

Paradigminės klaidos senajame biomedicinos moksle

Albertas Skurvydas

Lietuvos kūno kultūros akademijos Taikomosios fiziologijos ir sporto medicinos katedros
Žmogaus motorikos laboratorija

Raktažodžiai: biomedicinos mokslas, determinizmas, redukcionizmas, sudėtingos ir dinaminės sistemos, paradigma.

Santrauka. Straipsnio tikslas – apžvelgti pagrindinius deterministinio ir redukcionistinio mąstymo biomedicinos moksle trūkumus ir numatyti jų šalinimo būdus. Dabartinė biomedicinos mokslo tyrimo paradigma dar neatmetė pagrindinių senojo mokslo klaidų – absoliutaus determinizmo ir redukcionizmo. Šios klaidos siaurina mokslininkų matymą ir mąstymą tiriant sudėtingus ir dinamiškus gyvųjų organizmo fenomenus ir mechanizmus. Dabar visame pasaulyje vyksta mokslo paradigmos diskusijos, kurios skatina naujosios mokslo paradigmos – sudėtingų dinaminių sistemų plėtrą. Vis didesnis dėmesys skiriamas chaoso teorijos pritaikymui tiriant gyvąsias sistemas. Taigi, ateitis parodys, kas nugalės – senasis ar naujasis mokslas. Pagrindinė išvada yra ta, kad neteisingai taikomas deterministinis ir redukcionistinis mąstymas gali žymiai daugiau pakenkti nei padėti biomedicinos mokslui.

Ivadas

Šiuolaikinis biomedicinos mokslas kol kas yra per-smelktas deterministinio ir redukcionistinio mąstymo (požiūrio) (taip vadinamojo senojo mokslo), nepaisant to, kad retkarčiais (tai yra vis dažniau) biomedicinos srities mokslininkai vis labiau remiasi konstruktyvizmo, kritinio racionalizmo, funkcionalizmo ir sudėtingųjų dinaminių sistemų tyrimo paradigmomis ir metodologijomis (1–5). Taigi, remiasi postmodernistinėmis (arba naujojo mokslo) metodologijomis (6).

Žinios (žinojimas) šiuolaikinėje biomedicinoje kaip ir visame moksle – tai įteisinta (pripažinta, susitarta) tikėtina tiesa. Tiesos įteisinimas įmanomas tik remiantis logikos taisyklėmis ir daug kartų patikrinta patirtimi. Tačiau tiesos įteisinimas automatiškai dar nerodo jos teisingumo. Kaip teigia K. R. Popper (7), mokslas visada prasideda nuo problemų ir visada jomis baigiasi. Panašias idėjas kėlė ir Nobelio premijos laureatas I. Prigogine (8). Pasak jo, dabar mokslas pasiekė tokią stadiją, kai mažiau yra aišku nei neaišku. I. Prigogine (8) nuomone, mokslas privalo „žiūrėti realybei į akis“, visiškai nebijodamas realybės sudėtingumo. Taigi, mokslas negali apsiriboti tirti tik jam patogius, dažniausiai tvarkingus (jie dažniau pasitaiko laboratorijose nei realiame gyvenime) bei nuspėjamus fenomenus – pirmiausia jis privalo paaiškinti ir tokius fenomenus, kurių elgsenos negalima tiksliai nuspėti ir tiksliai valdyti. Taigi, mokslas privalo paaiškinti ir tai, kuo jis nėra visiškai tikras. Tokie fenomenai

dažniausiai vadinami chaosu (chaosas – tai ne betvar-kė, bet sudėtinga tvarka). Gyvosios sistemos dažniausiai elgiasi kaip chaotinės sistemos, bet jos savyje turi ir labai daug tvarkos, t. y. jose yra deterministinių mechanizmų. Gyvųjų sistemų tvarkinga elgsena, galima sakyti, formuojasi iš deterministinių mechanizmų visumos, kuri yra labiau panaši į chaosą (5, 9–12). Kaip teigia I. Prigogine (8), gyvųjų sistemų tvarka formuojasi ne iš tvarkos, bet iš chaoso, t. y. iš sudėtingos tvarkos.

Manau, kad pats metas ir biomedicinos srities mokslininkams atsisakyti akivaizdžių deterministinio ir redukcionistinio mąstymo klaidų. Deterministinio mąstymo klaida – tai tikėjimas, kad žmogaus organizmas veikia kaip tiksliai sutvarkytas mechanizmas („mašina“), pvz., organizmas – tai tiksliai veikiančių (prognozuojamų, t. y. deterministinių) mechanizmų suma. Redukcionistinio mąstymo klaida pasireiškia tikėjimu, kad, norint pažinti, tarkime, žmogaus organizmą, būtina jį „suskaldyti“ į kuo mažesnes dalis (taip vadinamuosius „atominus“ mechanizmus, „plytas“) (pvz., genus), nes, pasak redukcionistų, organizmo visuma – tai „atominių“ mechanizmų suma (13). Tai mąstymas, kuris teigia, kad, pažinus žmogaus genų struktūrą, galėsime aiškiai suprasti, kaip veikia visas organizmas. Iš karto turiu perspėti skaitytoją, kad ir determinizmas, ir redukcionizmas turi labai daug gerų bruožų, bet, kaip minėjau, turi ir nemažai trūkumų.

Pagrindinis straipsnio tikslas – apžvelgti pagrindinius deterministinio ir redukcjonistinio mąstymo biomedicinos moksle (senojo biomedicinos mokslo) trūkumus ir numatyti jų šalinimo būdus pasitelkiant naujojo biomedicinos mokslo metodologiją.

Senojo biomedicinos mokslo klaidos

Ar mokslinė tiesa biomedicinos moksle priklauso nuo mokslo paradigmos?

Dabar vyksta mokslo paradigmos kaita (antroji mokslo revoliucija): klasikinė senojo mokslo paradigma (deterministinė ir redukcjonistinė) užleidžia vietą (nors ir labai sunkiai) naujojo mokslo – sudėtingųjų (kompleksinių) sistemų dinamikos paradigmai (3, 8, 13–16). Mokslo bendruomenės naująją mokslo paradigmą įvardija įvairiai: postmoderniojo mokslo, evoliucinė, naujojo mokslo, sudėtingųjų dinaminių sistemų, chaoso, kompleksiško, netiesinio mąstymo, mokslo humanizavimo, konstruktyvine paradigma (11, 12, 17–19). Naujojo mokslo paradigma ištaiso senosios paradigmos klaidas: absoliutaus objektyvizmo, aiškumo, apibrėžtumo, deterministinio priežastingumo, prognozuojamumo, redukcjonizmo bei mokslo dehumanizavimo. Naujojo mokslo paradigma atsirado su kompleksiško, netiesiško, dinamiško, neapibrėžtumo, neįrodomumo, žinių stygiu žinojime, mokslo humanizavimo bei chaoso ir spontaniškumo pasirodymu moksle ir praktikoje (12, 20–23).

Šiandien konkuruoja (nors dažnai tai sunkiai įžiūrima) senasis – deterministinis ar mechanistinis mąstymas (paradigma), pagrįstas absoliutaus aiškumo ir objektyvumo siekiu, su naujuoju – dinaminių sudėtingųjų (kompleksinių) sistemų mąstymu, kuris nesuabsoliutina pažinimo galimybės ir vis labiau supranta, jog kiekvienas pažinimas priklauso ne tik nuo subjekto silpnųjų, bet ir nuo objekto sudėtingumo. Kas dabar laimi? Nėra abejonės, kad senasis, labiau patyręs ir labiau „užtarėjų“ turintis mokslas. Tačiau pergalė yra gana trapi, nes įvairių mokslų mokslininkai drąsiai kelia senojo mokslo trūkumus ir rodo naujojo mokslo privalumus (24–27).

Vis labiau suprantama, kad silpnoji mokslų vieta yra ne jų specifiniai metodai ir įgūdžiai, bet jų metodologijos, bendroji mokslo kultūra (paradigma) ir mokslo bendruomenės tyrimo kultūra. Jei būsimieji ištikimi mokslo vertybėmis, jis (mokslas) gali mums nurodyti, kada esame apgaudinėjami, kada mes klystame ir kada mes iš tikrųjų esame teisūs. Tai yra dar vienas argumentas, kodėl biomedicinos mokslo (kaip ir kiekvieno kito) galia labai daug priklauso nuo mokslo bendruomenės mąstymo paradigmos (kultūros, vertybių).

Naujo supratimo būtina sąlyga – tai supratimas, ko nesupranti

Pasak G. M. Weinberg (27), naujo supratimo (sužinojimo) pradžios būtina sąlyga yra supratimas, ko nesupranti. Todėl, kai aš teigiu, kad aš viską suprantu, tai iš tikrųjų reiškia, kad aš nieko nauja nesuprantu. Pasak K. Popper (7), nėra galutinių pažinimo šaltinių – sveikintinas kiekvienas šaltinis, kiekvienas pasiūlymas ir kiekvienas šaltinis kaip ir kiekvienas pasiūlymas yra atviras kritiniam tyrinėjimui. Todėl pirmiausia turėtume sutikti, kad biomedicinos moksle yra nepalyginamai daugiau klausimų nei atsakymų. Savęs nei kitų neturėtume klaidinti teigdami, pvz., „tuoj, tuoj palaukite ir mes sugebėsime išgydyti žmones nuo bet kokios ligos“. Tai yra deterministinis mąstymas. I. Prigogine (8) teigia, kad žmogus jau seniai yra pralaimėjęs kovą prieš gamtą. Taigi, gamta mus įveikė savo sudėtingumu, neprognozuojamumu, įvairumu, kurio visiškai pažinti žmonija nepajėgi. Mes, biomedicinos mokslo tyrėjai, privalome dažnai priimti sprendimus, t. y. daryti išvadas, nesant aiškių ir (ar) teisingų prielaidų. Visos mūsų išvados yra ne absoliučiai teisingos, bet mažiau ar daugiau tikėtinos, kad teisingos. Ir tai priklauso dažniausiai ne nuo vieno argumento, rodančio išvados teisingumą, bet nuo jų visumos, konteksto. Nors ir nežymiai pasikeitus kontekstui, būtina peržiūrėti teorijas, principus, dėsnius, kurie iki tol atrodė patikimi.

Ar mokslinė tiesa yra atrandama ar sukonstruojama?

Mokslo paskirtis yra atrasti, sukurti, tobulinti ir paaiškinti realybę (tikrovę). Kaip teigia R. Sole ir B. Goodwin (26), mes galime nesugebėti valdyti daug sudėtingų fenomenų, bet tai dar nereiškia, kad mes negalime jų perprasti. Tačiau supratimas dar nerodo, ar mes suprantame teisingai. Deterministinis mąstymas griežtai pasisako už tai, kad mokslinė tiesa yra objektyvi ir yra atrandama (bet ne sukuriamą ar sukonstruojamą) realybėje (8). Taigi, jis pasisako už tai, kad mokslinių tiesų negalima sukonstruoti, nes jos savaime yra realybėje ir jas belieka tik atrasti. Pavyzdžiui, šių dienų fiziologas dažniausiai ieško, bet nekuria mechanizmo, pagal kurį veikia viena ar kita organizmo dalis. Tai yra klaida, kai manoma, jog atradome „neginčijamą“ mechanizmą. Bet dažniausiai būna taip, kad tuo pačiu metu veikia labai daug mechanizmų ir vienam nors šiek tiek pakitus, pakinta ir visa sistemos būseną. Taigi, jei iš principo būtų galima pažinti visus mechanizmus ir jų galimas sąveikas, tada deterministinis mąstymas tiktų. Tačiau visų sąveikų iš principo

negalime ir negalėsime pažinti, nes jų yra neapskaičiuojamai daug (4, 28, 29). Be to, jos nuolat kinta ir tą daro netolygiai. Čia mes, galima sakyti, pralaimime, nes neturime tokių didelių galių tiek daug pažinti. Kol kas?

Redukcionizmo klaida

Klasikinis redukcionizmas teigia, kad, norint pažinti visumą, ją būtina pažinti dalimis, nes visuma, kaip jie teigia, yra tiksli dalių suma (11, 13, 30, 31). Redukcionistinė tyrimo metodologija daugeliu atvejų, pasak W. C. Wimsatt (31), yra labai veiksmi, tačiau pats sunkiausias klausimas – kaip nustatyti, kada ji tinka. Viena iš didžiausių senosios paradigmos klaidų fiziologijoje – tai teigimas, kad visas organizmas – tai tiksliai veikiančių mechanizmų suma. Ši paradigmė klaida fiziologus vedė tik vienu keliu – redukcionistiniu (2, 9, 23, 32). Taigi, pats populiariausias žodis fiziologijoje tapo „mechanizmas“. Nėra blogai, kad fiziologai tiria organizmo funkcijų mechanizmus, blogai yra tai, kad jis (mechanizmas) tapo ne tik mada, bet ir universalia koncepcija. Jei šiuolaikinės biomedicinos mokslininkai galvotų vien tik apie molekules, genus, organus ar jų sistemas, tai būtų didžiulė metodologinė klaida. Mokslo fundamentalumas negali būti vertinamas tiriamo objekto dydžiu, pvz., ar tikrai molekulė yra „moksliškesnė“ už ląstelę, atomas už molekulę, kvarkas už atomą ir t. t. O gal priešingai? Šiuolaikinė biomedicina privalo remtis tiek redukcionistine, tiek ir holistine metodologijomis. O gal geriausiai būtų atrasti vidurį, pvz., remtis naujuoju holizmu ir naujuoju redukcionizmu?

Ar biomedicinos mokslas yra „Molio Motiejus“?

Mokslas, kaip ir kiekvienas žmogaus sukurtas produktas, pasižymi visomis žmogiškosiomis silpnybėmis: jis žymiai mažiau gali padėti žmogui nei šis norėtų (7, 8, 33). Žmonės, kurie iš mokslo laukia stebuklų, dažnai realų, t. y. klystantį mokslą vadina net „Molio Motiejumi“ (34). Vienas svarbiausių mokslo tikslų, pasak medicinos mokslo Nobelio premijos laureato P. Medawar (35) ir J. D. Barrow (36), yra stengtis suprasti, ką gali ir ko negali mokslas. Šie autoriai vienareikšmiškai teigia, kad mokslo galia yra nepalyginamai mažesnė lyginant su mus supančiu neaiškumu. Mokslas visų žmonijos problemų negali išspręsti. O kaip sužinoti, kokius darbus turi atlikti mokslas ir kokiems darbams jis nėra pasirengęs (o tik yra „Molio Motiejus“), kaip teigia H. Collins ir T. Pinch (34)? Tam padeda sveikas ir kritiškas protas. Kaip nebūtų gaila, šiuolaikinis biomedicinos mokslas dažnai linkęs

užsidaryti savo „kiaute“. Taip jis praranda ne tik kitų mokslų pažintį, bet svarbiausia – jų pagarbą.

Kaip beatrodytų keista, visos senjojo mokslo viltys matyti absoliučiai objektyvų, racionalų ir neginčijamais faktais grįstą mokslą dabar subliūško dėl naujojo mokslo pasiekimų. Visuomenė iš mokslo neturi reikalauti nematytų stebuklų (nors dažnai atrodo, kad mokslas yra „stebukladarys“), kuo labiau išprususi visuomenė ir labiau supranta, kas tai yra mokslas, tuo labiau ji su mokslu šnekasi paprastesne ir realesne kalba. Tada mokslas nebus apšauktas nevykėliu, jei jis neparodys „stebuklų“. Kad taip būtų, būtina jau bendrojo lavinimo mokyklose supažindinti moksleivius, ką realiai gali ir ko negali mokslas. Dabar mokyklose moksleiviai mokomi didžiulės netiesos, būtent, kad mokslas gali viską. Dar prie to dažnai prisideda ir universitetai, kurie pagal savo misiją tikrai to neturėtų daryti.

Ar biomedicinos mokslo objekto pažinimas yra deterministinis ar nedeterministinis?

Mus supanti realybė yra labai įvairi: joje galima rasti ir labai daug tvarkos, chaoso ir grynos betvarkės (4, 9, 29, 37, 38). Todėl mus supančią realybę, ypač gyvąsias sistemas negalima pažinti viena metodologija (viena mokslo kalba), bet tą būtina daryti taikant daugelį metodologijų. Gyvoji sistema – tai dinamiška ir labai dažnai chaotiška sistema. Dažnai to mes net nepastebime, nes dažnai gyvosiose sistemose iš chaoso formuojasi tvarka (8). Taigi, gyvosios sistemos būseną (jos savybės) kinta paties tyrimo metu: jos (jei iš tikrųjų yra gyvoji sistema) savybės pasikeitė savaime. Todėl galima sakyti, kad gyvosios sistemos būsenos negalima labai tiksliai nustatyti, nes kol nustatėme vienas sistemos savybes, pasikeitė kitos.

Ar svarbūs biomedicinoje dėsniai?

Pastebėta, kad, biologijoje dėsniai (priešingai fizikai) nėra pagrindinė gyvųjų sistemų pažinimo „plyta“ (39, 40). Jei biologijoje dėsniai ir pasireiškia, tai jie niekada nėra gryni, t. y., *Ceteris Paribus* sąlygose. Greičiau biologijos dėsniai yra tarpusavyje susiję ir jų pasireiškimas priklauso nuo konteksto (6, 23, 25, 41). Šiuolaikinėje biologijoje vis didesnę vaidmenį atlieka sudėtingųjų (kompleksinių) dinaminių sistemų paradigma. Niekada gyvosios sistemos neveikia pagal vieną mechanizmą ar pagal vieną dėsni. Biologijos dėsniai, galima sakyti, yra daugelio dėsnių netiesinė suma (23). Todėl naujasis biomedicinos mokslas teigia, kad gyvųjų sistemų elgsenoje sunku rasti „sterilų“ dėsni.

Senojo biomedicinos mokslo klaidų šalinimo būdai***Ar yra geriausias tiesos konstravimo būdas biomedicinos moksle?***

Nėra ir negali būti geriausios mokslo metodologijos, todėl daugelio metodologijų kūrybingas taikymas, atsižvelgiant į tyrimo tikslą ir objektą, kol kas pats geriausias požiūris, kurį atrado, sukūrė ir priėmė pasaulio mokslo bendruomenė. Mokslininkai dažnai sugeba atlikti pažangius tyrimus, bet nelabai geba paaiškinti, kas yra mokslo pažanga. Nors daug yra bendrųjų visiems mokslams mokslinio metodo (metodologijos) bruožų, bet kiekvienas mokslas (ar biologija, ar fizika, ar medicina, ar sporto mokslas) pasižymi tam tikru specifiskumu (specifine metodologija). Deja, ji dažniausiai yra mažiausiai ištirta ir mokslo bendruomenių priimta kaip tiesa. Vienos metodologijos atkaklus taikymas – tai mokslinio „kvailumo“ bruožas. Tas bruožas, kaip rodo pasaulio mokslo patirtis, lengviausiai yra šalinamas studijuojant daugelį metodologijų neužsidarant viename moksle.

Ar galima struktūriškai apibrėžti mokslinės tiesos konstravimo būdą biomedicinoje?

Mokslo metodologijos studijos nuo seno yra labai populiarios pasaulyje (42–46), tačiau trūksta naujojo mokslo – sudėtingųjų dinaminių sistemų metodologijos studijų, kuriose būtų ypač akcentuojama mokslinė kūryba. Mokslinės kūrybos kol kas niekas nesugebėjo struktūriškai aprašyti tiksliais taisyklėmis. Labiausiai mokslinė kūryba yra reikalinga originalių hipotezių (teorijų) formulavimui. Hipotezių negalima sukurti pagal tam tikrą mechanizmą ar šabloną – dažniausiai ji gimsta intuityviai, remiantis tam tikromis prielaidomis, teorijomis, faktais. Kuo originalesnė hipotezė, tuo ji toliau nuo turimų empirinių faktų ir teorijų. Mokslinės tiesos konstravimas, galima sakyti, susideda iš dviejų skirtingų nenutrūkstamų procesų: a) hipotezės (teorijos) konstravimo, b) jos patikrinimo. Ir tai vyksta nuolatos – retkarčiais netgi pasiseka. Štai kodėl visi mokslininkai „geriausiai“ išmano metodologiją, nes lengviausiai yra suklysti ten, kur mažiausiai žinai, jog nežinai. Tai yra gana rimtas argumentas, kodėl biomedicinos moksle (ne tik Lietuvoje, bet ir visame pasaulyje) tik dabar atsigręžta į mokslo filosofijos ir metodologijos studijas. Deja, tai tik pradžia, bet tai yra daug žinant, kiek mes daug nežinome, jog nežinome.

Geriau pradėti nuo sveiko proto nei nuo aiškiai nesuprastos matematikos

Kiekvienas mūsų dažnai gebame suformuoti, pvz., originalią hipotezę, bet tą darome savaip. Ir taip

kiekvieną kartą. Labai sena iliuzija yra ta, jog mokslas yra sutapatinamas su duomenų rinkimu ir jų matematiniu apdorojimu. Tai bloga iliuzija, kuria vadovosi senasis mokslas. Naujasis mokslas pirmiau siūlo sveiką protą, o vėliau matematiką. O gal kartu? Bet tikrai matematika negali prieštarauti sveikam protui (nors ir jis dažnai klysta), nepaisant to, kad matematikos galia moksle yra nepalyginamai didesnė nei sveiko proto. Viena didžiausių biomedicinos mokslo klaidų – per didelis pasitikėjimas matematine statistika, t. y. aklas jos taikymas. Manau, kad šiam mano teiginiui daug kas paprieštaraus. Sutinku, bet nuomonės nekeičiu, nes mano pagrindinis argumentas – gyvosios sistemos elgiasi žymiai sudėtingiau, o matematika dažnai tuos sudėtingumus ir dinamiškumus „nutrina“ ir ištiesina, t. y. „numarina“ gyvybę.

Ar biomedicinos mokslo filosofija gali padėti atrasti ir (ar) sukonstruoti tiesą?

Mokslo filosofai nagrinėja, pasak A. Rosenberg (47), dviejų tipų klausimus: a) į kuriuos negali atsakyti fizikai, biologai, medikai ar socialinių bei humanitarinių mokslų mokslininkai; b) klausimus apie tai, kodėl negalima atsakyti į pirmojo tipo klausimus. Taigi, mokslo filosofai nagrinėja tą realybės (tikrovės) dalį, kurios nenagrinėja specialiųjų mokslo sričių mokslininkai. Galimi du aiškinimo variantai: a) specialiųjų mokslų mokslininkai neturi pažinimo instrumentų, leidžiančių tirti (pažinti) tą realybės dalį, kurią tiria mokslo filosofai; b) mokslo filosofija nenagrinėja realybės, o tik kelia bendruosius klausimus apie realybę.

Specialieji mokslai dažnai nemėgsta metafizikos, nes ji yra mąstymas apie bendruosius realybės principus, prie kurių retai specialieji mokslai prisiliečia. Tačiau mokslo filosofija kelia labai daug metafizinių klausimų, kurių atsakymais naudojasi ir specialieji mokslai. Taigi, ar pelnytai specialieji mokslai nemėgsta metafizikos? Ne, nes dažnai vieni iš geriausių fizikų ar biologų sutaria su metafizika.

Mokslinės tiesos konstravimo „abėcėlė“

O ką siūlo naujojo mokslo paradigma? Pagal naujojo mokslo požiūrį mokslinė tiesa dažniausiai neatrandama realybėje (tikrovėje), bet sukonstruojama (48). Ir kiekvienas mokslininkas ją sukonstruoja savaip, bet dalyvaujant visai mokslo bendruomenei, kuriai „vadovauja“ jos pačios priimta mąstymo paradigma. Kitaip tariant, mokslo bendruomenė negali priimti labai originalių tiesų, nes tai neatitiktų jos (bendruomenės) mąstymo standartų. Šis tiesos konstravimo būdas yra vadinamas konstruktyviuoju empirizmu (49). Norint sukonstruoti tiesą apie realybę, būtina

pasitelkti į pagalbą dėsnius, teorijas, modelius, paradigmas, sveiką protą. Kas yra pagrindinis konstruktorius? Mokslininkas, padedamas mokslo bendruomenės. Iš kokių medžiagų yra konstruojama tiesa? Iš empirinių faktų? Tada, kaip teigia van Fraassen (49), yra sukurama realybė. Silpniausia konstravimo dalis yra ta, kad labai daug trūksta tikrųjų „plytų“ ir vietoje jų reikia dažnai naudotis nepatikrintomis „plytomis“, o „plytas“ rišantis „skiedinys“ – logika ne visada yra patikima. Kitaip tariant, šių dienų mokslininkai „pastato“ labai grubų, dažniausiai skylėtą „namą“, kurį mes ir vadiname moksline tiesa, dėsniu, teorija ar modeliu. Dažniausiai nei patys mokslininkai, nei visuomenė nėra patenkinti tokiu „kūriniu“. Tada jį tobulina arba visiškai nugriauna. Jei šiek tiek „namas“ pasisekė, jis išsilaiko gana ilgai (namo pamatai išlieka dar ilgiau). Mes tada tai vadiname fundamentaliomis tiesomis tol, kol kita karta žmonių jas perkonstruoja arba sukonstruoja visiškai iš naujo (ant naujų pamatų). Taigi, ar tai tikrai yra fundamentalios tiesos? Abejoju.

Naujasis redukcionizmas ir naujasis holizmas.

Ar tai yra šiuolaikinės biomedicinos mokslo metodologijos?

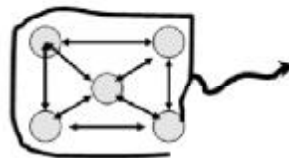
Naujasis redukcionizmas ragina pažinti visumos dalių sąveiką, nes tik taip bus galima suprasti, kaip veikia visuma (1 pav.). Klasikinis holizmas (jis yra mažiau populiarus nei klasikinis redukcionizmas) akcentuoja ne visumos dalių elgsenos pažinimą, bet vi-

sumos elgseną. Jis remiasi tuo, kad visuma – tai nėra dalių suma, todėl, norint suprasti visumos elgsenos ypatybes, nebūtina suprasti, kaip veikia jos dalys. Naujasis holizmas jungia holizmą ir naująjį redukcionizmą – remiantis dalių sąveikos ypatybėmis (mechanizmais) stengiasi pažinti (paaiškinti) visumos elgsenos ypatybes.

Nustatyta, kad visuma, ypač gyvųjų sistemų, nėra atskirų dalių suma, kad iš tų pačių dalių susiformuoja skirtingos visumos (9, 13, 25). Redukcionizmui priešinga metodologinė kryptis holizmas (dažnai jis gali būti sutapatinamas su fenomenologija) akcentuoja visumos savybių pažinimą. Pagrindinis holizmo trūkumas – tai visumos sandaros nepažinimas. Holizmas skatina pažinti visumą, o ne vidines priežastis arba pagrindinę idėją, kuri sujungia dalis ir formuoja visumą. Kitaip tariant, holizmas neskatina pažinti iš vidaus – jis akcentuoja „paviršių“, formą. Kartais ir tai padeda. Būtent tada, kai visumos savybė yra tiriamą ilgą laikotarpį (32).

Šiuolaikinis mokslas mažiausiai nori ginčytis, kuris mąstymo (tyrimo) būdas – redukcionizmas ar holizmas yra geresnis. Jie abu yra svarbūs, tačiau dar geresnis būdas yra tas, kuris suderina holizmo ir redukcionizmo privalumus ir šalina jų trūkumus. Nesvarbu, iš kokios pusės – dalies ar visumos pradėti tyrimus, žymiai svarbiau pažinti visumos sandaros ir elgsenos esmę. Ir tai geriau daryti taikant įvairias metodologijas arba paradigmas.

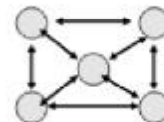
4. Visumos elgsenos pažinimas remiantis dalių sąveika: naujasis holizmas



3. Visumos elgsenos pažinimas: naujasis holizmas



2. Visumos dalių sąveikos pažinimas: naujasis holizmas



1. Visumos dalių pažinimas: naujasis holizmas



1 pav. Keturi tyrimo lygiai biomedicinoje

Naujasis redukcionizmas neneigia, kad, norint pažinti visumos elgseną, reikia suprasti jos dalių savybes, tačiau jis labiau akcentuoja ne atskirų dalių elgsenos dėsningumus, bet dalių sąveikos ypatybes. Todėl galima sakyti, kad naujasis redukcionizmas – tai visumos dalių sąveikos laike ir erdvėje mokslas (8, 9, 20, 32). Be to, naujasis redukcionizmas skatina gilintis ne į visumos dalių „vidutines“ savybes, bet į savybių įvairovę, net nebijant jų „triukšmo“. Taigi, naujasis redukcionizmas yra labai atsargus atmesdamas nestandartines kintamųjų reikšmes, nes gali pasirodyti (taip dažnai yra), kad tokie „atsitiktinumai“ yra labai svarbūs aiškinant gyvųjų sistemų elgsenos fenomenus.

Mokslininkai turi klausimų ne vien klasikiniam holizmui ir redukcionizmui, bet ir naujam redukcionizmui bei naujam holizmui. Būtent, neaišku, ar galima remtis dalių sąveikos mechanizmu kaip elementariausia (fundamentalia) naujojo holizmo „plytele“? Be to, tikrai neaišku, kiek ir kada pakanka vien tik dalių sąveikos pažinimo, o kada neišvengiamai reikia dar labiau smulkinti visumos dalis. Tuo labiau neaišku, kaip nustatyti, kiek pakanka pažinti sąveikų, kad galėtumėm suprasti, kaip veikia visa visuma. Ar tikrai naujasis holizmas yra teisingas, kad pagal visumos elgsenos ypatybes negalima suprasti sistemos vidaus? Apibendrinus galima teigti, kad šiuolaikinė mokslo metodologija (taip pat ir biomedicinos mokslo) bando sujungti holizmą ir redukcionizmą. Žinoma, visada yra žymiai sunkiau sujungti du priešingus polius nei atskirai juos taikyti. Galbūt dėl šios priežasties taip ilgai gyvuoja klasikinis redukcionizmas ir holizmas.

Ar realybės supaprastinimas leidžia geriau pažinti pačią realybę?

Yra didelis plyšys tarp noro tikrai pažinti realybę ir noro ją supaprastinti arba klasifikuoti. Taigi, per greitas aiškumo siekis gali atitolinti nuo tikrojo realybės pažinimo. Todėl paprastai ir aiškiai aprašyti fenomenus dažnai galima tik pakankamai susipažinus su jų sudėtingumu. Jei susiduriame akis į akį su sudėtingų sistemų, kurioms pirmiausia priklauso gyvosios sistemos, dėsningumais, tada apie juos (dėsningumus) ir būtina kalbėti kaip apie sudėtingus, kuriems būdingas dinamiškumas ir netikslumas (2, 26, 29). Galimas ir kitas tyrimo būdas: sudėtingus dėsnius supaprastiname, t. y. kalbame apie tam tikrą „vidutinį“ dėsni, pasižymintį tam tikra paklaida ir išeitimimi. Kaip geriau? Atrodo, kad biomedicinoje „vidurkių“ paradigmos laikai yra negailestingai kritikuojami: vis labiau suprantama, kad įvairovė, dinamika ir chaosas yra neatsiejamos gyvųjų sistemų savybės. Kita vertus, sudėtingų ir dinamiškų fenomenų modeliavimas, jų

supaprastinimas yra ir, matyt, dar ilgai išliks galinga pažinimo metodologija. Taigi, kuo didesnis apibendrinimas (supaprastinimas), tuo daugiau fenomeno savybių jis apima, tačiau tada jis mažiau tinka konkrečiam atvejui. Kas svarbiau: aiškiai suprasta dalis ar blyškiai matoma visuma? Klasikinis deterministinis ir redukcionistinis mokslas renkasi pirmąjį variantą, tačiau naujasis sudėtingų dinaminių sistemų mokslas vis labiau yra linkęs matyti (o tai labai sunku) „dviem akimis“, t. y. matyti (nors ir blyškiai visumą) ir tuo pačiu „aštriu žvilgsniu“ fiksuoti visumos dalį.

Kaip nustatyti teorijos patikimumą biomedicinos moksle?

Dabar mokslininkai peržiūri (tai buvo daroma ir anksčiau) mokslinių teorijų (ir mokslinės tiesos) teisingumo kriterijus. Susitarta, kad kuo daugiau kriterijų (tik ne per daug) naudojama nustatant teorijos teisingumą, tuo ji bus arčiau tiesos (tačiau tai nereiškia, kad ji bus teisinga). Beje, niekas nežino ir vargu ar sužinos, kiek jų pakanka. Priimta, kad teorijos teisingumo tvirtesni kriterijai yra teorijos empirinis ir loginis patikrinimas (patvirtinimas ar atmetimas), o „minkštesni“: teorijos rišlumas, nuoseklumas, elegantiškumas (7). Būtina stengtis konstruoti rišlias, nuoseklias ir suprantamas teorijas, bet svarbiau yra tai, kad jos būtų teisingesnės.

Teorijos teisingumas priklauso nuo jos struktūrinių dalių: dėsnių, principų, hipotezių ir nuo faktų teisingumo (7). Kintant vienam teorijos dėsniui, kinta visos teorijos kontekstas. Tuomet ir reikia peržiūrėti (patikslinti) visą teoriją. Vienas svarbiausių mokslinio metodo dalių – tai teorijos (hipotezės) patikimumo nustatymas. Teorijos (hipotezės) patikimumas nustatomas dviem būdais: a) empiriniu, t. y. teorija (hipotezė) turi būti patvirtinama arba atmetama kuo patikimesniais faktais (7); b) loginiu, t. y. teorija (hipotezė) turi kuo labiau atitikti labiausiai pagrįstas teorijas (žinoma, tai sukelia tam tikrų problemų tikrinant labai originalias teorijas ar hipotezes).

Dažniausiai mokslinių hipotezių negalima įrodyti (ar pagrįsti) tiesioginiais faktais, tada jos yra pagrindžiamos išvestiniais arba sukonstruotais faktais (49). Teorijos gebėjimas numatyti (prognozuoti) tam tikrų realybės fenomenų kaitą yra labai svarbus teorijos patikimumo kriterijus, tačiau jis nėra teorijos teisingumo kriterijus. Žiūrint šių dienų mokslo akimis, teorijos patikimumas numatyti įvykius dar nerodo jos gebėjimo juos paaiškinti. Taigi, biomedicinos srities mokslininkas ką geriausia gali ir privalo padaryti, tai suprasti ir paaiškinti įvairius fenomenus, nepaisant to, kad vėliau dažniausiai paaiškėja, jog ankstesnis aiš-

kinimas buvo neteisingas. Be fenomenų elgsenos ir kilmės aiškinimo mokslas nustoja progresuoti. Taigi, naujasis mokslas yra žymiai kuklesnis nei senasis (deterministinis ir redukcionistinis), nes senasis mokslas nepasitenkina vien tik fenomenų aiškinimu – jis siekė juos absoliučiai valdyti (o tai dažniausiai neįmanoma).

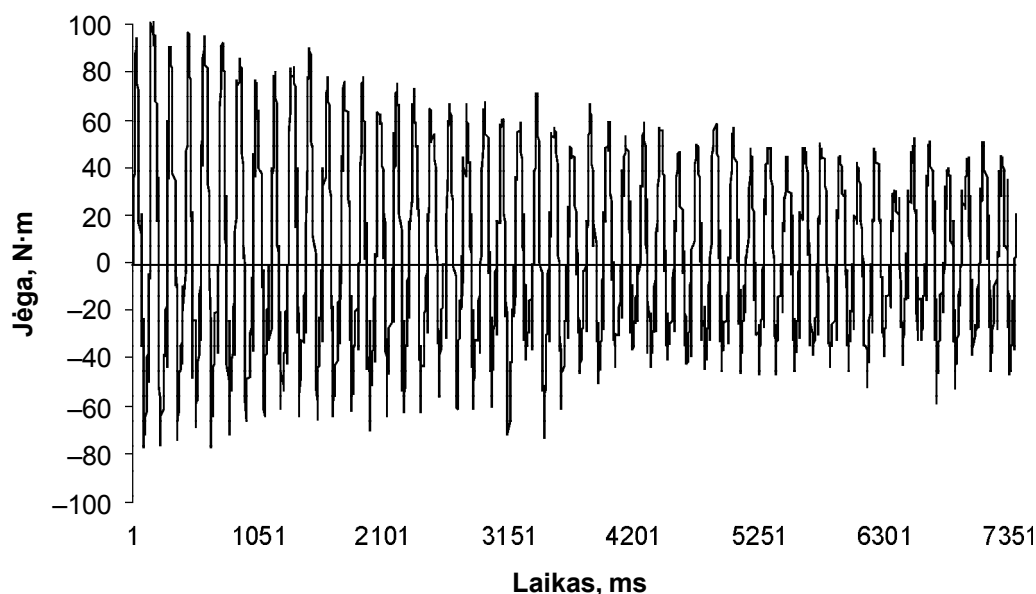
Chaos teorijos taikymas tiriant gyvas sistemas

Chaos teorijos esmė: sudėtingų dinamiinių sistemų, kurioms priklauso gyvosios sistemos, elgsena yra netiesiška, nuolat kintanti (dinamiška) ir beveik neprognozuojama (2, 25, 41). Žinomos dvi pagrindinės priežastys, kodėl negalima tiksliai ilgą laiką prognozuoti sudėtingos dinamiškos sistemos elgsenos. Pirmą, negalima tiksliai nustatyti tokių sistemų pradinės būsenos (tai taip vadinamasis neapibrėžtumo principas) (8, 11, 12). Antra, sudėtingų dinamiinių sistemų elgsena staiga gali pakisti esant tam tikrai pradinės būsenos „klaidai“ (taip vadinamasis „drugelio fenomenas“, pagal kurį smulkmenos gali sukelti milžiniškus nenumatytus sistemos pokyčius) (11, 13, 14, 25). Taigi, chaoso teorijos pritaikymas biomedicinos moksle yra žymiai platesnis nei vien tik konkrečių metodų panaudojimas: chaoso teorija leidžia visiškai kitaip pažvelgti į gyvasias sistemas. Būtent, ji leidžia mums suprasti, kad gyvosios sistemos negalima pažinti, jei jos netiriame laike, procese, dinamikoje. Nes tik laike atsiskleidžia tikrosios gyvųjų sistemos savybės. Laiko matmuo gali būti skirtingas –

nuo milisekundės dalių iki šimtų tūkstančių ir daugiau metų.

Gyvųjų sistemų elgsenos dinamikai nustatyti yra tiriama „laiko eilutė“ (2 pav.). Sistemų funkcijos dinamika perteikia informaciją ir apie sistemos vidų (11, 19). Pagal sistemų dinamikos savybes galima šiek tiek sužinoti ir apie sistemos vidinius mechanizmus. Tai įmanoma dėl to, kad gyvųjų sistemų mechanizmai veikia laike: vieni anksčiau, kiti vėliau. Mechanizmų dinamika turi savo ritmą, kurio pėdsaką galima atsekti pagal sistemos funkcijų dinamiką. Nėra abejonės, kad sunku išskirti mechanizmų pėdsakus, jei vienu metu jų veikia visas kompleksas. Sistemos vidiniai mechanizmai veikia pagal vienas taisykles, o visa sistema „judą“ pagal kitas: pagal vidų negalima visiškai tiksliai spręsti apie išorę, kaip ir pagal visumą negalima spręsti apie vidų (2, 11, 32, 37). Tačiau organizmo funkcijos dinamikos ypatybės nėra tiesiogiai išvedamos iš sistemos funkcionavimo vidinių mechanizmų, nes organizmo funkcijų dinamika – tai sistemos „vidaus“ ir sistemos aplinkos sąveikos rezultatas.

Kiekvienos skirtingos gyvos sistemosios funkcijos(-ų) dinamika yra unikali, todėl sistemų dinamikos statistika neaprašo atskiros sistemos dinamikos ypatybių (32). Vadinasi, pagal sistemos elgsenos vidurkį negalima spręsti apie atskirą atvejį. O iš atskiros atvejo negalima tiksliai suprasti, kaip elgsis daugelis sistemų. Naujausi mokslo pasiekimai rodo, kad sudėtingų dinamiinių sistemų elgsenos variabilumas yra labai svarbi sistemų savybė, nes optimalus variabilumas užtikrina



2 pav. Blauzdos tiesimo jėgos momento „laiko eilutė“ (50 kartų yra ištiesiama blauzda)

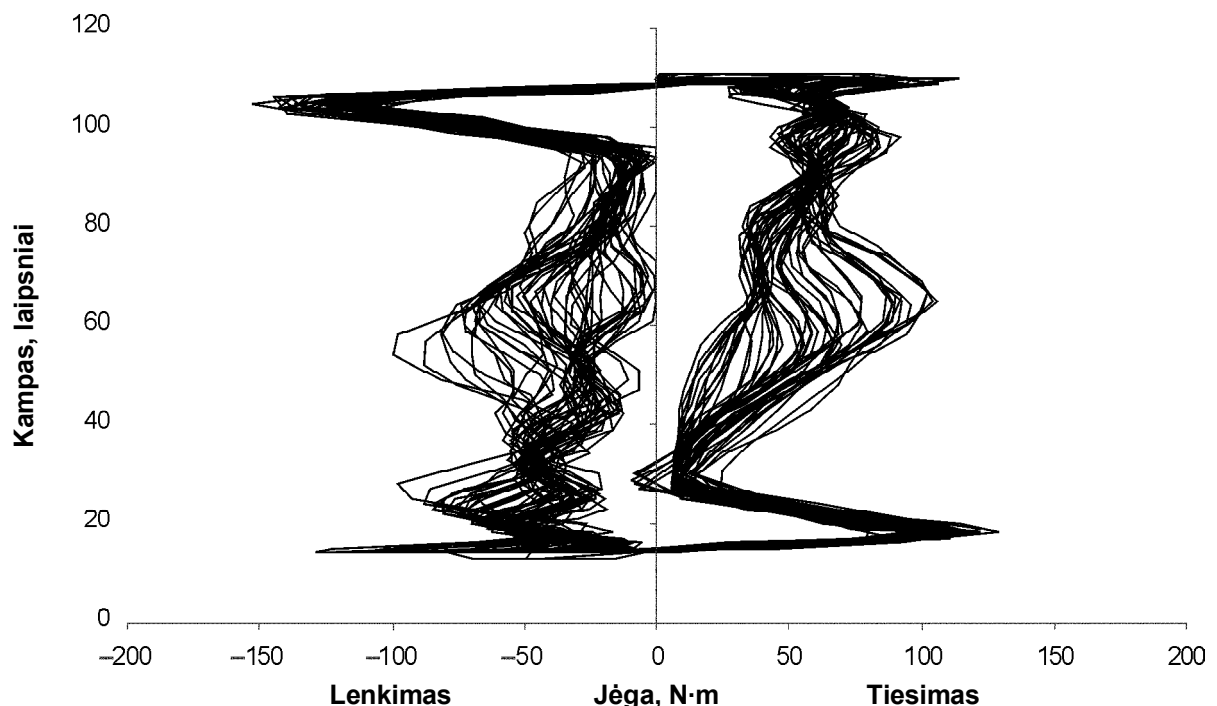
geresnį sistemos prisitaikymą įprastose ar neįprastose sąlygose. Kiekvienas gyvas organizmas turi savo „variabilumo parašą“. Gyvųjų sistemų funkcijos variabilumą galima įvertinti spektrinės ir variacinės analizės būdu, reguliarumas nustatomas aproksimuotos entropijos metodu (11, 32). Sistemų elgsenos kompleksškumas įvertinamas nustatant koreliacinę dimensiją (32).

Funkcijų dinamikos variabilumas ir funkcijų dinamikos reguliarumas yra skirtingos sudėtingų sistemų dinamikos savybės (11, 32, 37). Liapunovo dimensija (Liapunovo eksponentė) leidžia įvertinti sistemos determinizmo (prognozuojamumo) laipsnį. Kadangi organizmo sistemos arba kiekvienos sistemos dalys sąveikaudamos suformuoja (dažniausiai spontaniškai) sistemos ar sistemų visumos-organizmo originalias savybes, o perprasti visus sąveikos atvejus yra neįmanoma, todėl labiau tikėtinas būdas organizmo veiklai pažinti yra ne tik mechanizmų, bet ir sistemos dinamikos savybių paieška. Tam tinka sistemos funkcijos dinamikos erdvė (angl. *phase space*) (3 pav.). Trečiame paveiksle matome, kad kiekvienas blauzdos tiesimas ir lenkimas yra originalus, t. y. antro tokio pat nėra. Tačiau, nepaisant atskiros tiesimo ir lenkimo atvejo originalumo, daug kartų kartojant judesius, nubrėžiama subjekto motorinės sistemos funkcijos erdvė. Ši erdvė nėra vienalytė: vienoje vietoje ji yra

dažniau „aplankoma“ organizmo funkcijos, kitose rečiau. Galima sakyti, kad dažniausiai „aplankomos“ erdvės vietos yra stipresni atraktoriai nei rečiau aplankomos vietos. Tačiau gyvosios sistemos įgyja žymiai daugiau naujos informacijos (todėl daugiau ir mokosi), kai „aplanko“ mažiausiai „lankomas“ vietas. Taigi, gyvosios sistemos labiausiai mokosi ne iš įprastų, bet iš originalių, t. y. retų dalykų. Štai kodėl, kas yra labai originalu, tas yra ir labai reta. Ar tai nėra įrodymas, jog gyvųjų sistemų elgsenos kiekybė ir kokybė – tai du visiškai priešingi dalykai.

Išvados

Dabartinė biomedicinos mokslo tyrimo paradigma dar neatmetė pagrindinių senojo mokslo klaidų – absoliutaus determinizmo ir redukcionizmo. Šios klaidos siaurina mokslininkų matymą ir mąstymą tiriant sudėtingus ir dinamiškus gyvojo organizmo fenomenus ir mechanizmus. Dabar visame pasaulyje intensyviai vyksta mokslo paradigmos diskusijos, kurios skatina naujosios mokslo paradigmos atsiradimą. Vis didesnis dėmesys skiriamas chaoso teorijos pritaikymui tiriant gyvąsias sistemas. Ir tai yra siejama su biomedicinos mokslo naująja paradigma arba taip vadinamuoju naujuoju biomedicinos mokslu, kurio išskirtinis bruožas – tai siekis pažinti gyvąsias sistemas realiaame laike ir realioje aplinkoje.



3 pav. Blauzdos tiesimo ir lenkimo raumenų jėgos momento priklausomumas nuo kampo (tai rodo motorinės sistemos savybių erdvę) (angl. *phase space*)

Paradigm errors in the old biomedical science

Albertas Skurvydas

Laboratory of Human Motorics, Department of Applied Physiology and Sports Medicine, Lithuanian Academy of Physical Education, Lithuania

Key words: biomedical science; determinism; reductionism; complex and dynamic systems; paradigm.

Summary. *The aim of this article was to review the basic drawbacks of the deterministic and reductionistic thinking in biomedical science and to provide ways for dealing with them. The present paradigm of research in biomedical science has not got rid of the errors of the old science yet, i.e. the errors of absolute determinism and reductionism. These errors restrict the view and thinking of scholars engaged in the studies of complex and dynamic phenomena and mechanisms. Recently, discussions on science paradigm aimed at spreading the new science paradigm that of complex dynamic systems as well as chaos theory are in progress all over the world. It is for the nearest future to show which of the two, the old or the new science, will be the winner. We have come to the main conclusion that deterministic and reductionistic thinking applied in improper way can cause substantial damage rather than prove benefits for biomedicine science.*

Correspondence to A. Skurvydas, Department of Applied Physiology and Sports Medicine, Lithuanian Academy of Physical Education, Sporto 6, 44221 Kaunas, Lithuania. E-mail: a.skurvydas@lkka.lt

Literatūra

1. Alderson P. The importance of theories in health care. *BMJ* 1998;317:1007-10.
2. Higgins JP. Nonlinear systems in medicine. *Yale J Biol Med* 2002;75(5-6):247-60.
3. Pearce N, Merletti F. Complexity, simplicity, and epidemiology. *Int J Epidemiol* 2006;35:515-19.
4. Skurvydas A. New methodology in biomedical science: methodological errors in classical science. *Medicina (Kaunas)* 2005;41(1):7-16.
5. Wilson T, Holt T, Greenhalgh T. Complexity science: complexity and clinical care. *BMJ* 2001;323:685-8.
6. Hodgkin P. Medicine, postmodernism, and the end of certainty. *BMJ* 1996;313:1568-69.
7. Popper KR. Rinkinė. (The selection.) Vilnius: Pradai; 2001.
8. Prigogine I. The end of certainty. Time, chaos, and new laws of nature. Oxford: The Free Press; 1997.
9. Adami C. What is complexity? *BioEssays* 2002;24:1085-94.
10. Albert R, Jeong H, Barabasi A-L. Error and attack tolerance of complex networks. *Nature* 2000;406:378-82.
11. Bar-Yam Y. Making things work: solving complex problems in a complex world. NESCI: Knowledge Press; 2004.
12. Cohen J, Stewart I. The collapse of chaos: discovering simplicity in a complex world. London: Penguin Books; 1994.
13. Gell-Mann M. The quark and the jaguar: adventures in the simple and the complex. San Francisco: W. H. Freeman; 1994.
14. Kauffman SA. Investigations. Oxford: Oxford University Press; 2000.
15. Laszlo E. Macroshift, navigating the transformation to a sustainable world. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers; 2001.
16. Skytner L. General systems theory: perspectives, problems, practice. 2nd ed. London: World Scientific Publishing Company; 2006.
17. Arthur WB. Complexity and the economy. *Science* 1999; 284:107-9.
18. Deutch D. The fabric of reality: the science of parallel universes and its implications. London: Penguin Books; 1997.
19. Goldenfeld N, Kadanoff LP. Simple lessons from complexity. *Science* 1999;284:87-9.
20. Laughlin RB. A different universe. Reinventing physics from the bottom down. New York: A member of the Perseus Books Group; 2005.
21. Marshall I, Zohar D. Who's afraid of schrodinger's cat? An A-to-Z guide to all the new science ideas you need to keep up with the new thinking. New York: Quill William Morrow; 1997.
22. Mayr E. What makes biology unique? Considerations of the autonomy of a scientific discipline. Cambridge: Cambridge University Press; 2004.
23. Noble D. The music of life. Biology beyond the genome. Oxford: University Press; 2006.
24. Glimcher PW. Decisions, uncertainty, and the brain. The science of neuroeconomics. Cambridge, Massachusetts, London: The MIT Press; 2003.
25. Holland JH. Emergence: from chaos to order. Cambridge, Massachusetts: Perseus Books; 1998.
26. Sole R, Goodwin B. Signs of life. How complexity pervades biology. New York: A Member of the Perseus Books Group; 2000.
27. Weinberg GM. An introduction to general systems thinking. 1st ed. New York: Dorset House Publishing Company, Incorporated; 2001.
28. Skurvydas A. Naujoji mokslo paradigma. (New paradigm of science.) *Sporto mokslas* 2001;4(26):2-6.
29. Skurvydas A. Sudėtingos tvarkos – chaoso – tyrimo metodologinės klaidos gyvybės moksluose. Biomedicininė inžinerija: tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga. (The error of research methodology in life science.) Kaunas: Technologija; 2003. p. 9-12.
30. Eddington A. The nature of the physical world. Ann Arbor: University of Michigan Press; 1958.
31. Wimsatt WC. Emergence as non-aggregativity and the biases of reductionism. *Foundations of Science* 2000;5:269-97.

32. Goldberger AL, Amaral AN, Hausdorff JM, Ivanov PC, Peng CK, Stanley HE. Fractal dynamics in physiology: alterations with disease and aging. *PNAS* 2002;99:2466-77.
33. Bauer HH. Scientific literacy and the myth of the scientific method. Illinois: University of Illinois Press; 1994.
34. Collins H, Pinch T. The golem: what everyone should know about science. Cambridge: Cambridge University Press; 1993.
35. Medawar P. The limits of science. Oxford: Oxford University Press; 1988.
36. Barrow JD. Impossibility. The limits of science and science of limits. Oxford: Oxford University Press; 1998.
37. Burggren WW, Monticino MG. Assessing physiological complexity. *J Exper Biol* 2005;208:3221-32.
38. Kirshbaum D. Introduction to complex systems. 2002. Available from: URL: <http://calresco.org/intro.htm>
39. Sarkar S, Pfeifer J, editors. The philosophy of science. An encyclopedia. New York, London: Routledge, 2006.
40. Sober E. Philosophy of biology (Dimensions of philosophy series). 2nd ed. Oxford: Westview Press; 2000.
41. Service RF. Complex systems: exploring the systems of life. *Science* 1999;284:80.
42. Azzouni J. Theory, observation and scientific realism. *Brit J Phil Sci* 2004;55:371-92.
43. Fieser J, Dowden B. The internet encyclopedia of philosophy, 2007. Available from: URL: <http://www.iep.utm.edu>
44. Gauch HG. Scientific method in practice. Cambridge: Cambridge University Press; 2003.
45. Howsom C, Urbach P. Scientific reasoning. The bayesian approach. Chicago, La Salle: Open Court; 2006.
46. Lewis-Beck MS, Bryman A, Liao TF. The SAFE encyclopedia of social science research methods. London, New Delhi: SAGE Publications; 2004.
47. Rosenberg A. Philosophy of science. A contemporary introduction. London: Routledge; 2000.
48. Gower B. Scientific method: a historical and philosophical introduction. 1st ed. New York: Routledge; 1996.
49. Van Fraassen B. Constructive empiricism now. *Philos Stud* 2001;106:151-70.

Straipsnis gautas 2007 12 18, priimtas 2008 05 10

Received 18 December 2007, accepted 10 May 2008