių įvairiausių Žemės gyvūnų galūnių griaučiams, „ežiukas Sonikas“ veikia labai panašiai.

Tikriausiai pamenate, kad viena iš „ežiuko Soniko“ geno funkcijų – suformuoti skirtingus galūnės pirštus. Bandymai su PVZ parodė: koks pirštas išaugs, priklauso nuo jo artumo iki vietos, kurioje veikia „ežiukas Sonikas“.

Normaliame suaugusios rajos peleke yra daugybė į stipinus panašių griaučių elementų, kurie atrodo vienodi. Ar galime padaryti, kad šie stipinai vienas nuo kito pradėtų skirtis kaip mūsų pirštai?

Rutuliuką, išskiriantį „ežiuko Soniko“ baltymą, Rendis įkišo tarp šių tapačių griaučių stipinų. Įdomiausia, kad šiame eksperimente panaudojo pelės „ežiuką Soniką“. Dar neregėtas derinys: rajos embrione įsodinta kruopelė, iš kurios tolygiai išsiskiria pelės „ežiuko Soniko“ geno baltymas. Ar pelės baltymas turės įtakos ryklio ar rajos vystymuisi?

Tokio pobūdžio eksperimentas gali lemti du visiškai priešingus rezultatus. Vienas kraštutinumas – jokių pokyčių: vadinasi, rajos taip skiriasi nuo pelių, kad pastarųjų „ežiuko Soniko“ baltymas joms nedaro jokio poveikio. Kitas – stulbinantis žmoguje gyvenančios žuvies patvirtinimas. Šiuo atveju peleko griaučių stipinai vystydamiesi įgytų skirtingas formas, ir tai patvirtintų, kad „ežiukas Sonikas“ panašiai veikia ir rajų, ir mūsų galūnėse. Ir nepamirškime, kad Rendis naudojo žinduolio baltymą, vadinasi, žmogaus baltymas, kurį gamina tas pats genas, labai panašus į pelės baltymą.



NORMALŪS (KAIRĖJE) IR RENDŽIO APDOROTI PELEKAI. APDOROTUOSE AIŠKIAI MATYTI VEIDRODINIS PADVIGUBĖJIMAS, BŪDINGAS TOKIU PAT BŪDU APDOROTIEMS VIŠTŲ EMBRIONŲ SPARNAMS. NUOTRAUKOS SKELBIAMOS MALONIAI SUTIKUS R. DANUI IŠ ČIKAGOS UNIVERSITETO.

Galiausiai peleko griaučių stipinai ne tik ėmė skirtis vienas nuo kito, bet ir į pelės „ežiuką Soniką“ didžia dalimi sureagavo būtent taip, kaip reaguoja sausumos stuburinių pirštai: priklauso nuo to, kokiu atstumu jie buvo nutolę nuo „ežiuko Soniko“ baltymo kruopelės. Arčiausiai baltymo buvę stipinai įgijo kitokią formą, nei stipinėliai, buvę toliau. O visų svarbiausia, kad rajos peleke tai įvyko paveikus pelės baltymu!

Mūsų „vidinė žuvis“, kurią aptiko Rendis, išryškėja ne kuriame nors kaule ar griaučių dalyje. Ši žuvis glūdėjo tuose biologiniuose mechanizmuose, kurie užtikrina pelekų formavimąsi. Daugybė eksperimentų, atliktų su skirtingais gyvūnais – pelėmis, rykliais ir musėmis – rodo, kad „ežiuko Soniko“ genas visuose organizmuose veikia labai panašiai.

Visos galūnės – tiek žuvų pelekai, tiek sausumos stuburinių – formuojasi, veikiamos panašios rūšies genų. Tačiau kaip tai siejasi su problema, kurią apžvelgėme pirmuose dviejuose knygos skyriuose – su žuvų pelekų virtimu sausumos stuburinių galūnėmis? Sąsaja tokia: šiam didžiam evoliucijos virsmui visai nereikėjo naujos DNR, o pakako tam tikrų senovinių genų, dalyvavusių ryklių pelekų griaučių vystymesi, pokyčių. Pakitę genai užtikrino sausumos stuburinių galūnių, turinčių tikrus pirštus, vystymąsi.

Tačiau šiuose eksperimentuose su sausumos stuburinių galūnėmis ir žuvų pelekais esama kur kas gilesnio grožio. K. Teibino laboratorija dirbo su *musėmis*, kad aptiktų *vištos* geną, padedantį geriau suprasti *žmogaus* apsigimimų priežastis. Rendis pasinaudojo K. Teibino laboratorijos atradimu ir šį bei tą papasakojo apie mūsų giminystę su *rajomis*. „Vidinė musė“ padėjo surasti „vidinę vištą“ rajoje, o ši galiausiai padėjo Rendžiui aptikti „vidinę rają“ mumyse. Gyvas būtybes vienijantys saitai turi labai gilias šaknis.

KETVIRTAS SKYRIUS

KUR PAŽVELGSI – VISUR DANTYS

Anatomijos užsiėmimuose dantys apžvelgiami tik prabėgomis: teskiriame gal kokias penkias minutes. Mums patinkančių organų panteone – tokį sąrašą kiekvienas gali sudaryti savo nuožiūra – dantys retai kada patenka į pirmą penketuką. Tačiau gana maži žmogaus dantys slepia tokį glaudų ryšį su kitomis gyvomis būtybėmis, kad iš esmės neįmanoma suprasti mūsų kūno, neperpratus dantų. Dantys man ypač svarbūs dar ir dėl to, kad būtent fosilinių dantų paieškos tapo pirmuoju užsiėmimu, išmokiusiu aptikti fosilijas ir vadovauti paleontologinėms ekspedicijoms.

Pagrindinė dantų funkcija – didelius organizmus paversti mažais gabaliukais. Įsitvirtinę judriuose žandikauliuose, dantys skrodžia, smulkina ir trupina. Burnos dydis yra ribotas, o dantys leidžia gyvoms būtybėms misti kitomis būtybėmis, didesnėmis už jų burnas. Tai ypač pasakytina apie gyvūnus, neturinčius rankų ar letenų, padedančių draskyti arba pjaustyti maistą gabalais. Žinoma, didelės žuvys mažesnes dažniausiai ryja. Tačiau dantys gali tapti puikia lyginamąja priemone: mažesnė žuvis gali sukramsnoti didesnę, jeigu jos dantys itin aštrūs. Aštriadantės žuvytės gali ne tik praryti mažus organizmus ar apdraskyti didelių žuvų šonus, bet ir išplėšti iš pastarųjų kūnų didelius gabalus.

Iš gyvūno dantų galime daug sužinoti. Jų iškilimai, duobutės ir gūbreliai dažnai atskleidžia gyvūno racioną. Mėsėdžiai, pavyzdžiui, katės, turi aštrius it

skustuvas krūminius dantis, puikiai tinkančius draskyti mėsai, o augalėdžių snukiuose pilna dantų plokščiu paviršiumi, jie gerai trina stiebus, lapus ir vaisius. Anatomai nuo seno dantis laiko vertingu informacijos šaltiniu. Prancūzų anatomas Žoržas Kiuvjė (*Georges Cuvier*) kartą drąsiai pasigyrė, kad galėtų atkurti visus gyvūno griaučius iš vienintelio danties. Galbūt lazdą šiek tiek perlenkė, tačiau esmę perteikė teisingai: dantys gali daug papasakoti apie gyvūno gyvenseną.

Žmogaus burna išduoda, kad mus galima priskirti prie visaėdžių gyvūnų, nes turime kelių tipų dantis. Priešakiniai, arba kandžiai, panašūs į plokščias menteles, puikiai tinkančias maistą atkąsti. Galiniai, arba krūminiai, turi paplokštintą paviršių su kauburėliais ir duobutėmis, todėl lengvai trina augalinės arba gyvulinės kilmės audinius. Tarp priešakinių ir krūminių dantų esantys kapliai atlieka tarpinę funkciją.

Ko gero nuostabiausia burnos savybė – neįtikėtinas tikslumas kramtant. Prasižiokime ir sukąskime dantis: jie visada užims tokią pačią padėtį, o viršutinio ir apatinio žandikaulio kauburėliai ir duobutės tiksliai sutaps. Dėl to, kad viršutinių ir apatinių dantų paviršiai tiksliai sutampa, maistą galime sukramtyti kuo smulkiausiai. O netikslus viršutinių ir apatinių dantų sąkandis gali juos gadinti ir pastorinti stomatologų pinigines.

Paleontologai dantis laiko nepaprastai informatyvia medžiaga. Kita vertus, dantys – tvirčiausios mūsų kūno dalys, nes jų emalyje gausu hidroksilapatito – vieno svarbiausių žmogaus organizmui mineralų. Dantyse jo netgi daugiau, nei kauluose. Dėl savo tvirtumo dantys dažniausiai išlieka kaip geriausiai išsilaikiusios iškastinių gyvūnų dalys, kurių randame įvairių geologinių laikotarpių uolienų sluoksniuose.

Mums tai didžiulė sėkmė, nes iš dantų galima labai daug sužinoti apie iškastinių gyvūnų racioną. Iš fosilinių gyvūnų liekanų galime nustatyti, kaip atsirado įvairūs mitybos būdai. Tai ypač pasakytina apie žinduolius. Daugumos roplių dantys panašūs, o žinduolių išskirtiniai. Pastariesiems skirtas paleontologijos kurso skyrius daug kuo primena odontologijos vadovėlį.

Dabartiniai ropliai – krokodilai, driežai, gyvatės – stokoja būtent to, kas daugelio žinduolių dantims suteikia unikalumo. Pavyzdžiui, visi krokodilo dantys turi panašią kūginę formą, ir jie skirias tik tuo, kad vieni jų yra didesni, kiti – mažesni. Ropliai taip pat neturi tikslaus sąkandžio – viršutinių dantų su-

tapimo su apatiniais, būdingo žmonėms ir kitiems žinduoliams. Be to, mūsų, žinduolių, dantys pasikeičia tik kartą per gyvenimą, o roplius dantukų fėja aplanko daugybę kartų: susidėvėjus arba nulūžus išauga nauji.

Viena iš esminių mūsų, žinduolių, savybių – sąkandis – būdingas visame pasaulyje randamoms 225–195 mln. m. fosilijoms. Senesnėse uolienose aptinkama gana daug roplių, išoriškai panašių į šunis. Jie vaikščiojo ir bėgiojo keturiomis kojomis, turėjo dideles kaukoles, o kai kurie puikavosi ir aštriais dantimis. Tuo jų panašumas į šunis ir baigiasi.

Kitaip nei šunų, šių roplių žandikauliai sudaryti iš daugybės kaulų, o dantų sąkandis toli gražu ne idealus. Be to, jų dantys pasikeisdavo tik ropliams būdingu būdu: išaugdavo tai vienoje, tai kitoje vietoje vietoj senų visą šių gyvūnų gyvenimą.

Uolienų viršutiniuose sluoksniuose vaizdas visai kitoks: ten pasirodo žinduolių. Jų kaulai mažėja ir pasislenka į ausies pusę. Matyti tvirto ir tikslaus sąkandžio požymių. Žandikaulio forma taip pat kitokia: roplių ji primena stipiną, žinduolių – bumerangą. Tuomet dantys pradėjo keistis tik kartą per visą gyvūno gyvenimą – kaip ir mums. Šiuos pokyčius galime atsekti paleontologiniame metraštyje ypač kai kuriose Europos, Pietų Afrikos ir Kinijos vietose.

Apie 200 mln. m. uolienose aptinkama į graužikus panašių gyvūnų fosilijų, tarp jų – *Morganucodon* ir *Eozostrodon.* Išoriškai jie daug kuo panašūs į dabartinius žinduolius. Šiuose gyvūnuose, dydžiu vos pranokstančiuose pelę, yra ir svarbi mūsų, žmonių, dalis. Joks piešinys negali perteikti šių ankstyvųjų žinduolių unikalumo. Pirmą kartą išvydęs šiuos gyvūnus, netekau žado.

Pradėdamas magistrantūros studijas, ketinau tyrinėti ankstyvuosius žinduolius. Pasirinkau Harvardo universitetą, nes ten dirbęs F. A. Dženkinsas jaunesnysis, su kuriuo susipažinome 1 šios knygos skyriuje, vadovavo ekspedicijoms į Jungtinių Amerikos Valstijų vakarinę dalį, kurios sistemingai ieškojo iškastinių įrodymų, susijusių su žinduoliams išsivysčiusio išskirtinio gebėjimo kramtyti tyrinėjimais.

Tai buvo išties labai rimtas tyrimas. Ferišas ir jo grupė ieškojo naujų fosilijų radimviečių – į jau žinomas negrįžo. Vadovui pavyko suburti talentingų fosilijų ieškotojų grupę iš Harvardo lyginamosios zoologijos muziejaus etatinių darbuotojų ir kelių laisvai samdomų neetatinių. Svarbiausi šios grupės asmenys Bilas Emaralas (*Bill Amaral*), Čakas Šafas (*Chuck Schaff*) ir velionis Vilas Daunsas (*Will Downs*) mane supažindino su paleontologijos pasauliu.

Ieškodami galimų ankstyvųjų žinduolių radimviečių, Ferišas ir jo grupė išstudijavo geologinius žemėlapius ir aeronuotraukas. Tada kiekvieną vasarą jie sėsdavo į sunkvežimius ir vykdavo į Vajomingo, Arizonos ir Jutos dykumas. Iki 1983 m., kai prie jų prisidėjau ir aš, jau buvo aptikę gan daug vertingų iškastinių žinduolių rūšių ir turtingų jų telkinių. Mane apstulbino jų gebėjimas atsirinkti: skaitydami vien tik mokslinius straipsnius ir knygas, Ferišas ir jo kolegos sugebėdavo nustatyti vietas, kur verta ir kur neverta ieškoti ankstyvųjų žinduolių fosilijų.

Pirmą paleontologinės kovos krikštą gavau vaikščiodamas po Arizonos dykumą su Čaku ir Bilu. Iš pradžių atrodė, kad ieškome aklai. Tikėjausi kažko panašaus į karinį žygį – vietovę žvalgysime organizuotai ir koordinuotai, tad eiga mano lūkesčius apvertė aukštyn kojomis. Grupė apsistodavo ten, kur aptikdavo uolienų atodangų, ir žmonės pasklisdavo visomis kryptimis ieškoti kaulų fragmentų uolienos paviršiuje.

Pirmas dvi ekspedicijos savaites buvau paliktas likimo valiai, tad leidausi ieškoti fosilijų – sistemingai apžiūrėdavau kiekvieno akmens paviršių, mat tikėjausi pamatyti kaulų pėdsakų. Kas vakarą rinkdavomės stovykloje ir rodydavome savo radinius. Čakas atsinešdavo po keletą krepšių kaulų. Bilas beveik visada pasirodydavo su kokia nors maža kaukole ar kitu vertingu radiniu. Aš dažniausiai grįždavau tuščiomis, ir tuščias krepšys liūdnai primindavo, kiek daug dar turiu išmokti.

Keletą savaičių taip pasikamavęs, nusprendžiau ieškoti kartu su Čaku. Būtent jis kasdien parvilkdavo į stovyklą pilniausius krepšius, tad kodėl man nepasimokyti iš tokio patyrusio specialisto? Čakas mano draugija apsidžiaugė, ir vaikščiojant ilgai pasakojo apie ilgametį paleontologo darbą.

Čakas – tikrų tikriausias teksasietis, turintis brukliniškiui būdingų požymių – kaubojiški batai ir Laukinių Vakarų vertybės suderintos su niujorkietiška tarsena. Kol jis dosniai žėrė pasakojimus apie patirtį ekspedicijose, mano neišmanymas mane dar labiau slėgė. Čakas nesidairė į šalis, todėl niekaip negalėjau suprasti, kuo remdamasis rinkdavosi akmenis. Labiausiai mane trikdė tai, kad abu žiūrėdavome į tą patį žemės lopinėlį. Aš temačiau tuščią akmenuotą dykynę. Čakas joje pamatydavo fosilines dantų, žandikaulių ir netgi kaukolių nuolaužas.

Žvelgiant iš paukščio skrydžio aukščio, būtų buvę galima įžiūrėti du žmones, žingsniuojančius bekrašte lyguma, nusėta daugybę mylių nusidriekusio-

mis rausvomis ir žalsvomis dulkėmis padengtomis smiltainio kalvomis. Tačiau mūsų žvilgsniai buvo įsmeigti tik į žemę – į šios dykynės kalvų papėdėje riogsančius akmenis ir nuolaužas.

Ieškojome nedidelių, vos kelių colių ilgio fosilinių liekanų, todėl rūpėjo tik tas mažytis pasaulis, kuriame jų buvo galima rasti. Šis pasaulis, į kurį mėginome įsiskverbti, atrodė tarsi mažytė kruopelytė bekraštėse mus supančios dykros platybėse. Jaučiausi taip, tarsi būtume vieninteliai gyvi žmonės visoje planetoje, ir aš atsidavęs tik akmeninių nuolaužų tyrimams.

Čakas buvo be galo kantrus ir atsakinėjo į pačius įvairiausius mano klausimus, nors jį taip kamuodavau nuo ryto iki vakaro. Norėjau, kad jis *tiksliai* papasakotų, kaip ieškoti fosilinių kaulų. Jo nuomone, būtina ieškoti „kažko savito“, kažko, kas savo sandara panašesnis ne į akmenį, o į kaulą; kas blizga kaip dantis; kas panašu į žastikaulį, o ne į kalkakmenį. Jo kalba atrodė paprasta, tačiau suvokti žodžių esmės negalėjau. Kad ir kaip stengiausi, vis tiek grįždavau tuščiomis. Apmaudžiausia, kad Čakas, žiūrėdamas į tuos pačius akmenis kaip ir aš, ir toliau partempdavo į stovyklą pilnus krepšius.

Galų gale vieną gražią dieną pirmą kartą išvydau dykumos saulėje tviskantį dantį. Jis buvo tik šiek tiek išsikišęs iš smiltainio nuolaužos, tačiau supratau – tikrų tikriausias dantis! Jo emalis žvilgėjo visai kitaip, nei akmuo, ir jis išsiskyrė iš visų iki tol mano regėtų dalykų. Na gal ne visai taip – juk kasdien žvelgdavau į panašius dalykus. Tačiau šį kartą skirtumas buvo tas, kad pats jį pamačiau ir sugebėjau įžvelgti uolienos ir kaulo skirtumą.

Spindintis saulėje dantis atkreipė mano dėmesį, ir tada jo paviršiuje pamačiau gūbrelius. Visas iš uolienos išimtas dantis buvo sulig dešimties centų moneta, neskaitant šaknų, atsikišusių nuo jo pagrindo. Tačiau man jis atrodė didingesnis už patį didžiausią dinozaurą, kurio griaučius galima pamatyti muziejuje.

Staiga dykuma man tarsi pratrūko kaulų gausa. Ten, kur anksčiau matydavau vien akmenis, dabar pastebėdavau fosilijų fragmentus, tarsi būčiau užsidėjęs kažkokius ypatingus akinius, išryškinančius kiekvieną uolienose glūdinčią kaulo nuolaužą. Šalia danties aptikau nedidelius kitų kaulų fragmentus, o tada – dar daugiau dantų. Žiūrėjau į subyrėjusį žandikaulį, erozijos išryškintą uolienos paviršiuje. Dabar ir aš vakarais grįždavau ne tuščiomis.

Kai pagaliau išmokau pastebėti kaulus, ankstesnis tariamai padrikas mūsų grupės vaikščiojimas po uolienas įgijo aiškių tikslingumo požymių. Iš tikrųjų,

žmonės nesiblaškė po dykumą kaip papuola. Jie laikėsi kad ir nerašytų, bet aiškiai apibrėžtų taisyklių. Pirma: remiantis bet kokiais išoriniais požymiais ir ankstesnių ekspedicijų patirtimi, keliauti prie tinkamiausių uolienų atodangų. Antra: nesekti kitiems fosilijų ieškotojams iš paskos, o eiti savo keliu (Čakas maloniai man leido šios taisyklės nepaisyti). Trečia: jeigu aptikai „aukso gyslą“, bet joje jau darbuojasi kitas paleontologas, ieškok kitos vietelės arba imkis tirti kad ir mažiau perspektyvią sritį. Kas pirmas prie stalo – tam ir kąsnis gardžiausias.

Bėgant laikui, išmokau skaityti ženklus, pagal kuriuos galima ieškoti kitokio tipo kaulų: ilgųjų, žandikaulių ir kaukolių nuolaužų. Kartą aptikęs, niekada neprarasi gebėjimo jų rasti. Panašiai kaip įgudę žvejai, vandens gelmėse galintys įžvelgti tūnančią žuvį, taip ir fosilijų ieškotojai išmoksta pastebėti daugybę išorinių požymių, ir fosilijos tiesiog iššoka iš akmenų jų pasitikti. Pamažu įgijau įgūdžių ir galėjau įsivaizduoti, kaip fosilijų kaulai atrodo skirtingose uolienose ir esant kitokiam apšvietimui. Fosilijų paieškos anksti ryte labai skiriasi nuo jų paieškų vidurdienį dėl besikeičiančio apšvietimo ir šešėlių ryškumo.

Šiandien, praėjus dvidešimčiai metų, jau žinau: atvykęs į naują vietą, pradedant triaso uolienomis Maroke ir baigiant devono uolienomis Elsmyro saloje, pradedi mokytis iš naujo. Pirmas keletą dienų bergždžiai kamuojuosi beveik kaip ir tais dviejų dešimtmečių senumo laikais, kai su Čaku klajojau po Arizoną. Tačiau dabar nė kiek neabejoju, kad ieškoma fosilija vėliau ar anksčiau pasirodys.

Su Čaku turėjome tikslą surasti vietą, kur būtų tiek kaulų, kad galėtume būti tikri: čia yra turtingas fosilijų sluoksnis, prie kurio galime prisikasti. Dar iki man prisidedant prie Ferišo grupės tokią vietą jai jau buvo pavykę aptikti; tai maždaug šimto pėdų [trisdešimties metrų] ilgio uolienos ruožas, pilnas smulkių gyvūnų griaučių.

Smulkiagrūdžiame molio skalūno grunte Ferišas su grupe iškasė karjerą. Svarbiausia užduotis – iškasti fosilijas, slūgsančias išilgai plonyčio – nė milimetro – sluoksnio. Atidengtame sluoksnyje labai dažnai pasitaikydavo fosilinių kaulų – mažyčių, daugiausiai vos kelių centimetrų ilgio; jie buvo juodi, todėl atrodė beveik kaip tamsios dėmės rusvos uolienos paviršiuje. Šioje vietoje radome daugybę liekanų smulkių gyvūnų: varlių (vienų pačių seniausių),

bekojų varliagyvių, driežų ir kitų roplių, taip pat (tai itin svarbu) keleto ankstyvųjų žinduolių.

Svarbiausias bendras visų ankstyvųjų žinduolių bruožas – dydis. Jie buvo labai maži: dantys – vos 2 mm ilgio. Juos aptikti padėjo atidumas ir, žinoma, sėkmė. Uždengtas uolienos nuotrupėlės ar netgi kelių smiltelių, dantis galėjo taip ir likti nepastebėtas.

Šie ankstyvieji žinduoliai mane pakerėjo. Atidengdavau plotelį uolienos su fosilijų sluoksniu, įdėmiai apžiūrėdavau jo paviršių 10 kartų didinančia lupa. Ropinėdamas skverbiausi į smiltainį žvilgsniu, spoksojau pro lupą vos per kokius 2 colius [5 cm] nuo žemės. Įnikęs kartkartėmis užsimiršdavau ir įsibraudavau į kito paleontologo plotelį, tada per galvą trinkelėjęs purvinas kaimyno sviestas krepšys primindavo: brautis į svetimą teritoriją nevalia.

Pagaliau išmušė laimės valanda, ir paieškas vainikavo sėkmė. Mano aptikti dantys buvo aštrūs, su kauburėliais ir šaknimis. Gūbreliai ypatingi. Kiekvieno danties paviršius turėjo ypatingų nusidėvėjimo požymių tose vietose, kur viršutiniai ir apatiniai dantys prisispaudžia vienas prie kito. Tai buvo vienas seniausių žmogui būdingo tikslaus sąkandžio pavyzdžių, aiškiai matomų dantyse mažyčio žinduolio, gyvenusio prieš 190 mln. m.

Niekada nepamiršiu tokių akimirkų! Radiniai, aptikti šliaužiojant po purvą ir trupinant akmenis, galėjo pakeisti mūsų mąstyseną. Šis vaikiškos ir iš pažiūros nereikšmingos veiklos sugretinimas su viena didžiausių intelektinių paskatų mane pakerėjo visiems laikams. Stengiuosi tai prisiminti visada, kai ką nors iškasu.

Tą rudenį grįžau į universitetą, apsėstas ekspedicijų. Norėjau pats ją surengti, tačiau rimtesniam sumanymui trūko lėšų, taigi kelionėn į Konektikutą tyrinėti 200 mln. m. uolienų leidausi vienas. Šios uolienos jau buvo gana gerai ištirtos XIX a. – aptikta daug vertingų fosilijų. Vyliausi: šias uolienas tirdamas su savo lupa pagal stebuklingai sėkmingą ankstyvųjų žinduolių paieškos planą, sugebėsiu aptikti daugybę vertingų radinių. Išsinuomojęs nedidelį mikroautobusą ir pasičiupęs keletą krepšių radiniams, išvykau.

Gavau dar vieną vertingą pamoką: paieškos buvo bergždžios. Teko vėl grįžti į pradinį tašką, kalbant tiksliau – prie knygų apie geologiją universiteto bibliotekoje.

Turėjau surasti vietą, kur gerai atidengtos 200 mln. m. uolienos, o Konektikute galėjau kasinėti tik ten, kur buvo rengiamasi tiesti kelius. Geriausia

tokių kasinėjimų vieta – bangų skalaujama jūros pakrantė su uolėtu skardžiu, nusėta šviežiai išplautomis uolienų nuolaužomis. Žvilgtelėjau į žemėlapį ir pasirinkau naują vietą. Kanadoje, Naujosios Škotijos provincijoje, jūros pakrantėje buvo pilna maždaug 200 mln. m. triaso ir juros uolienų atodangų. Be to, turistiniai vadovai skelbė, kad čia būna patys didžiausi pasaulyje potvyniai – vanduo kartais pakyla net daugiau kaip 50 pėdų [15 m]. Mane aplankė neįtikėtina sėkmė.

Paskambinau Polui Olsenui (*Paul Olsen*), šių uolienų specialistui, ką tik pradėjusiam dėstyti Kolumbijos universitete Niujorke. Dar gerokai iki pokalbio su Polu mane buvo užvaldžiusios fosilijų paieškos perspektyvos, tačiau pasikalbėjęs tiesiog nenustygau. Iš jo pasakojimų apie šios vietovės geologinę sandarą supratau, kad ji labai tinka ieškoti smulkių žinduolių ir roplių – senovinių upių ir kopų sukurtos uolienos galėjo gerai išsaugoti mažyčius kaulus. Be to, Polas jau buvo radęs dinozaurų kaulų ir jų pėdsakų viename pakrantės ruožų netoli Parsboro, Naujosios Škotijos miesto.

Su Polu netrukus sukurpėme planą, kaip nuvykti į Parsborą ir paplūdimyje ieškoti mažų iškastinių gyvūnų liekanų. Polas buvo nepaprastai kilnus: šiose vietovėse pats ieškojo įvairių gyvūnų fosilijų ir jas tyrinėjo, taigi tikrai neprivalėjo padėti man, o juo labiau ten dirbti ranka rankon.

Apie savo ketinimus papasakojau Ferišui, ir jis ne tik pasiūlė pinigų šiai ekspedicijai, bet ir patarė pasikviesti draugėn fosilijų paieškų specialistus Bilą ir Čaką. Pinigai, Bilas, Čakas, Polas Olsenas, puikios uolienos ir plačios atodangos – kas gali būti geriau? Kitą vasarą pirmą kartą tapau paleontologinės ekspedicijos vadovu.

Išsinuomojęs automobilį, išvykau į Naujosios Škotijos pakrantę kartu su savo komanda. Žinoma, mano padėtis buvo gana juokinga. Bilui ir Čakui, kurie, kartu sudėjus, praleido kur kas daugiau metų ieškodami fosilijų, nei aš gyvenau šiame pasaulyje, aš tik vadinausi vadovu. Iš tikrųjų jie vadovavo fosilijų paieškai, o aš tik apmokėdavau jų pietų sąskaitas.

Uolienų atodangos Naujosios Škotijos pakrantėje buvo nepakartojamos. Palei visą Fandžio įlanką stūksojo statūs oranžinio smiltainio uolų skardžiai. Potvyniai kasdien užliedavo apie pusę mylios [beveik kilometrą] kranto ir atslūgdami palikdavo bekraštes oranžinės pamatinės uolienos lygumas. Labai greitai radome iškastinių kaulų keliose vietose. Uolų šlaituose šen bei ten bal-

POLAS OLSENAS IEŠKO SUAKMENĖJUSIŲ PĖDSAKŲ POTVYNIŲ UŽLIEJAMOSE NAUJOSIOS ŠKOTIJOS ŽEMUMOSE. KILUS POTVYNIUI, VANDUO UŽLIES ŠĮ KRANTĄ IKI PAT UOLOS KAIRĖJE. RODYKLĖ RODO UOLOS VIETĄ, KURIOJE KARTĄ, PRASIDĖJUS POTVYNIUI, IŠTŪNOJOME KELIAS VALANDAS. NUOTRAUKA AUTORIAUS.

tavo kaulų ruoželiai. Polas visur rasdavo suakmenėjusių pėdsakų, net seklumose, kurių uolieną skalaudavo kasdieniai potvyniai ir atoslūgiai.

Čakas, Bilas, Polas ir aš Naujojoje Škotijoje kasinėjome dvi savaites ir aptikome daugybę iš uolų kyšančių kaulų gabaliukų, nuolaužų, atplaišų. Fosilijų preparuotojas Bilas nuolat mane perspėdavo, kad lauko sąlygomis kaulų nereikėtų per daug nuvalyti – geriau palikti smiltainyje, kad nuo akmens juos galėtų atskirti laboratorijoje, naudodamas mikroskopą, kur kas patikimesnėmis sąlygomis.

Taip ir darėme, tačiau turiu pripažinti – fosilijų laimikis mane šiek tiek nuvylė: keletas batų dėžių su akmenimis, iš kurių tai šen, tai ten kyšo kaulų nuolaužos ir atplaišos. Pamenu, važiuojant namo, vis mąsčiau: nors ir nedaug ką radome, ekspedicija davė neįkainojamos patirties. Paskui pasiėmiau kelias savaites atostogų, o Čakas ir Bilas grįžo į laboratoriją.

Kai grįžau į Bostoną, Čakas ir Bilas buvo išėję pietauti. Tuo metu muziejuje lankėsi keletas mano kolegų; pripuolę ėmė spausti man ranką, sveikinti ir plekšnoti per petį. Liaupsino taip, tarsi būčiau po didžių pergalių sugrįžęs karvedys, o aš nė nenutuokiau, kur čia šuo pakastas. Jie pasiūlė eiti į Bilo laboratoriją ir apžiūrėti ekspedicijos trofėjus. Suglumęs nuskubėjau.

Po Bilo mikroskopu gulėjo mažytis žandikaulis, gal pusės colio [apie 1,5 cm] ilgio. Jame buvo keli labai mažyčiai dantukai. Neabejotina – žandikaulis roplio: visi dantys turėjo tik po vieną šaknį, o žinduolių turi po kelias. Tačiau ant šių dantų buvo duobučių ir gūbrelių, įžiūrimų plika akimi. Kai pažiūrėjau pro mikroskopą, iš nuostabos pakirto kojas: dantų viršūnėlėse buvo būdingų nusidėvėjimo ruoželių fragmentų. Taigi roplys turėjo sąkandį – fosilija buvo pusiau roplys, pusiau žinduolis.

Man nežinant, Bilas išpakavo vieną iš uolienos luitų, jame pastebėjo kaulo fragmentą ir, pasidėjęs po mikroskopu, preparavimo adata kruopščiai atskyrė nuo akmens. Nors to nepripažinome sau, kol dirbome lauke, mūsų ekspedicija baigėsi neįtikėtina sėkme. Ir viskas tik Bilo dėka.

Ko išmokau tą vasarą? Visų pirma – įsiklausyti į Čako ir Bilo žodžius. Antra, sužinojau, kad daugumą didžiausių atradimų padaro ne iškasenų ieškotojai kasinėjimų vietose, o kruopštūs preparuotojai laboratorijose. Galų gale paaiškėjo – svarbiausios pamokos apie paleontologo darbą laukuose manęs dar laukė.

Bilo roplys buvo triteledontas – šių gyvūnų aptikta Pietų Afrikoje, o dabar ir Naujojoje Škotijoje. Tai labai reti iškastiniai gyvūnai, todėl nusprendėme kitą vasarą fosilijų ieškoti vėl Naujojoje Škotijoje. Visą žiemą nekantraudamas laukiau ekspedicijos. Jeigu būtų įmanoma atkasinėti fosilijas įšale, nedvejodamas būčiau to ėmęsis.

1985 m. vasarą nuvykome į tą pačią vietą, kurioje aptikome triteledontą. Klodas su fosilijomis plytėjo pačioje skardžio apačioje, paplūdimyje, kur prieš keletą metų nukrito nedidelė atskilusios uolos nuolauža. Norėdami kasinėti čia, turėjome labai tiksliai pasirinkti laiką: prasidėjus potvyniui ten nusigauti neįmanoma, nes kylantis vanduo labai pavojingai priartėdavo prie paieškų vietos.

Niekada nepamiršiu jaudulio, apėmusio pirmą dieną, kai, aplenkę uolos iškyšą, vėl išvydome mūsų mažą ryškiai oranžinės uolienos ruoželį. Apstulbino ne tai, ką pamatėme, o tai, ko nepamatėme: trūko didžiosios dalies uolienos, kur pernai dirbome. Per praėjusią žiemą ją sunaikino erozija. Mūsų vertingą fosilijų radimvietę su puikiųjų triteledontų liekanomis nuplovė jūros bangos.

Bent kiek guodė vienintelis dalykas: pakrantėje mėtėsi oranžinio smiltainio nuolaužų – galėjome tirti jas. Didžiąją pakrantės grunto dalį, ypač toje

vietoje, kur kas rytą apeidavome kyšulį, sudarė bazaltas – 200 mln. m. vulkaninės kilmės uoliena. Buvome tikri, kad jokių fosilijų šioje uolienoje nerasime: pasak vienos paleontologijos aksiomos – tokiose kadaise iki milžiniškos temperatūros įkaitintose uolienose fosilinių kaulų likti negali. Penkias ar daugiau dienų per atoslūgius tyrinėjome pakrantę, trupinome oranžinius smiltainio luitus, bet veltui.

Uoliai ėmėme dirbti tuomet, kai vieną vakarą prie namelio privažiavo vietinio organizacijos *Lions Club* skyriaus prezidentas. Jis ieškojo teisėjų vietiniam gražuolių konkursui, rengiamam per tradicinę Tėvų namų savaitės šventę Parsbore. Šias atsakingas pareigas Parsboro gyventojai visada patikėdavo miesto svečiams, nes vietiniams būtų buvę sunku nešališkai vertinti savo kraštietes. Šiame renginyje dažniausiai teisėjaudavo viena pagyvenusi pora iš Kvebeko, kuri tąkart į Parsborą neatvyko, ir mano grupei buvo pasiūlyta juos pavaduoti.

Tačiau kol vertinome vietines gražuoles, po to dar gana ilgai ginčijomės, kol išrinkome nugalėtoją, gerokai užtrukome ir kitą dieną, užmiršę apie potvynio laiką, tapome jūros belaisviais už bazalto skardžio vingio. Likome įkalinti porai valandų ant mažo, maždaug 50 pėdų [15 m] pločio, kyšulio. Jis sudarytas iš vulkaninės uolienos, todėl niekam iš mūsų niekada nebūtų šovusi mintis čia ieškoti fosilijų.

Norėdami išblaškyti nuobodulį, mėtėme į vandenį akmenėlius, paskui sumanėme patyrinėti uolieną – tikėjomės rasią kokių nors įdomių kristalų ar mineralų. Bilas pradingo už uolos kyšulio, o aš pradėjau apžiūrinėti bazalto sieną, stūksančią už nugarų. Maždaug po penkiolikos minučių išgirdau mane šaukiant. Niekada nepamiršiu, kaip Bilas, mėgindamas sutramdyti jaudulį, sušuko: „Ei, Nilai, ar nenorėtum pamatyti, ką radau?“ Apėjęs kyšulį, pamačiau spindinčias iš susijaudinimo jo akis. Tada žvilgtelėjau į uolieną po jo kojomis. Iš jos kyšojo mažos baltos dalelės – fosiliniai kaulai. Tūkstančiai fosilinių kaulų!

Tai buvo būtent tai, ko ir ieškojome – smulkių kaulų telkinys. Paaiškėjo, kad vulkaninės uolienos šioje vietovėje nevisiškai vulkaninės. Kur ne kur per bazalto uolą driekėsi smiltainio sruogos. Šio kyšulio uolienos susiformavo iš purvo nuošliaužų, kurias sukeldavo išsiveržęs ugnikalnis. Nuošliaužų purve ir sustingo senoviniai gyvūnai.

Namo parsigabenome tonas šios uolienos. Joje aptikome daugiau triteledontų, keletą primityvių krokodilų ir kitų į driežus panašių roplių. Žinoma, patys vertingiausi radiniai buvo triteledontai, nes jie patvirtino faktą, kad kai kurie senoviniai ropliai jau turėjo žinduoliams būdingą sąkandį.

Ankstyvieji žinduoliai, pavyzdžiui, Ferišo grupės aptikti Arizonoje, jau turėjo labai tikslų sąkandį. Viršutinių dantų gūbrelių nusidėvėjimas visiškai sutampa su nelygumų išsidėstymu ant apatinių dantų. Tokio pobūdžio nusidėvėjimas itin aiškus, tad pagal senovinių žinduolių sąkandžio tipą ir dantų nusidėvėjimą galima atskirti įvairias rūšis. Arizonoje Ferišo aptiktų žinduolių sąkandis kitoks ir kitokie nusidėvėjimo požymiai, nei to paties laikotarpio žinduolių, kurių fosilinių liekanų randama Pietų Amerikoje, Europoje arba Kinijoje.

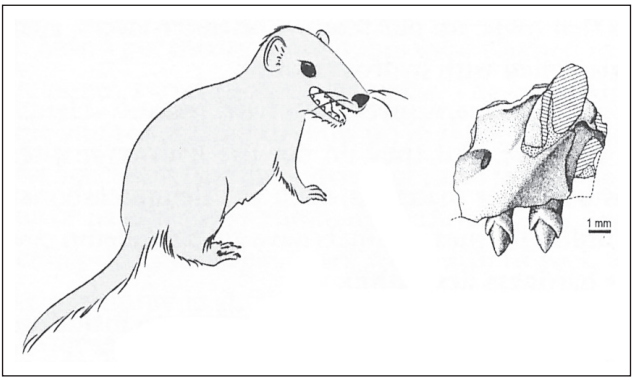
Jeigu galėtume šias fosilijas palyginti tik su dabartiniais ropliais, žinduolių mitybos kilmė toliau liktų didele paslaptimi. Kaip jau esu minėjęs, krokodilai ir driežai neturi gerai sutampančio sąkandžio. Ir čia pagalbon atskuba triteledontai. Jeigu nukeliautume laiku į tolimą praeitį, prie uolienų, kurios būtų apie 10 mln. m. senesnės nei uolienos, kurias tyrėme Naujojoje Škotijoje, aptiktume triteledontų su žinduoliams būdingo sąkandžio pradine versija.

Triteledontų dantų viršūnės nesutampa taip tiksliai, kaip žinduolių dantų: vidinis viršutinio danties paviršius į išorinį apatinio danties paviršių trinasi tarsi žirklių ašmenys. Žinoma, sąkandžio pokyčiai nevyko tuštumoje. Neturėtų stebinti ir tai, kad pirmieji Žemės gyventojai, turintys žinduoliams būdingą sąkandį, taip pat yra panašūs į žinduolius apatinio žandikaulio, kaukolės ir griaučių sandara.

Puiki paleontologiniame metraštyje išlikusių dantų būklė teikia labai tikslią informaciją, kaip žinduoliai kramtė ir kaip pradėjo vartoti kitokį mitalą. Žinduolių vystymosi istorija – tai didžia dalimi įvairių mitybos būdų vystymosi istorija.

Kiek jaunesniuose sluoksniuose, nei klodai, kuriuose randama triteledontų, galima aptikti daugybę kitų žinduolių rūšių, turinčių kitokią dantų sandarą ir sąkandžio savybes, išmokusių dantis pritaikyti prie naujų gyvenimo sąlygų. Maždaug 150 mln. m. uolienose, randamose visame pasaulyje, galima aptikti mažą į graužiką panašų žinduolį, turintį naujo tipo dantų eiles.

Šie organizmai grindė kelią, kuris davė pradžią mūsų pačių atsiradimui. Juos vienijo vienas labai svarbus bruožas: žandikauliuose buvo skirtingų rūšių



TRITELEDONTAS IR JO VIRŠUTINIO ŽANDIKAULIO FRAGMENTAS, APTIKTAS NAUJOJOJE ŠKOTIJOJE. ŽANDIKAULIO FRAGMENTO PIEŠINIO AUTORIUS – LASLAS MEŠOLĖJUS (*LAZLO MESZOLEY*).

dantų. Dantys sukūrė tam tikrą darbo pasidalijimą. Burnos priešakyje esantys kandžiai maisto atkąsdavo, iltiniai jį pradurdavo, o už jų esantys kapliai ir krūminiai smulkino ir trynė.

Šie smulkūs, išoriškai į peles panašūs žinduoliai – vienas svarbiausių mūsų pačių istorijos etapų. Jeigu tuo abejojate, įsivaizduokite, kaip būtų sunku valgyti obuolį, o dar geriau – didžiulę morką, jeigu neturėtumėte kandžių ir krūminių dantų. Mūsų įvairiarūšis racionas – nuo vaisių ir mėsos iki purių pyragaičių – galimas tik todėl, kad mūsų tolimiems giminaičiams, senoviniams žinduoliams, išsivystė dantys su labai tiksliu sąkandžiu. Ir, žinoma, pradinė šio reiškinio raida matyti burnoje triteledontų ir kitų, dar senesnių mūsų giminaičių, kurių priešakiniai dantys turi kiek kitokią formą ir gūbrelių bei duobučių sandarą, nei dantys, esantys giliau.

KAS KIETESNI – DANTYS AR KAULAI?

Ko gero neverta nė minėti, kad išskirtinė dantų savybė – kietumas. Jie turi būti kietesni už smulkinamus maisto gabaliukus (įsivaizduokite, kaip sektųsi smulkinti mėsos gabalą kempine). Daugeliu atžvilgių dantys yra kieti kaip akmenys, ir taip yra dėl to, kad jų sudėtyje yra labai kieto mineralo.

Šios mineralinės medžiagos – hidroksilapatito – yra molekulinėje ir ląstelinėje dantų ir kaulų infrastruktūroje, todėl jie yra atsparūs lenkimui, spau-

dimui ir kitokiam mechaniniam poveikiui. Dantys yra ypač kieti dėl to, kad juos dengianti kieta kaulinė medžiaga, emalis, turi kur kas daugiau hidroksilapatito, nei bet kuri kita kūno dalis, įskaitant ir kaulus. Emalis suteikia dantims blizgaus baltumo. Žinoma, emalis – tai tik vienas iš kelių sluoksnių, sudarančių dantis. Hidroksilapatito taip pat gausu ir vidiniuose danties sluoksniuose, pavyzdžiui, pulpoje ir dentine.

Gamtoje yra daugybė organizmų, turinčių labai tvirtus audinius – pavyzdžiui, dvigeldžiai moliuskai ir omarai. Tačiau jų organizme nėra hidroksilapatito. Omarų ir dvigeldžių moliuskų kiautų tvirtumą nulemia kitos medžiagos – kalcio karbonatas ir chitinas. Be to, šių gyvūnų kūnus dengia egzogriaučiai – t. y. išoriniai griaučiai. Mūsų tvirtybė glūdi viduje.

Tai, kad tvirtosios mūsų organizmo dalys yra viduje – dantys burnoje, o kaulai kūne – yra viena svarbiausių žinduolių savybių. Galime valgyti, judėti, kvėpuoti ir netgi asimiliuoti tam tikrus mineralus dėl to, kad organizme yra audinių, turinčių hidroksilapatito. Už šiuos gebėjimus turime dėkoti bendriems žmogaus ir žuvų protėviams. Šiuo atžvilgiu žuvys, varliagyviai, ropliai, paukščiai ir žinduoliai yra panašūs į mus. Visi turi darinių, kurių sudėtyje yra hidroksilapatito. Tačiau iš kur visa tai atsirado?

Čia susiduriame su svarbiu intelektiniu klausimu. Jeigu sužinosime, kur, kada ir kaip atsirado kieti kaulai ir dantys, galėsime atsakyti ir į klausimą, kodėl atsirado. Kodėl mūsų protėviams išsivystė tokio tipo tvirti audiniai? Ar jie saugojo gyvūnus nuo tam tikrų aplinkos veiksnių? O gal jų paskirtis – pagelbėti judėti? Atsakymus į šiuos klausimus galima rasti fosilijose, slūgsančiose maždaug 500 mln. m. uolienose.

Prie seniausių iškastinių gyvūnų, gyvenusių vandenynuose prieš 500–250 mln. m., priskiriami konodontai. Konodontus XIX a. ketvirtajame dešimtmetyje atrado rusų biologas Kristianas Panderis (*Christian Pander*), apie kurį dar kalbėsime keliuose skyriuose. Tai maži kiautuoti jūriniai organizmai, turintys į išorę atsikišusių aštrių smaigų eiles.

Nuo K. Panderio atradimo laikų konodontų buvo aptikta visuose žemynuose. Žemėje yra vietų, kur, perskėlę bet kurį akmenį, būtinai rasite daug konodontų liekanų. Paleontologai yra aprašę šimtus šių gyvūnų rūšių.

Ilgą laiką apie konodontų prigimtį nieko nebuvo žinoma. Vieni mokslininkai juos laikė gyvūnais, kiti augalais, dar kiti – mineralais. Beveik kie-

kvienas jų rėmėsi sava teorija. Buvo įrodinėjama, kad konodontai yra jūrinių moliuskų, pinčių, stuburinių ar netgi kirmėlių liekanos. Ginčai ir spėlionės baigėsi, kai paleontologai aptiko sveikas fosilines konodontų liekanas.

Pirmąjį pavyzdį, padėjusį išspręsti konodonto problemą, aptiko vienas paleontologijos profesorius, rūšiuodamas radinius Edinburgo universiteto rūsyje. Jis aptiko akmeninę plokštę su organizmo, panašaus į nėgę, atspaudu. Galbūt kai kurie jas prisimena iš biologijos pamokų – tai primityvūs gyvūnai*, neturintys nasrų. Šie gyvūnai išgyvena prisitvirtindami prie žuvų ir misdami jų krauju bei kūno audiniais.

Nėgės įspaudo priekinėje dalyje buvo įsiterpusios mažos fosilijos, kurios atrodė pažįstamos. Konodontų liekanos. Netrukus panašių į nėges organizmų fosilijų aptikta Pietų Afrikos, vėliau ir Jungtinių Amerikos Valstijų vakarinės dalies uolienose. Visi šie organizmai turėjo bendrą išskirtinę savybę: jų nasruose buvo ištisi komplektai organų, seniai žinomų konodontų pavadinimu. Išvada piršte piršosi: konodontai – tai dantys. Ir ne šiaip sau dantys. Konodontai buvo senovinių bežandžių stuburinių dantys.

Beveik pusantro šimto metų paleontologai nesuprato, kad turi seniausius iškastinius dantis. Norint paaiškinti, kodėl taip nutiko, būtina trumpai papasakoti, kaip organizmai fosilizuojasi. Geriausiai išsilaiko kietosios kūno dalys, pavyzdžiui, dantys. Minkštosios dalys – raumenys, oda ir vidaus organai – dažniausiai suyra, t. y. fosilijomis nevirsta.

Muziejų saugyklose gausu fosilinių griaučių, kriauklių ir dantų, tačiau be galo mažai fosilizuotų vidaus organų ar smegenų. Retkarčiais, kai iš minkštųjų audinių lieka kokių nors iškastinių pėdsakų, dažniausiai tai būna atspaudai, arba išlajos. Paleontologiniame metraštyje gausu konodontų dantų, tačiau prireikė 150 m., kol aptikome jų kūnų atspaudus. Šiems kūnams būdinga dar viena nepaprasta savybė – nėra tvirtų kaulų. Tai buvo minkštakūniai gyvūnai su tvirtais dantimis.

Daugybę metų paleontologai ginčijosi, kodėl iš viso atsirado tvirti vidiniai griaučiai, kurių sudėtyje yra hidroksilapatito. Mokslininkams, kurie mano, kad griaučiai prasidėjo nuo žandikaulio, stuburo arba apsauginės kūno dangos,

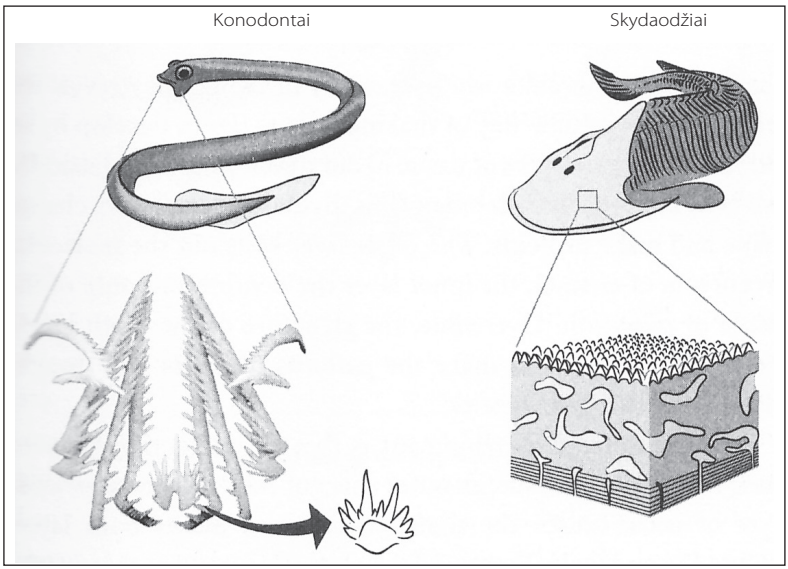
---

* Šioje knygoje nėgės ir miksinos vadinamos primityviomis žuvimis, tačiau pagal lietuvišką tradiciją – tai ne žuvys. Tai kitos klasės gyvūnai. Žr. A. Mačionio „Stuburinių zoologija“. – Vert. past.

konodontai virto kažkuo panašiu į „svetimkūnį“ burnoje. Matyt, dantys tapo pirmosiomis kūno dalimis, turinčiomis hidroksilapatito. Tvirti kaulai atsirado ne todėl, kad gyvūnas galėtų apsisaugoti, o kad galėtų ėsti kitus gyvūnus.

Būtent nuo šių gyvūnų ir prasidėjo karas visų su visais. Iš pradžių didesnės žuvys mito mažesnėmis, o vėliau įsibėgėjo ginklavimosi varžybos. Mažoms žuvims vystėsi šarvai, didelėms augo vis didesni nasrai, kad galėtų tuos šarvus perkrimsti, ir t. t. Dantys ir kaulai iš esmės pakeitė kovos dėl išlikimo pobūdį.

Viskas darosi dar įdomiau, panagrinėjus kai kuriuos seniausius iškastinius gyvūnus, turinčius kaulinį galvos šarvą. Šiek tiek vėlesniuose, nei tie, kuriuose randama ankstyvųjų konodontų, sluoksniuose pamatysime, kaip atrodo pirmųjų organizmų, kurių galvos turėjo tvirtą kaulinę dangą, griaučiai. Jie priklausė skydaodžiams – panašiems į žuvis gyvūnams, gyvenusiems maždaug



KONODONTAS (KAIRĖJE) IR SKYDAODIS (DEŠINĖJE). IŠ PRADŽIŲ BŪDAVO RANDAMA PAVIENIŲ KONODONTŲ. VĖLIAU, KAI BUVO APTIKTA ŠIŲ ORGANIZMŲ SVEIKŲ IŠKASTINIŲ LIEKANŲ, PAVYKO IŠSIAIŠKINTI, KAD KONODONTŲ KOMPLEKTAI TARNAVO KAIP DANTŲ EILĖS BEŽANDŽIŲ MINKŠTAKŪNIŲ GYVŪNŲ NASRUOSE. SKYDAODŽIO GALVA PADENGTA KAULINIU ŠARVU. PRO MIKROSKOPĄ MATYTI, KAD JO SLUOKSNIAI YRA SUDARYTI IŠ MAŽŲ DANTIS PRIMENANČIŲ DARINIŲ. ATKURTĄ KONODONTO DANTŲ EILĘ MALONIAI PATEIKĖ DR. MARKAS PERNELIS (*MARK PURNELL*) IŠ LESTERIO UNIVERSITETO IR DR. FILIPAS DONOHJU (*PHILIP DONOGHUE*) IŠ BRISTOLIO UNIVERSITETO.

prieš 500 mln. m. Jų fosilijų randama viso pasaulio uolienose nuo Arkties iki Bolivijos. Savo išvaizda skydaodžiai primena storauodegius mėsainius.

Skydaodžiai turėjo disko formos galvą, padengtą gerai išsivysčiusiu kauliniu šarvu. Jeigu iš muziejaus saugyklos stalčiaus ištraukčiau tokio iškastinio gyvūno pavyzdį ir parodyčiau, iš karto pastebėtumėte vieną keistą jo savybę: skydaodžio galvos griaučiai blizga panašiai kaip mūsų dantys ar žuvų žvynai.

Mokslininką ko gero labiausiai džiugina tai, kad gamtos pasaulis nepaliauja žavėti ir stebinti. Puikus to pavyzdys yra skydaodžiai, vieni seniausių bežandžių Žemės gyvūnų, vieni iš pirmųjų Žemės organizmų, turėjusių gerai išsivysčiusį kaulinį galvos šarvą.

Jeigu perpjautume skydaodžio kaukolės kaulą, pjūvį užpildytume plastiku, padėtume po mikroskopu ir įdėmiai apžiūrėtumėme, išvystume tai, kas visai nepanašu į jokį pažįstamą audinį. Veikiausiai pamatytumėte, kad kaukolės kaulo sandara tokia pati, kaip ir mūsų danties. Jo išorėje yra emalis, o viduje – pulpa. Visas kaulinis skydas yra sudarytas iš tūkstančių dantukų, sulietų į vieną kaulą. Taigi šis galvos šarvas – vienas ankstyviausių paleontologiniame metraštyje – sudarytas iš dantų. Pirmųjų dantų pradinė paskirtis buvo pastverti grobį, vėliau gyvūnams išsivystė tam tikra atmaina dantų, kurių paskirtis – apsisaugoti nuo priešų.

DANTYS, LIAUKOS IR PLUNKSNOS

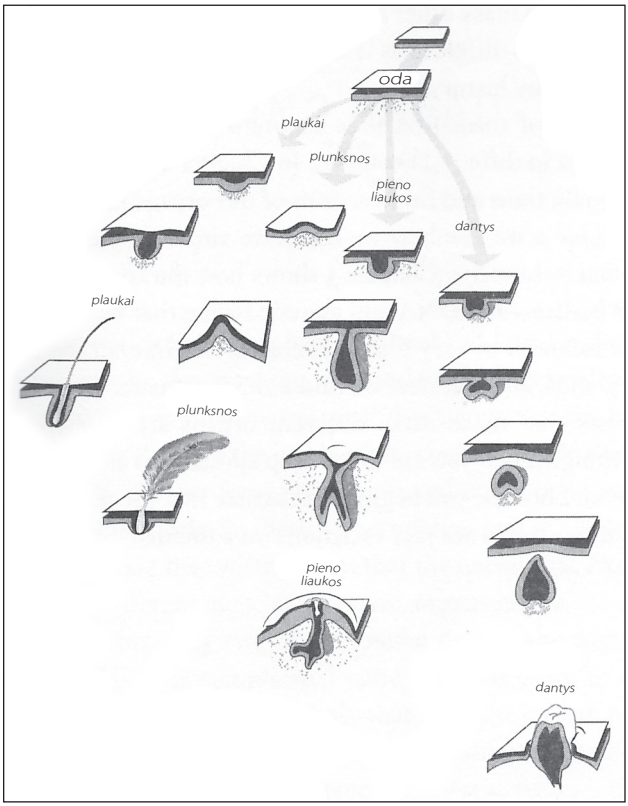
Dantys tapo ne tik visiškai naujos gyvensenos pradininkais, bet ir atvėrė naują organų vystymosi kelią. Dantys vystosi sąveikaujant dviems odos audinių sluoksniams.

Esmė tokia: abu sluoksniai susiliečia, jų ląstelės pasidalija, ir sluoksniai pakeičia savo formą, o jų ląstelės pagamina skirtingus baltymus. Išorinis sluoksnis išskiria medžiagų, iš kurių susidaro emalis, o vidinis sluoksnis suformuoja dentiną ir pulpą danties viduje. Bėgant laikui, susidarius pagrindinei danties sandarai, formuojasi detalės – gūbreliai ir daubelės, pagal kurių formą galima atpažinti žinduolių rūšis.

Danties vystymąsi lemia šių dviejų audinio sluoksnių sąveika: išorinio plono ląstelių ir vidinio, laisvesnio. Jiems sąveikaujant, susidaro klostės, ir abu sluoksniai išskiria medžiagas, kurios suformuoja organą (dantį). Pasirodo, ly-

giai tokie patys procesai skatina vystytis struktūras odoje: žvynus, plaukus, plunksnas, prakaito ir netgi pieno liaukas. Šiais atvejais du sluoksniai susiliečia, sudaro klostes ir išskiria baltymus. Iš tikrųjų, ištisos baterijos svarbiausių reguliuojančiųjų genų, aktyviai veikiančių bet kurio tipo audinyje vykstant šiam procesui, yra daugeliu savybių panašios.

Šis pavyzdys primena daugelio techninių žmonijos laimėjimų raidos istoriją. Tik išrasta plastiko liejimo technologija buvo pritaikyta gaminti įvairiausius daiktus – nuo automobilių detalių iki žaislų. Dantų istorija daug kuo panaši. Dantų formavimosi procesas nulėmė įvairiausių organų vystymosi odoje pradžią.



DANTYS, PIENO LIAUKOS, PLUNKSNOS IR PLAUKAI VYSTOSI SĄVEIKAUJANT ODOS SLUOKSNIAMS.

Skydaodžių pavyzdys atskleidžia, kokius kraštutinumus jis gali pasiekti. Kalbant apie paukščius, roplius ir žmones, šis procesas yra dar radikalesnis. Šie organizmai niekada nebūtų įgiję žvynų, plunksnų ar pieno liaukų, jeigu iki jų nebūtų išdygę dantys. Pakeistas dantų formavimo mechanizmas leido susidaryti kitiems svarbiems odos dariniams. Tarp tokių skirtingų organų kaip dantys, plunksnos ir pieno liaukos, gyvuoja nepaneigiamas senas istorinis ryšys.

Pirmuose keturiuose šios knygos skyriuose aptarėme skirtingų organizmų tų pačių organų atsiradimą ir vystymąsi. 1 skyriuje kalbėjome, kad galime numatyti vietas, kur yra senovinių uolienų ir galima aptikti seniausius fosilinius mūsų pačių organų variantus. 2 skyriuje pasakojome, kaip sekti tam tikrų griaučių sandų vystymąsi nuo žuvų iki žmonių. Trečiajame – kaip skirtinguose organizmuose veikia paveldima mūsų organizmų dalis – DNR ir genų receptas, pagal kurį susiformuoja atskiri organai. Šiame, t. y. 4, skyriuje įrodome, kad skirtingi organai – dantys, pieno liaukos ir plunksnos – turi bendrą pagrindą. Jų vystymąsi nulemiantys biologiniai mechanizmai visuose organizmuose veikia panašiai. Įsižiūrėję į skirtingų organų ir gyvūnų panašumus, pradedame pripažinti, kad visa Žemės gyvybės įvairovė tėra vienos temos variacijos.

PENKTAS SKYRIUS

GRIAUČIAI SU GALVA

Likus dviem dienoms iki anatomijos kurso egzamino, apie antrą valandą nakties sėdėjau laboratorijoje ir mėginau įsiminti galvos nervus. Žmogus turi dvylika galvos nervų, ir kiekvienas jų atsišakoja, suformuodamas įmantrias pynes ir kilpas kaukolės viduje. Norėdami ištirti šiuos nervus, perpjovėme kaukolę nuo kaktos iki smakro ir išpjovėme kai kurias skruostikaulių dalis. Dabar, sėdėdamas laboratorijoje, rankose laikau po kaukolės pusę ir įdėmiai apžiūrinėjau susiraizgiusias nervų pynes, nusidriekusias nuo smegenų iki įvairių raumenų ir jutimo organų.

Mane ypač sužavėjo du galvos nervai – trišakis ir veidinis. Sudėtinga jų struktūra peraugo į kažką itin paprasto, kažką nepaprastai aiškaus, to, kas privertė į žmogaus galvą pažvelgti kitaip. Pamatyti šį giliai slypintį paprastumą man padėjo tai, kad jau buvau ištyręs kur kas paprastesnius ryklio galvos nervus. Žavesys to, ką pavyko suprasti (nors tai nebuvo jokia naujiena: lyginamosios anatomijos specialistai visa tai išsiaiškino daugiau kaip prieš šimtmetį), ir įtampa prieš artėjantį egzaminą privertė užmiršti, kur esu. Apsidairiau.

Buvo pats vidurnaktis, laboratorijoje sėdėjau vienui vienas. Aplink mane, užkloti baltomis antklodėmis, tysojo dvidešimt penki negyvėliai. Pirmą ir paskutinį kartą pradėjo drebėti kinkos. Mane sukaustė toks siaubas, jog ant galvos ėmė piestu stotis plaukai, o kojos pačios ėmė nešti išėjimo link, ir, nepraėjus nė kelioms sekundėms, gaudydamas kvapą jau stovėjau autobusų stotelėje.

Neverta nė minėti – jaučiausi kaip paskutinis kvailys. Pamenu, pasakiau sau: Šubinai, tau tikrai trūksta vieno šulo. Tačiau ši mintis netrukus dingo: pamačiau, kad laboratorijoje palikau namų raktus.

O šulą pamečiau dėl to, kad žmogaus galvos anatomija gali pakerėti ir yra savitai graži. Vienas iš mokslo teikiamų džiaugsmų yra tas, kad kartkartėmis galima pamatyti modelius, kurie atskleidžia tam tikrą iš pažiūros netvarkos tvarką. Išgąstis virto geru dalyku: pajutau, kad galiu kiaurai permatyti reiškinius ir aptikti jų esmę. Šiame skyriuje pažvelgsime į esmę, glūdinčią mūsų pačių galvose. Žinoma, žuvų galvų taip pat nepamiršime.

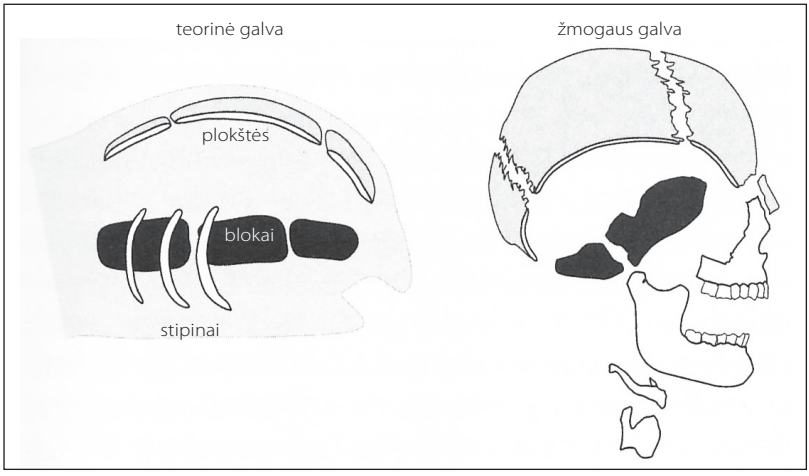
NETVARKA GALVOJE

Galvos anatomija ne tik sudėtinga, bet ir sunkiai ištiriama, nes jos audiniai, priešingai nei kiti mūsų organai, yra paslėpti kaukolėje. Kad pamatytume galvos kraujagysles ir organus, turime tiesiogine prasme įsigauti į kaukolę per skruostikaulius, kaktą ir smegeninę. Galvoje aptiksime skaidulų, panašių į valą, kamuoliuką. Keliaudami per kaukolę, nervai ir kraujagyslės išsiraito įmantriomis kilpomis ir vingiais. Mažutėje smegeninėje telpa tūkstančiai nervų atšakų, raumenų ir kauliukų. Iš pirmo žvilgsnio tai atrodo didelė painiava.

Mūsų kaukolę sudaro trys pagrindinės dalys: „plokštės“, „blokai“ ir „stipinai“. Plokštės uždengia smegenis. Pliaukštelėkite sau per galvą ir jas pajusite. Didelės plokštės, sudarančios didžiąją smegeninės dalį, tarpusavyje sujungtos kaip dėlionės dalys. Naujagimių kaukolės smegeninės plokštės nesuaugusios; tarpas tarp jų vadinamas momenėliu. Momenėlis gerai pastebimas (kartais net matyti, kaip po juo tvinkčioja smegenų audinys). Kūdikiui augant, kaulai didėja, ir iki dvejų metų visiškai suauga.

Kita mūsų kaukolės dalis yra po smegenimis. Ji suformuoja smegenis laikantį pagrindą. Kitaip nei smegenis iš viršaus dengiančios plokštės, pagrindo kaulai panašūs į sudėtingus blokus. Per juos nusidriekia daugybė kraujagyslių ir nervų. Trečią kaukolės dalį sudaro žandikauliai, vidurinės ausies ir gerklės kauliukai. Iš pradžių šie kaulai primena stipinus, kurie tolydžio keičia formą ir suauga į įvarius darinius, padedančius kramtyti, ryti ir girdėti.

Kaukolėje yra daugybė skyrių ir ertmių, kuriuose – įvairūs organai. Akivaizdu, kad didžiausią ertmę užima smegenys, kitas – akys, ausų ir nosies da-



PLOKŠTĖS, BLOKAI IR STIPINAI: KAUKOLĖS TEMA, IR VIENA IŠ VARIACIJŲ ŠIA TEMA – ŽMOGAUS KAUKOLĖ. KIEKVIENAS KAUKOLĖS KAULIUKAS GALI BŪTI SUSIETAS SU VIENU IŠ ŠIŲ DALYKŲ.

riniai. Norint perprasti galvos anatomiją, šias ermes ir organus būtina suvokti trimatėje erdvėje.

Prie galvos kaulų ir organų yra prisitvirtinę raumenys, padedantys kąsti, kalbėti, judinti akis ir galvą. Su šiais raumenimis jungiasi dvylika porų nervų; kiekvienas jų, išeidamas iš smegenų, pasiekia tam tikrą galvos sritį. Tai yra tie studentams siaubą keliantys galvos nervai.

Norint suprasti galvos sandaros esmę, jos nervus būtina laikyti daugiau nei netvarkingu raizginiu. Iš tikrųjų, dauguma šių nervų gana paprasti. Patys paprasčiausi atlieka vienintelę funkciją – prisijungia prie vieno raumens arba organo. Galvos nervas, kuris jungiasi su nosies struktūromis, t. y. uoslės organais, vykdo tik vieną užduotį – iš nosies audinių perduoda informaciją į smegenis. Šiuo požiūriu kiti nervai, kurie jungiasi su akimis ir ausimis, taip pat nėra labai sudėtingi: regos nervas užtikrina regėjimą, o klausos nervas – klausą. Kitos keturios galvos nervų poros aptarnauja tik raumenis – leidžia judėti akims akiduobėse arba sukinėti galvą.

Tačiau keturi galvos nervai jau daugelį dešimtmečių priverčia medicinos studentus pulti į nevilti. Nesunku paaiškinti dėl ko: jie atlieka labai sudėtingas funkcijas, dėl to galvoje išsiraito vingiuotais takeliais. Trišakis ir veidinis nervai nusipelno ypatingo dėmesio – abu išeina iš smegenų ir išsišakoja į painų

atšakų tinklą. Kiekviena trišakio arba veidinio nervo atšaka primena kabelį, kuriuo perduodami interneto duomenys, televizinis ir garsinis signalai.

Šiomis atšakomis taip pat perduodama informacija, užtikrinanti jutimo organų ir raumenų veiklą. Atskiros jutimo organų ir raumenų veiklą užtikrinančios skaidulos gali sietis su įvairiomis smegenų dalimis, tačiau jos susipina į pavienius kabelius (t. y. trišakį ir veidinį nervus), iš kurių vėl išsišakoja į atskiras atšakas, siekiančias pačias įvairiausias galvos sritis.

Trišakio nervo atšakos atlieka dvi svarbias funkcijas: valdo raumenis ir į smegenis perduoda sensorinę informaciją, ką jaučia nervų galūnės didžiojoje veido dalyje. Trišakis nervas valdo raumenis, kurie veikia, kramtant maistą, taip pat mažyčius raumenis, esančius giliai vidurinėje ausyje. Be to, trišakis nervas užtikrina veido jautrumą – todėl, gavę antausį, patiriame ne tik emocinį, bet ir fizinį skausmą: nervas siunčia sensorinę informaciją iš veido odos atgal į smegenis. Stomatologui trišakio nervo atšakos taip pat puikiai pažįstamos. Įvairios šio nervo atšakos siekia dantų šaknis. Suleidus anestetiko į sritį, pro kurią eina viena šio nervo atšakų, nuslopinamas jautrumas tam tikroje dantų eilės srityje.

Veidinis nervas taip pat valdo raumenis ir sensorinę informaciją. Jau pats pavadinimas rodo, kad jis yra pagrindinis nervas, valdantis mimikos raumenis. Šie mažyčiai raumenys leidžia šypsotis, susiraukti, kilnoti antakius, išplėsti šnerves ir t. t. Raumenys pavadinti vardais, susijusiais su jų funkcijomis.

Vienas iš svarbiausių raumenų, kurie veikia susiraukiant – burnos kampučius jis nuleidžia žemyn – vadinamas *depressor anguli oris* (burnos kampo nutraukiamasis raumuo). Dar vienas įspūdingai pavadintas raumuo yra *corrugator supercilli* (antakių suraukiamasis raumuo). Šnerves plečia nosinis raumuo *nasalis*. Kiekvieną šių raumenų, kaip ir kitus mimikos raumenis, valdo veidinio nervo atšakos. Kreiva šypsena arba pusiau nuleistas vienos akies vokas byloja, kad kažkas nutiko vienos galvos pusės veidiniam raumeniui.

Tikriausiai ima aiškėti, kodėl užsisėdėjau laboratorijoje iki vėlumos, tyrinėdamas šiuos nervus. Atrodė, visi su jais susiję dalykai neturi jokios prasmės. Pavyzdžiui, tiek nuo trišakio, tiek nuo veidinio raumens eina mažytės atšakos į raumenis, esančius giliai ausyse. Kodėl du skirtingi nervai, dirginantys skirtingas veido ir žandikaulių dalis, siunčia atsišakojimus į ausies raumenis, esančius vienas greta kito? Dar painiau, kad trišakis ir veidinis nervai beveik susikerta, o jų atšakos siekia veidą ir žandikaulį. Kodėl? Atrodo, šių nervų

funkcijos dubliuojasi, o jų skaidulos yra susiraizgiusios, jų sandaroje negalime įžvelgti jokios tvarkos ar prasmės, ir dar labiau nesuprantama, kaip jie dera su plokštėmis, blokais ir stipinais, sudarančiais kaukolę.

Mąstydamas apie šiuos nervus, prisiminiau savo pirmąsias dienas Čikagoje 2001 m.

Man paskyrė vietą laboratorijoje, įrengtoje prieš šimtmetį pastatytame name, kurioje reikėjo pakeisti elektros instaliaciją, vandentiekio sistemą ir įrengti oro kondicionierius. Pamenu tą dieną, kai darbininkai prakirto sienas, norėdami prisikasti prie vidaus įrenginių. Pamatę laidus ir vamzdžius, jie nustėro beveik taip pat kaip aš, atvėręs žmogaus galvą ir pirmą kartą išvydęs trišakį ir veidinį nervus. Laidai, kabeliai ir vamzdžiai sudarė neįtikėtiną raizgalynę. Joks sveiko proto projektuotojas nebūtų suplanavęs pastato taip, kad kabeliai ir vamzdžiai raizgytųsi tokiomis įmantriomis kilpomis ir būtų taip sudėtingai išvingiuoti.

Štai čia ir visa esmė. Tas pastatas buvo pastatytas 1896 m., ir vandentiekio sistema, elektros instaliacija rodė daugkartinių perstatymų ir atnaujinimų, neatpažįstamai pakeitusių pirminį projektą, padarinius. Jeigu norite suprasti šio pastato elektros instaliaciją ir vandentiekio sistemą, turite žinoti jo istoriją, kaip šis pastatas būdavo atnaujinamas vis kitai mokslininkų kartai. Mano galva taip pat turi ilgą istoriją, ir ši istorija atskleidžia, kodėl trišakis ir veidinis nervai yra taip sudėtingai supainioti.

Kiekvieno mūsų istorija prasideda nuo apvaisinto kiaušinėlio.

ESMĖ – EMBRIONUOSE

Iš pradžių jokia gyva būtybė neturi galvos. Naujas organizmas atsiranda tada, kai spermatozoidas susijungia su kiaušinėliu ir sudaro naują ląstelę – apvaisintą kiaušialąstę (zigotą). Per pirmąsias tris savaites po apvaisinimo patiriame virsmą nuo pavienės ląstelės iki ląstelių gniutulėlio, paskui tampame svaidomojo disko formos ląstelių sankaupa, o dar vėliau įgyjame vamzdelio formą, kurioje jau galima aptikti kelių skirtingų tipų audinius.

Dvidešimt trečią – dvidešimt aštuntą dieną po apvaisinimo priekinė šio vamzdelio dalis sustorėja ir suformuoja klostę, užlinkdama į papilvės pusę, ir įgauna embrionui būdingą susirietusio vaisiaus pozą. Šioje vystymosi stadijoje

embriono galva atrodo kaip didelis lašas. Šio lašo pagrindas leidžia pamatyti daugelį esminių galvos sandaros savybių.

Apie sritį, kuri vėliau taps gerkle, vystosi keturi nedideli pabrinkimai: per pirmas tris savaites pasirodo du, o kiti du atsiranda maždaug keturiomis dienomis vėliau. Žvelgiant iš šalies, nė vienas pabrinkimas neatrodo ypatingas: gumulėlis, nuo kito tokio pat gumulėlio atskirtas klostele. Tačiau stebėdami, kas vyksta gumulėliuose ir klostėse, pastebėsime galvos sandaros tvarką ir grožį, kartu su trišakiu ir veidiniu nervais.

Šie sustorėjimai vadinami skliautais. Iš vienų skliautų ląstelių susiformuoja kaulų audiniai, iš kitų – raumenys ir kraujagyslės. Kiekvieną skliautą sudaro įvairių ląstelių mišinys. Kai kurios jų atsirado dalijantis kitoms ląstelėms, kitos ilgai migravo, kol atsidūrė skliaute. Nustačius, kokie suaugusio organizmo organai susidaro iš vienokių ar kitokių skliauto ląstelių, viskas įgauna aiškumą.

Galiausiai iš pirmojo skliauto audinių susiformuoja viršutinis ir apatinis žandikauliai, du klausos kauleliai (plaktukas ir priekalas), taip pat su jais susijusios kraujagyslės ir raumenys. Iš antrojo susidaro trečias klausos kaulelis – kilpa, gerklės kauliukas ir dauguma raumenų, valdančių veido mimiką. Iš trečiojo skliauto susiformuoja kaulai, raumenys ir nervai, išsidėstantys kiek giliau gerklėje; jie padeda ryti. Galiausiai, ketvirtasis skliautas suformuoja pačius giliausius gerklės organus, taip pat gerklas bei raumenis ir kraujagysles, supančias gerklas ir padedančias joms veikti.

Jeigu iki smeigtuko galvutės dydžio susimažintumėte ir įsiskverbtumėte į embriono burną, vidiniame jos paviršiuje aptiktumėte įdubų, atitinkančių kiekvieną sustorėjimą. Iš viso yra keturios įdubos, kurios, kaip ir išoriniai skliautai, suformuoja svarbius organus. Pirma įduba pailgėja ir virsta Eustachijaus vamzdžiu, taip pat kai kuriomis vidurinės ausies dalimis. Iš antros pasidaro ertmė, kurios sienelėse išsidėsto tonzilės. Iš trečios ir ketvirtos įdubos sienelių atsiranda svarbios liaukos: prieskydinė, užkrūčio ir skydliaukė.

Visa, apie ką papasakojau, padės perprasti pačių sudėtingiausių galvos nervų ir didžiosios galvos dalies sandaros ypatumus.

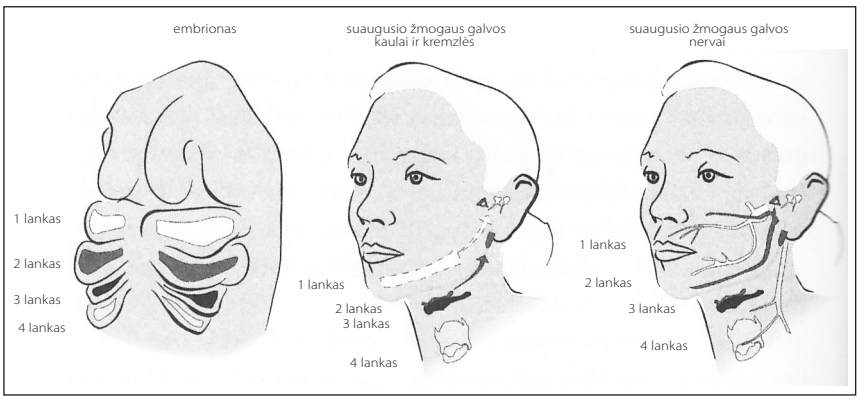
Kai mąstome apie trišakį nervą, turime prisiminti pirmąjį skliautą. Kai kalbame apie veidinį nervą, turime prisiminti antrąjį skliautą. Trišakis nervas

su žandikauliais ir vidurinės ausies dalimis susisiekia todėl, kad visos dalys, už kurių veiklą atsakingas šis nervas, išsivystė iš pirmojo skliauto audinių. Tą patį galima pasakyti apie veidinį nervą ir antrąjį skliautą. Kas sieja veidinio nervo valdomus mimikos raumenis su ausies raumenimis? Jie abu išsivystė iš antrojo skliauto.

Sudėtingi trečiojo ir ketvirtojo skliautų nervų keliai taip pat yra susipynę: jie inervuoja organus, išsivysčiusius iš atitinkamų skliautų audinių. Šių skliautų nervai, prie kurių taip pat priskiriami liežuvinis ryklės ir klajoklinis nervai, išsidėstę taip pat, kaip ir abiejų pirmų skliautų nervai: kiekvienas jų sujungtas su organais, išsivystančiais iš to skliauto, su kuriuo yra susijęs.

Žinodami principinę galvos sandaros schemą, galime suprasti vieną iš apokrifinių anatomų istorijų. Legenda byloja, kad 1820 m. Johanas Volfgangas Getė (*Johann Wolfgang Göthe*) vaikštinėjo po Vienos žydų kapines ir netikėtai pamatė avino maitą. Baltavo stuburo slanksteliai, o virš jų gulėjo apdaužyta kaukolė. Tąsyk J. V. Getę aplankė nušvitimas: jis pamatė, kad kaukolės nuolaužos labai panašios į gumbuotus stuburo slankstelius.

Šis nušvitimas jam atskleidė kaukolės struktūros esmę: kaukolę sudaro tarpusavyje susijungę ir suaugę slanksteliai, sudarantys skliautą, kuriame glūdi smegenys ir jutimo organai. Tai išties revoliucinga idėja, atskleidusi, kad kaukolė ir stuburas – dvi to paties fundamentalaus plano versijos. Ko gero ši idėja XIX a. pradžioje sklido tarsi užkratas, nes beveik tuo pačiu metu ja užsikrėtė



JEIGU PASEKSIME, KAIP VYSTOSI ŽIAUNŲ LANKAI NUO EMBRIONO IKI SUAUGUSIO ŽMOGAUS, PAMATYSIME, KAIP IŠ ŠIŲ LANKŲ AUDINIŲ ATSIRANDA ŽANDIKAULIAI, AUSYS, GERKLOS IR GERKLĖ. ŽIAUNŲ LANKUOSE VYSTOSI KAULAI, RAUMENYS, NERVAI IR KRAUJAGYSLĖS.

keletas kitų žmonių; tarp jų – ir žinomas vokiečių gamtininkas Lorencas Okenas (*Lorenz Oken*).

J. V. Getė ir L. Okenas tuomet priartėjo prie vienos fundamentalios tiesos, nors patys to ir negalėjo kaip reikiant suvokti. Mūsų kūnas sudarytas iš segmentų, kurių sistemą puikiai atskleidžia stuburo slanksteliai. Kiekvienas slankstelis – tarsi statybinis blokas.

Nervų sistema taip pat yra segmentinė, glaudžiai susijusi su slankstelių modeliu. Išeinantys iš nugaros smegenų nervai pasklinda po įvairius organus. Segmentinė sandara akivaizdi nugaros smegenų srityse, susijusiose su atskiromis kūno dalimis. Pavyzdžiui, kojų raumenis valdo nervai, išeinantys iš nugaros smegenų kur kas žemiau, nei nervai, valdantys rankų raumenis. Nors iš pirmo žvilgsnio taip neatrodo, kaukolei taip pat būdinga segmentinė struktūra. Aptarti skliautai apibrėžia tam tikrus kaulų, raumenų, kraujagyslių ir nervų segmentus. Suaugusio žmogaus organizme šių segmentų nėra. Jie aiškiai matyti tik embrione.

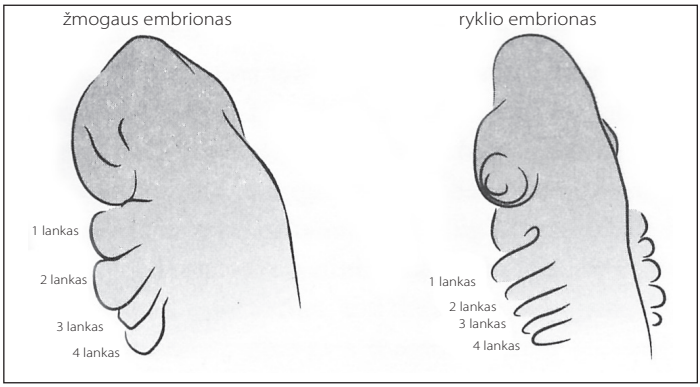
Embrionui virstant suaugusiu organizmu, kaukolė pamažu praranda bruožus, akivaizdžiai įrodančius segmentinę jos sandarą. Į plokšteles panašūs kaukolės kaulai vystosi virš embriono žiaunų lankų, o raumenys, nervai ir kraujagyslės, ankstyvoje stadijoje turintys labai paprastą segmentinę sandarą, tolydžio keičiasi formuojantis suaugusio žmogaus kaukolei.

Turėdami žinių apie žmogaus vystymąsi, galime numatyti, kur ieškoti trūkstamų segmentų tų vaikų, kurie turi vienokių ar kitokių įgimtų defektų. Pavyzdžiui, vaikams, turintiems pirmojo skliauto sindromą, būdingas blogai išsivystęs žandikaulis ir sutrikusi klausa – nėra plaktuko ir priekalo kaulelių. Taigi trūksta dalių, kurios formuojasi iš pirmojo skliauto audinių.

Šie skliautai – tai tarsi kelių žemėlapis pagrindinėms kaukolės dalims: nuo pačių sudėtingiausių galvos nervų iki galvos raumenų, kraujagyslių, kaulų ir liaukų. Skliautai reiškia ir šį tą daugiau – glaudų žmogaus ryšį su rykliais.

RYKLYS MUMYSE

Apie advokatus pasakojama daugybė anekdotų, kad jie yra itin plėšrūs rykliai. Dėstant embriologiją, buvo labai populiarus vienas tokių anekdotų, ir man kažkodėl šovė į galvą mintis, kad šis anekdotas – apie mus visus. Visi esame modifikuoti rykliai, arba, kitaip tariant, kiekviename mūsų tūno advokatas.



ANKSTYVOJOJE VYSTYMOSI STADIJOJE ŽMOGAUS IR RYKLIO ŽIAUNŲ SRITYS YRA LABAI PANAŠIOS.

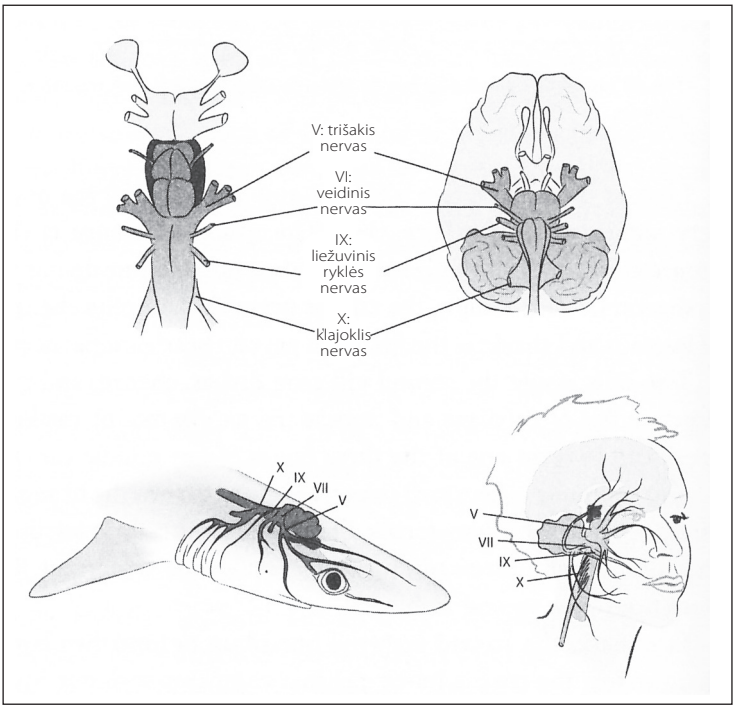
Kaip jau matėme, pagrindinė žmogaus galvos sandaros paslapties dalis slypi žiaunų lankuose – embriono sustorėjimuose, iš kurių keliai driekiasi į sudėtingus galvos nervus ir kitus svarbius jos sandus. Šie iš pirmo žvilgsnio nereikšmingi sustorėjimai ir įdubos jau daugiau kaip pusantro šimto metų audrina anatomų vaizduotę, nes jie itin panašūs į ryklių ir kitų žuvų žiaunų plyšius, gerai matomus ryklėje.

Žuvų embrionai taip pat turi tokius sustorėjimus ir įdubas. Tačiau jos galiausiai atsiveria ir virsta tarpžiauniais, pro kuriuos teka vanduo. Šios mūsų įdubos paprastai aklinai uždarytos. Esant patologijai, embriono žiaunų plyšiai neužsidaro ir sudaro kišenėles, arba cistas. Sakykime, vadinamojo žiaunų lanko sinusas, arba cista, – tai gerybinė skysčio pripildyta pūslelė atviroje žmogaus kaklo kišenėje. Kišenė susidaro dėl to, kad neužsiveria trečiasis arba ketvirtasis embriono skliautas.

Vaikai kartais gimsta su senoviniu žiaunų lanko kremzlės rudimentu – stipinėliu, kuris sudarė mūsų protėvių trečiąjį žiaunų lanką. Tokiais atvejais chirurgams tenka šalinti iš žmogaus organizmo žuvį, netikėtai sugrįžusią iš praeities...

Kiekvieno gyvūno – tiek ryklio, tiek žmogaus – embrionas turi šiuos keturis lankus; svarbiausia – kas vyksta kiekviename jų. Juos tyrinėdami, galime nuosekliai palyginti kitų gyvūnų galvas su ryklių galvomis.

Iš žmogaus ir ryklio pirmojo žiaunų lanko audinių išsivysto tas pats organas – žandikauliai (nasrai). Pagrindinis skirtumas yra tas, kad iš žmogaus embriono pirmojo žiaunų lanko susiformuoja kai kurie klausos kauleliai, kurių



IŠ PIRMO ŽVILGSNIO ŽMOGAUS GALVOS NERVAI (APAČIOJE DEŠINĖJE) SKIRIASI NUO RYKLIO GALVOS NERVŲ (APAČIOJE KAIRĖJE). TAČIAU ĮSIŽIŪRĖJĘ APTIKSITE DAUGYBĘ PANAŠIŲ BRUOŽŲ. IŠ TIKRŲJŲ VISUS PAGRINDINIUS ŽMOGAUS NERVUS TURI IR RYKLYS. BE TO, VIENAS KITĄ ATITINKANTYS RYKLIO IR ŽMOGAUS NERVAI NE TIK VALDO PANAŠIUS ORGANUS, BET IR IŠEINA IŠ SMEGENŲ TOKIA PAČIA TVARKA (PIEŠINYS AUKŠČIAU KAIRĖJE IR DEŠINĖJE).

rykliai neturi. Nenuostabu, kad ryklių ir žmonių nasrus (žandikaulius) valdo tas pats galvos nervas – pirmojo žiaunų lanko, arba trišakis, nervas.

Antrajame žiaunų lanke esančios ląstelės dalijasi, keičia išvaizdą ir galiausiai virsta kremzlės ir raumens ruožu. Šio žmogaus ruožo kremzlės dalijasi ir sudaro vieną iš trijų vidurinės ausies kaulelių (kilpą) ir keletą kitų kauliukų ties galvos ir gerklės pagrindu. Vienas šių kauliukų, vadinamasis hioidas, padeda ryti. Už gebėjimą nuryti maistą ir klausytis muzikos turime dėkoti organams, kurie susidaro iš antrojo žiaunų lanko.

Ryklių antrojo žiaunų lanko stipinėlis persiskiria ir virsta dviem kaulais, laikančiais nasrus. Vienas jų (apatinis) atitinka mūsų hioidą, kitas (viršutinis)

laiko viršutinį žandikaulį. Jeigu kada stebėjote, kaip didysis baltasis ryklys mėgina ką nors sugriebti nasrais (sakykim, narve esantį narą), tikriausiai matėte, kad viršutinis žandikaulis, rykliui kandant, pailgėja, paskui grįžta į pradinę padėtį. Viršutinis kaulas, susidaręs iš antrojo žiaunų lanko, yra dalis kaulų sistemos, įgalinančios judinti žandikaulius. Viršutinis ryklio kaulas turi dar vieną nepaprastą savybę: jis atitinka vieną iš mūsų vidurinės ausies kaulelių – kilpelę. Ryklių kaulai, laikantys viršutinį ir apatinį žandikaulius, padeda ryti ir girdėti.

Kalbėdami apie trečiąjį ir ketvirtąjį žiaunų lankus, turime atkreipti dėmesį, kad daugelis organų, padedančių žmogui kalbėti ir ryti, atitinka ryklių organus, laikančius žiaunas. Raumenys ir galvos nervai, reguliuojantys rijimą ir kalbėjimą, rykliams ir kitoms žuvims padeda judinti žiaunas.

Mūsų galvos sandara gali pasirodyti neįtikėtinai sudėtinga, tačiau iš tikrųjų ji paprasta ir aiški. Ji tokia pati, kaip ir visų kaukolę turinčių Žemės organizmų – ryklių, kaulinių žuvų, salamandrų, žmonių. Šio bendrumo atradimas tapo vienu svarbiausių XIX a. anatomijos laimėjimų. Tada anatomai masiškai pradėjo tyrinėti mikroskopu visų žinomų gyvūnų rūšių embrionus.

1872 m. anatomas iš Oksfordo Frensis Meitlendas Balfuras (*Francis Maitland Balfour*), išnagrinėjęs ryklių embriono sustorėjimus, žiaunų lankus ir juose esančius organus, pirmą kartą nustatė pagrindinę galvos schemą. Deja, netrukus jis žuvo Šveicarijos Alpėse. Jam buvo tik truputėlį per trisdešimt.

ŽIAUNŲ LANKŲ GENAI

Per pirmas tris savaites po apvaisinimo mūsų žiaunų lankuose ir visuose audiniuose, iš kurių galiausiai susidaro smegenys, nuosekliai pradeda ar nustoja veikti didžiuliai pulkai genų. Ląstelėms jie perduoda nurodymus, kaip sudaryti galvos dalis. Įsivaizduokite: kiekvienai jos sričiai yra suteiktas originalus genetinis adresas, užtikrinantis savitą tam tikros srities vystymosi kelią. Keičiant šio adreso savybes, galima keisti ir galvos vystymosi pobūdį.

Pavyzdžiui, *Otx* genas yra aktyvus priekinėje srityje, kur susidaro pirmasis žiaunų lankas. Už šio geno, arčiau užpakalinės galvos dalies, veikia vadinamieji *Hox* genai. Kiekviename žiaunų lanke veikia skirtinga *Hox* genų grupė. Turėdami atitinkamos informacijos, galime sudaryti mūsų žiaunų lankų ir daugybės genų, veikiančių kiekviename iš jų, schemą.

O dabar padarykime bandymą: vieno žiaunų lanko genetinį adresą pakeiskime kito žiaunų lanko genetiniu adresu. Nuslopinę keletą varlės embriono genų, suvienodinsime pirmojo ir antrojo žiaunų skliautų genetinius signalus, ir varlė galiausiai turės du žandikaulius: ten, kur paprastai išsivysto hioidas, išauga apatinis žandikaulis.

Šis bandymas įrodo, kokie svarbūs genetiniai žiaunų lankų adresai formuojantis galvai. Tereikia pakeisti adresą ir pasikeis visas iš žiaunų lanko audinių besivystantis organas. Šis metodas vertingas dėl to, kad galima paveikti pagrindinę galvos sandarą: žiaunų lankų tapatumą keisti beveik taip, kaip patinka, keičiant jų genų veikimo pobūdį.

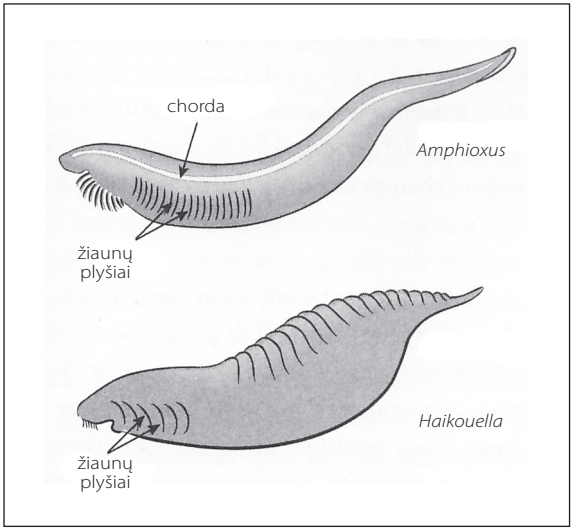
IŠTIRKIME GALVOS EVOLIUCIJĄ NUO BEGALVIŲ SIAUBŪNŲ IKI MŪSŲ PROTĖVIŲ SU GALVOMIS

Vis dėlto kodėl taip domina varlės ir rykliai? Kodėl nelyginame savo galvos ir kitų gyvūnų, tarkime, vabzdžių ar kirmėlių, galvų sandaros? Kokia prasmė tai daryti – juk nė vienas šių gyvūnų neturi kaukolės, tuo labiau – galvos nervų! Neturi net kaulų. Palikę žuvis ir ėmęsi kirmėlių, pateksime į minkštakūnių ir galvos neturinčių organizmų pasaulį. Tačiau, patyrinėję atidžiau, ir jame galime aptikti dalelę savęs.

Pirmųjų kursų studentų lyginamosios anatomijos dėstytojai paprastai per pirmas paskaitas rodo iešmučio (*Amphioxus*) skaidres. Kasmet kiekvieną rugsėjį visos šalies – nuo Meino iki Kalifornijos – universitetų auditorijų ekranuose rodoma šimtai iešmučių vaizdų. Kodėl? Tikiuosi, dar nepamiršote paprastos dichotominės schemos, pagal kurią visi gyvūnai skirstomi į stuburinius ir bestuburius?

Iešmutis yra primityvus chordinis gyvūnas, turintis daug savybių, siejančių jį su stuburiniais gyvūnais, sakykim, su žuvimis, varliagyviais ir žinduoliais. Iešmutis neturi stuburo, tačiau išilgai jo nugaros eina stuburą primenantis nervų vamzdelis. Be to, per visą jo kūną lygiagrečiai su nervų vamzdeliu tęsiasi atraminė nugaros styga. Ši styga, kitaip dar vadinama chorda, yra pripildyta drebučių pavidalo medžiagos, ir ji laiko iešmučio kūną.

Žmogaus embrionas taip pat turi chordą, tačiau, priešingai nei iešmučio, mūsų chorda tolydžio suyra ir galiausiai virsta stuburo slankstelius ski-



TURINČIŲ GALVAS GYVŪNŲ ARTIMIAUSI GIMINAIČIAI YRA KAUKOLĖS NETURINTYS GYVŪNAI SU ŽIAUNŲ PLYŠIAIS. PAVEIKSLE PARODYTI *AMPHIOXUS* (IEŠMUTIS) IR PAGAL FOSILIJAS ATKURTAS IŠKASTINIS GYVŪNAS (*HAIKOUELLA*), GYVENĘS DAUGIAU KAIP PRIEŠ 530 MLN. M. ABU GYVŪNAI TURI CHORDĄ, NERVŲ VAMZDELĮ IR ŽIAUNŲ PLYŠIUS. ŠIS IŠKASTINIS GYVŪNAS ATKURTAS PAGAL DAUGIAU KAIP TRIS ŠIMTUS EGZEMPLIORIŲ, APTIKTŲ PIETŲ KINIJOJE.

riančiomis kremzlėmis. Iš pažeisto disko išteka drebučių pavidalo medžiaga, kadaise buvusi chordoje, ir nugarą surakina nepakeliamas skausmas, o diskai negali sklandžiai judėti vienas kito atžvilgiu. Pažeisdami bet kurį stuburo diską, sužalojame vieną seniausių mūsų kūno dalių. Už tai turime dėkoti iešmučiui.

Iešmutis – ne vienintelis toks gyvūnas. Gana daug ryškių tokių organizmų pavyzdžių aptinkama ne dabartinių jūrų seklumose, kur gyvena iešmučiai, o senovinėse Kinijos ir Kanados uolienose. Daugiau kaip 500 mln. m. uolienų nuogulose pasitaiko mažų gyvūnų, neturėjusių galvos, bet turėjusių sudėtingas smegenis ir galvos nervus.

Jų fosilijas sunku pastebėti, nes jos atrodo tarsi mažytės dėmės akmens paviršiuje, tačiau jos yra neįtikėtinai gerai išsilaikiusios. Pro mikroskopą matyti puikiai išsilaikę atspaudai, kuriuose ryškios smulkios minkštųjų audinių dalys, o kai kada galima įžiūrėti ir odos reljefą. Atspauduose matyti dar viena

nepaprasta šių gyvūnų savybė. Šios fosilijos – seniausi žinomi organizmai, turintys chordas ir nervų vamzdelius. Jie gali šį bei tą papasakoti apie mūsų organų kilmę.

Šie bekaukoliai ir žmonės turi dar vieną bendrą savybę – žiaunų lankus. Pavyzdžiui, iešmučiai jų turi daugybę, ir kiekviename lanke yra po kremzlinį stipinėlį. Kaip ir kremzlės, kurios virsta žandikauliais, klausos kauleliais ir gerklomis, šios kremzlės veikia kaip žiaunų plyšių atramos. Žmogaus galvos sandaros ištakos siekia organizmus, kurie netgi neturi galvų. Kam iešmučiui reikalingi žiaunų lankai? Pro žiaunų plyšius siurbiamas vanduo, iš jo iškošiamos smulkios maisto dalelės. Ir iš tokio kuklaus šaltinio atsirado mūsų galva! Lygiai tokiu pačiu principu milijonus metų formavosi ir keitė savo funkcijas dantys, genai, galūnės, kito mūsų galvos sandara.

ŠEŠTAS SKYRIUS

GERIAUSIA (KŪNO) SCHEMA

Mūsų kūną sudaro maždaug du trilijonai ląstelių, išdėstytų aiškiai apibrėžta tvarka. Esame trimatės būtybės, ir visos mūsų ląstelės ir organai užima savo vietą. Kūno viršuje yra galva. Ją laiko stuburas. Virškinimo sistema – priekinėje pilvo dalyje. Kūno šonuose rankos ir kojos. Tai pagrindinės kūno dalys, kuriomis skiriamės nuo primityvių organizmų, sudarytų iš ląstelių gniutulų, arba diskų.

Panaši kūno sandara ir kitų gyvų būtybių. Kaip ir mes, žuvys, driežai, karvės taip pat turi dvišalę kūno simetriją su priekiu ir užpakaliu, viršumi ir apačia, kaire ir dešine pusėmis. Visų jų priekyje (jis atitinka žmogaus viršutinę dalį) yra galva su jutimo organais ir smegenimis. Visi turi stuburą, saugantį nugaros smegenis ir laikantį galvą. Be to, kaip ir žmogus, viename kūno gale jie turi burną (snukį), kitame – išangę. Snukiu ir akimis galva atsukta ta kryptimi, kuria gyvūnas juda – plaukia, eina arba bėga. Nesunku įsivaizduoti, kad kūnas, kurio išangė būtų priekyje, o ne užpakalyje, netiktų daugelyje gyvybinių terpių, ypač vandenyje. Tokia schema trukdytų ir bendrauti.

Mūsų kūno sandaros pagrindą kur kas sunkiau aptikti primityvesniuose organizmuose, pavyzdžiui, medūzose. Jų sandara kitokia: ląstelės išsidėsčiusios disko, turinčio tik viršų ir apačią, forma. Taigi tik viršus ir apačia, nėra prie-

kio ir užpakalio, galvos ir uodegos, kairės ir dešinės pusių – medūzos sandara labai skiriasi nuo mūsų kūno sandaros. Neverta nė mėginti lyginti žmogaus ir pinties sandaros. Aišku, bandyti galite, tačiau rezultatas bus veikiau psichologinio, o ne anatominio pobūdžio.

Norint tinkamai palyginti žmogų su šiais primityviais organizmais, reikia turėti tam tikrų įrankių. Mūsų organizmo sandaros istoriją, kaip ir rankų, kojų atsiradimo istoriją, rodo žmogaus vystymosi kelias nuo apvaisinto kiaušinėlio iki suaugusio individo. Embrionuose slypi raktai, galintys atrakinti duris nuo pačių didžiausių gyvybės paslapčių. Embrionai taip pat sugriovė kai kuriuos mano gyvenimo planus.

BENDRA SANDARA: LYGINAME EMBRIONUS

Įstojau į magistrantūrą, ketindamas tyrinėti iškastinius žinduolius, o po trejų metų jau rengiausi ginti disertaciją apie žuvis ir varliagyvius. Išklydau iš doros kelio, jeigu galima taip sakyti, pradėjęs tyrinėti embrionus. Mūsų laboratorijoje buvo daugybė embrionų: besivystančių salamandrų lervų, žuvų embrionų ir netgi apvaisintų vištos kiaušinių. Reguliariai tyrinėjau juos pro mikroskopą, stebėdamas pokyčius.

Iš pradžių visų rūšių embrionai buvo panašūs į mažas balzganų ląstelių grupes, tesiekiančias vos milimetrą. Stebėti raidą buvo nepaprastai įdomu. Embrionui augant, jį maitinantis trynys vis mažėjo, kol baigėsi, ir embrionas iš kiaušinio ar ikro išsirisdavo.

Embrionų vystymosi stebėjimai itin pakeitė mano mąstyseną. Iš pačios paprasčiausios į dėmelę panašios ląstelių sankaupos (taip iš pradžių atrodo embrionas) išauga sudėtingi paukščių, varlių ir upėtakių organizmai, sudaryti iš trilijonų tam tikra tvarka išdėstytų ląstelių.

Tačiau svarbiausia buvo ne tai. Žuvų, varliagyvių ir vištų embrionai buvo nepanašūs į nieką, ką lig tol buvau matęs studijuodamas biologiją. Jie visi buvo be galo panašūs vienas į kitą. Apskritai jie visi atrodė vienodi. Turėjo galvas su žiaunų lankais, mažytes smegenis, kurios pradėjo vystytis galvoje iš trijų nedidelių sustorėjimų, galūnių užuomazgas.

Būtent galūnės ir buvo mano disertacijos tema, kuriai skyriau kitų trejų metų darbą. Lygindamas paukščių, salamandrų, varlių ir vėžlių griaučius ir

jų raidą, pastebėjau: net ir tokios skirtingos galūnės, kaip paukščių sparnai ir varlių kojytės, vystymosi pradžioje atrodo labai panašios. Jų embrionų sandara turi daugybę bendrų bruožų. Suaugę įvairių rūšių gyvūnai skiriasi, tačiau visų jų ištakos iš principo tos pačios. Kartais atrodo, kad žinduolių, paukščių, varliagyvių ir žuvų embrionų skirtumai tiesiog nublanksta prieš akivaizdžius ir esminius jų panašumus. Tuo pat metu sužinojau apie Karlo Ernesto fon Bėro (*Karl Ernst von Baer*) atradimus.

XIX a. pirmojoje pusėje kai kurie gamtininkai pradėjo tyrinėti embrionus, mėgindami aptikti bendrą visos Žemės gyvybės schemą. Iškiliausias iš jų – K. E. fon Bėras. Kilęs iš kilmingos šeimos; iš pradžių studijavo mediciną. Vienas dėstytojų pasiūlė ištirti viščiuko vystymąsi ir pamėginti perprasti, kaip kiaušinyje formuojasi jo organai.

Deja, K. E. Bėras tuo metu neišgalėjo įsigyti nei inkubatoriaus, nei užtektinai tirti reikalingus kiaušinius. Taigi pradžia nebuvo daug žadanti. Laimei, jis turėjo pasiturintį draugą K. Panderį, galintį finansuoti panašius eksperimentus. Tyrinėdami vištų embrionus, abu atrado esminį principą: *visi viščiuko organai išsivysto iš vieno iš trijų galimų ankstyvosios stadijos embriono audinio sluoksnių.* Jie buvo pavadinti gemalo sluoksniais. Tai išties legendinis atradimas, nepraradęs reikšmės iki mūsų dienų.

K. Panderio atrasti sluoksniai leido K. E. Bėrui imtis kitų svarbių klausimų. Ar visi gyvūnai vystosi pagal šią schemą? Ar iš šių sluoksnių išsirutulioja visų gyvūnų širdys, plaučiai ir raumenys? Ir – tai visų svarbiausia – ar iš tų pačių sluoksnių susikuria tie patys skirtingų rūšių gyvūnų organai?

Visų trijų K. Panderio vištų embrionų sluoksnių veiklą K. E. Bėras palygino su pačių įvairiausių kitų gyvūnų: žuvų, roplių ir žinduolių embrionų sluoksnių veikla. Paaiškėjo: šių gyvūnų organai taip pat išsirutulioja iš vieno iš trijų galimų embriono sluoksnių audinių. Svarbiausia, kad iš to paties kiekvienos rūšies sluoksnio susidarydavo tas pats organas. Pavyzdžiui, visų gyvūnų širdys formavosi iš to paties sluoksnio. Iš kito to paties sluoksnio vystėsi visų gyvūnų smegenys. Taigi, kad ir kaip skiriasi įvairių rūšių suaugę individai, jų embrionai vystosi taip pat.

Norint tinkamai įvertinti šio atradimo svarbą, būtina dar kartą panagrinėti tris pirmąsias žmogaus embriono vystymosi savaites. Apvaisinto kiaušinėlio sandara labai pakinta – spermatozoido ir kiaušinėlio genetinė medžiaga

susilieja, ir pastarasis pradeda dalytis. Galiausiai, ląstelės, į kurias pasidalijo kiaušinėlis, įgyja rutulio formą. Pirmas penkias dienas apvaisintos žmogaus ląstelės dalijasi keturis kartus ir sudaro tokią pat šešiolikos ląstelių sferą.

Ši ląstelių sfera, kitaip dar vadinama blastocista, primena skysčio pripildytą balionėlį. Plonytė sferinė sienelė apgaubia centre esantį skystį. Embriono blastocistos stadijoje vis dar nematyti jokio kūno vystymosi – jis neturi nei priekio, nei užpakalio, nei, žinoma, jokių išsiskiriančių organų ar audinių.

Praėjus maždaug šešioms dienoms po apvaisinimo, ląstelių sfera prisitvirtina prie gimdos sienelės ir pradeda su ja suaugti taip, kad embriono kraujotaka sutaptų su motinos kraujotaka. Tačiau ir šioje stadijoje dar negalima įžvelgti kūno sandaros. Šią sferą ir toliau skiria didžiulis atstumas nuo organizmo, kurį galima atpažinti kaip žinduolį, roplį, žuvį ar juo labiau žmogų.

Jeigu pasiseks, blastocista įaugs į motinos gimdą. Jeigu priaugs kitur, o ne jai skirtoje vietoje (toks reiškinys vadinamas negimdiniu nėštumu), padariniai gali būti nenuspėjami. Maždaug 96 % negimdinio nėštumo atvejų blastocista įauga į kiaušintakių sieneles, netoli vietos, kur įvyko apvaisinimas. Kartais blastocistos kelią į gimdą pastoja gleivės, todėl, neturėdama kur dėtis, ji įsitvirtina kiaušintakyje.

Laiku nepastebėtas negimdinis nėštumas gali pažeisti įvairius audinius ir sukelti gausų vidinį kraujavimą. Itin retai blastocista išstumiama į motinos pilvo ertmę tarp žarnyno ir pilvo sienelės. Dar rečiau ji priauga prie storosios žarnos arba išorinių gimdos sienelių, ir – įdomu! – toks embrionas gali normaliai vystytis! Nors tokiems kūdikiams gimti kartais gali pagelbėti laparotomija, negimdinis nėštumas būsimosioms motinoms kelia didžiulį pavojų, nes, palyginti su normaliu nėštumu, yra 90 % tikimybė, kad gimdyvė mirs nuo vidinio kraujavimo.

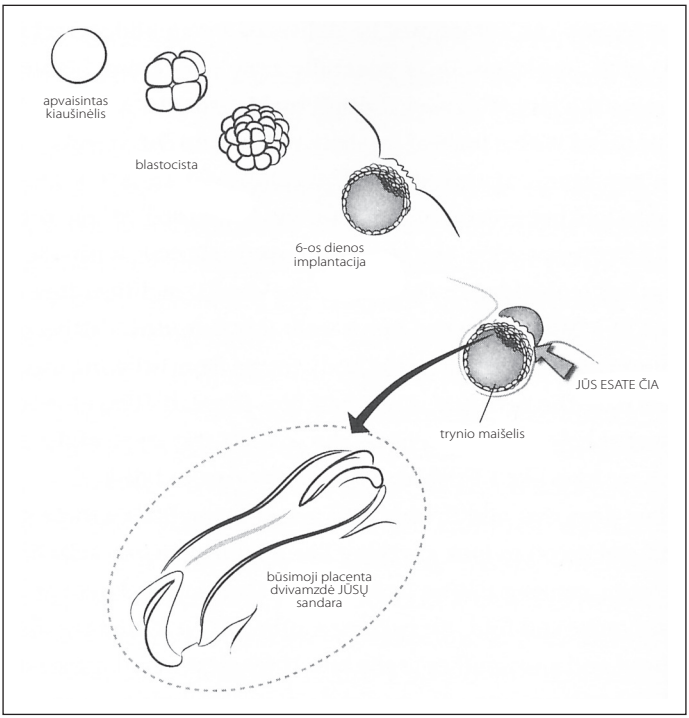
Kaip bebūtų, šioje vystymosi stadijoje atrodome itin kukliai. Prasidėjus maždaug antrai savaitei, blastocista jau būna tvirtai priaugusi prie gimdos sienelės. Vienas jos galas laisvas, o kitas tvirtai įauga į gimdą. Įsivaizduokite prispaustą prie sienos balioną: jo sąlyčio su siena vietoje susidaro plokščias diskas.

Būtent iš tokio disko ir vystosi žmogaus embrionas. *Visas* mūsų kūnas formuojasi tik viršutinėje šio rutulio dalyje, kuri yra prispausta prie gimdos sienelės. Blastocistos dalis, esanti po disku, uždengia trynį. Šioje raidos stadijoje atrodome kaip plastikinė svaidomoji lėkštė – paprastas dvisluoksnis diskas.

Kokiu būdu iš šios apskritos lėkštės susidaro K. E. Bėro apibūdinti trys embriono sluoksniai, ir kaip iš jų susidaro kažkas panašaus į žmogaus kūną? Iš pradžių ląstelės dalijasi, juda ir audinius priverčia suformuoti klostes. Galiausiai, audiniams keičiant padėtį ir sudarant klostes, įgauname vamzdelio formą su užlenktu sustorėjimu galvos pusėje ir dar vienu tokiu sustorėjimu ties užpakaline dalimi.

Jeigu šioje vystymosi stadijoje embrioną perpjautume, pamatytume ne vieną vamzdelį, o du – antrasis būtų pirmajame. Išorinis vamzdelis galiausiai virs kūno sienele, o vidinis – virškinimo sistema. Abu vamzdelius skiria siauras tarpas – būsimoji pilvo ertmė. Ši principinė „vamzdis vamzdyje“ schema išliks visą mūsų gyvenimą.

Vidinio virškinimo sistemos vamzdelio sandara tolydžio sudėtingesnė: jame susiformuos didelis maišas (skrandis), o už jo esančios žarnos pailgės ir įmantriai



MŪSŲ PIRMOSIOS DIENOS – PIRMOS TRYS SAVAITĖS NUO APVAISINIMO. IŠ PAVIENĖS LĄSTELĖS VIRSTAME LĄSTELIŲ SFERA, VĖLIAU – VAMZDELIU.

išsiraitys. Išorinio vamzdelio išvaizda taip pat pasikeis: jis virs oda aptrauktu plaukuotu dariniu su į šonus styrančiomis keturiomis galūnėmis. Tačiau pagrindinė schema nepasikeis. Galbūt žmogaus kūnas tapo sudėtingesnis, nei kad buvo praėjus trims savaitėms nuo apvaisinimo, tačiau sandara ir toliau išliko pagrįsta šiuo dvivamzdžiu principu: visi iki vieno mūsų organai išsirutulioja iš vieno iš trijų galimų audinio sluoksnių, atsiradusių per antrą savaitę nuo apvaisinimo.

Šių trijų itin svarbių sluoksnių pavadinimai atitinka jų padėtį: išorinis vadinamas ektoderma, vidinis – endoderma, vidurinis – mezoderma. Iš ektodermos susiformuoja didžioji dalis išorinės kūno dalies (oda) ir nervų sistema.

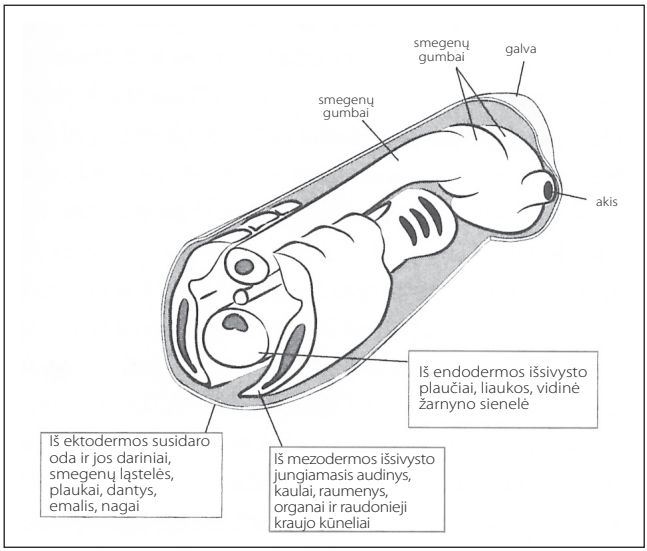
Endoderma (vidinis sluoksnis) suformuoja daugelį vidaus darinių, iš jų – virškinimo sistemą ir įvairias su ja susijusias liaukas. Vidurinis embriono sluoksnis (mezoderma) sudaro įvairius audinius, išsidėsčiusius tarp virškinimo sistemos ir odos, tarp jų kaulus ir raumenis. Iš endodermos, ektodermos ir mezodermos formuojasi ne tik žmonių, bet ir kitų gyvūnų – lašišų, vištų, varlių ar pelių – organai.

Tirdamas embrionus, K. E. Bėras atrado esminius gyvybės modelius. Jis išskyrė du embrionų požymių tipus: visoms rūšims bendrus ir išskirtinius rūšies požymius. Kūnas iš dviejų vamzdelių (išorinio ir vidinio) būdingas visiems stuburiniams: žuvims, varliagyviams, ropliams, paukščiams ir žinduoliams. Šie bendri bruožai išryškėja gana ankstyvoje vystymosi stadijoje. Skiriamieji rūšių bruožai, pavyzdžiui, didesnės žmogaus smegenys, kaulinis vėžlio šarvas, paukščių plunksnos, išryškėja kur kas vėliau.

K. E. Bėro požiūris į embrionų tyrimus labai skiriasi nuo šiuolaikinio požiūrio, apie kurį sužinojote tikriausiai dar mokykloje, kad „ontogenezė pakartoja filogenezę“. Lygindamas embrionus, K. E. Bėras pastebėjo, kad skirtingų rūšių embrionai yra kur kas panašesni nei suaugę šių rūšių individai.

Anot Ernsto Hekelio (*Ernst Haeckel*), kuris keliais dešimtmečiais vėliau iškėlė hipotezę, kad ontogenezė kartoja filogenezę, besivystydamas kiekvienos rūšies organizmas kartoja savo evoliucijos istoriją. Taigi žmogaus embrionas tam tikrose vystymosi stadijose primena žuvį, vėliau roplį, galiausiai – žinduolį. Žmogaus embrioną E. Hekelis lygino su suaugusia žuvimi arba suaugusiu driežu.

K. E. Bėro ir E. Hekelio požiūrių skirtumai iš pirmo žvilgsnio atrodo vos pastebimi, tačiau taip nėra. Per pastarąjį šimtmetį surinkti duomenys palankesni



PRAĖJUS KETURIOMS SAVAITĖMS NUO APVAISINIMO VIRSTAME DVIVAMZDŽIAIS (VIENAME VAMZDELYJE YRA KITAS) ORGANIZMAIS IR ĮGYJAME TRIS GEMALO SLUOKSNIUS, IŠ KURIŲ IŠSIVYSTO VISI ORGANAI.

K. E. Bėro požiūriui. Lygindamas vienos rūšies embrionus su kitos rūšies suaugėliais, E. Hekelis lygino obuolius su apelsinais. Lyginimai, per kuriuos galima atskleisti evoliucinių pokyčių varomuosius mechanizmus, yra kur kas prasmingesni. Štai kodėl lyginame skirtingų rūšių gyvūnų embrionus. Nors jie nėra visiškai tapatūs, tačiau panašumai abejonių nekelia. Tam tikrose vystymosi stadijose jie visi turi žiaunų lankus, chordas ir dvivamzdę (vienas vamzdelis kitame) sandarą. Ypač svarbu, kad tokių skirtingų organizmų – žuvų ir žmonių – embrionai turi tuos pačius K. Panderio ir K. E. Bėro atrastus tris gemalo sluoksnius.

Lyginimų rezultatai privertė ieškoti atsakymų į naujus esminius klausimus. Iš kur embrionas „žino“, kad galva turi būti priekinėje kūno dalyje, o išangė – užpakalinėje? Kokie mechanizmai valdo organizmo vystymąsi ir priverčia ląsteles ir audinius suformuoti sudėtingus kūnus?

Norint atsakyti į šiuos klausimus, reikia visiškai naujo požiūrio. Užuot embrionus tik lyginę, kaip buvo daroma K. E. Bėro laikais, turime surasti naujų tyrinėjimo būdų. XIX a. pabaigos moksliniai laimėjimai paruošė dirvą erai, kurią jau aptarėme 3 skyriuje, kai embrionai buvo pjaustomi, persodina-

mi, dalijami ir apdorojami, galima sakyti, visais įmanomais chemikalais. Visa tai buvo daroma dėl mokslo.

EKSPERIMENTAI SU EMBRIONAIS

XX a. pradžioje biologai susigrūmė su fundamentaliais organizmų sandaros ir jų vystymosi klausimais. Kurioje embriono vietoje glūdi jų suformavimo informacija? Ar ši informacija yra kiekvienoje embriono ląstelėje, ar tik jų grupėje? Kokiu pavidalu informacija teikiama – ar tai koks nors ypatingos sudėties chemikalas?

1903 m. vokiečių embriologas Hansas Špėmanas (*Hans Spemann*) pradėjo tirti mechanizmus, kurie verčia ląsteles keistis ir virsti suaugusiais organizmais. Jo tikslas buvo aptikti organizmo sandaros informacijos vietą. Svarbiausias klausimas, į kurį ryžosi atsakyti H. Špėmanas, ar visos embriono ląstelės turi pakankamai informacijos suformuoti visą organizmą, ar, galbūt, ji apsiriboja tik tam tikromis besivystančio embriono dalimis.

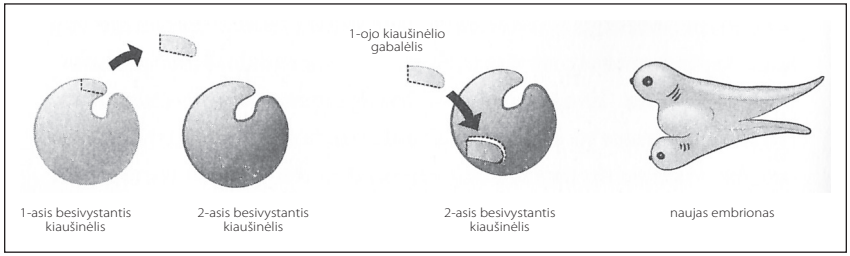
Dirbdamas su tritono ikrais, kurių nesunku gauti ir su kuriais gana lengva dirbti laboratorijoje, H. Špėmanas sumanė gudrų eksperimentą. Iš savo mažosios dukrelės plaukų sruogelės jis padarė mažyčių kilpavirvių (panašių į laukinių arklių gaudymo lasą). Kūdikių plaukai – nuostabi medžiaga: minkštučiai, plonyčiai ir lankstūs. Štai kodėl jais galima mikliai sugauti ir surišti mažytį tritono kiaušinėlį.

Būtent tai ir darė H. Špėmanas: tritonų ikrus perrišdavo perpus – taigi suveržda vo ir juose esančius embrionus. Kiek padirbėjęs su ląstelių branduoliais, ikrų puselėms leisdavo vystytis ir laukdavo rezultato. Šio bandymo išvada: abiejose embriono dalyse išsivystė po tritoną dvynį, jie buvo ne tik pakankamai gyvybingi, bet ir turėjo normalią kūno sandarą.

Akivaizdu: iš vieno kiaušinėlio gali išsivystyti daugiau nei vienas individas. Būtent taip ir atsiranda tapatūs (monozigotiniai) dvyniai. Šiuo biologiniu bandymu H. Špėmanas įrodė, kad embrionų vystymosi ankstyvojoje stadijoje kai kurios ląstelės pačios gali išsirutulioti į visavertį suaugusį individą.

Šis eksperimentas tapo visiškai naujų atradimų pradžia.

XX a. trečiajame dešimtmetyje Hilda Mangold (*Hilde Mangold*), H. Špėmano laboratorijos aspirantė, pradėjo tyrinėti embrionus. Ji turėjo nepaprastai miklias rankas, puikiai tinkamas neįtikėtinai sudėtingiems eksperimentams.



VIENO EMBRIONO GABALĖLĮ PERSODINUSI Į KITĄ, H. MANGOLD SUKŪRĖ TRITONŲ DVYNIUS.

Toje vystymosi stadijoje, su kuria dirbo H. Mangold, tritono embrionas sudaro sferą, kurios skersmuo siekia vos apie 1/16 colio [1,5 mm]. Ji atskirdavo nuo embriono mažytį audinio gabalėlį – mažesnį net už smeigtuko galvutę – ir jį įskiepydavo į kitos rūšies gyvūno embrioną. Audinį imdavo ne iš bet kurios embriono vietos, o tik iš ten, kur ląstelės judėdamos sudarė klostes, iš kurių turėdavo išsivystyti trys gemalo sluoksniai.

Tyrėjos rankų mitrumas tiesiog stulbino: embrionai su įsodintais kitų embrionų fragmentais sėkmingai vystydavosi. Šio eksperimento rezultatai pribloškė maloniais netikėtumais. Ląstelė su įskiepyto audinio ruoželiu išsivystė į visiškai naują kūną, turintį stuburą, nugarą, pilvą ir netgi galvą.

Kodėl tai svarbu? H. Mangold atrado mažą audinio lopinėlį, privertusį kitas ląsteles suformuoti ištisą normalios sandaros kūną. Mažytis, tačiau nepaprastai svarbus audinio ruoželis, turintis visą vystymuisi reikalingą informaciją, vėliau buvo pavadintas organizatoriumi.

Už atradimą, kurį ji padarė rengdama savo disertaciją, H. Mangold galiausiai buvo paskirta Nobelio premija, tačiau ją gauti nebuvo lemta. Hilda tragiškai žuvo (sprogus primusui virtuvėje) dar iki paskelbiant jos eksperimento rezultatus. Nobelio medicinos premiją „Už embriono vystymosi „organizatoriaus“ efekto atradimą“ 1935 m. atsiėmė mokslininkės vadovas H. Špėmanas.

Šiandien daugelis mokslininkų H. Mangold darbą laiko pačiu svarbiausiu eksperimentu per visą embriologijos istoriją.

Maždaug tuo pat metu, kai H. Mangold darbavosi H. Špėmano laboratorijoje, Valteris Fogtas (*Walter Vogt*) (taip pat Vokietijoje) sugalvojo ir paruošė ląstelių ir jų grupių žymėjimo būdus. Tai leido tyrėjui tiesiogiai stebėti, kas

darosi besivystančio embriono ląstelėms. Remdamasis stebėjimais, V. Fogtas sukūrė schemas, rodančias, iš kurios embriono dalies išsivysto konkretus organas. Jose matyti, koks likimas ištinka besivystančio embriono ląsteles, kai pamažu ima ryškėti būsimojo suaugusio organizmo kontūrai.

Pirmieji embriologai – K. E. Bėras, K. Panderis, H. Mangold ir H. Špėmanas – atskleidė, kad visos mūsų išsivysčiusio kūno dalys yra susijusios su atskiromis ląstelių grupėmis minėtame paprastame trisluoksniame diske, ir kad bendrąją kūno sandarą nulemia „organizatoriaus“ sritis, kurią atrado H. Mangold ir H. Špėmanas.

Pjaustant, visaip dalijant embrionus ir įskiepijant į juos kitų audinių atraižas, galima įsitikinti, kad visi žinduoliai, paukščiai, varliagyviai ir žuvys turi savo „organizatorius“. Kartais galima pakeisti vienos rūšies embriono „organizatorių“ kitos rūšies embriono „organizatoriumi“. Pavyzdžiui, jeigu persodinsime „organizatoriaus“ sritį iš vištos embriono į tritono embrioną, iš pastarojo išsirutulios tritonų dvyniai.

Bet kas gi iš tikrųjų yra šis „organizatorius“? Kas jame ląstelėms nurodo, kaip formuoti organizmą? Žinoma, tai yra DNR. Joje rasime schemą, bendrą visiems Žemės organizmams.

APIE MUSES IR ŽMONES

K. E. Bėras stebėjo embrionų vystymąsi, lygino rūšis ir atskleidė esminius gyvų organizmų sandaros bruožus. H. Mangold ir H. Špėmanas, norėdami sužinoti, kaip iš embriono audiniai virsta suaugusio organizmo audiniais ir organais, pjaustė embrionus ir ląstelių rėželius iš vieno embriono persodindavo į kitą. Dabar, DNR tyrimų amžiuje, galime mėginti atsakyti į klausimus apie genetinę mūsų pačių sandarą.

Kaip genai valdo žmogaus audinių ir kūnų vystymąsi? Jeigu manote, kad musės yra nesvarbios, apsirinkate – būtent jų mutacijų tyrimai leido aptikti genus, valdančius kūno sandaros schemą *žmogaus* embrione. Jau aptarėme panašią temą, kalbėdami apie genų, valdančių rankų ir kojų pirštų vystymąsi, atradimą. Dabar pažiūrėsime, ką jis gali papasakoti apie viso kūno kūrimo schemas.

Musės kūnas turi aiškią schemą: priekis ir užpakalis, viršus ir apačia ir t. t. Musės čiuptuvėliai, sparneliai ir kiti išoriniai organai auga būtent ten, kur ir

turi augti (išskyrus tuos atvejus, kai jų vystymąsi kažkas paveikia). Kartais pasitaiko mutavusių musių, kurioms kojos auga iš galvos. Kitos turi po dvi poras sparnų ir papildomų kūno segmentų. Būtent tokios mutavusios musės padėjo išsiaiškinti, kodėl, pavyzdžiui, žmogaus stuburo slanksteliai keičia formą nuo galvos iki pat išangės.

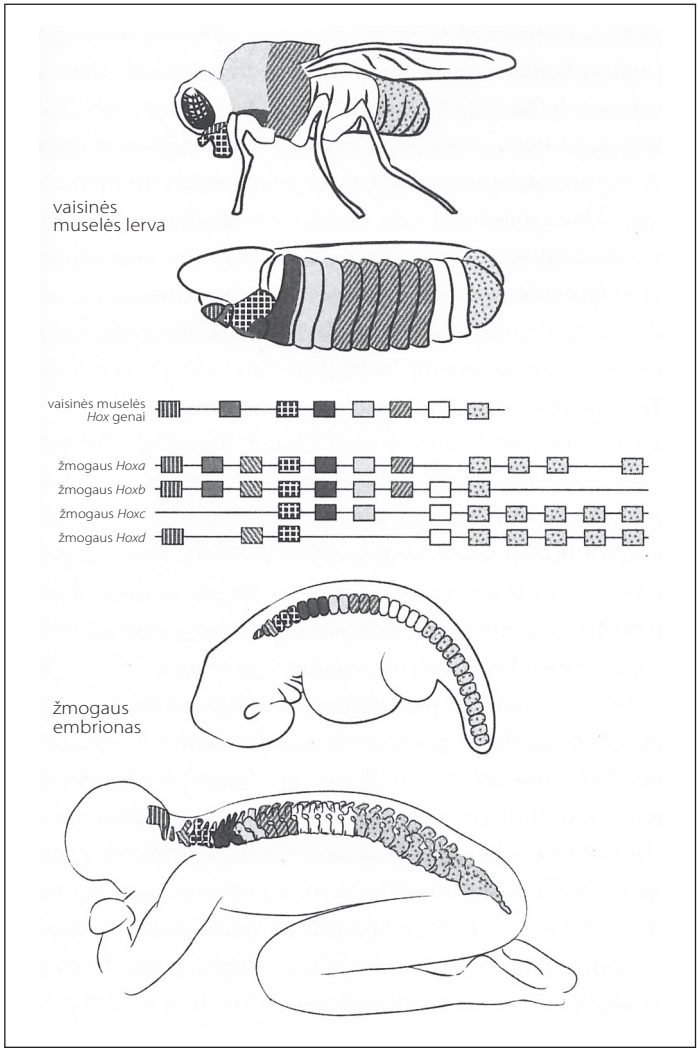
Musių anomalijos tyrinėjamos jau daugiau kaip šimtmetį. Itin didelį mokslininkų susidomėjimą sukėlė ypatingų anomalijų turintys mutantai. Kai kurie šių musių organai buvo išsidėstę netinkamose vietose – ten, kur turėjo būti čiuptuvėliai, augdavo kojos, vietoj vienos sparnų poros būdavo dvi, taip pat trūkdavo kūno narelių arba jų būdavo per daug. Akivaizdu, jog kažkas sujaukdavo normalią jų vystymosi schemą.

Aišku viena: mutantų atsirado dėl kažkokios DNR klaidos. Primenu, kad genai yra DNR, pagrindinės chromosomos dalies, atkarpos. Taikydami įvairius metodus, leidžiančius tyrinėti genus ir jų padėtį chromosomose, galime nustatyti mutacijas sukeliantį chromosomos fragmentą. Iš pradžių užsiauginame pakankamai mutantų – ištisą musių populiaciją, kurioje kiekvienas individas turi tą pačią genetinę anomaliją. Tada, naudodami molekulinius žymeklius, lyginame individų, turinčių mutaciją, genus su normalių individų genais. Šis metodas leidžia tiksliai nustatyti sritį ir galimą chromosomos atkarpą, dėl kurios įvyko mutacija.

Paaiškėjo, kad musė turi aštuonis genus, kurių pažeidimai sukelia įvairias mutacijas. Jie išsidėstę vienas šalia kito vienos musės DNR gijose. Genai, veikiantys galvos segmentus, yra šalia veikiančių segmentus musės viduryje, t. y. tą jos kūno dalį, iš kurios auga sparneliai.

Šie DNR fragmentai, savo ruožtu, išsidėsto greta fragmentų, valdančių musės užpakalinės dalies vystymąsi. Genų organizacija yra nepakartojama: jie išsidėsto išilgai DNR tokiu pačiu būdu, kokiu išsidėsto su jais susijusios kūno dalys nuo galvos iki užpakalinės dalies.

Dabar mokslininkai susidūrė su užduotimi nustatyti, kokia DNR atkarpa yra tikroji mutacijos kaltininkė. Valterio Geringo (*Walter Gehring*) laboratorijos Šveicarijoje mokslininkai Maikas Levinas (*Mike Levine*) ir Bilas Makginis (*Bill McGinnis*), taip pat Tomo Kaufmano (*Tom Kauffman*) laboratorijos Indianos valstijoje mokslininkas Metas Skotas (*Matt Scott*) nustatė, kad kiekvieno geno viduryje yra trumpa DNR seka, iš esmės tokia pati visose tirtose



ŽMOGAUS IR VAISINIŲ MUSELIŲ *HOX* GENAI. KŪNO ORGANIZACIJĄ „NUO GALVOS IKI UODEGOS“ VALDO SKIRTINGI *HOX* GENAI. MUSĖS TURI PO VIENĄ RINKINĮ, SUDARYTĄ IŠ AŠTUONIŲ TOKIŲ GENŲ, KURIŲ KIEKVIENĄ ŠIOJE SCHEMOJE ATITINKA STAČIAKAMPIS. ŽMONĖS TURI PO KETURIS TOKIŲ GENŲ RINKINIUS. TIEK ŽMONIŲ, TIEK MUSIŲ ŠIO GENO VEIKIMO TVARKA ATITINKA JO PADĖTĮ DNR STRUKTŪROJE: GALVOJE VEIKIANTYS GENAI YRA VIENAME DNR GALE, UŽPAKALINĖJE KŪNO DALYJE VEIKIANTYS GENAI – KITAME, O KŪNO VIDURYJE ESANČIŲ ORGANŲ SANDARĄ VEIKIANTYS GENAI UŽIMA VIDURINĘ PADĖTĮ DNR STRUKTŪROJE.

rūšyse. Ši mažytė seka buvo pavadinta homeoboksu, o aštuoni jį turintys genai – *Hox* genais.

Mokslininkai, šios genų sekos ieškodami kitų rūšių gyvūnuose, aptiko neįtikėtiną sutapimą: *įvairius Hox geno variantus turi visų rūšių daugialąsčiai gyvūnai*.

Skirtingi tų pačių genų variantai suformuoja visiškai skirtingų gyvūnų, sakykime, musių ir pelių, kūnų sandarą nuo galvos iki pat uodegos galiuko. Kaitaliodami *Hox* genų tvarką, nuspėjamuoju būdu galime keisti kūno sandaros schemą. Jeigu sukursite musę, neturinčią aktyvaus geno viduriniame narelyje, vidurinės kūno dalies segmentai bus deformuoti arba jų nebus iš viso. Pašalinkite iš pelės organizmo geną, veikiantį torakalinių segmentų formavimąsi, ir gyvūno stuburo sandara bus gerokai pakitusi.

Hox genai taip pat nulemia mūsų kūnų proporcijas – visų skirtingos galvos, krūtinės ląstos, skiriasi ir apatinės nugaros dalies dydis. Šie genai dalyvauja atskirų organų, galūnių, genitalijų ir virškinimo sistemos vystymesi. Keičiant *Hox* genus, keičiasi ir gyvūno kūno sandara.

Skirtingų rūšių gyvūnai turi nevienodą *Hox* genų skaičių: musės ir kiti vabzdžiai – po aštuonis, pelės ir kiti žinduoliai – po trisdešimt devynis. Visi trisdešimt devyni pelių *Hox* genai – tai musių *Hox* genų skirtingi variantai. Šis sutapimas leidžia daryti prielaidą, kad daugumos žinduolių *Hox* genai atsirado *Hox* genams susidvejinus iš mažesnio jų rinkinio, kurį turi musės ir kiti vabzdžiai. Nepaisant nevienodo šių genų skaičiaus, pelės genai veikia labai tiksliai per visą jos kūną (nuo galvos iki uodegos) ir savo tikslumu nė kiek nenusileidžia musės genams.

Ar galime nusileisti savo genealoginiu medžiu dar žemiau ir aptikti panašius DNR fragmentus, formuojančius dar esmingesnes mūsų kūno sandaros ypatybes? Kad ir kaip neįtikėtina, atsakymas teigiamas. Šis nusileidimas atskleis mūsų sąsajas su kur kas paprastesniais organizmais, nei vaisinė muselė.

DNR IR „ORGANIZATORIUS“

Tuo metu, kai H. Špėmanui buvo įteikta Nobelio premija, dėl „organizatoriaus“ kilo didžiulis subruzdimas. Mokslininkai ieškojo paslaptingo chemikalo, galėjusio paveikti visą kūno sandaros schemą. Tačiau moksle taip pat gausu

įvairių trumpalaikių įnorių, labai panašių į laikinas popkultūros apraiškas (pavyzdžiui, susižavėjimą „jojo“ žaisliukais ar sukučiais *Beyblade*).

Prasidėjus XX a. aštuntajam dešimtmečiui, „organizatorius“ laikytas tik įdomia keistenybe, įdomiu embriologijos istorijos epizodu. Tokį mokslininkų abejingumą lėmė tai, kad niekam nepavyko išsiaiškinti „organizatoriaus“ veikimo principų.

Hox geno atradimas devintajame dešimtmetyje viską apvertė aukštyn kojomis. XX a. dešimtojo dešimtmečio pradžioje, kai „organizatoriaus“ sąvoka dar nebuvo pasiekusi populiarumo aukštumų, Kalifornijos universiteto Edžio de Robertiso (*Eddie De Robertis*) laboratorijoje Los Andžele pagal M. Levino ir B. Makginiso metodiką buvo ieškoma varlių *Hox* genų. Tai buvo plataus masto paieškos, kurių metu pavyko sužvejoti įvairių genų.

Vienas atrastų genų išsiskyrė ypatingu veikimo pobūdžiu. Jis pradėdavo veikti kaip tik toje embriono dalyje, kurioje yra „organizatorius“, ir tik tam tikroje embriono vystymosi stadijoje. Tegaliu įsivaizduoti, ką jautė E. de Robertisas, atradęs šį geną. Jis žvelgė į „organizatoriaus“ ruoželį, kuriame darbavosi genas, veikiausiai jį valdantis arba bent susijęs su jo veikimu embrione. Apie „organizatorių“ vėl imta kalbėti.

Dabar „organizatoriaus“ genų atradimai pasipylė tarsi iš gausybės rago ir kitose laboratorijose. Berklio universiteto mokslininkas Ričardas Harlendas (*Richard Harland*), atlikdamas kitus tyrimus, atrado dar vieną geną ir pavadino *Noggin*. *Noggin* genas atlieka visiškai tą patį, ką ir „organizatoriaus“ genas. Kai R. Harlendas įšvirkštė dalelę šio geno medžiagos į tam tikrą embriono vietą, poveikis buvo lygiai toks pat kaip ir „organizatoriaus“. Embrione išsivystė dvi išilginės kūno ašys ir išaugo dvi galvos.

Ar E. de Robertiso atrastas bei *Noggin* genai ir yra tie DNR fragmentai, sudarantys „organizatorių“? Atsakymas gali būti tiek teigiamas, tiek neigiamas. Kūno schemos organizaciją lemia daugelio genų, ir pastarųjų, sąveika. Tokių genų sistemos yra gana sudėtingos, nes genai įvairiose embriono vystymosi stadijose atlieka skirtingus vaidmenis.

Pavyzdžiui, *Noggin* genas svarbus formuojantis išilginei kūno ašiai, tačiau jis dalyvauja ir vystantis kitiems organams. Be to, sudėtingas ląstelių elgesys, užtikrinantis, pavyzdžiui, galvos formavimąsi, siejasi ne su vieno, o su daugelio genų veikla. Per visas embriono vystymosi stadijas genai sąveikauja tarpu-

savyje. Vienas genas gali slopinti arba skatinti kito geno veikimą. Kartais, kad suaktyvėtų arba nusloptų kuris nors genas, sąveikauja ištisa jų grupė.

Laimei, naujausios priemonės įgalina vienu metu stebėti tūkstančių genų veiklą. Šiuos metodus derindami su naujausiomis kompiuterinėmis technologijomis, padedančiomis nustatyti konkrečių genų funkcijas, įgyjame galingą potencialą, padedantį išsiaiškinti, kaip genai suformuoja ląsteles, audinius ir kūnus.

Perpratę sudėtingą atskirų genų grupių sąveiką, geriau suprasime ir tikruosius mechanizmus, formuojančius žmogaus kūną. Puikus to pavyzdys – *Noggin* genas. Pats *Noggin* embriono ląstelėms nenurodinėja, kurioje vietoje įsitaisyti ašyje „viršus – apačia“. Šią funkciją jis atlieka tik sąveikaudamas su keletu kitų genų.

Dar vienas genas, *BMP-4,* yra apačios genas. Jis veikia ląstelėse, kurios sudaro embriono apatinę dalį arba pilvą. Tinkamas gemalo vystymasis priklauso nuo *BMP-4* ir *Noggin* sąveikos. Ten, kur veikia *Noggin*, *BMP-4* neveiklus. Esmė ta, kad *Noggin* nenurodo ląstelėms vystytis kaip „viršutinės kūno dalies ląstelėms“ – jis nuslopina signalą, nurodantį formuotis *apatinės kūno dalies* ląstelėms. Tokia genų sąveika – slopinimas ir skatinimas – sudaro, galima sakyti, visų vystymosi procesų esmę.

AKTINIJA TAVYJE

Viena yra lyginti žmogaus kūną su varlių ir žuvų. Tarp jų ir mūsų – tikrai gana daug lengvai pastebimų panašumų: visi turime stuburą, keturias galūnes, galvą ir daugybę kitų bendrų organų. O kas, jeigu paieškosime bendrybių su būtybėmis, kurios į mus nepanašios nė iš tolo, pavyzdžiui, su medūzomis ir jų giminaičiais?

Daugumos gyvūnų kūnai turi ašį, kurią nulemia jų judėjimo kryptis arba burnos ir išangės padėtis viena kitos atžvilgiu. Pagalvokite: mūsų burna yra priešingoje nei išangė pusėje, ir – taip pat žuvų ir vabzdžių – dažniausiai nukreipta „į priekį“.

Kaip save aptikti gyvūnuose, net neturinčiuose chordos? Neturinčiuose nei burnos, nei išangės? Medūzos, koralai ir aktinijos turi burnas, o išangių neturi. Šių organizmų burnos funkciją atliekanti ertmė šalina ir suvirškinto

maisto atliekas. Nors medūzoms ir jų giminaičiams tokia keista sandara yra patogi, daugumai biologų mėginimas šiuos padarus lyginti su kitais gyvūnais sukelia galvos skausmą.

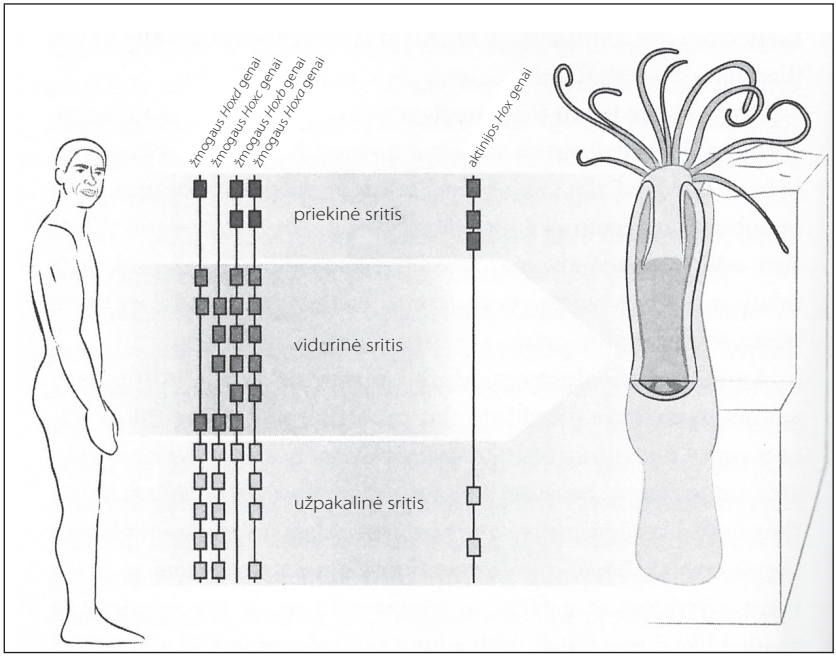
Daugelis mano kolegų, iš jų ir Markas Martindeilas (*Mark Martindale*) bei Džonas Finertis (*John Finnerty*), ėmėsi tirti šios grupės gyvūnų vystymąsi. Daug svarbios informacijos jiems suteikė aktinijos, nes jos yra artimos medūzų giminaitės ir turi labai primityvią kūno sandarą.

Aktinijos kūno forma yra labai neįprasta, ir iš pirmo žvilgsnio gali pasirodyti, kad jos sandaros lyginimas su žmogaus organizmo sandara – bergždžias sumanymas. Išoriškai aktinija primena ant storo pado stovintį medžio kamieną, kurio viršutinį galą juosia čiuptuvų žiedas. Būtent dėl šios formos aktinijos ir yra be galo įdomūs tyrinėjimų objektai: galime manyti, kad jos turi ir priekį, ir užpakalį, ir viršų, ir apačią, tačiau galima nubrėžti tik vieną liniją, šias būtybes dalijančią į dvi simetriškas dalis.

Nubrėžkite liniją nuo jos burnos iki pagrindo. Šią liniją biologai pavadino oraline-aboraline ašimi. Tačiau tam tikrais vardais galima vadinti ir įsivaizduojamus daiktus. Jeigu ši linija *yra* tikra, tuomet jos vystymasis turi kažkuo priminti vienos iš trijų žmogaus kūno ašių vystymąsi.

M. Martindeilas ir jo kolegos nustatė, kad aktinijos iš tiesų turi primityvius žmogaus genų, nulemiančių mūsų sandaros schemą, variantus – būtent tų genų, kurie valdo burną su išange jungiančios ašies susiformavimą. Ir – tai ypač svarbu – šie genai veikia išilgai oralinės-aboralinės ašies. Vadinasi, ašis, oralinę šių primityvių organizmų dalį jungianti su aboraline dalimi, genetiškai atitinka mūsų kūno ašį, jungiančią galvą su išange.

Dėl vienos ašies išsiaiškinome, dabar panagrinėkime kitą. Ar aktinijos turi kažką panašaus į ašį, jungiančią mūsų pilvą su nugara? Nepanašu, kad jos turėtų kažką panašaus į pilvą ar nugarą. Nepaisant to, M. Martindeilas ir jo kolegos drąsiai ėmėsi ieškoti aktinijų genų, lemiančių organų išsidėstymą palei ašį, dalijančią kūną į pilvą ir nugarą. Jie žinojo, kaip atrodo žmogaus genai, ir pagal šį įvaizdį ieškojo panašių aktinijų genų. Galiausiai aktinijose pavyko rasti ne vieną, bet daugybę įvairių ašies, dalijančios kūną į pilvą ir nugarą, genų. Bet, nepaisant to, kad šie genai veikė išilgai jos kūną dalijančios ašies, pati ašis, atrodo, niekaip nebuvo susijusi su suaugusios aktinijos kūno sandara.



KAIP IR ŽMOGUS, MEDŪZŲ GIMINAIČIAI (PAVYZDŽIUI, AKTINIJOS) TURI PRIEKINĘ IR UŽPAKALINĘ KŪNO DALIS. TOKIĄ JŲ KŪNO SCHEMĄ LEMIA TOKIŲ PAČIŲ GENŲ KAIP IR ŽMOGAUS KŪNE VARIANTAI.

Aktinijos išorėje šios paslėptos ašies tikrai nepamatysime, tačiau, gyvūną perpjovę skersai, pamatysime dar vieną paslėptą bruožą – kitą simetrinę ašį. Ji vadinama kreipiamąja. Atrodo, šį gyvūną ji dalija į dvi aiškias dalis – kažką panašaus į kairįjį ir dešinįjį šonus. Ši neaiški ašis buvo žinoma dar XX a. trečiojo dešimtmečio anatomams, tačiau mokslinėje literatūroje traktuota kaip keistenybė. M. Martindeilas, Dž. Finertis ir jų kolegos šį požiūrį pakeitė.

Visi gyvūnai turi ne tik panašumų, bet ir skirtumų. Panašiai kaip iš kartos į kartą perduodamas pyrago receptas, į kurį, bėgant laikui, įtraukiama vis naujų sudedamųjų dalių, kūno sandaros receptas taip pat buvo perduodamas iš kartos į kartą – ir keitėsi per milijardus metų. Galbūt nesame itin panašūs į aktinijas ir medūzas, tačiau receptas, pagal kurį formuojamas žmogaus kūnas, yra tik sudėtingesnė recepto, pagal kurį formuojami minėtų padarų kūnai, versija.

Tai, kad egzistuoja bendras visiems gyvūnams genetinis receptas, įtikinamai įrodo bandymai, tarpusavyje derinant skirtingų organizmų genus. Kas

nutiks, jeigu sudėtingo organizmo, kurio sandara panaši į mūsų organizmo sandarą, kūno struktūrą formuojantį vieną geną pakeisime atitinkamu aktinijos genu? Prisiminkime *Noggin* geną: varlių, pelių ir žmonių jis aktyvus ten, kur vystosi nugaros dariniai. Įšvirkškime papildomą kiekį *Noggin* į varlės ikrą, ir išsivystys papildomi nugaros dariniai, o gal net išaugs antra galva.

Tam tikra šio geno versija pradeda veikti ir kuriame nors aktinijos embrionų kreipiamosios ašies gale. O dabar atlikime neįtikėtiną eksperimentą: į varlės embrioną įšvirkškime dalelę aktinijos *Noggin* produkto. Rezultatas: varlė su papildomais nugaros dariniais, panašiais į tuos, kurie buvo gauti įšvirkštus į embrioną papildomą kiekį jos pačios *Noggin* geno.

Dabar, nusikėlę dar toliau į praeitį, susiduriame su kita iš pirmo žvilgsnio sunkiai užpildoma spraga. Visi šiame skyriuje aprašyti organizmai turi daugialąstį kūną. O ar galime palyginti save su neturinčiais tokio kūno organizmais – su vienaląsčiais mikrobais?

SEPTINTAS SKYRIUS

KŪNO FORMAVIMO NUOTYKIAI

Per savo mokslinę karjerą, kai neieškodavau fosilijų, daug laiko praleisdavau įbedęs žvilgsnį į mikroskopą: tyrinėjau ląsteles, kurios, veikdamos išvien, suformuoja kaulus.

Besivystančios salamandros ar varlės galūnės ląsteles nudažydavau: kremzles – mėlynai, o kaulus – raudonai. Paskui kitus galūnių audinius nuskaidrindavau glicerinu. Preparatai būdavo nuostabūs: skaidriame embrione ryškiomis spalvomis žėri kaulai. Atrodydavo, žvelgiu į keistas stiklines figūrėles.

Per ilgas prie mikroskopo praleistas valandas tiesiogine prasme stebėdavau, kaip formuojasi gyvas organizmas. Pačioje ankstyviausioje stadijoje embrionai turėdavo mažytes galūnių užuomazgas, kuriose ląstelės buvo pasiskirsčiusios vienodais intervalais. Vėlesnėse stadijose galūnės užuomazgoje ląstelės pradėdavo telktis į grupes. Dar vėliau embriono ląstelės pamažu įgaudavo įvairias formas, ir galūnės užuomazgoje pradėdavo formuotis kaulai. Visi ląstelių gniutulėliai, matyti ankstyvosiose vystymosi stadijose, virsdavo kaulais.

Matant, kaip iš atskirų dalelių sunarstomas gyvūno kūnas, nejučiomis užvaldo pagarbi baimė. Panašiai kaip ir statomas namas, galūnės pamažu susidaro iš mažyčių sandų ir tampa dar didesnio statinio dalimi. Tačiau yra ir vienas didžiulis skirtumas. Namus stato statybininkai, puikiai žinantys, kur ir kaip dėti plytą, o galūnių ir kūnų statybai niekas nevadovauja. Informacijos galūnių

formavimuisi nėra jokiame architektūriniame plane, tačiau ji slypi kiekvienoje ląstelėje. Įsivaizduokite namą, kuris plyta po plytos statosi pats, vadovaudamasis jose esančia informacija. Būtent tokiu principu ir susidaro gyvūnų kūnai.

Didžioji dalis medžiagos, iš kurios formuojasi kūnas, yra ląstelės. Ten pat yra ir didžioji dalis to, kas mus paverčia išskirtiniais. Žmogaus kūnas nuo medūzos kūno skiriasi dėl to, kad mūsų ląstelės kitaip jungiasi viena su kita, kitaip sąveikauja ir sukuria skirtingas medžiagas.

Tačiau, prieš atsirandant „kūno sandaros schemai“, neminint galvos, smegenų ar rankų, kažkokiu būdu turėjo susiformuoti pats kūnas. Ką tai reiškia? Ogi tai, kad ląstelės, turinčios sudaryti kūno audinius ir organus, turėjo išmokti bendradarbiauti – susiburti į visiškai naują individą.

Kad suprastume šio reiškinio prasmę, iš pradžių aptarkime, kas yra kūnas, o jau tada imkimės spręsti tris svarbiausius klausimus: kada, kaip ir kodėl. Kada ir kaip atsirado daugialąsčiai kūnai ir – tai svarbiausia – kodėl jie apskritai egzistuoja?

PATEIKITE ĮRODYMUS: KUR KŪNAS?

Toli gražu ne kiekvienas ląstelių gniutulas nusipelno garbės vadintis kūnu. Bakterijų santalka arba odos ląstelių grupė labai skiriasi nuo ląstelių rinkinio, kurį galima vadinti daugialąsčiu organizmu. Tai visiškai skirtingi dariniai. Suvokti šį skirtumą padės vienas mąstymo eksperimentas.

Kas nutiks, jeigu iš bakterijų santalkos pašalinsime keletą bakterijų? Bus mažesnė bakterijų santalka. O kas nutiks, jeigu pašalinsime keletą ląstelių iš žmogaus ar žuvies organizmo, tarkime, iš širdies ar smegenų? Priklausomai nuo to, kurias ląsteles pašalinsime – eksperimento baigtis gali būti miręs žmogus ar nugaišusi žuvis.

Taigi šis eksperimentas atskleidžia vieną iš aiškiai apibrėžtų daugialąsčių organizmų savybių: mūsų ląstelės veikia kartu – sudaro darnią visumą. Tačiau ne visi mūsų organai yra vienodai svarbūs. Be kai kurių jų gyvybė egzistuoti negali. Be to, tarp daugialąsčio kūno organų vyksta darbo pasidalijimas: smegenys, širdis ir skrandis atlieka visai kitokias funkcijas. Toks darbo pasidalijimas būdingas ir pačioms mažiausioms sudedamosioms daugialąsčių kūnų dalims kaip ląstelės, genai ir baltymai.

Kirmėlės arba žmogaus kūnas išsiskiria savitumu, kurio stokoja sudedamosios jų kūnų dalys – organai, audiniai ir ląstelės. Pavyzdžiui, mūsų odos ląstelės be perstojo dalijasi, miršta, o mirusios nukrinta. Tačiau išlaikome individualumą, kurį turėjome kad ir prieš septynerius metus – nors per šį laikotarpį pasikeičia beveik visos mūsų odos ląstelės. Tos, kurias turėjome prieš daugelį metų, seniausiai yra mirusios ir pakeistos naujomis. Tas pats pasakytina apie kiekvieną mūsų kūno ląstelę. Panašiai kaip ir upė, kuri išlieka tokia pati, nors keičiasi jos vaga, sraunumas ir pernešamo vandens tūris, išliekame tie patys individai, nepaisant nuolatinės mus sudarančių dalių kaitos.

Nepaisant nuolat mūsų kūne vykstančios kaitos, kiekvienas jo organas „žino“ savo dydį ir vietą. Kūnas vystosi proporcingai, nes visų jame esančių kaulų (rankų kaulų, pirštakaulių, kaukolės ir kitų) augimas yra tobulai suderintas. Oda glotni dėl to, kad jos ląstelės gali sąveikauti viena su kita ir išlaikyti odos vientisumą, jos paviršiaus tolygumą – bent jau tol, kol nenutinka kažkas neįprasto, pavyzdžiui, išauga karpa. Karpos ląstelės nesilaiko nustatytų kūno vystymosi taisyklių: jos pamiršta, kad reikia nustoti augti.

Kai pažeidžiama tiksliai suderinta skirtingų kūno dalių pusiausvyra, individas gali žūti. Sakykime, jeigu viena ląstelių grupė nustoja tinkamu būdu bendradarbiauti su kitomis kūno ląstelėmis, iš jos gali susiformuoti piktybinis navikas. Be perstojo besidalijančios ir laiku nemirštančios šios ląstelės gali suardyti pusiausvyrą, būtiną palaikyti žmogaus gyvybę. Vėžys nepaiso taisyklių, pagal kurias ląstelės sąveikauja tarpusavyje. Panašiai kaip visuomenės darnos pamatus griaunantys piktadariai, savanaudės vėžio ląstelės elgiasi taip, kaip patinka, kol suardo visą bendruomenę – žmogaus kūną.

Kaip atsirado tokia sudėtinga organizacija? Kad senų senovėje egzistavę vienaląsčiai organizmai, iš kurių kilome, virstų daugialąsčiais kūnais (tai jiems pavyko maždaug prieš milijardą metų), jų ląstelės turėjo įsisavinti naujus mechanizmus, leidžiančius darbuotis kartu. Jos turėjo išmokti bendrauti viena su kita, sąveikauti kitaip nei anksčiau. Be to, reikėjo atlikti naujas funkcijas, pavyzdžiui, sudaryti medžiagas, dėl kurių mūsų organai skiriasi. Šios savybės – ląsteles sulipdantys „klijai“, ląstelių „gebėjimas susikalbėti“ ir iš ląstelių susidarančios medžiagos – kaip tik ir yra komplektas įrankių, su kuriais sukuriama visa Žemės daugialąsčių organizmų įvairovė.

Šių įrankių atsiradimas sukėlė tikrą revoliuciją. Vienaląsčių organizmų virtimas daugialąsčiais gyvūnais reiškė visiškai naujo pasaulio sukūrimą. Atsirado iki tol neregėtų būtybių, turinčių visiškai naujų gebėjimų: jos išaugdavo iki įspūdingo dydžio, įveikdavo didžiulius atstumus; nauji organai padėjo jausti jas supantį pasaulį, ėsti ir virškinti.

IEŠKANT KŪNŲ

Viena mintis visus mus – kirmėles, žuvis ir žmones – turėtų šiek tiek gluminti: didžioji Žemės gyvybės istorijos dalis priklauso vienaląsčiams organizmams. Iš tikrųjų viskas, apie ką iki šiol kalbėjome – gyvūnai su galūnėmis, galvomis, jutimo organais ar tik turintys primityvų kūną – Žemėje egzistuoja labai neseniai.

Paleontologijos dėstytojai, norėdami parodyti, koks trumpas šis laikotarpis, dažnai pasitelkia visos Žemės istorijos ir vienerių kalendorinių metų analogiją. Įsivaizduokite, kad visa Žemės istorija trunka vienerius metus. Sausio 1-oji – mūsų planetos gimtadienis, o dabartį atitinka paskutinė metų diena – gruodžio 31-oji. Iki šių įsivaizduojamų metų birželio mėnesio vieninteliai Žemėje gyvenę organizmai – vienaląsčiai (dumbliai, bakterijos ir amebos). Pirmieji galvas turintys gyvūnai atsirado tik spalio mėnesį, pirmasis žmogus – tik gruodžio 31 d. Kaip ir visi Žemės gyvūnai bei augalai, esame gana vėlyvi šios gyvenimo šventės svečiai.

Šios laiko skalės didybė tampa akivaizdi pažvelgus į uolienų klodus, slūgsančius įvairiausiose pasaulio vietose. Senesnėse nei 600 mln. m. uolienose neaptinkama nei gyvūnų, nei augalų liekanų. Jose galima rasti tik vienaląsčių organizmų arba dumblių kolonijų. Tokios kolonijos dažniausiai primena kilimėlius arba karoliukų vėrinius, o kai kada jos būna panašios į durų rankenų bumbulus. Jų jokiu būdu nereikia painioti su daugialąsčiais organizmais.

Pirmieji seniausių daugialąsčių organizmų fosilijų radėjai iš pradžių nė nenutuokė, ką pavyko aptikti. XX a. trečiajame–septintajame dešimtmetyje įvairiuose pasaulio kampeliuose buvo aptinkama išties keistų organizmų fosilijų. XX a. trečiajame–ketvirtajame dešimtmetyje vokiečių paleontologas Martinas Giurichas (*Martin Gurich*) darbavosi Namibijoje ir aptiko daugybę įvairių atspaudų, forma primenančių gyvūnų kūnus. Būdami panašūs į diskus

ar lėkštes, šie organizmai atrodė gana neišvaizdžiai. Tai galėjo būti kadaise jūrose gyvenusių primityvių dumblių ar medūzų atspaudai.

1947 m. Redžinaldas Sprigas (*Reginald Sprigg*), kalnų inžinierius iš Australijos, netikėtai aptiko vietą, kurios uolienų apatinėje dalyje buvo būtybių, panašių į diskus, kaspinus ir palmių lapus, atspaudų. Darbuodamasis šalia apleistos kasyklos Ediakaro kalnuose Pietų Australijoje, jis surinko didelę šių fosilijų kolekciją ir išsamiai aprašė. Bėgant laikui, panašių atspaudų buvo aptikta visuose pasaulio žemynuose, išskyrus Antarktidą. R. Sprigo aptiktos fosilijos atrodė keistai, tačiau tuomet jos parūpo tik nedaugeliui.

Tokį visuotinį paleontologų abejingumą šioms fosilijoms nulėmė tai, kad uolienos, kuriose jos buvo rastos, priskiriamos santykinai jaunam kambro laikotarpiui; jo uolienose jau buvo aptikta daug primityvios sandaros gyvūnų fosilijų. Kurį laiką R. Sprigo ir M. Giuricho iškasenų rimtai niekas netyrinėjo, mat jos buvo laikomos ne itin įdomiais, nors ir keistokais atspaudais iš laikotarpio, kurio eksponatų gausu viso pasaulio muziejuose.

SVARBIAUSIŲ ŽEMĖS GYVYBĖS ISTORIJOS ĮVYKIŲ LAIKO SKALĖ. ATKREIPKITE DĖMESĮ Į YPAČ ILGĄ LAIKOTARPĮ, KAI ŽEMĖJE NEBUVO DAUGIALĄSČIŲ ORGANIZMŲ. VISĄ ŠĮ LAIKĄ MŪSŲ PLANETOJE PAVIENIUI AR KOLONIJOMIS GYVENO VIENALĄSČIAI ORGANIZMAI.

XX a. septintojo dešimtmečio viduryje Martinas Glesneris (*Martin Glaessner*), Australijoje apsigyvenęs veiklus austrų emigrantas, viską apvertė aukštyn kojomis. Šias uolienas palyginęs su kitų pasaulio sričių uolienomis, jis įrodė, kad šios fosilijos neabejotinai 15–20 mln. m. senesnės, nei manyta iš

pradžių. Taigi, M. Giurichas, R. Sprigas ir kiti tyrinėtojai aptiko ne šiaip sau įdomius atspaudus, o pačių seniausių daugialąsčių organizmų pėdsakus.

Jų aptiktos fosilijos priklauso vadinamajam ediakarui – laikotarpiui, kai, daugelio nuomone, Žemės gyvybė dar nebuvo užsimezgusi. Šis atradimas tarsi galingas sprogimas pakeitė sampratą apie gyvybės kilmę. Šios paleontologinės keistenybės virto neįkainojamais mokslo brangakmeniais.

Ediakaro laikotarpio diskai, kaspinai ir palmių lapai – tai tikrų tikriausi ankstyvieji daugialąsčiai organizmai. Kaip ir buvo galima tikėtis iš pačių seniausių iškastinių gyvūnų, tarp jų vyrauja pačių paprasčiausių grupių atstovai, gyvenantys ir dabar: pintys ir medūzos. Kitos ediakaro fosilijos nepanašios į jokius žinomus gyvūnus. Apie jų atspaudus galima pasakyti tik tiek, kad šie organizmai turėjo daugialąsčius kūnus, tačiau jų keistos formos ir neįprasta paviršiaus danga neprimena jokių dabartinių gyvų būtybių.

Iš to galima padaryti vieną labai aiškią išvadą: mūsų planetos jūrose daugialąsčiai gyvūnai pradėjo įsigalėti prieš 600 mln. m. Kitaip nei paprastos ląstelių kolonijos, šie padarai turėjo aiškius daugialąsčius kūnus, kai kurie – simetriškus, panašius į atskiras dabartines gyvybės formas.

O apie fosilines iškasenas, kurių negalima tiesiogiai palyginti su dabartinėmis gyvybės formomis, pasakytina, kad skirtingos jų kūnų dalys taip pat turėjo specializuotas schemas. Vadinasi, ediakaro organizmai buvo pasiekę visiškai naują iki tol neregėtą mūsų planetoje biologinio organizuotumo lygį.

Apie šias permainas byloja ne tik fosilinės liekanos, bet ir pačios uolienos. Atsiradus pirmiesiems daugialąsčiams organizmams, atsirado ir pirmieji pėdsakai. To laikotarpio suakmenėjusiame dumble likę atspaudai rodo, kad būtybės jau galėjo šliaužioti ir rangytis. Patys seniausi pėdsakai – maži kaspinų formos ruoželiai suakmenėjusio dumblo paviršiuje – atskleidžia: šie daugialąsčiai organizmai sugebėdavo atlikti gana sudėtingus judesius. Jie ne tik turėjo kūnus su tam tikromis atpažįstamomis dalimis, bet ir galėjo jomis judėti iki tol nežinomais būdais.

Viskas vyksta pagal aiškią logiką. Iš pradžių aptinkame pirmųjų paprastos sandaros daugialąsčių gyvūnų kūnų fosilijų. Vėlesniuose uolienų sluoksniuose pasitaiko sudėtingesnės sandaros organizmų fosilijų, dar senesniuose – vis sudėtingesnių daugialąsčių gyvūnų, turinčių galvas ir galūnes, ir t. t. Panašiai kaip ir įsivaizduojamo zoologijos sodo, po kurį vaikštinėjome 1 skyriuje, gyvūnai, pasaulio uolienų kloduose esančios fosilijos yra išsidėsčiusios griežta tvarka.

Kaip minėjome šio skyriaus pradžioje, mėginame sužinoti, kada, kaip ir kodėl atsirado daugialąsčiai organizmai. Ediakaro laikotarpio fosilijos atsako į klausimą „kada“. Norėdami sužinoti „kaip“ ir, galų gale, „kodėl“, ankstesnę taktiką turime šiek tiek pakeisti.

MŪSŲ KŪNAS – ĮRODYMŲ ŠALTINIS

Iš ediakaro laikotarpio diskų, kaspinų ir palmių lapų nuotraukų neįmanoma nustatyti, kokia mūsų dalis gali slypėti šiuose pirmuosiuose daugialąsčiuose organizmuose. Iš karto norisi paklausti, ką mes, žmonės, tokie sudėtingi organizmai, galime turėti bendro su atspaudais, kurie labiau primena sutraiškytas medūzas ar suplotas kino juostų rites?

Tačiau, gerai pagalvojus, į šį klausimą galima pateikti gana aiškų ir dėsningą atsakymą: medžiaga, jungianti žmogaus ląsteles į darnią visumą ir leidžianti atsirasti mūsų kūnams, beveik nesiskiria nuo medžiagos, palaikiusios organizmų, kurių atspaudų rado M. Giurichas ir R. Sprigas, sandarą. Mūsų kūno statybos pastoliai buvo sukalti neįtikėtinai anksti – juos galima aptikti vienaląsčiuose organizmuose.

Kas neleidžia iširti ląstelių santalkoms, iš kurių sudarytos medūzos ar žmogaus akies obuolys? Čia biologiniai klijai yra stulbinamai sudėtingi: jie ne tik suklijuoja ląsteles, bet ir leidžia joms sąveikauti ir užtikrina įvairių mūsų kūno dalių veiklą. Šie klijai yra daugialypiai – juos sudaro įvairios medžiagos, kurios sujungia ląsteles ir užpildo tarp jų esančius tarpus. Mikroskopiniame lygyje audiniams ir organams jie suteikia būdingą išvaizdą ir funkcijas. Kad ir kaip žiūrėtum, mūsų akys visiškai nepanašios į kojų kaulus. Juk kojos kaulo ir akies skirtumus didžia dalimi nulemia tai, kokiu būdu ląstelės ir tarpląstelinė medžiaga išsidėsto jų viduje.

Per pastaruosius kelerius metus kiekvieną rudenį šiomis idėjomis varau medicinos studentus iš proto. Baikštūs pirmakursiai privalo išmokti atpažinti organus, žvelgdami pro mikroskopą į audinių preparatus, paimtus atsitiktine tvarka iš bet kurios kūno vietos. Kaip jiems tai pavyksta?

Ši užduotis šiek tiek primena užduotį susiorientuoti, kokioje šalyje esate, žvelgdami į mažo kaimelio žemėlapį. Užduotis įvykdoma, tačiau tik turint tam tikras priemones. Organus geriausiai padeda atpažinti ląstelių forma ir jų

sukibimo pobūdis, taip pat svarbu tiksliai nustatyti, kokiam tipui priklauso tarp jų esanti medžiaga. Audinius sudaro įvairių rūšių ląstelės, kurios jungiasi tam tikru būdu.

Vienose kūno srityse matyti ląstelių juostelės arba stulpeliai, kitose – netvarkingai išsibarsčiusios ląstelės, kurių tarpusavio sąsajos gana silpnos. Sritys su padrikai išmėtytomis ląstelėmis dažniausiai yra užpildomos medžiagomis, kiekvienam audiniui suteikiančiomis būdingas fizines savybes. Tarkime, tarp kaulo ląstelių esantys mineralai nulemia jo kietumą, o palaidesni baltymai mūsų akių baltymuose – kur kas minkštesnę akies obuolio sienelės sandarą.

Kad išmoktų atpažinti pro mikroskopą nagrinėjamų preparatų organus, studentai turi žinoti, kaip išsidėsto kiekvieno audinio ląstelės ir kokios medžiagos yra tarp jų. Šios žinios turi gilesnę prasmę. Medžiagos, lemiančios vienokį ar kitokį ląstelių išsidėstymą, leidžia egzistuoti ir patiems kūnams.

Jeigu gamtoje nebūtų būdo susijungti ląstelėms, arba jeigu tarp ląstelių nebūtų tarpląstelinės medžiagos, Žemėje nebūtų ir daugialąsčių kūnų – gyvuotų tik atskiros ląstelių grupės. Vadinasi, norėdami suprasti, kaip ir kodėl atsirado daugialąsčiai kūnai, turime visų pirma ištirti medžiagas tarp ląstelių, padedančias joms ne tik sulipti, bet ir sąveikauti tarpusavyje.

Kad suprastume, kaip šios medžiagos sandara yra susijusi su žmogaus kūnu, smulkiai išnagrinėkime, kaip sudaryta viena iš mūsų kūno dalių – griaučiai. Jie – puikus pavyzdys to, kaip mažytės tarpląstelinės medžiagos molekulės gali turėti lemtingą įtaką kūno sandarai, ir to, kaip veikia bendrieji principai, sudarantys visų kūno dalių funkcionavimo pagrindą.

Be griaučių kūnas atrodytų kaip minkšta gliti masė. Gyventi sausumoje būtų gana sunku ir, galbūt, neįmanoma. Griaučiai yra taip glaudžiai susiję su pagrindinėmis biologinėmis funkcijomis ir elgsena, jog juos dažnai suvokiame kaip savaime suprantamą dalyką. Už tai, kad galime vaikščioti, skambinti pianinu, įkvėpti oro ir kramtyti, turime dėkoti griaučiams.

Tiltas gali būti puiki analogija, padedanti suprasti, kaip veikia griaučiai. Tilto tvirtumas priklauso nuo jo sijų ir lynų matmenų, formų, proporcijų. Tačiau – tai irgi labai svarbu – tilto tvirtumas priklauso ir nuo medžiagų, iš kurių jis yra pastatytas, mikroskopinių savybių. Plieno molekulinė sandara nulemia jo stiprumą ir tamprumą. Lygiai taip pat mūsų griaučių stiprumas priklauso ir nuo kaulų formos bei dydžio, ir nuo juos sudarančių medžiagų molekulinių savybių.

Pamėginkime išsiaiškinti, kaip tai vyksta. Risnojant takeliu, raumenys susitraukia, stuburas, rankos ir kojos juda, pėdos atsistumia nuo žemės, ir judame pirmyn. Kaulai ir sąnariai veikia kaip sudėtingas svertų ir skriemulių kompleksas, kuris ir padeda judėti. Kūnas juda paklusdamas pagrindiniams fizikos dėsniams: gebėjimą bėgti didžia dalimi nulemia griaučių dydis, forma ir proporcijos, taip pat sąnarių konfigūracija.

Šiuo požiūriu kūnas panašus į didelę mašiną. O kaip ir dera tvarkingai mašinai, jos konstrukcija atitinka funkcijas. Šuolių į aukštį čempiono griaučių proporcijos skiriasi nuo sumo imtynininko griaučių proporcijų. Dar labiau skiriasi triušio ir varlės galūnių griaučių, pritaikytų straksėti ir šokinėti, proporcijos nuo arklio galūnių griaučių, pritaikytų bėgioti.

Dabar pasigilinkime į mikroskopinę sandarą. Pakišę šlaunikaulio mėginėlį po mikroskopu, pamatysite, kas suteikia kaului ypatingų mechaninių savybių. Kaulo audinio ląstelės yra išdėstytos griežta tvarka, ypač arčiau išorinio kaulo paviršiaus. Kai kurios šių ląstelių yra sulipusios, kitos viena nuo kitos laikosi atokiau.

Tarp atskirtų viena nuo kitos ląstelių yra medžiagos, nulemiančios kaulų tvirtumą. Vienas tokių mineralų yra uoliena, arba kristalas, vadinamas hidroksilapatitu, apie kurį kalbėjome 4 skyriuje. Tvirtumu jis prilygsta betonui: atsparus gniuždymui, tačiau ne toks atsparus sukimui ir lenkimui. Todėl, kaip ir iš plytų ar betoninių blokų sumūrytas namas, kaulų sandara labiau tinka atsispirti gniuždymui, kur kas mažiau – sukimui ar lenkimui. G. Galilėjus (*Galileo Galilei*) tai suvokė dar XVII a.

Kita tarpus tarp kaulų ląstelių užpildanti medžiaga yra gerai žinomas baltymas, kurio gausu visame žmogaus organizme. Jeigu kaulo preparatą padidinsime 10 000 kartų elektroniniu mikroskopu, pamatysime darinį, panašų į virvę, susuktą iš mažų baltymo skaidulų pluoštų. Ši medžiaga, vadinama kolagenu, savo sandara ir mechaninėmis savybėmis yra panaši į virvę.

Virvė yra santykinai stipri tempiant, tačiau vijos išsipina, spaudžiant ir stumiant jos galus vieną prie kito (įsivaizduokite, kas nutiks, jeigu abi virvę traukiančios komandos ims bėgti viena į kitą). Kaip ir virvė, kolagenas yra atsparus traukimui, tačiau tvarumą praranda, kai jo galai yra stumiami vienas kito link.

Kaulą sudaro hidroksilapatito ir kolageno jūroje plūduriuojančios ląstelės kartu su dar keletu mažiau žinomų medžiagų. Kai kurios ląstelės yra susikibu-

sios, kitos plūduriuoja pavieniui. Tempiamo kaulo tvirtumą lemia kolagenas, spaudžiamo – hidroksilapatitas.

Kremzlė – dar vienas mūsų griaučius sudarantis audinys – elgiasi kiek kitaip. Būtent sąnarių kremzlės sudaro glotnius ir slidžius paviršius, leidžiančius kaulams judėti vienas kito atžvilgiu, kai bėgiojame. Kremzlės audinys kur kas lankstesnis nei kaulo. Jį galima lankstyti, jis slopina jį veikiančias jėgas. Sklandus kelio sąnario ir daugelio kitų sąnarių lankstymasis bėgiojant priklauso nuo kremzlės audinio santykinio minkštumo ir tamprumo. Suspausta ir atleista sveika kremzlė visada atgauna pradinę formą panašiai kaip indų plovimo kempinė. Kai bėgdami pėda paliečiame žemę, į ją tam tikru greičiu atsitrenkia visa kūno masė. Jeigu kaulų sąnariai nebūtų apsaugoti kremzliniais gaubteliais, jie stipriai trintųsi vienas į kitą: labai nemalonus ir sekinantis artrito požymis.

Kremzlės audinio elastingumą lemia mikroskopinė jo sandara. Sąnarių kremzlių ląstelių yra palyginti nedaug, ir jas vieną nuo kitos skiria didelis kiekis tarpląstelinės medžiagos. Kaip ir kaulų audinyje, kaip tik šio tarpląstelinio užpildo savybės didžia dalimi ir nulemia mechanines kremzlės savybes.

Tarpus tarp kremzlės audinio (kaip ir daugelio kitų mūsų audinių) ląstelių daugiausiai užpildo kolagenas. Iš tikrųjų kremzlę daro lanksčią kita medžiaga – vienas iš pačių keisčiausių organizmo darinių. Ši medžiaga, vadinama proteoglikanu, kremzlę daro lanksčią ir atsparią gniuždymui. Proteoglikano kompleksas primena didžiulį trimatį šepetį su ilgu kotu ir daugybe mažų atsišakojimų. Jį netgi galima matyti pro mikroskopą.

Ši medžiaga turi vieną nepaprastą savybę, tiesiogiai susijusią su mūsų gebėjimu vaikščioti ir bėgioti: plonyčiai proteoglikano komplekso atsišakojimai lengvai jungiasi su vandeniu ir prisigeria tiek, kad tampa panašūs į milžinišką želatinos gabalą. Gabalas, kurio viduje ir aplink jį bus tankiai susipynusių kolageno skaidulų, bus ir tampri, ir gana atspari tempimui medžiaga. Maždaug tokiu principu ir yra sudaryta kremzlė – puikus elastingas sąnarių pamušalas. Kremzlės audinio ląstelių užduotis – išskirti šias molekules, kol gyvūnas auga, ir išlaikyti organizme, kai nustoja augti.

Įvairių medžiagų santykis nulemia daugumą mechaninių kaulų, kremzlių ir dantų skirtumus. Dantys yra labai kieti, todėl galime nesunkiai numatyti, kad tarp emalio ląstelių yra daug hidroksilapatito ir palyginti mažai kolageno. Kaulo audinyje yra šiek tiek daugiau kolageno ir šiek tiem mažiau hidrok-

silapatito, taip pat jis neturi emalio, todėl kaulai nėra tokie kieti kaip dantys. Kremzlės audinyje gausu kolageno ir nėra hidroksilapatito, jis pripildytas proteoglikanų. Tai pats minkščiausias mūsų griaučių audinys. Tinkamą mūsų griaučių sandarą ir sklandų jų veikimą nulemia šių medžiagų išsidėstymas tam tikromis proporcijomis tam tikrose vietose.

Tačiau kaip visa tai siejasi su mūsų kūno kilme? Visi gyvūnai turi vieną bendrą savybę, neatsižvelgiant į tai, ar jie turi griaučius, ar ne: jie, netgi ląstelių santalkos, turi tam tikrų medžiagų, užpildančių tarpus tarp ląstelių, kurias sudaro tam tikros kolagenų ir proteoglikanų rūšys. Kolagenas itin svarbus. Tai labiausiai paplitęs gyvūnų organizmo baltymas: jam tenka daugiau nei 90 % visos organizmo baltymų masės. Daugialąsčių kūnų atsiradimas tolimoje praeityje būtų buvęs neįmanomas, jeigu nebūtų atsiradusi ši medžiaga.

Mūsų kūnui būdinga dar viena labai svarbi savybė: kaulo ląstelės turi mokėti ne tik susijungti, bet ir susikalbėti. Kaip susijungia kaulo ląstelės ir kaip skirtingos kaulo dalys sužino, kaip jos turi elgtis? Atsakymas į šį klausimą leis geriau suprasti, kaip sudaryta mūsų kūno statybinė medžiaga.

Kaulo ląstelės, kaip ir visos kitos kūno ląstelės, viena prie kitos prisitvirtina mažytėmis molekulinėmis kniedėmis, kurių organizme be galo daug. Kai kurios jų ląsteles sukabina taip, kaip kad klijai sulipdo batą su padu: viena molekulė yra prisitvirtinusi prie išorinės vienos ląstelės membranos, kita – prie išorinės kitos ląstelės membranos. Šie klijai, prisitvirtindami prie abiejų ląstelių membranų, užtikrina stabilų jų ryšį.

Kitos molekulinės kniedės yra tokios išrankios, kad prisitvirtina selektyviai tik prie tokio paties tipo kniedžių. Tai ypač svarbi savybė, padedanti organizuoti fundamentalią mūsų kūno sandarą. Tokios selektyvios kniedės padeda ląstelėms jungtis tarpusavyje ir užtikrina, kad kaulo ląstelės jungtųsi su kaulo ląstelėmis, odos ląstelės – su odos ląstelėmis ir pan. Šios kniedės leidžia formuotis mūsų kūnui be jokios papildomos informacijos.

Jeigu tam tikrą ląstelių skaičių su tam tikro tipo kniedėmis „apgyvendinsime“ dubenyje ir leisime joms augti, ląstelės pačios suformuos vienos rūšies ląstelių sankaupas. Vienos jų susiburs į sferas, kitos – į lakštus, nes ląstelės jungiasi pagal jų kniedžių skaičių ir tipus.

Tačiau, be abejonės, pats svarbiausias ląstelių ryšys – jis leidžia tarpusavyje keistis informacija. Tiksli mūsų griaučių, kartu ir viso kūno sandara

galima tik todėl, kad ją sudarančios ląstelės žino, kaip elgtis. Jos turi žinoti, kada reikia dalytis, kada jungtis į tam tikras medžiagas ir kada mirti. Jeigu, pavyzdžiui, kaulo ar odos ląstelės elgtųsi taip, kaip joms patinka – dalytųsi per dažnai ir mirtų per vėlai – virstume išsigimėliais arba mirtume vos pradėję vystytis.

Ląstelės tarpusavyje bendrauja „žodžiais“, įrašytais molekulėse, perduodamose iš vienos ląstelės į kitą. Gretimos ląstelės „kalbasi“ siuntinėdamos molekules. Sakykime, paprasto tarpląstelinio bendravimo atveju viena ląstelė perduos tam tikros medžiagos molekulę. Pastaroji prisitvirtins prie išorinio signalą priimančios gretimos ląstelės apvalkalo. Prisitvirtinusi prie išorinės membranos sukels molekulinės sąveikos grandinę, kuri nuo išorinės membranos pasieks ląstelės vidų, dažnai įsiskverbdama net į patį ląstelės branduolį. Priminsiu: genetinė informacija glūdi ląstelės branduolyje.

Perduotas į ląstelės branduolį signalas gali aktyvinti arba slopinti tam tikrus genus. Galiausiai pasikeičia gavusios signalą ląstelės elgesys: ji gali mirti, pasidalyti arba, gavusi užuominą iš kitos ląstelės, pradėti gaminti naujas medžiagas.

Būtent dėl šių esminių dalykų ir gali egzistuoti mūsų kūnas. Visi daugialąsčiai gyvūnai turi struktūrines molekules – kolagenus ir proteoglikanus. Visi jie turi ląsteles sujungiančių molekulinių kniedžių rinkinius, taip pat molekulinius įrankius, padedančius ląstelėms bendrauti tarpusavyje.

Dabar turime paieškos vaizdinį, padėsiantį perprasti mūsų kūno kilmę. Norėdami suprasti, kaip atsirado žmogaus kūnas, turime surasti šias molekules pačiuose paprasčiausiuose mūsų planetos gyvūnuose, o tada mėginti jas aptikti vienaląsčiuose organizmuose.

AUGANTYS LAŠAI

Kas sieja profesoriaus kūną su lašu? Siekdami atsakyti į šį klausimą, patyrinėkime pačius paprasčiausius Žemės gyvūnus.

Vienas tokių organizmų išsiskiria ne tik paprasta sandara, bet ir tuo, kad gamtoje jis itin retas. XIX a. devintojo dešimtmečio pabaigoje ant akvariumo sienelės buvo aptiktas keistas primityvus organizmas. Šis į nieką nepanašus darinys atrodė kaip lipnus gniutulas.

Vienintelė jį primenanti būtybė – beformis ateivis iš kino filmo „Lašas“ su garsiuoju XX a. šeštojo–septintojo dešimtmečio kino aktoriumi Stivu Makvinu (*Steve McQueen*). Filme pasakojama, kaip į Žemę iš kosmoso pateko beformis tąsios masės gniutulas, apgaubdavęs ir suvirškindavęs savo aukas – šunis, žmonės, o vėliau ir Pensilvanijos miestelių restoranėlius. Virškinamieji lašo organai buvo kažkur papilvėje (filme jų nė karto neparodė, tačiau buvo galima girdėti, kaip klykia siaubūno virškinami nelaimėliai).

Sumažinę šį padarą iki 2 mm skersmens taip, kad kūną sudarytų tik 200–1000 ląstelių, gausime į jį panašią paslaptingą būtybę, vadinamąjį plokščiagyvį. Jis turi tik keturių tipų ląsteles, o kūnas neturi pastovios formos ir primena dėmę. Ir vis dėlto tai tikras kūnas. Kai kurios ląstelės apatinėje dalyje atlieka maisto virškinimo funkciją, kitos jų turi žiuželius, padedančius plokščiagyviui judėti. Mažai ką žinome apie šio gyvūno mitybą, paplitimą ir natūralias buveines. Tačiau šie primityvūs, mažai specializuotų ląstelių turintys organizmai pasižymi viena nepaprastai svarbia savybe: tarp atskirų jų dalių vyksta aiškus darbo pasidalijimas.

Plokščiagyviai turi daugelį žmogui būdingų įdomių savybių, turi tikrus, nors ir primityvios sandaros, kūnus. Tyrinėdami plokščiagyvių DNR ir molekules jų ląstelių paviršiuje, galime įsitikinti, kad šis gyvūnas turi daugelį mūsų kūno sandaros dėmenų, taip pat tam tikras molekulines kniedes ir ląstelių bendravimo įrankius.

Mūsų kūno elementų galima aptikti gniutulėliuose, kurių sandara dar paprastesnė nei fosilijos, kurių atspaudus rado R. Sprigsas. Ar galime eiti dar toliau, prie dar paprastesnės kūno sandaros organizmų? Atsakymas greičiausiai yra teigiamas.

Paimkime gyvūną, primenantį virtuvės kempinę. Iš pirmo žvilgsnio pintyse nepamatysime nieko įdomaus. Jos kūno pagrindas – akytos medžiagos, kurią sudaro silicio dioksidas (stiklą primenanti medžiaga) arba kalcio karbonatas (kietoji medžiaga, iš jos sudarytos moliuskų kriauklės), dariniai, užpildyti kolageno intarpais. Tuo pintys ir įdomios. Priminsiu: kolagenas – vienas pagrindinių gyvūnų jungiamojo audinio sandų, organizmo ląsteles ir audinius paverčiančių darnia visuma. Nors atrodo kitaip, tačiau pintis jau turi vieną iš skiriamųjų tikro daugialąsčio organizmo bruožų.

XX a. pradžioje H. V. P. Vilsonas (*H. V. P. Wilson*), pinčių tyrinėtojas, atskleidė, kokie iš tiesų nuostabūs šie organizmai. Jis atvyko dirbti į Šiaurės

Karolinos universitetą ir 1894 m. tapo jo pirmuoju biologijos profesoriumi. Čia išugdė visą būrį garsių Amerikos biologų, kurių darbai turėjo didžiulę įtaką genetikos ir ląstelių biologijos raidai Šiaurės Amerikoje per visą XX a. Dar ankstyvoje jaunystėje H. V. P. Vilsonas apsisprendė gyvenimą paskirti išskirtinai pinčių tyrinėjimui.

Per vieną bandymą atskleidė išties nepaprastą šių iš pažiūros paprastų organizmų savybę. Jis perleido pinties kūną per sietą – išsijojo į pavienes ląsteles. Tada šias į amebas panašias visiškai viena nuo kitos atskirtas ląsteles supylė į stiklinį indą ir stebėjo. Iš pradžių jos netvarkingai šliaužiojo indo paviršiumi. Vėliau nutiko šis tas nuostabaus: ląstelės pradėjo grupuotis. Iš jų pirmiausia susidarė neapibrėžtų formų rausvi ląstelių gumulėliai.

Juose išryškėjo organizuotumo požymiai: ląstelės pradėjo burtis į apibrėžtas struktūras. Galiausiai ląstelių grupė virto nauja pintimi, ir joje kiekviena ląstelė užėmė atitinkamą padėtį. Mokslininkas stebėjo, kaip netvarkingai išbarstytos dalelės virsta gyvu organizmu. Jeigu sugebėtume daryti tą patį, ką gali pintys, tuomet Stivo Bušemi (*Steve Buscemi*) veikėjas (iš brolių Koenų (*Coen*) filmo „Fargo“), kurį sumala medienos smulkintuvas, jaustųsi kuo puikiausiai. Gali būti, šis įvykis jam būtų buvęs netgi naudingas, nes ląstelės, susibūrusios drauge, būtų galėjusios sudaryti net keletą jo kopijų.

Būtent dėl jų ląstelių pintis laikome naudinga priemone, galinčia padėti geriau suprasti mūsų kūno kilmę. Pinties viduje dažniausiai būna ertmė, bet ji gali būti padalyta į skyrius – priklauso nuo pinties rūšies. Per šią ertmę teka vanduo – tėkmę valdo ypatingos rūšies ląstelės, panašios į taures su storomis kojelėmis, nukreiptomis į pinties vidų.

Nuo taurės apvado nusidriekiantis mažytis žiuželis plakasi į šonus ir sučiumpa vandenyje esančias maisto daleles. Taip pat kiekvienos šių taurių viduje yra po didelį žiuželį. Darniai veikdamos, šių mažų plaktuvėlių ląstelės stumia vandenį su jame esančiu maistu per pinties poras. Kitos ląstelės pinties viduje maistą virškina. Dar vieno tipo ląstelės rikiuojasi išorėje. Jos gali susitraukti, kai pintis turi pakeisti formą ir prisitaikyti prie pasikeitusios vandens tėkmės.

Pintis nė kiek nepanaši į daugelį žinomų gyvūnų, tačiau turi nemažai pačių svarbiausių daugialąsčio organizmo savybių: ląstelėms būdingas veiklos pasidalijimas, jos gali tarpusavyje bendrauti, o atskiros ląstelių grupės funkci-

onuoja kaip pavienis individas. Pinties struktūra yra gerai organizuota: tam tikros ląstelės tam tikrose vietose atlieka tam tikrą darbą.

Nors pintį nuo žmogaus, kurio kūną sudaro milijonai tam tikra tvarka išsidėsčiusių ląstelių, skiria milžiniškas atstumas, jai būdingi ir kai kurie žmogaus kūno bruožai: ji jau turi žmogaus organizmui būdingą ląstelių sukibimo, bendravimo ir sandaros išlaikymo mechanizmą. Pintys – tikri daugialąsčiai organizmai, tik labai primityvūs ir turi gana netvarkingą sandarą.

Žmogus, panašiai kaip plokščiagyviai ir pintys, taip pat sudarytas iš daugybės ląstelių. Tarp atskirų jo ląstelių ir darinių taip pat yra darbo pasidalijimas. Ir jos, ir mes turime tą patį molekulinį aparatą, pavienes ląsteles jungiantį į vientisą organizmą: jungiamąsias kniedes, įvairius instrumentus, padedančius ląstelėms bendrauti signalų kalba, ir daugelį tarpląstelinių medžiagų.

Plokščiagyviai ir pintys netgi turi kolageno – visiškai kaip mes ir kiti gyvūnai. Tačiau kitaip negu žmogui, plokščiagyviams ir pintims būdingi labai primityvūs šių savybių variantai: vietoj dvidešimt vieno kolageno pintys turi tik du; žmogus turi šimtus skirtingų tipų molekulinių kniedžių, pintys – kur kas mažiau. Pintys yra paprastesnės, nei žmogus, ir jose yra gerokai mažiau skirtingų tipų ląstelių, tačiau joms būdingi visi kertiniai daugialąsčio kūno sandaros elementai.

Plokščiagyviai ir pintys priskiriami prie pačių paprasčiausių šiandien Žemėje gyvenančių daugialąsčių organizmų. Norėdami užčiuopti dar gilesnes žmogaus kilmės šaknis, mūsų kūno statybinių medžiagų turime ieškoti organizmuose, kurie išvis neturi daugialąsčių kūnų – vienaląsčiuose mikrobuose.

Kaip lyginti vienaląstį mikrobą su daugialąsčiu gyvūnu? Ar vienaląsčiai turi priemonių sukurti daugialąstį kūną? Jeigu turi, tačiau nesinaudoja, kam tuomet jos reikalingos?

Pats tiesiausias kelias, vedantis prie atsakymų į šiuos klausimus – kruopštūs mikrobų genų tyrimai, mėginant juose aptikti bendrų bruožų su daugialąsčių gyvūnų genais. Pirmieji daugialąsčių gyvūnų ir mikrobų genomų lyginimai atskleidė neįtikėtiną faktą: daugelis vienaląsčių neturi tos molekulinio mechanizmo dalies, kuri užtikrina ląstelių sukibimą, jų tarpusavio sąveiką ir kai kuriuos kitus dalykus.

Kai kurie tyrimai netgi parodė, kad daugialąsčiai turi daugiau kaip aštuonis šimtus medžiagų, kurių neturi vienaląsčiai. Šie rezultatai lyg ir patvirtino požiūrį esą genai, ląstelėms padedantys jungtis į daugialąsčius organizmus,

atsirado vienu metu su jais. Mintis, kad daugialąsčių konstravimo įrankiai atsirado vienu metu su jais pačiais, iš pirmo žvilgsnio atrodo visai logiška.

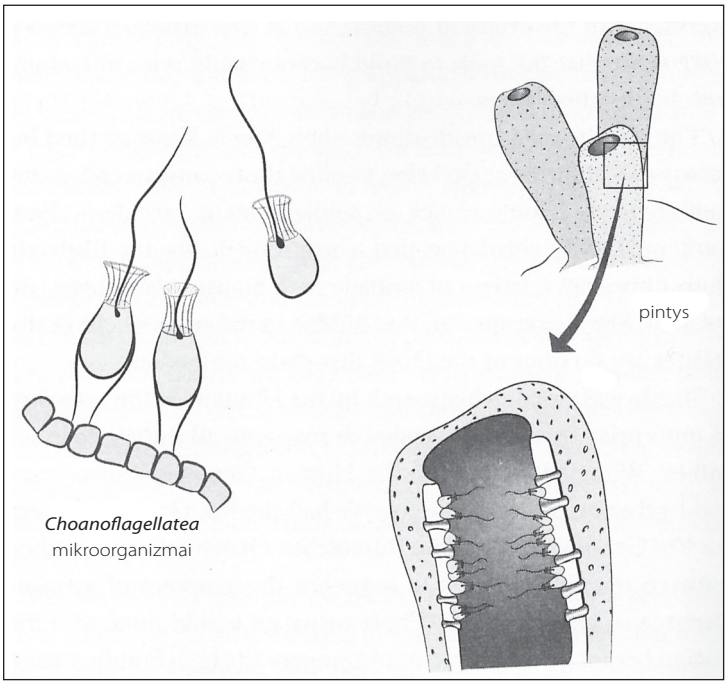
Tačiau visos panašios spėlionės galutinai subyrėjo, kai Nikolė King (*Nicole King*), mokslininkė iš Kalifornijos universiteto Berklyje, ėmėsi tirti *Choanoflagellatea* klasės vienaląsčius organizmus. Šį objektą ji pasirinko neatsitiktinai – žinojo, kad, pagal kai kurių DNR tyrimų rezultatus, *Choanoflagellatea* gali būti daugialąsčių gyvūnų, įskaitant plokščiagyvius ir pintis, artimiausi vienaląsčiai giminaičiai. Tyrėja taip pat įtarė, kad *Choanoflagellatea* genuose yra tam tikrų DNR versijų, sudarančių sąlygas formuotis mūsų kūnui.

Šią paiešką Nikolei padėjo atlikti projektas „Žmogaus genomas“ – sėkmingas sumanymas, kuriuo buvo siekiama sudaryti visų žmogaus kūno genų sekos kartogramą. Kartu buvo organizuojami ir kiti panašūs projektai, skirti kitiems gyvūnams: „Žiurkės genomo“, „Vaisinės muselės genomo“, „Kamanės genomo“. Šiuo metu dar tebevykdomi projektai, skirti pinčių, plokščiagyvių ir mikrobų genomams. Šios genų kartogramos – tikras informacijos lobynas, nes, remdamiesi jomis, galime palyginti įvairių rūšių kūno statybos genus. Jos taip pat tapo puikiu informacijos šaltiniu, padėjusiu Nikolei tyrinėti *Choanoflagellatea* vienaląsčius.

Choanoflagellatea yra nepaprastai panašūs į taurės formos pinties ląsteles. Dėl šio panašumo daugelis kurį laiką manė, kad *Choanoflagellatea* organizmai – tai degeneravusios pintys, praradusios visas kitų tipų ląsteles. Jeigu tai būtų buvusi tiesa, *Choanoflagellatea* DNR būtų panaši į gana keistos pinties DNR. Tačiau taip nėra. Kai *Choanoflagellatea* DNR atkarpos buvo palygintos su mikrobų ir pinčių DNR, paaiškėjo, kad *Choanoflagellatea* organizmų DNR nuo pinčių DNR itin skiriasi. *Choanoflagellatea* – tikri vienaląsčiai mikroorganizmai.

Nikolės *Choanoflagellatea* tyrinėjimai parodė, kad iš tikrųjų nėra jokios genetinės prarajos tarp vienaląsčių mikroorganizmų (mikrobų) ir „tikrųjų gyvūnų“ (daugialąsčių). Dauguma genų, kurie veikia *Choanoflagellatea* mikroorganizmuose, veikia ir daugialąsčių gyvūnų ląstelėse. Dauguma šių genų priklauso mūsų kūnų konstrukcijos mechanizmui.

Keletas pavyzdžių padės suprasti šio sugretinimo esmę. *Choanoflagellatea* turi visas medžiagas, kurios užtikrina daugialąsčių organizmų ląstelių adheziją ir pastarųjų komunikaciją, netgi molekulių dalis, kurios sudaro tarpląstelinę matricą ir molekulių kaskadas, perduodančias signalą iš išorinės ląstelės mem-



CHOANOFLAGELLATEA (KAIRĖJE) IR PINTYS (DEŠINĖJE).

branos į jos vidų. *Choanoflagellatea* turi ir kolagenų. Jie taip pat turi kelių tipų molekulinių kniedžių, daugialąsčių organizmų ląsteles jungiančių tarpusavyje, tiesa, *Choanoflagellatea* organizmuose jos atlieka kiek kitokias funkcijas.

Choanoflagellatea mikroorganizmai netgi tapo gairėmis, pagal kurias Nikolė galėjo lyginti žmogaus kūno sandaros mechanizmus su mikrobų. Svarbiausios molekulinės struktūros, sudarančios kolagenus ir proteoglikanų sankaupas, aptinkamos daugelyje skirtingų rūšių mikrobų. Streptokokų (*Streptococcus*) genties bakterijos – mūsų burnų (kai kada ir kitų kūno vietų) bakterijos – savo ląstelių paviršiuje turi medžiagos, labai artimos kolagenui. Jai būdingi tokie patys molekuliniai požymiai kaip ir mūsų kolageno, tačiau, priešingai nei daugialąsčių gyvūnų kolagenas, nesiveja ir nesisluoksniuoja.

Įvairių bakterijų ląstelių sienelėse galima aptikti ir kai kurių rūšių cukraus, kuris sudaro proteoglikano kompleksus mūsų kremzlėse. Jo funkcijos daugelyje virusų ir bakterijų nėra itin malonios. Šis cukrus padeda ligų sukė-

lėjams įsiskverbti į kitų organizmų ląsteles, ir užkratui tampame mažiau atsparūs. Dauguma molekulių, kurias pasitelkę mikrobai mums sukelia kančias, tėra primityvūs molekulių, kurios padeda egzistuoti mūsų kūnui, variantai.

Štai ir susidūrėme su mįsle. Paleontologiniame metraštyje pirmuosius 3,5 mlrd. Žemės egzistavimo metų aptinkama tik mikroorganizmų. Ir staiga, maždaug per 40 mln. m. laikotarpį, Žemėje atsiranda įvairių augalų, grybų, kūnus turinčių gyvūnų – visur pilna daugialąsčių organizmų. Daugialąsčiai pasipila tarsi iš gausybės rago. Tačiau Nikolės rezultatai aiškiai byloja, kad mikroorganizmai, atsiradę gerokai anksčiau už daugialąsčius, taip pat turi potencialą sudaryti daugialąsčius kūnus. Kodėl po tokio ilgo vienaląsčių viešpatavimo prasidėjo toks staigus daugialąsčių antplūdis?

TIKRAS KŪNŲ PROVERŽIS

Pasirinkti tinkamą laiką – tai garantuoti sėkmę. Geriausios idėjos, išradimai ir teorijos ne visada būna pastebėti. Kiek būta savo epochą aplenkusių talentingų muzikantų, išradėjų ir dailininkų, kurių gyvenimas nesusiklostė, jie buvo užmiršti, bet pripažinti tik po daugelio metų? Užteks paminėti vienintelį pavyzdį – Heroną Aleksandrietį, kuris dar I m. e. a. išrado garo turbiną. Deja, jo amžininkams tai tebuvo įdomus žaisliukas. Pasaulis šiam išradimui dar nebuvo pasirengęs.

Žemės gyvybės istorija plėtojasi pagal tuos pačius dėsnius. Viskam, net ir daugialąsčiams organizmams, savas metas. Kad tai suprastume, visų pirma turime išsiaiškinti priežastis, kodėl atsirado daugialąsčiai.

Viena jų atsiradimo teorija neįtikėtinai paprasta. Gali būti, kad daugialąsčiai atsirado mikrobams pradėjus ieškoti naujų būdų, kaip geriau vienam kitą ėsti ir kaip pačiam nebūti suėstam. Daugialąstis kūnas išauga didelis. O išaugti dideliam – puikus būdas būti neprarytam kitų. Todėl daugialąstis kūnas galėjo atsirasti kaip tam tikra saugos priemonė.

Kai plėšrūnai įgyja naujų gebėjimų susimedžioti aukas, pastarosios įgyja naujų savybių, padedančių išvengti liūdnos lemties. Tokia sąveika galėjo lemti daugelio mūsų kūno sandaros molekulių kilmę. Dauguma mikrobų minta kitais mikrobais prie jų prisitvirtindami, o tada prarydami.

Molekulės, leidžiančios mikrobams pastverti ir išlaikyti grobį, kaip tik ir yra tikėtinos kandidatės į molekulines kniedes, leidžiančias mūsų kūno

ląstelėms jungtis tarpusavyje. Kai kurie mikrobai gali bendrauti tarpusavyje, sudarydami junginius, veikiančius kitų mikrobų elgesį. Plėšrūno ir aukos mikrobų sąveika dažnai vyksta dalyvaujant signalinėms molekulėms, kurios potencialius grobuonis atbaido, arba priešingai – veikia kaip potencialias aukas viliojantis jaukas. Gali būti, kad tokie signalai ir tapo signalinių molekulių, padedančių mūsų ląstelėms keistis informacija, užtikrinančia kūnų vientisumą, pirmtakais.

Apie daugialąsčių atsiradimą galime spėlioti iki begalybės, tačiau kur kas įdomesni už šiuos samprotavimus būtų apčiuopiami eksperimentiniai duomenys, atskleidžiantys, kaip grobuoniškumas galėjo tapti daugialąsčių atsiradimo priežastimi. Būtent tokius duomenis gavo Martinas Boras (*Martin Boraas*) ir jo kolegos.

Dumbliams, kurie normaliomis sąlygomis yra vienaląsčiai, jie leido augti savo laboratorijoje, kol pasikeitė daugiau kaip tūkstantis jų kartų. Tada grobuonį – vienaląstį organizmą su žiuželiu, kuris ryja kitus mikrobus ir juos suvirškina, – mokslininkai išleido. Mažiau kaip per du šimtus kartų dumbliai sureagavo į plėšrūną, pradėdami telktis į gniutulus, sudarytus iš šimtų ląstelių. Tolydžio ląstelių skaičius šiose santalkose mažėjo tol, kol jų liko po aštuonias kiekvienoje grupėje.

Aštuonios ląstelės – geriausias skaičius, nes ląstelių gniutulai tapo gana dideli, kad jų neįstengtų praryti plėšrūnas, tačiau tokie maži, kad kiekviena gniutulo ląstelė gautų pakankamai šviesos, reikalingos išgyventi. Tačiau labiausiai nustebino tai, kas įvyko plėšrūną pašalinus: dumbliai toliau dauginosi, sudarydami aštuonių ląstelių gniutulus. Trumpai kalbant, iš vienaląsčių susidarė primityvūs daugialąsčiai.

Jeigu eksperimentuojant per keletą metų galima sukurti paprastą daugialąstį iš pavienių ląstelių, įsivaizduokite, kas galėjo įvykti per milijardus metų. Taigi, svarbiausias klausimas, į kurį turime atsakyti, yra ne kaip galėjo atsirasti daugialąsčiai, o kodėl jų neatsirado anksčiau?

Atsakymas į šį klausimą gali glūdėti senovinėje aplinkoje, kurioje atsirado pirmieji daugialąsčiai. Greičiausiai iki tol pasaulis nebuvo pasirengęs jų pasirodymui.

Daugialąstis – brangiai kainuojantis malonumas. Didelio kūno savininkas įgyja akivaizdžių privalumų: jis ne tik gali išvengti plėšrūno nasrų, bet ir

pats misti kitais, mažesniais organizmais, taip pat jis lengvai įveikia didelius atstumus. Šie privalumai leidžia gyvūnui geriau valdyti jį supančią aplinką. Tačiau visiems būtinos didžiulės energijos sąnaudos. Kuo didesnis kūnas, tuo daugiau energijos reikia jo reikmėms patenkinti, ypač tuomet, kai jo sandarą palaiko kolagenas. Kolageno sintezei būtinas gana didelis deguonies kiekis, todėl tolimiems mūsų protėviams labai sustiprėjo šio svarbaus medžiagų apykaitai elemento poreikis.

Ir dar viena problema: deguonies Žemės ore ir vandenyje senovėje buvo labai mažai. Milijardus metų deguonies lygis atmosferoje nė iš tolo neprilygo dabartiniam. Vėliau, maždaug prieš milijardą metų, deguonies kiekis staiga išaugo iki dabartinių normų ir nuo tada beveik nesikeitė.

Iš kur tai žinome? Iš cheminių uolienų savybių. Maždaug milijardo metų uolienose pastebima aiškių pėdsakų, bylojančių, kad šie dariniai formavosi daugėjant deguonies. Ar deguonies padaugėjimas atmosferoje kažkaip gali sietis su daugialąsčių atsiradimu?

Gali būti, kad daugialąsčiams atsirasti prireikė tam tikro paleontologinio virsmo atitikmens. Milijardus metų mikrobai plėtojo naujus tarpusavio sąveikos ir ryšio su juos supančia aplinka būdus. Per šį procesą jie sugebėjo aptikti daugybę medžiagų ir kitų instrumentų, kurie vėliau pravertė kuriant kūnus, nors iš pradžių jie buvo naudojami kitais tikslais. Taip pat atsirado ir pagrįsta daugialąsčių susidarymo priežastis: prieš milijardus metų mikrobai išmoko vienas kitą ryti. Taigi, iškilo rimta priežastis susidaryti daugialąsčiams, o reikalingų instrumentų jau buvo.

Tačiau šio to trūko. Tas šis tas – tai pakankamai deguonies, būtino palaikyti daugialąsčio organizmo gyvybę. Kai Žemės atmosferoje jo susidarė užtektinai, daugialąsčiai ėmė dygti kaip grybai po lietaus. Žemės gyvybė pasikeitė amžiams.

AŠTUNTAS SKYRIUS

KVAPŲ VILIONĖS

XX a. devintojo dešimtmečio pradžioje molekuline biologija užsiimančių mokslininkų ir tų, kas dirbo su visais organizmais – ekologų, anatomų ir paleontologų – santykiai buvo gana įtempti. Pavyzdžiui, anatomai laikyti senamadiškais keistuoliais, įnikusiais į beviltiškai pasenusią mokslo šaką. Molekulinė biologija taip iš pagrindų pakeitė požiūrį į anatomiją ir raidos biologiją, kad klasikinės mokslo šakos, sakykime, paleontologija, tapo panašios į niekur nevedančius biologijos istorijos aklagatvius. Patyriau savo kailiu: atrodė, mane, atsidavusį fosilijų tyrinėtoją, netrukus pakeis kokiu nors nauju DNR nukleotidų eiles skaičiuojančiu automatu.

Prabėgo du dešimtmečiai, o aš ir toliau kapstausi purve ir skaldau akmenis. Taip pat renku DNR pavyzdžius ir tyrinėju jos įtaką organizmų vystymuisi. Paprastai visos diskusijos prasideda nuo kraštutinumų – „viskas arba nieko“. Ilgainiui toks požiūris užleidžia vietą geriau apsvarstytiems ir tikroviškesniems argumentams. Fosilijos ir geologinis metraštis toliau išlieka labai turtingu faktų apie mūsų praeitį šaltiniu. Be jų neįmanoma sužinoti, kokios iš tiesų buvo aplinkos sąlygos, ir kokios pereinamosios formos egzistavo per visą gyvybės istoriją.

Kaip turėjome progos įsitikinti, DNR atveria neįtikėtinai platų langą į gyvybės, kūnų ir jų organų formavimosi istoriją. Ji ypač svarbi, sprendžiant klausimus, į kuriuos negali atsakyti paleontologinis metraštis. Dauguma gyvų organizmų dalių – tarkime, minkštieji audiniai – fosilizuojasi itin retai. Apie daugelį tokių struktūrų gali papasakoti tik iš DNR išgauti duomenys.

Išgauti DNR iš kūnų yra neįtikėtinai paprasta, taip paprasta, jog tai galite padaryti virtuvėje. Paimkite šiek tiek kokio nors augalo ar gyvūno – žirnį, gabalėlį mėsos ar vištos kepenis. Įberkite truputėlį druskos, įpilkite vandens, viską sudėkite į maišytuvą ir sutrinkite į vientisą masę. Tada įpilkite šiek tiek indų ploviklio. Ploviklis ištirpdys audinio ląsteles gaubiančias membranas, kurių dėl jų smulkumo negalėjo įveikti maišytuvas.

Užpilkite trupučiu mėsos marinato – jis suskaidys kai kuriuos baltymus, prisitvirtinusius prie DNR molekulių. Muilingoje mėsos marinato tyrėje plaukioja DNR. Galiausiai į šį mišinį įpilkite šiek tiek techninio izopropilo alkoholio.

Tirpalas bus dvisluoksnis: apačioje – minkšta muilo masė, o viršuje – skaidrus alkoholis. Jeigu alkoholyje pasirodys lipnus baltas rutuliukas, viską būsite padarę tinkamai. Tas lipnus daiktas ir yra DNR.

Dabar, nagrinėdami šią baltą tąsią masę, galite nustatyti daugelį esminių saitų, siejančių mus su kitomis gyvomis būtybėmis. Kad tai padarytume, turime palyginti įvairių rūšių DNR sandarą ir funkcijas. Tai veiksmas, kuriam turime paaukoti begales laiko ir milžiniškas pinigų sumas. Tačiau gali padėti vienas paradoksalus netikėtumas.

Išgaudami DNR iš bet kurios rūšies *bet kurio* audinio, pavyzdžiui, iš kepenų, galite iš tikrųjų perskaityti bet kurios kūno dalies istoriją, įskaitant ir uoslės organus. Iš bet kurio audinio (kepenų, kraujo ar raumens) paimtoje DNR galima aptikti organo, kuris padeda atskirti įvairiausius mus supančius kvapus, sandaros receptą. Taigi, visos mūsų ląstelės turi tą pačią DNR. Skirtumas tik tas, kad ląstelėse veikia skirtingi DNR elementai (t. y. genai). Uoslės organuose esančių genų aptinkama ir kitose mūsų ląstelėse, tačiau aktyviai jie veikia tik nosies ertmėje.

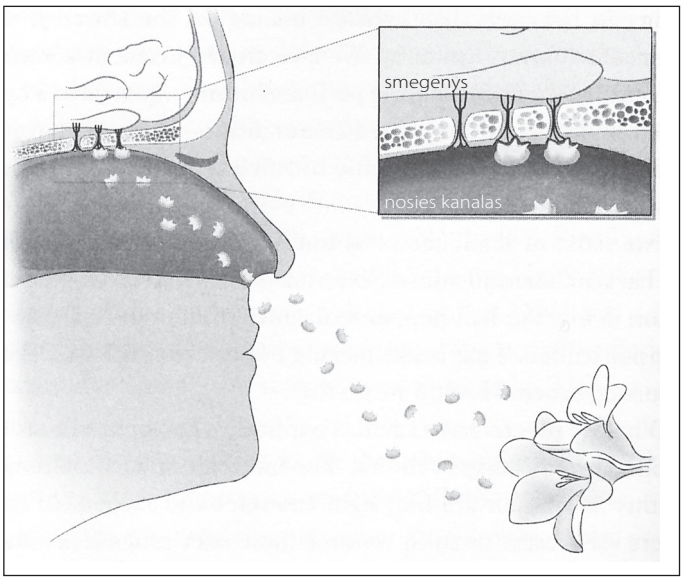
Plačiai žinoma, kad kvapai smegenyse sukelia impulsus, galinčius daryti didžiulę įtaką mus supančio pasaulio suvokimui. Silpnutis dvelktelėjimas netikėtai gali priminti klasę ar jaukią, kiek pelėsiais atsiduodančią palėpę senelių namuose ir vėl sužadinti kažkur giliai širdyje tūnančius jausmus.

Tačiau svarbiausia, kad kvapai padeda išgyventi. Gardumynų kvapas sužadina alkį, o kanalizacijos nuotekų smarvė priverčia žiaugčioti. Vengiame supuvusių kiaušinių. Reikia parduoti namą? Bus kur kas geriau, jeigu, atėję jo apžiūrėti, pirkėjai užuos ne ant viryklės verdančią kopūstienę, o iš orkaitės sklindantį kepamos duonos kvapą.

Į uoslę investuojame milžiniškas sumas: 2005 m. vien tik Jungtinėse Amerikos Valstijose parfumerijos pramonės pelnas siekė 24 mlrd. dolerių. Tai tikrai svarus mūsų priklausomybės nuo uoslės patvirtinimas. Be to, uoslė – labai senas pojūtis.

Uoslė leidžia atskirti penkis–dešimt tūkstančių kvapų. Kai kurie žmonės gali užuosti vienametę papriką, nors jos koncentracija tesudaro vos vieną dalelę trilijone oro dalelių. Tai beveik tas pats, kas pastebėti smiltelę mylios [pusantro kilometro] ilgio paplūdimio ruože. Kaip tai pavyksta?

Tai, ką suvokiame kaip kvapą, yra smegenų reakcija į ore plaukiojančių molekulių mišinį. Molekulės, užuodžiamos uosle, yra mažytės ir labai lengvos – kybo ore. Kai kvėpuojame arba uodžiame orą, šias ore kabančias molekules įtraukiame šnervėmis. Per šnerves molekulės patenka į ertmę, esančią nosies gilumoje, ir prikimba prie gleivėtos nosies landų sienelės. Pastarosios



KVAPŲ MOLEKULĖS (PADIDINTOS DAUGYBĘ KARTŲ) IŠ GĖLĖS ŽIEDO SKLINDA ORU. PATEKUSIOS Į NOSIES ERTMĘ, PRISITVIRTINA PRIE JOS SIENELES DENGIANČIOS GLEIVINĖS RECEPTORIŲ. MOLEKULEI PRISIJUNGUS PRIE RECEPTORIAUS, Į SMEGENIS SIUNČIAMAS SIGNALAS. KIEKVIENĄ KVAPĄ SUDARO DAUGYBĖ ĮVAIRIŲ MOLEKULIŲ, PRISITVIRTINUSIŲ PRIE SKIRTINGŲ RECEPTORIŲ. SMEGENYS ŠIUOS SIGNALUS SUJUNGIA Į VISUMĄ, KURIĄ SUVOKIAME KAIP TAM TIKRĄ KVAPĄ.

viduje yra lopinėlis audeklo su milijonais nervų ląstelių, kurių kiekviena turi po mažą išaugą, siekiančią nosies gleivinę. Kai iš oro į nosies ertmę patekusios molekulės pasiekia šias nervų ląsteles, signalai perduodami į smegenis, o jos signalus priima kaip kvapą.

Molekuliniame lygmenyje mūsų uoslė veikia užrakto ir rakto principu. Užraktas – tai užuodžiamos medžiagos molekulė, raktas – nervų ląstelės membranos receptorius.

Nosies ertmėje esančios gleivinės sugauta molekulė sąveikauja su nervo ląstelės receptoriumi. Signalą į smegenis ląstelė siunčia tik tuomet, kai molekulė prisitvirtina prie receptoriaus. Kiekvienas receptorius sąveikauja tik su tam tikro tipo molekule. Todėl mūsų užuodžiamą konkretų kvapą gali sukelti įvairių medžiagų molekulės ir, žinoma, daugybė receptorių, siunčiančių signalus į smegenis.

Uoslę geriausiai galima paaiškinti pasitelkus analogiją iš muzikos srities: akordą. Akordas – kelių tonų sąskambis, suvokiamas kaip vienas garsas. Taigi ir kvapą gali sudaryti kelių receptorių siunčiami signalai, kuriuos išlaisvina skirtingos kvapo molekulės. Šiuos skirtingus impulsus smegenys suvokia kaip tam tikrą kvapą.

Žmogaus uoslės organai yra kaukolės viduje, kaip ir kitų žinduolių, taip pat žuvų, varliagyvių, roplių ir paukščių. Kaip ir kiti gyvūnai, turime ertmes, per kurias traukiame orą kartu su jame plaukiojančiomis medžiagų dalelėmis, ir grupę specialių audinių, kuriuose šios medžiagos sąveikauja su neuronais.

Panašias kvėpavimo sistemas, sudarytas iš angų, kanalų ir membranų, turi patys įvairiausi gyvūnai nuo žuvies iki žmogaus, ir jų visų sandara turi daugybę bendrybių. Patys primityviausi kaukoles turintys gyvūnai – apskritažiomenių klasei priskiriamos nėgės ir miksinos – turi tik vieną nosiaryklę, kuri jungiasi su kaukolėje esančiu maišeliu. Per nosiaryklę vanduo patenka į šį akliną maišelį, jame ir atpažįstami kvapai.

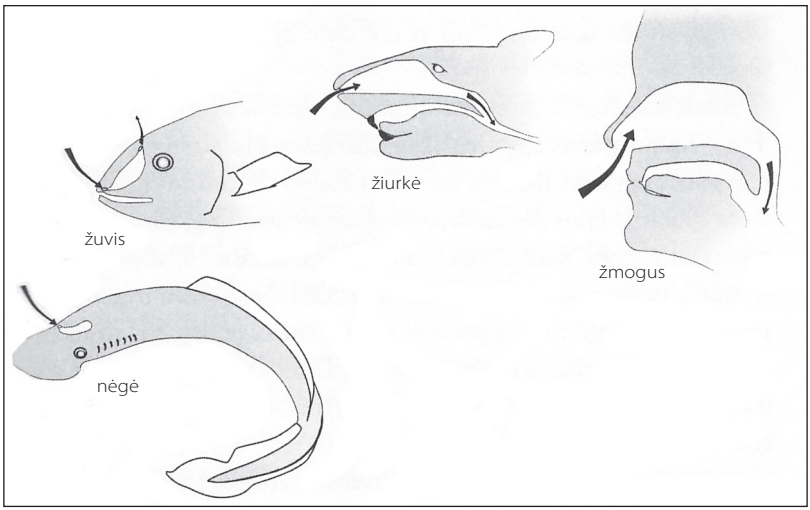
Pagrindinis nėgių, miksinų ir mūsų uoslės organų skirtumas yra tas, kad jos užuodžia ne ore, o vandenyje ištirpusių medžiagų kvapus. Žuvys, su kuriomis žmogų sieja dar glaudesni kilmės saitai, turi uoslės organus, dar panašesnius į mūsų: vanduo per šnerves patenka į ertmę, susietą su burna. Dabartinės žuvys ir tiktaalikas turi po dvi poras šnervių: išorines ir vidines. Šiuo atžvilgiu jos labai panašios į mus.

Užsičiaupkite ir mėginkite kvėpuoti. Per išorines šnerves oras patenka į nosies ertmes ir vidiniais kanalais pasiekia ryklės gilumą, o iš ten – trachėją. Žuvys, iš kurių kilome, taip pat turėjo išorines ir vidines šnerves, ir niekam nenuostabu, jog tai buvo būtent tos žuvys, kurios turėjo žastikaulį ir kitų mums ir joms bendrų bruožų.

Žmogaus uoslės organai sukaupę daugybę duomenų, leidžiančių mus kildinti iš žuvų, varliagyvių ir žinduolių. Didžiulis proveržis šių giminystės saitų tyrimuose prasidėjo 1991 m., kai Linda Bak (*Linda Buck*) ir Ričardas Akselis (*Richard Axel*) atrado didelę genų šeimą, užtikrinančią mūsų uoslės organų veiklą.

Planuodami eksperimentus, L. Bak ir R. Akselis rėmėsi trimis svarbiausiomis prielaidomis. Visų pirma iškėlė gerai argumentuotą hipotezę, paremtą kitose laboratorijose gautais tyrimų rezultatais – ji leido apibūdinti uoslės receptorių sandarą nulemiančius genus. Eksperimentai parodė, kad uoslės receptorių sandarai būdingos molekulinės kilpelės, padedančios jiems perduoti informaciją neurono viduje.

Tai buvo svarbi užuomina, nes, ja remdamiesi, L. Bak ir R. Akselis pelės genome galėjo ieškoti visų genų, padedančių susidaryti tokiai sandarai. Antra, iškėlė prielaidą, kad šių genų veikimas turi būti itin savitas – jie turi veikti tik



NOSIES ERTMĖS IR KVAPIŲJŲ MEDŽIAGŲ MOLEKULIŲ JUDĖJIMAS STUBURINIŲ (NUO APSKRITAŽIOMENIŲ IKI ŽMOGAUS) UOSLĖS ORGANUOSE.

tuose audiniuose, kurie dalyvauja uodime. Spėjimas tikrai logiškas: jeigu šie genai nulemia uoslės receptorių veiklą, tuomet neturėtų veikti tokių receptorių neturinčiuose audiniuose. Trečia – ir ši prielaida tikrai svari – R. Akselis ir L. Bak nusprendė, kad tokių genų turėtų būti ne vienas ir net ne keli. Jų turi būti be galo daug. Ši hipotezė buvo grindžiama faktu, kad skirtingi chemikalai sužadina skirtingus kvapus.

Jeigu kiekvieną cheminės medžiagos tipą atitinka tam tikras receptorius, kurio veikimą lemia pavienis genas, tuomet tokių genų turi būti nesuskaičiuojama daugybė. Tačiau, atsižvelgiant į duomenis, kuriais disponavo to meto mokslininkai, ši hipotezė galėjo ir nepasitvirtinti.

Tačiau visos trys L. Bak ir R. Akselio prielaidos buvo visiškai tikslios. Jie aptiko genus, turinčius receptoriui, kurio ieškojo, būdingą sandarą. Nustatyta, kad šie genai veikė tik audiniuose, susijusiuose su uodimu, kitaip tariant, uoslės epitelyje. Ir, galų gale, mokslininkai aptiko didžiulį šių genų kiekį. Tai buvo įspūdinga sėkmė.

Vėliau L. Bak ir R. Akselis atrado išties kai ką nepaprasto: beveik 3 % mūsų genomo sudaro genai, nulemiantys gebėjimą užuosti skirtingus kvapus. Kiekvienas šių genų leidžia susintetinti tam tikros medžiagos kvapui jautrų receptorių. Už šiuos darbus 2004 m. šiems mokslininkams buvo įteikta fiziologijos ir medicinos srities Nobelio premija.

Įkvėpti L. Bak ir R. Akselio sėkmės, daugelis mokslininkų puolė ieškoti uoslės organų receptorių genų įvairių rūšių gyvūnuose. Paaiškėjo, kad tokie genai – tikras gyvas metraštis, kuriame užfiksuoti kai kurie svarbiausi pereinamieji gyvybės istorijos etapai. Kaip pavyzdį galime pateikti stuburinių persikraustymą iš vandens į sausumą, įvykusį daugiau kaip prieš 365 mln. m. Nustatyta, kad yra dviejų rūšių uoslės genai: vieni jų specializuojasi reaguoti į vandenyje ištirpusias chemines medžiagas, kiti – užuosti ore kybančias molekules.

Vandenyje ištirpusios medžiagos molekulės su uoslės receptoriais sąveikauja kitaip, nei ore skrajojančios dalelės, todėl joms pajusti reikalingi ir kitokie receptoriai. Kaip ir tikėtasi, žuvys turi vandeniui pritaikytus uoslės receptorius, išsidėsčiusius jų nosies neuronuose, žinduoliai ir ropliai turi orui pritaikytus receptorius.

Šis atradimas padeda suprasti, kaip veikia apskritažiomenių – pačių primityviausių dabartinių stuburinių – nėgės ir miksinos – uoslė. Nuo sudėtin-

gesnių žuvų ir žinduolių šie gyvūnai skiriasi tuo, kad jų uoslės receptorių genai nėra nei „vandeniniai“, nei „oriniai“. Jų uoslės organų sandara yra veikiau tarpinė. Išvada aiški: šie primityvieji stuburiniai atsirado anksčiau, nei uoslės organų genai pasidalijo į du tipus.

Tyrimai atskleidė dar vieną labai svarbų dalyką: apskritažiomeniai turi labai mažai uoslės genų. Kremzlinės ir kaulinės žuvys jų turi kur kas daugiau, o varliagyviai ir ropliai – dar daugiau. Uoslės genų skaičius vis augo. Primityvieji stuburiniai, pavyzdžiui, apskritažiomeniai, jų turėjo palyginti nedaug.

Gyvūnams tobulėjant, didėjo ir šių genų skaičius, ir dabartiniai žinduoliai jų turi daugybę. Mes, žinduoliai, šių genų turime per tūkstantį, ir gana didelė genetinio aparato dalis yra skirta vien uoslei. Galimas daiktas, kuo daugiau šios rūšies genų turi gyvūnas, tuo jautresnė uoslė. Todėl nenuostabu, kad turime tiek daug uoslės genų: žinduoliai specializavosi itin puikiai išnaudoti gebėjimą uosti. Prisiminkime, kokie puikūs pėdsekiai yra šunys!

Bet iš kurgi atsirado uoslės genų gausybė? Juk negalėjo atkeliauti iš niekur? Atsakymą į šį klausimą rasime gana greitai, atidžiau patyrinėję genų sandarą. Lygindami žinduolio uoslės genus su saujele nėgės ar kito apskritažiomenio uoslės genų, pamatysime, kad visi „pridėtiniai“ žinduolių genai yra tarsi viena variacijos tema: jie atrodo kaip apskritažiomenių uoslės genų kopijos, nors ir šiek tiek pakeistos. Taigi didžiulis žmogaus uoslės genų skaičius atsirado įvykus daugkartinei genų, kuriuos turėjo tolimi mūsų protėviai – primityvūs bežandžiai stuburiniai – duplikacijai.

Ir čia susiduriame su paradoksu. Apie 3 % žmogaus (ir kitų žinduolių) genomo sudaro uoslės genai. Žmogaus genų sandarą išnagrinėję smulkiau, genetikai apstulbo: iš tūkstančio uoslės genų mažiausiai trys šimtai nefunkcionuoja dėl mutacijų, pakeitusių jų sandarą (kiti žinduoliai šiais genais naudojasi). Kodėl turime tiek daug visiškai beverčių uoslės genų?

Atsakyti į šį klausimą padeda delfinų ir kitų banginių tyrimai. Jie, kaip ir visi žinduoliai, turi plaukus, pieno liaukas ir vidurinę ausį su trimis klausos kauleliais. Šių gyvūnų kaip žinduolių kilmės istorija taip pat užrašyta uoslės genuose: jie neturi žuvims būdingų vandeninių uoslės receptorių, tačiau turi, kaip ir visi žinduoliai, orui pritaikytų uoslės receptorių genų.

DNR atkarpoje, lemiančioje banginių ir delfinų uoslės organų formavimąsi, įrašyta informacija apie jų kilmę iš sausumos žinduolių. Tačiau įdo-

miausia, kad delfinai ir banginiai nosies ertmėmis neuodžia. Kam tuomet šie genai reikalingi? Banginių ir delfinų šnervės susilieja į vieną angą ne uosti, o tik kvėpuoti. Ši sandara itin pakeitė jų uoslės genus: banginiai juos turi, tačiau nė vienas neveikia.

Tai, kas nutiko delfinų ir banginių uoslės genams, nutiko ir daugelio kitų rūšių genams. Bėgant laikui ir keičiantis gyvūnų kartoms kai kurie genomai mutuoja. Jeigu mutavęs jis tampa neveiksmingas, organizmas gali netgi žūti. Tačiau kas nutinka, kai dėl mutacijos nustoja veikti genas, kuris ir taip nieko neveikia? Tokių pokyčių padariniai nagrinėjami taikant pačias įvairiausias matematines teorijas, tačiau bendra išvada akivaizdi: tokios mutacijos bus be niekur nieko perduodamos iš kartos į kartą.

Veikiausiai tai ir nutiko delfinams. Uoslės genai jiems nereikalingi, nes orui įkvėpti pakanka vienintelės kvėpavimo angos. Štai kodėl, keičiantis kartoms, mutacijų, nuslopinusių uoslės genus, tik daugėja. Nors ir nenaudojami, jie išliko DNR sandaroje kaip nebylūs evoliucijos įrodymai.

Tačiau žmonės turi uoslę, tuomet kodėl tiek daug mūsų uoslės genų tapo beverčiai? Jovas Giladas (*Yoav Gilad*) ir jo kolegos į šį klausimą atsakė, palyginę skirtingų rūšių primatų genus. Jie nustatė, kad primatai, gerai matantys spalvas, dažniausiai turi daugiau mutacijos nuslopintų genų. Išvada aiški: mes, žmonės, priklausome tai evoliucijos atšakai, kuri uoslę iškeitė į regą. Dabar labiau pasikliaujame rega, nei uosle, ir tai matyti mūsų genome. Mūsų protėviams pradėjus labiau pasikliauti rega, uoslės reikšmė sumenko, ir daugelis uoslės genų nustojo veikti.

Daugybė informacijos glūdi nosyje – arba, tiksliau, DNR atkarpose, valdančiose uoslę. Šimtus beverčių uoslės genų paliko mūsų protėviai – senovės žinduoliai: norėdami išgyventi, labiau pasikliovė uosle nei rega. Panašių sugretinimų galime paieškoti dar giliau. Kuo primityvesnis gyvūnas, tuo labiau jo uoslės genai skiriasi nuo žmogaus uoslės genų (panašiai kaip fotokopijos: kuo daugiau jų daroma, tuo mažiau jos panašios į originalą). Mūsų genai panašūs į primatų genus, mažiau panašūs į kitų žinduolių, dar mažiau panašūs į roplių, varliagyvių, žuvų ir t. t. genus.

Žmogaus genų informacija – nebylus mūsų praeities įrodymas. Šnervės – tikras gyvybės medis.

DEVINTAS SKYRIUS

REGA

Tik vieną kartą per visus savo mokslinio darbo metus radau iškastinio gyvūno akį. Tai atsitiko ne paleontologinėje ekspedicijoje, o pagalbinėje mineralų krautuvėlės patalpoje mažame šiaurės rytų Kinijos miestelyje. Su kolega Gao Kečinu (*Gao Keqin*) tyrinėjome puikiai išsilaikiusias pačių seniausių žinomų salamandrų fosilijas, rastas maždaug 160 mln. m. Kinijos uolienose.

Buvome ką tik sugrįžę iš trumpos išvykos į vieną Gao Kečinui gerai žinomų kasinėjimų rajonų. Šios radimvietės buvo įslaptintos, nes fosilijas vietiniai valstiečiai gali gana pelningai parduoti. Šie radiniai itin vertingi dar ir dėl to, kad išliko suakmenėjusių žiaunų, virškinimo sistemos ir chordos audinių minkštųjų atspaudų. Taip gerai išsilaikiusių fosilijų aptinkama labai retai, todėl jas labai vertina privatūs kolekcininkai. Iki atvykdami į mineralų krautuvėlę, tose vietovėse jau buvome pririnkę gana daug vertingų iškastinių salamandrų egzempliorių.

Į šios mineralų krautuvėlės savininko rankas pakliuvo viena puikiausių salamandrų fosilijų. Gao norėjo, kad tądien kartu apžiūrėtume šį radinį ir pamėgintume susitarti dėl jo įsigijimo. Susitikimas atrodė kaip koks kriminalas. Su džentelmenu savininku Gao kalbėjosi keletą valandų. Jie rūkė vieną cigaretę po kitos, audringai mosavo rankomis ir kažką šūkavo kinų kalba. Buvo aišku: vyrai karštai derasi, tačiau, nemokėdamas kinų kalbos, neturėjau nė menkiausio supratimo, kur link krypsta derybų baigtis.

Pagaliau – keli trumpi rankų paspaudimai, paskui ilgas karštas rankų paspaudimas, ir buvau pakviestas užeiti apžiūrėti ant šeimininko stalo gulinčios

fosilijos. Vaizdas pribloškė: salamandros lervos kūnas nesiekė nė trijų colių [8 cm] ilgio. Šiame pavyzdyje buvo atsispaudęs visas gyvūnas: matei netgi moliuskų, kuriuos šis gyvūnas prarijo prieš pat žūtį, kriaukles. O svarbiausia – pirmą ir paskutinį kartą per visą paleontologinės veiklos laikotarpį žvelgiau į gyvūno akį.

Fosilijų su akimis randama labai retai. Dar knygos pradžioje minėjome, kad geriausiai fosilizuojasi kietosios gyvūnų dalys – kaulai, dantys, žvynai ir kt. Norėdami suprasti akių raidą, pagalbon turime pasitelkti vieną svarbų faktą. Į šviesą gyvūnai gali reaguoti daugybe organų ir audinių: nuo paprastų bestuburių fotoreceptorių iki sudėtingų įvairių vabzdžių akių ir mūsų akių, veikiančių fotoaparato principu. Kaip ši įvairovė gali padėti suprasti žmogaus regos vystymąsi?

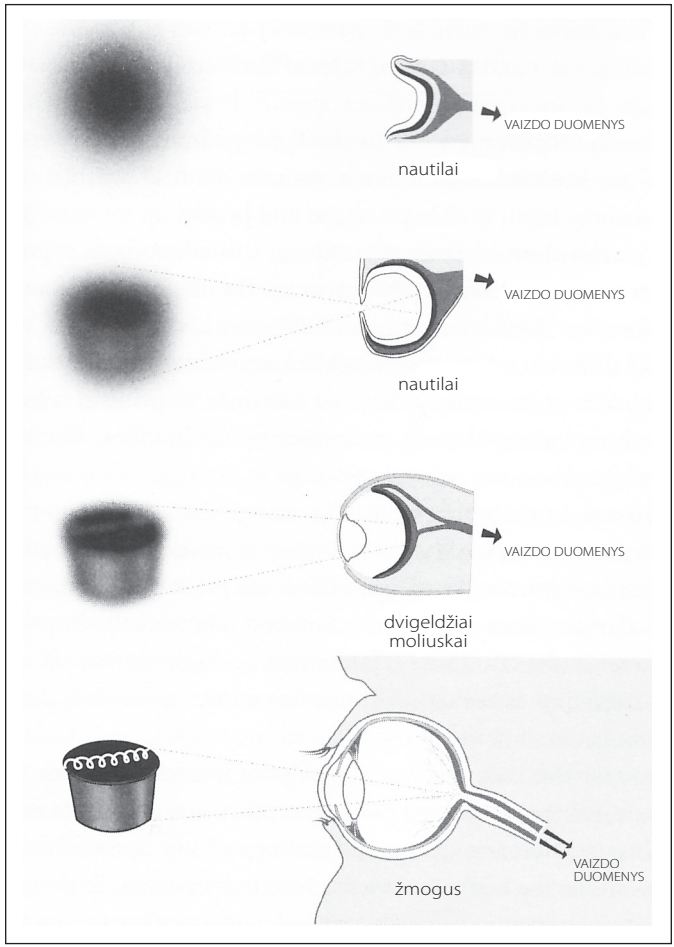
Mūsų akių istorija labai panaši į automobilizmo istoriją. Pavyzdys – *Chevrolet Corvette'as*. Šio modelio istoriją galime apžvelgti bendrai arba jį galime išnarstyti į atskiras detales ir kiekvienos jų istoriją išnagrinėti atskirai.

Corvette'o istorija prasidėjo dar 1953 m., kai pasirodė pirmasis modelis, ir nuo tada kasmet modelis keitė konstrukciją ir išvaizdą. Jo padangos taip pat turi savo istoriją: jų gumos sudėtis nuolat kito. Šie pokyčiai – puiki mūsų kūno ir organų raidos analogija.

Žmogaus akys turi savitą raidos istoriją, tačiau ją turi ir sudedamosios akių dalys, jų ląstelės ir audiniai, taip pat genai, formuojantys visas struktūras. Jeigu nustatysime savo organų šių daugybinių istorijos sluoksnių tapatybę, suprasime: esame sudėlioti iš įvairių detalių, kurios aptinkamos ir daugybėje kitų mūsų planetoje gyvenančių būtybių.

Matomi vaizdai labiausiai apdorojami smegenų. Akių paskirtis – sugauti šviesą ir duomenis perduoti į smegenis, kur jie bus apdoroti ir sujungti į vientisą vaizdą. Žmogaus, kaip ir kitų stuburinių gyvūnų, akys veikia kaip maži fotoaparatai.

Į akį patekusi šviesa fokusuojama savotiškame ekrane akies obuolio gale. Keliaudama šiuo taku, šviesa prasiskverbia pro keletą sluoksnių. Iš pradžių pereina rageną, ploną skaidraus audinio sluoksnį, dengiantį lęšiuką. Į akį patenkančios šviesos srautą valdo diafragma – rainelė, prietemoje išsiplečianti, o ryškioje šviesoje susitraukianti. Tai atlieka nevalingai susitraukiantys ir išsiplečiantys raumenys.



AKYS SUFOKUSUOJA VAIZDĄ: NUO PRIMITYVIŲ Į ŠVIESĄ REAGUOJANČIŲ BESTUBURIŲ REGOS ORGANŲ IKI ŽMOGAUS AKIŲ, TURINČIŲ LĘŠIUKĄ; AKYS SAVO SANDARA PRIMENA FOTOAPARATĄ. AKIMS EVOLIUCIONUOJANT, REGOS AŠTRUMAS GERĖJA.

Šviesa pereina pro lęšiuką, o jis, kaip ir fotoaparato objektyvo lęšis, vaizdą sufokusuoja. Lęšiuką supa mažyčiai raumenys. Susitraukdami jie keičia lęšiuko formą, dėl to jis fokusuoja šviesą, sklindančią tiek nuo tolimų, tiek nuo artimų objektų. Sveikas lęšiukas yra skaidrus ir sudarytas iš ypatingų baltymų, jam teikiančių ne tik išskirtinę formą, bet ir gebėjimą suglaudinti šviesos

srautą. Lęšiuką sudarantys baltymai yra labai patvarūs ir ilgaamžiai, todėl ši akies dalis gali nepriekaištingai funkcionuoti visą gyvenimą. Ekranas, kuriame projektuojama į akį patenkanti šviesa, vadinamas tinklaine. Pastarojoje gausu kraujagyslių ir šviesai jautrių ląstelių.

Šios šviesai jautrios ląstelės (šviesos receptoriai) į smegenis perduoda signalus, o pastarosios interpretuoja kaip vaizdus. Tinklainė šviesą sugeria šviesai jautriomis ląstelėmis. Tinklainėje jų yra dviejų rūšių: vienos rūšies ląstelės (stiebeliai) šviesai yra labai jautrūs, kitos rūšies ląstelių (kūgelių) jautrumas mažesnis. Jautresnės spalvų neskiria, o ne tokios jautrios skiria. Iš gyvūno tinklainės stiebelių ir kūgelių santykio galime nustatyti, ar jis labiau prisitaikęs prie dienos, ar prie nakties gyvenimo. Šviesai jautrios ląstelės žmogaus akies tinklainėje sudaro apie 70 % visų kūne esančių jutimo ląstelių. Tai aiškiai įrodo, kokia svarbi rega.

Visiems Žemės stuburiniams (nuo apskritažiomenių iki žinduolių) būdingos tokio paties tipo – veikiančios fotoaparato principu – akys. Kitų gyvūnų grupių akys kitokio tipo – nuo paprastos šviesai jautrių ląstelių sankaupos iki sudėtinių, iš daugelio lęšių sudarytų akių – tokios yra nuo musių iki pirmapradžių darinių, primenančių mūsų akis.

Norint suprasti žmogaus akių raidą, visų pirma būtina suprasti ryšius struktūrų, iš kurių sudarytos fotoaparato principu veikiančios akys, ir struktūrų, kurios suformuoja kitų tipų akis. Kad pavyktų, turime ištirti medžiagas, surenkančias šviesą, audinius, kurie tarnauja matymui, ir genus, skatinančius šiuos vyksmus.

ŠVIESĄ SUGERIANČIOS MOLEKULĖS

Pati svarbiausia šviesai jautrių ląstelių veiklos dalis – procesai, vykstantys molekulėse, kurios iš tikrųjų ir sugeria šviesos energiją. Sugerdama molekulė pasidalija į dvi dalis. Viena dalis – A vitamino darinys, o kita susidaro iš baltymo opsino. Kai opsinas atsiskiria nuo minėto darinio, prasidedanti grandininė reakcija sužadina neuroną, o pastarasis siunčia impulsą į smegenis.

Nespalvotus ir spalvotus vaizdus suvokiame skirtingais opsinais. Panašiai kaip rašalinis spausdintuvas, naudojantis trijų ar keturių spalvų rašalą, spausdina spalvotus vaizdus, reikalingos trys šviesos energiją sugeriančios moleku-

lės, kad galėtume matyti spalvotus vaizdus. Nespalvotam vaizdui matyti pakanka tik vieno tipo opsino molekulių.

Apšviestos šios molekulės pakeičia savo formą, vėliau, patekusios į tamsą, pasikrauna ir grįžta į pradinę būseną. Šitai gali trukti kelias minutes. Tai žinome iš savo patirties: iš ryškiai apšviestos vietos įėję į tamsų kambarį kurį laiką nieko nematysime. Taip būna dėl to, kad šviesą sugeriančios molekulės tam tikrą laiką kraunasi. Po kelių minučių akys prie prieblandos pripras, ir vėl matysime.

Nepaisant stulbinamos fotoreceptorių įvairovės, visi gyvūnai suvokia tos pačios rūšies šviesą sugeriančias molekules. Ir vabzdžiai, ir žmonės, ir moliuskai šiam tikslui naudoja opsinus. Žmogaus akių istoriją galime ne tik peržvelgti, lygindami įvairių organizmų opsinų sandarą, bet ir turime įtikinamų įrodymų, kad už šias medžiagas turime padėkoti bakterijoms.

Iš esmės opsinas – tai medžiaga, iš išorės ateinančią informaciją perduodanti į ląstelės vidų. Šį žygdarbį norėdama atlikti sėkmingai, tam tikrą cheminę medžiagą opsino molekulė turi perduoti per ląstelę gaubiančią membraną. Šiai operacijai atlikti opsinas naudoja specialiai pritaikytą „laidininką“ – išsirangiusią ir kilpeles sudarančią dalį, kuri kiaurai perskrodžia ląstelės membraną ir leidžia patekti į jos vidų.

Tačiau šio receptoriaus įveikiamas vingiuotas kelias per ląstelės membraną nėra atsitiktinis – turi tik jam būdingą žymę. Kur dar galima pamatyti tokius vingrius kelius? Jie visiškai atitinka kai kurių bakterijų turimų molekulių fragmentus. Neįtikėtinas šių sudėtingų molekulių atskirų fragmentų panašumas liudija, kad šis požymis atsirado labai seniai, kai Žemėje viešpatavo bakterijos, iš kurių kilome ir mes, ir kai kurios šiuolaikinės bakterijos. Galima teigti, kad žmogaus tinklainėse slypi modifikuotos senovinių bakterijų dalelės, padedančios matyti.

Tirdami skirtingų gyvūnų opsinus, netgi galime atkurti kai kuriuos svarbiausius žmogaus akies raidos įvykius. Paimkime vieną svarbiausių mūsų protėvių primatų praeities įvykių – gero spalvų matymo atsiradimą. Priminsiu, kad žmonės ir mūsų artimiausi giminaičiai iš visų primatų – Senojo pasaulio beždžionės – turi labai gerai išvystytą spalvų matymą, kuris remiasi trimis skirtingomis šviesos receptorių rūšimis.

Kiekvienas šių receptorių yra nustatytas priimti tam tikros spalvos šviesą. Dauguma kitų žinduolių turi tik dviejų rūšių tokias ląsteles, todėl skiria kur

kas mažiau spalvų nei žmogus. Pasirodo, galime atsekti mūsų spalvų matymo kilmę, ištyrę genus, priverčiančius veikti receptorių ląsteles. Už dviejų tipų receptorius, kuriuos turi dauguma žinduolių, atsakingi dviejų rūšių genai.

Už tris žmogaus receptorių tipus atsako trijų tipų genai, iš kurių du yra nepaprastai panašūs į genus, turimus ir kitų žinduolių. Veikiausiai tai reiškia, kad mūsų spalvų matymas atsirado tuomet, kai vienas iš genų, kuriuos turi ir kiti žinduoliai, duplikavosi, ir atsiradusios jo kopijos per tam tikrą laikotarpį pasikeitė tiek, kad galėjo reaguoti į kitų spalvų šviesos šaltinius. Kaip pamenate, kažkas panašaus darėsi ir uoslės receptorių genams.

Šis regėjimo pokytis gali būti susijęs su Žemės augalijos pokyčiais, vykusiais prieš milijonus metų. Šiais pokyčiais bent galima logiškai pagrįsti spalvų matymo naudą. Toks matymas galėjo būti naudingas medžiuose gyvenančioms beždžionėms, nes padėdavo geriau skirti įvairių vaisių ir lapų rūšis ir pasirinkti pačias maistingiausias.

Tyrinėdami kitus spalvas matančius primatus, galime apytikriai nustatyti, kad gebėjimas skirti spalvas atsirado maždaug prieš 55 mln. m. Tuo pat metu, sprendžiant iš fosilinių augalų, keitėsi miškų sudėtis. Iki to laikotarpio miškuose vyravo figmedžiai ir palmės, auginantys skanius ir maistingus vaisius, tačiau jų spalva panaši.

Vėliau miškuose ėmė rastis vis daugiau įvairių augalų, kurių vaisiai, veikiausiai, buvo skirtingų spalvų. Prielaida, kad spalvas mūsų protėviai geriau ėmė skirti dėl to, kad miškai ir vaisiai pasipuošė įvairiaspalviais apdarais, atrodo gana įtikinama.

AUDINIAI

Gyvūnų akys yra dviejų rūšių: vienokias turi daugelis bestuburių, kitokios būdingos stuburiniams, pavyzdžiui, žuvims ir žmonėms. Esminis skirtumas – nevienodai didėjantis šviesą sintetinantis jautraus akies audinio paviršius. Bestuburiams (pavyzdžiui, musėms ir kirmėlėms) šį paviršių padidinti padeda daugybė audinio klosčių, o žmonių jis padidėja dėl daugybės šiame audinyje susidariusių išaugų, panašių į mažyčius šerelius.

Be šių pagrindinių akių sandaros ypatumų, yra ir daugiau skirtumų. Fosilizuotų akių liekanų beveik neįmanoma rasti, todėl kadaise buvo manoma,

kad niekada nepavyks aprėpti laikotarpio, kai išryškėjo žmogaus akių ir bestuburių akių skirtumai. Tačiau kai 2001 m. Detlevas Arentas (*Detlev Arendt*) nusprendė ištirti vienos primityvios kirmėlės akis, paaiškėjo, kad šią problemą išspręsti įmanoma.

Daugiašerės žieduotosios kirmėlės (*Polychaeta*) – vieni primityviausių iki šiol gyvenančių bestuburių. Jų segmentuoto kūno sandara labai paprasta, jos turi dviejų tipų šviesos jutimo organus: akis ir poodines nedideles nervų sistemos išaugas, taip pat reaguojančias į šviesą.

Šias kirmėles D. Arentas išnarstė po dalelę tiek fiziniu, tiek genetiniu požiūriu. Žinodamas, kokia seka išsidėstę nukleotidai mūsų opsino sintezės genuose, ir kokia į šviesą reaguojančių neuronų sandara, jis nuodugniai ištyrė daugiašeres žieduotąsias kirmėles ir nustatė: jos turi abiem fotoreceptorių rūšims būdingų elementų. „Normalią“ akį sudaro neuronai ir opsinai, būdingi visų bestuburių akiai. O mažyčiuose fotoreceptoriuose po kirmėlių oda yra opsinų, būdingų stuburiniams, ir jų ląstelių sandara taip pat panaši į stuburinių akies sandarą. Jų šviesai jautrios ląstelės netgi turi primityvias į šerelius panašias išaugas, beveik tokias, kaip šviesai jautrios žmogaus tinklainės išaugos.

Mokslininkui pavyko aptikti jungiamąją grandį, gyvūną, turintį abiejų rūšių akis, kurių vieną – būdingą žmogui – atitinka labai primityvi forma. Tyrinėdami primityvius bestuburius, matome, kad įvairių tipų gyvūnų akys turi bendrų dėmenų.

GENAI

D. Arento atradimas iškelia dar vieną klausimą. Viena vertus, skirtingų gyvūnų akys turi bendrų sandų, tačiau kodėl akys, kurios atrodo taip nevienodai – pavyzdžiui, kirmėlės, musės ar pelės – yra tokios artimos? Panagrinėkime genetinį receptą, pagal kurį atsiranda akys.

XX a. antrojoje pusėje Mildred Hodž (*Mildred Hoge*), tyrinėdama vaisinių muselių (drozofilų) mutacijas, aptiko akių neturinčią musę. Tokių mutantų atsiradimas nėra koks nors pavienis atvejis, ir M. Hodž sugebėjo išvesti ištisą tokių musių, kurias vadino *akių neturinčiomis*, liniją.

Vėliau aptikta panaši pelių mutacija. Kai kurie individai turėjo mažas akis, kiti neturėjo ne tik akių, bet ir tam tikrų galvos dalių. Panašus apsigi-

mimas – aniridija – nustatomas ir žmonėms. Žmonės su šiuo apsigimimu neturi akies rainelės. Šiuose labai skirtinguose organizmuose – musėse, pelėse ir žmonėse – genetikai aptiko panašių mutacijų.

Tikras šių mutacijų tyrimų proveržis prasidėjo XX a. dešimtojo dešimtmečio pradžioje, kai laboratorijose buvo pradėta taikyti pačius naujausius molekulinių tyrimų metodus, siekiant išsiaiškinti akių neturinčių mutantų įtaką akių raidai. Sudarinėdami genų kartogramas, mokslininkai nustatė, kurios DNR atkarpos sukelia tokias mutacijas. Nustačius DNR seką, paaiškėjo, kad genai, sukeliantys musių, pelių ir žmonių akių mutacijas, turi panašias DNR struktūras ir sekas. Iš esmės šias mutacijas sukelia tie patys genai.

Ką tai byloja? Mokslininkams pavyko nustatyti pavienį geną, kuriam mutuojant, gyvūnai atsiranda su mažomis akutėmis arba visiškai akli. Vadinasi, normali šio geno versija veikia kaip svarbiausias akies formavimosi mechanizmo jungiklis. Dabar atsirado galimybė atlikti eksperimentus, padėsiančius atsakyti į visiškai kitokio pobūdžio klausimą. Kas nutiks, jeigu šio geno veiklą aktyvinsime arba slopinsime ne ten, kur jis turėtų būti?

Šiems bandymams kuo puikiausiai tiko musės. XX a. devintajame dešimtmetyje, eksperimentuojant su vaisinėmis muselėmis, buvo sukurta išties daug labai veiksmingų genetinių tyrimų metodų. Žinant konkretų geną arba tam tikras DNR sekas, galima išvesti muses, kurios tokio geno neturi, ir atvirkščiai – kuriose šis genas veikia ten, kur jam visai nederėtų.

Taikydamas šiuos metodus, V. Geringas rimtai užsiėmė šiuo *beakystės* genu. Jo grupei pavyko šį geną įdarbinti beveik bet kurioje besivystančio musės organizmo dalyje: čiuptuvėliuose, kojose ir sparnuose. Išauginę tokias museles, V. Geringas ir jo vadovaujami mokslininkai sulaukė netikėtų rezultatų. Toms muselėms, kurioms *beakystės* geną slopindavo čiuptuvėliuose, akis išaugdavo būtent juose. Jeigu šį geną slopindavo viename iš kūno segmentų, akis vystydavosi būtent šiame. Kad ir kur šį geną priversdavo veikti, visada išsivystydavo nauja akis. Prie viso to prisidėjo dar ir tai, kad kai kurios iš šių papildomų akių turėjo gebėjimą silpnai reaguoti į šviesą. V. Geringas atskleidė vieną svarbiausių akių formavimosi mechanizmo jungiklių.

Mokslininkas žengė dar toliau. Ėmėsi bandymų, kai vienos rūšies geną įsodindavo į kitos rūšies organizmą. Iš pradžių pelės *Pax 6* geną, kuris atitinka vaisinės muselės *beakystės* geną, įskiepydavo į musės ląsteles ir jį sužadindavo.

Paaiškėjo – pelės genas taip pat sukelia papildomų musės akių formavimąsi. Ir ne šiaip sau akių – o musių.

V. Geringas ir jo laboratorijos mokslininkai nustatė, kad *pelės* geną galima priversti paleisti papildomos musės akies formavimosi mechanizmą bet kurioje *musės* kūno vietoje: nugaroje, sparneliuose, netoli burnos. Paaiškėjo, kad genai, veikiantys kaip svarbiausias akių formavimosi mechanizmo jungiklis, ir pelių, ir musių yra tie patys.

Pelės *Pax 6* genas, įskiepytas į vaisinės muselės organizmą, sukeldavo tokius pokyčius, kad musei išsivystydavo papildoma akis. Žinome, kad *beakystės* genas (arba *Pax 6*) reguliuoja visų turinčių akis gyvūnų akių vystymąsi. Akys atrodo skirtingai, pavyzdžiui, vienos jų turi lęšiuką, kitos yra be jo, vienų akių sandara sudėtinga, kitų paprasta, tačiau genetiniai jungikliai, paleidžiantys jų vystymąsi, yra vienodi.

Žvelgdami į akis, pamirškite romantiką, kūriniją ir sielos veidrodžius. Jeigu gerai įsižiūrėsime į mikrobų, medūzų, kirmėlių ir musių genus, savo akyse atrasime ištisą žvėryną.

DEŠIMTAS SKYRIUS

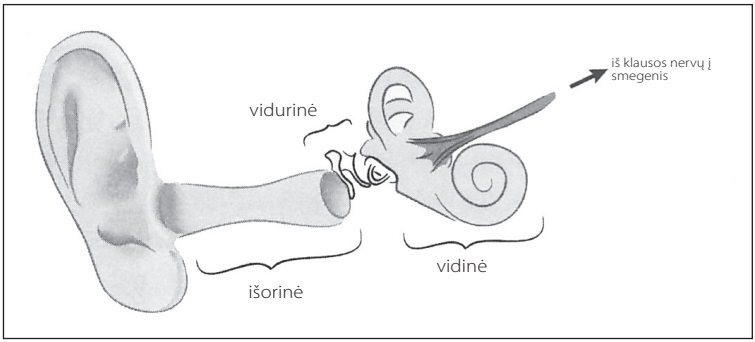
AUSYS

Pirmą kartą pažvelgę į ausies vidų, nusivilsite: patys įdomiausi klausos organo mechanizmai, apgaubti kaulinės sienelės, slepiasi giliai kaukolėje. Juos galima pasiekti tik atvėrus kaukolę, išėmus smegenis ir kalteliu pašalinus kaulinę sienelę. Jeigu pasiseks arba jeigu esate įgudę tai daryti, tuomet išvysite nuostabų organą – vidinę ausį. Iš pirmo žvilgsnio ji panaši į mažytį spiralinį sraigės kiautą (jų galite aptikti beveik visuose tvenkiniuose).

Ausis atrodo lyg ir paprasta, tačiau, pažvelgę įdėmiau, pamatysime, kad ji – be galo sudėtingas aparatas, primenantis pačius įmantriausius išradimus. Mus pasiekiančios garso bangos patenka į ausies piltuvėlį, paprastai vadinamą išorine ausimi. Per ausies landą garso bangos pasiekia būgnelį ir jį priverčia virpėti. Būgnelis jungiasi su trimis mažyčiais klausos kauleliais, kurie virpa kartu su juo.

Šie kauleliai būgninės membranos virpesius perduoda į spiralinį kaulinį kanalą, vadinamą sraige. Čia jie priverčia vibruoti sraigę užpildančią medžiagą, panašią į drebučius. Šios medžiagos virpesiai išjudina nervines ląsteles, pastarosios siunčia signalus į smegenis, o smegenys suvokia kaip garsą. Kitą kartą, kai būsite koncerte, pamėginkite įsivaizduoti, kaip visa ši painiava vyksta jūsų galvoje.

Šioje sistemoje galima aiškiai išskirti tris pagrindines dalis: išorinę, vidurinę ir vidinę. Išorinė ausis – matoma klausos organo dalis. Vidurinė – 3 mažyčius klausos kaulelius turinti dalis. Galiausiai, vidinė ausis susideda iš jautrių nervinių ląstelių, drebučius primenančios medžiagos ir jas supančių audinių.



ŽMOGAUS KLAUSOS ORGANĄ SUDARO TRYS DALYS – IŠORINĖ, VIDURINĖ IR VIDINĖ AUSIS. PATI SENIAUSIA IŠ JŲ – VIDINĖ. JI REGULIUOJA IŠ AUSIES Į SMEGENIS SIUNČIAMUS NERVŲ IMPULSUS.

Išnagrinėję kiekvieną šį dėmenį, netruksime išsiaiškinti, kaip veikia žmogaus klausos organai, kaip atsirado ir vystėsi.

Ausies kaušeliai, matomos ausų dalys, ant kurių kabinamos akinių kojelės, mūsų protėviams išsivystė gana vėlai. Tuo įsitikinti galite patys, apsilankę zoologijos sode arba panagrinėję akvariumo žuvytes. Kiek ryklių, kaulinių žuvų, varliagyvių ir roplių turi ausies kaušelius? Juos turi tik žinduoliai. Kai kurie varliagyviai ir ropliai turi pastebimas išorines ausis, tačiau ausies kaušelių nėra. Išorinė jų ausis dažniausiai atrodo kaip įtempta būgno membrana.

Subtilų žmogaus ryšį su kremzlinėmis (rykliais ir rajomis) bei kaulinėmis žuvimis pamatysime tik pažiūrėję į ausies gilumą. Iš pirmo žvilgsnio žmogaus ir ryklio ryšio paieškos ausyse atrodo gana keistai, ypač turint galvoje, kad rykliai iš viso neturi ausų. Tačiau toks ryšys tikrai yra. Pradėkime nuo klausos kaulelių.

VIDURINĖ AUSIS – TRYS KLAUSOS KAULELIAI

Žinduoliai – labai ypatingi gyvūnai. Nuo kitų būtybių žmogus aiškiai skiriasi plaukuotumu ir pieno liaukomis. Tačiau daugelis žmonių veikiausiai nustebs sužinoję, kad vidinėje ausyje taip pat galima aptikti bruožų, aiškiai išskiriančių mus iš kitų gyvūnų. Kaulelių, esančių vidurinėje žmogaus ausyje, neturi joks kitas gyvūnas: žinduoliai turi tris klausos kaulelius, ropliai ir varliagyviai – tik po vieną. Žuvys išvis jų neturi. Iš kurgi tuomet atsirado mūsų klausos kauleliai?

Štai keletas anatomijos faktų: priminsiu, kad šie 3 klausos kauleliai vadinami plaktuku, priekalu ir kilpele. Kaip jau esame minėję, jie išsivystė iš žiaunų lankų: kilpelė – iš pirmojo, o plaktukas ir priekalas – iš antrojo. Štai nuo čia ir prasideda mūsų pasakojimas.

1837 m. vokiečių anatomas Karlas Raichertas (*Karl Reichert*) tyrinėjo žinduolių ir roplių embrionus, siekdamas išsiaiškinti, kaip formuojasi kaukolė. Jis tyrinėjo įvairių rūšių gyvūnų žiaunų lankų evoliuciją, kad suprastų, kur yra jų atitikmenys visokių gyvūnų kaukolėse.

Ilgalaikių tyrimų rezultatu tapo gan keista išvada: du iš trijų žinduolių klausos kaulelių atitiko roplio žandikaulio fragmentus. Mokslininkas negalėjo patikėti, ką matė. Rašydamas monografiją apie šį atradimą, net nemėgino slėpti jaudulio. Ten, kur lygina klausos kaulelius su žandikaulio sandara, orus ir sausas XIX a. anatominių aprašymų stilius virsta jausmingu, rodančiu, kaip šis atradimas K. Raichertą sukrėtė.

Išvada neišvengiama: tas pats žiaunų lankas, kuris sudaro dalį roplių žandikaulio, atitinka žinduolių klausos kaulelius. K. Raichertas pateikė tezę, kuria pats vos galėjo patikėti: žinduolių ausį sudarančios dalys atitinka roplių žandikaulius sudarančias dalis. Padėtį dar labiau sunkina suvokimas, kad šią išvadą jis padarė gerokai anksčiau, nei Č. Darvinas pristatė savo tezę apie „gyvybės medį“. Kaip traktuoti faktą, kad dviejų skirtingų gyvūnų grupių struktūros yra „tapačios“, neturint jokio supratimo apie evoliuciją?

Gerokai vėliau, 1910–1912 m., vokiečių anatomas Ernestas Gaupas (*Ernst Gaupp*) tęsė K. Raicherto pradėtą darbą ir paskelbė išsamų traktatą apie žinduolių klausos organų embriologiją. Jis pateikė daugiau smulkios informacijos ir K. Raicherto darbą galėjo traktuoti evoliucijos mokslo požiūriu – buvo jau kiti laikai.

Štai kokia E. Gaupo išvada: vidurinėje ausyje esantys 3 klausos kauleliai įrodo, kad yra glaudus roplių ir žinduolių ryšys. Vienintelis roplio vidurinės ausies kaulelis atitinka žinduolių vidurinės ausies kilpelę – abiejų gyvūnų klasių klausos kilpelės išsivystė iš antrojo žiaunų lanko.

Tačiau labiausiai glumino tai, kad du kiti žinduolių vidurinės ausies kauliukai – plaktukas ir priekalas – išsivystė iš kaulelių, esančių roplių žandikaulio užpakalinėje dalyje. Jeigu tai tiesa, tuomet turi būti ir fosilinių gyvūnų liekanų, rodančių, kaip šie kauleliai persikėlė iš žandikaulio į vidurinę ausį vykstant

žinduolių atsiradimui. Tačiau E. Gaupas tyrinėjo tik dabartinius gyvūnus ir nebuvo pasirengęs tinkamai įvertinti fosilijų, galėjusių gerokai sutvirtinti jo teorijos pamatus.

XIX a. penktojo dešimtmečio pradžioje Pietų Afrikos Respublikoje ir Rusijoje buvo aptikta iki tol nežinotos gyvūnų grupės fosilijų – gana daug puikiai išsilaikiusių iškasenų – sveikų, savo dydžiu prilygstančių šuniui, gyvūnų griaučių. Daugelį jų egzempliorių paleontologai išsiuntė į Londoną R. Ovenui juos identifikuoti ir nuodugniai ištirti.

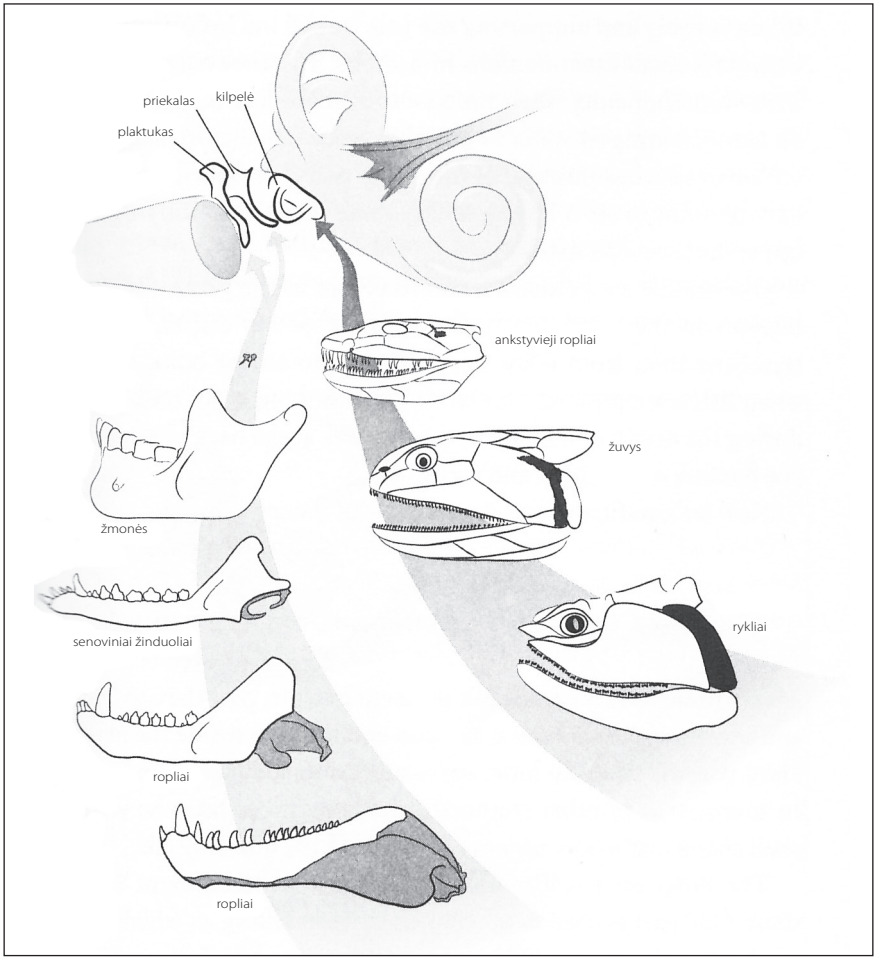
Jis aptiko gluminantį įvairiems gyvūnams būdingų požymių kratinį. Vienos jų griaučių dalys būdingos ropliams, kitos, ypač dantys, priminė žinduolių griaučių dalis. Ir tai nebuvo atsitiktinės pavienės liekanos. Daugelyje radimviečių šie į žinduolius panašių roplių griaučiai – kone dažniausiai pasitaikantys radiniai. Šių fosilijų buvo ne tik daug, bet ir gana įvairių.

Praėjus daugeliui metų po R. Oveno tyrimų, tokių į žinduolius panašių roplių aptikta ir kitose pasaulio dalyse keliuose skirtinguose uolienų sluoksniuose, atitinkančiuose įvairius Žemės istorijos laikotarpius. Šios iškasenos paleontologiniame metraštyje sudarė puikią tarpinę gyvūnų grandį, siejančią roplius su žinduoliais.

Iki 1913 m. embriologai ir paleontologai darbavosi atskirai. Būtent tais metais JAV paleontologas V. K. Gregoris (*W. K. Gregory*), Amerikos gamtos istorijos muziejaus darbuotojas, pastebėjo tvirtą ryšį, siejantį E. Gaupo tirtus embrionus su Afrikoje aptiktomis fosilijomis. Pats „ropliškiausias“ iš visų atrastų į žinduolius panašių roplių vidurinėje ausyje turėjo tik vieną kaulelį, o jo žandikaulis buvo sudarytas iš kelių kaulelių.

Tolydžio pereidamas prie vis artimesnių žinduoliams roplių, tyrėjas aptiko šį tą nepaprasto – kažką, kas tikrai būtų pribloškę K. Raichertą, jeigu šis tik būtų buvęs gyvas: nepertraukiama formų seka neabejotinai rodė, kad, bėgant laikui, roplių žandikaulio užpakalinės dalies kauleliai, tolydžio mažėdami, keitė savo padėtį, kol galiausiai atsidūrė vidurinėje žinduolių ausyje. Plaktukas ir priekalas iš tikrųjų išsivystė iš žandikaulio kaulų! Tai, ką K. Raichertas ir V. K. Gaupas aptiko embrionuose, nuo seniausių laikų glūdėjo fosilijose ir tik laukė, kol išmuš jų atradimo valanda.

Kodėl žinduoliams prireikė vidurinėje ausyje turėti tris klausos kaulelius? Turėdami šią svirtinių trijų kaulelių sistemą, žinduoliai gali geriau išgirsti



GALIME SUSIETI ŽMOGAUS KLAUSOS KAULELIŲ KILMĘ SU PIRMUOJU IR ANTRUOJU ŽIAUNŲ LANKU. DEŠINĖJE PARODYTAS ŽUVŲ VIRSMAS VARLIAGYVIAIS, KAIRĖJE – ROPLIŲ VIRSMAS ŽINDUOLIAIS.

aukštesnio dažnio garsus, nei gyvūnai, turintys tik vieną vidurinės ausies kaulelį. Žinduolių kilmę lydėjo ne tik sąkandžio atsiradimas (apie tai kalbėjome 4 skyriuje), bet ir jautresnės klausos formavimasis. Iš tikrųjų šiuos pokyčius nulėmė ne naujų kaulų atsiradimas, o jau esančių pritaikymas naujoms funkcijoms. Kaulai, kurių pirminė paskirtis – padėti ropliams sugriebti grobį, dabar padeda žinduoliams geriau girdėti.

Štai kokia plaktuko ir priekalo kilmės istorija. Tačiau iš kur atsirado kilpelė?

Jeigu nupieščiau suaugusio žmogaus ir ryklio sandaros schemą, niekada neatspėtumėte, kad šis mažytis žmogaus vidurinės ausies kaulelis atitinka didįjį kremzlinį ryklio viršutinio žandikaulio stipiną. Tačiau, tyrinėdami žmogaus ir ryklio vystymąsi, įsitikiname, kad tai vienas ir tas pats.

Kilpelė – pakitusio antrojo žiaunų lanko darinys, atitinkantis ryklio hioidinio lanko viršutinį segmentą (*hyomandibulare*). Tačiau tai – ne vidurinės ausies kaulelis, nes rykliai ausų neturi. Šis vandenyje gyvenančių giminaičių kaulas – tai didelis stipinas, viršutinį žandikaulį jungiantis su smegenine. Nepaisant akivaizdaus šių kaulų formos ir funkcijų nevienodumo, juos jungia ne tik bendra kilmė, bet ir tai, kad juos inervuoja tie patys nervai.

Pagrindinis nervas, užtikrinantis abiejų kaulų funkcionavimą, yra antrojo žiaunų lanko nervas, kitaip dar vadinamas veidiniu. Taigi, turime atvejį, kai dvi visiškai skirtingos griaučių dalys turi vieną kilmės šaltinį ir inervacijos modelį. Kaip tai galima paaiškinti?

Čia vėl pravartu pažvelgti į fosilijas. Jeigu ištirsime hioidinio lanko viršutinio segmento raidą nuo kremzlinių žuvų (pavyzdžiui, ryklių) iki tiktaaliko ir eisime dar toliau iki varliagyvių, pamatysime, kad jis vis mažėja, kol galiausiai atsiskiria nuo viršutinio žandikaulio ir tampa klausos organo dalimi. Kartu pakeičiamas ir šios griaučių dalies pavadinimas: kai jis yra didelis ir veikia kaip žandikaulio atrama, vadinamas hioidinio lanko viršutiniu segmentu, o kai mažas ir dalyvauja klausos organo veikloje – kilpele.

Hioidinio lanko viršutinis segmentas kilpele virto tuomet, kai žuvys išlipo į sausumą. Vandenyje reikalingi visai kitokie klausos organai nei sausumoje. Kilpelės dydis ir padėtis gerai tinka fiksuoti oru sklindančius virpesius. Ši griaučių dalis ir naujas gebėjimas atsirado kintant viršutiniam žuvies žandikauliui.

Mūsų vidurinėje ausyje matyti dviejų pačių svarbiausių gyvybės istorijos pokyčių pėdsakai. Žandikaulį laikančio hioidinio lanko viršutinio segmento virsmas klausos organu – kilpele – prasidėjo žuviai išlipus į sausumą. Kitas svarbus įvykis – užpakalinės roplių žandikaulių dalies kaulų virsmas plaktuku ir priekalu, kai iš šių gyvūnų pradėjo formuotis pirmieji žinduoliai.

O dabar pažvelkime į ausies gilumą – vidinę ausį.

VIDINĖ AUSIS – DREBUČIŲ JUDĖJIMAS IR PLAUKELIŲ VIRPĖJIMAS

Įsivaizduokite, kad pro ausies landą įlindote į jos vidų, prasiskverbėte pro būgnelio membraną, praėjote pro tris vidurinės ausies klausos kaulelius ir atsidūrėte giliai kaukolės viduje. Tai vidinė ausis, kurią sudaro į drebučius panašia medžiaga užpildyti vamzdeliai ir ertmės. Žmonių, kaip ir kitų žinduolių, ši klausos organo dalis primena spirališkai suraitytą sraigę. Tokia būdinga forma iš karto pastebima preparuojant kūnus anatomijos laboratorijoje.

Vidinės ausies dalys atlieka skirtingas funkcijas. Viena iš jų yra skirta klausai, kita praneša, kiek palenkta galva, trečia leidžia justi, kaip greitėja ir kaip lėtėja galvos judėjimas. Vykdydama šias funkcijas, vidinė ausis veikia labai panašiu būdu.

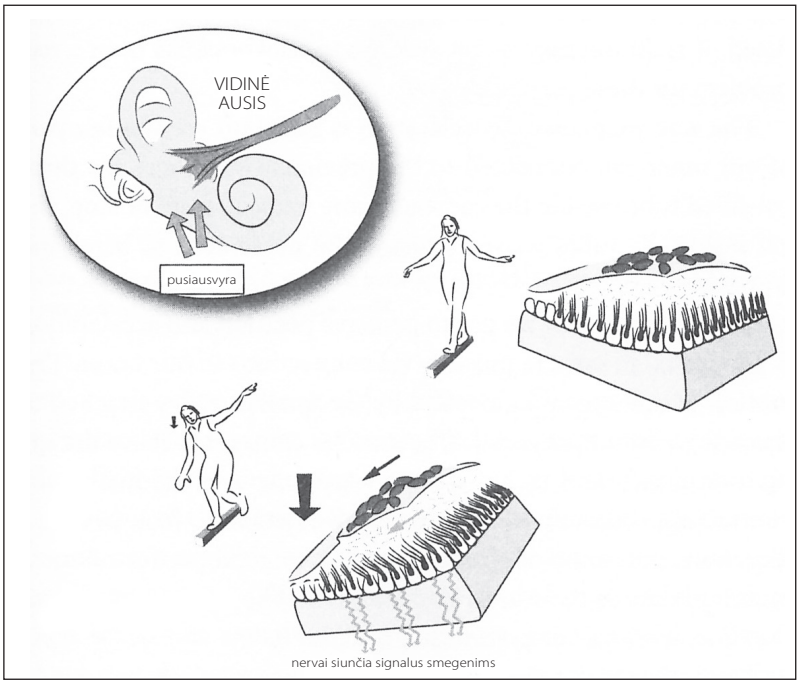
Kelios vidinės ausies dalys yra užpildytos į drebučius panašia galinčia judėti medžiaga. Specializuotos nervinės ląstelės į šį skystį siunčia plaukelius primenančias iškyšas. Kai drebučiai juda, nervų ląstelių galuose esantys plaukeliai sulinksta. Kai sulinksta, nervų ląstelės į smegenis siunčia elektros impulsus, kuriuos jos registruoja kaip garsą, galvos padėties ir judėjimo greičio pokyčius.

Norėdami įsivaizduoti, kaip veikia struktūra, leidžianti justi galvos padėtį erdvėje, įsivaizduokite sniego gaublį su viduje esančia Laisvės statula. Sniego gaubliai būna pagaminti iš plastiko ir pripildyti klampaus skysčio. Jį supurčius, skystis ima judėti, ir gaublyje pradeda judėti baltos plastikinės dalelės, tarsi būtų kilusi sniego pūga.

Dabar pamėginkite įsivaizduoti sniego gaublį, pagamintą ne iš kietos, o iš elastingos medžiagos. Staigiai pakreipus, skystis ims judėti, o kai nurims, „snaigės“ nusės ne dugne, o šone. Būtent tai, tik kur kas mažesniu mastu, vyksta vidinėje ausyje, kai palenkiame galvą.

Vidinėje ausyje yra ertmė, pripildyta drebučius primenančio skysčio, į kurios vidų išeina nervų galūnės. Šios medžiagos judėjimas ir leidžia justi, kokioje padėtyje yra galva: kai ji palinksta, skystis pajuda į atitinkamą pusę, ir į smegenis perduodami impulsai.

Šiai sistemai papildomo jautrumo teikia mažyčiai į akmenėlius panašūs dariniai, gulintys ant ertmę dengiančios membranos. Palenkus galvą, šie dariniai pasislenka ir slegia membraną, dar labiau išjudindami drebučius. Tai tik padi-



PALENKUS GALVĄ, VIDINĖJE AUSYJE PAJUDA MAŽYČIAI AKMENĖLIAI, GULINTYS ANT SKYSČIO PRIPILDYTŲ MAIŠELIŲ. JUDĖDAMI JIE SULENKIA NERVŲ GALŪNES MAIŠELIŲ VIDUJE IR ŠIOS SIUNČIA Į SMEGENIS IMPULSUS, KAD GALVA PAKRYPUSI.

dina sistemos jautrumą ir leidžia pajusti netgi labai mažus galvos padėties pokyčius. Tereikia pakreipti galvą, ir kaukolės viduje pajudės mažyčiai akmenukai.

Galite įsivaizduoti, kaip sunku gyventi kosmose. Mūsų jutimų organai nustatyti taip, kad funkcionuotų, nuolat veikiami Žemės traukos. Jie nepritaikyti veikti kosminėse kapsulėse, kur vyrauja nesvarumas. Veikiant nesvarumui, gali pasidaryti bloga, nes akys neleidžia atskirti viršaus nuo apačios, o vidinės ausies organų veikla visiškai sutrinka. Štai kodėl ilgai dirbantys kosminėse stotyse suserga kosmoso liga.

Suvokti greitėjimą padeda dar viena vidinės ausies dalis, glaudžiai susijusi su kitomis dviem. Ausies viduje yra trys vamzdeliai, taip pat pripildyti medžiagos, primenančios drebučius. Kaskart, kai imame judėti greičiau arba lėčiau, vamzdelių skystis juda, palenkdamas nervų ląsteles ir sukeldamas į smegenis perduodamus impulsus.

Padėties ir judėjimo greičio pokyčių suvokimo sistema yra susieta su akių raumenimis. Akių judėjimą valdo aštuoni smulkūs raumenys, prisitvirtinę prie akies obuolio išorinių sienelių. Traukdamiesi judina akis į viršų, žemyn, į kairę ir į dešinę. Akis galime judinti sąmoningai: šiuos raumenis sutraukti, kai norime nukreipti žvilgsnį tam tikra kryptimi, tačiau pačios nuostabiausios šių raumenų savybės yra susijusios su nevalingu jų veikimu. Jie visada judina akis – net ir tuomet, kai apie tai net negalvojame.

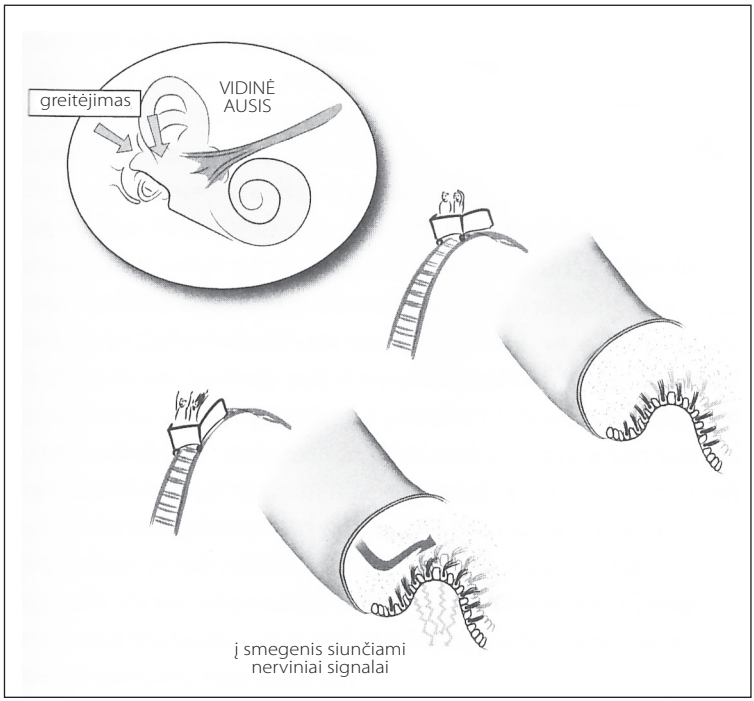
Norėdami teisingai įvertinti šios akies ir jos raumenų sąsajos jautrumą, palenkite galvą į vieną ar į kitą pusę, neatitraukdami žvilgsnio nuo knygos. Judindami galvą, įdėmiai žiūrėkite į vieną tašką.

Kas nutiko? Galva juda, o žvilgsnis lieka tame pačiame taške. Šie judesiai tokie įprasti, kad suvokiame kaip savaime suprantamą dalyką, tačiau iš tikrųjų jie neįtikėtinai sudėtingi. Kiekvienas iš aštuonių abiejų akių raumenų reaguoja į galvos judesius. Galvoje esantys jutikliai, apie kuriuos plačiau papasakosiu kitame skyriuje, nepaliaujamai fiksuoja jos judėjimo kryptį ir greitį. Iš jų signalai perduodami į smegenis, o jos siunčia atsakomuosius signalus į akių raumenis – įsako susitraukti. Pagalvokite apie tai kitą kartą, kai įdėmiai žvelgsite į vieną tašką ir judinsite galvą. Ši sistema gali ir užsikirsti, ir iš to galima daug pasakyti apie bendrą organizmo būklę ir savijautą.

Lengviausiai išsiaiškinsime, kokie ryšiai vidinę ausį sieja su akimis, kai jie pažeidžiami. Vienas plačiausiai paplitusių būdų tai padaryti – išgerti daug svaigalų: kalbame ir krečiame kvailystes, nes etilo alkoholis išlaisvina moralinius saitus. O kai išgeriame gerokai per daug, galva ima suktis. Po linksmų išgertuvių dažnai kamuoja sunkios pagirios: vėl sukasi ir iš skausmo plyšta galva, pykina.

Svaigalų padauginus, į kraują veikiai patenka didelis kiekis etilo alkoholio, tačiau į ausis užpildantį skystį alkoholis plūsteli ne iš karto: iš kraujo į vidinės ausies skystį jis prasiskverbia tik praėjus kuriam laikui.

Alkoholis yra lengvesnis už vidinės ausies užpildą, todėl rezultatas yra panašus į tą, kurį gautume alkoholio įpylę į stiklinę alyvuogių aliejaus. Pilamas alkoholis jame sūkuriuoja. Tas pats vyksta ir vidinėje ausyje. Šie sūkuriai nesaikingo žmogaus organizme kelia sumaištį. Išjudinti jautrių ląstelių plaukeliai siunčia į smegenis impulsus, ir šios mano, kad judame. Tačiau nejudame. Sudribę tysome ant grindų arba knapsome, pasirėmę į barą. Smegenys buvo apgautos.



BĖGANT VIDINĖS AUSIES SKYSTIS TAIP PAT JUDA. ŠIS SKYSČIO TELIŪSKAVIMAS PAVERČIAMAS NERVINIAIS IMPULSAIS IR JIE PERDUODAMI Į SMEGENIS.

Į šią apgavystę įpainiojamas ir regėjimas. Smegenys mano, kad sukamės ratu, ir atitinkamus signalus perduoda akių raumenims. Akys pradeda judėti į vieną pusę (paprastai į dešinę), kai mėginame žvilgsniu sekti judantį objektą. Jeigu pakelsime mirtinai nusitašiusio žmogaus akies voką, pamatysime reguliariai pasikartojančius trūkčiojimus, vadinamąją nistagmą. Šį simptomą puikiai pažįsta policininkai, dažnai tikrinantys vairuotojus, sustabdytus dėl neatidaus vairavimo.

Sergančio pagiriomis organizmo reakcija kiek kitokia. Rytojaus dieną kepenys jau būna pašalinusios alkoholį iš kraujo. Jos darbuojasi per sparčiai, nes vidinės ausies ertmėse ir vamzdeliuose vis dar galima aptikti alkoholio. Čia užsilikęs jis vėl grįžta į kraujotaką, ir, kai tai įvyksta, klampi vidinės ausies medžiaga sujudinama dar kartą: galva vėl ima suktis. Jeigu pažvelgsime į pagiringo žmogaus akis, tas pačias, į kurias žvelgėme praėjusį vakarą, galbūt pamatysime, kad jos ir vėl trūkčioja, tačiau jau kita kryptimi.

Už tai turime dėkoti tolimoms giminaitėms – žuvims. Jeigu kada nors gaudėte upėtakius, tikriausiai susidūrėte su organu, iš kurio veikiausiai išsivystė vidinė mūsų ausis.

Įgudę žvejai žino, kad upėtakiai laikosi tik tam tikruose upės ruožuose – dažniausiai ten, kur gali nesunkiai susimedžioti maisto ir išvengti plėšrūnų. Beveik išimtinai tai medžių paūksmėje esančios upės vietos, kur teka sūkuringa srovė. Stambūs upėtakiai mėgsta slėptis už didelių akmenų ir išvartų. Upėtakiai, kaip ir visos žuvys, turi mechanizmą, leidžiantį justi supančio vandens judėjimo greitį ir kryptį, kuris daugeliu atžvilgių panašus į mūsų lytėjimo organus.

Žuvies odoje ir kauluose yra mažyčiai organai su jutimo receptoriais. Šie organai driekiasi linijomis per visą kūną nuo pat uodegos iki galvos. Jie yra susitelkę į mažus pluoštelius, iš kurių išeina mažytės plaukelių pavidalo išaugos, uždengtos gaubtu, kurio vidus pripildytas klampaus skysčio. Tokie juntamieji gūbreliai vadinami nerviniais gumburėliais.

Čia vėl pravartu prisiminti sniego gaublį su Laisvės statula. Nervinis gumburėlis, arba juntamasis gūbrelis, taip pat primena mažytį sniego gaublį, tik jo viduje ne plastikinės snaigės, o jautrios nervinės galūnėlės. Vanduo, tekėdamas apie žuvies kūną, deformuoja juntamuosius gūbrelius ir priverčia judėti jų viduje esantį klampų skystį, palenkiantį plaukelių pavidalo nervų ląstelių išaugas. Tada šis jutimo aparatas, panašiai kaip ir mūsų klausos sistema, siunčia signalus atgal į smegenis, ir žuvis gali justi, kaip juda ją supantis vanduo.

Žuvys gali justi, kuria kryptimi teka vanduo, o kai kurie rykliai gali netgi pajusti nedidelius vandens sūkurius, kuriuos, pavyzdžiui, sukelia pro šalį plaukiančios žuvys. Mes naudojomės viena šios sistemos versijų, kai, judindami galvą, įdėmiai žvelgėme į vieną tašką, ir, pažvelgę į visiškai girto žmogaus akis, matėme, kaip sutrinka jos veikla. Jeigu bendrų žmogaus, ryklio ir upėtakio protėvių nerviniuose gumburėliuose būtų buvusi kokia nors kita klampi medžiaga, tarkime, kuri nesūkuriuoja, kai į ją patenka alkoholio, įkaušus niekada nesvaigtų galva.

Gali būti, kad žmogaus vidinė ausis ir nerviniai žuvies gumburėliai tėra to paties darinio variantai. Abu organai išsirutuliojo iš to paties audinio, ir vidinė jų sandara yra labai panaši. Tačiau kas atsirado pirma: žuvies kūno šonuose

linijomis išsidėstę nerviniai gumburėliai ar vidinė ausis? Į šį klausimą tiesaus atsakymo neturime.

Kai kurių maždaug prieš 500 mln. m. gyvenusių gyvūnų su galvomis fosilijų išoriniuose šarvuose yra duobutės, verčiančios manyti, kad šie organizmai jau turėjo nervinius gumburėlius. Deja, nieko nežinome apie šių iškastinių gyvūnų vidines ausis, nes neturime fosilijų su tinkamai išsilaikiusia šia galvos dalimi.

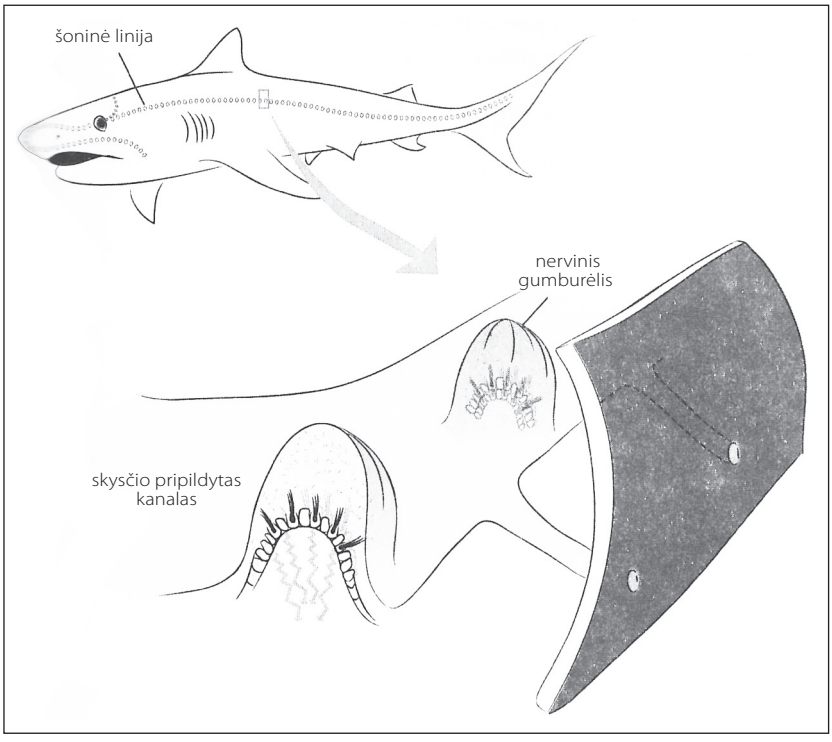
Kol nesurinksime svarių įrodymų, turėsime vienintelę alternatyvą: vidinė ausis išsivystė iš nervinių gumburėlių, arba, atvirkščiai, nerviniai gumburėliai išsivystė iš vidinės ausies. Abu šie atvejai iš esmės atspindi principą, kurio apraiškas jau matėme kituose organuose. Bet kuris organas dažniausiai atsiranda atlikti kokią nors pavienę funkciją, tačiau vėliau gali persitvarkyti ir prisiimti naujų.

Vidinė ausis yra gerokai sudėtingesnė, nei žuvies jutimo organai. Kaip ir kitų žinduolių, leidžianti girdėti vidinės ausies dalis yra didžiulė ir panaši į vynuoginę sraigę. Primityvesni gyvūnai – varliagyviai ir ropliai – turi paprastą nesusivijusią į spiralę vidinę ausį. Akivaizdu, kad tolimi mūsų protėviai – senoviniai žinduoliai – įgijo naują, kur kas veiksmingesnį klausos organą.

Tas pats pasakytina ir apie organus, suvokiančius greitėjimą. Vidinėje ausyje yra trys greitėjimą fiksuojantys vamzdeliai (pusratiniai kanalai), padedantys orientuotis trimatėje erdvėje. Seniausio žinomo stuburinio, turinčio tokius kanalus, panašaus į apskritažiomenio miksiną, kiekvienoje ausyje buvo tik po vieną kanalą. Vėlesni primityvūs gyvūnai tokių kanalų jau turėjo po du. Galiausiai dauguma dabartinių žuvų ir kitų stuburinių turi po tris pusratinius kanalus kaip ir žmogus.

Kaip įsitikinome, vidinė ausis turi ilgą istoriją, prasidėjusią nuo pačių pirmųjų žuvų. Įdomu, kad neuronai, kurių galiukai yra panirę į ausyse tyvuliuojančią klampią medžiagą, yra dar senesni už pačią vidinę ausį.

Šie neuronai, vadinamosios plaukuotosios ląstelės, turi ypatingų, kitiems neuronams nebūdingų požymių. Šie neuronai su mažytėmis plauko pavidalo išaugomis, susidedančiomis iš vieno ilgo „plauko“ ir keleto trumpesnių plaukelių, vidinėje žmogaus ausyje ir nerviniuose žuvies gumburėliuose yra išdėstyti griežta tvarka.



VIENOS IŠ MŪSŲ VIDINĖS AUSIES DALIŲ PRIMITYVŲ VARIANTĄ GALIMA APTIKTI PO ŽUVIES ODA. MAŽYČIAI JUNTAMIEJI GŪBRELIAI, ARBA NERVINIAI GUMBURĖLIAI, YRA IŠSIDĖSTĘ LINIJOMIS KŪNO ŠONUOSE IR GALVOS PAVIRŠIUJE. APIE ŽUVĮ TEKANČIO VANDENS SROVĖ ŠIUOS JUNTAMUOSIUS GŪBRELIUS DEFORMUOJA, IR JIE PERDUODA Į SMEGENIS INFORMACIJĄ APIE APLINKOS POKYČIUS.

Pastaruoju metu buvo ieškoma panašių ląstelių kituose gyvūnuose ir jas pavyko aptikti ne tik organizmuose, neturinčiuose tokių išsivysčiusių klausos organų, kaip mūsų, bet netgi ir neturinčiuose galvos. Šias ląsteles turi net ieškmučiai, apie kuriuos kalbėjome 5 skyriuje. Šie organizmai neturi nei ausų, nei akių, nei kaukolės. Vadinasi, plaukuotosios ląstelės atsirado gerokai anksčiau iki atsirandant mūsų jutimo organams, ir iš pradžių jos atliko visiškai kitas funkcijas.

Žinoma, visa tai yra užrašyta mūsų genuose. Jeigu žmogaus ar pelės organizme įvyksta mutacija, nuslopinanti *Pax 2* geną, vidinė ausis formuojasi netinkamai. *Pax 2* veikia ausies srityje ir, atrodo, jis pradeda grandininę genų

veiklos reakciją, kuri ir nulemia vidinės ausies susiformavimą. Primityvesniuose gyvūnuose *Pax 2* veikia galvoje ir – tik pamanykite! – nerviniuose gumburėliuose. Tai, kad girtuokliams sukasi galva, ir kad žuvys jaučia vandens judėjimą, lemia tie patys genai ir patvirtina, kad šie pojūčiai yra bendri.

MEDŪZOS IR AKIŲ BEI AUSŲ KILMĖ

Kaip ir su akių vystymusi susijęs *Pax 6* genas, kurį aptarėme anksčiau, *Pax 2* – tai vienas svarbiausių genų, susijusių su ausų vystymusi. Įdomu, kad šie genai yra gana panašūs vienas į kitą; vadinasi, akis ir ausis gali sieti labai sena bendra jų kilmės istorija.

Čia pravartu prisiminti kubomedūzas (*Cubozoa*). Jos puikiai žinomos plaukikams Australijoje, nes labai nuodingos. Nuo daugumos medūzų jos skiriasi tuo, kad turi akis – jų gali būti net per dvidešimt. Dauguma jų – paprasčiausios duobutės, išsibarsčiusios po medūzos epidermį. Tačiau keletas ant medūzos kūno esančių akių yra nepaprastai panašios į žmogaus akis: jos turi kažką panašaus į rageną ir lęšiuką, netgi jų inervacija panaši į mūsų.

Medūzos neturi nei *Pax 6,* nei *Pax 2* geno: jie atsirado kur kas vėliau nei medūzos. Tačiau kubomedūzų genai atskleidžia šį tą išties nuostabaus. Medūzų akių formavimąsi valdo ne *Pax 6* ar *Pax 2*, o tam tikras *abiejų šių genų derinys.* Kitaip tariant, šis genas atrodo kaip primityvus kitų gyvūnų *Pax 6* ir *Pax 2* genų variantas.

Pagrindiniai genai, reguliuojantys mūsų akių ir ausų vystymąsi, atitinka pavienį primityvesnių organizmų (pavyzdžiui, medūzų) geną. Tikriausiai paklausite: „Na ir kas?“ O tas, kad senovinis ausies ir akies genų ryšys padeda suprasti, su kuo susiduria daugelis dabartinių gydytojų: daugelis įgimtų žmogaus defektų turi įtakos *abiems* šiems organams – akims ir vidinei ausiai. Tai rodo glaudų mūsų ryšį su primityviais organizmais, tarkime, su nuodingomis kubomedūzomis.

VIENUOLIKTAS SKYRIUS

KĄ VISA TAI REIŠKIA?

ZOOLOGIJOS SODAS TAVYJE

Į mokslo pasaulį pasinėriau XX a. devintojo dešimtmečio pradžioje, kai, dar studijuodamas koledže, įsidarbinau savanoriu Amerikos gamtos istorijos muziejuje Niujorke. Tai buvo ne tik puiki galimybė susipažinti su vienomis turtingiausių pasaulyje kolekcijų, esančiomis šio muziejaus saugyklose. Taip pat galėjau dalyvauti čia kas savaitę rengiamuose vienuose pačių triukšmingiausių ir įsimintiniausių seminarų.

Kiekvieną savaitę šiuose seminaruose dalyvaudavo specialistai: pristatydavo savo vykdomus tyrimus, žinomus tik siauram išrinktųjų ratui. Po kiekvieno pasisakymo – dažnai gana blankaus – klausytojai pristatymą puldavo narstyti po kaulelį. Jie būdavo negailestingi. Kartais visas renginys tapdavo panašus į triukšmingą vakarėlį, o vakaro svečias – į ant iešmo pamautą riebų kepsnį. Šių diskusijų dalyviai dažnai imdavo šaukti, trypti kojomis ir mojuoti kumščiais, o jų mimikos ir gestai nebūtų padarę gėdos jokiam klasikiniam nebyliojo kino epochos filmui.

Ir visa tai vykdavo mokslo šventovėje per sistematikai skirtus seminarus. Veikiausiai žinote, kad sistematika – tai mokslas, nagrinėjantis augalų ir gyvūnų klasifikacijos principus, metodus, taisykles, apie kurias mokėmės per biologijos pamokas. Sunku įsivaizduoti kitą temą, kuri būtų mažiau susijusi su kasdieniu gyvenimu, ir dar sunkiau įsivaizduoti, kaip dėl jos garsūs mokslininkai tiesiog pakvaišta ir praranda orumą. Pašalinis stebėtojas veikiausiai neišlaikęs pasakytų: „Pakaks pliurpti, eikite dirbti!“

Juokingiausia, kad dabar suprantu šio pamišimo priežastis. Tuo metu dar nesugebėjau to tinkamai įvertinti, tačiau jie svarstė vieną pačių svarbiausių biologijos koncepcijų. Galbūt ji ir neatrodo stulbinanti, tačiau, remdamiesi ja, lyginame skirtingas būtybes – žmogų su žuvimi, žuvį su kirmėle ar bet ką kitą su bet kuo kitu.

Ši koncepcija padėjo sukurti metodus, kuriuos taikydami, galime ištirti mūsų giminystės ryšius, surasti nusikaltėlius pagal DNR pėdsakus, suprasti, kaip veikia žmogaus imunodeficito virusas (ŽIV), stebėti, kaip plinta po pasaulį gripo virusai. Ši koncepcija, apie kurią ketinu dabar papasakoti, sukuria tvirtą loginį mūsų knygoje nagrinėjamos temos pamatą. Užčiuopus jos esmę, galima suprasti, apie ką byloja mumyse glūdinčios žuvys, kirmėlės ir bakterijos.

Visos didžios gamtos dėsnių idėjos suformuluotos, remiantis paprastomis prielaidomis, su kuriomis susiduriame kasdien. Remiantis paprastomis tiesomis, tokios idėjos gali būti taikomos plačiau ir paaiškinti išties didingus reiškinius, pavyzdžiui, žvaigždžių judėjimą dangaus skliautu ar visa griaunantį laiką. Šios dvasios pakylėtas, noriu pasidalyti su jumis vienu gamtos dėsniu, kurio teisingumu abejoti negalima. Šis dėsnis yra toks paprastas, jog daugelis mūsų jį laiko savaime suprantamu dalyku. Tačiau jis yra pradinis beveik visų mūsų veiksmų taškas, to, ką darome, užsiimdami paleontologija, evoliucine biologija ir genetika.

Esmė šio „visa apimančio“ biologijos dėsnio ta, kad kiekviena gyva mūsų planetos būtybė turi tėvus.

Kiekvienas mūsų pažįstamas asmuo turi biologinius tėvus. Tas pats pasakytina ir apie kiekvieną paukštį, salamandrą ar ryklį. Naujos technologijos, pasitelkusios klonavimą ar kokį nors kitą kada nors atsirasiantį naują metodą, esamą padėtį gali pakeisti, tačiau kol kas šis gamtos dėsnis veikia be trikdžių.

Suformuluokime dar tiksliau: kiekvienos gyvos būtybės atsiradimą lėmė genetinė tėvų informacija. Remdamiesi šia formuluote, galime apibrėžti tėvystės sampratą ir suprasti, kaip veikia biologinis paveldimumo mechanizmas, taip pat ją pritaikyti net tokiems organizmams, kaip bakterijos, kurios dauginasi visai ne taip, kaip mes.

Plačios šio dėsnio pritaikymo galimybės ir nulemia jo galią. Štai kur visa jo didybė: visi esame modifikuoti mūsų tėvų arba genetinės jų informacijos palikuonys. Aš esu savo motinos ir tėvo palikuonis, tačiau nesu su jais tapatus.

Mano tėvai yra modifikuoti savo tėvų palikuonys. Ir taip toliau. Šis paveldimo kintamumo modelis apibrėžia genealoginį mūsų šeimos medį. Ir apibrėžia taip tiksliai, jog genealoginį šeimos medį galime atkurti iš atskirų asmenų kraujo mėginių.

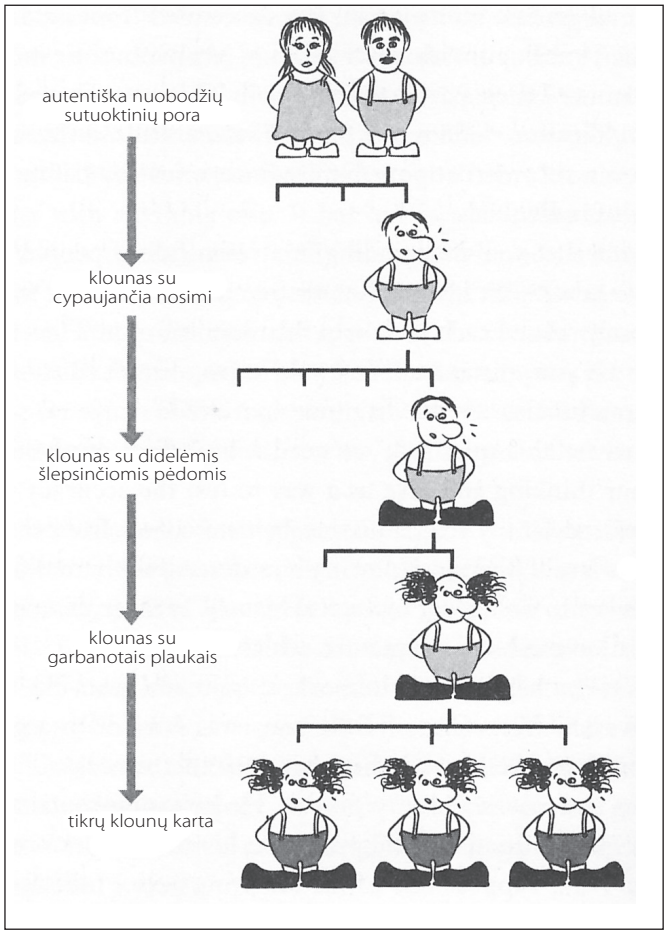
Įsivaizduokite: stovite kambaryje, pilname nepažįstamų žmonių. Jums pavesta paprasta užduotis: nustatyti žmonių ir jūsų giminystės laipsnį. Kaip sužinosite, kas iš jų yra tolimi, kas ypač tolimi giminaičiai, o kas iš jų tik devintas vanduo nuo kisieliaus, nuo kurio jus skiria dešimtys kartų?

Norint atsakyti į šiuos klausimus, būtinas biologinis mechanizmas, kuris padėtų valdyti savo mąstyseną ir leistų tikrinti hipotezes, susijusias su genealoginiu medžiu. Šį mechanizmą galima išvesti iš žinomo biologijos dėsnio. Žinojimas, kaip paveldimas kintamumas keičia mūsų kartas, yra raktas į biologijos istorijos paslaptį, nes kiekvienas kilmės tarpsnis palieka žymę, kurią galime aptikti.

Pamėginkime įsivaizduoti hipotetinę, gana nuobodžią, turinčią vaikų, porą sutuoktinių, visai nepanašių į klounus. Vienas jų sūnų gimė su genetine mutacija, padovanojusia raudoną, garsiai cypaujančią guminę nosį. Šis sūnus suauga ir veda laimingą moterį. Jis perduoda savo mutavusios nosies geną vaikams, ir jie visi gimsta su cypaujančiomis guminėmis raudonomis nosimis. Tarkime, vienas jo sūnų gimė su didžiulėmis, į plaukmenis panašiomis pėdomis. Kai ši mutacija perduodama vėlesnei kartai, visi jo vaikai gimsta panašūs į jį: jie turi cypaujančias raudonas gumines nosis ir milžiniškas, į plaukmenis panašias pėdas.

Paimkime dar vieną naują kartą. Įsivaizduokime, kad vienas šiai kartai priklausančių vaikų, mūsų nuobodžios sutuoktinių poros provaikaitis, paveldi dar vieną mutaciją – garbanotus oranžinius plaukus. Kai ši mutacija perduodama *kitai* kartai, visi tos kartos vaikai turės oranžinius garbanotus plaukus, cypaujančias gumines nosis ir milžiniškas šlepsinčias kojas. Galiausiai visi mūsų hipotetinės nuobodžios sutuoktinių poros proprovaikaičiai atrodys kaip tikri klounai.

Šis nerimtas pavyzdys atskleidžia vieną labai rimtą idėją. Vykstant paveldimam kintamumui, susiformuoja genealoginis šeimos medis, kurio atšakas galima nustatyti pagal jų požymius. Šios atšakos turi tik joms būdingų bruožų. Mūsų hipotetinės šeimos palikuonys suformavo grupes grupėse (panašiai kaip matrioškos), kurias galime atpažinti iš išskirtinių jų bruožų.



KLOUNŲ GENEALOGINIS MEDIS.

„Tikrų klounų“ grupė, kurią sudaro nuobodžios sutuoktinių poros proprovaikaičiai, kilo iš vienintelio individo, turėjusio cypaujančią nosį ir didžiules šlepsinčias pėdas. Šis individas priklauso grupei „protoklounų“, kurie kilo iš individo, turėjusio tik cypaujančią guminę nosį. Šis pirminis „protoklounas“ kilo iš tėvų, kurie buvo visai nepanašūs į klounus.

Ši paveldimo kintamumo schema reiškia, kad jūs patys lengvai galėtumėte nuspėti klounų šeimos genealoginio medžio raidą net ir tuomet, jeigu

nieko apie jį nebūčiau pasakojęs. Būdamas kambaryje, pilname įvairių kartų klounų, suprastumėte, kad visi klounai, turintys cypaujančias nosis, sudaro giminaičių grupę.

Jai priklausys klounų, turinčių cypaujančias nosis ir šlepsinčias pėdas, pogrupis, o jame bus dar vienas pogrupis – tikri klounai su oranžiniais garbanotais plaukais, cypaujančiomis nosimis ir šlepsinčiomis pėdomis. Svarbiausia, kad pagal vyraujančius požymius – oranžinius plaukus, cypaujančias nosis ir dideles šlepsinčias pėdas – galima atpažinti visas šias grupes. Šie požymiai leidžia išskirti įvairias klounų grupes arba – šiuo atveju – jų kartas.

Jeigu šią įsivaizduojamą klounų šeimą pakeisime tikrais organizmais, turinčiais tikrų požymių, kurie atsirado dėl įvairių mutacijų, keitusių jų protėvių kūnų išvaizdą, gausime genealoginį medį, kurio šakas galima identifikuoti pagal biologinius požymius. Jeigu būtent ta kryptimi ir rutuliojasi paveldimas kintamumas, tuomet kiekvienos genealoginių medžių šakos pagrindą sudaro organizmai, turintys tam tikrų pagrindinių požymių.

Ši tiesa yra tokia galinga, kad genealoginius medžius gali padėti atkurti vien iš turimų genetinių duomenų – tuo įtikina daugybės šiuo metu vykdomų genealoginių projektų rezultatai. Žinoma, tikras pasaulis yra kur kas sudėtingesnis nei paprastas hipotetinis pavyzdys.

Atkurti genealoginius medžius dažnai būna sunku, jeigu požymio ir jį sukėlusio geno ryšys yra netiesioginis, arba jeigu požymiai neturi genetinio pagrindo – juos lemia mitybos ar aplinkos sąlygų pokyčiai. Laimei, paveldimas kintamumas gali būti dažnai identifikuojamas, nepaisant šių komplikacijų, panašiai, kaip kad įmanoma pašalinti triukšmą iš priimamų radijo signalų.

Tačiau iš kur išauga genealoginių medžių šakos? Ar klounų šaka prasidėjo iš tos pačios nuobodžios sutuoktinių poros? Ar mano atšaka prasidėjo nuo pirmųjų Šubinų?

Atsakymas gali būti grynai sutartinio pobūdžio. Ar ji prasideda nuo Ukrainos žydų, ar nuo Šiaurės Italijos gyventojų? O kaip dėl pirmųjų žmonių? O gal ji prasidėjo nuo maurais aptrauktos balos prieš 3,8 mlrd. m. ar dar anksčiau? Visi sutiks, kad jų genealogija prasideda nuo tam tikro laikotarpio, tačiau klausimo esmė – kur būtent jos pradžia?

Jeigu mūsų genealogija prasideda nuo maurais aptrauktos balos, ir jeigu tai atitinka biologijos dėsnį, tada galime sutelkti turimus duomenis ir pateikti

tam tikras prognozes. Žemės gyvybė – tai ne atsitiktinis įvairių būtybių sambūris. Visa gyvybė vystosi pagal tam tikrą sistemą, kurios atskiri sandai turi tam tikrų paveldimo kintamumo požymių, labai panašių į klounų šeimos. Geologinio metraščio sandara taip pat neturėtų būti atsitiktinė. Vėlesnių požymių turėtų atsirasti ir gana jaunų uolienų sluoksniuose. Lygiai taip pat, kaip aš atsiradau savo genealoginiame medyje vėliau nei mano senelis, genealoginis visos Žemės gyvybės medis taip pat turi turėti savo paraleles laike.

Kad pamatytume, kaip biologai atkuria mūsų giminystę su kitais gyvūnais, turime palikti įsivaizduojamą cirką ir sugrįžti į zoologijos sodą, kurį aplankėme šios knygos 1 skyriuje.

DAR VIENAS (ILGESNIS) PASIVAIKŠČIOJIMAS PO ZOOLOGIJOS SODĄ

Kaip įsitikinote, žmogaus kūnas nėra sukurptas kaip pakliūva. Čia žodžius „kaip pakliūva“ vartoju ypatinga prasme: omenyje turiu tai, kad žmogaus sandara su kitų Žemėje bėgiojančių, skrajojančių, šliaužiojančių ir plaukiojančių gyvūnų sandara sutampa toli gražu ne atsitiktine tvarka. Tam tikros mūsų sandaros ypatybės suartina su vienais gyvūnais ir atskiria nuo kitų. Visa, kas mus sieja su kitomis gyvomis būtybėmis, paklūsta tam tikrai tvarkai. Turime po dvi ausis, dvi akis, vieną galvą, dvi rankas ir dvi kojas. Nesame dvigalvės būtybės su septyniomis kojomis.

Vaikščiodami po zoologijos sodą, veikiai pamatysime saitus, mus siejančius su kitomis gyvomis būtybėmis. Be to, matome ir tai, kad daugelį gyvūnų galime suskirstyti į grupes lygiai taip pat, kaip suskirstėme klounus. Iš pradžių apžiūrėkime tik tris skirtingus gyvūnus.

Pradėkime nuo baltųjų lokių. Galime sudaryti ilgą žmogaus ir baltojo lokio bendrų bruožų sąrašą: plaukuotumas, pieno liaukos, keturios galūnės, kaklas, dvi akys ir daugybė kitų savybių.

Dabar eikime į skyrių, kur laikomi vėžliai. Panašumų aptiksime gana daug, tačiau sąrašas bus kiek trumpesnis. Vėžliai, kaip ir mes, turi keturias galūnes, kaklą ir porą akių (taip pat dar keletą panašumų). Tačiau, skirtingai nei mes ir baltieji lokiai, vėžliai nėra plaukuoti ir neturi pieno liaukų. Apie šarvus galime pasakyti tiek, kad juos turi tik vėžliai, kaip baltą kailį – tik baltieji lokiai.

Akvariume apžiūrėkime šiltųjų kraštų žuvis. Jos taip pat turi daug mums ir joms būdingų bendrų savybių, tačiau jų sąrašas, palyginti su vėžlių, bus dar trumpesnis. Kaip ir žmogus, žuvis turi porą akių, keturias galūnes, tačiau jos nepanašios į mūsų rankas ar kojas, nes pritaikytos plaukioti. Žuvims neauga plaukai, jos neturi pieno liaukų ir kitų savybių, siejančių žmogų su baltuoju lokiu.

Tai pradeda priminti į matrioškas panašią grupių ir pogrupių sistemą, su kuria jau susidūrėme, nagrinėdami klounų šeimynos pavyzdį. Žuvys, vėžliai, baltieji lokiai ir žmonės turi daug panašių bruožų – galvą, dvi akis, dvi ausis ir kt. Vėžlius, baltuosius lokius ir mus suartina šie bruožai, taip pat kaklas ir panašios galūnės, nebūdingos žuvims. Baltieji lokiai su žmonėmis sudaro dar išskirtinesnę grupę – jos nariai turi ne tik minėtų bruožų, bet ir puikuojasi plaukuotais kūnais bei pieno liaukomis.

Klounų pavyzdys padeda daug ką suprasti, vaikščiojant po zoologijos sodą. Klounų grupėse požymių pasiskirstymas rodė paveldimą kintamumą. Iš to galima daryti išvadą, kad tikri klounai, turėję visus klounams būdingus požymius, kilo iš kur kas artimesnio protėvio, nei tie, kurie turi cypaujančią nosį. Išvada visiškai pagrįsta: vaikų su cypaujančia nosimi tėvas yra visų tikrų klounų proprosenelis.

Tą patį požiūrį taikydami gyvūnų grupėms, kurias išskyrėme vaikščiodami zoologijos sode, galime teigti: žmonės ir baltieji lokiai tikriausiai turi kur kas artimesnį bendrą protėvį, nei žmonės, baltieji lokiai ir vėžliai. Šitai patvirtina ir paleontologiniai radiniai: seniausiųjų žinduolių fosilijų randama kur kas vėlesniuose uolienų sluoksniuose, nei seniausiųjų roplių liekanų.

Svarbiausia dabartinė mūsų užduotis – sužinoti, kaip atrodė genealoginis rūšių medis. Kitaip tariant, išsiaiškinti, kokie bendri biologiniai bruožai sieja skirtingas rūšis. Ištyrę šias sąsajas, galėsime paaiškinti, kokie ryšiai sieja iškastinius gyvūnus (pavyzdžiui, tiktaaliką) su zoologijos sodo, į kurį išėjome pasivaikščioti, įnamiais.

Tiktaalikas – nuostabi tarpinė forma, siejanti žuvis su jų palikuonimis, pradėjusiais gyventi sausumoje, tačiau tikimybė, kad jis yra tiesioginis mūsų giminaitis, labai menka. Veikiausiai – mūsų protėvio giminaitis. Joks sveiko proto paleontologas neims teigti, jog jam pavyko aptikti kieno nors protėvį.

Pagalvokite, kokia tikimybė, kad, vaikštinėdamas po kokias nors atsitiktinai parinktas mūsų planetos kapines, aptiksiu tikro savo protėvio kapą?

Visiškai menka. Vienintelis dalykas, kurį galiu iš tikrųjų aptikti, yra tas, kad visi žmonės, palaidoti bet kuriose kapinėse – nesvarbu, ar tos kapinės Kinijoje, Botsvanoje ar Italijoje – tam tikru laipsniu yra mano giminaičiai. Tai sužinočiau, jų DNR ištyręs daugybe pačių moderniausių priemonių, plačiai naudojamų dabartinėje teismo medicinoje.

Atlikdamas ekspertizę, įsitikinčiau, kad visi šiose kapinėse palaidoti žmonės man yra daugiau ar mažiau gimininingi. Iš tokių duomenų atkurtas genealoginis medis atskleistų vertingos informacijos apie mano ir mano šeimos praeitį. Šiuos duomenis taip pat būtų galima pritaikyti praktiškai, nes jie padėtų išsiaiškinti mano polinkį sirgti kai kuriomis ligomis, kitas biologines mano organizmo ypatybes. Tie patys principai galioja ir aiškinantis skirtingų rūšių giminystės ryšius.

Šio genealoginio medžio galia – kad jis padeda prognozuoti. Svarbiausia, kad nustatytos bendros ypatybės turi derėti su tam tikra struktūra. Vadinasi, nustatę tam tikras ląstelių, DNR ir bet kurių kitų darinių, audinių ir medžiagų savybes, tikimės, kad skirtingų gyvūnų grupėse jos sutaps tiek pat, kaip ir tų grupių, kurias išskyrėme zoologijos sode. Taip pat galime patikrinti, ar grupavimas teisingas, ieškodami bruožų, kurie tokiam grupavimui prieštarauja.

Jeigu aptiksime daug savybių, neatitinkančių mūsų pateiktos schemos, vadinasi, ją sudarėme neteisingai ir turime atmesti. Pavyzdžiui, jeigu aptiktume daugybę žuvims ir žmonėms bendrų savybių, tačiau nebūdingų baltiesiems lokiams, reikštų, kad mūsų schema neteisinga ir turi būti pakeista.

Kai duomenys yra daugiareikšmiai, taikome įvairius statistinius įrankius įvertinti įvairių savybių patikimumą ir pateikti kuo patikimesnį genealoginio medžio variantą. Kai išvados nevienareikšmės, genealoginė schema yra traktuojama kaip darbinė hipotezė tol, kol neaptinkama patikimų faktų, leidžiančių ją priimti arba atmesti.

Kai kurios gyvūnų grupės taip tvirtai buvo pagrįstos įvairiais įrodymais, kad jas traktuojame kaip nepaneigiamą faktą. Sakykime, žuvų, vėžlių, baltųjų lokių ir žmonių grupę sieja šimtų genų savybės ir iš esmės visi šių gyvūnų anatominiai, fiziologiniai ir ląstelių biologijos bruožai.

Mūsų giminystė su žuvimis ir kitais gyvūnais yra taip svariai įrodyta, kad daugiau nebereikia ieškoti naujų duomenų ir ją tikrinti. Tokia patikra būtų panaši į to paties kamuoliuko mėtymą daugybę kartų, kad patvirtintume sun-

kio jėgos egzistavimą. Mūsų giminystė su žuvimis, vėžliais ir baltaisiais lokiais tokia pat aiški, kaip ir šis dėsnis. Tikimybė, kad penkiasdešimt pirmą kartą mestas kamuoliukas skries ne žemyn, o aukštyn, ne ką didesnė, nei tikimybė, kad pavyks aptikti naujų patikimų duomenų, paneigiančių mūsų giminystę su minėtais gyvūnais.

Dabar galime grįžti prie pradinio šios knygos tikslo. Kaip tiksliai atkurti seniai išnykusių gyvūnų ryšius su šiuolaikinių gyvūnų kūnais ir genais? Štai kodėl ieškome požymių, liudijančių paveldimą kintamumą, tikriname surinktų faktų patikimumą ir vertiname, kokiu būdu išskirtos grupės matomos paleontologiniame metraštyje.

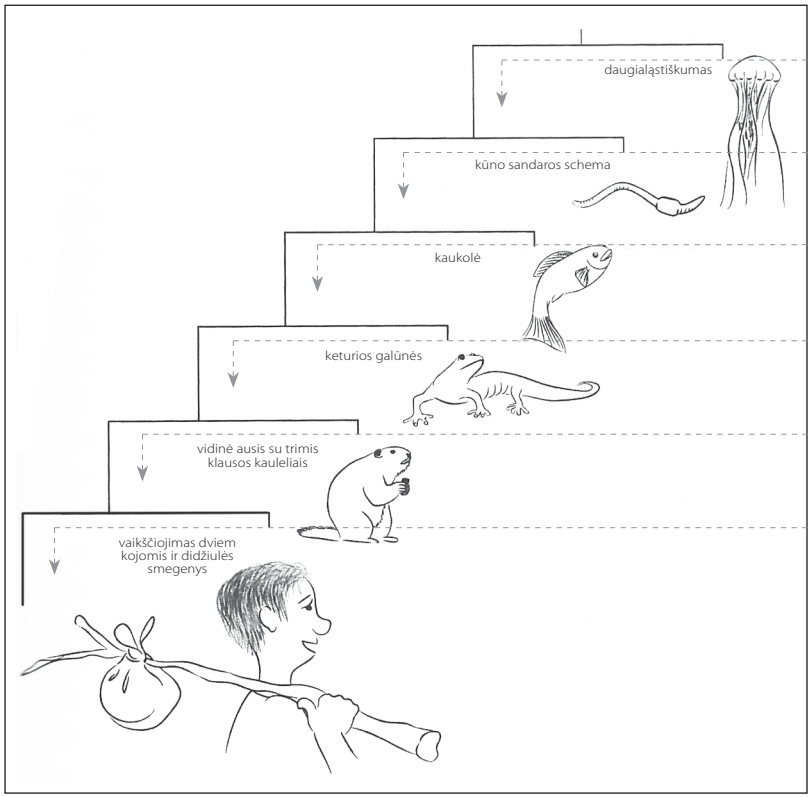
Svarbiausia, kad šiandien turime priemonių, leidžiančių patikrinti mūsų nustatytą gyvų organizmų hierarchiją naudojant kompiuterius ir dideles laboratorijas, kuriose tyrinėjamos nukleotidų sekos gyvūnų DNR. Šie instrumentai padeda tirti gyvų organizmų ryšius tuo pačiu principu, kurį taikėme vaikštinėdami po zoologijos sodą, tačiau kur kas aukštesniu lygmeniu. Be to, šiuo metu aptikome naujų fosilijų radimviečių visame pasaulyje ir savo vietą gamtos pasaulyje galime matyti geriau nei kada nors anksčiau.

Visuose šios knygos skyriuose kalbama apie tai, kad dabartinius ir seniai išnykusius gyvūnus sieja glaudūs ryšiai. Tai pasakytina apie senovines kirmėles, dabartines pintis ir įvairiausių rūšių žuvis. Dabar, turėdami žinių apie paveldimą kintamumą, galime suprasti šių ryšių prasmę. Pakaks pramogauti cirke ir zoologijos sode – metas imtis darbo.

Jau žinome, kad turime ryšių, mus siejančių su ištisu žvėrynu. Kai kurie žmogaus kūno dariniai primena medūzų darinius, kiti – kirmėlių, o dar kiti – žuvų. Tai nėra atsitiktiniai panašumai. Vieni mūsų bruožai būdingi ir kitiems gyvūnams, kiti – būdingi tik mums. Be galo nuostabu įžvelgti tvarką, kuriai paklūsta šie bruožai. Šimtai genų, nesuskaičiuojami anatominės sandaros ir vystymosi bruožai paklūsta tai pačiai logikai, kuriai pakluso aprašyti įsivaizduojami klounai.

Aptarkime kai kuriuos požymius, apie kuriuos jau kalbėjome šioje knygoje, ir išsiaiškinkime, kokiai tvarkai jie paklūsta.

Su kitais mūsų planetos gyvūnais mus sieja *daugialąstis kūnas*. Šią grupę pavadinkime daugialąste gyvybe. Daugialąstiškumas mus sieja su visais organizmais nuo pinčių ir plokščiagyvių iki medūzų ir šimpanzių.



GENEALOGINIS ŽMOGAUS MEDIS, PRADEDANT MEDŪZOMIS. JIS TOKS PAT, KAIP IR GENEALOGINIS KLOUNŲ MEDIS.

Vienas šių daugialąsčių gyvūnų pogrupis turi *tokią pačią kaip ir mūsų kūno sandaros schemą*, kuriai būdingas priekis ir užpakalis, viršus ir apačia, kairė ir dešinė. Sistematikai ją vadina dvišaliais (*Bilateralia*) (abipusiai simetriški gyvūnai). Jai priklauso visi gyvūnai pradedant vabzdžiais ir baigiant žmonėmis.

Dar vienas daugialąsčių gyvūnų pogrupis, kurio atstovai turi tokią pačią kūno sandarą, kaip ir mūsų – priekinę ir užpakalinę dalis, viršų ir apačią, kairę ir dešinę puses, taip pat turi *kaukolę ir stuburą*. Šie organizmai vadinami stuburiniais.

Dar viena gyvūnų, turinčių tokią pačią kaip ir mūsų kūno sandarą – priekį ir užpakalį, viršų ir apačią, kairę ir dešinę, taip pat turinčių kaukolę – grupė

turi taip pat *po dvi poras galūnių*. Šie stuburiniai vadinami keturkojais (gyvūnais su keturiomis galūnėmis).

Dar vienam daugialąsčių pogrupiui priklauso individai, turintys abipusę kūno simetriją, priekį ir užpakalį, viršų ir apačią, kairę ir dešinę, kaukolę ir stuburą, po dvi poras galūnių, turi ir vidurines ausis su *trimis klausos kauleliais*. Ši sausumos stuburinių grupė vadinama žinduoliais.

Ir, galų gale, paskutinis pogrupis vienija daugialąsčius, kurie turi abipusę kūno simetriją, kaukolę ir stuburą, po dvi poras galūnių, vidurinę ausį su trimis klausos kauleliais, *vaikšto dviem kojomis ir turi didžiules smegenis*. Šie žinduoliai vadinami žmonėmis.

Šiam grupavimui galios teikia svarūs faktai, kuriais jis yra pagrįstas. Šią schemą patvirtina šimtai genetinių, embriologinių ir anatominių požymių. Toks suskirstymas įgalina kitaip pažvelgti į save pačius ir į vidinę mūsų sandarą.

Šių gyvūnų grupių tyrinėjimas primena svogūno lupimą, atidengiant vieną istorijos sluoksnį po kito. Iš pradžių matome požymius, žmogų siejančius su kitais žinduoliais. Pažvelgę giliau, aptinkame požymių, mus siejančių su žuvimis. Dar giliau glūdi požymiai, mus siejantys su kirmėlėmis. Ir taip sluoksnis po sluoksnio.

Remdamiesi ta pačia logika, kurią taikėme klounams, atveriame paveldimo kintamumo schemą, išgraviruotą mūsų kūnuose. Ją galima įžvelgti ir geologiniame metraštyje. Seniausia daugialąsčio fosilija yra 600 mln. m. Seniausios gyvūno, turinčio vidurinę ausį su trimis klausos kauleliais, fosilijos amžius nesiekia 200 mln. m. Seniausias dvikojis žinduolis atsirado maždaug prieš 4 mln. m. Kas tai – atsitiktinis sutapimas ar atspindys biologijos dėsnio, kurio veikimą matome visur ir kasdien?

Karlas Saganas (*Carl Sagan*) kartą pasakė, kad žvelgti į žvaigždes – tas pats, kas žiūrėti į praeitį. Mūsų akis pasiekianti žvaigždžių šviesa savo kelionę pradėjo prieš tūkstančius milijonų metų, gerokai prieš pasaulio, kuriame gyvename, atsiradimą.

Man patinka galvoti, kad žiūrėjimas į žmones daugeliu atžvilgių prilygsta žiūrėjimui į žvaigždes. Jeigu žinote, kaip žiūrėti, žmogaus kūnas gali virsti laiko kapsulėmis su laiškais iš praeities, ir, atidarę jas, rasite daug naudingos informacijos apie pačius svarbiausius mūsų planetos istorijos įvykius, apie vandenynų, upių ir miškų gyvybę. Seniai vykę pokyčiai ląsteles įgalino gru-

puotis ir sudaryti daugialąsčius kūnus. Senovinių upių aplinka didžia dalimi nulėmė žmogaus galūnių anatomiją. Mūsų spalvų matymą ir uoslę suformavo gyvenimas senoviniuose miškuose ir lygumose. Šį sąrašą galime tęsti ir tęsti. Ši istorija – mūsų paveldas. Ji veikia mūsų gyvenimą šiandien ir veiks ateityje.

NEMALONŪS ISTORIJOS PADARINIAI

Kartą mano kelis sutino sulig greipfrutu, ir vienas kolega iš Chirurgijos skyriaus, tikrindamas, ar nenutrūkę raiščiai, ar nepatempti, ar nepažeistos sąnario kremzlės, jį ilgai maigė ir lankstė. Apžiūrėję ir padarę magnetinio rezonanso tomografiją, gydytojai pagaliau nustatė, kad trūkęs kelio meniskas – greičiausiai tai dvidešimt penkerius metus trukusio karstymosi su kuprine ant pečių uolomis, rieduliais ir akmenų nuogriuvomis padarinys. Pažeisdami kelio sąnarį, beveik visada pažeidžiame vieną ar netgi visus tris jo darinius: medialinį (vidinį) meniską, vidinį šoninį kelio raištį ar priekinį kryžminį raištį. Šie trys dariniai pažeidžiami taip dažnai, kad gydytojai juokaudami juos vadina nelaimingąja triada.

Tai aiškus įrodymas, kad turėti savyje žuvį ne visada malonu. Žuvys – ne dvikojai.

Už tai, kad tapome žmonėmis, turime mokėti. Privalome sumokėti, kad galime naudotis išskirtiniais bruožais – gebėjimu kalbėti, mąstyti, imti daiktus rankomis ir vaikščioti dviem kojomis. Tai neišvengiama mumyse esančio genealoginio medžio dovana.

Įsivaizduokite: kažkam pavyko perdirbti *Volkswagen Beetle* („vabalą“) taip, kad jis galėtų įsibėgėti iki 150 mylių [240 km] per valandą. 1933 m. Adolfas Hitleris pavedė konstruktoriui Ferdinandui Poršė (*Ferdinand Porsche*) sukonstruoti pigų automobilį: kad važiuotų iki 40 mylių [100 km] per valandą greičiu ir būtų patikima vidutinės vokiečių šeimos transporto priemonė. Taip atsirado legendinis „VW vabalas“.

Ši istorija ir A. Hitlerio iškeltos sąlygos nubrėžia dabarčiai tam tikras šio automobilio modifikavimo ribas. Šiandien jo konstrukcija gali būti keičiama tik iki tam tikrų ribų, kurias peržengus galima sulaukti didelių nemalonumų.

Daugeliu atžvilgių mes, žmonės, esame panašūs į patobulintos konstrukcijos žuvis, tarsi lenktynėms paruoštas „vabalas“. Žuvies sandarą pakeiskime

tiek, kad ji virstų žinduoliu, tada šį žinduolį tolydžio modifikuokime taip, kad galėtų vaikščioti dviem kojomis, kalbėti, mąstyti ir mikliai judinti pirštus – ir neišvengiamai susidursime su daugybe problemų. Perdirbti žuvį, nieko už tai nemokant, galima tik iki tam tikros ribos. Tobulai sukonstruotame, neturinčiame ilgos raidos istorijos pasaulyje mūsų nekankintų nei hemorojus, nei vėžys, nei kitos baisios ligos.

Niekas geriau nerodo žmogaus raidos istorijos, kaip arterijų, nervų ir venų lankstai, išlinkimai, vingiai. Nervai sudaro keistas kilpas apie kitus organus ir iš pradžių eina viena kryptimi, tada įmantriai susipina ir netikėtai atsiranda kitoje vietoje. Jų lankstai ir vingiai – kuo geriausi mūsų praeities padariniai: bet, kaip galėsime įsitikinti vėliau, dažnai prišaukia bėdų, pavyzdžiui, žagsėjimo priepuolius arba išvaržas. Ir tai tik vienas iš daugelio pavyzdžių, rodančių, kaip mus kamuoja praeitis.

Įvairiais laikais mūsų protėviai gyveno jūrose, upeliuose ir savanose, o ne biurų patalpose, slidinėjimo bazėse ar teniso aikštynuose. Nesame prisitaikę gyventi ilgiau nei 80 m., sėdėti po dešimt valandų per dieną, išsidrėbus minkštoje kėdėje, valgyti saldėsius, o juo labiau žaisti futbolą. Šie praeities ir dabarties prieštaravimai reiškia, kad žmogaus kūnas dažnai patiria išbandymų, kuriuos išlaiko toli gražu ne visi.

Ligos yra nulemtos istorinių veiksnių. Toliau mūsų pateikti pavyzdžiai parodys, kaip mūsų genealoginio medžio šakos, atsišakojusios nuo senovinių žmonių, varliagyvių, žuvų ir, galiausiai, nuo mikrobų, tebekamuoja mus iki šiol, nes nebuvome sukurti racionaliai, o esame ilgos ir sudėtingos raidos rezultatas.

MEDŽIOTOJŲ IR RINKĖJŲ PALIKIMAS: NUTUKIMAS, ŠIRDIES LIGOS IR HEMOROJUS

Žuvys, iš kurių kadaise kilome, aktyviai medžiojo jūrose ir upėse. Kiek artimesni protėviai – varliagyviai, ropliai ir žinduoliai – irgi buvo aktyvūs plėšrūnai, medžioję įvairius gyvūnus nuo vabzdžių iki roplių. O dar artimesni protėviai, primatai, taip pat gyveno aktyvų gyvenimą medžiuose, misdami vaisiais ir lapais. Pirmieji žmonės buvo aktyvūs medžiotojai ir rinkėjai, vėliau ėmėsi ūkininkauti.

Ar pastebite bendrumą? Minėtų organizmų gyvenimas apibūdinamas žodžiu „aktyvus“. Nelaimei, dauguma mūsų didžiąją dienos dalį praleidžia toli gražu ne aktyviai. Neseniai vos nepratryniau sėdynės, rinkdamas šios knygos tekstą, o dabar daugelis tą patį darote, ją skaitydami (išskyrus nedaugelį dorybingųjų, kurie skaito, mankštindamiesi gimnastikos salėje). Mūsų kilmės istorija nuo žuvų iki pirmųjų žmonių niekaip nesisieja su dabartiniu mūsų gyvenimo būdu. Ši dabarties ir praeities priešprieša pasireiškia įvairiais negalavimais.

Nuo ko dažniausiai miršta žmonės? Keturios iš dešimties svarbiausių priežasčių – širdies ligos, cukrinis diabetas, nutukimas ir insultas – turi genetinį ir, galimas dalykas, istorinį pagrindą. Daugiausiai bėdų atsiranda dėl to, kad žmogaus kūnas yra pritaikytas gyventi aktyviai, o mes renkamės daržovėms būdingą gyvenseną.

1962 m. antropologas Džeimsas Nilas (*James Neel*) ėmėsi nagrinėti šią problemą, susiedamas su mityba. Jis sukūrė „ekonomiško genotipo“ hipotezę, kuria mėgino pagrįsti mintį, kad mūsų protėviai, pirmieji žmonės, buvo prisitaikę prie gyvensenos, apibrėžtos nuolat besikaitaliojančių pakilimų ir nuosmukių. Šie žmonės, kurių pagrindinis užsiėmimas buvo medžioti ir rinkti maistą, kartkartėmis patirdavo laikino pertekliaus laikotarpius, kai sekdavosi medžioti ir netrūkdavo medžiojamų žvėrių. Tačiau ateidavo nepriteklių metas, kai tekdavo ir ilgėliau pabadauti.

Mokslininkas iškėlė hipotezę, kad toks puotavimo ir badavimo ciklas paliko pėdsaką mūsų genuose ir lėmė daugelį ligų. Jis tvirtino: mūsų protėvių kūnas kaupdavo atsargas, esant pertekliui, būsimajam badmečiui. Tokiomis sąlygomis labai naudinga kaupti riebalus. Iš maisto gaunamą energiją organizmas paskirsto taip, kad dalis jos suvartojama aktyvumui palaikyti dabartiniu metu, o kita dalis yra sukaupiama atsargai, pavyzdžiui, riebaluose, kad būtų galima panaudoti vėliau.

Toks išteklių paskirstymas tinkamas pakilimų ir nuosmukių pasaulyje, tačiau apgailėtinai funkcionuoja aplinkoje, kurioje sotaus maisto galima gauti ištisą parą visus metus. Nutukimas ir su juo susijusios ligos – su senėjimu siejamas cukrinis diabetas, padidėjęs kraujospūdis ir įvairios širdies ligos – tai įprastas šiandienos reiškinys. Ekonomiško genotipo hipotezė taip pat paaiškina, kodėl mėgstame riebų maistą. Kaloringas riebus maistas tolimiems mūsų protėviams suteikdavo daug energijos, kartu ir aiškų pranašumą prieš tuos, kuriems jo trūkdavo.

Sėdimas mūsų gyvenimo būdas taip pat turi įtakos sveikatai, nes kraujo apytakos sistema pritaikyta kur kas aktyvesniems gyvūnams, nei mes.

Širdis varinėja kraują, kuris organus pasiekia per arterijas ir venomis grįžta į širdį. Kadangi arterijos yra arčiau širdies, kraujospūdis jose yra kur kas didesnis nei venose. Tai kliūtis kraujui, iš pėdų turinčiam grįžti į širdį. Iš pėdų venomis jis kyla aukštyn, kitaip tariant, įkalnėn, iki pat krūtinės ląstos, kur yra širdis. Jeigu slėgis venose per žemas, įveikti šį kelią kraujui gali būti per sunku.

Todėl išsivystė dvi savybės, padedančios kraujui kilti į viršų. Visų pirma tai nedideli vožtuvai, praleidžiantys kraują į viršų, tačiau neleidžiantys grįžti žemyn. Kita savybė – kojų raumenys. Vaikštant jie susitraukinėja, ir tai padeda kraujui kilti kojų venomis aukštyn. Vienos krypties vožtuvai ir kojų raumenys, veikiantys kaip siurbliai, kraujui padeda pakilti nuo pėdų iki krūtinės ląstos.

Ši sistema puikiai tinka aktyviems gyvūnams – nuolat vaikščiojantiems, bėgiojantiems ir šokinėjantiems. Tačiau ši nelabai judrių gyvūnų sistema veikia blogai. Jeigu kojos juda per mažai, raumenys nevarinėja kraujo venomis į viršų. Blogai, kai kraujas užsistovi venose, ir nuolatinis vožtuvus veikiantis jo slėgis gali sutrikdyti venų veiklą. Būtent taip ir nutinka, kai kenčiama nuo varikozinio venų išsiplėtimo. Sutrikus vožtuvų veiklai, kraujas telkiasi venose. Jų sienelės yra ištampomos, venos išsipučia, ir po oda susidaro gerai matomų iškilimų.

Neverta nė minėti, kad dėl kojų venų išsiplėtimo atsiranda bėdų ir tiesiojoje žarnoje. Tolimųjų reisų vairuotojai ir kitų sričių specialistai, kuriems tenka be paliovos sėdėti daugybę valandų, yra linkę sirgti hemorojumi – tai dar viena sėdimojo gyvenimo būdo „dovana“. Ilgai sėdint, kraujo priplūsta į tiesiosios žarnos venas. Telkiantis kraujui, venos išsiplečia – tai nemalonus priminimas, kad nesame pritaikyti ilgai sėdėti, ypač ant minkštų paviršių.

PRIMATŲ PALIKIMAS: KALBA – BRANGUS MALONUMAS

Per brangiai sumokėjome už gebėjimą kalbėti: tik dėl to galime netikėtai mirti nuo apnėjos arba užspringę maistu.

Kalbos garsus tariame kalbos padargais. Tai judrus liežuvis, gerklos su balso stygomis ir ryklės užpakalinė dalis. Šie dariniai atsirado truputį pakitus būdingoms kitų žinduolių ir roplių struktūroms. Jau kalbėjome 5 skyriuje,

kad žmogaus gerklos susiformavo iš buvusių žiaunų lankų kremzlių. Užpakalinės gerklės sienelės, einančios nuo krūminių dantų iki srities tiesiai virš gerklų, yra minkštos ir judrios, jos gali užsidaryti ir atsidaryti. Kalbos garsus tariame, judindami liežuvį, keisdami lūpų formą ir sutraukdami raumenis, valdančius šių sienelių stangrumą.

Apnėja – trumpalaikis kvėpavimo sustojimas miegant – potencialiai pavojingas šalutinis gebėjimo kalbėti poveikis. Miegant gerklės raumenys suglemba. Daugeliui žmonių tai nesukelia jokių problemų, tačiau kai kuriems suglebę raumenys užtveria kelią orui į plaučius, ir žmogus trumpam nustoja kvėpuoti. Neabejotina – šis sveikatos sutrikimas yra labai pavojingas, ypač žmonėms, sergantiems širdies ligomis. Gebėjimą kalbėti užtikrinantis raumenų lankstumas gali tapti apnėjos, kurią sukelia kliūtys kvėpavimo takuose, priežastimi.

Dar vienas nemalonus kalbos padargų sukeltas padarinys – pavojus užspringti. Burnos ertmė jungiasi su trachėja – ja kvėpuojame – ir su stemple, kuria maistas pasiekia skrandį. Taigi kvėpuojame, ryjame ir kalbame, naudodami tą pačią ertmę. Kartais šios trys funkcijos viena su kita nesutaria, kai, pavyzdžiui, trachėjoje įstringa kaulelis arba gabaliukas maisto.

ŽUVŲ IR BUOŽGALVIŲ PALIKIMAS: ŽAGSĖJIMAS

Žagsėjimas – nemalonus reiškinys, kurio šaknys siekia bendrą žmonių, žuvų ir buožgalvių istoriją.

Mus gali paguosti nebent tai, kad nuo žagsėjimo priepuolių kenčia ir daugelis kitų žinduolių. Katėms galima dirbtinai sukelti žagsėjimą, elektriniais impulsais dirginant smegenų kamieno audinio mažą lopinėlį. Veikiausiai šioje smegenų srityje ir yra centras, valdantis sudėtingą refleksą, vadinamą žagsėjimu.

Žagsėjimo refleksas – tai nevalingi, stereotipiniai raumenų, susijusių su kūno sienele, diafragma, kaklu ir trachėja, traukuliai. Vieno ar dviejų pagrindinių nervų, valdančių kvėpavimą, spazmai priverčia šiuos raumenis susitraukti. Tai paskatina labai staigų įkvėpimą. Tada, maždaug po 35 milisekundžių, užpakalinėje trachėjos dalyje audinio kloste uždaromas balso plyšys ir užtveriamas kelias į viršutinę kvėpavimo takų dalį. Greitas įkvėpimas, po kurio trumpam užveriamas kvėpavimo takas, sukelia žagtelėjimą.

Blogiausia, kad retai kada žagtelime tik vieną kartą. Jeigu žagsėjimą pavyksta nuslopinti po pirmųjų penkių ar dešimties žagtelėjimų, galime pagrįstai viltis, kad žagsėjimas tuojau neatsinaujins. Jeigu šį momentą praleisite, žagsėti nesiliausite ir nustosite gal tik po kokių šešiasdešimties žagtelėjimų.

Kai kuriems iš mūsų gana greitai žagsėjimo padeda atsikratyti anglies dioksido įkvėpimas (klasikinis būdas – kvėpuoti prisidėjus prie veido popierinį maišelį) ir kūno sienelės ištiesinimas (giliai įkvėpti ir sulaikyti). Tačiau tai padeda ne visiems. Kartais patologiški žagsėjimo priepuoliai trunka itin ilgai. Žinomas atvejis, kai vienas žmogus be perstojo žagsėjo 1922–1990 m. Tai pats ilgiausias užregistruotas žagsėjimo priepuolis.

Polinkis žagsėti – dar viena praeities dovana. Dabar pravartu aptarti du svarbius klausimus. Pirmas – kas sukelia nervų spazmus, skatinančius žagsėti? Antras – kas valdo staigų įkvėpimą ir balso plyšio uždarymą, sukeliantį žagsėjimą? Nervų spazmas – tolimų giminaičių žuvų palikimas, o žagsėjimas – mūsų bendros istorijos su varliagyviais, kurių jaunikliai panašūs į dabartinius buožgalvius, dovana.

Pradėkime nuo žuvų. Žmogaus smegenys gali valdyti kvėpavimą be jokių sąmoningų mūsų pastangų. Didžioji darbo dalis atliekama smegenų kamiene, kuris sudaro ribą tarp galvos ir nugaros smegenų. Smegenų kamienas siunčia nervinius impulsus į pagrindinius kvėpuojamuosius raumenis.

Kvėpuojama visada pagal tą pačią schemą. Krūtinės ląstos, diafragmos ir gerklės raumenys susitraukia tikslia tvarka. Kvėpavimą reguliuoja nervų sistema. Pailgosiose smegenyse yra kvėpavimo centras. Ši smegenų sritis gali sukelti ritmiškus nervinius impulsus, o pastarieji savo ruožtu priverčia ritmiškai susitraukinėti raumenis. Galvos ir stuburo smegenyse yra ir daugiau panašių centrų, valdančių kitas ritmiškos elgsenos formas, pavyzdžiui, rijimą ir vaikščiojimą.

Esmė ta, kad smegenų kamienas iš pradžių reguliavo žuvų kvėpavimą, ir tik vėliau jis buvo pertvarkytas taip, kad reguliuotų žinduolių kvėpavimą. Tiek kremzlinės, tiek kaulinės žuvys turi smegenų sritį, reguliuojančią ritmišką gerklės ir žiaunų raumenų susitraukimą. Visi šias sritis reguliuojantys nervai išeina iš tam tikros smegenų kamieno srities.

Toks nervų išsidėstymas būdingas kai kurioms pačioms primityviausioms iškastinėms žuvims. Tarp skydaodžių liekanų, aptiktų daugiau kaip

400 mln. m. uolienose, randama gerai išsilaikiusių galvos smegenų ir galvos nervų atspaudų. Kaip ir šiuolaikinių žuvų, skydaodžių kvėpavimą reguliuojantys nervai atsišakoja nuo smegenų kamieno.

Ši sistema puikiai tinka žuvims, tačiau žinduoliams – ne, nes žuvų kvėpavimą reguliuojantiems nervams nereikia toli keliauti nuo smegenų kamieno. Žiaunos ir ryklė yra visai prie pat smegenų srities. Mes, žinduoliai, turime kitokių problemų. Mūsų kvėpavimą valdo krūtinės ląstos sienelės raumenys ir diafragma – plona plėvinė raumens plokštelė, atskirianti krūtinės ląstą nuo pilvo ertmės.

Susitraukdama diafragma leidžia įkvėpti. Ją reguliuojantys nervai išeina iš smegenų kamieno kaip tik ten, kur ir nervai, reguliuojantys žuvų kvėpavimą – sprando srityje. Šie nervai, klajoklis ir diafragminis, eina nuo kaukolės pagrindo per krūtinės ertmę, pasiekia diafragmą ir krūtinės raumenis, reguliuojančius kvėpavimą. Šis rangytas kelias pridaro nemalonumų. Jeigu mūsų kūno sandara būtų racionali, šie nervai išeitų ne iš kaklo srities, o kur nors artėliau diafragmos. Deja, kliūtis, pasitaikanti šių nervų kelyje, gali sutrikdyti jų funkcionavimą ir sukelti spazmus.

Keistą nervų sandarą paveldėjome iš senovinių žuvų, o žagsėjimą veikiausiai paliko artimesni giminaičiai – varliagyviai. Žagsėjimas – nebūdingi kvėpavimo organų judesiai – kai, staigiai įkvėpus, uždaromas balso plyšys. Atrodo, žagsėjimą taip pat reguliuoja pailgosiose smegenyse esantis kvėpavimo centras. Stimuliuojant šią sritį elektros impulsais, žagsėjimą galima sukelti dirbtinai. Šią reakciją, kaip ir kitus nevalingus ritmiškus judesius, lemia tam tikrais intervalais susitraukiantys raumenys.

Varliagyvių žagsėjimą, kaip ir žmogaus, gali sukelti tokios pat priežastys. Žagsi ne tik suaugę varliagyviai, bet ir jų jaunikliai – buožgalviai, kurie kvėpuoja ir plaučiais, ir žiaunomis. Kvėpuodami žiaunomis buožgalviai turi varyti vandenį į ryklę ir išstumti pro žiaunas į išorę, tačiau vandens jokiu būdu neturi patekti į plaučius. Kad taip neatsitiktų, buožgalviai užsidaro balso plyšį – užspaudžia į plaučius vedantį vamzdelį. Kvėpavimo centras, esantis buožgalvių smegenų kamiene, uždaro ryklę, ir buožgalvis gali iš karto įkvėpti. Į žagsėjimą panaši reakcija jiems duoda galimybę kvėpuoti žiaunomis.

Mūsų žagsėjimo ir buožgalvių kvėpavimo žiaunomis panašumas toks ryškus, kad daugelis mokslininkų mano, jog abu šie reiškiniai yra visiškai tapatūs. Žiauninį

buožgalvių kvėpavimą irgi galima sulaikyti anglies dvideginiu, kaip ir mūsų žagsėjimą. Jį taip pat galima užblokuoti, ištempiant krūtinės ląstos sienelę, panašiai kaip kad sustabdome žagsėjimą, giliai įkvėpdami ir sulaikydami. Žiauninį kvėpavimą galbūt pavyktų sulaikyti ir privertus apverstą buožgalvį gerti vandenį iš stiklinės.

RYKLIO PALIKIMAS: IŠVARŽOS

Mūsų polinkis turėti išvaržų, ypač kirkšnies srityje, atsirado dėl to, kad perėmėme žuvies kūną, virtusį žinduolio kūnu.

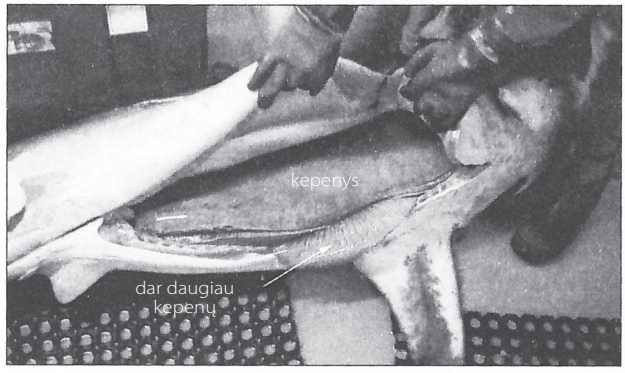
Žuvys turi lytines liaukas, einančias iki pat krūtinės ląstos ir užsibaigiančias netoli širdies. Žinduolių sandara kitokia, ir todėl kyla problemų. Tačiau tikrai nereikia, kad mūsų lytinės liaukos baigtųsi kažkur krūtinės ląstos gilumoje (jeigu taip būtų, priesaika, ištariama pridėjus ranką prie krūtinės, skambėtų gana dviprasmiškai). Taip pat jeigu mūsų lytinės liaukos būtų išsidėsčiusios krūtinės ląstoje, negalėtume daugintis.

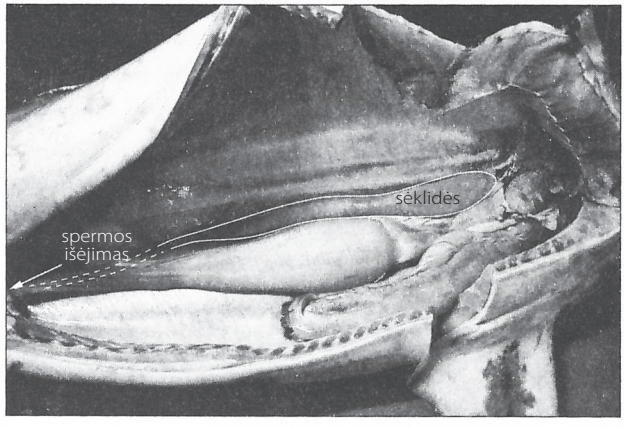
Perskroskime ryklio pilvą nuo ryklės iki uodegos. Visų pirma pamatysime kepenis – didžiules. Ryklio kepenys yra milžiniškos. Kai kurie zoologai mano, kad didelės kepenys padidina jo plūdrumą. Išėmę kepenis, pamatysime lytines liaukas per visą kūną iki pat prieširdžio krūtinės srityje. Toks išdėstymas būdingas daugeliui žuvų: lytinės liaukos eina išilgai kūno galvos link.

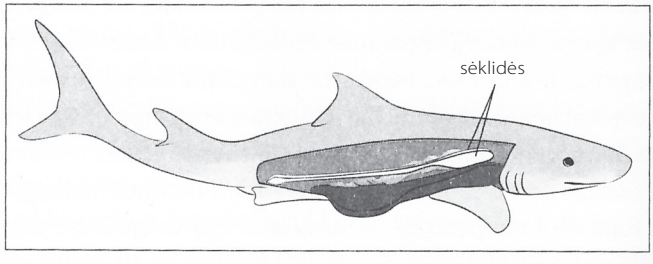
Žmogui, kaip ir daugeliui kitų žinduolių, toks lytinių liaukų išdėstymas būtų pražūtingas. Žinduolių patinų organizme visą gyvenimą gaminasi vyriškosios lytinės ląstelės – spermatozoidai. Šioms smulkioms ląstelėms vystytis būtina tam tikra temperatūra, ir, tik jai esant, ląstelės gali išgyventi tam tikrą laikotarpį – apie tris mėnesius.

Jeigu temperatūra per aukšta, spermatozoidai išsigimsta, jeigu per žema – žūsta. Todėl vyriškosios lyties žinduoliai turi labai veiksmingą spermos gaminimo temperatūros kontrolės įtaisą – kapšelį. Žinome, kad vyriškosios lytinės liaukos yra maišelyje. Jo raumenys gali susitraukti arba išsiplėsti – priklauso nuo temperatūros. Sėklinių latakų sienelės taip pat turi raumenines skaidulas.

Šių raumenų susitraukimas sukelia „šalto dušo efektą“: atvėsus orui, kapšelis pritraukiamas arčiau kūno. Temperatūrai krintant arba kylant, kapšelis atitinkamai pakeliamas arba nuleidžiamas. Tokia sistema užtikrina nepertraukiamą sveikų spermatozoidų gamybą įvairiomis aplinkos sąlygomis.



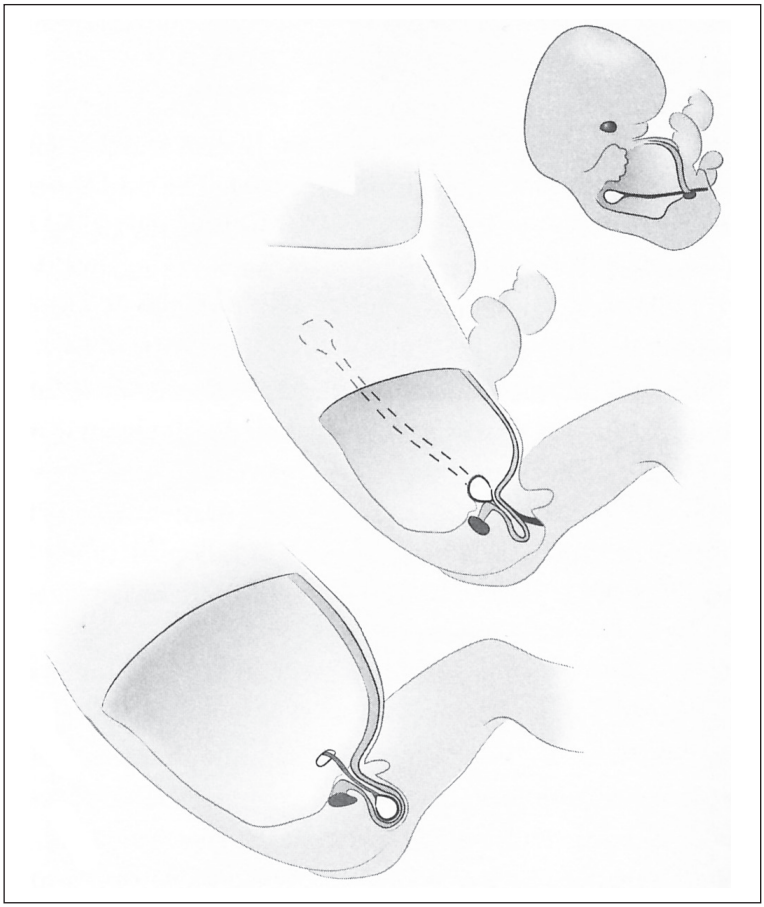




PERSKRODĘ RYKLIO PATINĄ APTIKSITE DIDŽIULES KEPENIS (VIRŠUJE). JAS PAŠALINĘ PAMATYSITE LYTINES LIAUKAS, EINANČIAS PER VISĄ KŪNĄ BEVEIK IKI PAT ŠIRDIES. TOKS SĖKLIDŽIŲ IŠSIDĖSTYMAS BŪDINGAS DAUGELIUI PRIMITYVIŲ STUBURINIŲ. ŠIAS NUOTRAUKAS MALONIAI LEIDO PANAUDOTI DR. STIVENAS KAMPANA (*STEVEN CAMPANA*) IŠ KANADOS RYKLIŲ TYRINĖJIMO LABORATORIJOS.

Tabaluojantis kapšelis daugelio rūšių žinduolių pateles veikia kaip stimulas daugintis. Taigi žinduolių kapšelio atsiradimas lėmė gana apčiuopiamų fiziologinių ir elgsenos privalumų: jis ne tik apsaugo spermatozoidus, bet ir padeda atkreipti į save potencialios partnerės dėmesį.

Tačiau dėl tokios sėklidžių padėties iškyla ir viena didelė problema: kad patektų į varpą, spermatozoidai turi keliauti ilgais aplinkkeliais – iš kapšelyje



ŽMOGAUS SĖKLIDŽIŲ NUSILEIDIMAS ŽEMYN. EMBRIONUI AUGANT, MŪSŲ SĖKLIDĖS, IŠ PRADŽIŲ (KAIP IR TOLIMŲ MŪSŲ PROTĖVIŲ) IŠSIDĖSČIUSIOS GILIAI KŪNO ERTMĖJE, LEIDŽIASI ŽEMYN Į KAPŠELĮ, SUDARANTĮ KŪNO SIENELĖS IŠORINĘ KIŠENĘ. DĖL TO ŽMOGAUS VYRIŠKOSIOS LYTIES INDIVIDŲ KIRKŠNIŲ SRITIS PAŽEIDŽIAMA, IR JOJE GALI SUSIDARYTI IŠVARŽA.

esančių sėklidžių sėkliniais latakais. Sėklinis latakas išeina iš kapšelio, kyla į viršų iki juosmens, padaro kilpą ties dubeniu, tada per dubenį tįsta iki varpos ir pasiekia išorę. Spermatozoidų kelyje esančios liaukos išskiria sekretą, sudarantį sėklinio skysčio, spermos, pagrindą.

Tokia absurdiška žinduolių patinų lytinės sistemos sandara yra susijusi su mūsų evoliucija. Vystymosi pradžioje žinduolio embriono lytinės liaukos pradeda vystytis beveik toje pat vietoje kaip ir ryklio – viršuje, prie kepenų. Augdamos leidžiasi žemyn. Tokiu būdu moterų kiaušidės iš vidurinės kūno dalies atsiduria šalia gimdos ir kiaušintakių. Tokia sandara leidžia sutrumpinti kiaušinėlio kelią nuo lytinės liaukos iki apvaisinimo vietos. Vyriškosios lyties individų lytinės liaukos nusileidžia dar žemiau.

Dėl lytinių liaukų nusileidimo žemyn, ypač tai pasakytina apie vyriškosios lyties individus, kūno sienelėje atsiranda lengvai pažeidžiama sritis. Norėdami suprasti, kas nutinka, kai sėklidės ir sėkliniai latakai nusileidžia iš vidinės kūno dalies į kapšelį, įsivaizduokite, kad kumščiu stumiate guminį lakštą. Tarkime, šiame pavyzdyje kumštis atitinka sėklides, o ranka – sėklinį lataką. Kumščio veikimo vietoje gumos lakštas išsilenkia ir sudaro kišenę.

Ten, kur anksčiau buvo lygus gumos lakštas, dabar susidaro papildoma ertmė tarp rankos ir lakšto, kurią galima kažkuo užpildyti. Būtent tai ir nutinka, kai vyrams susidaro įvairių formų kirkšnies išvaržos.

Kartais kirkšnies išvarža būna įgimta – kai embriono žarnos dalis nusileidžia žemyn kartu su sėklidėmis. Dar viena kirkšnies išvaržos rūšis – įgyta išvarža. Kai įtempiame pilvo raumenis, žarnos slegia kūno sienelę. Tose vietose, kur sienelė yra silpnesnė, žarna gali išsiveržti iš kūno ertmės ir būti išspausta į išorę šalia sėklinio latako.

Moterys kur kas atsparesnės už vyrus, ypač šioje kūno dalyje. Per moters kūną neina jokie ilgi latakai, ir jos pilvo sienelė yra kur kas stipresnė nei vyro. Ši kūno sienelės savybė itin pravarti nėštumo metu ir gimdant, kai organizmas patiria didžiulę įtampą. Už kūno sienelės išeinantys vamzdeliai tokiais atvejais būtų niekam tikę. Vyrai turi taikstytis su padidėjusiu kirkšnies išvaržos pavojumi, mokėdami už tam tikrus privalumus, jiems atitekusius, žuviai virstant sausumos stuburiniu.

MIKROBŲ PALIKIMAS: MITOCHONDRINĖS LIGOS

Mitochondrijų yra kiekvienoje mūsų kūno ląstelėje, kur jos atlieka įvairias svarbias funkcijas. Pati žinomiausia – iš deguonies ir cukraus išgauti energiją, naudojamą ląstelių. Kitos mitochondrijų funkcijos apima toksinų skaidymą kepenyse ir procesų, vykstančių ląstelėse, reguliavimą. Į mitochondrijas atkreipiame dėmesį tik tuomet, kai sutrinka jų veikla.

Nelaimei, sutrikusio mitochondrijų funkcionavimo sukeltos ligos sudaro itin ilgą ir sudėtingą sąrašą. Kai sutrikdomos cheminės reakcijos, kai ląstelės įsisavina deguonį, sutrinka ir nuo šių reakcijų priklausoma energijos gamyba. Tokie funkcijų sutrikimai gali apsiriboti tik pavieniais audiniais, pavyzdžiui, akių, arba gali pažeisti visas organizmo sistemas. Priklausomai nuo sutrikimo vietos ir stiprumo, galime jausti silpnumą ar netgi mirti.

Dauguma žmogaus gyvybinę veiklą užtikrinančių procesų rodo mūsų mitochondrijų kilmės istoriją. Grandininės cheminės reakcijos, kai cukrus ir deguonis paverčiami naudinga energija ir anglies dvideginiu, atsirado prieš milijardus metų, ir jų variantus vis dar galima matyti įvairiuose mikrobuose.

Šią bakterinę praeitį mitochondrijos išlaiko viduje: jų genų sandara ir ląstelių mikroskopinė sandara labai panaši į bakterijų sandarą. Visuotinai pripažįstama, kad mitochondrijos išsivystė iš laisvai gyvenusių bakterijų prieš milijardą metų. Iš tikrųjų, mūsų mitochondrijų energijos generavimo mechanizmas atsirado tolimuose mūsų protėviuose – bakterijose.

Bakterijų palikimo tyrimai gali padėti išsiaiškinti žmogaus mitochondrinių ligų priežastis. Iš tikrųjų, patys geriausi eksperimentiniai tokių ligų tyrinėjimo modeliai ir *yra* bakterijos. Tai nuostabu, nes su bakterijomis galime atlikti daugybę tokių eksperimentų, kurių neįmanoma atlikti su žmonių ląstelėmis.

Vieną įdomiausių tokio pobūdžio tyrimų atliko mokslininkų grupė iš Italijos ir Vokietijos. Jie tyrė apsigimimą, nuo kurio miršta kūdikiai. Ši liga vadinama kardioencefalomiopatija. Ja susergama dėl genų pokyčių, pažeidžiančių normalią mitochondrijų medžiagų apykaitos funkciją.

Tirdami vieną iš šia liga sergančių pacientų, mokslininkų grupė iš Europos aptiko įtartinai pakitusią DNR atkarpą, galėjusią tapti ligos priežastimi. Remdamiesi žiniomis apie gyvybės istoriją, jie sutelkė dėmesį į mikrobą *Paracoccus denitrificans,* kuris dažnai vadinamas laisvai gyvenančia mitochondrija,

nes jo genai ir medžiagų apykaita yra labai panaši į mitochondrijų. Vėliau atlikti eksperimentai vaizdžiai patvirtino didžiulį šių bakterijų ir mitochondrijų panašumą.

Mokslininkai šios bakterijos gene dirbtinai sukėlė tokią pačią mutaciją, kokią aptiko sergančio žmogaus mitochondrijoje. Kaip rodo mūsų kilmės istorija, rezultatas buvo lengvai nuspėjamas. Mitochondrinę ligą sukėlė mutavusios bakterijos, kai joms buvo sukelti tokie patys medžiagų apykaitos pakitimai, kokius aptiko pacientų mitochondrijose.

Šią ligą padėjo ištirti žinios apie mūsų kilmės milijardų metų senumo įvykius.

Tai toli gražu ne paskutinis sėkmingas mikrobų tyrinėjimų pavyzdys. Remdamasis atradimais, už kuriuos medicinos ir fiziologijos srityse buvo skiriamos Nobelio premijos per pastaruosius trylika metų, šią knygą galėčiau pavadinti „Musė tavyje“, „Kirmėlė tavyje“ arba „Mielės tavyje“.

1995 m. Nobelio premija buvo paskirta už novatoriškus vaisinių muselių tyrimus, kai aptikta grupė genų, lemiančių žmonių ir kitų gyvūnų sandarą. 2002 ir 2006 m. Nobelio fiziologijos ir medicinos premijos skirtos žmonėms už žymius laimėjimus genetikos ir medicinos srityse, tyrinėjant iš pirmo žvilgsnio niekuo neišsiskiriančią mikroskopinę kirmėlę *Caenorhabditis elegans*. 2001 m. Nobelio medicinos premija skirta už įsimintinus bandymus su mielėmis (įskaitant ir kepimo) ir jūrų ežiais, kurių tyrimas padėjo giliau pažinti kai kurias esmines biologines žmogaus ląstelių savybes.

Ir tai nėra kokie nors paslaptingi atradimai, padaryti tiriant paslaptingus ir keistus organizmus. Tokie mielių, vaisinių muselių, kirmėlių ir, savaime suprantama, žuvų tyrinėjimai atskleidžia, kaip veikia mūsų kūnas, dėl kokių priežasčių susergame ir kaip pailginti gyvenimą ir pagerinti sveikatą.

EPILOGAS

Esu dviejų vaikų tėvas, ir pastaruoju metu daug laiko su jais praleidžiu zoologijos soduose, muziejuose, stebime akvariumus. Būti šiose vietose tik lankytoju – man keista, nes jau kelis dešimtmečius dirbu su įvairių muziejų kolekcijomis, kai kada netgi padedu surengti parodas. Lankydamasis tokiose vietose su šeima, aš (dėl to tikriausiai kalta mano profesija) dažnai netenku žado, matydamas, koks didingai gražus ir sudėtingas yra mūsų pasaulis, kokie nuostabūs jame gyvenančių būtybių kūnai.

Aš tyrinėju gyvūnus, gyvenusius Žemėje prieš milijonus metų, rašau apie keistus senovinius pasaulius, skaitau apie juos paskaitas, ir mano susidomėjimas šiais dalykais paprastai būna nešališkas ir analitinis. Dabar tarsi iš naujo pasineriu į šiuos mokslus su savo vaikais būtent ten, kur pirmą kartą pats pajutau jiems prasidedančią meilę.

Kartą patyriau įsimintiną nuotykį, kai su sūnumi vaikštinėjau po Mokslo ir pramonės muziejų Čikagoje. Per pastaruosius trejus metus čia buvome apsilankę keletą kartų, nes sūnui labai patinka traukiniai, o pačiame muziejaus centre yra didžiulis veikiantis geležinkelio maketas. Praleidau daugybę valandų šalia šio eksponato, stebėdamas mažų lokomotyvų, kursuojančių iš Čikagos į Sietlą, judėjimą.

Kelis kartus apsilankę šioje traukinių gerbėjų šventovėje, su Natanieliu užklydome į vieną muziejaus kampelį, kurį anksčiau, įdėmiai apžiūrinėdami traukinius ar atsitiktinai stabtelėję prie natūralaus dydžio traktorių bei lėktuvų, kažkaip praleidome. Muziejaus gilumoje, Henrio Krauno (*Henry Crown*) kosminiame centre palubėje kabėjo planetų modeliai, o vitrinose buvo išstatyti skafandrai ir kitos XX a. septintojo–aštuntojo dešimtmečio kosminių programų relikvijos.

Kažkodėl buvau įsitikinęs, kad muziejaus gilumoje neišvysime nieko įdomau, nieko, kas būtų verta pagrindinės ekspozicijos, išdėstytos svarbiausiose

salėse. Vienas iš eksponatų buvo gerokai aplamdyta kosminė kapsulė. Apie ją galėjai apeiti ratu ir netgi įlįsti vidun. Ši kapsulė neatrodė kažkuo ypatinga: nedidukė ir visai neišvaizdi, kad atrodytų tikrai svarbi.

Įrašas lentelėje prie eksponato buvo, sakyčiau, formalus, ir jį turėjau skaityti keletą kartų, kol paaiškėjo, kad prieš mus ne kas kita, o originalus komandinis *Apollo 8* modulis, kuriuo pirmą kartą žmonijos istorijoje astronautai Džeimsas Lovelis (*James Lovell*), Frenkas Bormanas (*Frank Borman*) ir Viljamas Andersas (*William Anders*) apskriejo orbitą aplink Mėnulį.

Šio erdvėlaivio skrydį įdėmiai sekiau per Kalėdų atostogas, kai dar mokiausi trečioje klasėje. Dabar, prabėgus trisdešimt aštuoneriems metams, su sūnumi galėjome pamatyti tą patį kosminį aparatą savo akimis! Žinoma, jis aplamdytas. Korpusas nusėtas randais, likusiais po tolimo skrydžio ir sugrįžimo į Žemę.

Natanielio šis eksponatas nė kiek nesudomino, tad mėginau jam paaiškinti, kas čia. Bet susijaudinęs negalėjau kalbėti. Mane taip užvaldė jausmai, kad vos galėjau pralementi vieną kitą žodį. Po kelių minučių pavyko susitvardyti, ir sūnui papasakojau pirmosios žmogaus kelionės į Mėnulį istoriją.

Tik galbūt kada nors vėliau, kai jis paaugs, sugebėsiu tinkamai paaiškinti, kodėl tuomet taip susijaudinau ir netekau žado. Pasakysiu, kad *Apollo 8* man simbolizuoja mokslo galią, leidžiančią geriau suprasti ir pažinti Visatą. Galima be galo be krašto ginčytis, kiek kosmoso užkariavimo programose esama mokslo ir kiek politikos, tačiau svarbiausias faktas išlieka nepakitęs nuo pat 1968 m.: *Apollo 8* – rezultatas to optimizmo, kuris teikia mokslui veržlumo ir skatina jo plėtrą. Jis įrodė, kad nežinomybė, užuot sėjusi prietaringą baimę ir kursčiusi abejones, gali įkvėpti žmones kelti naujus klausimus ir ieškoti į juos atsakymų.

Jeigu kosmoso tyrinėjimo programa privertė kitaip pažvelgti į Mėnulį, paleontologija ir genetika gerokai pakeitė mūsų požiūrį į save. Nuolatos tyrinėdami pasaulį, pradedame perprasti ir suvokti tai, kas anksčiau atrodė be galo tolima ir nepasiekiama. Gyvename didžių atradimų amžiuje, kai mokslas atskleidžia lig tol neregėtus pačių įvairiausių organizmų (medūzų, kirmėlių, pelių ir kt.) vidaus sandaros dėsningumus.

Prieš mūsų akis vis ryškiau spindi vienos didžiausių mokslo mįslių – genetinių skirtumų, skiriančių žmones nuo kitų gyvų organizmų – įminimas.

Prie šių įspūdingų mokslo laimėjimų pridėkime svarbiausius pastarųjų dviejų dešimtmečių paleontologijos atradimus – naujus iškastinių gyvūnų radinius ir modernias jų tyrimo priemones – ir mūsų kilmės istorija įgis kur kas ryškesnius kontūrus.

Studijuodami per milijardus metų Žemėje vykusius pokyčius, galime įsitikinti, kad visi gyvybės istorijos reiškiniai, kurie atrodo novatoriški ir unikalūs, iš tikrųjų tėra ta pati sena medžiaga, tik perdirbta, perrinkta, pakartotinai panaudota ir pritaikyta vykdyti naujas funkcijas. Tai kiekvienos mūsų kūno dalies istorija – nuo jutimo organų iki galvos, netgi iki bendros žmogaus sandaros.

Ką reiškia mūsų gyvenimui įvykiai, vykę prieš milijardus metų? Atsakymus į jaudinančius klausimus – apie vidinius mūsų organų mechanizmus ir apie mūsų vietą gamtoje – rasime tik tuomet, kai išsiaiškinsime, kaip mūsų kūnas ir sąmonė išsirutuliojo iš organų, kuriuos turi ir kitos gyvos būtybės. Manau, labai nedaug sričių grožiu ir intelektiniu gilumu galėtų prilygti žmogaus ištakų paieškoms ir paieškoms priemonių, kurių galima aptikti daugelyje pačių kukliausių kadaise Žemėje gyvenusių būtybių, galinčių padėti įveikti daugelį mus šiandien kamuojančių ligų.

BAIGIAMASIS NAUJO LEIDIMO ŽODIS

Naiviai vyliausi, kad toli nuo skambančių telefonų, elektroninio pašto ir kitų šiuolaikinės civilizacijos vilkduobių esanti Arktis taps saugiu prieglobsčiu, kur galėsiu ramiai apmąstyti metus, prabėgusius nuo knygos „Žuvis tavyje“ pirmojo leidimo. Deja, vienas šios vietovės esminių bruožų – apversti visus planus aukštyn kojomis.

Šią vasarą grįžome į Elesmyro salą, kurioje aptikome tiktaaliko fosilijas, tikėdamiesi sužinoti daugiau apie šį gyvūną ir jo pasaulį. Tedas, Ferišas ir aš kurpėme pačius įvairiausius planus dirbti šių fosilijų radimvietėse ir ieškoti kitų iškasenų šalia esančiame fiorde. Siekdami tai įvykdyti, labai tiksliai iki paskutinės šokolado plytelės apskaičiavome savo mitybos racioną, degalų sąnaudas visai vasarai ir visas stovyklos perkėlimo datas numatėme taip, kad suspėtume atlikti visus darbus.

Tačiau dabar, liepos 19 dieną, rašau šias eilutes per patį pūgos šėlsmą. Mano nailoninės palapinės stogą slegia stora šlapio sniego paklodė, sunešta žvarbaus Arkties vėjo. Sniegas iš tikrųjų gali nutraukti mūsų darbą, nes per jį negalėsime ieškoti fosilijų. O dar blogiau, kad gali tekti vėl atidėti artėjantį stovyklos perkėlimą į perspektyvų fosilijų rajoną, įtrauktą į mūsų planus nuo 2004 m., tačiau dėl daugybės priežasčių vis atidedamą kiekvieną paieškų sezoną. Vis prisimenu sūnaus vaikų darželio auklėtojos frazę, kuri tinka ne tik dalijant užkandžius vaikams, bet ir kur kas vyresniems mokslininkams, kurie darbuojasi Arktyje: „Turime, ką turime, ir dėl to nėra ko nusiminti“.

Čia, Arktyje, mūsų langu į 375 mln. m. pasaulį tapo maždaug 30 pėdų [9 m] skersmens ir 12 pėdų [3,5 m] gylio žemėje išrausta duobė. Mėgindami atidengti labai ypatingą sluoksnį, kuriame gausu fosilinių kaulų, per daugelį metų iškasėme apie 30 kubinių pėdų uolienos, daugiausiai rankomis. Tikrai

SLĖNIS, KURIAME APTIKOME TIKTAALIKĄ (KAIRĖJE) – DIDŽIULĖ PLYNĖ, TAČIAU TIKROJI FOSILIJOS RADIMVIETĖ (PAŽYMĖTA RODYKLE IR NUOTRAUKA DEŠINĖJE) YRA LABAI ANKŠTA. NUOTRAUKA AUTORIAUS.

juokingas reginys: Arktis – milžinišką plotą užimanti bergždžia žemė, kurios paviršiuje beveik jokios gyvybės. Tačiau jeigu būtumėte pažvelgę į mūsų išraustą karjerą, būtumėte pamatę šešis suaugusius vyrus, taip susigrūdusius mažoje duobutėje, kad vos galėdavome pajudėti neatsitrenkę vienas į kitą galvomis, pečiais ar keliais.

Tūnome duobėje valandų valandas su šepetėliu vienoje rankoje ir krapštikliu kitoje, veidais prisispaudę prie akmenų. Mūsų akys turi būti visą laiką įbestos į uolieną, nes skirtumas tarp kaulo ir jį supančių nuogulų beveik neįžiūrimas. Kartais uoloje esantį kaulą išduoda ypatingas spindesys ar kiek pakitusi paviršiaus tekstūra. Kiekvienas mažas purvo ar dumblo gniužulėlis gali užstoti potencialiai svarbų radinį. Vienas iš geriausių mūsų aptiktų tiktaaliko egzempliorių iš pradžių tebuvo mažytis iš uolos kyšantis kaulo fragmentas. Tokius dalykus be galo lengva pražiopsoti – mane dažnai kankina mintis, kad galėjome pražiūrėti daugybę svarbių radinių dėl šlapių uolienų, vėjo ar netgi tądien buvusio blogo apšvietimo.

Nuo tada, kai 2006 m. pirmą kartą apibūdinome tiktaaliką, toliau renkame faktinę medžiagą, kad kuo daugiau sužinotume apie šį gyvūną. Laboratorijoje taip pat vyksta įtemptas darbas. Mūsų patyrę fosilijų preparuotojai F. Mulisonas ir B. Masekas, kuriuos tikriausiai atsimenate iš ankstesnių šios knygos skyrių, kruopščiai nukrapštinėja uolienų likučius nuo tiktaaliko kaukolės apatinės dalies, kad galėtume pamatyti gomurį ir smegeninę.

Ar pamenate studentą Dž. Daunsą, jaunąjį mūsų kolegą, prisidėjusį prie mūsų 2000 m. ir aptikusį pagrindinę tiktaaliko fosilijų radimvietę? Dabar

Džeisonas tapo dr. Džeisonu P. Dauniu, Ph.D. ir, apsigynęs disertaciją, tęsia kruopščius šių tiktaaliko dalių tyrinėjimus.

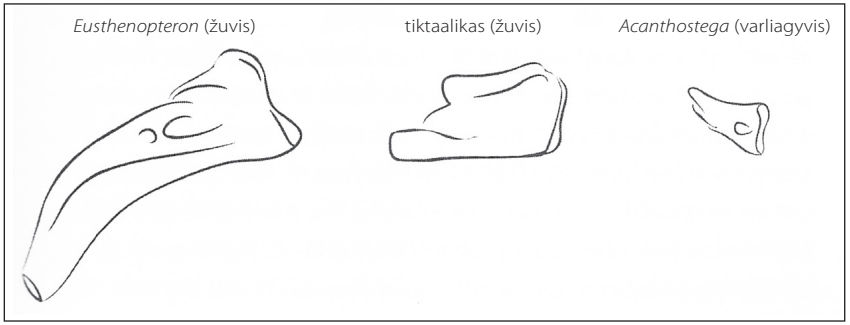
Apatinė kaukolės dalis mūsų tyrinėjimuose sukėlė tikrą proveržį po to, kai buvo išleista ši knyga. Kaip rašoma viename iš 2008 m. *Nature* žurnalo numerių, kai Fredas su Bobu nuvalė šiuos fragmentus, nustatėme, kaip tiktaalikas judėjo, kvėpavo ir kaip galūnėmis rėmėsi į žemę. Pirmą kartą tiktaaliką regime kaip vandens gyvūną, prisitaikiusį kvėpuoti oru ir stovėti ant tvirtos žemės. Vienas iš požymių, paskatinusių mus prieiti prie tokios išvados, buvo tas, kad tiktaalikas, skirtingai nei kitos kaulinės žuvys, neturėjo joms svarbios kaulinės plokštelės – žiaunadangčio (*operculum*).

Žiaunadangtis – kaulinė plokštelė, primenanti vožtuvą ir uždengianti daugumos kaulinių žuvų žiaunas. Tikriausiai matėte, kaip žiaunadangtis veikia ištrauktoje iš vandens žuvyje. Kai žuvis mėgina kvėpuoti, šis vožtuvas atsidaro ir užsidaro. Normaliai veikiantis žiaunadangtis padeda vandeniui cirkuliuoti per žiaunas.

Dauguma žiaunadangčių veikia „stumk–trauk“ principu. Iš pradžių vanduo pro pravirus žuvies nasrus patenka į ryklę. Kai nasrai užsiveria, žiaunadangtis atsiveria: vanduo išstumiamas iš ryklės ir ištraukiamas pro žiaunas, atsivėrus žiaunadangčiui. Šis žuvies kvėpavimo būdas labai skiriasi nuo sausumos gyvūnų kvėpavimo būdo: vandenį arba orą kvėpavimo organai (žiaunos arba plaučiai) judina tik tuomet, kai nasrai veikia tarsi siurblys, arba keičiantis krūtinės ląstos apimčiai. Pavyzdžiui, varlė įsiurbtą orą suspaudžia burnaryklėje ir įstumia į plaučius.

Taigi tiktaalikas – turinti pelekus, tikras žiaunas ir plaučius žuvis, tačiau žiaunadangtis yra sunykęs. Ji kvėpuoja daugiausiai burnarykle, kaip ir dauguma sausumos stuburinių. Galite tikėti ar netikėti, tačiau žiaunadangčio praradimas prisidėjo ir prie tiktaaliko judėsenos pasikeitimo. Žiaunadangtis – tai ir vienas iš kelių kaulelių, kuriais žuvies galva pritvirtinta prie kūno. Toks sujungimo būdas reiškia, kad, žuviai sukinėjant galvą, juda visas kūnas.

Praradęs žiaunadangtį ir kitus galvą su liemeniu jungiančius kaulus, tiktaalikas įgijo tikrą kaklą. Vadinasi, šis gyvūnas galvą galėjo sukinėti kaip ir kiti stuburiniai, įgiję gebėjimą judėti sausuma. Žuvys plaukioja vandenyje ir minta trimatėje terpėje. Jos lengvai pakeičia kūno padėtį taip, kad nasrai atsidurtų tiesiai priešais grobį.



ŽIAUNŲ LANKŲ KAULAS (*HYOMANDIBULARE*) PER MILIJONUS METŲ TOLYDŽIO MAŽĖJO IR VIRTO MAŽYČIU VIDURINĖS AUSIES KAULELIU. ŠIS TIKTAALIKO KAULAS SAVO DYDŽIU UŽIMA TARPINĘ PADĖTĮ TARP MĖSINGAPELEKIŲ ŽUVŲ IR ANKSTYVŲJŲ VARLIAGYVIŲ TO PATIES KAULO. PIEŠINYS KALIOPĖS MONOIJOS (*KALLIOPI MONOYIOS*).

Kaklas naudingas gyvūnams, kurių galūnės remiasi į kietą pagrindą, kurie gyvena sekliose balose arba bėginėja sausuma. Kad suprastumėte, koks svarbus kaklas sausumos stuburiniams, apsižvalgykite aplinkui, darydami atsispaudimus – be kaklo tai tikrai nepavyktų.

Tiktaaliko kaukolės apatinė dalis įrodo, kad šis gyvūnas užima tarpinę grandį ir daugeliu kitų atžvilgių. Kilpelė, mūsų vidurinėje ausyje esantis klausos kaulelis, anksčiau buvo žuvies žiaunų lankų eilėje. Tai atskleidė lyginamoji anatomija ir genetika. Kad įvyktų šis evoliucinis pokytis, šis kaulas turėjo gerokai sumažėti, ir iš didelio atraminio kremzlinių ir kaulinių žuvų kaukolės kaulo virsti mažyčiu kauleliu ausies viduje.

Pirmasis gyvūnas, kuriame aptikta kilpelė – *Acanthostega*. Pažvelkite į jam gimininingas mėsingapelekes žuvis: jose vis dar aiškiai matyti didelis kaulas, savo forma primenantis bumerangą. Viena žinomiausių šio poklasio žuvų, *Eusthenopteron*, turi didelį kaulą su daugybe sandūrų, iš kurių galima spręsti jį buvus svarbiausia įvairių kaukolės kaulų jungtimi. Dabar žinome, kaip atrodo šis tiktaaliko kaulas. Fredas ir Bobas išėmė kaulus iš žuvies, ir žinote ką? Tiktaaliko kaulas mažesnis nei *Eusthenopteron* kaulas, tačiau didesnis, nei tas pats kaulas, aptiktas *Acanthostega*. Jis akivaizdžiai užima tarpinę padėtį.

Bet kodėl apsiriboti vien ausimis? Mėsingapelekės žuvys, pavyzdžiui, *Eusthenopteron*, turi keistą sąnarį smegeninėje. Be to, kaukolės priešakinė dalis gali lankstytis užpakalinės dalies atžvilgiu. Sausumos stuburinių, sakykime,

Acanthostega, kaukolės yra standesnės: šio sąnario nebėra, ir kaulai yra tvirtai susijungę.

O kaip tiktaaliko galvoje? Sandūra yra išlikusi toje pat vietoje kaip ir *Eusthenopteron* galvoje. Tačiau, palyginti su primityvia *Eusthenopteron* galva, ši sandūra tiktaaliko galvoje yra gerokiai nejudresnė. Kitos smegeninės dalys yra tokios pat, kaip žuvies (tarkime, užpakalinės dalies forma), arba labai panašios į roplio (pavyzdžiui, gomurio forma).

Nuo tada, kai „Žuvis tavyje“ buvo išleista 2008-ųjų sausį, sulaukiau daugybės klausimų apie tolimą mūsų praeitį ir apie tai, kaip mes, paleontologai, ją atkuriame. Kol kas dažniausiai klausiama apie globalinį atšilimą: „Ar, šylant Arkties klimatui ir traukiantis ledynams, randama daugiau tyrinėjimams tinkamų uolienų?“ Nedvejodamas atsakau neigiamai.

Uolienos, kur dirbame, šiandien yra atidengtos tiek pat, kaip ir tuomet, kai jomis pirmą kartą vaikščiojo E. Embris, tyrinėdamas Arkties geologiją XX a. aštuntajame dešimtmetyje. Tačiau įvyko daug kitų permainų. Ko gero didžiausios yra susijusios su šiandienine žmogaus veikla Arktyje. Kylant naftos, dujų ir įvairių naudingųjų iškasenų kainoms, Arkties tyrinėjimai įgauna vis beprotiškesnį tempą. Šiuo požiūriu mūsų stovyklavietė duoda svarbią pamoką.

Sugrįžome į vietą, kurioje pirmą kartą lankėmės 2000 m. Apžiūrinėdami senąją radimvietę, buvome sukrėsti – mūsų pėdsakai, kuriuos palikome tundroje prieš aštuonerius metus, buvo ryškūs, tarsi ką tik įspausti. Iš palikto padų rašto netgi atpažinau savo pėdsakus, kuriuos palikau žemėje vieną 2000 m. liepos dieną, grįždamas į stovyklą. Turime būti labai atsargūs šioje be galo ypatingoje ir trapioje ekosistemoje.

Žmonės taip pat klausinėja, kaip tiktaalikas galėjo išgyventi arktinio klimato sąlygomis? Apsižvalgykime aplink karjerą (oficialiai pažymėtą kodu NV2K17), ir išvysime klasikinį Arkčiai būdingą kraštovaizdį. Iš didžiulių ledynų, stūksančių maždaug už 40 mylių [6 km], ištekančias upes, po slėnį slampinėjančius vilkus, poliarines lapes ir avijaučius, lopinėlius sniego, nenutirpstančio net per patį vidurvasarį.

Šalta. Tačiau pasaulis, kurį su kolegomis pamažu išgauname iš uolienų, buvo tropinis – jame plaukiojo šiltųjų vandenų žuvys, ir augo šilumamėgiai augalai. Šiltame klimate gyvenusių gyvūnų fosilijos Arkties uolienose gali by-

loti du dalykus: globalinę klimato kaitą ir (arba) žemynų judėjimą. Šiuo atveju įtakos turėjo abu dalykai: dabartinis klimatas gerokai skiriasi nuo klimato, vyravusio prieš 375 mln. m., o uolienos, dabar aptinkamos Elsmyro saloje, kadaise buvo prie pat pusiaujo.

Dar vienas dalykas, apie kurį manęs vis klausia: ar tiktaalikas yra „trūkstamoji grandis“. Šis terminas paleontologams – tikras galvos skausmas. Svarbiausia ne tai, kad tiktaalikas yra *aptikta* trūkstamoji grandis. Problema yra kur kas gilesnė. Ji padeda nuspręsti, kokios grandys sieja mėsingapelekes žuvis ir sausumos stuburinius.

Turime DNR pavyzdžių, kurie aiškiai rodo, kad mėsingapelekės žuvys yra genetiškai glaudžiai susijusios su varliagyviais. Taip pat žinome, kaip veikia kai kurios DNR atkarpos; tos pačios DNR, kuri sukuria kūnus. Pasirodo, pelekų formavimąsi nulemiantis genų receptas daug kuo panašus į keturkojų galūnes formuojantį receptą. Taip pat daugelį jų požymių turi ir dabar gyvenančios žuvys ir varliagyviai. Kai kurios mėsingapelekės žuvys, pavyzdžiui, dvikvėpės, yra tokios panašios į varliagyvius, kad jas dažnai painioja su salamandromis.

2008 LIEPOS 19, BERDO FIORDAS. AUTORIAUS NUOTRAUKA.

Galiausiai, esame aptikę daugybę fosilijų, sudarančių ištisas grupes, kurias aptarėme šioje knygoje, pavyzdžiui, *Eusthenopteron*, *Panderichthys*, *Acanthostega* ir *Ichthyostega*. Kai kurias, sakykim, *Gogonasus* ir *Ventastega*, aptikome ir aprašėme šią knygą jau išleidus. Visi šie fosiliniai gyvūnai yra veikiau artimi giminaičiai, nei tolimi vieni kitų protėviai ar palikuonys.

Ištisos fosilijų grupės turi kaukoles, galūnių kaulus, pečius, šlaunis bei kitus darinius, kurių bruožai byloja apie jų priklausymą tarpinėms gyvybės formoms. Vadinasi, tiktaalikas tikrai negali būti laikomas trūkstama grandimi. Jis priklauso vienai iš aptiktų trūkstamųjų grandžių virtinių. Tikrai turime ko ieškoti, ir dėl to sugrįžau į Arktį. Ir nuolat ten sugrįžtu.

Nors atrodo kiek beprotiškai, bet man tikrai bus liūdna, kai po keleto dienų turėsiu atsisveikinti su šiuo slėniu ir jo žemėje išrausta duobe. Tedas, Fetišas, Džeisonas, Fredas ir aš beveik ištisą dešimtmetį dirbome kartu, tyrinėdami kaulus šiame mažame sklypelyje. Ieškodami fosilijų, atkasinėjome vieną geologinį sluoksnį po kito.

Šiose uolienose glūdi ir mūsų asmeninės istorijos sluoksniai, mūsų kančios, džiaugsmai ir pamokos, kurias išmokome per daugelį metų. Bet judame toliau. Ten, kur jaunesnės uolienos, ir, galbūt, jeigu pasiseks, aptiksime versijas *Tiktaalik 2.0*, o vėliau ir *Tiktaalik 3.0*, o tada vėl kibsime į naujas paieškas. Kiekviena nauja fosilija – tai atsakymas į senus klausimus ir raginimas iškelti naujus, dar sudėtingesnius. Tai mus užvaldęs tyrinėjimo jaudulys.

2008 liepa
Berdo fiordas
Elsmyro salos pietinė dalis

PASTABOS, NUORODOS IR REKOMENDUOJAMA LITERATŪRA

PIRMAS SKYRIUS. IEŠKANT MUMYSE TŪNANČIOS ŽUVIES

Skaitytojams, kurie nori sužinoti daugiau apie šioje knygoje nagrinėjamas temas, pateikiu nuorodas į pirminius ir antrinius šaltinius. Apie paleontologinių ekspedicijų atradimus, kuriais remiantis aptariami svarbiausi biologijos ir geologijos klausimai, žr.: Novacek M. *Dinosaurs of the Flaming Cliffs* (New York: Anchor, 1997), Knoll A. *Life on a Young Planet* (Princeton: Princeton University Press, 2002) ir Long J. *Swimming in Stone* (Melbourne: Freemantle Press, 2006). Visose šiose knygose mokslinė analizė derinama su atradimų, padarytų įvairiose vietovėse, aprašymais.

Lyginamieji metodai, kuriais rėmiausi savo knygoje, įskaitant ir metodus, taikytus per mūsų įsivaizduojamą pasivaikščiojimą po zoologijos sodą – tai kladistikos metodai. Puiki šių metodų apžvalga pateikiama knygoje: Gee H. *In Search of Deep Time* (New York: Free Press, 1999). Knygoje remiuosi trijų sisteminių grupių versija. Tai kladistinio lyginimo atspirties taškas. Puikią temos traktuotę ir foninius šaltinius galima rasti straipsnyje: Forey R. et al., „The Lungfish, the Coelacanth and the Cow Revisited“, leidinyje Schultze H.-P. and Trueb L., eds., *Origin of the Higher Groups of Tetrapods* (Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1991).

Paleontologinio metraščio ir mūsų „pasivaikščiojimo po zoologijos sodą“ sąsaja aptariama daugelyje straipsnių. Štai keli pavyzdžiai: Benton M. J., Hitchin R. (1997) „Congruence between phylogenetic and stratigraphic data in the history of life“, *Proceedings of the Royal Society of London,* B 264:885–890; Norell M. A., Novacek M. J. (1992) „Congruence between superpositional and phylogenetic patterns: Comparing cladistic patterns with fossil

records“, *Cladistics* 8:319–337; Wagner P. J., and Sidor C. (2000) „Age rank/clade rank metrics – sampling, taxonomy, and the meaning of “stratigraphic consistency“, *Systematic Biology* 49:463–479.

Uolienų kolonos sluoksniai ir juose palaidotos fosilijos yra puikiai ir glaustai aprašyti knygoje: Fortey R. *Life: A Natural History of the First Four Billion Years of Life on Earth* (New York: Knopf, 1998). Apie stuburinių paleontologiją pasakojama knygose: Carroll R., *Vertebrate Paleontology and Evolution* (San Francisco: W. H. Freeman, 1987) ir Benton M. J., *Vertebrate Paleontology* (London: Blackwell, 2004).

Apie keturkojų kilmę skaitykite įdomiai parašytoje ir pagrįstoje naujausių tyrimų rezultatais knygoje: Zimmer C., *At the Water's Edge* (New York: Free Press, 1998). Išsamų vandens gyvūnų virsmo sausumos stuburiniais aprašymą rasite Clack J., *Gaining Ground* (Bloomington: Indiana University Press, 2002). Ši knyga – tai tikrų tikriausia biblija apie stuburinių išėjimą į sausumą. Bet kuris ją perskaitęs naujokas gali greitai tapti tikru šios srities žinovu.

Mūsų straipsniai, kuriuose pirmą kartą buvo aprašytas tiktaalikas, paskelbti žurnalo *Nature* 2006 m. balandžio 6 d. numeryje. Šių publikacijų nuorodos: Daeschler et al. (2006) „A Devonian tetrapod-like fishand the origin of the tetrapod body plan“, *Nature* 757:757–763; Shubin et al. (2006) „The pectoral fin of *Tiktaalik roseae* and the origin of the tetrapod limb“, *Nature* 757:764–771. Šiame numeryje taip pat paskelbtas labai įdomus ir išsamus šių darbų komentaras (*Clack J. and Ahlberg P.*, *Nature* 757:747–749).

Viskas, kas siejasi su mūsų praeitimi, yra reliatyvu. Net ir šios knygos sandara yra reliatyvi. Juk galėjau pavadinti „Žmogus tavyje“ – ir parašyti įsijautęs į žuvies požiūrį. Tačiau knygos planas būtų išlikęs beveik toks pat: joje būtų kalbama apie tas pačias žmonių ir žuvų kūnų, smegenų ir ląstelių raidos bendrybes. Jau turėjome progos įsitikinti, kad kiekviena gyva būtybė turi ne tik išskirtinių, jei vienai būdingų savybių, bet ir daugybę kitų požymių, jas siejančių su kitais gyvūnais.

ANTRAS SKYRIUS. TVIRTI GNIAUŽTAI

R. Ovenas buvo tikrai ne pirmasis asmuo, atkreipęs dėmesį į schemą „vienas kaulas – du kaulai – daug kauliukų – pirštai“. Dar anksčiau apie šią schemą

savo požiūrį išdėstė Vikas d'Aziras (*Vicq-d'Azyr*) XVII a. pradžioje ir Ž. Sent Hileras (*Geoffroy St. Hilaire*) 1812 m.

Tačiau R. Ovenas nuo šių autorių skiriasi savo archetipo koncepcija. Anot jo, tai buvo transcendentinė kūno organizacija, atspindinti Kūrėjo sumanymą. Ž. Sent Hileras šioje schemoje įžvelgė ne tiek archetipinį modelį, kiek bendrų, kūno formavimąsi valdančių dėsnių apraiškas. Šie klausimai išsamiai nagrinėjami knygose: Appel T., *The Cuvier-Geoffroy Debate: French Biology in the Decades Before Darwin* (New York: Oxford University Press, 1987) ir Russell E. S., *Form and Function: A Contribution to the History of Morphology* (Chicago: University of Chicago Press, 1982).

Išsamią informaciją apie galūnių įvairovę ir jų raidą galima rasti neseniai išleistoje knygoje, kurią sudaro daug svarbių mokslinių straipsnių apie įvairių tipų galūnes: Hall B. K., ed., *Fins into Limbs: Evolution, Development, and Transformation* (Chicago: University of Chicago Press, 2007). Štai nuorodos į dar du mokslinius darbus, kuriuose išsamiai pasakojama apie plaukmenų virsmą sausumos stuburinių galūnėmis: Shubin N. et al. (2006) „The pectoral fin of *Tiktaalik roseae* and the origin of the tetrapod limb", *Nature* 757:764–771; Coates M. I., Jeffery J. E., Ruta M. (2002) „Fins to limbs: what the fossils say", *Evolution and Development* 4:390–412.

TREČIAS SKYRIUS. RANKŲ GENAI

Apie įvairių galūnių raidos biologiją parašyta daugybė apybraižų ir apžvalginių straipsnių. Klasikinės literatūros šia tema apžvalgas rasite šiuose: Shubin N., Alberch P. (1986) „A morphogenetic approach to the origin and basic organization of the tetrapod Limb", *Evolutionary Biology* 20:319–387 ir Hinchliffe J. R., Griffiths P., „The Pre-chondrogenic Patterns in Tetrapod Limb Develoment and Their Phylogenetic Significance", in Goodwin B., Holder N., and Wylie C., eds., *Development and Evolution* (Cambridge, Eng.: Cambridge University Press, 1983), p. 99–121. Dž. Sonderso ir E. Cvilingo eksperimentai jau tapo klasika, ir vienus geriausių šių eksperimentų aprašymus galima rasti vystymosi biologijos vadovėliuose. Galime išskirti dvi knygas: Gilbert S., *Developmental Biology,* 8th ed. (Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, 2006); Wolpert L., Smith J., Jessell T., Lawrence

F., Robertson E., Meyerowitz E., *Principles of Development* (Oxford, Eng.: Oxford University Press, 2006).

Pirmoji studija, kurioje aprašytas geno „ežiukas Sonikas“ įtaka galūnių raidai: Riddle R., Johnson R. L., Laufer E., Tabin C. (1993) „*Sonic hedgehog* mediates the polarizing activity of the ZPA“, *Cell* 75:1401–1416.

R. Dano rezultatai, gauti tyrinėjant geno „ežiukas Sonikas“ signalinį vaidmenį ryklių ir rajų pelekuose, paskelbti straipsnyje: Dahn R., Davis M., Pappano W., Shubin N. (2007) „*Sonic hedgehog* function in chondrichthyan fins and the evolution of appendage patterning“, *Nature* 445:311–314. Vėlesni mūsų laboratorijoje gauti rezultatai apie sausumos stuburinių galūnių kilmę – bent jau genetiniu požiūriu – paskelbti straipsnyje: Davis M., Dahn R., Shubin N. (2007) „A limb autopodial-like pattern of *Hox* expression in a basal actinopterygian fish“, *Nature* 447:473–476.

Itin daug musių, vištų ir žmonių vystymosi genetinių panašumų aptariama straipsniuose: Shubin N., Tabin C., Carroll S. (1997) „Fossils, genes, and the evolution of animal limbs“, *Nature* 388:639–648 ir Erwin D., Davidson E. H. (2003) „The last common bilaterian ancestor“, *Development* 129:3021–3032.

KETVIRTAS SKYRIUS. KUR PAŽVELGSI – VISUR DANTYS

Daugybė žinduoliams skirtų darbų atskleidžia, kokie svarbūs dantys šių gyvūnų grupės tyrinėjimams. Dantų sandara itin svarbi tiriant seniausius iškastinius žinduolius. Išsamias šios temos apžvalgas galima rasti knygose: Kielan-Jaworowska Z., Cifelli R. L., Luo Z., *Mammals from the Age of Dinosaurs* (New York: Columbia University Press, 2004) ir Lillegraven J. A., Kielan-Jaworowska Z., Clemens W., eds., *Mesozoic Mammals: The First Two-Thirds of Mammalian History* (Berkeley: University of California Press, 1979), p. 311.

Arizonoje aptikti Ferišo iškastiniai žinduoliai analizuojami straipsnyje: Jenkins F. A., Jr., Crompton A. W., Downs W. R. (1983) „Mesozoic mammals from Arizona: New evidence on mammalian evolution“, *Science* 222:1233–1235.

Naujojoje Škotijoje mūsų aptikti triteledontai aprašyti straipsnyje: Shubin N., Crompton A. W., Sues H.-D., Olsen P. (1991) „New fossil evidence on the sister-group of mammals and early mesozoic faunal distributions“, *Science* 251:1063–1065.

Dantų, kaulų ir kaukolės kilmės apžvalga, ypač evoliucijos faktai, surinkti tyrinėjant konodontus, pateikiami šiame darbe: Donoghue P., Sansom I. (2002) „Origin and early evolution of vertebrate skeletionization“, *Microscopy Research and Technique* 59:352–372. Konodontų evoliucinių ryšių ir jų reikšmės išsami apžvalga pateikta straipsnyje: Donoghue P., Forey P., Aldridge R. (2000) „Conodont affinity and chordate phylogeny“, *Biological Reviews* 75:191–251.

PENKTAS SKYRIUS. GRIAUČIAI SU GALVA

Nepaprastai išsamus ir nuodugnus kaukolės sandaros, vystymosi ir evoliucijos aprašymas pateiktas šiame tritomiame veikale: Hanken J., Hall B., eds., *The Skull* (Chicago: University of Chicago Press, 1993). Šis atnaujintas leidinys yra vienas iš klasikinių daugiatomių darbų apie galvos sandarą ir vystymąsi: Beer G. R. de, *The Development of the Vertebrate Skull* (Oxford, Eng.: Oxford University Press, 1937).

Išsamią informaciją apie žmogaus galvos vystymąsi ir jos sandarą galima rasti tekstuose, skirtuose žmogaus anatomijai ir embriologijai. Embriologijai skirta knyga: Moore K., Persaud T. V. N., *The Developing Human,* 7th ed. (Philadelphia: Elsevier, 2006). Kaip priedą, kuriame pateikiami anatomijos faktai, galima naudoti tekstą: Moore K. and Dalley A. F., *Clinically Oriented Anatomy* (Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006).

F. M. Balfuro fundamentalių tyrimų rezultatai pristatomi šiose publikacijose: Balfour F. M. (1874) „A preliminary account of the development of the elasmobranch fishes“, *Q. J. Microsc. Sci.* 14:323–364; Balfour F. M., *A Monograph on the Development of Elasmobranch Fishes,* 4 vols. (London: Macmillan & Co., 1878); Balfour F. M., *A Treatise on Comparative Embryology,* 2 vols. (London: Macmillan & Co., 1880–81); Foster M., Sedgwick A., *The Works of Francis Maitland Balfour,* su trumpos biografijos įvadu, kurį parašė M. Fosteris, 4 vols. (London: Macmillan & Co., 1885). Vienas iš F. M. Balfuro mokinių Oksforde, Edvinas Gudričas (*Edwin Goodrich*), parašė vieną klasikinių lyginamosios anatomijos darbų, *Studies on the Structure and Development of Vertebrates* (London: Macmillan, 1930).

F. M. Balfuras, L. Okenas, J. V. Getė, T. Hakslis ir kiti nagrinėjo vadinamąją galvos segmentacijos problemą. Panašiai kaip kad slanksteliai skiriasi tam tikra reguliaria seka nuo galvos iki uodegos, stuburinių galva taip pat yra segmentuota. Štai keletas klasikinių ir gana naujų šaltinių (juose – puiki bibliografija), kuriuose galima daugiau sužinoti apie šios srities tyrimų rezultatus: Olsson L., Ericsson R., Cerny R. (2005) „Vertebrate head development: Segmentation, novelties, and homology", *Theory in Biosciences* 124:145–163; Jollie M. (1977) „Segmentation of the vertebrate head", *American Zoologist* 17:323–333; Graham A. (2001) „The development and evolution of the pharyngeal arches", *Journal of Anatomy* 199:133–141.

Duomenys apie žiaunų lankų formavimosi genetinį pagrindą neseniai apibendrinti šioje apžvalgoje: Kuratani S. (2004) „Evolution of the vertebrate jaw: comparative embryology and molecular developmental biology reveal the factors behind evolutionary novelty", *Journal of Anatomy* 205:335–347. Eksperimentinio vieno žiaunų lanko pavertimo kitu žiaunų lanku pavyzdžiai, taikant genetinius metodus, aprašyti šiuose darbuose: Baltzinger M., Ori M., Pasqualetti M., Nardi I., Riji F. (2005) „*Hoxa2* knockdown in *Xenopus* results in hyoid to mandibular homeosis", *Developmental Dynamics* 234:858–867; Depew M., Lufkin T., Rubenstein J. (2002) „Specification of jaw subdivisions by *Dlx* genes", *Science* 298:381–385.

Išsamią, puikiai iliustruotą ir informatyvią apžvalgą, skirtą iškastinėms kaukolėms, galvoms ir primityvioms žuvims, galima rasti šioje knygoje: Janvier P., *Early Vertebrates* (Oxford, Eng.: Oxford University Press, 1996). *Haikouella,* prieš 530 mln. m. gyvenęs bestuburis su žiaunomis, aprašytas straipsnyje: Chen J.-Y., Huang D. Y., Li C. W. (1999) „An early Cambrian craniate-like chordate", *Nature* 402:518–522.

ŠEŠTAS SKYRIUS. GERIAUSIA (KŪNO) SCHEMA

Kūno sandaros kilmė nagrinėjama daugelyje knygų. Ypač daug informacijos su puikia bibliografija galima rasti knygoje: Valentine J., *On the Origin of Phyla* (Chicago: University of Chicago Press, 2004).

Yra parengtos kelios K. E. fon Bėro biografijos. Trumpą rasite straipsnyje: „Baer, Karl Ernst von", pateiktą Gillespie C., ed., *Dictionary of Scientific Bio-*

graphy, vol. 1 (New York: Scribners, 1970). Išsamesnis gyvenimo aprašymas: *Autobiography of Dr. Karl Ernst von Baer,* ed. Jane Oppenheimer (1986; pirmą kartą išspausdintas Vokietijoje; II leidimas – 1886). Taip pat žr.: Raikov B. E., *Karl Ernst von Baer, 1792–1876,* vertimas iš rusų k. (1968), ir Stieda L., *Karl Ernst von Baer,* 2nd ed. (1886). Visos knygos turi plačią bibliografiją. Žr. taip pat knygą Gould S., *Ontogeny and Phylogeny* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1977), kurioje aptariami K. E. Bėro aptikti dėsniai.

H. Špėmano ir H. Mangold eksperimentai aptariami embriologijos vadovėliuose: Gilbert S., *Developmental Biology,* 8th ed. (Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, 2006). Požiūris į „organizatorių" iš šiuolaikinės genetikos mokslo perspektyvos nagrinėjamas straipsnyje: De Robertis E. M. (2006) „Spemann's organizer and self regulation in amphibian embryos", *Nature Reviews* 7:296–302 ir De Robertis E. M., and Arecheaga J. The Spemann Organizer: „75 years on", *International Journal of Developmental Biology* 45 (specialusis leidinys).

Norintiems susipažinti su gausia literatūra apie *Hox* genus ir evoliuciją patariame pradėti nuo neseniai išleistos knygos: Carroll S., *Endless Forms Most Beautiful* (New York: Norton, 2004). Apie tai, kaip genai padeda aptikti bendrą visų dvišalės simetrijos gyvūnų protėvį, perskaitysite leidinyje: Erwin D., Davidson E. H. (2002) „The last common bilaterian ancestor", *Development* 129:3021–3032.

Daugelis mokslininkų teigia, kad genetinis „jungiklis", nulėmęs antropoido ir žmogaus kūno sandaros skirtumą, veikė tolimoje praeityje. Ši idėja aptariama straipsnyje: De Robertis E., Sasai Y. (1996) „A common plan for dorsoventral patterning in Bilateria", *Nature* 380:37–40. Apie istorinę Ž. Sent Hilero pažiūrų reikšmę ir apie prieštaravimus, lydėjusius pirmuosius lyginamosios anatomijos žingsnius, skaitykite knygoje: Appel T., *The Cuvier-Geoffroy Debate: French Biology in the Decades Before Darwin* (New York: Oxford University Press, 1987). Duomenys apie pusiauchordinius (*Hemichordata*) nevisiškai atitinka šį modelį. Veikiausiai tai rodo, kad kai kuriose sisteminėse grupėse genų aktyvumo ir kūno ašies formavimosi ryšys galėjo vystytis nepriklausomai. Apie tai skaitykite: Lowe C. J., et al. (2006) „Dorsoventral patterning in hemichordates: insights into early chordate evolution", *PLoS Biology online access:* http://dx.doi.org/journal.oo40291.

Darbų apie genų, nulemiančių kūnų ašis, evoliuciją apžvalgą rasite straipsnyje: Martindale M. Q. (2005) „The evolution of metazoan axial pro-

perties“, *Nature Reviews Genetics* 6:917–927. Duobagyvių (medūzų, aktinijų ir jiems giminingų) kūno sandara aptariama daugelyje svarbių straipsnių: Martindale M. Q., Finnerty J. R., Henry J. (2002) „The Radiata and the evolutionary origins of the bilaterian body plan“, *Molecular Phylogenetics and Evolution* 24:358–365; Matus D. Q., Pang K., Marlow H., Dunn C., Thomsen G., Martindale M. (2006) „Molecular evidence for deep evolutionary roots of bilaterality in animal development“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103:11195–11200; Chourrout D., et al. (2006) „Minimal protohox cluster inferred from bilaterian and cnidarian *Hox* complements“, *Nature* 442:684–687; Martindale M., Pang K., Finnerty J. (2004) „Investigating the origins of triploblasty: “odermal” gene expression in a diploblastic animal, the sea anemone *Nemostella vectensis* (phylum, Cnidaria; class, Anthozoa)“, *Development* 131:2463–2474; Finnerty J., Pang K., Burton P., Paulson D., Martindale M. Q. (2004) „Deep origins for bilateral symmetry: *Hox* and *Dpp* expression in a sea anemone“, *Science* 304:1335–1337.

SEPTINTAS SKYRIUS. KŪNO FORMAVIMO NUOTYKIAI

Daugialąsčių organizmų kilmė ir evoliucija genetiniu, geologiniu ir ekologiniu požiūriu nagrinėjama trijuose svarbiuose straipsniuose: King N. (2004) „The unicellular ancestry of animal development“, *Developmental Cell* 7:313–325; Knoll A. H., Carroll S. B. (1999) „Early animal evolution: Emerging views from comparative biology and geology“, *Science* 284:2129–2137; Brooke N. M., and Holland P. (2003) „The evolution of multicellularity and early animal geno“, *Current Opinion in Genetics and Development* 13:599–603, kuriuose pateiktos nuorodos į svarbiausius šaltinius. Juos galima laikyti puikiu įvadu į šiame skyriuje aptariamą temą.

Apie įkvepiančius atradimus tyrinėjant daugialąsčių organizmų ir kitų naujų biologinių formų atsiradimo evoliuciją pasakojama knygose: Buss L. W., *The Evolution of Individuality* (Princeton: Princeton University Press, 2006) ir Maynard Smith J., Szathmary E., *The Major Transitions in Evolution* (New York: Oxford University Press, 1998).

Ediakaro laikotarpio gyvūnų atradimų ir tyrinėjimų istorija pasakojama nurodant šaltinius knygose: Fortey R. *Life: A Natural History of the First Four*

Billion Years of Life on Earth (New York: Knopf, 1998) ir Knoll A. *Life on a Young Planet* (Princeton: Princeton University Press, 2002).

Eksperimentas, kai iš vienaląsčių organizmų buvo suformuoti „protoorganizmai“, aprašytas straipsnyje: Boraas M. E., Seale D. B., Boxhorn J. (1998) „Phagotrophy by a flagellate selects for colonial prey: A possible origin of multicellularity“, *Evolutionary Ecology* 12:153–164.

AŠTUNTAS SKYRIUS. KVAPŲ VILIONĖS

Jutos universitetas yra sukūręs puikią interneto svetainę *Learn. Genetics* („Mokykitės. Genetikos“), kurioje pateikiamas neįtikėtinai paprastas DNR išskyrimo būdas. Svatainės adresas: http://learn.genetics.utah.edu/units/activities/extraction/.

Vadinamųjų uoslės genų evoliucija, arba, kalbant tiksliau, uoslės organų receptorių genų evoliucija, yra plačiai aprašyta. Štai vienas pagrindinių straipsnių šia tema: Buck L., and Axel R. (1991) „A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition“, *Cell* 65:175–181.

Uoslės genų evoliucijos lyginamieji aspektai aptariami straipsniuose: Young B., and Trask B. J. (2002) „The sense of smell: genomics of vertebrate odorant receptors“, *Human Molecular Genetics* 11:1153–1160; Mombaerts P. (1999) „Molecular biology of odorant receptors in vertebrates“, *Annual Reviews of Neuroscience* 22:487–509.

Bežandžių stuburinių uoslės receptorių genai aptariami straipsnyje: Freitag J., Beck A., Ludwig G., Buchholtz L. von, Breer H. (1999) „On the origin of the olfactory receptor family: receptor genes of the jawless fish (*Lampetra fluviatilis*)“, *Gene* 226:165–174. Vandens ir sausumos gyvūnų uoslės receptorių genų skirtumai aprašyti straipsnyje: Freitag J., Ludwig G., Andreini I., Rossler P., Breer H. (1998) „Olfactory receptors in aquatic and terrestrial vertebrates“, *Journal of Comparative Physiology A* 183:635–650.

Žmogaus uoslės receptorių evoliucija aptariame daugelyje straipsnių. Štai keletas jų, atskleidžiančių knygoje aptariamus klausimus: Gilad Y., Man O., Lancet D. (2003) „Human specific loss of olfactory receptor genes“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100:3324–3327; Gilad Y., Man O.,

and Glusman G. (2005) „A comparison of the human and chimpanzee olfactory receptor gene repertoires“, *Genome Research* 15:224–230; Menashe I., Man O., Lancet D., Gilad Y. (2003) „Different noses for different people“, *Nature Genetics* 34:143–144; Gilad Y., Wiebe V., Przeworski, M., Lancet D., Paabo S. (2003) „Loss of olfactory receptor genes coincides with the acquisition of full trichromatic vision in primates“, *PLoS Biology online access:* http://dx.doi.org/journal.pbio.0020005.

Apie genų duplikaciją, kaip apie svarbų genetinės įvairovės šaltinį rašoma prieš 40 m. skelbtame originaliame darbe: Ohno S., *Evolution by Gene Duplication* (New York: Springer-Verlag, 1970). Neseniai šia tema paskelbtas straipsnis, kuriame aptariami opsinų ir uoslės organų receptorių genai: Taylor J., Raes J. (2004) „Duplication and divergence: the evolution of new genes and old ideas“, *Annual Reviews of Genetics* 38:615–643.

DEVINTAS SKYRIUS. REGA

Opsinų genų svarba akių evoliucijoje nagrinėjama daugelyje pastaraisiais metais parašytų straipsnių. Apžvalgos, skirtos opsino genų evoliucijos klausimų nagrinėjimui, pateiktos šiuose: Nathans J. (1999) „The evolution and physiology of human color vision: insights from molecular genetic studies of visual pigments“, *Neuron* 24:299–312; Dominy N., Svenning J. C., Li W. H. (2003) „Historical contingency in the evolution of primate color vision“, *Journal of Human Evolution* 44:25–45; Tan Y., Yoder A., Yamashita N., Li W. H. (2005) „Evidence from opsin genes rejects nocturnality in ancestral primates“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102:14712–14716; Yokoyama S. (1996) „Molecular evolution of retinal and nonretinal opsins“, *Genes to Cells* 1:787–794; Dulai K., Dornum M. von, Mollon J., Hunt D. M. (1999) „The evolution of trichromatic color vision by opsin gene duplication in New World and Old World primates“, *Genome* 9:629–638.

D. Arento ir Joakimo Vitbroto (*Joachim Wittbrodt*) fotoreceptorių tyrinėjimų rezultatai pirmą kartą paskelbti šiuose šaltiniuose: Arendt D., Tessmar-Raible K., Synman H., Dorresteijn A., Wittbrodt J. (2004) „Ciliary photoreceptors with a vertebrate-type opsin in an invertebrate brain“, *Science* 306:869–871. Tame pačiame žurnale išspausdintas šio straipsnio komentaras:

Pennisi E. (2004) „Worm's lightsensing proteins suggest eye's single origin", *Science* 306:796–797. Anksčiau skelbtame apžvalginiame straipsnyje D. Arentas pateikia platesnę sistemą, kuria remdamasis interpretuoja savo atradimą: Arendt D. (2003) „The evolution of eyes and photoreceptor cell types", *International Journal of Developmental Biology* 47:563–571. Daugiau šio atradimo komentarų galima rasti: Plachetzki D. C., Serb J. M., Oakley T. H. (2005) „New insights into photoreceptor evolution", *Trends in Ecology and Evolution* 20:465–467. Kitame žurnalo *Science* numeryje D. Arento ir J. Vitbordtomo rezultatus pakomentavo Berndas Fritšas (*Bernd Fritzsch*) ir Joramas Piatigorskis (*Joram Piatigorsky*). Jie aptarė mintį, kad akys atsirado labai anksti, ir jų istorijos ištakos siekia labai senas evoliucijos medžio šakas. Šis tekstas paskelbtas žurnale *Science* (2005) 308:1113–1114.

V. Geringo atliktų *Pax 6* geno tyrimų apžvalga ir jų reikšmė mūsų akių evoliucijos sampratai parengta to paties autoriaus: Gehring W. (2005) „New perspectives on eye development and the evolution of eyes and photoreceptors", *Journal of Heredity* 96:171–184.

Apie galimus mažai pakitusių genų, kurie reguliuoja akių formavimąsi, ir regos organų evoliucijos ryšius rašoma straipsniuose: Oakley T. (2003) „The eye as a replicating and diverging modular developmental unit", *Trends in Ecology and Evolution* 18:623–627; Nilsson D.-E. (2004) „Eye evolution: a question of genetic promiscuity", *Current Opinion in Neurobiology* 14:407–414.

Mūsų akies lęšiuko baltymų ir ascidijų lervų akių ryšiai aptariami straipsniuose: Shimeld S., Purkiss A. G., Dirks R. P. H., Bateman O., Slingsby C., Lubsen N. (2005) „Urochordate by-crystallin and the evolutionary origin of the vertebrate eye lens", *Current Biology* 15:1684–1689.

DEŠIMTAS SKYRIUS. AUSYS

Vidinės ausies genetikos evoliucija aptariama straipsnyje: Beisel K. W., and Fritzsch B. (2004) „Keeping sensory cells and evolving neurons to connect them to the brain: molecular conservation and novelties in vertebrate ear development", *Brain Behavior and Evolution* 64:182–197. Ausies vystymasis ir jame dalyvaujantys genai aptariami: Represa J., Frenz D. A., Van de Water T. (2000) „Genetic patterning of embryonic ear development", *Acta Otolaryngolica* 120:5–10.

Hioidinio lanko viršutinio segmento virsmas kilpele apžvelgiamas daugybėje knygų puslapių apie senovinių žuvų evoliuciją ir sausumos stuburinių kilmę: Clack J., *Gaining Ground* (Bloomington: Indiana University Press, 2002); Janvier P., *Early Vertebrates* (Oxford, Eng.: Oxford University Press, 1996). Šis klausimas taip pat aptariamas kai kuriuose pastarųjų metų moksliniuose straipsniuose: Clack J. A. (1989) „Discovery of the earliest known tetrapod stapes", *Nature* 342:425–427; Brazeau M., and Ahlberg P. (2005) „Tetrapod-like middle ear architecture in a Devonian Fish", *Nature* 439:318–321.

Žinduolių vidurinės ausies kaulelių kilmė mokslo istoriko požiūriu aptariama knygoje: Bowler P., *Life's Spendid Journey* (Chicago: University of Chicago Press, 1996). Prie pagrindinių šį klausimą nagrinėjančių šaltinių priskiriami ir straipsniai: Reichert C. (1837) „Uber die Visceralbogen der Wirbeltiere im allgemeinen und deren Metamorphosen bei den Vogeln und Saugetieren", *Arch. Anat. Physiol. Wiss. Med.* 1837:120–222; Gaupp E. (1911) „Beiträge zur Kenntnis des Unterkiefers der Wirbeltiere I. Der Processus anterior (Folii) des Hammers der Sauger und das Goniale der Nichtsäuger", *Anatomischer Anzeiger* 39:97–135; Gaupp E. (1911) „Beiträge zur Kenntnis des Unterkiefers der Wirbeltiere II. Die Zusammensetzung des Unterkiefers der Quadrupeden", *Anatomischer Anzeiger,* 39:433–473; Gaupp E. (1911) „Beiträge zur Kenntnis des Unterkiefers derWirbeltiere III. Das Probleme der Entstehung eines „sekundären" Kiefergelenkes bei den Säugern", *Anatomischer Anzeiger, 3*9:609–666; Gregory W. K. (1913) „Critique of recent work on the morphology of the vertebrate skull, especially in relation to the origin of mammals", *Journal of Morphology* 24:1–42.

Vieni svarbiausių literatūros šaltinių apie žinduolių žandikaulių kilmę, jų sąkandį ir tris vidurinės ausies klausos kaulelius yra šie: Crompton A. W. (1963) „The evolution of the mammalian jaw", *Evolution* 17:431–439; Crompton A. W., Parker P. (1978) „Evolution of the mammalian masticatory apparatus", *American Scientist* 66:192–201; Hopson J. (1966) „The origin of the mammalian middle ear", *American Zoologist* 6:437–450; Allin E. (1975) „Evolution of the mammalian ear", *Journal of Morphology* 147:403–438.

Pax 2 ir *Pax 6 g*enų kilmė ir evoliucinis ausų ir akių ryšys, nustatytas tyrinėjant kubomedūzas, aptariami straipsnyje: Piatigorsky J., Kozmik Z. (2004) „Cubozoan jellyfish: an evo/devo model for eyes and other sensory systems", *International Journal for Developmental Biology* 48:719–729.

Jutimo receptorių molekulių ryšiai su skirtingomis bakterijų molekulėmis aptariami straipsnyje: Kung C. (2005) „A possible unifying principle for mechanosensation“, *Nature* 436:647–654.

VIENUOLIKTAS SKYRIUS. KĄ VISA TAI REIŠKIA?

Filogenetinės sistematikos metodai aptariami įvairiuose šaltiniuose. Prie pirminių priskiriamas klasikinis Vilio Heningo (Willi Hennig) darbas, iš pradžių išleistas vokiečių kalba (*Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik* [Berlin: Deutscher Zentralverlag, 1950]) ir daugiau nei po dešimtmečio išverstas į anglų kalbą (*Phylogenetic Systematics,* trans. D. D. Davis and R. Zangerl [Urbana: University of Illinois Press, 1966]).

Filogenetinių rekonstrukcijų metodai, apie kuriuos kalbama šiame skyriuje, išsamiai nagrinėjami knygose: Forey P., ed., *Cladistics: A Practical Course in Systematics* (Oxford, Eng.: Clarendon Press, 1992); Hillis D., Moritz C., Mable B., eds., *Molecular Systematics* (Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, 1996); DeSalle R., Girbet G., Wheeler W., *Molecular Systematics and Evolution: Theory and Practice* (Basel: BirkhauserVerlag, 2002).

Skirtingų organizmų panašių požymių evoliucionavimas išsamiai aptariamas knygoje: Sanderson M., and Hufford L., *Homoplasy: The Recurrence of Similarity in Evolution* (San Diego: Academic Press, 1996).

Norėdami pamatyti gyvybės medį ir sužinoti apie įvairias hipotezes apie dabartinių gyvų organizmų giminystę, apsilankykite tinklalapyje: http://tolweb.org/tree/.

Požiūriui, kad mūsų evoliucija turi medicininę reikšmę, paskirta keletas neseniai išleistų gerų knygų. Išsamesnės informacijos ir daugiau nuorodų į šį klausimą nagrinėjančius darbus rasite knygose: Boaz N., *Evolving Health: The Origins of Illness and How the Modern World Is Making Us Sick* (New York: Wiley, 2002); Mindell D., *The Evolving World: Evolution in Everyday Life* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2006); Nesse R. M., Williams G. C., *Why We Get Sick: The New Science of Darwinian Medicine* (New York: Vintage, 1996); Trevathan W. R., Smith E. O., McKenna J. J., *Evolutionary Medicine* (New York: Oxford University Press, 1999).

Apnėjos pavyzdys yra paimtas iš diskusijos su Nino Ramirez, Čikagos universiteto Anatomijos skyriaus pirmininku. Žagsėjimo pavyzdys yra paimtas iš straipsnio: Straus C., et al. (2003) „A phylogenetic hypothesis for the origin of hiccoughs“, *Bioessays* 25:182–188. Dirbtinis bakterijų mutacijų, būdingų mitochondrinei žmogaus kardioencefalomiopatijai, sukėlimas pirmą kartą aptartas publikacijoje: Lucioli S., et al. (2006) „Introducing a novel human mtDNA mutation into the *Paracoccus denitriticans* COX 1 gene explains functional deficits in a patient“, *Neurogenetics* 7:51–57.

ŠALTINIAI INTERNETE

Daugelyje nuolat atnaujinamų interneto svetainių ir tinklaraščių galima rasti tikslios informacijos, susijusios su mūsų nagrinėjama tema.

http://www.ucmp.berkeley.edu/. Tai Kalifornijos universiteto Berklyje Paleontologijos muziejaus tinklalapis. Jis – vienas geriausių interneto šaltinių, kuriame gausu duomenų apie paleontologiją ir evoliuciją. Nuolat atnaujinamas ir taisomas.

http://www.scienceblogs.com/loom/. Karlo Cimerio (*Carl Zimmer*) tinklaraštis. Puikiai vedamas, nuolat atnaujinamas informacijos ir diskusijų apie evoliuciją šaltinis.

http://www.scienceblogs.com/pharyngula/. P. Z. Maerso (*P. Z. Myers*), evoliucinės biologijos profesoriaus, daugeliui suprantama kalba rašomas tinklaraštis, kuriame rasite daug pačios naujausios informacijos.

K. Cimerio ir P. Z. Maerso tinklaraščius rasite svetainėje: http://www.scienceblogs.com. Čia yra ir daugiau puikių tinklaraščių, kuriuose gausu informacijos ir komentarų apie naujausius atradimus. Štai dar keletas čia esančių tinklaraščių, susijusių su šios knygos tema: *Afarensis, Tetrapod Zoology, Evolving Thoughts* ir *Gene Expression*.

http://www.tolweb.org/tree/. Tai projekto *The Tree of Life Project* („Gyvybės medžio projektas“) svetainė, kurioje pateikiama nuolat atnaujinama ir patikima informacija apie visų gyvūnų grupių tarpusavio ryšius. Paleontologijos muziejaus interneto svetainėje, panašiai kaip Kalifornijos muziejaus Berklyje tinklalapyje, rasite daug įdomybių apie evoliucijos medžių sudarymą ir jų aiškinimus.

PADĖKOS

Visas iliustracijas, išskyrus atskirai pažymėtas, nupiešė K. (Kapi) Monoijos (www.kalliopimonoyios.com). Kapi skaitė šios knygos juodraščius ir ne tik padėjo pataisyti tekstą, bet ir sukūrė puikiai prie jo derančias iliustracijas. Man tikrai pasisekė, kad galėjau dirbti su tokiu talentingu žmogumi.

S. Rolinsas (Arkeidijos universitetas) mielai leido pasinaudoti jo puikiu *Sauripterus* peleko piešiniu, kurį pateikiau 2 skyriuje. T. Dešleris (Filadelfijos gamtos mokslų akademija) maloniai leido panaudoti jo padarytas tiktaaliko „C“ egzemplioriaus nuotraukas. Taip pat dėkingas F. Donohju (Bristolio universitetas) ir M. Purneliui (Lesterio universitetas) už leidimą panaudoti jų rekonstruotą konodonto dantų modelį, o leidyklai *McGraw-Hill* – už leidimą perspausdinti iliustracijas iš vadovėlio, nuo kurio ir prasidėjo mūsų tiktaaliko paieškos, taip pat S. Kampanai iš Kanados ryklių tyrimų laboratorijos už jo pateiktas ryklių organų nuotraukas.

Anatomiją studijuojantys studentai ypač dėkingi žmonėms, kurie paaukoja savo kūną tyrimams: suteikia galimybę geriau pažinti žmogaus sandarą. Galimybė dirbti su tikrais kūnais – ypatinga garbė ir nepakartojama patirtis. Praleisdami ilgas valandas laboratorijoje, pajuntame stiprų ryšį su žmonėmis, kurie paliko savo kūną ir suteikė galimybę atlikti svarbius eksperimentus. Rašydamas šią knygą, šį ryšį pajutau dar kartą.

Šioje knygoje pateikiu idėjas, giliai įsišaknijusias į mano atliktus tyrimus ir mano dėstomą dalyką. Kolegos ir studentai – paleontologijos paskutinio kurso studentai, medicinos studentai ir aspirantai – jų daug, kad būtų galima visus čia išvardyti, taip pat prisidėjo suformuluojant šioje knygoje pateiktas mintis.

Nuoširdžiai dėkoju kolegoms, su kuriais dirbau daugelį metų. Tedas Daeschleris, Farishas A. Jenkinsas, Jr., Fredas Mullisonas, Paulas Olsenas, Willia-

mas Amaralas, Jasonas Downsas ir Chuckas Schaffas – šioje knygoje papasakotų istorijų dalyviai. Be šių žmonių nebūčiau sukaupęs patirties, reikalingos parašyti knygai, be to, be jų mano gyvenimas būtų kur kas liūdnesnis. Mano laboratorijos Čikagos universitete darbuotojai – Randallas Dahnas, Marcusas Davisas, Adamas Franssenas, Andrew Gillisas, Christianas Kammereris, Kalliopi Monoyios ir Becky Shearman – ne tik turėjo įtakos mano mintims, bet ir iškentė laikotarpį, kai aš, užuot dirbęs drauge su jais, rašiau šią knygą.

Daugelis mano kolegų paaukojo dalį savo laiko: suteikė man reikalingų žinių, komentavo rankraščio tekstą. Tai Kamla Ahluwalia, Seanas Carrollas, Michaelas Coatesas, Randallas Dahnas, Marcusas Davisas, Anna DiRienzo, Andrew Gillisas, Lance'as Grande'as, Elizabeth Grove, Nicholasas Hatsopoulosas, Robertas Ho, Betty Katsaros, Michaelas LaBarbera, Chrisas Lowe, Danielas Margoliashas, Kalliopi Monoyios, Jonathanas Pritchardas, Vicky Prince, Cliffas Ragsdale'as, Nino Ramirez, Callum Ross, Avi Stopper, Cliffas Tabinas ir Johnas Zelleris.

Haythamas Abu-Zaydas padėjo sutvarkyti daugelį administracinių reikalų. Mano mokytojai iš Harvardo ir Masačusetso technologijos instituto, kurie mokė mane anatomijos mūsų bendroje Sveikatos priežiūros ir technologijų programoje, Farice'as Jenkinsas jaunesnysis ir Lee Gehrke'as pažadino mano susidomėjimą, kuris neužgęsta jau daugiau kaip du dešimtmečius.

Seanas Carrollas ir Carlas Zimmeris man davė neįkainojamų patarimų pradėjus rašyti šią knygą ir nesiliovė skatinę dirbti vėliau.

Velflito viešoji biblioteka (Masačusetsas) man tapo jaukiais namais – čia turėjau labai reikalingą atskirtį ir parašiau didelę šios knygos dalį. Amerikos akademijoje Berlyne turėjau puikias sąlygas šią knygą baigti.

Abu mano viršininkai – medicinos mokslų dr. Jamesas Madara, M. D. (Čikagos medicinos centro generalinis direktorius, taip pat šio centro viceprezidentas medicinos reikalams ir Čikagos universiteto Pritckero medicinos mokyklos dekanas ir profesorius) ir Johnas McCarteris jaunesnysis (Fildo muziejaus generalinis direktorius) – palaikė šį projektą ir būtinus jam įgyvendinti tyrimus. Nepaprastai malonu dirbti, turint tokius įžvalgius ir supratingus vadovus.

Man teko didelė laimė dėstyti Čikagos universitete ir susipažinti su Pritzkerio medicinos mokyklos vadovais. Dekanės Holly Humphrey ir Hali-

na Bruckner mielai priėmė į savo komandą paleontologą. Bendraudamas su jomis, turėjau progos tinkamai įvertinti sudėtingas problemas, su kuriomis susiduria žmonės, teikiantys pagrindinį medicininį išsilavinimą.

Man buvo nepaprastai malonu bendradarbiauti su Fildo muziejumi Čikagoje, kur man suteikė galimybę dirbti su unikaliais žmonėmis, atsidavusiais mokslo atradimams, mokslinių laimėjimų taikymui gyvenime ir jų plėtrai. Tai mano kolegos Elizabeth Babcock, Josephas Brennanas, Sheila Cawley, Jimas Croftas, Lance'as Grande'as, Melissa Hilton, Edas Horneris, Debra Moskovits, Laura Sadler, Seanas VanDerzielis ir Diane White. Už palaikymą, patarimus ir skatinimą dirbti taip pat dėkingas Fildo muziejaus Globėjų valdybos Mokslo komiteto nariams – Jamesui L. Alexanderiui ir Adele'i S. Simmons.

Ačiū savo atstovei Katinkai Matson, sumanymą parašyti šią knygą padėjusiai paversti siūlymu ir teikusiai patarimus visą jos rengimo laikotarpį.

Man teko didelė garbė dirbti su Marty Asheriu, mano redaktoriumi. Būdamas kantrus mokytojas, nešykštėjo naudingų patarimų, netaupė savo laiko ir negailėjo įvertinimų, padėjusių man eiti tinkamu keliu. Zachary Wagmanas į šį projektą įnešė neįkainojamą indėlį dosniai atiduodamas savo laiko, įgudusia redaktoriaus akimi vertindamas tekstą ir suteikdamas naudingų patarimų. Danas Frankas davė keletą įžvalgių minčių, padėjusių man kitaip vertinti darbą rašant šią knygą.

Jolanta Benal gerokai pakoregavo mano tekstą, ir jis tapo nepalyginamai geresnis, nei pradinis variantas. Taip pat nuoširdžiai dėkoju Ellen Feldman, Kristenui Bearse'ui ir visai komandai, kurie dirbo, negailėdami jėgų, kad ši knyga būtų išspausdinta numatytu laiku.

Mano tėvai Gloria ir Seymouras Shubinai visada tikėjo, kad knygą parašysiu, net ir tada, kai aš pats to net nenutuokiau. Vargu ar man būtų pavykę išspausti bent vieną žodelį, jeigu jie nebūtų manimi tikėję ir mane palaikę.

Mano žmona Michele Seidl ir mūsų vaikai Nathanielis ir Hannah gyveno kartu su žuvimis – su tiktaaliku ir su šia knyga – beveik ištisus dvejus metus. Michele perskaitė kiekvieną rankraščio puslapį ir pateikė naudingų komentarų. Ji kantriai iškentė daugybę savaitgalių, kuriuos aš praleidau, rašydamas knygą. Jos kantrumas ir meilė mane įkvėpė.

RODYKLĖ

A
Acanthostega gunnari
akių formavimasis
Akselis, Ričardas (*Richard Axel*)
aktinija
akys
aleurolito uoliena
Aliaska
alkoholio vartojimas, poveikis
Amazonė
Amerikos gamtos istorijos muziejus
Amerikos vakaruose
Amphioxus
aniridija
ankstyvieji žinduoliai
apibrėžtos savybės
„Apie galūnių prigimtį“ (*On the Nature of Limbs*) (R. Ovenas)
aplinka
apnėja
Apollo 8 erdvėlaivis
apribojimai
apsigimimai
apskritažiomeniai
aptiktos fosilijos
apvaisinimas
Arentas, Detlevas (*Detlev Arendt*)
Arizona
Arkties vietovės
Arktis, *žr*. Arkties radimvietės
aštrumas
atkūrimas
atmosferos deguonies kiekis
atradimas
audiniai
aukšto dažnio garsų suvokimas
ausies būgnelis
ausies kaušelis
ausis, vidinė
Australija
Australopithecus afarensis
ausų nebuvimas
ausys
A vitamino injekcijos

B
Bak, Linda (*Buck, Linda*)
bakterijos
Balfuras, Frensis Meiltendas (*Francis Maitland Balfour*)
baltieji lokiai
banginiai
beakiai mutantai
beakystė (*eyeless*)
Belas, Čarlzas (*Sir Charles Bell*)
bendri genai

bendri genetiniai mechanizmai
bestuburiai
bežandžiai
beždžionės, Senasis pasaulis
Bilateralia
biologinė raida
blastocista
BMP-4 genas
Boras, Martinas (*Martin Borras*)
buožgalviai

C
Cetacea (banginiai)
Choanoflagellatea vienaląsčiai
chorda
chromosomos
corrugator supercilli (suraukiamasis antakių raumuo)
cukrinis diabetas
Cvilingas, Edgaras (*Edgar Zwilling*)

D
dabartiniai
Danas, Rendis (*Dahn, Randy*)
dantų sąkandis
dantys
darbo pasidalijimas
Darvinas, Čarlzas (*Darwin, Charles*)
daugiašerės žieduotosios kirmėlės (*Polychaeta*)
Daunsas, Džeisonas (*Downs, Jason*)
Daunsas, Vilas (*Downs, Willy*)
deguonis, atmosferinis
delfinai
dėl mutacijų nefunkcionuojantys genai
dentinas
depressor anguli oris (nuleidžiamasis lūpų kampo raumuo)
de Robertisas, Edis
Dešler, Deizė (*Daeschler Deize*)
Dešler, Tedas (*Daeschler, Tad*)
devono laikotarpis
devono topografija
diafragminis nervas
didelės uolienų atodangos
diena ir naktis
dinozaurai
DNR
DNR gijos padėtis
dumbliai
dvikojiškumas
dvikvėpės žuvys
dvivamzdė sandara
dvyniai
Dženkinsas, Ferišas, jaunesnysis (*Farish A. Jenkins, Jr.*)

E
Ediakaras, laikotarpis
Eizenhaueris, Dvaitas (*Eisenhower, Dwite*)
„ekonomiško genotipo“ hipotezė
Elsmyro sala
emalis
Emaralas, Bilas (*Bill Amaral*)
embriologinis galūnių vystymasis
embrionai
Embris, Eštonas (*Embry, Ashton*)
energijos suvartojimas
Eozostrodon
eskimai
Eusthenopteron
Everestas
evoliucinis protėvis

ežio (*hedgehog*) genai
ežiuko Soniko genas
ežys (*hedgehog*)

F
Finertis, Džonas (*Finnerty, John*)
Fogtas, Valteris (*Walter Scott*)
fon Bėras, Karlas Ernestas (*Karl Ernest von Baer*)
fosilijų preparuotojai
fosilijų radimvietės
fosilizacija
fosilizacijai palankios uolienos
fotoaparato principas
fotoreceptoriai

G
Galilėjus, Galileo (*Galileo Galilei*)
galūnės
galūnės, embriologinis vystymasis
galūnių kaulai
galūnių užuomazgos
galva
galvą su išange jungianti ašis
galvos nervai
galvos padėties suvokimas
Gaseling, Merė
Gaspė pusiasalis
Gaupas, Ernestas (*Ernst Gaupp*)
gebėjimas daryti atsispaudimus
Gegenbauras, Karlas
Geitsis, Stivas (*Steve Gatesy*)
gemalo sluoksniai
genai
genetinės mutacijos
genetiniai jungikliai
genetinis formavimas
genomai
geologija
Geringas, Valteris (*Walter Gehring*)
gerklė
gerklos
Getė, Johanas (*Johann Goethe*)
Giladas Iovas
giminystės modeliai
Giurichas, Martinas (*Martin Gurich*)
Glesneris, Martinas (*Martin Glaessner*)
Gobio dykuma
gražuolių konkursas, vertinimas
Gregoris, V. K.
greitėjimas, greitėjimo suvokimas
Grenlandija
griaučiai
grobuoniškumas
gūbreliai
gyvybė, istorija

H
hainerpetonas (*Hynerpeton*)
Hakslis, Tomas (*Haksli, Thom*)
Harlandas, Ričardas (*Harland Richard*)
Hekelis, Ernstas (*Ernst Haeckel*)
hemorojus
Heronas Aleksandrietis
hidroksiapatitas
hioidinio lanko viršutinis segmentas
Hitleris, Adolfas (*Adolf Hitler*)
Hodž, Mildred (*Mildred Hoge*)
homeoboksas
hominidai
Hox
Hox genai
hyomandibulare

I, Į, Y
Ichthyostega soderberghi
ideali vieta
Ingamas, Filas (*Phil Ingham*)
insultas
Inuit Qaujimajatuqangit Katimajiit
išėjimas į sausumą
išgavimas
išilginė ašis
išorinės vyriškosios lytinės liaukos
įspaudai
išsidėstęs
išvaržos
įaugimo stadija
įgalintas
į žinduolius panašūs

J
Jarvikas, Erikas (*Erik Jarvik*)
Jukonas
Juros laikotarpis
Juta

K
kaip tarpinė forma
kaklas
kalkakmenių uolienos
kambro laikotarpis
kardioencefalomiopatija
kasinėjimas
Katskilio kalnų darinio topografija
Katskilio kalnų darinys
Kaufmanas, Tomas (*Tom Kauffman*)
kaukolė
kaulai, skydaodžių
Kechinas, Gao (*Gao Kequin*)
keitimas
kelio traumos
kepenys
keturkojis
kiekis
kietumas
kilmė
kilpelės
King, Nikolė (*Nicole King*)
Kinija
kirmėlės
Kiuvjė, Žoržas (*Cuvier, George*)
kladistika
klajoklinis, nervas
klausos kauleliai
klausos nervas
klausos organai, *žr*. ausys
klausos organų nebuvimas (*earlessness*)
Klek, Dženi (*Jenny Clack*)
klimato kaitos požymiai
klubai, padėtis
kolagenai
kompaktiškumas
koncepcija
Konektikutas
konodontai
kosmoso liga
kosmoso programa
kraujospūdis
kraujotakos sistema
kreidos laikotarpis
kreipiamoji ašis
kremzlė
kremzlinės
kriterijai
krokodilai
krūtinės ląstos raumenys
kūnai, kilmė

kūno sandara
kūno šarvai
kūno schema
kūnų ląstelės
kvapų išskyrimas
kvapų molekulės
kvėpavimo organai

L
laikotarpiai, geologiniai
laimingas atsitiktinumas
„Lašas“ (*The Blob*), filmas
ląstelės viduje
ląstelių aktyvumas
ląstelių išdėstymas
ląstelių įvairovė
ląstelių sąveika
ląstelių sukibimas
Lepidosiren paradoxa
lęšiukas
Levinas, Maikas (*Mike Levine*)
liežuvinis ryklės nervas
ligos, žmonių
lytinės liaukos

M
Makginis, Bilas (*Bill McGinnis*)
Makmahonas, Endis (*Andy MacMahon*)
Mangold, Hilda (*Hilda Mangold*)
Marokas
Martindeilas, Markas (*Martindale Mark*)
Masekas, Bobas (*Bob Masek*)
medūza
medžiotojai ir rinkėjai
Melvilio sala
metamorfinės uolienos
mezozojaus era
mikrobai
miksinos
mimika, raumenys
minkštieji audiniai
miškai, senoviniai
mitochondrijos
mitybos įpročiai
Mokslo ir pramonės muziejus
molekulinė biologija
molekulinė sandara
momenėlis
Morganucodon
Mulisonas, Fredas (*Fred Mullison*)
mutacijos
mutantas
mutavę genai

N
Namibija
nasrai
Naujoji Škotija
nefunkcionuojantis
nėgės
negimdinis nėštumas
nervai
nerviniai gumburėliai
nervinis vamzdelis
nervų ląstelių receptoriai
netaisyklingas vystymasis
Nilas, Džeimsas (*James Neel*)
nistagmas
Nobelio (*Nobel*) premija
Noggin genas
nosies dariniai
nosies sandara

Nunavuto seniūnių taryba
nuosėdinės uolienos
nušvietimas žiniasklaidoje
nutukimas
nykštys

O
oda
Okenas, Lorencas (*Lorenz Oken*)
Olsenas, Polas (*Paul Olsen*)
„ontogenezė pakartoja filogenezę“
opsinas
oralinė-aboralinė ašis
ore ir vandenyje
„organizatorius“
Otx genas
Ovenas, Ričardas (*Richard Owen*)

P
padėties suvokimas
pakitęs roplio žandikaulis
pakitęs žuvies kaulas
palanki aplinka senovėje
paleontologinės ekspedicijos
paleontologinis metraštis
Panderis, Kristianas (*Christian Pander*)
Paracoccus denitrificans
paraiškos dotacijoms
parfumerijos pramonė
paveldimas kintamumas
Pax 2 genas
Pax 6 genas
pėdos, dinozauro
pėdsakai, fosilijų
pelekai
peleko griaučiai
Pensilvanija
petys
Pietų Afrika
pilvo ir nugaros ašis
pintys
pirmieji eksperimentai
pirštai
plaktukas
planavimas
plaučiai
plaukai
plaukuotosios ląstelės
plėšriosios žuvys
plėšrumas
plėvelė
plokščiagalvės
plokščiagyviai
plunksnos
poliarizuotos veiklos zona (PVZ)
poliežuvinis (hioidinis) kaulas
Poršė, Ferdinandas (*Ferdinand Porsche*)
priekalas
primatuose su spalvų matymu
prognozavimas
pronacija ir supinacija
proporcijos
proteoglikano kompleksas
protokolas
pulpa

R
racionas, atspindėtas
ragena
Raichertas, Karlas (*Karl Reichert*)
rainelė
rajos
Ramires, Nino (*Nino Ramirez*)
„Ranka, jos mechanizmas ir esminės

funkcijos kaip aukštesnės prasmės įrodymas“ (*The Hand, Its Mechanism and Vital Endowments as Evincing Design*) (Belas)
rankos
raumenys
rega
regos nervas
regos signalų apdorojimas
retenybė
riebalų kaupimas
riešas
roplys
Rusija
rūšių mainai
rykliai

S

Sacharos dykuma
Saganas, Karlas (*Carl Sagan*)
sąkandis, dantų
salamandros
Samerbelas, Denisas (*Denis Summerbell*)
sandara
sausumos stuburiniai, kilmė
sąveikaujantis
Save-Soderbergas, Gunaras (*Gunnar Save-Soderbergh*)
savybės
segmentacija
segmentinė sandara
segmentinis
Sen-Ileris, Žofrua (*Geoffroy St. Hiliare*)
senovinė aplinka
senoviniai miškai
sistematika
skalūnų uolienos
Skotas, Metas (*Matt Scott*)
skrodimas, medicininis
skydaodžiai
slanksteliai
smegenų kamienas
smegenų kamieno reguliuojamas kvėpavimas
smegenys
smiltainių uolienos
Sondersas, Džonas (*John Saunders*)
Sonikas (*Sonic*)
spalva
spalvų matymas
Sprigas, Redžinaldas (*Reginald Sprigg*)
Streptococcus
stuburiniai
stuburiniai prieš bestuburius
stuburo smegenys
sudėtinės dalys
sudėtingumas
sudilimo pobūdis
supinacija
susiję akių raumenys
spalvų matymas
svarbiausi pereinamieji etapai

Š

Šafas, Čakas (*Chuck Schaff*)
šaknys
šeimos linija
širdies ligos
šlaunikaulis
Špėmanas, Hansas (*Hans Spemann*)
šviesą sugaunančios molekulės

T
takeliai
tarpinės formos
tarpląsteliniai tarpai
Teibinas, Klifas (*Cliff Tabin*)
tiktaalikas
tinklainė
triaso laikotarpis
trišakis nervas
triteledontai
tritonų ikrai
turtingi fosilijų sluoksniai
uolienų amžius
uolų atodangos
uoslė
uoslės nervas
uoslės receptoriai
uodžiamasis epitelis
upės, senovinės
užspringimas

V
vaisinės muselės
varikozinis venų išsiplėtimas
varlės, pirmosios
varliagyviai
veidinis nervas
veidrodinis padvigubėjimas
vertė išgyventi
vėžys
vidurinė ausis
vietinis
Vilsonas, H. V. P. (*H. V. P. Wilson*)
viršugalvis
virusai
vištų kiaušiniuose
vulkaninės kilmės uolienos
vystymasis (raida)
raidos sutrikimas

Ž
žagsėjimas
žandikaulis
žastikaulis
„žemės metų“ analogija
žiauninė cista
žiaunų lankas
žiaunų plyšiai
žinduoliai
žinduoliai, ankstyvieji
žmogaus
„Žmogaus genomo projektas“
žuvys
žvalgymas
žvynai

Shubin, Neil

Sh-17 Žuvis tavyje : prieš 3,5 mlrd. metų prasidėjusi žmogaus kūno istorija / Neil Shubin ; iš anglų kalbos vertė Ovidijus Stokys. – Vilnius : Eugrimas, 2013. – 224 p. : iliustr.

ISBN 978-609-437-156-1

Paleontologas ir anatomas Neilas Šubinas knygoje „Žuvis tavyje“ pateikia naują žmogaus kūno kilmės teoriją. Ekspedicijų ir kasinėjimų metu aptiktų fosilijų sandaros ir DNR struktūros bei žmogaus anatomijos tyrinėjimai atskleidžia esmines sąsajas, verčiančias mus tapatintis su žuvimis. Visa tai padeda paaiškinti ne tik genų mutacijų, nulėmusių anatominius kūno pasikeitimus, priežastis, bet ir leidžia priartėti prie vieno fundamentalaus gyvosios gamtos principo atradimo. Tokios netikėtos išvados suteikia galimybę pažvelgti į save ir supantį pasaulį visai kitomis akimis.

UDK 575.8+611+572

Neil Shubin

ŽUVIS TAVYJE

PRIEŠ 3,5 MLRD. METŲ PRASIDĖJUSI ŽMOGAUS KŪNO ISTORIJA

Projekto vadovė *Vaiva Švagždienė*
Redaktorė *Ona Balkevičienė*
Mokslinė redaktorė *Danutė Rimšienė*
Mokslinė konsultantė *Ingrida Merkytė*
Maketuotojos *Jurgita Petrulytė* ir *Dovilė Kuliešienė*
Viršelio dailininkai *Jurgita Petrulytė* ir *Artūras Babušis*

Išleido
Leidykla „Eugrimas“, Kalvarijų g. 98-42, LT-08211 Vilnius
Tel./faks. (8 5) 273 39 55, el. p. info@eugrimas.lt, www.eugrimas.lt

Spausdino
UAB „BALTO print“, Utenos g. 41a, LT-08217 Vilnius