



VILNIAUS UNIVERSITETAS
MEDICINOS FAKULTETAS

Medicina

Radiologijos, branduolinės medicinos ir medicinos fizikos katedra, Biomedicinos mokslų institutas

Rokas Dastikas, VI kursas, 3 grupė

VIENTISŪJŲ STUDIJŲ MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

Vaikų krūtinės, pilvo ir dubens kompiuterinės tomografijos tyrimai: indikacijos, rizikos ir medicininės apšvitos vertinimas

Computed Tomography Examinations of the Chest, Abdomen and Pelvis in Children: Indications, Risks and Medical Exposure Assessment

Darbo vadovas

Doc. dr. Birutė Gričienė

Katedros ar klinikos vadovas

Prof. dr. Algirdas Edvardas Tamošiūnas

Vilnius, 2025

Studento elektroninio pašto adresas

rokas.dastikas@mf.stud.vu.lt

TURINYS

SANTRUMPOS	3
SANTRAUKA	4
SUMMARY.....	5
1. ĮVADAS.....	7
2. LITERATŪROS APŽVALGA	9
2.1. Onkologinių susirgimų išsivystymo rizika dėl KT tyrimų	9
2.2. Vaikų krūtinės ir pilvo bei dubens KT indikacijos ir taikymas	12
2.3. KT tyrimų apšvitos vertinimas	15
3. DARBO METODAI.....	20
3.1. Duomenų rinkinys	20
3.2. Statistinė analizė ir vietinių DAL nustatymas	20
3.3. DAL kreivių sudarymas.....	21
3.4. Literatūros paieška.....	21
4. TYRIMO REZULTATAI	23
4.1. Krūtinės ląstos kompiuterinės tomografijos tyrimai	23
4.2. Pilvo ir dubens kompiuterinės tomografijos tyrimai	29
5. REZULTATŲ APTARIMAS	34
5.1. Pacientų ir tyrimų grupavimo charakteristikos.....	34
5.2. Vietinių DAL palyginimas su europiniais DAL	37
5.3. Vietinių DAL palyginimas su kitų šalių nacionaliniais DAL	37
5.4. Eksponentinių DAL kreivių palyginimas ir pritaikomumas.....	40
5.5. Tyrimų optimizavimo galimybės.....	41
5.6. Darbo privalumai ir trūkumai	42
6. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	44
LITERATŪROS SĄRAŠAS	46
PRIEDAI	54

SANTRUMPOS

CTDI – kompiuterinės tomografijos dozės indeksas (angl. computed tomography dose index).

CTDIvol – tūrinis kompiuterinės tomografijos dozės indeksas (angl. volumetric computed tomography dose index).

DAL – diagnostiniai atskaitos lygiai (angl. diagnostic reference levels).

DLP – dozės ir ilgio sandauga (angl. dose length product).

ICRP – Tarptautinė radiologinės saugos komisija (International Commission on Radiological Protection).

KT – kompiuterinė tomografija.

SSDE – dydžiui specifiskas dozės apskaičiavimas (angl. size specific dose estimate).

SANTRAUKA

Darbo pagrindimas

Kompiuterinė tomografija – labai informatyvus, tikslus, prieinamas ir greitai atliekamas neinvazinis rentgenodiagnostinis tyrimo metodas, kurio taikymas per paskutinius du dešimtmečius ženkliai didėja ir sudaro didžiąją dalį visos pacientų patiriamos kolektyvinės efektinės dozės. Vaikai yra ypač jautrūs neigiamam jonizuojančiosios spinduliuotės poveikiui, todėl vis dažniau atliekami kompiuterinės tomografijos tyrimai vaikams didina onkologinių susirgimų išsivystymo riziką. Diagnostiniai atskaitos lygiai yra pagrindinė klinikinė dozių stebėsenos ir optimizavimo priemonė, tačiau šiuo metu nėra paskelbtų nacionalinių diagnostinių atskaitos lygių vaikų krūtinės, pilvo ir dubens kompiuterinės tomografijos tyrimams.

Tyrimo tikslas ir uždaviniai

Šio tyrimo tikslas - įvertinti pediatriinių krūtinės ląstos, pilvo ir dubens kompiuterinės tomografijos tyrimų metu pacientų patiriamą jonizuojančiosios spinduliuotės apšvitą. Tyrimo uždaviniai: įvertinti literatūros duomenis dėl kompiuterinės tomografijos tyrimų keliamos rizikos, nurodyti pediatriinių krūtinės, pilvo ir dubens tyrimų indikacijas bei jų metu gaunamas apšvitos dozes pagal pacientų svorį, apskaičiuoti vietinius diagnostinius atskaitos lygius ir palyginti jų vertes su literatūroje pateikiamomis vertėmis.

Tyrimo metodai

Analizuotas krūtinės bei pilvo ir dubens kompiuterinės tomografijos tyrimų, atliktų vaikams, duomenų rinkinys. Duomenų įrašai buvo grupuoti pagal paciento svorį šiais intervalais: nuo 5 iki 14 kg, nuo 15 iki 29 kg, nuo 30 iki 49 kg ir nuo 50 iki 79 kg. Kiekvienai svorio grupei buvo apskaičiuotos tūrinio kompiuterinės tomografijos dozės indekso ir dozės ilgio sandaugos minimalios, pirmojo kvartilio, medianos, trečiojo kvartilio ir didžiausios vertės. Nustatytos vietinės tipinės vertės ir diagnostiniai atskaitos lygiai. Ryšys tarp dozių dydžio ir paciento svorio buvo įvertintas naudojant eksponentines kreives. Atlikta literatūros paieška *PubMed* duomenų bazėje.

Rezultatai

Nustatyti vietiniai diagnostiniai atskaitos lygiai krūtinės ląstos kompiuterinės tomografijos tyrimams. Siūlomos vertės yra 2,0, 2,4, 3,6 ir 5,0 mGy pagal tūrinį kompiuterinės tomografijos dozės indeksą ir 40, 60, 116 ir 156 mGy·cm pagal dozės ir ilgio sandaugą atitinkamose svorio grupėse nuo 5 iki 14 kg, nuo 15 iki 29 kg, nuo 30 iki 49 kg ir nuo 50 iki 79 kg. Vaikų krūtinės ląstos bei pilvo ir dubens organų tyrimams pateiktos eksponentinės tipinių dozių ir diagnostinių atskaitos lygių kreivės pagal skirtingus dozių rodiklius.

Išvados

Nustatyti vietiniai krūtinės ąstos diagnostiniai atskaitos lygiai ir dozės vertės medianos atliekant pilvo ir dubens kompiuterinės tomografijos tyrimus paprastai yra mažesnės nei europiniai diagnostiniai atskaitos lygiai ir panašūs į kitų šalių diagnostinius atskaitos lygius. Pateiktos eksponentinės kreivės gali būti sėkmingai ir efektyviai taikomos kaip papildoma alternatyva svorių grupių diagnostiniams atskaitos lygiams vertinant vaikų patiriamą apšvitą.

Raktažodžiai: pediatrija, diagnostiniai atskaitos lygiai, diagnostinių atskaitos lygių kreivės, krūtinės kompiuterinė tomografija, pilvo ir dubens kompiuterinė tomografija.

SUMMARY

Justification of the work

Computed tomography is a highly informative, accurate, accessible and quickly performed non-invasive X-ray diagnostic method. Its application has been continuously increasing over the past two decades. Computed tomography is responsible for the majority of the total collective effective dose experienced by patients. Children are particularly sensitive to the adverse effects of ionizing radiation, leading to an increase in risk of developing oncological diseases. Diagnostic reference levels are the main clinical tool for monitoring and optimizing dose quantities. However, currently there are no published national diagnostic reference levels for paediatric chest, abdominal-pelvic computed tomography examinations.

Aim and objectives of the study

The aim of this study is to assess the radiation exposure of patients undergoing paediatric chest and abdominal-pelvic computed tomography examinations. Research objectives: to evaluate the risks associated with computed tomography examinations presented in the literature, to assess the indications and the radiation doses received during paediatric chest, abdominal and pelvic examinations according to the weight of the patients, and to establish local diagnostic reference levels and compare their values with the values proposed in the literature.

Research methods

A data set of chest and abdominal and pelvic computed tomography examinations performed on children was analysed. Data records were grouped according to the weight of the patients in the following intervals: 5 to 14 kg, 15 to 29 kg, 30 to 49 kg and 50 to 79 kg. For each weight group, the minimum, first quartile, median, third quartile and maximum values of the product of the volumetric computed tomography dose index and the dose length were calculated. Local typical values and diagnostic reference levels were determined. The relationship between the dose size and the patient weight was estimated using exponential curves. A literature search was performed in the PubMed database.

Results

Local diagnostic reference levels for chest computed tomography examinations have been established. The proposed values are 2.0, 2.4, 3.6 and 5.0 mGy based on the volumetric computed tomography dose index and 40, 60, 116 and 156 mGy cm based on the dose-length product in the respective weight groups of 5 to 14 kg, 15 to 29 kg, 30 to 49 kg and 50 to 79 kg. Exponential curves of typical doses and diagnostic reference levels for different dose indices are presented for paediatric chest and abdominal and pelvic examinations.

Conclusions

The established local diagnostic reference levels for the chest and median dose values for abdominal and pelvic computed tomography scans are generally lower than the European diagnostic reference levels and similar to the diagnostic reference levels in other countries. Exponential curves serve the same function as the weight-group diagnostic reference levels, which are commonly used to estimate exposure.

Keywords: paediatrics, diagnostic reference levels, diagnostic reference level curves, chest computed tomography, abdominal and pelvic computed tomography.

1. ĮVADAS

Kompiuterinė tomografija (KT) – labai informatyvus, tikslus, prieinamas ir greitai atliekamas neinvazinis rentgenodiagnostinis tyrimo metodas, tapęs neatsiejama šiuolaikinės medicinos dalimi nustatant vidaus organų anatominius arba fiziologinius pokyčius. Šio metodo taikymas ligų diagnostikai per paskutinius du dešimtmečius ženkliai didėja: Jungtinių Tautų duomenimis tarp 2008 ir 2018 m. pasaulyje atliktų KT tyrimų skaičius padidėjo daugiau nei 80 % (nuo 220 iki 400 milijonų) ir šiuo metu sudaro apie 10 % visų atliekamų su jonizuojančiąja spinduliuote susijusių rentgenologinių tyrimų. (1). Vaikų KT tyrimų dalis nuo visų atliktų KT tyrimų skirtingose populiacijose sudaro nuo 1 iki 20 % (2–5), o išsivysčiusiose Vakarų šalyse jų dažnis svyruoja tarp 10 ir 24 tyrimų 1000 vaikų (2,6,7). Nors šis rodiklis yra gana stabilus ar net linkęs mažėti (2,4,6,8,9), kai kuriose valstybėse KT diagnostikos taikymas vaikams dažnėja (7,10).

Lietuvoje KT tyrimų taip pat daugėja: 2023 m. atlikta virš 520 000 tyrimų – beveik keturis kartus daugiau nei 2006 m., kai buvo atlikta 140 000 tyrimų. Vaikų KT kasmet sudaro tik apie 1 % nuo visų atliekamų KT tyrimų, tačiau jų absoliutus skaičius per ketverius metus išaugo beveik 60 %: jei 2020 m. buvo atlikti 3 500 tyrimų, tai 2023 m. siekė 5 600 tyrimų per metus (11,12). Iš jų vaikams dažniausiai yra taikomi galvos, krūtinės, stuburo bei pilvo ir dubens KT tyrimai (11).

KT taikymas vaikų radiologijoje pasižymi dideliu diagnostiniu tikslumu: metodo principas leidžia vizualizuoti kūno skerspjūvius, todėl pokyčiai ir jų santykis su kitomis struktūromis yra tiksliai lokalizuojami, o aukšta skiriamoji geba bei gera audinių ir organų diferenciacija leidžia anksčiau diagnozuoti ir charakterizuoti ligas, lyginant su rentgenografija ar echoskopija, kurie nors ir yra dažniau taikomi ir lengviau prieinami, tačiau negali suteikti tokios tikslios informacijos. Panašią informaciją gali suteikti magnetinio branduolių rezonanso tomografijos tyrimai, todėl, kartu su KT, jie yra ypač vertingi pediatrinėje onkologijoje vertinant ligos išplitimą, ją stadijuojant ir vertinant atsaką į gydymą ar komplikacijas. Visgi KT tyrimo trukmė ženkliai trumpesnė, todėl metodas tinkamesnis, kai norima gauti greitą atsakymą arba išvengti anestezijos (13).

Nepaisant diagnostinės naudos, KT ir jos naudojimas yra susijęs su didele jonizuojančiosios spinduliuotės apšvita – nors KT sudaro tik 10 proc. visų su jonizuojančiąja spinduliuote susijusių atliekamų radiologinių tyrimų, ji sudaro daugiau kaip 60 proc. visos pacientų patiriamos kolektyvinės efektinės dozės (1,14).

Apšvita jonizuojančiąja spinduliuote gali sukelti dviejų tipų pažeidimus: nulemtąjį (deterministinį) poveikį, kitaip vadinamą audinių reakcija, kuriam būdingas ūmus ląstelių ar audinių

pažeidimas, atsirandantis pasiekus tam tikrą dozės ribą ir kurio sunkumas proporcingas gautai dozei, ir atsitiktinį (stochastinį) poveikį, sukeliantį onkologines ligas ar paveldimus nenustatomo sunkumo pokyčius (15,16).

Suaugusiems, paveiktiems jonizuojančiosios spinduliuotės, atsitiktinio poveikio indukuoti vėžiniai susirgimai gali ir nespėti pasireikšti, tačiau vaikų numatoma gyvenimo trukmė yra ilgesnė ir piktybinių ligų pasireiškimas yra labiau tikėtinas. Be to, vaikai už suaugusius yra jautresni atsitiktiniam poveikiui dėl savo anatominių skirtumų ir dėl didesnio audinių, ypač raudonųjų kaulų čiulpų, krūties, skydliaukės ir plaučių, jautrumo (17). Vis daugiau tyrimų ir ataskaitų rodo, kad vaikų KT naudojimas susijęs su vėžio išsivystymo rizikos ir mirštamumo nuo jo padidėjimu, ypač jei tyrimai atliekami jauno amžiaus (18–21).

Su jonizuojančiąja spinduliuote susijusi rizika didėja kartu su pakartotinių tyrimų skaičiumi ir yra tiesiogiai proporcinga suminei dozei. (22,23). Tai pabrėžia, kaip svarbu įvertinti vaikų pacientų apšvitą diagnostinių ir intervencinių radiologinių procedūrų metu, siekiant optimizuoti gaunamas dozes ir sumažinti galimą neigiamą poveikį sveikatai. Diagnostiniai atskaitos lygiai (DAL) yra pagrindinė klinikinė dozės stebėsenos priemonė ir paprastai yra nustatomi pagal konkretaus tyrimo ar procedūros dozės pasiskirstymo medianos 75-ąją procentilį. Tyrimų radiacinėms vertėms kartotinais viršijant nustatytus DAL reiktų vertinti tyrimų protokolus ir jų atlikimo tvarką, kad būtų optimizuota pacientų apšvita (15). DAL yra reglamentuoti Europos sąjungos teisės aktų dalis nuo 1997 m., o 2013 m. dar kartą įtvirtinti reikalavimu, kad visos valstybės narės nustatytų, reguliariai peržiūrėtų ir atnaujintų nacionalinius DAL (15,24).

Nustatyti nacionalinius vaikų pacientų diagnostikos atskaitos lygius yra sudėtinga dėl santykinai mažo atliekamų tyrimų skaičiaus ir ypač didelių kūno dydžių santykio skirtumų, kurie tarp neišnešiotų naujagimių ir paauglių gali siekti ir 100 kartų (15). Net ir to paties amžiaus vaikai gali stipriai skirtis dydžiu, todėl autoritetingų radiacinės saugos institucijų publikacijų, duomenų ir rekomendacijų yra nedaug (24). Lietuvoje šiuo metu yra nustatyti tik galvos KT nacionaliniai DAL, o krūtinės ląstos ar pilvo ir dubens srities KT nacionalinių atskaitos lygių šiuo metu nėra patvirtinta (25). Todėl, vertinant pediatriinę KT apšvitą, reiktų vadovautis Europos Komisijos pateiktomis Europos diagnostinių atskaitos lygių vaikų vaizdinimui gairėmis (PiDRL).

Šio tyrimo tikslas - įvertinti vaikų krūtinės ląstos, pilvo ir dubens KT tyrimų metu pacientų patiriamą jonizuojančiosios spinduliuotės apšvitą.

Šio tyrimo tikslą pasiekti suformuojami šie uždaviniai:

1. įvertinti literatūros duomenis apie onkologinių susirgimų rizikas dėl vaikams atliekamų KT tyrimų;
2. įvertinti vaikų krūtinės, pilvo ir dubens KT tyrimų indikacijas;
3. apskaičiuoti vietinius DAL vaikų krūtinės ląstos bei pilvo ir dubens KT tyrimams pagal svorio grupes ir sudaryti KT tyrimų eksponentines DAL kreives;
4. išanalizuoti ir palyginti vaikų KT tyrimų metu gaunamas dozes ir vietinių DAL vertes su literatūroje pateikiamomis vertėmis.

2. LITERATŪROS APŽVALGA

2.1. Onkologinių susirgimų išsivystymo rizika dėl KT tyrimų

Didėjantis KT tyrimų skaičius kelia susirūpinimą dėl medicininės apšvitos indukuotų onkologinių ligų (22,26). Šiuo metu didžioji dalis informacijos apie vėžinių susirgimų išsivystymo riziką gaunama iš atominių bombų sprogimus išgyvenusiųjų stebėsenos tyrimų bei globalią radiacinės saugos priežiūrą vykdančių organizacijų (16). Iš jų žinoma, kad jonizuojančioji spinduliuotė didina tiek solidinių (27), tiek hematologinių navikų išsivystymo riziką (28). Suaugusiems, kurie vaikystėje buvo paveikti jonizuojančiosios spinduliuotės, dėl tuo metu didesnio jų radiojautrumo, labiau linkę pasireikšti skrandžio, storosios žarnos, odos, krūtų, galvos smegenų, skydliaukės ir hematologiniai vėžiai (17).

Kancerogeninis jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis gali pasireikšti keliais skirtingais mechanizmais.

1. Indukuojamos chromosomų aberacijos išsivysto, kai dvigrandės DNR grandinės trūkia nesusijungia tarpusavyje atgal, o susijungia su artimai įvykusi kitu dvigrandžiu trūkiu arba lieka atviri ir nulemia netaisyklingą chromosomų susiliejimą mitozės metu. Šio proceso dažnis tiesiogiai priklauso nuo jonizuojančiosios spinduliuotės dozės dydžio. Ir nors didžioji dalis dvigrandžių DNR trūkių ištaisomi taisyklingai, netaisyklingų susijungimų skaičius taip pat didėja kartu su didėjančia jonizuojančiosios spinduliuotės doze.
2. Dėl jonizuojančiosios spinduliuotės taip pat įvyksta genų mutacijos, kurios dažniausiai pasireiškia įvairaus dydžio delecijomis, o taškiniai DNR bazių pokyčiai, duplikacijos ir inversijos pasitaiko žymiai rečiau.
3. Chromosomų nestabilumas išsivysto praėjus tam tikram laiko tarpui ir po daugelio ląstelių ciklų po apšvitą sukėlusio įvykio. Dėl chromosomų nestabilumo įvyksta

ląstelių chromosomų persitvarkymai, formuojasi chromosominiai tilteliai, chromatidžių trūkiai ir mikrobranduolėliai, sutrikdantys normalų ląstelės dalijimosi procesą ir propaguojantys genomo pokyčius (20).

Šie mechanizmai ląsteles labiausiai paveikia mitozės metu (20), todėl viena didesnę vaikų radiojautrumą lemiančių priežasčių gali būti sparčiai proliferuojantys jų audiniai (29): vidaus organai sparčiausiai auga vaikystėje, raumenynas ir kaulai vaikystėje ir ankstyvoje paauglystėje, gonados vėlyvoje paauglystėje, o limfoidinis audinys – apie 10-12 metus, kai pasiekia didžiausią santykinį dydį per žmogaus gyvenimą (17).

Didesnę vaikų pažeidžiamumą KT tyrimų metu lemia ne tik biologinis audinių jautrumas jonizuojančiajai spinduliuotei, bet ir skirtingas audinių pasiskirstymas organizme (29). Pavyzdžiui, nors patys vaikų organai yra mažesni, tačiau dėl mažesnio kūno tūrio, vaikų organai turi glaudesnę sąlytį, todėl išsklaidyti rentgeno spinduliai gali būti absorbuojami gretimų audinių (30), o dėl mažesnio visceralinių riebalų kiekio didesnę spindulių dalis yra tiesiogiai absorbuojama vidaus organų (29).

Nepagrįstai didelę KT tyrimų dozę vaikams gali sukelti ir netinkamai naudojami ir neadaptuoti protokolai, kai neatsižvelgiama į paciento dydį arba kai naudojami suaugusiųjų radiologiniams tyrimams pritaikyti parametrai (29). Tokiais atvejais, vaikui tenkanti efektinė dozė gali būti dvigubai didesnė nei būtų gaunama specializuotame centre (31).

Iš epidemiologinių tyrimų nustatyta, kad jonizuojančiosios spinduliuotės sukeltų solidinių navikų (stochastinių reiškinių) rizika yra tiesiogiai priklauso ir proporcingai didėja gautai jonizuojančiosios spinduliuotės dozei (linijinis beslenkstis modelis) (20,32). Išimtis taikoma leukemijų rizikos vertinimui, kai linijinis kvadratinis modelis virš 100 mGy dozės geriau atitinka didėjančią riziką (16). Remiantis šiais duomenimis, paveikus vieną milijoną vaikų iki vienerių metų 10 mGy jonizuojančiosios spinduliuotės doze, per jų gyvenimą galima tikėtis virš 2500 papildomų vėžio atvejų berniukams ir beveik 5000 atvejų mergaitėms. Apšvitinus 15 metų vaikus ta pačia 10 mGy doze, berniukams galima tikėtis beveik 1200, o mergaitėms virš 2000 papildomų vėžio atvejų (18). Beveik pusė šių indukuotų susirgimų būtų letalūs (2,20). Šią vienkartinę 10 mGy dozę gali sukelti ir vienas KT tyrimas (18). Paskutiniu metu šie duomenys yra vis dažniau kritikuojami, ypač dėl linijinio beslenksčio modelio taikymo vertinant medicininės apšvitos sukeltą riziką, tačiau kol kas alternatyvių prognostinių įrankių nepateikiama (33,34).

Šiuo metu vertinant onkologinių susirgimų išsivystymo riziką dėl vaikams atliekamų KT tyrimų daugiausia dėmesio skiriama galvos smegenų vėžio ir leukemijų bei limfomų išsivystymo rizikai (35). Šios ligų grupės sudaro didžiąją dalį – apie 70 % – visų vaikų vėžinių susirgimų (21,26) ir turi neilgą latentinį periodą nuo apšvitą sukėlusio įvykio iki ligos pasireiškimo. Leukemijos anksčiausiai gali pasireikšti po dvejų, o smegenų navikai – po penkerių metų (17,35,36). Beveik visuose didelės apimties kohortiniuose tyrimuose nustatyta teigiama didėjanti ir nuo dozės priklausoma leukemijų ir galvos smegenų vėžių išsivystymo rizika (35), įskaitant 9 Europos šalyse rengtą ir beveik milijoną vaikų ir jaunų suaugusiųjų apėmusį EPI-CT kohortinį tyrimą (19,22). Perteklinė santykinė rizika (angl. excess relative risk) išsivystyti smegenų navikams svyruoja nuo 0,7 iki 1,27 per 100 mGy (19,37), o leukemijų – nuo 0,9 iki 3 per 100 mGy (35). Išimtis yra Nyderlandų kohorta, kurioje nenustatyta sąsajų tarp KT tyrimų metu patiriamos dozės ir leukemijų rizikos (26). Taip pat nustatyta, kad kartotiniai KT tyrimai hematologinių vėžių riziką didina 43 % po kiekvieno tyrimo (22), o smegenų navikų riziką didėja trigubai po 2-3 galvos KT tyrimų (36).

Gausėjant duomenų apie žalingą jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį, plečiantis radiologinių tyrimo metodų spektrui ir juos vis dažniau taikant, pradėta skirti žymiai daugiau dėmesio radiologinių tyrimų dozių mažinimui, o ypač vaikų populiacijai dėl jų didesnio radiojautrumo. Pirmoji į tai atkreipė dėmesį Jungtinių Amerikos Valstijų Vaikų radiologų draugijos skatinta radiacinės saugos optimizavimo iniciatyva ALARA (angl. As Low As Reasonably Achievable) (38). Vėliau prie jos prisidėjo Amerikos radiologų kolegijos aljansas *Image Gently* (39), Pasaulio sveikatos organizacija ir Tarptautinės atominės energetikos agentūra, paruošusios jungtinį pareiškimą *Bonn Call for Action* (40), bei Europos radiologų draugija su iniciatyva *ESR Eurosafe Imaging* (41). Visos šios organizacijos skatina atsakingesnę ir saugesnę radiologinių technologijų taikymą, o jų siūlomos priemonės gali būti apibendrinamos išskiriant šiuos tikslus:

- taikyti tyrimų pagrindimo principą ir klinikinio palaikymo sistemas;
- įdiegti tyrimų optimizavimą ir saugą praktikoje;
- įtraukti diagnostinių priemonių gamintojus į pacientų saugumo užtikrinimą;
- tobulinti sveikatos specialistų žinias ir skatinti jų bendradarbiavimą,
- skatinti tyrimus radiacinės saugos srityje ir plėsti prieinamą informaciją apie pacientų patiriamą apšvitą;
- užtikrinti radiologinių incidentų prevenciją ir skatinti radiacinės saugos kultūrą medicinoje;
- skatinti dialogą radiacinės saugos ir rizikos temomis, įskaitant dialogą tarp medicinos personalo ir pacientų;

- įdiegti saugumo, radiacinės stebėsenos ir valdymo reikalavimus bei indikatorius (40);
- nustatyti pediatriinio vaizdinimo dozes ir adaptuoti tyrimų protokolus vaikams (41).
- rinktis, jei įmanoma, tyrimus, neskleidžiančius jonizuojančiosios spinduliuotės (39).

Pritaikius šias iniciatyvas klinikinėje praktikoje galima ne tik reikšmingai sumažinti KT tyrimų taikymą vaikų populiacijoje, pakeičiant juos kitais, jonizuojančiosios spinduliuotės nenaudojančiais, vaizdinio tyrimo metodais, bet ir sumažinti jų skleidžiamas dozes tinkamai adaptavus protokolus vaikams (42,43).

2.2. Vaikų krūtinės ir pilvo bei dubens KT indikacijos ir taikymas

Pagal literatūros duomenis vaikams dažniausiai atliekami galvos, krūtinės ir pilvo KT tyrimai (5). Iš jų galvos KT sudaro nuo 39 iki 65 % visų vaikų KT tyrimų. Krūtinė bei pilvas ir dubuo yra kiti dažniausiai tiriamos sritys ir atitinkamai sudaro 5 – 28 % ir 8 – 28 % tyrimų (6,7,44–48). Galūnių KT taip pat gana dažnai atliekamas tyrimas, kuris gali būti taikomas iki trečdalio pacientų (7), tačiau jų duomenys paprastai neįtraukiami į pacientų apšvitos vertinimą dėl sąlyginai mažos patiriamos dozės ir nedidelės vertės apskaičiuojant kolektyvinę efektinę dozę (24).

Lietuvoje taip pat vaikams dažniausiai atliekami galvos KT tyrimai, kasmet sudarantys 45 – 53 % tyrimų. Krūtinės ląstos KT taikoma 9 – 20 % atvejų, o pilvo ir dubens 5 – 18 %. Šių dviejų sričių tyrimai kasmet sudaro nuo 15 iki 40 % visų vaikų KT tyrimų (11).

Klinikinės indikacijos vaikų krūtinės bei pilvo ir dubens KT tyrimams beveik nesiskiria nuo indikacijų suaugusiems asmenims ir yra pateiktos 1 ir 2 lentelėse, atsižvelgus į Amerikos radiologų draugijos rekomendacijas ir tyrimų tinkamumo kriterijus.

1 lentelė. Indikacijos krūtinės ląstos KT tyrimams, parengta pagal (49)

Indikacijos krūtinės ląstos KT	
1.	Pokyčių, nustatytų kitais vaizdinimo metodais, įvertinimas.
2.	Pirminių krūtinės ląstos ar metastatinių navikų nustatymas, stadijavimas ir sekimas.
3.	Kitų žinomų paciento ligų kardiotorakalinio pasireiškimo vertinimas.
4.	Žinomos ar įtariamos įgimtos ar įgytos kardiovaskulinės patologijos vertinimas.
5.	Plautinės embolijos, hipertenzijos ar plaučių kraujagyslių patologijos vertinimas.
6.	Kvėpavimo takų ar plaučių parenchiminų ligų vertinimas ar sekimas.
7.	Bukos ar penetruojančios krūtinės ląstos traumos įvertinimas.
8.	Intervencinių procedūrų su KT kontrole atlikimas.
9.	Krūtinės ląstos sienos pokyčių įvertinimas.
10.	Pleuros ligų įvertinimas.
11.	Tarpuplaučio vertinimas.
12.	Chirurginio ar radioterapinio gydymo planavimas.
13.	Chemoterapinio, imunoterapinio gydymo ar abliacijų intervencijų efektyvumo įvertinimas.
14.	Gydymo eigoje atsiradusių komplikacijų įvertinimas.
15.	Pooperacinis paciento ar jam kilusių chirurginių komplikacijų įvertinimas.
16.	Intratorakalinių prietaisų ir svetimkūnių padėties įvertinimas.
17.	Komplikuotos ar imunosupresuotų pacientų pneumonijos ir neaiškos kilmės karščiavimo įvertinimas.

2 lentelė. Indikacijos pilvo ir dubens KT, parengta pagal (50)

Indikacijos pilvo ir dubens KT	
1.	Pilvo, šono ir dubens skausmo priežasties vertinimas.
2.	Pilvo ar dubens traumos vertinimas.
3.	Inkstų, antinksčių darinių ir šlapimo takų patologijos įvertinimas.
4.	Pilvo ar dubens tumorų ir laisvo skysčio pilvo ertmėje vertinimas.
5.	Pirminių ar metastatinių navikų nustatymas, apibūdinimas, stadijavimas ir stebėjimas.
6.	Stebėjimas po vietinio piktybinių navikų gydymo.
7.	Navikų recidyvų po operacinio gydymo įvertinimas.
8.	Komplikacijų po pilvo ar dubens operacijų nustatymas.
9.	Kepenų ir tulžies kolektorinės sistemos patologijų vertinimas.
10.	Pilvo, dubens, inkstų ar retroperitoninio tarpo uždegimo ar infekcinio proceso įvertinimas.
11.	Pilvo ar dubens kraujagyslių ir jų patologijos vertinimas.
12.	Diagnozės tikslinimas po kitų atliktų rentgenologinių ar laboratorinių tyrimų.
13.	Žinomos ar įtariamos įgimos pilvo ar dubens patologijos vertinimas.
14.	Žarnų nepraeinamumo ar kraujavimo iš virškinamojo trakto įvertinimas.
15.	Intervencinių procedūrų su KT kontrole atlikimas.
16.	Būklės po pilvo ar dubens terapinės ar intervencinės procedūros įvertinimas.
17.	Chemoterapinio ar radioterapinio gydymo planavimas ir sekimas.
18.	Prieš ir potransplantacinis būklės įvertinimas.

Klinikinėje praktikoje vaikų krūtinės KT tyrimai dažniausiai taikomi įtariant ir siekiant diagnozuoti onkologines ligas ir tumorus (51), intersticines plaučių ligas, įgimtas anomalijas (47,52), infekcinius procesus, bronhektazes (53) arba įvertinti traumų sunkumą (54). Pilvo ir dubens KT taip pat dažniausiai atliekama dėl įtariamų navikų, bet dažniau nurodomos uždegiminės ar infekcinės priežastys (47,51) ir traumos (53,54).

Vis dėlto, siekiant užtikrinti atsakingą medicinos technologijų taikymą, būtina vadovautis veiklos pagrįstumo principu, teigiančiu, kad tyrimo atnešama nauda privalo viršyti bet kokią galimą žalą. KT atveju į šį vertinimą žiūrima dar atsargiau, kadangi rizika negali būti tiksliai apskaičiuojama. (29).

Medicinoje pagrįstumas grindžiamas trimis lygmenimis. Pirmasis teigia, kad jonizuojančiosios spinduliuotės taikymas visuomenei visada atneša daugiau naudos negu žalos, todėl

yra universaliai priimamas. Antrasis lygmuo yra susijęs su konkretaus tyrimo metodo taikymu specifinėse klinikinėse situacijose ir jo tikslas turi būti patikslinti diagnozę ir teigiamai paveikti gydymo eigą (55). Tyrimų tinkamumas pagal indikacijas dažniausiai nustatomas pagal įrodymais pagrįstas gaires, pavyzdžiui Amerikos radiologų kolegijos Tinkamumo kriterijus (56) ar pagal juos modifikuotą Europos radiologų draugijos iGuide sistemą, kad būtų pateiktas naudingiausias apibendrintas sprendimų priėmimo variantas (41). Trečiasis lygmuo nurodo, kad tyrimo naudos ir žalos santykis vertinamas individualiai pacientui, atsižvelgiant į konkrečius duomenis bei praeityje atliktas intervencijas, ir numatant arba apsveriant alternatyvius tyrimo ir gydymo metodus (55). Tai ypač svarbu atliekant kartotinius tyrimus, kai jų pagrįstumas turi būti griežtai vertinamas kiekvieną kartą iš naujo, kad būtų išvengta perteklinių arba nepakankamai informatyvių tyrimų, pavyzdžiui, kai tyrimas atliekamas per anksti, neatsižvelgiant į natūralią ligos eigą (57).

Europos klinikinėje praktikoje tyrimų pagrįstumas dažniausiai vertinamas pagal nacionalines rekomendacijas arba naudojamosi europinėmis gairėmis. Beveik 60 % radiologų šie ištekliai prieinami (58), tačiau jais naudojami tik pusė, o tyrimams siunčiančių specialistų – tik trečdalis (59). Nors tyrimų pagrįstumas yra privalomas ir reglamentuotas teisiškai daugelyje Europos valstybių, jis paprastai netaikomas pagrindžiant kiekvieno paskirto tyrimo reikalingumą (60). Vaikų tyrimų gairės prieinamos apie 45 % radiologų, tačiau jomis reguliariai naudojasi tik mažiau nei pusė jų dėl apsunkinto prieinamumo, pasenusios informacijos ar nepasitikėjimo rekomendacijomis (58). Todėl nenuostabu, kad tarp 14 ir 42 % KT tyrimų suaugusiems būna netinkamai pagrįsti. Vaikų populiacijoje KT taikoma atsakingiau, tačiau vis tiek iki 18 % atvejų tyrimai būna nepagrįsti (61,62).

Tyrimų pagrįstumo gaires įtraukus kasdienę klinikinę praktiką ar į gydymo įstaigose naudojamas klinikinių sprendimų palaikymo sistemas ir aktyviai jas taikant, galimas pacientų dozių mažinimas nuo 20 % iki 50 % ir atliekamų perteklinių tyrimų skaičiaus sumažinimas net iki 40 % (29), įskaitant pediatriinių KT tyrimų skaičių (60). Be to, vaizdinimo gairių pritaikymas klinikinių sprendimų palaikymo sistemose yra leidžia sutrumpinti pacientų hospitalizaciją, sumažinti komplikacijų riziką ir kaštus (63). Tokiu būdu ne tik užtikrinama tinkama pacientų priežiūra, bet ir laikomasi medicininės etikos bei pagrindinių radiacinės saugos principų (55).

2.3. KT tyrimų apšvitos vertinimas

KT tyrimų sukelta apšvita gali būti išmatuojama ir vertinama skirtingais dozės indikatoriais. Šiuo metu plačiausiai taikomi yra tūrinis kompiuterinės tomografijos dozės indeksas (CTDIvol) ir dozės ir ilgio sandauga (DLP) (15,24).

Kompiuterinės tomografijos dozės indeksas (CTDI) nurodo vidutinę absorbuotą dozę vieno rentgeno vamzdžio apsisukimo metu iš ištisinės ekspozicijų serijos ir yra apskaičiuojamas naudojant standartizuotus fantomus. Šiuo metu klinikinėje praktikoje dažniausiai naudojamas CTDIvol, kuriuo nurodoma rentgeno spinduliuotės absorbcijos pasiskirstymas regos lauke bei atsižvelgiama į galimus tarpus ar persidengimus tarp rentgeno spindulių išilgai skenuojamo kūno (64,65).

CTDIvol gali tiksliai nurodyti specifinio protokolo vieno ašinio pjūvio skleidžiamą jonizuojančiosios spinduliuotės dozę standartiniam fantomui, tačiau nenurodo kokią dozę gautų pacientai realių tyrimų metu. Todėl išvestas DLP rodiklis, apskaičiuojamas padauginant CTDIvol vertę iš skenavimo ilgio, kad būtų gaunama viso tyrimo ar atskirų vaizdų sekų metu taikyta dozė (15,24). Tiek CTDIvol, tiek DLP matavimai yra griežtai standartizuoti (21), todėl šiais rodikliais galima patikimai naudotis siekiant palyginti dozių vertes tarp skirtingų institucijų ar KT aparatų (16).

Vis dažniau tyrėjų taikomas dozės indikatorius yra dydžiui specifiskas dozės apskaičiavimas (SSDE) (45,52,66,67). Šis rodiklis apskaičiuojamas naudojantis CTDIvol vertėmis ir realiais pacientų matmenimis, todėl įvertinama ne tik nuo protokolų parametrų priklausoma apšvita, bet ir pateikiama dozė, labiau atitinkanti tikrąją pacientų apšvitą bei jiems keliamą stochastinę riziką (52,68). SSDE apskaičiuojamas naudojantis išmatuotomis CTDIvol vertėmis, konversijos koeficientais ir pacientų vaizduose išmatuotais pacientų priekiniais-užpakaliniais ir lateraliniais matmenimis bei iš jų išvesta suma ir efektišku skersmeniu (69) arba kompiuterinių programų apskaičiuotu vandens atitikmens skersmeniu, todėl žymiai tiksliau atitinka realius pacientų antropometrinis matmenis (70). Vandens atitikmens skersmeniu pagrįstas SSDE būtų ypač naudingas vertinant krūtinės KT, kadangi būtų vertinamas tikrasis apšvitos paveikiamas kūno tūris ir neįtraukiamas krūtinės ąstoje esantis oras (24). Šiuo metu SSDE laikomas vertingu papildomu KT dozės indikatoriumi, tačiau dėl mažo paplitimo ir automatinių apskaičiavimo programų trūkumo jo panaudojimas išlieka ribotas (15).

Šiais dozių indikatoriais paprastai ir tiksliai apskaičiuojamas KT aparatų skleidžiamas jonizuojančiosios spinduliuotės kiekis, tačiau jis nėra tapatus pacientų tiesiogiai patiriamai apšvitai ir nenurodo pacientų sveikatai keliamos rizikos (21,71). Jas galima įvertinti apskaičiuojant pagrindinius radiacinės saugos dozių rodiklius: sugertąją, lygiavertę ir efektinę dozes (16).

Sugertoji dozė yra tiesiogiai išmatuojamas dydis, nurodantis, kokia kūno masė buvo paveikta jonizuojančiosios spinduliuotės, vidutiniškai tenkančios visiems paveiktiems organams ar audiniams. Šiuo rodikliu radiacinėje saugoje vertinama nulemtųjų reiškinių rizika (16).

Individualiems pacientams galima nustatyti atskirų organų arba audinių gautą jonizuojančiosios spinduliuotės dozę. Ji apskaičiuojama iš jų tyrimų vaizdų sumodeliuojant anatominius fantomus ir pritaikant Monte Carlo dozių simuliacijas. Visgi tai yra sudėtingas ir daug išteklių reikalaujantis procesas, ypač kai reikia išskirti atskirų organų ribas, ir šiuo metu būtų nepraktiškas kasdieniame klinikiame kontekste (64,72), todėl dažniausiai naudojamos jau sukurtas standartiniai anatominiai fantomai ir iš jų išvestomis organų duomenų referentinėmis vertėmis. Tarptautinė radiologinės saugos komisija (International Commission on Radiological Protection, ICRP) taip pat yra parengusi 10 skirtingo amžiaus ir lyties pediatriinių fantomų, skirtų įvertinti standartinių tam tikro amžiaus vaikų organų anatomiją ir topografiją ir sudariusi duomenų lenteles, pagal kurias galima apytiksliai apskaičiuoti organo ar audinio absorbuotą dozę (73). Padauginus šią vertę iš svorinio spinduliuotės daugiklio, kuris KT atveju yra lygus 1, gaunama lygiavertė dozė, kurią galima sieti su nulemtųjų reiškinių išsivystymo rizika specifiniams organams, pavyzdžiui, kataraktos atsiradimo dėl akies lęšiuko gautos apšvitos (16).

Norint įvertinti atsitiktinių reiškinių, ypač vėžinių susirgimų, riziką ir žalą dėl jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio organizmui, apskaičiuojama efektinė dozė (16). Ji gaunama padauginus atskirų paveiktų organų ar audinių lygiavertes dozes iš jų biologinių svorinių daugiklių ir sudėjus rezultatus. Efektinė dozė taip pat gali būti apskaičiuojama ir pagal tiesiogiai išmatuojamus KT dozės indikatorius, kai iš CTDIvol išvestas DLP padauginamas iš skirtinguose tyrimuose apskaičiuotų k koeficientų, arba naudojantis kompiuterinėmis skaičiavimo programomis (64,74,75). Nei vienas iš šių būdų negali tiksliai įvertinti pacientui tenkančios efektinės dozės ir keliamos rizikos, kadangi neatsižvelgiama į individualias pacientų anatomines variacijas ar kūno sudėjimą ir naudojamos modeliais, kurie yra paremti atominių bombų sprogimus išgyvenusiųjų epidemiologiniais duomenimis ir standartizuoti pagal lytį ir amžių (76). Tačiau tai yra naudingas ir suprantamas būdas aptarti tyrimo metu gaunamos jonizuojančiosios spinduliuotės žalą, į kurią atsižvelgiant užtikrinamas tyrimų pagrįstumo bei radiacinės saugos principų laikymasis (16).

Visgi efektinė dozė neturėtų būti dozės rodiklis, kuriuo vertinama konkrečių pacientų medicininė apšvita (24), kadangi ji nenurodo tikrosios gautos dozės (76), o jos apskaičiavimas – netiesioginis, sudėtingas ir jo metu yra didelė paklaidų tikimybė (16,64). Efektinė dozė yra vertingas parametras tarpusavyje lyginant skirtingų vaizdinimo metodų skleidžiamą jonizuojančiąją spinduliuotę ir jos keliamą riziką (16), tačiau, vertinant atskiras radiologines metodikas, tyrimų apšvitos stebėsenai turėtų būti atliekama lengvai išmatuojamais, kalibruojamais ir palyginamais tarpusavyje rodikliais, todėl KT tyrimų radiacinės saugos stebėsenai turėtų būti naudojamas CTDIvol, DLP ir, jei yra galimybė, SSDE (24).

Darbuotojams ir gyventojams yra nustatyti dozių limitai ir apribojimai, tuo tarpu medicinoje pacientams tokių apribojimų nėra, kadangi tinkamai taikant pagrįstumo principą, bet kokia tyrimo keliama rizika nenusvers teikiamos naudos (29,55). Nepaisant to, vadovaujantis medicininių tyrimų optimizavimo principu, būtina užtikrinti, kad pacientai gautų kiek tik įmanoma mažesnes dozes. Tai galima padaryti naudojantis DAL – tyrimo lygiais, taikomais diagnostinėse ir intervencinėse radiologinėse procedūrose, parodančiais, ar standartinėmis sąlygomis atliekamų tyrimų jonizuojančiosios spinduliuotės kiekis neviršija įprastinių dozių. DAL pateikiami konkrečioms radiologinėms tyrimo ar intervencijos metodikoms ir yra nustatomi kaip 3-asis skirtingų gydymo įstaigų standartinio dydžio pacientų dozių verčių medianų kvartilis (15,55), o vaikų vietiniai DAL taip pat gali būti nustatomi kaip dozių skirstinio 3-iojo kvartilio vertė (24).

Vaikų radiologiniams tyrimams turi būti nustatyti atskiri DAL. Tai svarbu ne tik dėl didesnio jų radiojautrumo, lyginant su suaugusiais, bet ir dėl ilgesnės numatomos gyvenimo trukmės, per kurią gali pasireikšti neigiamas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis. Be to, skirtingo amžiaus vaikai labai skiriasi pagal kūno masę ir ūgį, o to paties amžiaus vaikai taip pat gali ženkliai skirtis pagal tuos pačius parametrus (15). Tai lemia, kad kiekvienam tiriamam vaikui reikia pritaikyti tyrimo parametrus, kartu naudojant skirtingas dozes (77,78), todėl norint jas palyginti, reikia panašius pacientus grupuoti pagal svorį, kūno matmenis arba amžių (15). Šiuo metu, tiek Europos Komisija, tiek ICRP rekomenduoja KT tyrimams, išskyrus galvos KT, vaikus skirstyti ir sudaryti DAL pagal jų svorį, kadangi jis tiksliau atitinka tikrąjį pacientų dydį nei amžius (15,24). Iki šiol pediatriinių krūtinės bei pilvo ir dubens KT DAL yra paskelbta nedaug, o juos palyginti yra sudėtinga, kadangi pacientai grupuojami pagal skirtingus parametrus, kurių grupavimas dažnai nesutampa, o apšvitos dozių matavimui ir kalibravimui naudojami dabartinių rekomendacijų neatitinkantys fantomai (79,80).

Dėl mažo atliekamo pediatriinių radiologinių tyrimų skaičiaus surinkti reikiamą skaičių duomenų kiekvienai svorio grupei gali būti sudėtinga. Todėl, jeigu duomenų apie pacientų tyrimų dozes turima nedaug, galima taikyti matematinių funkcijų kreives, priderintas prie turimų duomenų. DAL kreivės išreiškia dozės dydžius kaip nenutrūkstamą grupuojamojo parametro funkciją, jei duomenys rodo aiškų ryšį tarp šių dviejų parametrų, todėl tai gali būti vertinga alternatyva nustatant dozės ir paciento svorio arba skersmens santykį (24,54). Taikant šį metodą galima išspręsti mažos imties ir silpno statistinio patikimumo problemą, nes nebereikia surinkti bent 10 pacientų dozės duomenų sudaryti DAL atskiroms pacientų grupėms. (81).

DAL nusistatomi vietiniu, nacionaliniu ir regioniniu lygmenimis (15). Nacionaliniai DAL yra naudingas rodiklis vykdant radiologinių tyrimų optimizavimą, nes aiškiai identifikuoja įstaigas ir

metodikas, kuriose naudojamos naudojantčias didžiausias jonizuojančiosios spinduliuotės dozės ir kurių tyrimų parametrus bei atlikimo protokolus reikia peržiūrėti siekiant sumažinti pacientų dozes (82). Regioniniai (kelių valstybių) DAL gali ne tik nurodyti, kuriose valstybėse verta apsvarstyti tolimesnes optimizavimo galimybes, bet ir suteikia atskaitos tašką kitoms kaimyninėms valstybėms, kurios neturi nusistatytų DAL (15). Tuo tarpu vietiniai DAL, patvirtinti vienos didelės arba kelių mažesnių sveikatos priežiūros įstaigų, yra ypač naudingi tais atvejais, kai nacionaliniai DAL yra nereglamentuoti arba kai tyrimams atlikti taikomi kitokie metodai ir protokolai ar naujos technologijos (15). Vietiniai DAL taip pat gali būti nusistatomi, kai dėl gydymo įstaigos specializacijos netinka įprastiniai DAL, pavyzdžiui, onkologiniuose centruose (24).

Konkrečioms tyrimų indikacijoms galima nustatyti atskirus DAL, taip atsižvelgiant į pacientų dozių optimizavimą, nes jos gali labai skirtis skenuojant tą pačią sritį skirtingu tikslu (24). Įrodyta, kad konkrečioms indikacijoms ir ligoms būdingi protokolai yra veiksmingi siekiant gerokai sumažinti paciento dozę, kartu išlaikant diagnostinį tikslumą (83,84).

Gydymo ir diagnostikos įstaigose apšvitos vertinimas turi būti atliekamas naudojantis reguliariai atliekamais pacientų dozių auditais, lyginant jų medianas su nustatytomis DAL vertėmis (85). Tačiau DAL neviršijimas negarantuoja, kad radiologiniai tyrimai yra optimizuoti, ir iškyla grėsmė, kad jais bus vadovaujamasi kaip tiksline doze, nuo kurios nebereikia adaptuoti ir modifikuoti tyrimų atlikimo protokolų ir parametrų (86). Todėl ICRP rekomenduoja steigiant nacionalinius DAL kartu nurodyti ir radiologinių dozių verčių medianą, kuri pasitarnautų kaip papildomas optimizavimo atskaitos taškas. Jei institucijų dozės būtų mažesnės ir už šią vertę, daugiausia dėmesio reiktų skirti vaizdų kokybės gerinimui, kadangi diagnostinis aiškumas yra svarbiausias medicininio vaizdinimo tikslas (15).

Norint užtikrinti tinkamą vaizdų kokybės ir pacientų dozių santykį atskirose sveikatos priežiūros įstaigose yra pasiūlytas priimtinos kokybės dozių konceptas (AQD, angl. acceptable quality dose), kurio tikslas yra identifikuoti klinikiniam įvertinimui tinkamos kokybės vaizdus ir pagal jų duomenis nustatyti referentines dozių vertes (87). Taip pat laikomasi nuomonės, kad šis rodiklis padėtų optimizuoti tyrimus prospektyviu būdu, kadangi AQD būtų reikalinga pervertinti iš karto po pritaikytų vaizdinimo parametrų pokyčių, priešingai nei tai daroma atliekant DAL auditus (88). Šis konceptas sėkmingai pritaikomas vaikų KT ir užtikrina, kad vykdant tyrimus yra atsižvelgiama ne tik į pacientų gaunamos apšvitos dozes arba kūno sudėjimą, bet ir priimtinos vaizdų kokybės standartą (89).

3. DARBO METODAI

3.1. Duomenų rinkinys

Atlikta retrospektyvi duomenų rinkinio analizė. Vertinti nuasmeninti vaikams nuo 0 iki 17 metų atliktų krūtinės ląstos ir pilvo bei dubens KT tyrimų duomenys. Visi tyrimai buvo atlikti Vilniaus universiteto ligoninės Santaros klinikose 2020-2021 m. naudojant *Siemens Somatom Sensation 64* KT aparatą. Iš pacientų duomenų rinkta informacija apie jų lytį, amžių ir svorį. Duomenų rinkinyje registruota informacija apie pacientų lytį, amžių ir svorį, jiems atlikto KT tyrimo datą, apibendrintą indikaciją, skenuojamą sritį, fazių skaičių, protokolo pavadinimą ir parametrus, įskaitant kiekvienos fazės skenavimo ilgį, rentgeno vamzdžio srovę, rentgeno vamzdžio anodinę įtampą, ekspozicijos trukmę bei jonizuojančiosios spinduliuotės apšvitos ekspozicijos vertes CTDIvol ir DLP. Visiems atliktiems tyrimams taikytas filtruotos atgalinės projekcijos (angl., filtered back projection) rekonstrukcijos algoritmas.

Protokolai būdavo parenkami pagal tiriamą kūno sritį, tyrimų indikacijas, kontrastinės medžiagos naudojimą ir skenuojamą fazę. Kiekvienam vaikui protokolai individualizuoti modifikuojant rentgeno vamzdžio srovės stiprumą, skenavimo ilgį ir žingsnio dydį.

Į šią analizę buvo įtraukti daugiafaziai KT tyrimai. Skenuojamų fazių tipas (natyvinė, arterinė, veninė) ir skaičius būdavo parenkami atskirai kiekvienam pacientui pagal jo tyrimo indikacijas. Statistinei analizei buvo apskaičiuoti visų fazių CTDIvol ir DLP verčių vidurkiai. Dozių dydžiams nustatyti, kalibruoti ir patikrinti buvo naudojamas standartinis polimetilmetakrilato 32 cm fantomas.

3.2. Statistinė analizė ir vietinių DAL nustatymas

Analizuojant duomenis ir nustatant vietinius DAL buvo atskirai vertinti krūtinės ląstos bei pilvo ir dubens KT tyrimai.

Pacientų amžiaus ir svorio bei KT dozės rodiklių CTDIvol ir DLP verčių pasiskirstymas pagal normalųjį skirstinį tikrintas Shapiro-Wilk testu. Nei vienas parametras nebuvo pasiskirstęs pagal normalųjį skirstinį, todėl tolimesnei statistinei analizei naudoti neparametriniai statistiniai tyrimo metodai.

Tiriamųjų grupės tarpusavyje palygintos taikant Wilcoxon'o rangų ženklų kriterijų tolydiesiems kintamiesiems ir Pearson'o Chi-kvadratu kriterijų kategoriniams kintamiesiems. Skirtumas laikytas statistiškai reikšmingu, kai $p < 0,05$.

KT tyrimų atskirų sričių duomenų įrašai buvo sugrupuoti pagal Europos komisijos (24) ir ICRP (15) rekomenduojamus paciento svorio intervalus: 5-14 kg, 15-29 kg, 30-49 kg ir 50-79 kg.

Pacientų, kurių svoris nepatenka į nurodytus intervalus, duomenų įrašai, nebuvo įtraukti į tolimesnę aprašomosios statistikos analizę.

Kiekvienoje svorio grupėje buvo apskaičiuotos mažiausios, pirmojo kvartilio, medianos, trečiojo kvartilio ir didžiausios CTDIvol ir DLP vertės.

Kiekvienos svorio grupės CTDIvol ir DLP verčių medianos (tipinės vertės) buvo palygintos su PiDRL pateiktais europiniais DAL (24) Wilcoxon'o rangų sumų kriterijumi vienai imčiai. Skirtumas laikytas statistiškai reikšmigu, kai $p < 0,05$.

Vietiniai DRL kiekvienai svorio grupei buvo apibrėžti kaip kiekvienos svorio grupės dozių verčių CTDIvol ir DLP skirstinių trečiojo kvartilio vertės.

Norint įvertinti KT dozių verčių CTDIvol ir DLP ryšį su pacientų svoriu naudotasi Spearman koreliacijos koeficientu ir eksponentinėmis DAL kreivėmis. Šiai analizei naudoti ir tie krūtinės ląstos bei pilvo ir dubens duomenų rinkinio įrašai, kurie neatitiko nurodytų svorio intervalų.

Statistinė analizė atlikta *RStudio* programa.

3.3. DAL kreivių sudarymas

Skisdami pacientų kūnais, rentgeno spindulių fotonų pluoštai silpsta eksponentiškai (90). Remiantis šia savybe priimtas sprendimas taikyti eksponentines funkcijas vizualizuojant pacientų svorio ir gaunamos apšvitos dozių kreives.

DAL eksponentinės kreivės išreiškiamos formule $y = ae^{kx}$, kur a yra pradinė vertė, k yra kreivės augimo greičio koeficientas, x – pacientų kūno svoris, o y – dozės kiekis, išreikštas CTDIvol arba DLP. Koeficientas k buvo gautas priderinus eksponentinę tiesę prie duomenų taškų, naudojantis *Microsoft Excel* programa. Kiekvienam duomenų įrašui buvo apskaičiuota pradinė vertė a . Apskaičiavus a reikšmių medianą ir pritaikius ją funkcijoje, gauta tipinių verčių kreivė. Apskaičiavus a reikšmių 3-iojo kvartilio vertę ir pritaikius ją į funkciją gauta DAL kreivė.

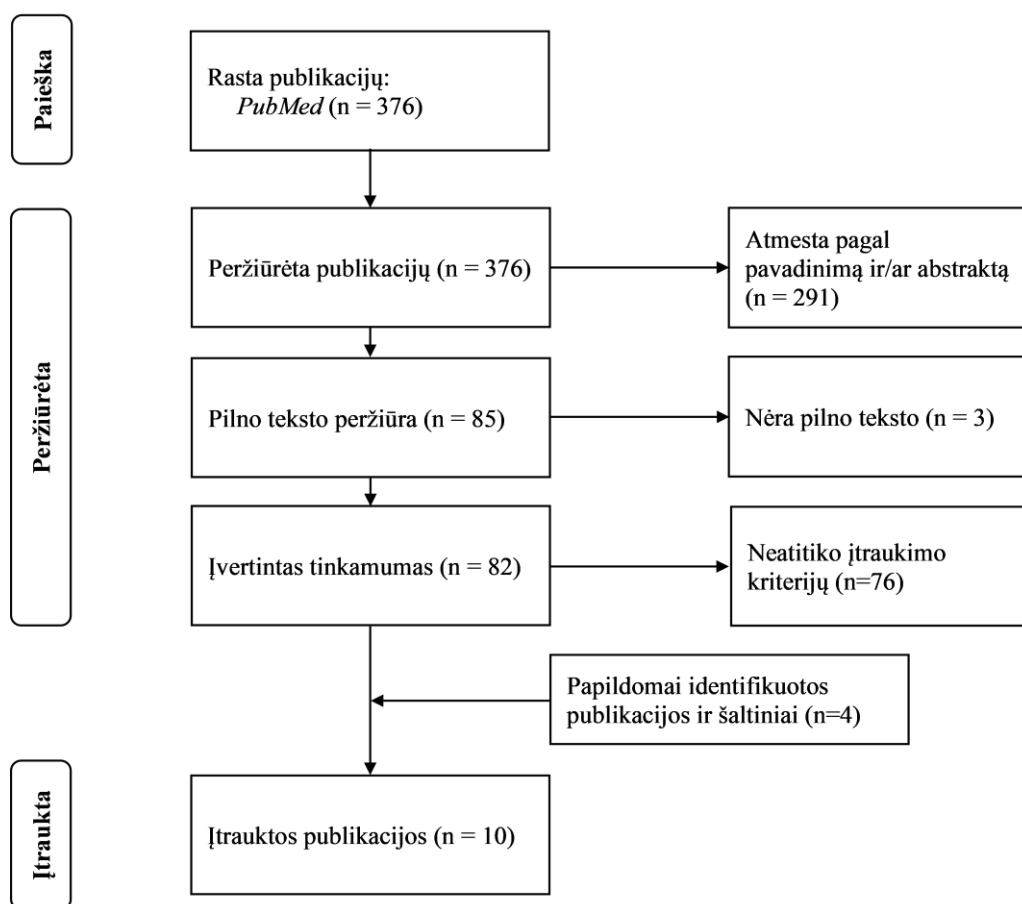
3.4. Literatūros paieška

Literatūros paieška apie DAL vaikų krūtinės bei pilvo ir dubens KT atlikta *PubMed* duomenų bazėje pagal PICO metodiką. Paieškoje naudoti raktažodžiai ir *Medicininų terminų žodyno* antraštės (MeSH, angl. Medical Subject Headings).

3 lentelė. Literatūros paieškoje pagal PICO metodą naudoti raktažodžiai.

Populiacija	Intervencija	Palyginimas	Rezultatas
Adolescent (MeSH)	Tomography, X-Ray Computed (MeSH)	–	dose reference level*
Child (MeSH)			diagnostic reference levels (MeSH)
Infant (MeSH)			

Į apžvalgą buvo įtrauktos originalios publikacijos, kuriose vertinti vaikų krūtinės, pilvo ir dubens KT tyrimai. Pagrindinis pacientų grupavimo parametras turėjo būti pacientų svoris, pacientų dozės vertinimui buvo naudojami DLP ir CTDIvol, KT dozių vertės nustatomos pagal 32 cm fantomą ir siūlomi vietiniai, nacionaliniai arba regioniniai DAL.



1 paveikslas. Publikacijų paieškos schema.

Įtraukimo kriterijų neatitikusios publikacijos buvo atmestos dėl amžiaus kaip pagrindinio pacientų grupavimo parametro (n=34), nepateiktų krūtinės ar pilvo ir dubens DAL (n=14), vertintų tik suaugusiųjų tyrimų (n=11), rekomendacijų neatitinkančių grupavimo pagal svorį intervalų (n=7), netinkamos dozės vertės (n=6) ir netinkamų fantomų (n=3). Viena publikacija atmesta dėl nepatikimų rezultatų.

4. TYRIMO REZULTATAI

Iš viso analizuota 114 KT tyrimų. Iš jų krūtinės ląstos tyrimai sudaro 75 %, o pilvo ir dubens – 25 % tyrimų. Iš viso tirtos 56 mergaitės ir 59 berniukai. Mergaičių amžiaus mediana KT atlikimo metu buvo 10,5 metų, o svorio mediana – 37 kg. Berniukų amžiaus mediana taip pat buvo 11 metų, o svorio – 38 kg. Tarp skirtingų lyčių pacientų nebuvo statistiškai reikšmingų skirtumų.

4 lentelė. Tiriamųjų palyginimas pagal lytį.

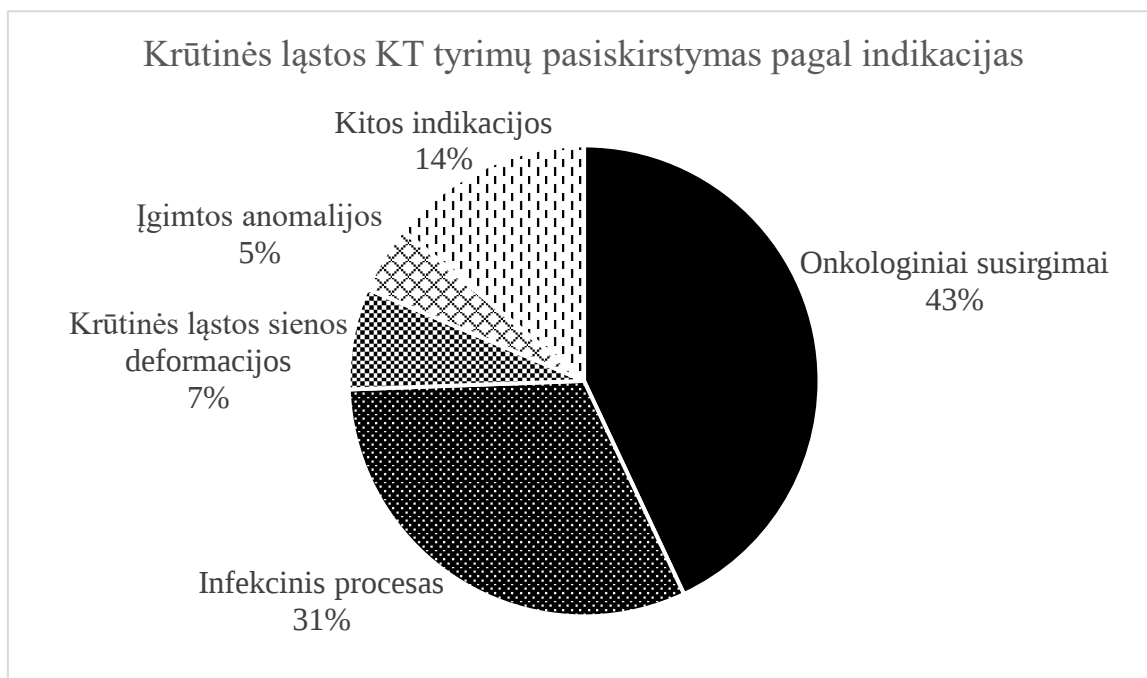
	Mergaitės	Berniukai	<i>p</i> reikšmė
Pacientų skaičius	56	59	0,78
Amžiaus mediana (Q1-Q3)	10,5 (4,75-13)	11 (7-14)	0,10
Svorio, kg, mediana (Q1-Q3)	37 (18-50,25)	38 (26,5-63,5)	0,43

Q1 – pirmasis duomenų skirstinio kvartilis, Q3 – trečiasis duomenų skirstinio kvartilis

Keliomis fazėmis buvo atlikti 29 (34 %) krūtinės tyrimai ląstos KT ir 26 (90 %) pilvo ir dubens KT tyrimai. Visuose skenavimuose naudotas filtruotos atgalinės projekcijos rekonstrukcijos algoritmas.

4.1. Krūtinės ląstos kompiuterinės tomografijos tyrimai

Iš viso buvo atlikti 86 krūtinės ląstos KT tyrimai. Didžiausią dalį (n=37) sudarė ištyrimas dėl piktybinių navikų plitimo ir metastazių plaučiuose. Trečdalis tyrimų (n=27) atlikti siekiant įvertinti infekcinį procesą, kai kiti tyrimo metodai buvo nepakankamai informatyvūs. Kitos dažnesnės indikacijos KT tyrimui – krūtinės ląstos sienos deformacija (n=6) ir įgimtos anomalijos (n=4). Pavieniais atvejais KT taikyta tiriant dėl plaučių arterijos plautinės embolijos (n=3), bronhektazių ir cistinės fibrozės (n=3) bei timomos (n=3). Iš viso 34 % (n=29) tyrimų buvo daugiafaziai.



2 paveikslas. Krūtinės ląstos KT tyrimų pasiskirstymas pagal indikacijas.

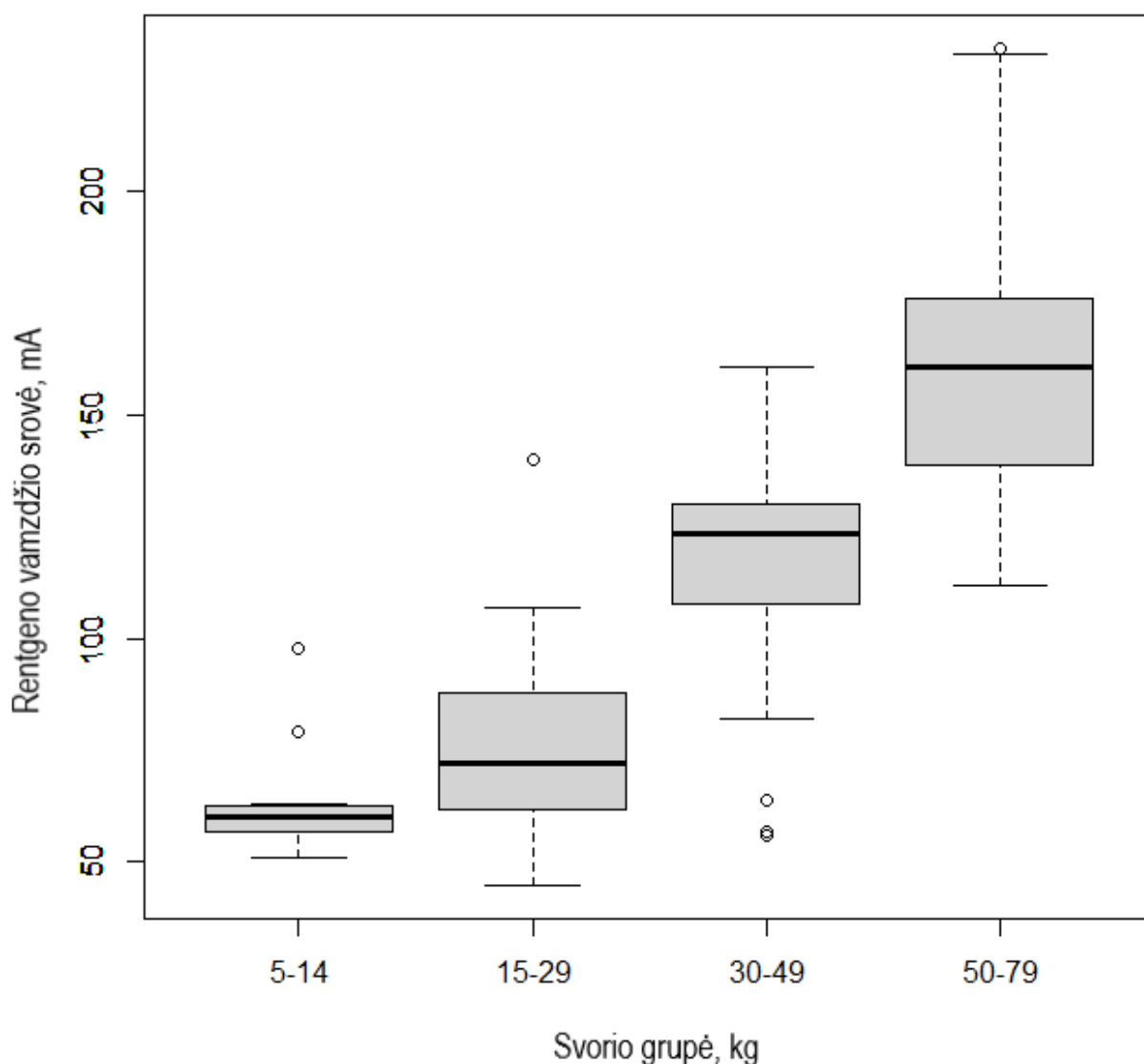
Krūtinės ląstos KT buvo atlikta 44 mergaitėms ir 42 berniukams – tyrimai būdavo atliekami vienodai dažnai abiem lytims. Tiriamųjų grupės pagal registruotus antropometrinius parametrus ir gaunamas KT dozių vertes statistiškai reikšmingai nesiskyrė.

5 lentelė. Krūtinės ląstos KT tyrimų tiriamųjų palyginimas pagal lytį.

	Mergaitės	Berniukai	<i>p</i> reikšmė
Pacientų skaičius	44	42	0,83
Daugiafaziai tyrimai	12	17	0,20
Amžiaus mediana (Q1-Q3)	12 (6-13)	11,5 (7-13)	0,88
Svorio, kg, mediana (Q1-Q3)	42,5 (20-51,5)	37 (23,25-56,75)	0,70
CTDIvol, mGy, mediana (Q1-Q3)	3,3 (1,8-4,2)	3,3 (2,4-4,4)	0,40
DLP, mGy·cm, mediana (Q1-Q3)	93 (48-130)	100 (60-142)	0,25

Q1 – pirmasis duomenų skirstinio kvartilis, Q3 – trečiasis duomenų skirstinio kvartilis

Visiems krūtinės ląstos KT tyrimams atlikti, nepriklausomai nuo pacientų dydžio, taikyto protokolo ir kontrastinės medžiagos naudojimo, buvo naudota 120 kV rentgeno vamzdžio įtampa. Medianinė rentgeno vamzdžio srovė buvo 117,5 mA (Q1-Q3 70-152 mA). Rentgeno vamzdžio srovė būdavo pritaikoma pagal pacientų dydį ir skenavimo protokolą. Medianinė rentgeno vamzdžio srovės vertė 5-14 kg svorio grupėje buvo 60 mA, 15-29 kg grupėje – 72 mA, 30-49 kg grupėje – 124 mA, o 50-79 kg grupėje – 161 mA. Visų protokolų ekspozicijos trukmė buvo 0,5 S.



3 paveikslas. Vaikų krūtinės ląstos KT tyrimų rentgeno vamzdžio srovės (mA) pasiskirstymas tarp svorio grupių.

Vaikų krūtinės ląstos KT CTDIvol mediana buvo 1,6 mGy 5-14 kg svorio grupėje, 2,0 mGy 15-29 kg svorio grupėje, 3,4 mGy 30-49 kg svorio grupėje ir 4,5 mGy 50-79 kg svorio grupėje. DLP mediana atitinkamai siekė 35, 51, 102 ir 143 mGy·cm. Detalūs kiekvienos svorio grupės dozių verčių pasiskirstymo duomenys pateikiami 6 ir 7 lentelėse.

6 lentelė. Krūtinės ląstos KT tyrimų CTDIvol vertės pagal svorio grupes.

Svorio grupė	Pacientų skaičius	CTDIvol, mGy·cm				
		Mažiausia vertė	1-ojo kvartilio vertė	Mediana	3-iojo kvartilio vertė	Didžiausia vertė
5 – 14 kg	6	1,4	1,5	1,6	2,0	2,2
15 – 29 kg	23	1,0	1,7	2,0	2,4	3,8
30 – 49 kg	28	1,3	3,0	3,4	3,6	4,4
50 – 79 kg	22	3,6	4,1	4,5	5,0	6,3

7 lentelė. Krūtinės ląstos KT tyrimų DLP vertės pagal svorio grupes

Svorio grupė	Pacientų skaičius	DLP, mGy·cm				
		Mažiausia vertė	1-ojo kvartilio vertė	Mediana	3-iojo kvartilio vertė	Didžiausia vertė
5 – 14 kg	6	33	34	35	40	49
15 – 29 kg	23	23	40	51	60	93
30 – 49 kg	28	25	88	102	116	163
50 – 79 kg	22	94	133	143	156	227

Palyginus dozių verčių skirstinių medianas su europiniais vaikų krūtinės ląstos KT DAL, nustatyta, kad beveik visų svorio grupių vietinės dozės vertės statistiškai reikšmingai skyrėsi nuo europinių DAL ir buvo nuo 8 iki 29 % mažesnės. Remiantis ICRP rekomendacijomis, kai tipinės dozių vertės yra bent 10 % mažesnės už nustatytus DAL, rekomenduojama peržiūrėti, o šiuo atveju – nustatyti vietinius DAL (85).

8 lentelė. Krūtinės ląstos KT tyrimų tipinių CTDIvol verčių palyginimas su europiniais DAL.

Svorio grupė	CTDIvol, mGy, mediana	Europiniai DAL, mGy	<i>p</i> vertė	Skirtumas, %
5 – 14 kg	1,6	1,8	0,84	-11
15 – 29 kg	2,0	2,7	< 0,005 *	-26
30 – 49 kg	3,4	3,7	0,009 *	-8
50 – 79 kg	4,5	5,4	< 0,005 *	-16

* – statistiškai reikšmingas skirtumas

9 lentelė. Krūtinės ląstos KT tyrimų tipinių DLP verčių palyginimas su europiniais DAL

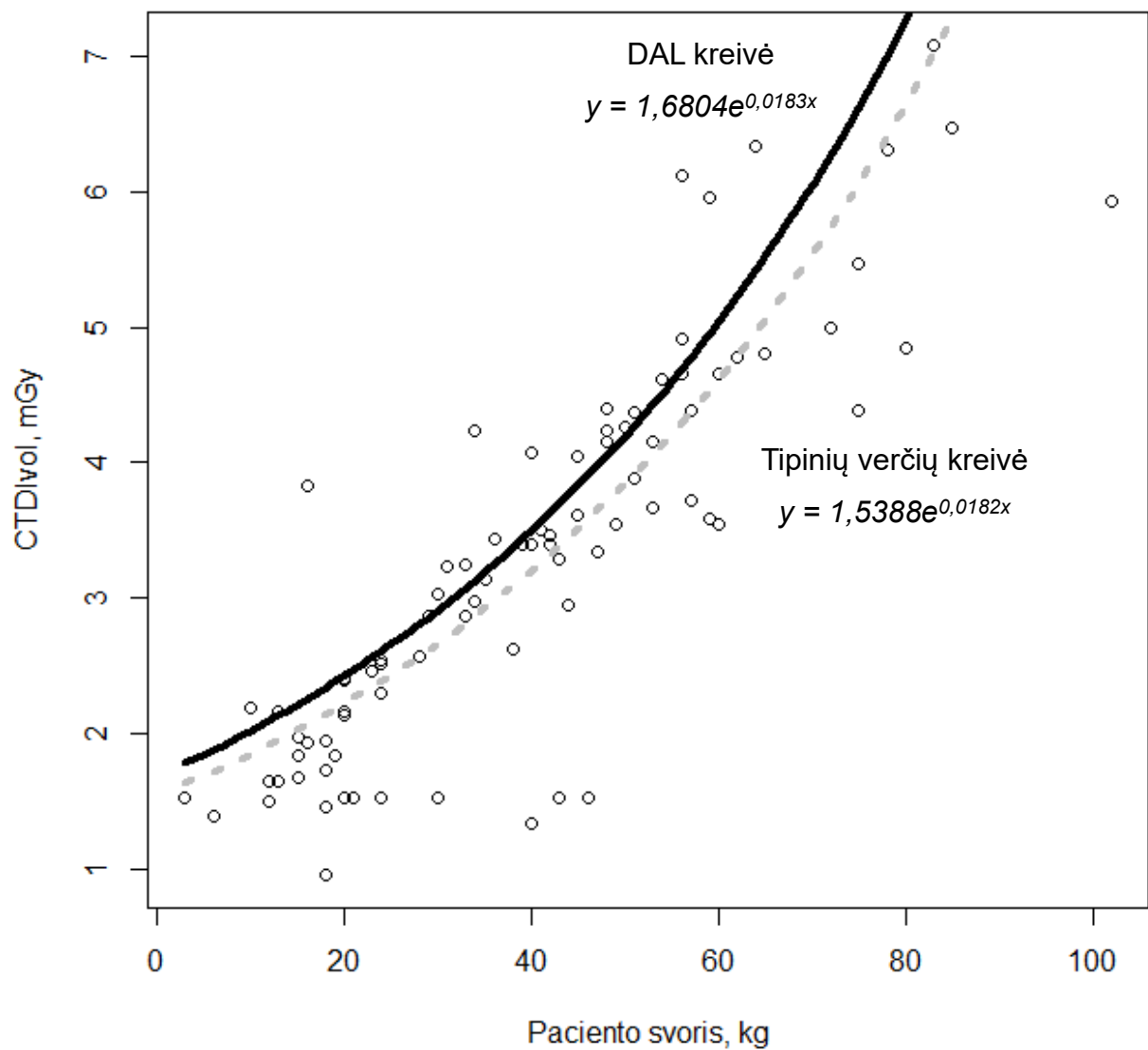
Svorio grupė	DLP mGy·cm	Europiniai DAL mGy·cm	<i>p</i> vertė	Skirtumas, %
5 – 14 kg	35	50	0,03 *	-13
15 – 29 kg	51	70	< 0,005 *	-27
30 – 49 kg	102	115	0,005 *	-11
50 – 79 kg	143	200	< 0,005 *	-29

* – statistiškai reikšmingas skirtumas

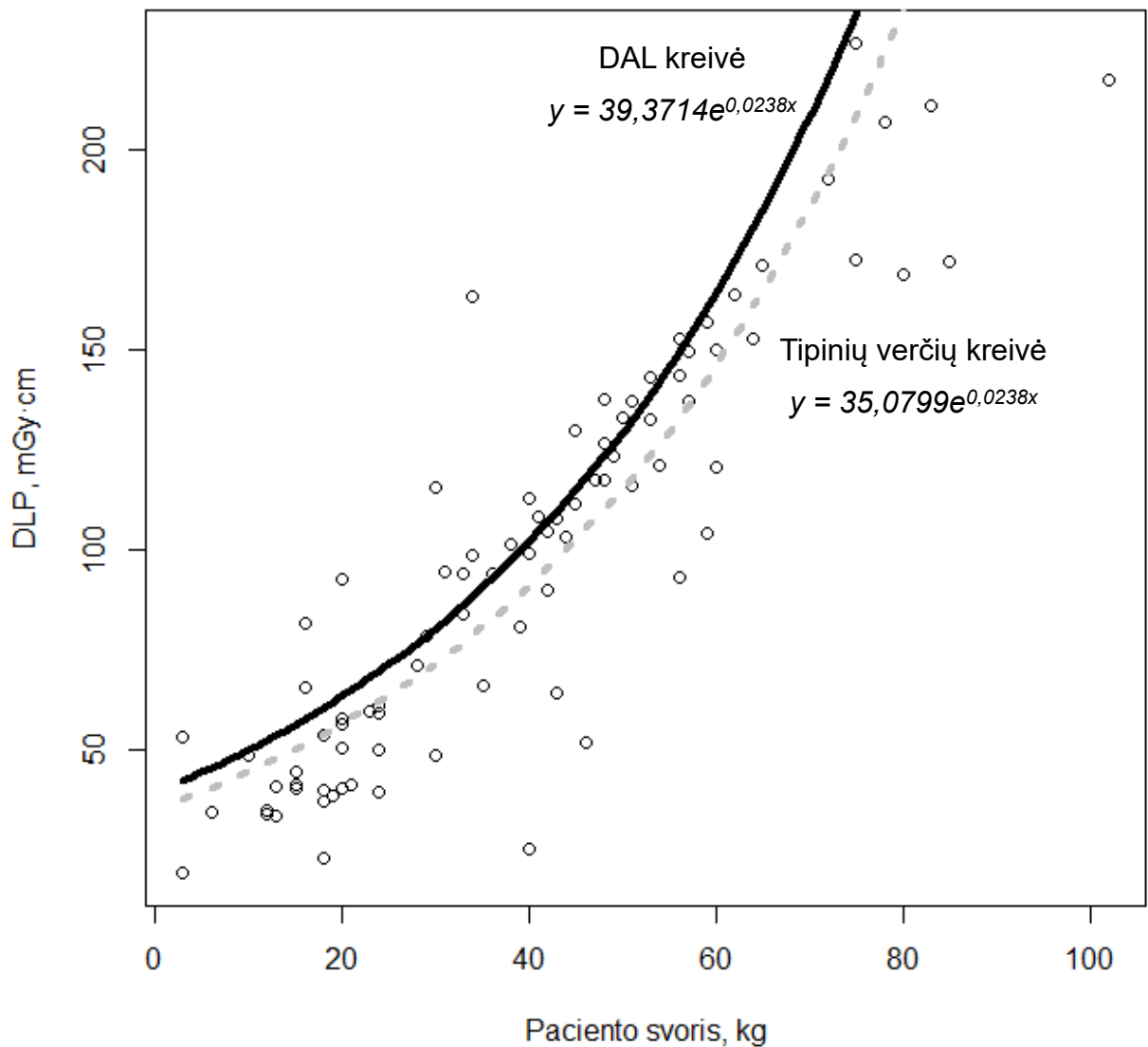
Nustatyti vietiniai DAL vaikų krūtinės ląstos KT tyrimams kiekvienai svorio grupei pagal dozių skirstinio 3-iojo kvartilio vertes. DAL pagal CTDIvol yra 2,0 mGy 5-14 kg svorio grupėje, 2,4 mGy 15-29 kg grupėje, 3,6 mGy 30-49 kg grupėje ir 5,0 mGy 50-79 kg grupėje. DAL pagal DLP atitinkamai nustatyti kaip ir 40, 60, 116 ir 156 mGy·cm.

Stebėta stipri teigiama koreliacija tarp paciento svorio ir CTDIvol ($\rho=0,86$, $p<0,001$) bei DLP ($\rho=0,90$, $p<0,001$), todėl sudarytas papildomas įrankis stebėti pacientų dozes – tipinių verčių ir DAL kreivės.

Eksponentinės kreivės pritaikytos prie sklaidos diagramų tarp pacientų svorio ir CTDIvol ($R^2=0,70$) bei DLP ($R^2=0,73$). CTDIvol tipinių verčių kreivė išreiškiama funkcija $y = 1,5388e^{0,0182x}$, DAL kreivė išreiškiama funkcija $y = 1,6804e^{0,0183x}$, kur x yra paciento svoris, o y – CTDIvol reikšmė. DLP tipinių verčių kreivė išreiškiama funkcija $y = 35,0799e^{0,0238x}$, o DAL kreivė – $y = 39,3714e^{0,0238x}$, kur x yra paciento svoris, o y – DLP reikšmė.



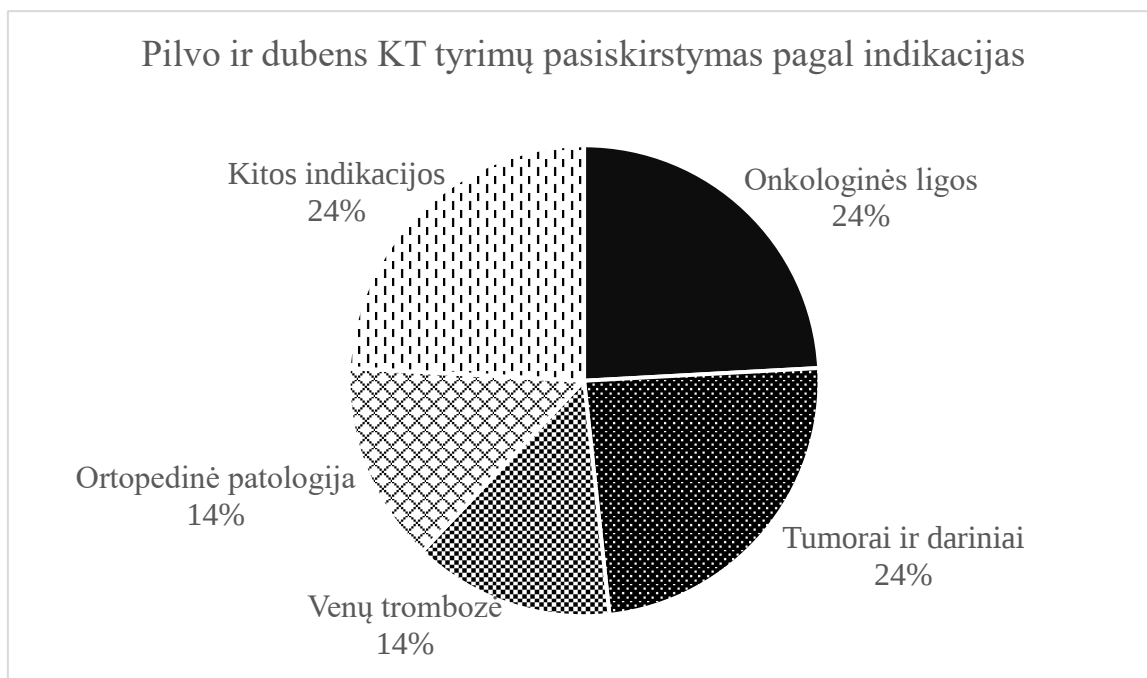
4 paveikslas. Vaikų krūtinės ląstos KT dozių medianų kreivė pagal CTDIvol (pilka brūkšninė linija) ir diagnostinių atskaitos lygių kreivė (ištisinė juoda linija)



5 paveikslas. Vaikų krūtinės ląstos KT dozių medianų kreivė pagal DLP (pilka brūkšninė linija) ir diagnostinių atskaitos lygių kreivė (ištisinė juoda linija)

4.2. Pilvo ir dubens kompiuterinės tomografijos tyrimai

Iš viso buvo atlikti 29 vaikų pilvo ir dubens KT tyrimai. Beveik pusė jų (n=14) buvo atlikti siekiant įvertinti arba patikslinti klinikinio ištyrimo ar kitų vaizdinių tyrimų metu nustatytus darinius ir tumorus. Pasiskirstymas tarp piktybinių ir gerybinių darinių ištyrimo buvo vienodas – atlikta po 7 tyrimus. Kitos dažnos indikacijos – venų trombozė ir ortopedinė patologija – sudaro po 14 % (n=4) visų atliktų pilvo ir dubens KT tyrimų. Pavieniais atvejais KT taikyta dėl inkstų ir retroperitonino tarpo patologijos (n=2), traumos (n=2), įgimtų anomalijų (n=1) ir aortos bei jos šakų patologijos (n=2). Iš visų atliktų pilvo ir dubens KT tyrimų 86 % (n=25) buvo daugiafaziai.



6 paveikslas. Pilvo ir dubens KT tyrimų pasiskirstymas pagal indikacijas.

Pilvo ir dubens KT buvo atlikta 12 mergaičių ir 17 berniukų – tyrimai būdavo atliekami statistiškai vienodai dažnai abiem lytims. Tyrimai būdavo atliekami jaunesnėms mergaitėms (amžiaus mediana 4,5 metų) lyginant su berniukais (medianinis amžius 11 metų). Mergaitės sverdavo mažiau (mediana 18 kg) nei berniukai (mediana 39 kg). Reikšmingai skyrėsi ir CTDIvol dozės rodiklis: mergaitėms jis būdavo mažesnis (mediana 3,5 mGy) nei berniukams (mediana 6,2 mGy), tačiau medianinė DLP reikšmė buvo panaši abiem lytims.

10 lentelė. Pilvo ir dubens KT tyrimų tiriamųjų palyginimas pagal lytį.

	Mergaitės	Berniukai	<i>p</i> reikšmė
Pacientų skaičius	12	17	0,35
Daugiafaziai tyrimai	11	14	0,47
Amžiaus mediana (Q1-Q3)	4,5 (3,75-9,75)	11 (8-16)	0,045 *
Svorio, kg, mediana (Q1-Q3)	18 (16,25-32,75)	39 (28-75)	0,02 *
CTDIvol, mGy, mediana (Q1-Q3)	3,5 (3,1-4,5)	6,2 (4,1-9,2)	0,03 *
DLP, mGy·cm, mediana (Q1-Q3)	131 (95-178)	203 (71-500)	0,3

* – statistiškai reikšmingas skirtumas, Q1 – pirmasis duomenų skirstinio kvartilis, Q3 – trečiasis duomenų skirstinio kvartilis

Visiems pilvo ir dubens KT tyrimams atlikti, nepriklausomai nuo pacientų dydžio, taikyto protokolo ir kontrastinės medžiagos naudojimo, buvo naudota 120 kV rentgeno vamzdžio įtampa. Medianinė rentgeno vamzdžio srovė buvo 152 mA (Q1-Q3 111-225 mA). Rentgeno vamzdžio srovė būdavo pritaikoma pagal pacientų dydį ir skenavimo protokolą. Medianinė rentgeno vamzdžio srovės vertė 5-14 kg svorio grupėje buvo 94 mA, 15-29 kg grupėje – 132 mA, 30-49 kg grupėje – 193,5 mA, o 50-79 kg grupėje – 272 mA. Protokolų ekspozicijų trukmė svyravo nuo 0,38 s iki 1 s, tačiau 90 % protokolų naudota 0,5 s ekspozicija.

Vaikų pilvo ir dubens KT CTDIvol mediana buvo 2,8 mGy 5-14 kg svorio grupėje, 3,6 mGy 15-29 kg svorio grupėje, 4,8 mGy 30-49 kg svorio grupėje ir 7,9 mGy 50-79 kg svorio grupėje. DLP mediana atitinkamai siekė 81, 127, 203 ir 304 mGy·cm. Detalūs kiekvienos svorio grupės dozių verčių pasiskirstymo duomenys pateikiami 11 ir 12 lentelėse.

11 lentelė. Pilvo ir dubens KT tyrimų CTDIvol vertės pagal svorio grupes.

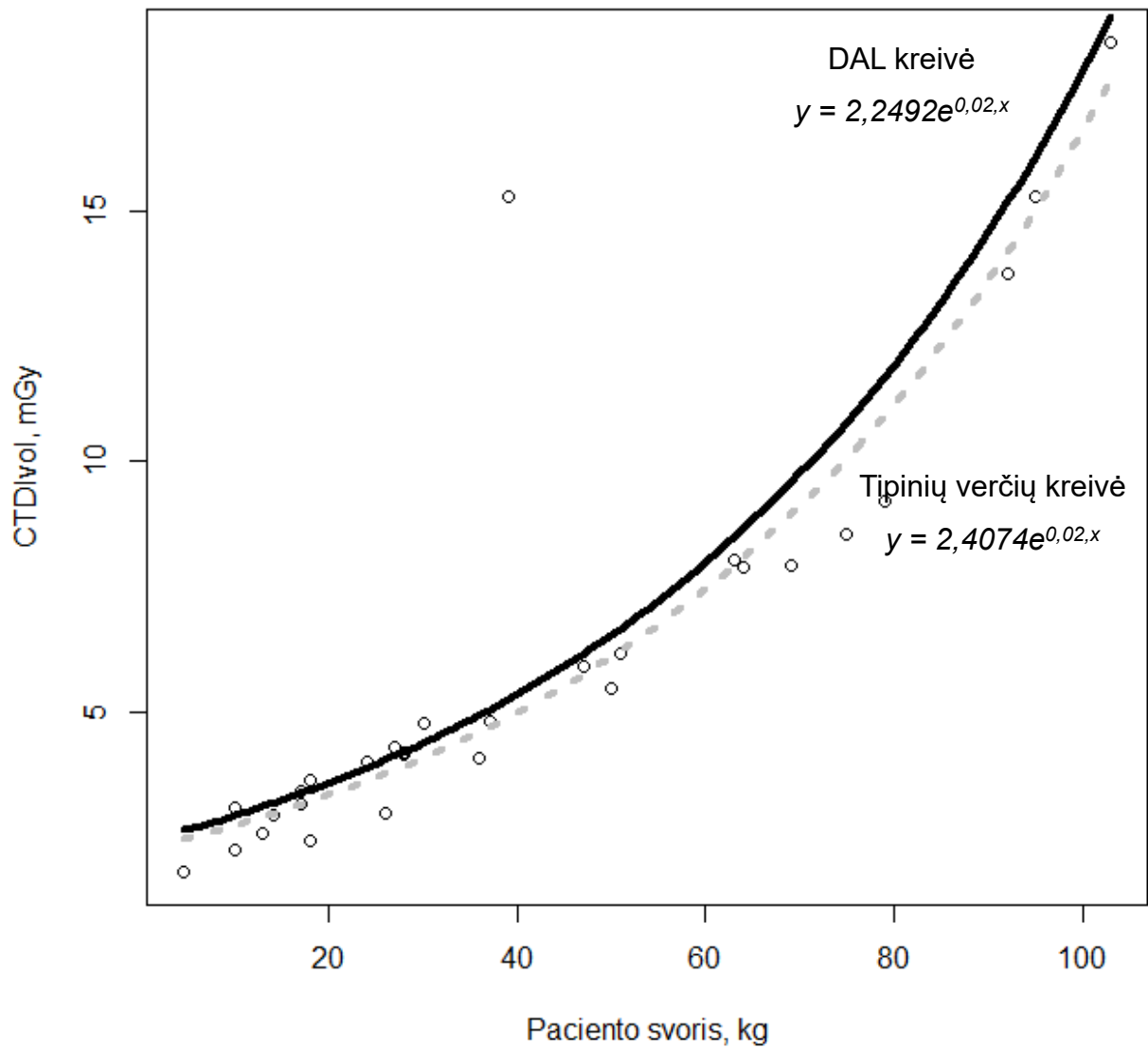
Svorio grupė	Pacientų skaičius	CTDIvol, mGy·cm				
		Mažiausia vertė	1-ojo kvartilio vertė	Mediana	3-ojo kvartilio vertė	Didžiausia vertė
5 – 14 kg	4	2,3	2,5	2,8	3,0	3,1
15 – 29 kg	9	2,4	3,2	3,6	4,1	4,3
30 – 49 kg	5	4,1	4,8	4,8	5,9	15,3
50 – 79 kg	7	5,5	7,0	7,9	8,3	9,2

12 lentelė. Pilvo ir dubens KT tyrimų DLP vertės pagal svorio grupes.

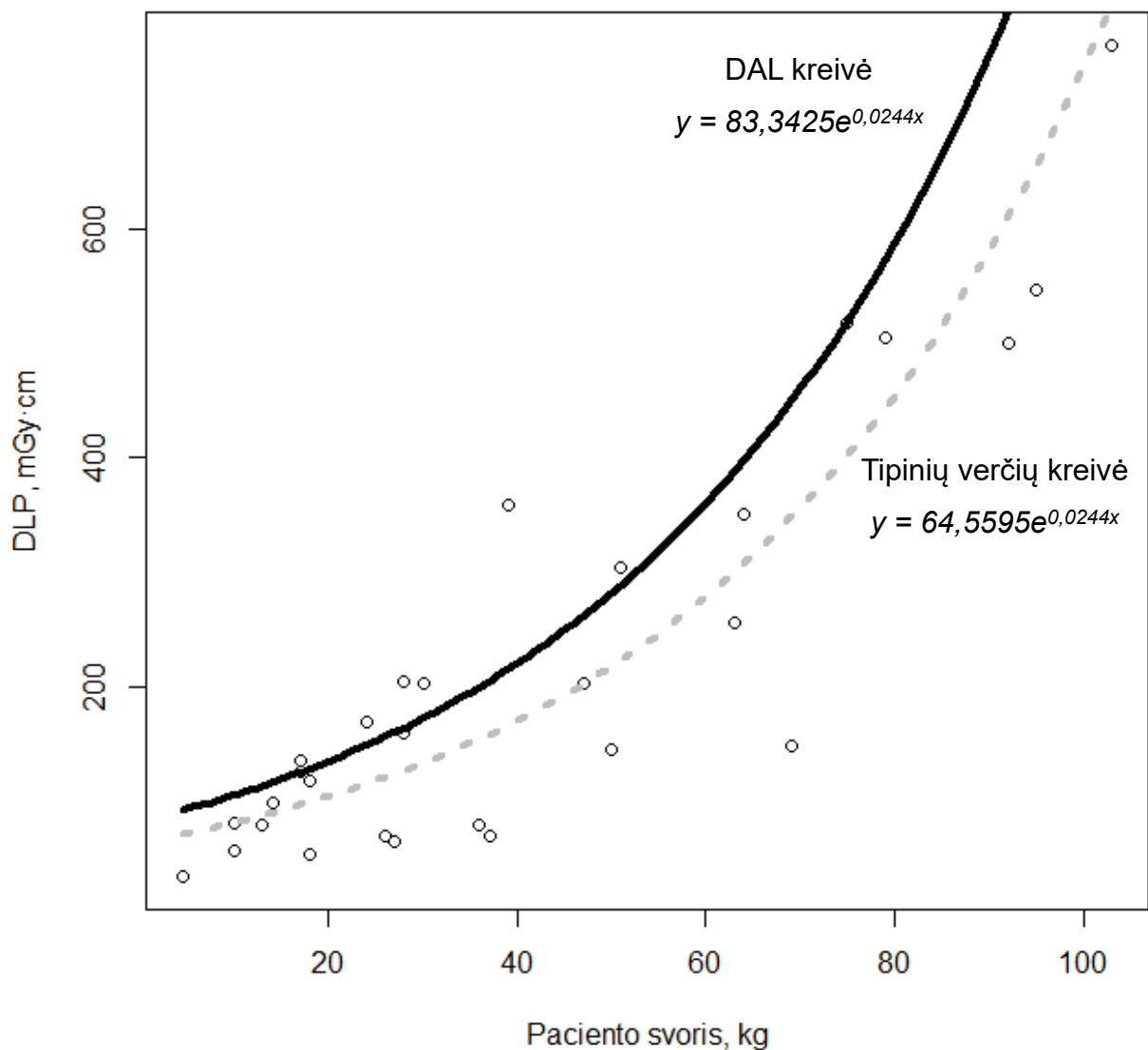
Svorio grupė	Pacientų skaičius	DLP, mGy·cm				
		Mažiausia vertė	1-ojo kvartilio vertė	Mediana	3-ojo kvartilio vertė	Didžiausia vertė
5 – 14 kg	4	58	75	81	87	100
15 – 29 kg	9	54	70	127	160	205
30 – 49 kg	5	70	81	203	203	359
50 – 79 kg	7	145	203	304	428	518

Pilvo ir dubens KT tyrimų tipinių verčių palyginimas su europiniais DAL ir vietinių DAL pagal svorio grupes nustatymas yra netikslingas dėl mažo tiriamųjų skaičiaus kiekvienoje grupėje. Norint nustatyti DAL pagal svorio grupes rekomenduojama turėti duomenų iš bent 10 pacientų tyrimų. Esant mažesniame pacientų skaičiui galima nustatyti DAL kreives (24).

Stebėta stipri teigiama koreliacija tarp paciento svorio ir CTDIvol ($\rho=0,95$, $p<0,001$) bei paciento svorio ir DLP ($\rho=0,81$, $p<0,001$). Eksponentinė atskaitos kreivė buvo pritaikyta prie sklaidos diagramų tarp paciento svorio ir CTDIvol ($R^2=0,78$) bei DLP ($R^2=0,83$). CTDIvol tipinių verčių kreivė vaikų pilvo ir dubens KT tyrimams išreiškiama funkcija $y = 2,2492e^{0,02x}$, DAL kreivė išreiškiama funkcija $y = 2,4074e^{0,02x}$, kur x yra paciento svoris, o y – CTDIvol reikšmė. DLP tipinių verčių kreivė išreiškiama funkcija $y = 64,5595e^{0,0244x}$, o DAL kreivė – $y = 83,3425e^{0,0244x}$, kur x yra paciento svoris, o y – DLP reikšmė.



7 paveikslas. Vaikų pilvo ir dubens KT dozių pagal CTDIvol medianų kreivė (pilka brūkšninė linija) ir diagnostinių atskaitos lygių kreivė (ištisinė juoda linija)



8 paveikslas. Vaikų pilvo ir dubens KT dozių pagal DLP medianų kreivę (pilka brūkšninė linija) ir diagnostinių atskaitos lygių kreivę (ištinė juoda linija)

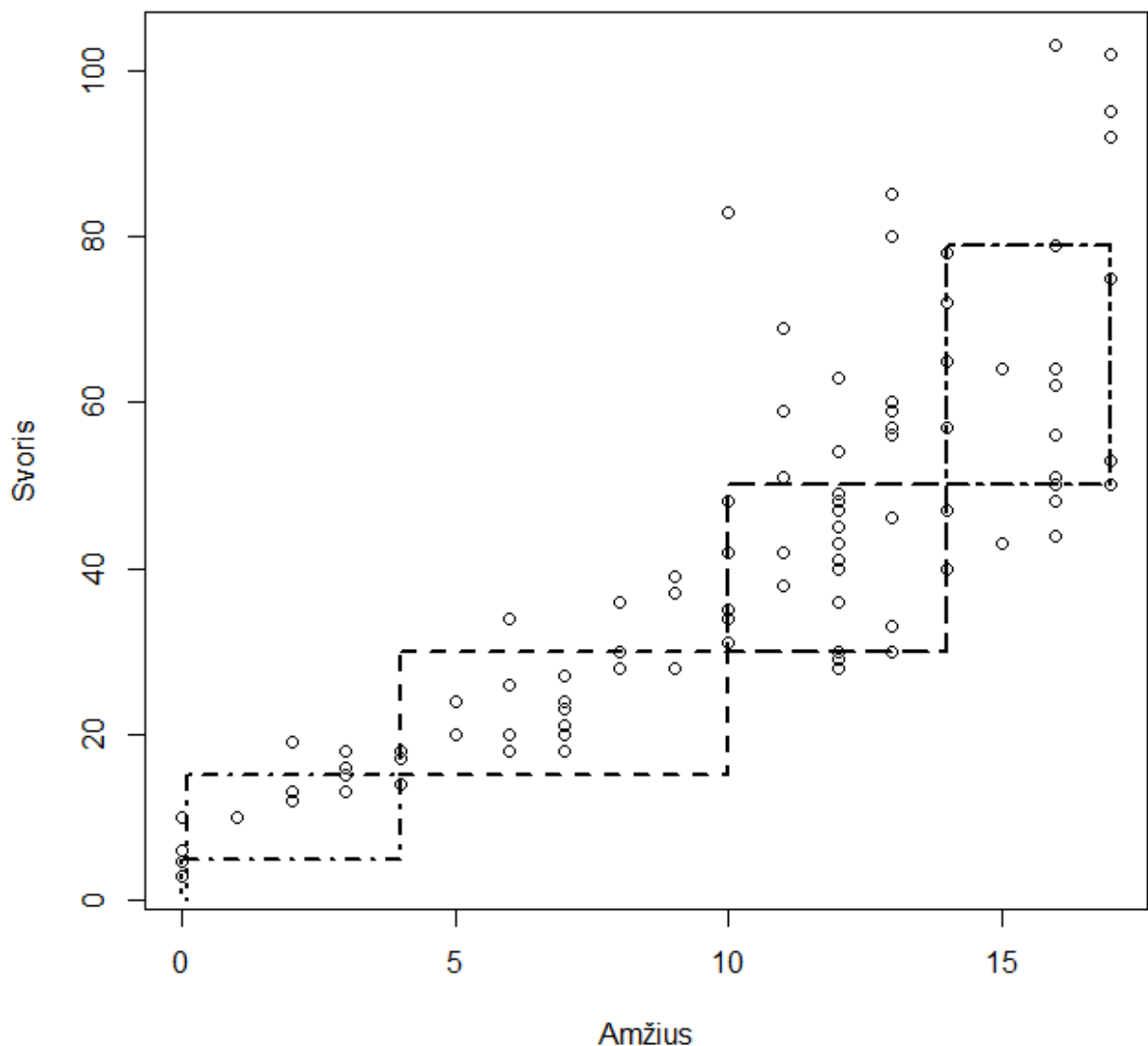
5. REZULTATŲ APTARIMAS

5.1. Pacientų ir tyrimų grupavimo charakteristikos

Vaikų KT tyrimai atliekami kur kas rečiau nei suaugusiems pacientams, todėl sunku surinkti pakankamą duomenų kiekį, reikalingą tinkamai įvertinti pacientų gaunamas dozes. Ši problema dar paaštrėja, kai ribotą duomenų kiekį bandoma suskirstyti į smulkesnes grupes. Be mažo vaikams atliekamų KT tyrimų skaičiaus, kiti papildomi veiksniai, trukdantys surinkti informaciją apie pacientų dozes, yra nepakankamas automatinių dozės stebėsenos ir valdymo sistemų taikymas bei priemonių,

kuriomis būtų galima standartizuotai paruošti registruojamus duomenis auditui ir jį palengvinti, trūkumas (24,51,91). DAL nustatymą ir vertinimą vaikų populiacijai, ypač tiems, kuriems atliekama krūtinės ląstos bei pilvo bei dubens KT, apsunkina situacija, kad ilgą laiką procesas nebuvo reglamentuotas, todėl tyrėjai, matuodami dozes ir kalibruodami KT aparatus, naudodavo skirtingo dydžio dozimetrinius fantomus ir taikydavo skirtingas pacientų grupavimo metodikas (79,80). Šiuo metu jau yra paskelbtos ICRP (15) ir Europos Komisijos (24) DAL nustatymo gairės. Pastarosios pritaikytos būtent vaikų radiologiniams tyrimams.

Didžiojoje dalyje publikuotų vaikų krūtinės ląstos ir pilvo bei dubens KT DAL pacientai būdavo grupuojami pagal amžių (24,79,80). Tai nėra optimalus parametras vertinant pacientų dozes, nes neatsižvelgiama nei į spartų vaikų augimą, nei į to paties amžiaus vaikų dydžio (ūgio ir svorio) skirtumus, dėl kurių stambesni pacientai yra dažniau paveikiami didesnių apšvitos dozių, kad būtų gaunami tinkamos vertinti kokybės vaizdai (24,68,80). Be to, vaikų svoris tiksliau koreliuoja su jų dydžiu nei amžius (54,67,78). Literatūros duomenimis, jei amžiaus intervalai būtų perskaičiuojami į svorio intervalus, iki ketvirtadalio pacientų (81), o nagrinėtame duomenų rinkinyje iki trečdalio pacientų, būtų priskirti į netinkamą grupę. Šios priežastys paskatino mūsų tyrime pacientus grupuoti pagal jų svorį. Nors SSDE geriau atspindi tikrąjį paciento dydį, lyginant su CTDIvol ar DLP, ne visi KT aparatai ir programinė įranga, įskaitant naudotą šiame tyrime, gali automatiškai pateikti šį parametą, todėl jo naudojimas kol kas yra ribotas (15,24,68).



9 paveikslas. Pacientų grupavimas pagal amžiaus ir svorio intervalus.

Naujausiose publikacijose daugiafazių tyrimų įtraukimas ir vertinimas nustatant DAL labai skyrėsi. Skandinavijoje nustatant regioninius DAL buvo įtraukti daugiafazių tyrimai ir vertinta bendra DLP vertė kartu su didžiausia CTDIvol reikšme (81). Tokią rekomendaciją pateikia ir ICRP gairės, tačiau jose daugiausia dėmesio skiriama suaugusių pacientų dozių stebėsenai (15). Kitų šalių publikacijose į vertinimą buvo įtraukti tik vienos fazės KT tyrimai (67,68,92) arba tokia informacija apie fazių skaičių visai nebuvo nurodyt (91,93). Nors Europos Komisijos gairėse siūloma nustatyti DAL naudojantis duomenimis iš vienfazių tyrimų (24), mūsų nagrinėtame duomenų rinkinyje kelių fazių tyrimai sudarė reikšmingą dalį visų atliktų krūtinės ląstos (34 %) bei pilvo ir dubens (86 %) KT tyrimų. Jei būtų vadovautasi rekomendacijomis, būtų neatsižvelgta į tų pacientų, kuriems atlikti

daugiafazių tyrimai, dozės, o pilvo ir dubens KT tyrimų dozės būtų apskritai netinkamos vertinti dėl per mažo tyrimų skaičiaus. Visgi norint įsivertinti visų pacientų gaunamas dozės ir jas palyginti, priimtas sprendimas įtraukti visas skenavimo serijas ir vertinti tikėtinas vienos tyrimo fazės dozių dydžius, apskaičiuojant vidutinės DLP ir CTDIvol vertes. Panašios taktikos ėmėsi ir tyrėjai, paskelbę vietinius DAL Graikijoje (47).

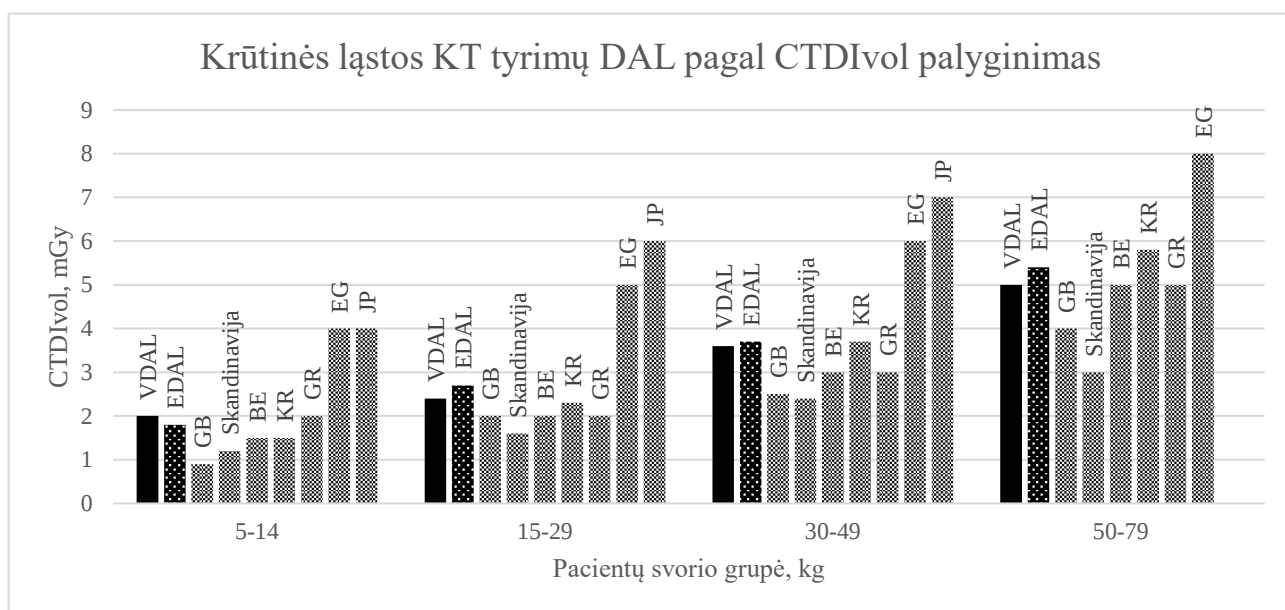
5.2. Vietinių DAL palyginimas su europiniais DAL

Palyginus šiame tyrime apskaičiuotas vietinius krūtinės ląstos KT tyrimų DAL su rekomenduojamais Europos DAL, matyti, kad jų reikšmės iš esmės atitinka rekomendacijose nurodytas vertes (24). Tiek gautos CTDIvol reikšmės, tiek DLP reikšmės paprastai yra panašios arba mažesnės. Šis skirtumas ypač ryškus 50-79 kg svorio grupėje, kur reikšmės yra beveik ketvirtadaliu mažesnės. Išimtis yra 5-14 kg svorio grupė, kurioje vietiniai DAL pagal CTDIvol yra šiek tiek didesni nei nustatyta rekomendacijose, tačiau DAL pagal DLP yra mažesni. Šiai pacientų grupei būtų ypač naudinga peržiūrėti tyrimų protokolus, kad būtų sumažinta gaunama dozė per vieną KT aparato gentryo apsisukimą. Visgi nė viena iš apskaičiuotų krūtinės ląstos arba pilvo ir dubens srities tyrimų medianų neviršijo europinių DAL, todėl galime teigti, kad šiuo metu taikomos KT tyrimų atlikimo praktikos leidžia tinkamai pritaikyti apšvitos dozės skirtingo svorio pacientams ir sumažinti jiems tenkančią riziką.

5.3. Vietinių DAL palyginimas su kitų šalių nacionaliniais DAL

Publikacijų apie dozės vertinimą ir vietinių DAL nustatymą vaikų KT pacientams yra nedaug. Atliekant literatūros paiešką aptikti tik penki tyrimai, kurie tenkina įtraukimo kriterijus ir kuriuos galima tiesiogiai palyginti su šiame tyrime nustatytais krūtinės ląstos DAL. Atliekant literatūros peržiūrą papildomai identifikuotos keturios publikacijos: trys iš už nacionalinę radiacinę saugą atsakingų institucijų (94–96) ir vienas papildomas straipsnis (47).

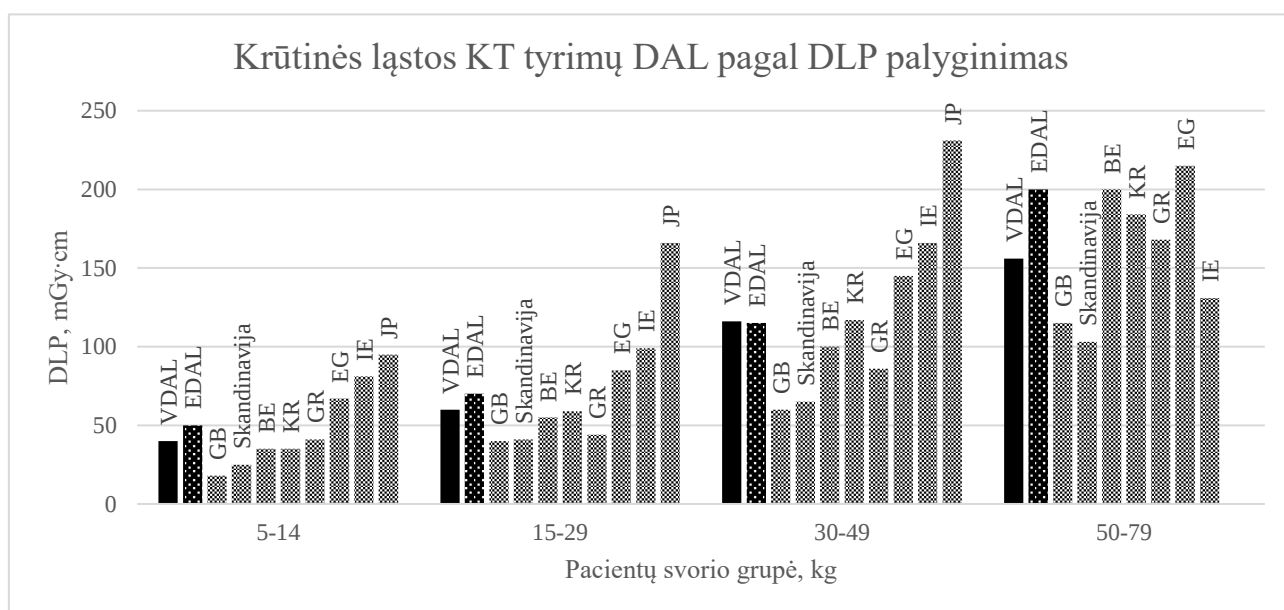
Peržiūrėjus ir išnagrinėjus literatūroje pateiktas DAL pagal CTDIvol vertes, matyti, kad jos labai ryškiai skiriasi tarp skirtingų valstybių ir regionų. Į mūsų apskaičiuotų vietinių DAL pagal CTDIvol vertes panašiausios yra Belgijos (95), Pietų Korėjos (67) ir Graikijos (47) nacionalinių DAL vertės. Labiausiai iš visų valstybių išsiskiria Egiptas (92) ir Japonija (93), kuriose nacionaliniai DAL net dviejose pacientų svorio grupėse dvigubai didesni, lyginant su mūsų pateiktais vietiniais DAL. Mažiausios dozės pacientams stebimos Jungtinėje Karalystėje (91) ir Skandinavijos regione (51). Ten dozių vertės gali būti net dvigubai mažesnės mažiausiųjų pacientų grupėje, o kitose svorio grupėse KT tyrimuose naudojamos trečdaliu mažesnės dozės.



10 paveikslas. Krūtinės ląstos KT tyrimų DAL pagal CTDIvol palyginimas. VDAL – vietiniai DAL šiame tyrime, EDAL – europiniai DAL, GB – Jungtinės Karalystės nacionaliniai DAL, Skandinavija – regioniniai Skandinavijos šalių DAL, BE – Belgijos nacionaliniai DAL, KR – Pietų Korėjos vietiniai DAL, GR – Graikijos vietiniai DAL, EG – Egipto nacionaliniai DAL, JP – Japonijos nacionaliniai DAL.

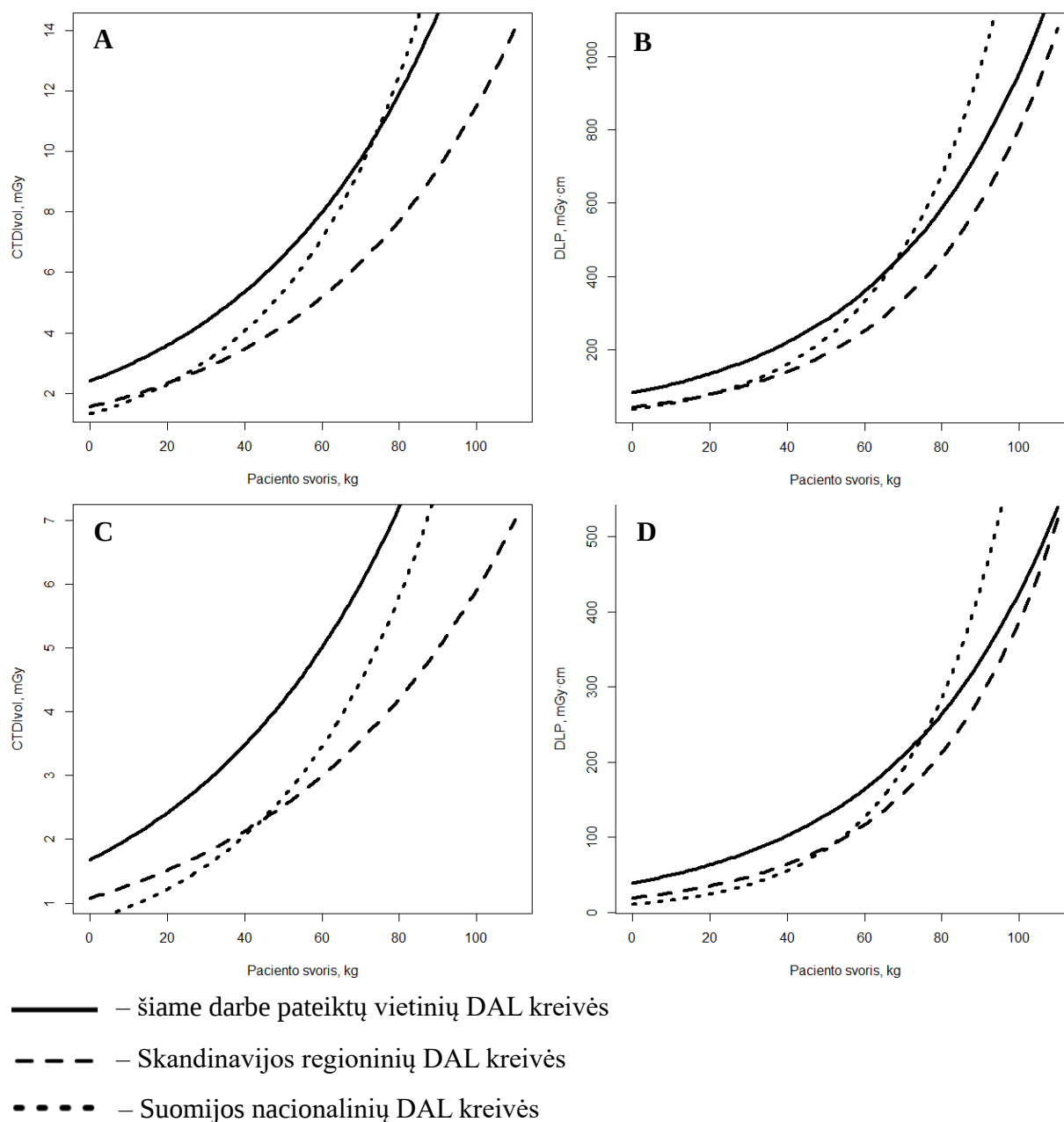
Vertinant publikacijose pateiktus vaikų krūtinės ląstos KT tyrimų DAL pagal DLP galima matyti, kad vietiniai DAL nedaug skiriasi nuo Belgijos, Pietų Korėjos ir Graikijos DAL. Jie, jie, lyginant su šių šalių duomenimis, yra truputį didesni mažiau sveriančių pacientų grupėse ir tokie patys arba mažesni tarp didesnio svorio pacientų.

Skirtingai nei su CTDIvol, Egipto nacionaliniai DAL pagal DLP yra tik truputį didesni už šiame tyrime apskaičiuotus vietinius DAL. Kadangi DLP atsižvelgia tiek į CTDIvol reikšmę, tiek į skenuojamos srities ilgį, tikėtina, kad šį skirtumą tarp Egipto DAL pagal skirtingus dozių indikatorius galėjo lemti trumpesnis skenavimo ilgis arba didesnis KT žingsnis (57), tačiau tai padedanti įvertinti informacija apie skenavimo parametrus nebuvo pateikta. Airijos paskelbti DAL pagal DLP yra kiek didesni už Egipto, išskyrus 50-79 kg pacientų grupę, kurioje jie susilygina su šio tyrimo DAL (94). Japonijos tyrime, kaip ir su CTDIvol, buvo pasiūlyti didžiausi DAL iš visų valstybių ir, lyginant su vietiniais DAL, visose grupėse jie yra nuo dviejų ir iki pustrėčio karto didesni. Jungtinės Karalystės ir regioninių Skandinavijos DAL vertės išlieka pačios mažiausios ir yra vidutiniškai apie 40 % mažesnės už šiame darbe nustatytus dozių dydžius (51,91).



11 paveikslas. Krūtinės ląstos KT tyrimų DAL pagal DLP palyginimas. IDAL – vietiniai DAL šiame tyrime, EDAL- europiniai DAL, GB – Jungtinės Karalystės nacionaliniai DAL, Skandinavija – regioniniai Skandinavijos šalių DAL, BE – Belgijos nacionaliniai DAL, KR – Pietų Korėjos vietiniai DAL, GR – Graikijos vietiniai DAL, EG – Egipto nacionaliniai DAL, IE, Airijos nacionaliniai DAL, JP – Japonijos nacionaliniai DAL.

5.4. Eksponentinių DAL kreivių palyginimas ir pritaikomumas



12 paveikslas. Nustatytų vietinių DAL kreivių palyginimas su Skandinavijos ir Suomijos DAL kreivėmis. A – krūtinės ląstos KT DAL pagal CTDIvol kreivės, B – krūtinės ląstos KT DAL pagal DLP kreivės, C – pilvo ir dubens KT DAL pagal CTDIvol kreivės, D – pilvo ir dubens KT DAL pagal DLP kreivės.

Skandinavijos regione (81) ir Suomijoje (96) buvo nustatytos ir DAL kreivės, kuriomis galima palyginti ne tik vaikų krūtinės KT dozes, bet ir pilvo bei dubens tyrimų metu patiriamą apšvitą, kurios įvertinti pagal svorio grupes dėl per mažo atliktų tyrimų skaičiaus nebuvo galimybės. Remiantis kreivėmis galima matyti, kad šio tyrimo pacientai gaudavo didesnes dozes, ypač jeigu jie

būdavo mažesnio svorio, tačiau didesnio svorio pacientai gaudavo panašias dozes kaip ir Suomijos pacientai. Skandinavijos DAL kreivės pasižymi lėčiausiu augimu, parodančiu mažiausią apšvitos skirtumą tarp skirtingo dydžio pacientų, o Suomijos – didžiausiu. Mūsų nustatytos vietinių DAL kreivės pagal DLP nuožulnumu beveik atitinka Skandinavijos kreives, todėl tikėtina, kad pritaikius papildomas tyrimų optimizavimo priemones būtų galima sėkmingai sumažinti vietinių pacientų gaunamas dozes.

DAL kreivių taikymas klinikinėje praktikoje gali turėti didelių privalumų. Palyginti su vyraujančiu metodu, kai naudojamos amžiaus ar svorio grupės, DAL kreivėms nustatyti reikia gerokai mažiau skenavimų (t. y. mažiausiai 10 pacientų vienai kreivei), todėl ligoninėms ir specialistams suteikiama veiksminga priemonė, leidžianti įvertinti KT naudojimą vaikų tyrimams ir su tuo susijusią apšvitą. Be to, DAL kreivės suteikia galimybę veiksmingai stebėti dozės kiekį pagal konkrečius protokolus ar indikacijas, ypač tais atvejais, kai tradicinių DAL nustatyti neįmanoma dėl mažo tyrimų skaičiaus. Šios aiškiai vizualiai pavaizduotos kreivės leidžia greitai ir lengvai įvertinti, ar tyrimo metu gaunama apšvitos dozė neviršija priimtinių ribų. DAL kreivėse pateikta nenutrūkstama skalė padeda taikyti individualesnį požiūrį į vaizdinimą, palengvina kiekvieno paciento poreikiams pritaikytų optimalių vaizdinimo parametrų parinkimą optimizuojant dozes ir užtikrinant saugesnę radiologinę praktiką (54,81,97).

5.5. Tyrimų optimizavimo galimybės

Viena iš galimų priežasčių, dėl kurių stebimi dideli skirtumai tarp paskelbiamų DAL, gali būti nevienodi naudojami tyrimų protokolai. Šiame tyrime visų skenavimų metu buvo naudojama 120 kVp vamzdžio įtampa, o Jungtinės Karalystės audite krūtinės ląstos KT protokolų įvairovė buvo didesnė – vamzdžio įtampa svyravo nuo 70 iki 120 kVp ir dažniausiai buvo naudojama 80 kVp. (91). Pietų Korėjoje naudotas voltažas nuo 70 iki 120 kVp ir iš pateiktų duomenų matyti, kad mažesnė įtampa lemia mažesnes pacientų dozes (67). Graikijoje didžiajai daliai pacientų taikytas tokia pati rentgeno vamzdžio įtampa kaip ir šiame darbe (47), todėl ir DAL pagal CTDIvol reikšmė, atitinkanti vieno KT tyrimo ašinį pjūvį, beveik nesiskyrė.

Mažesnė rentgeno vamzdžio įtampa gali ne tik sumažinti pacientams tenkančią spinduliuotės dozę (98), bet ir pagerinti diagnostinę vaizdų vertę, nes padidinama minkštųjų audinių struktūrų diferenciacija ir išryškinamas kontrastinių medžiagų kontrastas. Abu šie efektai labai pageidautini vaikų radiologijoje (29). Nors mažesnė rentgeno vamzdžio įtampa gali lemti didesnę triukšmą vertinamuose vaizduose, šią problemą galima išspręsti tinkamai nustačius rentgeno vamzdžio srovės vertę (99).

Kitas parametras, kurį keičiant galima reikšmingai sumažinti pacientų apšvitą, yra rentgeno vamzdžio srovės stiprumas. Sumažinus šį parametą per pusę, tyrimo dozė gali sumažėti iki 50 %, tačiau ženkliai išryškėja triukšmas gaunamuose vaizduose (29). Visgi ryškesnis triukšmas gali būti nereikšmingas specifinėms tyrimo indikacijoms, kai vaizdų diagnostiniam vertinimui svarbesnis jų ryškumas, pavyzdžiui, tiriant aukšto kontrasto vaizdus dėl kvėpavimo takų obstrukcijos arba intersticinės plaučių ligos (39).

Naudojamas rentgeno vamzdžio srovės stiprumas tiesiogiai priklauso nuo paciento dydžio – didėjant pacientų svoriui, didėja ir taikomas srovės stiprumas (39). Šiame tyrime tiek krūtinės ląstos, tiek pilvo ir dubens tyrimuose šis parametras tarp lengviausių ir sunkiausių pacientų grupių skyrėsi du su puse karto. Iš nagrinėtų literatūros šaltinių tik vienoje publikacijoje, paskelbusioje Graikijos vietinius DAL (47), buvo nurodytas visų tyrimų rentgeno vamzdžio srovės stiprumo vidurkis, tačiau nebuvo atsižvelgta į pacientų svorio grupes, bei nenurodytas duomenų pasiskirstymas, todėl tiesioginis palyginimas su šio darbo duomenimis nėra įmanomas.

Pacientų gaunamą apšvitą galima sumažinti ne tik koreguojant tyrimų protokolų parametrus, bet ir pakeitus taikomus vaizdų rekonstrukcijos algoritmus. Šiame nagrinėtame duomenų rinkinyje visiems tyrimams naudotas filtruotos atgalinės projekcijos metodas, tačiau mažesnės dozės pasiekiamos su iteratyvios rekonstrukcijos algoritmu. Lyginant abu šiuos metodus, iteratyvi rekonstrukcija vidutiniškai sumažina DLP vertes apie trečdaliu, o krūtinės KT dozės gali sumažėti ir iki 40 procentų (100). Taikant šį metodą taip pat galima sumažinti ir vizualinį triukšmą, kartu pagerinant vaizdų kokybę ir diagnostinę vertę (101). Nors šių algoritmų taikymą nurodo Egipto (92), Graikijos (47), Pietų Korėjos (67) ir Jungtinės Karalystės (91) DAL tyrimai, tik pastarajame vertintas jų poveikis pacientų dozėms ir taip pat matyti, kad iteratyvi rekonstrukcija padeda reikšmingai optimizuoti KT tyrimus.

5.6. Darbo privalumai ir trūkumai

Svarbiausias šio darbo privalumas – tai pateikti vietiniai DAL. Kadangi iki šiol Lietuvoje nėra pateiktų nacionalinių DAL vaikų krūtinės ląstos bei pilvo ir dubens KT tyrimams, gauti rezultatai pateikia atskaitos tašką, kuriuo remiantis gali būti stebima ir, jei prireikia, optimizuojama pacientų dozė. Išvestos DAL kreivės atlieka tokią pačią funkciją kaip svorio grupių DAL ir tarnauja kaip dozių etalonai vertinant pacientų apšvitą. Jos yra lengvai klinikinėje praktikoje pritaikomas ir naudojamas metodas, nes pateikia vizualiai suprantamą dozių išraišką. Šios kreivės taip pat padeda nuspėti gaunamą dozę konkretaus svorio pacientui, ypač jei jis negali būti priskirtas konkrečiai svorio grupei, pavyzdžiui, jei tiriami naujagimiai arba nutukę vaikai. Jei pavienių paciento dozių indeksai viršija kreivės vertes, tai savaime nekelia susirūpinimo, tačiau jei daugumos pacientų dozės indeksai nuolat

viršija DAL kreivę, reikia atlikti auditą ir, jei įmanoma, apsvastyti galimybę optimizuoti KT parametrus. Tokios kreivės gali būti ypač naudingos, kai tyrimai atliekami retai, tuomet greičiau surenkama informacija apie dozes ir anksčiau paskelbiami DAL, nes reikia mažesnio duomenų kiekio.

Kitas šio darbo privalumas – išnagrinėti KT tyrimų protokolų techniniai parametrai. Dažniausiai šie duomenys nėra publikuojami, tačiau jų pateikimas leidžia palyginti, kaip skiriasi tyrimo atlikimo praktika gydymo ir diagnostikos įstaigose, bei leidžia įvertinti, kaip parametrų pokyčiai galėtų keisti pacientų dozes. Šio tyrimo kontekste matyti, kad yra papildoma galimybė optimizuoti vaikų KT tyrimus taikant iteratyvios rekonstrukcijos algoritmus ir mažinant rentgeno vamzdžio įtampą nuo 120 kVp net iki 70 kVp mažiausiems pacientams kartu sumažinant žalingo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio keliamą riziką.

Kadangi šio tyrimo metodologija buvo paremta tarptautinių organizacijų, atsakingų už radiacinę saugą, gairėmis ir rekomendacijomis, gautus rezultatus yra lengva reprodukuoti ir palyginti su kitų tyrimų duomenimis, jei jie remiasi tomis pačiomis rekomendacijomis. Šiuo metu publikacijų, kurios irgi remtųsi šiomis rekomendacijomis, yra nedaug, todėl šis tyrimas padeda pildyti esamų žinių spragą.

Pagrindinis šio darbo trūkumas yra tai, kad vertinti tik vienoje specializuotoje gydymo įstaigoje atlikti vaikų krūtinės bei pilvo ir dubens KT tyrimai. Dėl šios priežasties gauti rezultatai ir nustatyti DAL patikimai gali būti pritaikomi tik šioje konkrečioje ligoninėje, nes tyrimų indikacijos, jų atlikimo metodikos ir naudojami protokolai gali neatspindėti kitų įstaigų praktikos. Be to, vertinti duomenys tik iš gana nedidelio pacientų skaičiaus dėl retai atliekamų KT tyrimų, todėl nepavyko nustatyti DAL pagal pacientų svorio grupes pilvo ir dubens KT tyrimams. Tačiau šią problemą pavyko išspręsti pritaikius DAL kreivių sudarymo metodą.

Kitas trūkumas – nebuvo sudaryti DAL konkrečioms indikacijoms. Nors buvo įvertintos bendrosios indikacijos, dėl kurių buvo atlikti KT tyrimai, jos apima per daug skirtingų būklių, kad nustatyti DAL būtų reprezentatyvūs. Be to, didžioji dalis indikacijų buvo nurodytos tik pavieniams atliktiems KT tyrimams, todėl pacientų apšvitos duomenų skaičius (bent 10 pacientų) nebuvo pakankamas suformuoti netgi DAL kreivę. Ateityje šį trūkumą būtų galima išspręsti suformuojant tikslesnes indikacijas dozių priežiūrai ir auditui bei naudoti didesnę tyrimų imtį, surinktą per ilgesnį laiko tarpą.

Nors svarbiausias tikslas diagnostinėje radiologijoje yra tiksliai ir tinkamai nustatyti patologinius pokyčius, šiame tyrime nevertinta nei vaizdų kokybė, nei jų diagnostinis aiškumas. Turint šiuos duomenis būtų galima ne tik įsivertinti, kokia dalis tyrimų yra netinkami diagnostiniam vertinimui, ir atvirkščiai, kiek vaizdų yra perteklinės kokybės. Į tai atsižvelgus būtų galima pritaikyti

priimtinos kokybės dozės konceptą ir pacientų apšvitos vertinimą susieti ne tik su KT metu gaunamomis dozėmis, bet ir diagnostiniu aiškumu.

6. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

Šio tyrimo rezultatai leidžia pateikti šias pagrindines išvadas:

1. Iš epidemiologinių tyrimų nustatyta, kad dažniausi ir greičiausiai pasireiškiantys vėžiniai susirgimai po kompiuterinės tomografijos tyrimų – leukemijos ir galvos smegenų navikai. Jonizuojančiosios spinduliuotės sukeltų onkologinių susirgimų rizika dėl kompiuterinės tomografijos tyrimų yra tiesiogiai proporcinga gautai jonizuojančiosios spinduliuotės dozei.
2. Dažniausiai – beveik pusę visų atvejų – vaikų kompiuterinės tomografijos tyrimai būdavo atliekami siekiant įvertinti darinius ir onkologines ligas. Krūtinės ląstos kompiuterinė tomografija taip pat dažnai atliekama dėl infekcinių procesų. Kitos indikacijos tyrimams pasitaikydavo tik pavieniais atvejais.
3. Dozių dydžiai, gaunami kompiuterinės tomografijos tyrimų metu, tiesiogiai priklauso nuo vaikų svorio. Nustatyti vietiniai diagnostiniai atskaitos lygiai vaikų krūtinės ląstos kompiuterinės tomografijos tyrimams pagal tūrinį kompiuterinės tomografijos dozės indeksą yra nuo 2 iki 5 mGy, o pagal dozės ir ilgio sandaugą – nuo 40 iki 156 mGy·cm. Sudarytos diagnostinių atskaitos lygių eksponentinės kreivės krūtinės ląstos bei pilvo ir dubens kompiuterinės tomografijos tyrimams.
4. Apskaičiuoti vietiniai krūtinės ląstos diagnostiniai atskaitos lygiai yra palyginami ar mažesni nei europiniai diagnostiniai atskaitos lygiai. Vertinant literatūroje pateiktus diagnostinius atskaitos lygius nustatyti reikšmingi dozių skirtumai tarp skirtingų valstybių.

Remiantis šiuo tyrimu galima pateikti tokias praktines rekomendacijas:

1. Naudotis pateiktais vietiniais diagnostiniais atskaitos lygiais pagal svorio grupes krūtinės ląstos kompiuterinės tomografijos tyrimams, kol nėra nustatytų nacionalinių diagnostinių atskaitos lygių.
2. Naudotis eksponentinėmis diagnostinių atskaitos lygių kreivėmis krūtinės ląstos bei pilvo ir dubens kompiuterinės tomografijos tyrimams kasdienėje praktikoje dėl aiškiai vizualiai išreiškiamo santykio tarp pacientų svorio ir gaunamų dozių dydžių. Diagnostinių atskaitos lygių kreives rekomenduojama taikyti ypač tiems pacientams, kuriems nėra sudarytų diagnostinių atskaitos lygių pagal jų svorio grupę. Šiuo atveju, tai

apima visus vaikų pilvo ir dubens kompiuterinės tomografijos tyrimus ir krūtinės ląstos tyrimus vaikams iki 5 kg arba virš 80 kg svorio.

3. Svarbu užtikrinti vaikų kompiuterinės tomografijos tyrimų optimizavimą ir remiantis kitų šalių patirtimi apsvarstyti galimybę keisti tyrimų protokolų parametrus sumažinant rentgeno vamzdžio įtampas ir srovės stiprumo vertes bei taikyti naujausius rekonstrukcijos algoritmus.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2020/2021 Report, Volume I Report to the General Assembly, with Scientific Annex A - Evaluation of Medical Exposure to Ionizing Radiation [Internet]. New York: United Nations; 2022. Available from: https://www.unscear.org/unscear/publications/2020_2021_1.html
2. Miglioretti DL, Johnson E, Williams A, Greenlee RT, Weinmann S, Solberg LI, et al. The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk. *JAMA Pediatr*. 2013 Aug 1;167(8):700–7.
3. Muhogora WE, Ahmed NA, Alsuwaidi JS, Beganovic A, Ciraj-Bjelac O, Gershan V, et al. Paediatric CT examinations in 19 developing countries: frequency and radiation dose. *Radiat Prot Dosimetry*. 2010 Jun;140(1):49–58.
4. Thomas KE. CT utilization--trends and developments beyond the United States' borders. *Pediatr Radiol*. 2011 Sep;41 Suppl 2:562–6.
5. Vassileva J, Rehani MM, Al-Dhuhli H, Al-Naemi HM, Al-Suwaidi JS, Appelgate K, et al. IAEA Survey of Pediatric CT Practice in 40 Countries in Asia, Europe, Latin America, and Africa: Part 1, Frequency and Appropriateness. *Am J Roentgenol*. 2012 May;198(5):1021–31.
6. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire. CT scan procedures in children in France over the period 2012–2018 and associated radiological exposure [Internet]. Nanterre: IRSN; 2022 [cited 2025 Jan 2] p. 26. Report No.: 2022–00242. Available from: https://en.irsn.fr/sites/en/files/2023-12/IRSN_Report_IRSN-2022-00242_CT-Scan-Children-2012-2018.pdf
7. Kim NT, Kwon SS, Park MS, Lee KM, Sung KH. National Trends in Pediatric CT Scans in South Korea: A Nationwide Cohort Study. *Taehan Yongsang Uihakhoe Chi*. 2022 Jan;83(1):138–48.
8. Brady Z, Forsythe AV, Mathews JD. The changing use of pediatric CT in Australia. *Pediatr Radiol*. 2016 Jul;46(8):1199–208.
9. Pokora R, Krille L, Dreger S, Lee C, Günster C, Zeeb H, et al. Computed Tomography in Germany. *Dtsch Arztebl Int* [Internet]. 2016 Oct 28 [cited 2025 Jan 5]; Available from: <https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.2016.0721>
10. Bosch De Basea M, Salotti JA, Pearce MS, Muchart J, Riera L, Barber I, et al. Trends and patterns in the use of computed tomography in children and young adults in Catalonia — results from the EPI-CT study. *Pediatr Radiol*. 2016 Jan;46(1):119–29.
11. Higienos institutas. Visuomenės sveikatos stebėsenos informacinė sistema [Internet]. [cited 2024 Oct 8]. Available from: <https://sveikstat.hi.lt>
12. Valstybės duomenų agentūra. Oficialios statistikos portalas [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 8]. Available from: <https://osp.stat.gov.lt>
13. Frush DP, Callahan MJ, Coley BD, Nadel HR, Paul Guillermin R. Comparison of the different imaging modalities used to image pediatric oncology patients: A COG diagnostic imaging

- committee/SPR oncology committee white paper. *Pediatr Blood Cancer*. 2023 Jun;70 Suppl 4(Suppl 4):e30298.
14. Viry A, Bize J, Trueb PR, Ott B, Racine D, Verdun FR, et al. Annual exposure of the Swiss population from medical imaging in 2018. *Radiat Prot Dosimetry*. 2021 Oct 12;195(3–4):289–95.
 15. Clement CH, editor. *Diagnostic reference levels in medical imaging*. Thousand Oaks, Calif.: SAGE; 2017.
 16. Harrison JD, Balonov M, Bochud F, Martin C, Menzel HG, Ortiz-Lopez P, et al. ICRP Publication 147: Use of Dose Quantities in Radiological Protection. *Ann ICRP*. 2021 Feb;50(1):9–82.
 17. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2013 Report, Volume II: Scientific Annex B - Effects of Radiation Exposure of Children. Erscheinungsort nicht ermittelbar: United Nations; 2014. 1 p.
 18. Hall EJ, Brenner DJ. Cancer risks from diagnostic radiology. *Br J Radiol*. 2008 May;81(965):362–78.
 19. Hauptmann M, Byrnes G, Cardis E, Bernier MO, Blettner M, Dabin J, et al. Brain cancer after radiation exposure from CT examinations of children and young adults: results from the EPI-CT cohort study. *Lancet Oncol*. 2023 Jan;24(1):45–53.
 20. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2 [Internet]. Washington, D.C.: National Academies Press; 2006 [cited 2024 Oct 9]. Available from: <http://www.nap.edu/catalog/11340>
 21. Internationale Atomenergie-Organisation. *Dosimetry in diagnostic radiology for paediatric patients*. Vienna: Internat. Atomic Energy Agency; 2013. 159 p. (IAEA human health series).
 22. Bosch de Basea Gomez M, Thierry-Chef I, Harbron R, Hauptmann M, Byrnes G, Bernier MO, et al. Risk of hematological malignancies from CT radiation exposure in children, adolescents and young adults. *Nat Med*. 2023 Dec;29(12):3111–9.
 23. Nikkilä A, Raitanen J, Lohi O, Auvinen A. Radiation exposure from computerized tomography and risk of childhood leukemia: Finnish register-based case-control study of childhood leukemia (FRECCLE). *Haematologica*. 2018 Nov;103(11):1873–80.
 24. European guidelines on diagnostic reference levels for paediatric imaging. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2018.
 25. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministras. Dėl diagnostinių atskaitos lygių, taikomų spindulinės diagnostikos ir intervencinės radiologijos procedūrų metu, patvirtinimo [Internet]. Nr. V-952 Aug 28, 2018. Available from: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/86882b31aaba11e8aa33fe8f0fea665f/asr>
 26. Meulepas JM, Ronckers CM, Smets AMJB, Nievelstein RAJ, Gradowska P, Lee C, et al. Radiation Exposure From Pediatric CT Scans and Subsequent Cancer Risk in the Netherlands. *JNCI J Natl Cancer Inst*. 2019 Mar 1;111(3):256–63.

27. Preston DL, Ron E, Tokuoka S, Funamoto S, Nishi N, Soda M, et al. Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors: 1958–1998. *Radiat Res.* 2007 Jul;168(1):1–64.
28. Ozasa K, Shimizu Y, Suyama A, Kasagi F, Soda M, Grant EJ, et al. Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950–2003: An Overview of Cancer and Noncancer Diseases. *Radiat Res.* 2012 Mar;177(3):229–43.
29. Internationale Atomenergie-Organisation, editor. Radiation protection in paediatric radiology. Vienna: IAEA; 2012. 111 p. (Safety reports series).
30. Linet MS, Kim KP, Rajaraman P. Children’s exposure to diagnostic medical radiation and cancer risk: epidemiologic and dosimetric considerations. *Pediatr Radiol.* 2009 Feb;39 Suppl 1(Suppl 1):S4-26.
31. Nabaweesi R, Ramakrishnaiah RH, Aitken ME, Rettiganti MR, Luo C, Maxson RT, et al. Injured Children Receive Twice the Radiation Dose at Nonpediatric Trauma Centers Compared With Pediatric Trauma Centers. *J Am Coll Radiol JACR.* 2018 Jan;15(1 Pt A):58–64.
32. Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB, et al. Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *BMJ.* 2013 May 21;346(may21 1):f2360–f2360.
33. O’Connor MK. Risk of low-dose radiation and the BEIR VII report: A critical review of what it does and doesn’t say. *Phys Med.* 2017 Nov;43:153–8.
34. Siegel JA, Greenspan BS, Maurer AH, Taylor AT, Phillips WT, Van Nostrand D, et al. The BEIR VII Estimates of Low-Dose Radiation Health Risks Are Based on Faulty Assumptions and Data Analyses: A Call for Reassessment. *J Nucl Med.* 2018 Jul;59(7):1017–9.
35. Berrington De Gonzalez A, Pasqual E, Veiga L. Epidemiological studies of CT scans and cancer risk: the state of the science. *Br J Radiol.* 2021 Oct 1;94(1126):20210471.
36. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *The Lancet.* 2012 Aug;380(9840):499–505.
37. Journy N, Roué T, Cardis E, Le Pointe HD, Brisse H, Chateil JF, et al. Childhood CT scans and cancer risk: impact of predisposing factors for cancer on the risk estimates. *J Radiol Prot.* 2016 Mar;36(1):N1–7.
38. Strauss KJ, Kaste SC. The ALARA (as low as reasonably achievable) concept in pediatric interventional and fluoroscopic imaging: striving to keep radiation doses as low as possible during fluoroscopy of pediatric patients—a white paper executive summary. *Pediatr Radiol.* 2006 Sep;36(S2):110.
39. Strauss KJ, Goske MJ, Kaste SC, Bulas D, Frush DP, Butler P, et al. Image gently: Ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *AJR Am J Roentgenol.* 2010 Apr;194(4):868–73.
40. World Health Organization, International Atomic Energy Agency. Joint IAEA - WHO Position Statement on the Bonn Call-for-Action [Internet]. 2012 [cited 2025 Oct 9]. Available from: <https://www.iaea.org/sites/default/files/documents/rpop/bonn-call-for-action-statement.pdf>

41. the European Society of Radiology, Frija G, Hoeschen C, Granata C, Vano E, Paulo G, et al. ESR EuroSafe Imaging and its role in promoting radiation protection – 6 years of success. *Insights Imaging*. 2021 Dec;12(1):3.
42. Fernandes K, Levin TL, Miller T, Schoenfeld AH, Amis ES. Evaluating an Image Gently and Image Wisely Campaign in a Multihospital Health Care System. *J Am Coll Radiol*. 2016 Aug;13(8):1010–7.
43. Smith TB, Heil J, Frush DP, Samei E. Clinical concordance with Image Gently guidelines for pediatric computed tomography: a study across 663,417 CT scans at 53 clinical facilities. *Pediatr Radiol*. 2021 May;51(5):800–10.
44. Hayton A, Wallace A. Derivation of Australian diagnostic reference levels for paediatric multi detector computed tomography. *Australas Phys Eng Sci Med*. 2016 Sep;39(3):615–26.
45. Kanal KM, Butler PF, Chatfield MB, Wells J, Samei E, Simanowith M, et al. U.S. Diagnostic Reference Levels and Achievable Doses for 10 Pediatric CT Examinations. *Radiology*. 2022 Jan;302(1):164–74.
46. Mokubangele CM, Ebongue AN, Ouogue F, Bongue D, Moifo B. Evaluation of irradiation doses delivered to patients in computed tomography examinations in 10 radiology departments in Douala-Cameroon. *Radiat Prot Dosimetry*. 2020 Dec 3;191(3):288–95.
47. Ploussi A, Syrgiamiotis V, Makri T, Hatzigiorgi C, Efstathopoulos EP. Local diagnostic reference levels in pediatric CT examinations: a survey at the largest children’s hospital in Greece. *Br J Radiol*. 2020 Dec 1;93(1116):20190358.
48. Wollschläger D, Jahnen A, Hermen J, Giussani A, Stamm G, Borowski M, et al. Pediatric computed tomography doses in Germany from 2016 to 2018 based on large-scale data collection. *Eur J Radiol*. 2023 Jun;163:110832.
49. American College of Radiology. ACR–SABI–SPR–STR practice parameter for the performance of thoracic computed tomography (CT) [Internet]. 2023 [cited 2025 Jan 3]. Available from: <https://www.acr.org/-/media/acr/files/practice-parameters/ct-thoracic.pdf>
50. American College of Radiology. ACR–SABI–SAR–SPR practice parameter for the performance of computed tomography (CT) of the abdomen and computed tomography (CT) of the pelvis [Internet]. 2021 [cited 2025 Jan 3]. Available from: <https://gravitas.acr.org/PPTS/DownloadPreviewDocument?ReleaseId=2&DocId=168>
51. Almén A, Guðjónsdóttir J, Heimland N, Højgaard B, Waltenburg H, Widmark A. Paediatric diagnostic reference levels for common radiological examinations using the European guidelines. *Br J Radiol*. 2022 Feb 1;95(1130):20210700.
52. Jackson D, Atkin K, Bettenay F, Clark J, Ditchfield MR, Grimm JE, et al. Paediatric CT dose: a multicentre audit of subspecialty practice in Australia and New Zealand. *Eur Radiol*. 2015 Nov;25(11):3109–22.
53. Journy NM, McHugh K, Harbron RW, Pearce MS, Berrington De Gonzalez A. Medical conditions associated with the use of CT in children and young adults, Great Britain, 1995–2008. *Br J Radiol*. 2016 Dec 1;89(1068):20160532.

54. Järvinen H, Seuri R, Kortenesniemi M, Lajunen A, Hallinen E, Savikurki-Heikkilä P, et al. Indication-based national diagnostic reference levels for paediatric CT: a new approach with proposed values. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015 Jul;165(1–4):86–90.
55. Valentin J, International Commission on Radiological Protection, editors. *Radiological protection in medicine*. Oxford: Elsevier; 2008. 63 p. (ICRP publication).
56. Kurth DA, Karmazyn BK, Waldrip CA, Chatfield M, Lockhart ME. ACR Appropriateness Criteria® Methodology. *J Am Coll Radiol*. 2021 Nov;18(11):S240–50.
57. Vock P. CT dose reduction in children. *Eur Radiol*. 2005 Nov;15(11):2330–40.
58. Granata C, Frija G, Damilakis J, Foley SJ, De Bondt T, Owens CM, et al. Referral guidelines for medical imaging in children: an ESR-EuroSafe Imaging survey on availability, awareness and use in clinical practice among European radiologists. *Eur Radiol*. 2021 Oct;31(10):7984–91.
59. E. G. Friberg. HERCA European action week – results of a coordinated inspection initiative assessing justification in radiology. In Vienna; 2017.
60. Foley SJ, Bly R, Brady AP, Ebdon-Jackson S, Karoussou-Schreiner A, Hierath M, et al. Justification of CT practices across Europe: results of a survey of national competent authorities and radiology societies. *Insights Imaging*. 2022 Nov 22;13(1):177.
61. Bouëtté A, Karoussou-Schreiner A, Ducou Le Pointe H, Grieten M, de Kerviler E, Rausin L, et al. National audit on the appropriateness of CT and MRI examinations in Luxembourg. *Insights Imaging*. 2019 May 20;10(1):54.
62. European Commission. Directorate General for Energy. European co-ordinated action on improving justification of computed tomography: results and recommendations from a first time multi national study on CT justification in the EU. [Internet]. LU: Publications Office; 2024 [cited 2025 Jan 12]. Available from: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/80267>
63. Heekin AM, Kontor J, Sax HC, Keller MS, Wellington A, Weingarten S. Choosing Wisely clinical decision support adherence and associated inpatient outcomes. *Am J Manag Care*. 2018 Aug;24(8):361–6.
64. Andersson J, Pavlicek W, Al-Senan R, Cody D, Dixon R, Columbo P, et al. Estimating Patient Organ Dose with Computed Tomography: A Review of Present Methodology and Required DICOM Information A Joint Report of AAPM Task Group 246 and the European Federation of Organizations for Medical Physics (EFOMP) [Internet]. AAPM; 2019 Aug [cited 2025 Jan 14]. Available from: <https://www.aapm.org/pubs/reports/detail.asp?docid=190>
65. Valentin J, International Commission on Radiation Protection. Managing patient dose in multi-detector computed tomography(MDCT). ICRP Publication 102. *Ann ICRP*. 2007;37(1):1–79, iii.
66. Benmessaoud M, Dadouch A, Maghnoij A, Lemmassi A, Tahiri M, El-Ouardi Y, et al. Establishment of local diagnostic reference levels for paediatric abdominal-pelvis and chest-abdominal-pelvis computed tomography in Morocco: suggests the need for improved optimization efforts. *Radiat Prot Dosimetry*. 2023 Jun 23;199(10):1129–41.

67. Hwang JY, Choi YH, Yoon HM, Ryu YJ, Shin HJ, Kim HG, et al. Establishment of Local Diagnostic Reference Levels of Pediatric Abdominopelvic and Chest CT Examinations Based on the Body Weight and Size in Korea. *Korean J Radiol.* 2021 Jul;22(7):1172–84.
68. Bos D, Zensen S, Opitz MK, Haubold J, Nassenstein K, Kinner S, et al. Diagnostic reference levels for chest computed tomography in children as a function of patient size. *Pediatr Radiol.* 2022 Jul;52(8):1446–55.
69. Boone J, Strauss K, Cody D, McCollough C, McNitt-Gray M, Toth T, et al. Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations [Internet]. AAPM; 2011 Jan [cited 2025 Jan 5]. Available from: <https://www.aapm.org/pubs/reports/detail.asp?docid=143>
70. McCollough C, Bakalyar D, Bostani M, Brady S, Boedeker K, Boone J, et al. Use of Water Equivalent Diameter for Calculating Patient Size and Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in CT [Internet]. AAPM; 2014 Sep [cited 2025 Jan 5]. Available from: <https://www.aapm.org/pubs/reports/detail.asp?docid=146>
71. McCollough CH, Leng S, Yu L, Cody DD, Boone JM, McNitt-Gray MF. CT dose index and patient dose: they are not the same thing. *Radiology.* 2011 May;259(2):311–6.
72. Xie T, Akhavanallaf A, Zaidi H. Construction of patient-specific computational models for organ dose estimation in radiological imaging. *Med Phys.* 2019 May;46(5):2403–11.
73. Bolch WE, Eckerman K, Endo A, Hunt JGS, Jokisch DW, Kim CH, et al. Paediatric reference computational phantoms. London: SAGE; 2020. 299 p. (Annals of the ICRP).
74. Deak PD, Smal Y, Kalender WA. Multisection CT Protocols: Sex- and Age-specific Conversion Factors Used to Determine Effective Dose from Dose-Length Product. *Radiology.* 2010 Oct;257(1):158–66.
75. Huda W, Magill D, He W. CT effective dose per dose length product using ICRP 103 weighting factors. *Med Phys.* 2011 Mar;38(3):1261–5.
76. Valentin J, International Commission on Radiological Protection, editors. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Elsevier; 2007. 332 p. (ICRP publication).
77. MacDougall RD, Kleinman PL, Callahan MJ. Size-based protocol optimization using automatic tube current modulation and automatic kV selection in computed tomography. *J Appl Clin Med Phys.* 2016 Jan 8;17(1):328–41.
78. Phillips GS, Stanescu AL, Alessio AM. Relationships of pediatric anthropometrics for CT protocol selection. *AJR Am J Roentgenol.* 2014 Jul;203(1):W85-91.
79. Priyanka null, Kadavigere R, Sukumar S, Pendem S. Diagnostic reference levels for computed tomography examinations in pediatric population - A systematic review. *J Cancer Res Ther.* 2021;17(4):845–52.
80. Satharasinghe DM, Jeyasugiththan J, Wanninayake WMNMB, Pallewatte AS. Paediatric diagnostic reference levels in computed tomography: a systematic review. *J Radiol Prot.* 2021 Mar 1;41(1):R1–27.

81. Almén A, Guðjónsdóttir J, Heimland N, Højgaard B, Waltenburg H, Widmark A. Establishing paediatric diagnostic reference levels using reference curves - A feasibility study including conventional and CT examinations. *Phys Medica PM Int J Devoted Appl Phys Med Biol Off J Ital Assoc Biomed Phys AIFB*. 2021 Jul;87:65–72.
82. Vassileva J, Rehani M. Diagnostic Reference Levels. *Am J Roentgenol*. 2015 Jan;204(1):W1–3.
83. Allen BC, Baker ME, Einstein DM, Remer EM, Herts BR, Achkar JP, et al. Effect of altering automatic exposure control settings and quality reference mAs on radiation dose, image quality, and diagnostic efficacy in MDCT enterography of active inflammatory Crohn's disease. *AJR Am J Roentgenol*. 2010 Jul;195(1):89–100.
84. Lee EY, Strauss KJ, Tracy DA, Bastos M d'Almeida, Zurakowski D, Boisselle PM. Comparison of standard-dose and reduced-dose expiratory MDCT techniques for assessment of tracheomalacia in children. *Acad Radiol*. 2010 Apr;17(4):504–10.
85. ICRP PUBLICATION 154. Optimisation of Radiological Protection in Digital Radiology Techniques for Medical Imaging. *Ann ICRP*. 2023 Jul;52(3):11–145.
86. Sutton DG, McVey S, Gentle D, Hince AJ, MacDonald N, McCallum S. CT chest abdomen pelvis doses in Scotland: has the DRL had its day? *Br J Radiol*. 2014 Sep;87(1041):20140157.
87. Rehani MM. Limitations of diagnostic reference level (DRL) and introduction of acceptable quality dose (AQD). *Br J Radiol*. 2015 Jan;88(1045):20140344.
88. Rehani MM. Dose surveys and DRLs: critical look and way forward. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015 Jul;165(1–4):67–9.
89. Kharita MH, AlNaemi H, Kini V, Alkhazzam S, Rehani MM. Development of image quality related reference doses called acceptable quality doses (AQD) in paediatric CT exams in Qatar. *Eur Radiol*. 2021 May;31(5):3098–105.
90. IAEA. Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students. Vienna: IAEA; 2014. 1 p. (Non-serial Publication).
91. Worrall M, Holubinka M, Havariyoun G, Hodgson K, Edyvean S, Holroyd J, et al. Analysis and results from a UK national dose audit of paediatric CT examinations. *Br J Radiol*. 2022 Jan 1;95(1129):20210796.
92. Abdou SE, Salama DH, Ahmad KA, Sallam AM, El-Sayed ESM, Talaat MS, et al. 2021 national diagnostic reference levels for paediatric computed tomography in Egypt. *Radiat Prot Dosimetry*. 2022 Jun 9;198(7):423–33.
93. Takei Y, Miyazaki O, Matsubara K, Suzuki S, Muramatsu Y, Fukunaga M, et al. [Scientific Research Group Report: Nationwide Survey on Radiation Exposure of Pediatric CT Examination in Japan (2018)]. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi*. 2022 Apr 20;78(4):372–80.
94. Health Information and Quality Authority. Diagnostic Reference Levels. Guidance on the establishment, use and review of diagnostic reference levels for medical exposure to ionising radiation. Dublin; 2023. (Monitoring and Regulation of Healthcare Services).

95. L'Agence fédérale de Contrôle nucléaire. AR Expositions médicales [Internet]. Bruxelles: <https://afcn.fgov.be/fr/lafcn/qui-sommes-nous>; 2020 Feb [cited 2025 Jan 28]. Available from: <https://www.jurion.fanc.fgov.be/jurdb-consult/consultatieLink?wettekstId=27814&appLang=fr&wettekstLang=fr>
96. Säteilyturvakeskus. Radiation and Nuclear Safety Authority Regulation on Justification Assessment and Optimisation of Radiation Protection in Medical Exposure [Internet]. Helsinki; 2018. Report No.: S/4/2019. Available from: <https://www.stuklex.fi/en/STUK-S-4-2019.pdf>
97. Kiljunen T, Järvinen H, Savolainen S. Diagnostic reference levels for thorax X-ray examinations of paediatric patients. *Br J Radiol*. 2007 Jun;80(954):452–9.
98. Gricienė B, Šiukšterytė M. Local Diagnostic Reference Levels for Paediatric Head CT Procedures. *Acta Medica Litu*. 2021 Aug 31;28(2):13.
99. Strauss KJ. Developing patient-specific dose protocols for a CT scanner and exam using diagnostic reference levels. *Pediatr Radiol*. 2014 Oct;44 Suppl 3:479–88.
100. Burckel LA, Defez D, Chaillot PF, Douek P, Boussel L. Use of an automatic recording system for CT doses: evaluation of the impact of iterative reconstruction on radiation exposure in clinical practice. *Diagn Interv Imaging*. 2015 Mar;96(3):265–72.
101. Zizka J, Ryska P, Stepanovska J, Poulova Z, Klzo L, Grepl J, et al. Iterative reconstruction of pulmonary MDCT angiography: effects on image quality, effective dose and estimated organ dose to the breast. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czechoslov*. 2014 Jun;158(2):259–64.

PRIEDAI

1 priedas. Vilniaus universiteto ligoninės Santaros klinikų leidimas atlikti duomenų rinkinio analizę.

ORIGINALAS NEBES SIUNČIAMAS



VIEŠOJI ĮSTAIGA
VILNIAUS UNIVERSITETO LIGONINĖ
SANTAROS KLINIKOS

Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto
Dekanui prof. D. Jatužiui
mf@mf.vu.lt

2025-01-17 Nr. SR-385
Į 2025-01-15 Nr. GR-459

rokas.dastikas@mf.stud.vu.lt

DĖL MOKSLINIO TYRIMO

VšĮ Vilniaus universiteto ligoninės Santaros klinikos sutinka, kad Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto VI kurso studentas **Rokas Dastikas** rengdamas mokslinį darbą „Vaikų krūtinės, pilvo ir dubens kompiuterinės tomografijos tyrimai: indikacijos, rizikos ir medicininės apšvitos vertinimas“ atliktų techninių radiologinių duomenų analizę. Už studentui teikiamų duomenų apimtį ir konfidencialumo užtikrinimą atsakinga darbo vadovė B. Gricienė.

Konfidencialios informacijos naudojimas turi būti užtikrintas. Tyrimo rezultatai skelbiami tik apibendrinti.

Direktorė valdymui

Jolita Jakutienė

M. Skardžiūtė mingaile.skardziute@santa.lt