

**VILNIAUS UNIVERSITETAS
MEDICINOS FAKULTETAS**

Baigiamasis darbas

**Intraveninės kontrastinės medžiagos ekstravazacija kompiuterinės tomografijos tyrimuose
(rizikos faktoriai, klinika, gydymas ir komplikacijos, prevencija)**

**Contrast Media Extravasation in Computed Tomography Studies (Risk Factors, Clinical
Presentation, Treatment, Prevention)**

Studentas/ė (vardas, pavardė), grupė: **Tautvydas Petkus** VI kursas, 18 gr.

Katedra/ Klinika kurioje ruošiamas ir ginamas darbas **Biomedicinos mokslų institutas
Radiologijos, branduolinės medicinos ir medicinos fizikos katedra**

Darbo vadovė

Doc. Med. dr. Dileta Valančienė

(pedagoginis vardas, mokslo laipsnis, vardas, pavardė)

Konsultantės (jei yra)

Rad.technologė Loreta
Virginija
Milikienė

Rad.technologė Gerda
Milašauskaitė
(pareigos, vardas, pavardė)

Katedros arba Klinikos vadovas

prof. dr. Algirdas Edvardas
Tamošiūnas

(pedagoginis vardas, mokslo laipsnis, vardas, pavardė)

2024-05-08

Studento elektroninio pašto adresas: tautvydas.petkus@mf.stud.vu.lt

TURINYS

<u>SANTRAUKA</u>	<u>3</u>
<u>SUMMARY</u>	<u>4</u>
<u>ĮVADAS</u>	<u>5</u>
<u>TIRIAMIEJI IR METODAI</u>	<u>6</u>
<u>REZULTATAI</u>	<u>7</u>
<u>LITERATŪROS APŽVALGA</u>	<u>10</u>
<u>REZULTATŲ APTARIMAS</u>	<u>16</u>
<u>IŠVADOS</u>	<u>19</u>
<u>PASIŪLYMAI</u>	<u>19</u>
<u>LITERATŪROS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS</u>	<u>21</u>

SANTRAUKA

Įvadas. Kompiuterinės tomografijos tyrimas su kontrastine medžiaga yra ypatingai populiarėjantis diagnostinis tyrimas kasdieninėje ligoninių praktikoje. Populiarėjant šiam tyrimui yra svarbu atkreipti dėmesį ne tik į šio tyrimo naudas, tačiau ir galimas rizikas, kurios nors ir retai bet gali sukelti rimtas pasekmes. Dėl šios priežasties yra ypatingai svarbus radiologijos technologų vaidmuo ir pasiruošimas įvykus tokioms situacijoms, kaip kontrastinės medžiagos ekstravazacija. Tyrimo tikslas įvertinti radiologijos technologų žinias bei patirtis, taip pat, aptarti dabartines rekomendacijas naujausioje literatūroje.

Tiriamieji ir metodika. Anoniminės apklausos metodu apklausti Lietuvoje įvairiose gydymo įstaigose dirbantys radiologijos technologai. Apklausoje pateikti klausimai buvo orientuoti į Europos urogenitalinės radiologijos draugijos (EURD) kontrastinės medžiagos ekstravazacijos gaires ir remiantis jomis kaip standartu, buvo lyginami atsakymai. Šie duomenys išanalizuoti ir palyginti su naujausia rekomenduojama literatūra ir EURD gairėmis. Duomenys apdoroti apskaičiuojant rodiklių absoliutinius dydžius, procentines išraiškas.

Rezultatai. Iš viso apklausti 83 radiologijos technologai iš kurių 41 dirba miesto universitetinėje ligoninėje, privačioje įstaigoje dirba 27 apklaustųjų, o rajoninėje ligoninėje 15. Apklausoje pastebėta, jog apklaustieji neįvertino jaunesnių pacientų (< 12 m.), nėščių pacienčių bei pacientų, kurie su negalia arba nebendruojantys, - tai grupės turinčios papildomą riziką, nors šios rizikos yra nurodytos tiek naujausioje literatūroje, tiek EURD gairėse. Taip pat, nepaisant nurodyto pasitikėjimo taikant gydymą įvykus ekstravazacijai, nedaugelis radiologijos technologų įvardino visas rekomenduojamas priemones EURD gairėse.

Išvados. Išanalizavus tyrimo duomenis pastebėtas nedidelis radiologijos žinių trūkumas vertinant pacientų rizikos veiksnius bei gydymo pasirinkimus įvykus kontrastinės medžiagos ekstravazacijai. EURD gairėse nurodomos rizikos vertinimo, prevencijos rekomendacijos praktiškai nesiskiria nuo naujausios literatūros rekomendacijų, tačiau klinika ir ekstravazacijos atpažinimas aprašyti smulkiai neatskiriant pažeidimo sunkumo lygmenų.

Raktažodžiai: Kontrastinės medžiagos ekstravazacija, radiologijos technologai, rizikos veiksniai, ekstravazacijos gydymas.

SUMMARY

Introduction. Computed tomography angiography with contrast media is a particularly popular diagnostic test in everyday hospital practice. As this test becomes more popular, it is important to pay attention not only to its benefits but also to its potential risks, which, although rare, can have catastrophic consequences. For this reason, the role and preparation of radiographers in situations such as contrast material extravasation is particularly important. The aim of this study was to assess the knowledge and experience of radiographers, including a discussion of current recommendations in recent literature.

Materials and methods. An anonymous survey of radiographers working in Lithuania. The survey questions focused on the EURD contrast extravasation guidelines and used them as a standard against which to compare responses. These data were analyzed and compared with the latest recommendations in literature and ESUR guidelines. The data were processed by calculating absolute values and percentages of the indicators.

Results. A total of 83 radiographers were interviewed, 41 of whom work in the city's university hospital, 27 in a private institution and 15 in a district hospital. It was noted in the survey that the interviewees did not consider younger patients (< 12 years), pregnant patients and patients who are unable or uncooperative as additional risks, although these risks are identified in both recent literature and ESUR guidelines. Also, despite the reported reliance on treatment in the event of extravasation, few radiological technologists identified all the recommended measures in the ESUR guidelines.

Conclusions. The analysis of the study data revealed a slight lack of radiological expertise in assessing patients' risk factors and treatment options in the event of contrast material extravasation. The ESUR guidelines' recommendations for risk assessment, prevention are practically indistinguishable from those in the recent literature, but the clinic and the recognition of extravasation are described in detail without distinguishing between levels of severity of injury.

Keywords: Contrast material extravasation, radiology technologists, risk factors, extravasation treatment.

IVADAS

Kompiuterinė tomografija su intravenine kontrastine medžiaga šiuolaikinėje medicinoje yra ne tik pranašumas, bet ir sėkmingai pasiteisinusi geroji technologijų pritaikymo praktika. Atliekant vis daugiau šių tyrimų, ligų diagnostika tampa tikslesnė, pacientai išvengia nebūtinų chirurginių intervencijų ar kitų, galimai mažiau tikslių gydymo metodų. Jau 2013 metais buvo skaičiuota, jog naudojamų kompiuterinių tomografų pasaulyje skaičius perkopė 45 000 ir JAV kiekvienais metais buvo atliekama daugiau nei 70 milijonų tyrimų [1]. Kompiuterinės tomografijos (KT) tyrimų skaičius šiandien visame pasaulyje didėja 4 % per metus, o iš viso per metus atliekama apie 300 mln. tokių procedūrų. Net 40 % kompiuterinės tomografijos tyrimų atliekama su kontrastine medžiaga, ir tai padeda tiksliau nustatyti ligas bei atsaką į gydymą [2]. Tačiau daugėjant šių tyrimų skaičiui, didėja galimų komplikacijų skaičius, tarp jų - ir ekstravazacijos atvejų.

Ekstravazacija - tai netyčinis intraveninio skysčio išvirkštimas ar nutekėjimas aplink kraujagyslę ar į poodį, o kontrastinės medžiagos ekstravazacija yra dažniausia vaizdinio tyrimo komplikacija naudojant intraveninį kontrastavimą[3]. Dar 1974 metais pirmą kartą panaudojus intraveninę kontrastinę medžiagą kompiuterinės tomografijos metu, buvo pasiektas proveržis radiologijoje dėl ypatingai pagerėjusio audinių kontrastingumo ir tai greitai tapo pagrindine radiologijos priemone, skirta kraujagyslių struktūrų vaizdinimui, anomalijų aptikimui ir diagnostikos tikslumo didinimui [4].

Nepaisant ekstravazacijos retumo (0,2 – 0,23 proc. nuo visų KT tyrimų naudojant kontrastines medžiagas), tai yra vienas labiausiai išnagrinėtų nepageidaujamų reiškinių, kuriuos sukelia kontrastinė medžiaga. Be to, net ir tai, jog kliniškai kontrastinės medžiagos ekstravazacija gali būti laikoma nereikšminga, pacientas suvokia kaip svarbų dalyką, kadangi pacientui tokie įvykiai ne tik kelia nepasitenkinimą teikiamų medicinos paslaugų kokybe bei personalu dėl galimų nepatogumų, bet gali kelti skausmą, diskomfortą, stresą, nepasitikėjimą paciento priežiūros paslaugomis [5, 6]. Daugelis įstaigų stengiasi supažindinti radiologijos technologus tiek su rizikomis, tiek su gydymo protokolais, tačiau vis dar yra pastebimas žinių trūkumas ar iššūkiai praktikoje.

Kadangi kompiuterinė tomografija yra viena iš labiausiai paplitusių diagnostikos priemonių pagal naudojimo dažnį ir prieinamumą ligoninėse, šio tyrimo nepageidaujamų reiškinių išnagrinėjimas yra ypatingai svarbus ne tik dėl pacientų saugos, bet ir dirbančio personalo kvalifikacijos tobulinimo, kuris tą saugą ir turėtų užtikrinti [1].

DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Darbo tikslas aptarti naujausioje literatūroje rekomenduojamų priemonių naudojimą kontrastinės medžiagos ekstravazacijos atveju bei palyginti jas su Europos rekomendacijomis, išnagrinėti Lietuvos gydymo įstaigose dirbančių radiologijos technologų nuomonę bei žinias apie kontrastinės medžiagos ekstravazaciją.

DARBO UŽDAVINIAI

1. Išnagrinėti ir aptarti anketinės apklausos metu surinktus duomenis, įvertinant radiologijos technologų patirtis bei žinias kontrastinės medžiagos ekstravazacijos atvejais.
2. Apžvelgti naujausią literatūrą, nagrinėjančią kontrastinės medžiagos ekstravazaciją kompiuterinės tomografijos metu bei palyginti gydymo rekomendacijas, pateikiamas literatūroje su kitose Europos šalyse taikomomis gerosiomis praktikomis bei rekomendacijomis.

TIRIAMIEJI IR METODAI

Tyrimui buvo parengta anketa – klausimynas. Tyrimo anketą sudarė 14 klausimų. Į ją įtraukti klausimai apie intraveninės kontrastinės medžiagos ekstravazaciją kompiuterinės tomografijos tyrimų metu. Sudarant klausimyną papildomai pasitelktas Airijoje atliktas tyrimas apie radiologijos technologų žinias bei jas palyginant su įvairiose Airijos sveikatos priežiūros įstaigose naudojamas gaires įvykus kontrastinės medžiagos ekstravazacijai [7]. Apklausa buvo atliekama siekiant išanalizuoti radiologijos technologų nuomonę bei patirtis kontrastinės medžiagos ekstravazacijos atvejais, taikytus gydymo metodus. Duomenų rinkimo metodas – internetinė anoniminė anketinė apklausa, kuria buvo pasidalinta su viešajame ir privačiame

gydymo sektoriuje dirbančiais radiologijos technologais elektroniniu paštu, taip pat paviešinta socialinio tinklo „Facebook“ Lietuvos Radiologų Asociacija (LRA) grupėje ir Lietuvos radiologijos technologų asociacijos nariais.

Tikslinė tiriamųjų grupė buvo radiologijos technologai, dirbantys Lietuvoje. Papildomam palyginimui buvo paklausta kokio tipo įstaigose tiriamieji dirba ir buvo išskirstyti į: miesto universitetinėje ligoninėje, rajono ligoninėje ir privačioje įstaigoje dirbančius specialistus. Apklausoje pateikti klausimai buvo orientuoti į EURD kontrastinės medžiagos ekstravazacijos gaires ir remiantis jomis kaip standartu, su kuriuo buvo lyginami atsakymai. Anketoje buvo įtraukti nukreipiamieji klausimai, siekiant padėti radiologams kuo nuosekliau ir visapusiškiau pasisakyti dėl jų pačių praktikoje taikomų technikų.

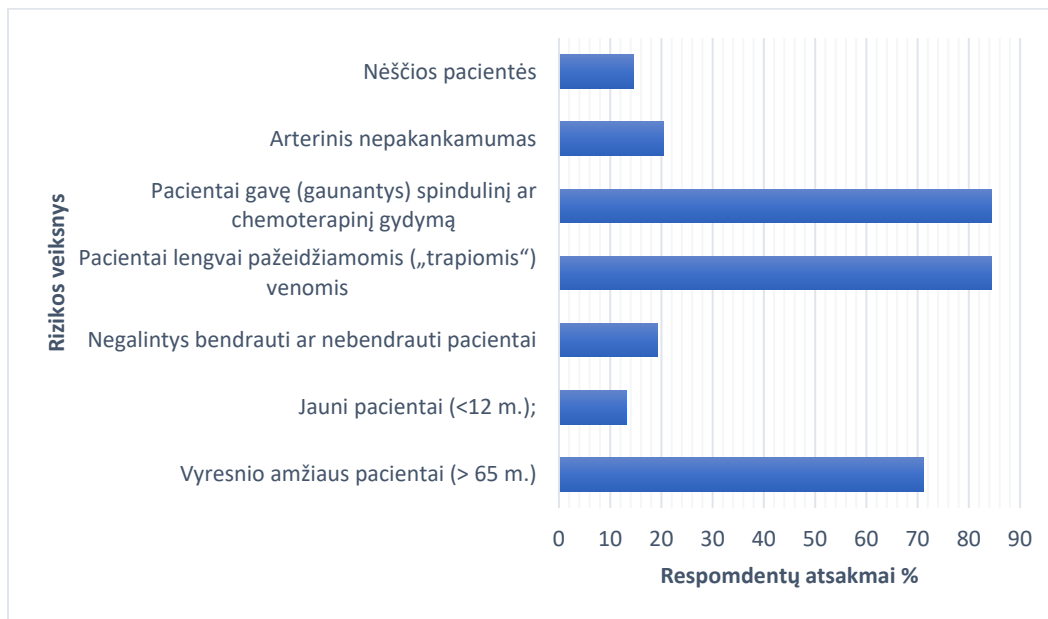
Anketos duomenys buvo analizuojami atsižvelgiant į respondentų darbo vietą ir pateiktu atsakymo variantus. Statistinė duomenų analizė atlikta naudojantis Microsoft Excel 2019, WinPepi 2.75 programa ir statistiniu paketu SPSS for Windows 15.0, panaudojant tradicinius statistinius metodus. Duomenys apdoroti apskaičiuojant rodiklių absoliutinius dydžius, procentines išraiškas.

REZULTATAI

Apklausoje dalyvavo 83 radiologijos technologai. Pagal darbovietės tipą iš apklausoje dalyvavusiųjų, beveik pusė visų paklaustųjų 49 % (n = 41) dirba miesto universitetinėje ligoninėje, tuo tarpu 33 % (n = 27) apklaustųjų dirba privačioje įstaigoje, o rajoninėje ligoninėje dirbo 18 % (n = 15) apklaustųjų.

Pirmiausia apklausoje buvo analizuojamos tiriamųjų žinios apie kontrastinės medžiagos ekstravazacijos rizikas (**1 Paveikslas**) ir buvo prašoma pasirinkti jų nuomone tinkančius variantus iš pateiktų, kurie rizikos veiksniai, radiologijos technologų nuomone, yra keliantys didžiausią ekstravazacijos riziką. Daugiausia tyrime dalyvavusių respondentų nurodė, jog jų manymu didžiausią ekstravazacijos riziką turi pacientai lengvai pažeidžiamomis („trapiomis“) venomis ir pacientai gavę (gaunantys) spindulinį ar chemoterapinį gydymą. Tokius duomenis pateikė 84 % (n = 70) respondentų. Taip pat, didžioji dalis tiriamųjų kaip rizikos grupę nurodė pacientus, kurie yra vyresnio amžiaus (> 65 m.), tokius duomenis pateikė 71 % (n = 59) atsakiusiųjų. Likusieji

respondentai pagal šio klausimo atsakymus pasiskirstė daugiaž tolygiai, tačiau vertinant riziką, beveik išskirtinai privačiose įstaigose dirbantys radiologijos technologai nurodė, jog jie priskirtų jaunos pacientus (< 12 m.) prie didelės rizikos pacientų, tokį atsakymą pasirinko 8 iš 11 privačiose įstaigose dirbančių respondentų. Taip pat, klausime ar prieš tyrimą pacientai, atvykstantys su jau įvestu kateteriu, jiems atrodytų rizikingesni nei patiems kaniuliuojant, didžiosios dalies - 69 % (n = 57) manymu, tai nėra rizikingiau ir tokius pacientus galima tirti, tačiau 31 % (n = 26) specialistų nuomone, tai yra papildoma rizika ir ekstravazacija gali įvykti dažniau.



1 Paveikslas. Rizikos veiksniai keliantys ekstravazacijos riziką.

Vertinant ar radiologijos technologai elgtųsi atsargiau žinodami, jog pacientas yra padidintos rizikos grupėje dėl galimos kontrastinės medžiagos ekstravazacijos, beveik visi respondentai (95 %, n = 79) vienareikšmiškai pažymėjo atsakymą: „Taip“. Tačiau detaliau vertinant respondentų praktikas pažymėtina, kad radiologijos technologai su pacientu procedūros metu pasilieka gana ribotą laiko tarpą: tik 40 % (n = 33) pažymėjo, jog pasilieka su pacientu visos procedūros metu, iš visų respondentų 36 % (n= 30) pasilieka apie pusę procedūros laikotarpio, o 24 % (n = 20) pasilieka 10 sekundžių ar mažiau. Paklausus respondentų, ar jų manymu kontrastinės medžiagos injekcijos vieta yra svarbi, į šį klausimą 58 % (n = 48) atsakė, jog vieta yra „Labai svarbi“ ir 34 % (n = 28) atsakė, jog yra „Svarbi“. Atkreiptinas dėmesys, kad visi tie, kurie tvirtino, jog vieta yra „Labai svarbi“, tuo pačiu yra linkę ir elgtis atsargiau esant didelės rizikos veiksniams. Likę atsakė, jog vieta yra „Nei svarbi nei nesvarbi“ arba „Nesvarbi“. Beje, šį variantą daugiausiai

pasirinko specialistai, dirbantys Miesto universitetinėje ligoninėje arba Rajono ligonėje. Paciento stebėsenos svarbą ir injekcijos vietą kontrastinės medžiagos leidimo pradžioje didžioji dalis radiologijos technologų pažymėjo kaip „Labai svarbu“ (78 %, n = 65) arba „Svarbu“ (34 %, n = 28). Šiame klausime beveik visi, kas pasirinko, jog labai svarbu stebėti pacientą procedūros pradžioje taip pat elgtųsi atsargiau su pacientais, kurie yra padidintos rizikos grupėje. Tačiau pasidomėjus, ar esant rizikos veiksniams jų manymu įstaigos, kuriose dirba, skiria pakankamai laiko tokių pacientų priežiūrai ir atsargumui, 70 % (n = 58) pažymėjo, jog skiriama ne pakankamai dėmesio ir tik 30 % (n = 25) darbuotojų nuomone yra skiriama pakankamai laiko.

Kita klausimų grupė buvo susijusi su kontrastinės medžiagos ekstravazacija kompiuterinės tomografijos angiografijos (KTA) metu. Respondentų nuomone, atliekant KTA tyrimus ir įgaunant daugiau praktikos, šią procedūrą vis tiek reikėtų laikyti kaip rizikingą. Tokią nuomonę išreiškė 67 % (n = 56), o 33 % (n = 27) laikytų šią procedūrą kaip nerizikingą. Tačiau paklausus ar imtųsi papildomų atsargumo priemonių kaniuliuojant pacientą prieš tyrimą 88 % (n = 73) radiologijos technologų elgtųsi atsargiau ir tik 12 % (n = 10) nesiimtų atsargumo priemonių. Beveik visi kurie žymėjo, jog elgtųsi atsargiau prieš KTA tyrimą taip pat elgtųsi atsargiau su pacientais, kurie turi papildomų rizikos veiksnių. Siekiant patikslinti priežastis, kodėl buvo manoma, jog KTA metu išsiliejimo rizika padidėja, respondentų buvo paklausta: „Dėl kokios priežasties, Jūsų manymu, KT angiografijos metu ekstravazacijos tikimybė didesnė?“. Respondentai pabrėžė, jog kontrastinės medžiagos leidimo greitis yra didesnis negu paprasto režimo metu ir siekia 4 - 5 ml/s., todėl išsiliejimai yra ne tik dažnesni, bet ir išsiliejančios medžiagos kiekis yra didesnis. Kitos dvi dažniausiai paminėtos priežastys, kas paminėjo 11% (n = 9) radiologijos technologų buvo: netinkamai parinktas ir (arba) įstatytas intraveninis kateteris.

Pasitikėjimas savimi ir pagalba ekstravazacijos metu smarkiai varijavo tarp radiologijos technologų - tik 25 % (n = 21) tvirtai pasitiki savo gebėjimais suteikti pirmąją pagalbą ekstravazacijos atveju. Tuo tarpu 49 % (n = 41) „Pasitiki“ savo gebėjimais. „Nei pasitiki nei nepasitiki“ 18 % (n = 15), o “Nepasitiki” savo gebėjimuose 7 % (n = 6) atsakiusiųjų. Įvykus kontrastinės medžiagos išsiliejimui didžioji dalis (72 %, n = 60) respondentų pasirinktą šaldyti leidimo vietą, o šildytą (6 %, n = 5) apklaustųjų. Iš visų apklaustųjų 22 % (n = 18) įvykus išsiliejimui nieko nedarytų. Paprašius patikslinti, kokias priemones naudotų ir kaip toliau elgtųsi (1 lentelė), daugelis radiologijos technologų paminėjo, jog svarbus yra paveiktos galūnės

pakėlimas stengiantis sumažinti slėgį injekcijos vietoje. Kiti du beveik tiek pat dažnai paminėti metodai buvo kompreso uždėjimas arba papildomas galūnės šaldymas. Atkreiptinas dėmesys, kad yra svarbu nuolatinė komunikacija su pacientu - tiek procedūros metu įsitikinant, jog nejaučiamas per didelis diskomfortas, tiek išsiliejus svarbu paaiškinti, kokie tolimesni veiksmai ar priežiūra turėtų būti taikoma. Radiologijos technologai akcentavo, jog įvykus išsiliejimui yra svarbu kuo skubiau sustabdyti kontrastinės medžiagos leidimą. Kitos, ne taip dažai nurodytos priemonės buvo įvairių tepalų naudojimas tarp kurių buvo paminėti „heparininis tepalas“, „1% hidrokortizono“ tepalas ir niežulį mažinantis tepalas. Kelis kartus buvo paminėta galima chirurgo konsultacija ar būtinybė ištraukti išsiliejusią kontrastinę medžiagą.

1 lentelė. Kitos priemonės, kurios turėtų būti naudojamos įvykus ekstravazacijai.

Priemonė išsiliejus kontrastiniai medžiagai	Atsakymai (n)
Galūnės pakėlimas	16
Kompresas/šaldymas	11
Įvairių tepalų naudojimas	5
Nutraukti leidimą	5
Paciento informavimas ir (ar) komunikavimas su pacientu	10
Gydytojo chirurgo konsultacija ar išsiliejusios medžiagos pašalinimas	3

n – respondentų skaičius.

LITERATŪROS APŽVALGA

Kontrastinės medžiagos ekstravazacijos rizikos

Kontrastinės medžiagos ekstravazacija klinikinėje praktikoje nėra dažna, todėl rizikos grupių nustatymas yra ypač sudėtingas. Tačiau neseniai atliktame stebėjimo tyrime, kuriame dalyvavo 142 651 kompiuterinės tomografijos tyrimo dalyvis, buvo nustatyta, kad kontrastinės medžiagos ekstravazacijos atvejų yra 0,23 % nuo bendro padarytų tyrimų skaičiaus [5], o kitoje

sisteminėje apžvalgoje, kurioje apžvelgta 17 tyrimų, kuriuose dalyvavo 1 104 872 pacientai, nustatyta, kad ekstravazacijos dažnis yra 0,2 % [8].

Mokslinėje literatūroje rizikos vertinamos skirtingai, tačiau išskiriami du svarbiausi aspektai - pats rizikos faktorius ir esant šiam rizikos faktoriui išsiliejantis kontrastinės medžiagos kiekis yra didelis ar mažas. Beveik visuose šaltiniuose minima, jog moterims yra didesnė rizika ekstravazacijai [5, 6, 8, 9], tačiau išsiliejantis kontrastinės medžiagos kiekis tarp lyčių nesiskiria [10]. Amžius - kitas dažnai minimas rizikos faktorius. Apibendrintai galima vertinti, jog spartesnis ekstravazacijos atvejų padidėjimas stebimas pacientams, kurių amžius yra daugiau nei 50 metų [11, 12], tačiau žymus padidėjimas matomas ir pacientams, kuriems yra daugiau nei 70 metų [5]. Pacientai, ilgą laiką gulintys ligoninėje arba intensyvios terapijos skyriuose, sergantys cukriniu diabetu, venų tromboze bei atvejai, kuomet injekcijos greitis ≥ 3 ml/s taip pat išskiriami kaip faktoriai, padidinantys išsiliejimo riziką [13]. Buvo pastebėta, jog didžiausia išsiliejimo rizika yra tuomet, kai pacientai perkopia 70 metų amžiaus ribą, yra gydomi intensyvios pagalbos skyriuose bei pasirenkama per tiršta kontrastinė medžiaga [5].

Taip pat rizikos veiksniai gali būti susiję ne tik su pacientu, bet ir su techniniais kontrastinės medžiagos leidimo aspektais. Periferinės intraveninės kaniulės tipas, dydis ir vieta yra keli iš techninių komponentų atliekant procedūrą, kurie gali prisidėti arba netgi lemti ekstravazacijos atvejus. Tačiau kaniulės dydis ar tipas nedaro įtakos išsiliejimo dažnumui [13]. Centrinės venos kateteriai, hemodializės kateteriai ir kitos priemonės vis dažniau naudojami pacientams, kuriems taikoma intensyvi priežiūra, chemoterapija arba ilgalaikė antibiotikoterapija. Šie nuolatos naudojami prietaisai padidina išsiliejimo tikimybę nepaisant to, kad ji kyla tik iki 1% atvejų. Nors ir retai, ekstravazacija iš centrinių kateterių gali sukelti ypatingai sunkias būkles, t. y. mediastinitą, hematomą ir širdies aritmiją [14]. Svarbus rizikos veiksnys yra periferinės kaniulės vieta, kadangi ekstravazacijos dažnis intensyvėja, kai kaniulė įstatoma į plaštakos nugarinio paviršiaus veną, palyginti su alkūninės duobės venomis. Tuo tarpu didesnis išsiliejusios kontrastinės medžiagos kiekis buvo pastebėtas atliekant injekcijas į alkūninės duobės venas, palyginti su plaštakos venomis, kadangi alkūnės duobėje esančiose venose dažniausiai pasirenkama didesnio greičio srovė, kuri įtakoja tokias pasekmes. Dėl šių priežasčių ir kojų mažos distalinės venos yra mažiau optimalios, nes dėl to taip pat didėja išsiliejimų rizika [6, 8]. Tobulėjant kompiuterinės tomografijos technologijai, keičiasi ne tik skenavimo, bet ir kontrastinės medžiagos suleidimo

aparaturā-automatiniai švirkštai. Greitesnė injekcijų sparta leidžia optimaliai kontrastuoti tyrimams reikalingas sritis arba konkrečius organus. Tačiau automatinis leidimas gali padidinti išsiliejimo riziką bei dažnumą, kadangi naudojant šį metodą, kontrastinės medžiagos leidimo sąlygos gali pasikeisti labai greitai, o veiksmingo reagavimo laikotarpis būna labai trumpas [15, 16].

Klinika

Kontrastinės medžiagos ekstravazacija yra plačiai aprašyta komplikacija nagrinėjant radiologinių tyrimų nepageidaujamas reakcijas, tačiau klinikinėje praktikoje šių atvejų vis tiek išlieka. Ūminės vietinės uždegiminės reakcijos dėl kompiuterinės tomografijos kontrastinės medžiagos ekstravazacijos pikas praėjus 24-48 val. po jos suleidimo dažniausiai būna lengvos [17, 18]. Dauguma sužalojimų sukeltų dėl išsiliejimo buvo nedideli ir greitai išnyksta taikant konservatyvų gydymą, pavyzdžiui, pakėlus pažeistą galūnę ir (arba) karštą ar šaltą kompresą [5]. Šiuos pažeidimus galima sugrupuoti į tris kategorijas: lengvus, vidutinius ir sunkius. Lengvas ekstravazacijos pažeidimas buvo apibrėžiamas kaip skausmas, patinimas ir (arba) lengva eritema. Vidutinio sunkumo ekstravazacijos pažeidimas apibrėžiamas kaip vidutinio sunkumo arba sunki eritema, pūslių susidarymas, akivaizdus skausmas, patinimas, uždegimas arba pažeidimai, dėl kurių reikia papildomo gydymo, ir visi simptomai išnyksta per 2 savaites. Sunkus ekstravazacijos pažeidimas buvo apibūdinamas kaip sunkus nepageidaujamas poveikis, pavyzdžiui, cianozė ir audinių nekrozė, arba ilgiau nei 2 savaites trunkantys simptomai, tokie kaip nuolatinis skausmas ir edema, judėjimo sunkumai bei atvejai, kai buvo reikalinga operacija [5, 6, 19].

Gydymas

Lyginant skirtingų kontrastinių medžiagų savybes, joninė jodo kontrastinė medžiaga dėl savo elektrinio krūvio ir hiperosmoliariškumo galimai labiau pažeidžia audinius nei nejoninės medžiagos [20]. Tačiau nepaisant skirtingų šių medžiagų savybių, gydymo rekomendacijos yra iš esmės tos pačios vykdant intervencijas su abiejų tipų išsiliejimais. Šiuo metu KTA naudojamos

nejoninės kontrastinės medžiagos pasižymi mažu osmoliariškumu ir nedideliu toksiškumu, dėl ko sumažėja išsiliejimo tikimybė bei gydymo poreikis [1, 6]. Pacientų organizmo reakcija į patirtą pažeidimą pasiekia piką praėjus 48 val. po injekcijos. Vidutinė vidutinio sunkumo ekstravazacijos pažeidimo gijimo trukmė yra 7-14 dienų, o vidutinė lengvo ekstravazacijos pažeidimo gijimo trukmė yra 2-4 dienos [21].

Pirmieji bandymai gydant kontrastinės medžiagos ekstravazaciją rėmėsi ankstyvu chirurginiu vertinimu ir intervencija, kadangi ne visada buvo aiškiai atskiriamos kontrastinės medžiagos nuo kitų toksiškų medžiagų ir buvo bandoma kiek įmanoma anksčiau sustabdyti pakenkimą. Dėl šios priežasties buvo rekomenduojama kuo anksčiau atlikti oficialų chirurginį vertinimą, įvertinant pažeidimo apimtį ir klinikinius simptomus [18, 22]. Per veninę kaniulę buvo rekomenduojama išsiurbti išsiliejusią kontrastinę medžiagą su tikslu kiek įmanoma jos daugiau pašalinti iš poodžio ir tuomet buvo šalinama kaniulė [21].

Šiuo metu esant sunkiems išsiliejimo atvejams vienas iš chirurginių intervencijos metodų yra adatinė aspiracija arba dūrio pjūviai su suspaudimu. Šiuo metodu bandoma ištraukti išsiliejusią medžiagą naudojant 18 dydžio adatą, ir "pumpuojant" kontrastinę medžiagą link padarytų odoje skylučių per kurias drenuojasi kontrastinė medžiaga. Procedūra atliekama, kai tai reikalinga dėl skausmo ar galimo pirštų kraujagyslių pažeidimo. Šio metodo privalumas yra tas, kad jis yra greitas ir mažai invazyvus, todėl jį galima atlikti netrukus po ekstravazacijos. Taip pat galima naudoti plyšinius pjūvius su panašia "išspaudimo" technika, tačiau tokia procedūra naudojama daugiau esant lokaliai patinimo sričiai, o ne difuzinei ekstravazacijos zonos edemai [23].

Kita veiksminga komplikuočių ekstravazacijų atvejais naudojama procedūra yra fasciotomija. Tai standartinė skubi chirurginė intervencija esant sunkiam išsiliejimo atvejui. Patofiziologiškai žinoma, kad poodinė edema gali sukelti odos nekrozę, tačiau dėl padidėjusio vidinio spaudimo gali atsirasti ir audinių suspaudimo sindromas. Kontrastinės medžiagos, kurios pasižymi dideliu osmoliariškumu arba toksiškumu gali greitai sukelti edemą, dėl kurios padidėja spaudimas į audinius ir taip prasideda audinių išemija. Esant išemijai kartu su venų perkrovimu bei mažu arteriniu gradientu, didėja grėsmė/rizika edemos susidarymui, o galiausiai tai sukelia nekrozę. Svarbu atkreipti dėmesį, kad nekrozės rizika yra neproporcingai didelė, palyginti su laiko

seka [19]. Dėl šios priežasties skubi fasciotomija yra ypač reikalinga pagalba stengiantis išvengti didesnių komplikacijų.

EURD kontrastinių medžiagų gairės esant rentgeno kontrastinės medžiagos pasklidimui kraujagyslės išorėje rekomenduoja konservatyvią priežiūrą, susidedančią iš galūnės pakėlimo, ledo paketų injekcijos vietoje ir atidaus paciento stebėjimo. Tik esant neaiškiems atvejams rekomenduojama atlikti paprastą rentgeninį, KT ar MRT tyrimą ir įvertinti ekstravazaciją bei esant sunkiam pažeidimui pasitarti su gydytoju kraujagyslių chirurgu [24].

Daugeliu atvejų ekstravazacijos sukelti pažeidimai yra lengvi ir nereikalaujantys intensyvaus gydymo [6, 21, 25, 26]. Konservatyvus gydymas yra labiausiai rekomenduojamas ir apima kontrastinės medžiagos pažeistos galūnės pakėlimą virš širdies lygio, pažeistos vietos įpakavimas drėgna marle, suvilgyta kambario temperatūros vandeniu [25]. Rekomenduojama stebėti pacientą 2 - 4 kartus per valandą. Jei būklė gerėja, galima svarstyti apie paciento išleidimą iš gydymo įstaigos. Jei pagerėjimo nėra, reikalinga chirurginė konsultacija dėl tolimesnio gydymo plano. Taip pat, chirurginė konsultacija yra rekomenduojama kuomet kontrastinės medžiagos ekstravazacija siekia daugiau nei 150 mililitrų [6].

Komplikacijos

Klinikinėje praktikoje daugiausia naudojami du pagrindiniai jodo kontrastinės medžiagos tipai: didelio osmoliariškumo ir mažo osmoliariškumo. Didelio osmoliariškumo kontrastinio tirpalo kontrastinės medžiagos retai naudojamos, nes jos sukelia daug daugiau komplikacijų [27]. Nepaisant sukeliama komplikacijų šios kontrastinės medžiagos yra reikalingos esant virškinamojo trakto, šlapimo takų tyrimams bei siekiant išgauti aukštesnį organų kontrastą. Ekstravazacijos sukeltos audinių pažeidimo patogenezės pagrindiniai veiksniai yra kontrastinės medžiagos osmoliškumas, citotoksiškumas ir ekstravazacijos tūris, o mechaninis suspaudimo poveikis yra papildomas veiksnys esant didelės apimties ekstravazacijos atveju [21].

Kontrastinės medžiagos ekstravazacija gali sukelti sunkių komplikacijų dėl toksinio poveikio šalia išsiliejimo esantiems audiniams. Be to, dėl šios priežasties gali tekti pakartotinai atlikti tyrimą, kurio metu padidėja spinduliuotės dozė, apkrova ir išlaidos tyrimą atliekančiai institucijai. Todėl labai svarbu sumažinti kontrastinės medžiagos ekstravazacijos dažnį [28].

Pirmieji kontrastinės medžiagos ekstravazacijos simptomai pasireiškia injekcijos metu ir daugeliu atvejų pereina į minimalų patinimą ir eritemą. Šie simptomai paprastai išnyksta taikant nesudėtingas procedūras, tokias kaip ledo paketų dėjimas, analgetikų ir steroidų naudojimas. Išimtiniais atvejais, suleidus didelį kiekį kontrastinės medžiagos, pacientui gali išsivystyti ūminis „suspaudimo“ sindromas. Ši komplikacija yra reta ir jos dažnis nežinomas [29]. Tačiau sunkūs ekstravazacijos sužalojimai gali pasireikšti jau minėtu audinių suspaudimo sindromu (*Crush* sindromu), odos nekroze ar pūslėmis [5].

Prevenција

Ekstravazacijos prevencijai sveikatos priežiūros specialistai turėtų būti susipažinę su ekstravazacijos valdymo standartinėmis gairėmis. Jie turėtų reguliariai tikrinti ekstravazacijos rinkinį, įvertinti pacientų jutimo pokyčius (dilgčiojimą ar deginimą) ir visada atkreipti dėmesį į pacientų žodžius. Labai svarbus nuolatinis medikų komandos mokymas apie ekstravazaciją. Pirmasis žingsnis siekiant išvengti ekstravazacijos arba sumažinti riziką yra tinkamas veninės prieigos pasirinkimas ir kaniulės įvedimas. Griežtai nerekomenduojama leisti kontrastinę medžiagą į kaniulę, kuri buvo įvesta ir nenaudota 24 valandas ar ilgiau [21].

Esant periferinės kraujotakos prieigai rekomenduojama:

- Infuzijos metu reikia atsargiai judinti ranką; ypač svarbu vengti staigių ir (arba) greitų judesių bei sukimo ir užtikrinti, kad niekas netrauktų intraveninės linijos [30].
- Kaniulės nevesti į vietas šalia sąnarių dėl apsunkinto išsiliejimo pritvirtinimo, o dėl išsiliejusi medžiaga gali pažeisti nervus ar sužaloti sąnariuose esančias struktūras;
- nerekomenduojama kaniulės vesti į alkūninės duobės sritį, kadangi šioje srityje ypač sudėtinga pastebėti išsiliejimą.
- Galima naudoti venas esančias ant plaštakos nugarinės dalies, kur pastebėjimas yra lengvesnis. Tačiau tai reikia daryti atsargiai, nes šioje srityje dėl ekstravazacijos pažeidimas būna sunkesnis;
- Stebėjimo metu kaniulės srities neuždengti marle;

- Jei kyla abejonių reiktų pakeisti kaniulės vietą ir leisti kontrastinę medžiagą kitoje vietoje;
- Leidimo metu stebėti, ar aplink kaniulę nėra edemos, uždegimo ir skausmo;
- Stimuliuojamuosius vaistus kuo labiau praskieskite ir švirškinkite tinkamu greičiu;
- Išėmę adatą, apie penkias minutes spausti punkcijos vietą ir pakelti galūnę.

Esant centrinės venos prieigai rekomenduojama:

- Prieš leidžiant patikrinti, ar kraujas neatsitraukia ir įsitikinti, jog kateteris yra venoje;
- Patikrinti, ar nėra jokio vietinio diskomforto ar patinimo, suleidami per kateterį fiziologinį tirpalą, ir tada suleiskite vaisto;
- Po injekcijos įsitikinti, kad per kateterį prabėgo fiziologinis tirpalas [31].

REZULTATŲ APTARIMAS

Lyginant naujausią mokslinę literatūrą su EURD gairėmis, iškyla tam tikrų skirtumų ar papildymų. Prie rizikos veiksnių daugelis autorių pažymi moterišką lytį ir vyresnį amžių, kurių naujausiose EURD gairėse neminima [5, 6, 8, 9, 11, 12]. Vertinant amžiaus įtaką kontrastinės medžiagos ekstravazacijai pastebėta, jog kyla ne tik pačio išsiliejimo dažnis, tačiau kinta ir išsiliejančios medžiagos kiekis [11, 12]. Kiti minimi faktoriai, susiję su pacientu, yra cukrinis diabetas ir pacientai, ilgą laiką gulintys intensyvios terapijos skyriuose [5, 13]. Šie faktoriai iš esmės siejasi ir su EURD minimais veiksniais - tokiais kaip sutrikęs limfos ir (arba) veninio kraujo nutekėjimas arba arterijų nepakankamumas. Pastarieji per ilgą laikotarpį yra sukeliama minėtų lėtinių būklių. Techniniai leidimo ypatumai tiek literatūroje, tiek gairėse nesiskiria, tačiau yra išskiriami pagrindiniai rizikos faktoriai, susiję ir su automatinio injektoriaus naudojimu, netinkamos injekcijos vietos pasirinkimu bei įtaka, kurią daro tyrimui pasirenkama kontrastinė medžiaga. Kompiuterinės tomografinės angiografijos metu taip pat svarbus ir kontrasto leidimo greitis, kadangi didėjant greičiui, ekstravazacijos leidimo tikimybė taipogi didėja, o šio tyrimo metu yra ypač svarbu išgauti pakankamą kontrasto greitį [13, 15, 16].

Klinikiniai požymiai EURD gairėse nėra aprašyti plačiai ir yra paminėta, jog ekstravazacijai būdinga nesunki klinikinė eiga, o sunkiais atvejais pažeidimams yra būdingas odos išopėjimas, minkštųjų audinių nekrozė ir suspaudimo sindromas. Tuo tarpu medicinos literatūroje yra nurodomi atskiri pažeidimų lygiai pagal būdingus pažeidimus ir ekstravazacijos sunkumą bei rekomenduojamos tolimesnės priežiūros taktikos skirtingiems lygiams. Yra išskiriamas lengvas ekstravazacijos pažeidimas - kai jis pasireiškia skausmu, patinimu ar eritema ir gydymo nereikalauja arba reikalingas minimalus konservatyvus gydymas. Vidutinis pažeidimas - kai atsiranda pūslės, sunki eritema ar kt. ir tuomet reikalingas konservatyvus gydymas. Sunkus pažeidimo lygmuo yra aprašomas ir EURD gairėse bei sutampa su aprašomu medicinos literatūroje. Tokiam pažeidimui yra būtina gydytojo chirurgo konsultacija ir gydymas.

Paprastai gydymo rekomendacijos nesiskiria ir gydymas dažniausiai nėra reikalingas, kuomet radiologijos technologai ekstravazaciją pastebi ir leidimą sustabdo ankstyvoje kontrastinės medžiagos leidimo stadijoje. Įvykus nemasyviam išsiliejimui, rekomenduojama pakelti ranką virš širdies lygio, uždėti vėsų arba bent jau kambario temperatūros kompresą bei stebėti pacientą dėl paciento savijautos ar injekcijos vietos pokyčių.

Prevencija EURD gairėse pažymi svarbiausias kontrastinės medžiagos ekstravazacijos prevencijos priemones, tačiau ir literatūroje yra atkreipiamas dėmesys, jog ligoninių darbuotojai turi būti susipažinę su tokių situacijų valdymo standartinėmis gairėmis ir tikrinti pirmosios pagalbos ekstravazacijos rinkinį, jei toks skyriuje yra. Papildomai, kas nėra paminėta, rekomenduojama ekstravazacijos stebėjimui leidimo vietos niekuo neuždenginėti, stengtis stebėti injekcijos vietą kiek įmanoma daugiau bei vertinti ar leidimo vietoje nesivysto edema, patinimas, taip pat pasiteirauti paciento ar neatsiranda skausmo, veržimo, tempimo pojūtis. Taip pat, jei kyla abejonių dėl leidimo vietos, yra rekomenduojama nebijoti pereiti į kitą leidimo vietą, o leidimo pabaigoje, ištraukus kaniulę, rekomenduojama užspausti leidimo vietą bei pakelti galūnę į viršų.

Atlikus anketinę apklausą ir vertinant radiologijos technologų patirtis bei žinias kontrastinės medžiagos ekstravazacijos atvejais galima pastebėti, kad klausiant apie kontrastinės medžiagos išsiliejimo rizikas, daugelis atsakiusių teisingai pažymėjo, jog didesnę ekstravazacijos tikimybę turi pacientai, kurie yra vyresnio amžiaus, gavę (gaunantys) spindulinį ar chemoterapinį gydymą ir lengvai pažeidžiamomis („trapiomis“) venomis. Tačiau nedaugelis radiologijos

technologų pasirinko negalinčius bendrauti ar nebendraudančius pacientus bei pacientus su arteriniu nepakankamumu. Abi šios rizikos yra aprašytos tiek EURD gairėse, tiek mokslinėje literatūroje. Jauni pacientai (< 12 m.) taip pat buvo nedaugelio identifikuoti, kaip didesnę riziką turintys pacientai. Tokia rizika nėra atžymima ir EURD gairėse, taipogi yra tik keli literatūros šaltiniai, kurie mini, jog jauni pacientai gali turėti didesnę ekstravazacijos tikimybę. Tačiau būtina atkreipti dėmesį, jog vaikams retai atliekamas KTA tyrimas, todėl radiologijos technologai gali būti mažiau susipažinę su ekstravazacija vaikams atliekamų procedūrų metu. Kaip ir jauni pacientai (< 12 m.), taip ir neščios pacientės buvo neidentifikuotos galimai dėl tos pačios priežasties, kadangi daugelis radiologinių tyrimų yra taikomi tik esant būtinybei dėl baimės pakenkti vaisiui, todėl tokie atvejai ir klinikinėje praktikoje nėra dažni.

Didžioji dalis tyrime dalyvavusių respondentų pažymi, kad atliekant kompiuterinės tomografijos ir kompiuterinės tomografinės angiografijos tyrimus, jie imtųsi papildomų atsargumo priemonių, darydami procedūrą pacientams, kurie turi papildomų rizikų. Tačiau tuo pačiu respondentai paminėjo, jog daugeliu atvejų jų nuomone tokiems pacientams nėra skiriama pakankamai laiko ir priežiūros dėl per didelio darbo krūvio ligoninėse. Tiek EURD gairėse yra atkreipiamas dėmesys į injekcijos vietos stebėseną, tiek ir radiologijos technologai pažymi, kad injekcijos vieta ir jos tolimesnis stebėjimas leidimo pradžioje yra itin svarbus. Šie klausimai dėl atsargumo dalinai yra siejami ir su pačio paciento priežiūra, kadangi paklausus radiologijos technologų, kiek laiko pasilieka su pacientu procedūros metu, tik 33 % specialistų, tuo tarpu apie pusę procedūros laikotarpio pasilieka 30 %, o iš visų atsakiusiųjų net 20 % 10 sekundžių ir mažiau. Tai rodo dalinį laiko trūkumą ir skubėjimą atlikti darbą nepaisant papildomų rizikų ar tyrimo sudėtingumo.

Kompiuterinės tomografinės angiografijos dažnėjimas klinikinėje praktikoje radiologijos technologų nuomone nepadaro šios procedūros saugesnės. Tai pažymėjo 67 % atsakiusiųjų. Ši aplinkybė dalinai koreliuoja ir su atsakymais, jog 25 % specialistų nepasitiki savo sugebėjimais suteikti pirmąją pagalbą įvykus kontrastinės medžiagos ekstravazacijai. Taip pat, didelę dalį įtakos daro tai, jog atliekamas KTA tyrimas turi savitas rizikas. Daugelis radiologijos technologų pažymi, jog siekiant geriausių tyrimo rezultatų, šio tyrimo metu yra leidžiamas didelis kontrastinės medžiagos kiekis bei pasiekiamas didelis greitis, kurie daro didelę įtaką pacientams, turintiems papildomų rizikų.

Gydymo rekomendacijos EURD gairėse aprašytos glaustai ir labiausiai akcentuojami pirmieji veiksmai yra injekcijos vietos šaldymas. Beje, šią priemonę kaip prioritetinę pasirinko daugiausiai tyrime dalyvavusių radiologijos technologų. Tačiau 22 % respondentų pasirinko nedaryti nieko, o 6 % pasirinko šildyti. Kitos priemonės, naudojamos įvykus išsiliejimui buvo pasirinktos tikslingai ir teisingai, kadangi tiek EURD gairėse, tiek literatūroje yra rekomenduojama pakelti galūnę, kurioje buvo leidžiama kontrastinė medžiaga. Atkreiptinas dėmesys, kad ne mažiau svarbus yra ir paciento informavimas, nuraminimas ar tolimesnės priežiūros paaiškinimas. Kai kurie respondantai pasirinko įvairių tepalų naudojimą kaip veiksmingą priemonę, nors nei gairėse, nei mokslinėje literatūroje jos nėra aprašomos kontrastinės medžiagos ekstravazacijos valdymo atvejais. Svarbu paminėti, jog anketoje buvo nurodytas gydymo metodas, jog reikia bandyti ištraukti kiek įmanoma daugiau kontrastinės medžiagos, nors tai yra neįrodyta ir nėra įtraukta į rekomenduojamų priemonių sąrašą, tačiau gali didinti riziką gijimo eigai arba tolimesnei priežiūrai.

IŠVADOS

1. Palyginus mokslinėje literatūroje nagrinėjamus atvejus bei praktikas su EURD kontrastinių medžiagų gairėse pateiktomis rekomendacijomis dėl kontrastinės medžiagos išsiliejimo valdymo, matome, kad metodika iš esmės yra panaši. Tačiau gairėse pateikta išsiliejimo klinika nėra suskirstyta į atskiras grupes pagal sunkumą, prie rizikos veiksnių nėra nurodytas amžius arba lytis, kaip galimas rizikos faktorius. Rekomendacijos dėl ekstravazacijos prevencijos ir gydymo iš esmės nesiskiria.
2. Atlikus anketinę apklausą pastebėta, jog radiologijos technologai atskiria pagrindines rizikos grupes ir stengiasi skirti daugiau laiko pacientams, kurie turi didesnę ekstravazacijos riziką, tačiau nemaža dalis radiologijos technologų nepasitiki savo sugebėjimais suteikti pirmąją pagalbą. Taip pat paklausus, kokios turėtų būti taikomos gydymo priemonės, retas gali nurodyti visas, kurios yra nurodytos EURD gairėse.

PASIŪLYMAI

Išnagrinėjus naujausią literatūrą pastebėta, jog EURD gairėse trūksta klinikinio vaizdo ar būklės sunkumo įvertinimo pateikimo, kuris padėtų klinikinėje praktikoje priimti tikslesnę

gydymo pasirinkimo taktiką bei tolimesnę paciento priežiūrą, todėl siekiant medicininės priežiūros gerinimo papildomai prie pateiktos klinikos reiktų patikslinti klinikinį pasireiškimą.

Įvertinus radiologijos technologų žinias ir praktines patirtis, rekomenduotina tobulinti įgūdžius ir žinias detaliau ir pilnai įvertinant paciento rizikas bei pasirenkant, kokie gydymo metodai turėtų būti taikomi įvykus kontrastinės medžiagos išsiliejimui.

LITERATŪROS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS:

1. Lusic H, Grinstaff MW. X-ray-computed tomography contrast agents. *Chem Rev.* 2013;113(3):1641-1666. doi:10.1021/cr200358s
2. Schöckel L, Jost G, Seidensticker P, Lengsfeld P, Palkowitsch P, Pietsch H. Developments in X-Ray Contrast Media and the Potential Impact on Computed Tomography. *Invest Radiol.* 2020;55(9):592-597. doi:10.1097/RLI.0000000000000696
3. Lee CC, Chuang CC, Liou JY, Hsieh YC, Tsou MY, Chen KH. Successful management of contrast medium extravasation injury through stellate ganglion block and intra-arterial nitroglycerin. *Acta Anaesthesiologica Taiwanica.* 2011 Sep;49(3):116–8.
4. Schulz RA, Stein JA, Pelc NJ. How CT happened: the early development of medical computed tomography. *J Med Imaging (Bellingham).* 2021;8(5):052110. doi:10.1117/1.JMI.8.5.052110
5. Hwang EJ, Shin CI, Choi YH, Park CM. Frequency, outcome, and risk factors of contrast media extravasation in 142,651 intravenous contrast-enhanced CT scans. *European Radiology.* 2018 Jun 6;28(12):5368–75.
6. Roditi G, Khan N, van der Molen AJ, Bellin MF, Bertolotto M, Brismar T, et al. Intravenous contrast medium extravasation: systematic review and updated ESUR Contrast Media Safety Committee Guidelines. *European Radiology.* 2022 Feb 17;32(5).
7. Cleary N, McNulty JP, Foley SJ, Kelly E. An investigation into current protocols and radiographer opinions on contrast extravasation in Irish CT departments. *Radiography.* 2017 Nov;23(4):e87–92.
8. Heshmatzadeh Behzadi A, Farooq Z, Newhouse JH, Prince MR. MRI and CT contrast media extravasation. *Medicine.* 2018 Mar;97(9):e0055.
9. Ding S, Meystre NR, Campeanu C, Gullo G. Contrast media extravasations in patients undergoing computerized tomography scanning. *JBIC Database of Systematic Reviews and Implementation Reports.* 2018 Jan;16(1):87–116.
10. Moreno CC, Pinho D, Nelson RC, Sahani DV, Jenkins M, Zabrycki M, et al. Lessons Learned from 118,970 Multidetector Computed Tomographic Intravenous Contrast Material Administrations. *Journal of Computer Assisted Tomography.* 2013;37(2):286–8.

11. Wienbeck S, Fischbach R, Kloska SP, Seidensticker P, Osada N, Heindel W, et al. Prospective study of access site complications of automated contrast injection with peripheral venous access in MDCT. *AJR American journal of roentgenology* [Internet]. 2010 Oct 1;195(4):825–9. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20858804>
12. Niv G, Costa M, Kicak P, Richman K. Vascular Extravasation of Contrast Medium in Radiological Examinations. *Journal of Patient Safety*. 2014 Jun;10(2):105–10.
13. Johnson PT, Christensen GM, Fishman EK. IV Contrast Administration With Dual Source 128-MDCT: A Randomized Controlled Study Comparing 18-Gauge Nonfenestrated and 20-Gauge Fenestrated Catheters for Catheter Placement Success, Infusion Rate, Image Quality, and Complications. *American Journal of Roentgenology*. 2014 Jun;202(6):1166–70.
14. Buijs SB, Barentsz MW, Smits MLJ, Gratama JWC, Spronk PE. Systematic review of the safety and efficacy of contrast injection via venous catheters for contrast-enhanced computed tomography. *European Journal of Radiology Open* [Internet]. 2017 Sep 29 [cited 2020 Apr 28];4:118–22. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5633350/>
15. Shaqdan K, Aran S, Thrall J, Abujudeh H. Incidence of contrast medium extravasation for CT and MRI in a large academic medical centre: A report on 502,391 injections. *Clinical Radiology*. 2014 Dec;69(12):1264–72.
16. Liu W, Wang P, Zhu H, Tang H, Wang X, Guan H, et al. Risk Factors for Contrast Media Extravasation in Intravenous Contrast-Enhanced Computed Tomography: An Observational Cohort Study. *Academic Radiology* [Internet]. 2024 Feb 1; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S107663322300507X>
17. Dien MF, Miller E, Vid Bijelić, Barrowman N, Putnins R. CT contrast extravasation in children: a single-center experience and systematic review. *Pediatric Radiology*. 2023 Nov 22;
18. Schaverien MV, Evison D, McCulley SJ. Management of large volume CT contrast medium extravasation injury: technical refinement and literature review. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery* [Internet]. 2008 May [cited 2019 Dec 9];61(5):562–5.

Available from: <https://mdanderson.elsevierpure.com/en/publications/management-of-large-volume-ct-contrast-medium-extravasation-injury>

19. Liu W, Wang P, Zhu H, Tang H, Guan H, Wang X, et al. Contrast media extravasation injury: a prospective observational cohort study. *European Journal of Medical Research*. 2023 Oct 25;28(1).
20. Marsh N, Webster J, Ullman AJ, Mihala G, Cooke M, Chopra V, et al. Peripheral intravenous catheter non-infectious complications in adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Advanced Nursing*. 2020 Oct 5;76(12).
21. Tonolini M, Campari A, Bianco R. Extravasation of Radiographic Contrast Media: Prevention, Diagnosis, and Treatment. *Current Problems in Diagnostic Radiology*. 2012 Mar;41(2):52–5.
22. Mandlik V, Prantl L, Schreyer A. Contrast Media Extravasation in CT and MRI – A Literature Review and Strategies for Therapy. *RöFo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren*. 2018 Jun 18;191(01):25–32.
23. Thomas R, Vermaak L, Price G. Iodinated Contrast Media Extravasation Injuries: Should Osmolality and the Pattern of Distribution Affect Management?: A Literature Review and Case Report Comparison. *Eplasty* [Internet]. 2022;22:e23. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9280047/>
24. ESUR Guidelines on Contrast Media Version 10.0; 2018
25. Ko CH, Tay SY, Chang HC, Chan WP. Large-volume iodinated contrast medium extravasation: low frequency and good outcome after conservative management in a single-centre cohort of more than 67,000 patients. *European Radiology*. 2018 Jun 12;28(12):5376–83.
26. Roca-Sarsanedas J, Galimany-Masclans J, Regidor-Braojos AM, Falcó-Pegueroles A. Topical treatment of tissue damage due to extravasation of iodinated contrast using thermal compresses. *Journal of Tissue Viability*. 2022 Feb;31(1):135–41
27. Dumas NL, Crookston KP. Radiologic Contrast Reactions and Transfusion Reactions: Recognition, Differentiation, and Treatment. *Journal of Radiology Nursing*. 2019 Dec.
28. Karády J, Panajotu A, Kolossváry M, Szilveszter B, Jermendy ÁL, Bartykowszki A, et al. The effect of four-phasic versus three-phasic contrast media injection protocols on

- extravasation rate in coronary CT angiography: a randomized controlled trial. *European Radiology*. 2017 May 24;27(11):4538–43.
29. Diop B, Soh GT, Nde AFT, Sarr N, Ndoye AY, Sane JC. Hand compartment syndrome secondary to contrast media extravasation: A case report. *International Journal of Surgery Case Reports*. 2022 Sep;98:107595.
30. Chiu K, Tindholdt TT, Tønseth KA. Extravasation injuries. *Tidsskrift for Den norske legeforening* [Internet]. 2016 Feb 9; Available from: <https://tidsskriftet.no/en/2016/02/extravasation-injuries>
31. Kim JT, Park JY, Lee HJ, Cheon YJ. Guidelines for the management of extravasation. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions* [Internet]. 2020 Aug 10;17(21). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7431942/>