

VILNIAUS UNIVERSITETAS

Jaunius Kurtinaitis

**ŠLAUNIKAULIO GALVOS KRAUJOTAKOS IR IŠEMIJOS RODIKLIŲ
ĮVERTINIMAS PO ŠLAUNIKAULIO KAKLO LŪŽIO**

Daktaro disertacija

Biomedicinos mokslai, medicina (06 B)

Vilnius

2013

Disertacija rengta 2007-2013 metais Vilniaus Universitete

Mokslinis vadovas

Prof. N.Porvaneckas
Vilniaus universitetas, biomedicinos mokslai, medicina – 06 B

Mokslinis konsultantas

Prof. J.Dadonienė
Vilniaus universitetas, biomedicinos mokslai, medicina – 06 B

Rimantei

Padėka

Visų pirma, norėčiau padėkoti savo moksliniam vadovui prof. N.Porvaneckui už puikų vadovavimą, kantrybę ir supratimą.

Prof. J.Dadonienei už išsakytas vertingas pastabas.

Dr. A.Brazaičiui už sugaištą brangų laiką ir bendradarbiavimą.

Dr. G.Kvederui už vertingus patarimus.

Dėkoju visiems, kurie vienaip ar kitaip yra prisidėję prie šios disertacijos atsiradimo. Ačiū už pagalbą, palaikymą bei bendradarbiavimą vykdant tyrimus. Esu dėkingas kolegoms už galimybę dirbti kartu bei pasidalinti žiniomis.

Sutrumpinimai

MRT – magnetinio rezonanso tomografija

PET – pozitronų emisijos tomografija

Turinys

| | |
|--|----|
| Padėka | 4 |
| Sutrumpinimai | 5 |
| Įvadas | 8 |
| Tyrimo tikslas | 12 |
| Tyrimo uždaviniai | 13 |
| Darbo naujumas | 14 |
| Ginamieji teiginiai | 15 |
| Literatūros apžvalga | 16 |
| Epidemiologija ir rizikos faktoriai | 16 |
| Šlaunikaulio kaklo lūžių gydymo rezultatai po osteosintezės | 18 |
| Revizinės operacijos | 19 |
| Šlaunikaulio kaklo ir galvos vaskuliarizacija | 21 |
| Šlaunikaulio kaklo ir galvos kraujagyslės | 21 |
| Šlaunikaulio galvos kraujagyslinis žiedas | 22 |
| Anatominiai kraujotakos ypatumai | 23 |
| Šlaunikaulio kaklo vaskuliarizacija | 25 |
| Šlaunikaulio galvos vaskuliarizacija | 28 |
| Šlaunikaulio galvos kraujotakos sutrikimai po šlaunikaulio kaklo lūžio | 29 |
| Šlaunikaulio kaklo lūžių klasifikacija | 31 |
| Garden klasifikacija | 31 |
| Pauwels klasifikacija | 32 |
| AO klasifikacija 31-B | 33 |
| Morfologinių lūžio klasifikacijų prognostinė vertė | 34 |
| Šlaunikaulio galvos kraujotakos tyrimo metodai | 36 |
| Invaziniai tyrimo metodai | 36 |
| Neinvaziniai tyrimų metodai | 39 |

| | |
|--|----|
| Šlaunikaulio galvos kraujotakos įvertinimas po šlaunikaulio kaklo lūžio..... | 46 |
| Tyrimo medžiaga | 47 |
| Įtraukimo kriterijai..... | 48 |
| Atmetimo kriterijai | 48 |
| MRT tyrimo metodika | 49 |
| Matavimo metodika..... | 51 |
| Duomenų standartizacijos metodika | 51 |
| Duomenų grupavimas..... | 52 |
| Duomenų analizės schema ir statistiniai metodai..... | 53 |
| Kokybinė kontrastinės medžiagos kaupimo analizė..... | 53 |
| Kiekybinė kontrastinės medžiagos kaupimo analizė | 55 |
| Imties dydis..... | 56 |
| Konishiike klasifikacija | 56 |
| Revizinių operacijų analizė..... | 56 |
| Rezultatai | 58 |
| Sveikos šlaunikaulio galvos kraujotakos įvertinimas..... | 58 |
| Pažeistos šlaunikaulio galvos kraujotakos įvertinimas | 64 |
| Klinikinių atvejų revizinių operacijų analizės rezultatai | 73 |
| Rezultatų aptarimas..... | 78 |
| Rekomendacijos tolimesniems klinikiniams tyrimams | 82 |
| Išvados | 83 |
| Praktinės rekomendacijos | 84 |
| Publikuoti straipsniai | 85 |
| Literatūros sąrašas..... | 86 |

Įvadas

Žmogaus skeletas yra karkasas, prie kurio prisitvirtinę raumenys užtikrina judėjimą. Reprodukcinio laikotarpiu jis yra tvirtas, ir lūžių tikimybė, susijusi su mažos energijos traumomis, yra maža, bet organizmui senstant, ypač moterims po menopauzės bei vyresnio amžiaus vyrams, neuromuskulinės organizmo funkcijos silpnėja kartu su kaulų atsparumu. Dėl šių pokyčių kaulų lūžių rizika didėja. Tipinė stipinkaulio vieta, žastikaulio ir proksimalinis šlaunikaulio galas, yra dažniausios vyresnio amžiaus žmonių lūžių lokalizacijos, susijusios su mažos energijos traumomis. Viršutinių galūnių lūžiai neapriboja žmogaus judėjimo, leidžia pacientui apsitarnauti ir gyventi nepriklausomai. Daugelis šių lūžių yra gydomi konservatyviai.

Šlaunikaulio proksimalinio galo lūžiai yra didelė medicininė, ekonominė problema ir socialinė našta visuomenei. Senstant populiacijai, šlaunikaulio proksimalinės dalies lūžių daugėja, ir tikimasi, kad 2050 m. jų bus keturis kartus daugiau [1]. Šlaunikaulio proksimalinio galo lūžiai yra susiję su dideliu nesuaugimo dažniu, labai padidina mirtingumą, apriboja judėjimą ir nepriklausomą pacientų gyvenimą [2, 3]. Mirtingumas, patyrus šlaunikaulio proksimalinio galo lūžį, yra lygintinas su piktybinių navikų rodikliais [4].

Šlaunikaulio proksimalinio galo lūžiai skirstomi į intrakapsulinius ir ekstrakapsulinius. Ekstrakapsulinių lūžių pirmo pasirinkimo gydymo metodas – osteosintezė ekstrameduliniais arba intrameduliniais implantais. Intrakapsulinių lūžių gydymas ir šiuo metu yra diskusijų objektas. Įvairių studijų duomenys leidžia teigti, kad klubo sąnario endoprotezavimo operacija yra pirmo pasirinkimo metodas pacientams, vyresniems nei 80 metų, esant dislokuotiems šlaunikaulio kaklo lūžiams, o jaunesniems pacientams (<60 metų) pirmo pasirinkimo metodas – osteosintezė, kaip ir visų nedislokuotų lūžių atvejais [5-17]. Šiuos kriterijus patvirtina ir įvykdyta tarptautinė apklausa [18]. Gydant šiuos pacientus svarbus ne

biologinis, o fiziologinis amžius. Šis požiūris diskutuotinas, nes paciento fiziologinis ir biologinis dažnai nesutampa. Be to, tokie veiksniai, kaip funkcinis paciento aktyvumas, lydimosios ligos, laikas nuo traumos iki operacijos, suvokimo sutrikimai daro įtaką metodo pasirinkimui.

Bhandari su bendraautoriais atliktoje metaanalizėje, palyginę šlaunikaulio kaklo osteosintezės ir klubo sąnario endoprotezavimo rezultatus, nurodė, kad klubo sąnario endoprotezavimas gerokai sumažina revizinių operacijų skaičių, bet padaugėja infekcinių komplikacijų, kur kas daugiau netenkama kraujo, ilgesnė operacijos trukmė ir aukštesni ankstyvo mirštamumo rodikliai [19]. Šio darbo autoriaus su bendraautoriais atliktoje studijoje revizinių operacijų dažnis buvo 4,11 karto (28,9 % ir 7 %) didesnis, lyginant osteosintezės ir totalinio klubo sąnario endoprotezavimo operacijų rezultatus [20].

Nors daugelis literatūros šaltinių nurodo, kad klubo sąnario endoprotezavimo operacija šiuo metu yra pirmo pasirinkimo metodas esant dislokuotam šlaunikaulio kaklo lūžiui, bet gausu straipsnių, kuriuose diskutuojama apie osteosintezės rezultatus esant jaunam pacientų amžiui (<60 metų) [10, 21-23].

Šiuolaikinės rekomendacijos remiasi atskirų šalių, ligoninių patvirtintais gydymo standartais, ir vieningos nuomonės šiuo klausimu nėra.

Objektyvių kriterijų stoka, esant tokiam skaičiui subjektyvių vertinimo kriterijų, neleidžia vienareikšmiškai atsakyti į klausimą – kokį gydymo metodą pasirinkti. Daugelyje publikuotų darbų pabrėžiama, kad vienas iš objektyvių kriterijų galėtų būti liekamosios šlaunikaulio galvos kraujotakos įvertinimas po šlaunikaulio kaklo lūžio, leidžiančių numatyti sugijimo prognozę, o chirurgui pasirinkti optimalų chirurginio gydymo metodą [24-27].

Šlaunikaulio galvos kraujotakos matavimo metodų klinikinis taikymas yra svarbus šlaunikaulio galvos kraujotakos sutrikimams nustatyti, revaskuliarizacijai po

traumos ir avaskulinės nekrozės rizikai įvertinti. Kraujotakos sutrikimus gali sukelti degeneraciniai klubo sąnario susirgimai, kortikosteroidų vartojimas, lėtinis alkoholizmas, o po traumos –ilgas laikotarpis nuo traumos iki operacijos, mediali lūžio linija ir didelė lūžgalių dislokacija. Viena dažniausių komplikacijų po šlaunikaulio kaklo lūžių yra aseptinė šlaunikaulio galvos nekrozė. Literatūros duomenimis, ji siekia apie 10–30 % [26]. Aseptinės šlaunikaulio galvos nekrozės priežastis – kraujotakos sutrikimai. Nustačius šlaunikaulio galvos kraujotakos sutrikimus, galima būtų įvertinti nesėkmės riziką. Tai leistų pasirinkti tinkamą gydymo metodą – šlaunikaulio kaklo osteosintezę arba klubo sąnario endoprotezavimo operaciją. Sumažinus su šlaunikaulio galvos kraujotaka susijusių komplikacijų dažnį, būtų užtikrinti geresni funkciniai rezultatai, sumažėtų ir kartotinių operacijų, sumažėtų gydymo išlaidos [27].

Literatūroje aprašyta daug metodų, kurie leidžia įvertinti šlaunikaulio galvos kraujotaką po lūžio. Visuotinių jų taikymą apriboja jų invazyvumas, o neinvazyvūs metodai – MRT ir PET – yra gana brangūs.

Ankstyvam kaulo kraujotakos pakitimų įvertinimui naudojamas dinaminis magnetinio rezonanso tomografijos tyrimas [28]. Lang su bendraautoriais įrodė net 90–100 % šio metodo jautrumą ir 100 % specifiškumą vertinant kraujotakos sutrikimus [29]. Konishi su bendraautoriais pirmasis pritaikė dinaminį MRT tyrimą, vertinant šlaunikaulio galvos kraujotakos būseną per pirmąsias 48 valandas po lūžio, ir išskyrė tris kraujotakos grupes [30]. Vėliau publikuoti atokūs sekimo rezultatai patvirtino aukštą šio klasifikacijos metodo prognozuojamos vertės jautrumą (81 %) ir specifiškumą (100 %) [28]. Tą patį patvirtina Kaushik su bendraautoriais atliktos studijos duomenys [25].

Šiose studijose nėra vertinami tūriniai pakitimai šlaunikaulio galvoje ir, autoriaus nuomone, toks tyrimo metodas, rodantis esamos kraujotakos būklę tik vienoje

tyrimo plokštumoje, negali būti pakankamas visos šlaunikaulio galvos kraujotakai įvertinti.

Todėl šiame klinikiniam eksperimentiniame tyrime buvo analizuojami sveikos ir traumuotos pusės šlaunikaulio galvų dinaminio MRT tyrimo metu atskleisti (tūrinės šlaunikaulio galvos kraujotakos) pjūvių grafiniai vaizdai.

Studijos hipotezė - dinaminis MRT tyrimas yra neinvazyvus liekamosios šlaunikaulio galvos kraujotakos kokybinių ir kiekybinių rodiklių ikioperacinio įvertinimo kriterijus.

Tyrimo tikslas

Dinaminiu MRT tyrimu nustatyti kokybinius ir kiekybinius šlaunikaulio galvos kraujotakos pakitimus ir jų chirurginę prognostinę vertę po šlaunikaulio kaklo lūžio.

Tyrimo uždaviniai

1. Įvertinti kokybines kontrastinės medžiagos kaupimo savybes sveikoje šlaunikaulio galvoje koronarinėje plokštumoje.
2. Įvertinti kokybines kontrastinės medžiagos kaupimo savybes lūžusio šlaunikaulio kaklo galvoje koronarinėje plokštumoje.
3. Palyginti gautus kokybinius kontrastinės medžiagos kaupimo skirtumus sveiko ir lūžusio šlaunikaulio kaklo galvose.
4. Įvertinti santykinius kiekybinius tūrinius kontrastinės medžiagos kaupimo pokyčius pažeistoje šlaunikaulio galvoje pagal lūžio morfologiją.
5. Įvertinti kokybinius tūrinius kraujotakos pokyčius lūžusio šlaunikaulio kaklo galvoje.
6. Įvertinti revizinių operacijų dažnį pagal santykinį kontrastinės medžiagos kaupimo sumažėjimą lūžusio šlaunikaulio kaklo galvoje.
7. Remiantis santykinio kontrastinės medžiagos kaupimo sumažėjimu lūžusio šlaunikaulio galvoje ir gautais tyrimo rezultatais, pateikti praktinę bei prognostinę vertę turintį lūžių grupavimą.

Darbo naujumas

Pirmą kartą, koronarinėje plokštumoje, buvo įvertinti tūriniai kontrastinės medžiagos kaupimo pokyčiai sveiko ir lūžio šlaunikaulio kaklo galvose, pritaikant dinaminį MRT tyrimo metodą.

Nustatytas ribinis kontrastinės medžiagos santykinio sumažėjimo rodiklis leidžiantis prognostiškai pasirinkti optimalų chirurginio gydymo metodą.

Ginamieji teiginiai

Kontrastinės medžiagos kaupimas šlaunikaulio galvoje yra netolygus, jam būdingas erdvinis pasiskirstymas, susijęs su liekamąja kraujotaka po patirto lūžio.

Santykinis kontrastinės medžiagos kaupimo sumažėjimas šlaunikaulio galvoje yra prognostinis požymis vertinant gydymo išėtis ir pasirenkant optimalų chirurginio gydymo metodą.

Literatūros apžvalga

Epidemiologija ir rizikos faktoriai

Proksimalinio šlaunikaulio galo lūžiai kartu su stipinkaulio distalinio galo ir stuburo torakoliumbalinės dalies lūžiais – dažniausiai pasitaikanti senyvo amžiaus pacientų trauminė patologija. JAV kasmet nustatoma 220 000–250 000 šlaunikaulio proksimalinio galo lūžių. 90 % šių pacientų yra vyresni nei 50 metų [4]. VGPUL 2004–2009 m. gydytų pacientų amžiaus vidurkis buvo 75 metai, 95 % pacientų buvo vyresni nei 50 metų amžiaus. Kaulų tankio sumažėjimas ir kritimai daugiau būdingi moterims, jų sergamumas yra mažiausiai dvigubai didesnis negu vyrų. Moterų amžiaus vidurkis yra ilgesnis. Lietuvos statistikos departamento duomenimis, tikėtina vyrų gyvenimo trukmė – 68,5, moterų – 79,1 metų [31]. Senstant populiacijai, šių lūžių daugėja. Lundo universitete atlikta studija parodė, kad pacientų, perkopusių 80 metų, sergamumas per 20 metų padidėjo du kartus [32]. Vilniuje atliktoje studijoje standartizuotas šlaunikaulio proksimalinės dalies lūžių dažnumas 2006 m. populiacijoje per 50 metų vyrų buvo 205,61 lūžio (95 proc. PI 165,68–254,25), moterų – 375,46 lūžio (95 proc. PI 328,59–427,95) šimtui tūkstančių gyventojų [33].

Jaunesnio amžiaus pacientų šie lūžiai paprastai susiję su didelės energijos traumomis ir nesusiję su lydimosiomis lėtinėmis ligomis. Pagrindinė lūžio priežastis – osteoporozė ir minimalios energijos trauma (paprastas kritimas). Moterims šie lūžiai yra nustatomi 2–3 kartus dažniau, be to, rizika patirti šio tipo lūžį didėja du kartus kas 10 metų, pradedant nuo 50. Kiti rizikos faktoriai patirti šio tipo lūžius pagal anamnezę yra genetinė predispozicija (mama, močiutė, patyrusios lūžį) [34], alkoholio vartojimas, didelės kofeino dozės [35], demencija [36], mažas fizinis aktyvumas [37] ir kt. Pastebėta, kad baltaodžių moterų suvienodinto amžiaus sergamumas Šiaurės Amerikoje, Okeanijoje ir Skandinavijoje yra panašus [38], nors skirtumai tarp Europos šalių siekia iki 7 kartų [39, 40]. Lūžiai dažniau

pasitaiko pacientams, kurie gyvena mieste, matyt, dėl sumažėjusio fizinio aktyvumo ir kietesnių paviršių (asfaltas, šaligatviai) [41].

JAV buvo atlikta studija, kurioje apskaičiuota osteoporozės prevencijos kaina naudojant pakaitinę hormonų terapiją postmenopauzės periodu. Bendra reikalinga suma siekia 15 mlrd. dolerių per metus, kai visų lūžių gydymas tais metais kainavo 13,9 mlrd. dolerių [42, 43]. Nors visuotinės medikamentinės prevencijos kaina yra per didelė, bet didelės rizikos pacientams prevencijos sąnaudos yra mažesnės už paties lūžio gydymo sąnaudas [44]. Kaip viena iš priemonių siūloma kritimų prevencija, kai ortogeriatrinė komanda apmoko pacientus elgesio ir teikia specialių pratimų [45-53]. Prevencijos programos turi apimti ne tik izoliuotą medikamentinį gydymą, bet ir rizikos grupių identifikavimą.

Šlaunikaulio kaklo lūžių gydymo rezultatai po osteosintezės

Skirtingų atliktų studijų duomenimis, komplikacijų dažnis po šlaunikaulio kaklo osteosintezės senyvo amžiaus pacientams (>70 metų) siekia iki 40 % [2, 19, 54-56], jaunesnio amžiaus pacientams – 27–32 % [10, 23]. Norvegijos šlaunikaulio lūžių registro duomenimis, revizijų dažnis po 1 metų sekimo siekė 11 %, esant dislokuotam šlaunikaulio kaklo lūžiui, bei 21 % – lūžiui be poslinkio [6].

Planuojamo darbo pagrįstumui įvertinti, be literatūros apžvalgos, šio darbo autorius kartu su kolegomis atliko revizinių operacijų analizę. Į studiją įtraukti 1086 pacientai, kuriems 2004–2009 m. Respublikinėje Vilniaus universitetinėje ligoninėje dėl intrakapsulinių šlaunikaulio kaklo lūžių atliktos 1102 osteosintezės operacijos. Analizuojamuoju laikotarpiu 16 pacientų atliktos abiejų šlaunikaulio kaklų osteosintezės operacijos, kitiems atliktos vienos pusės lūžio osteosintezės operacijos. Pacientų pasiskirstymas pagal amžių ir lytį pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė. Pacientų, kuriems Respublikinėje Vilniaus universitetinėje ligoninėje atlikta osteosintezė 2004–2009 m. dėl intrakapsulinių lūžių, pasiskirstymas pagal amžių ir lytį

| Amžiaus grupė | Vyrai | % | Moterys | % | Viso | % |
|----------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|-------------|---------------|
| <50 | 45 | 12,89 | 18 | 2,39 | 63 | 5,72 |
| 50–59 | 38 | 10,89 | 35 | 4,65 | 73 | 6,62 |
| 60–69 | 70 | 20,06 | 95 | 12,62 | 165 | 14,97 |
| 70–79 | 110 | 31,52 | 243 | 32,27 | 353 | 32,03 |
| 80+ | 86 | 24,64 | 362 | 48,07 | 448 | 40,65 |
| Iš viso | 349 | 31,67 | 753 | 68,33 | 1102 | 100,00 |

Bendras pacientų amžiaus vidurkis buvo 75 metai (95 % PI 74,4–75,7). Vyrų amžiaus vidurkis – 69,4 metų (95 % PI 67,8–71,1), moterų – 77,6 (95 % PI 76,9–78,4) ($p < 0,001$). Vyrų ir moterų santykis – 1:2,15.

Stebėjimo laiko pradžia – operacijos data, pabaiga – revizinės operacijos data (totalinio klubo sąnario endoprotezavimo operacija), mirties data arba 2012 m. gruodžio 31 diena. Vidutinis sekimo laikas buvo 2,92 (95 % PI 2,8–3,1), mediana – 2,36 metų, stebėjimo laikotarpio ribos – 0,001–8,95 metų. Pacientų mirties datos buvo patikslintos Lietuvos Respublikos gyventojų registre.

Revizinių operacijų dažnis buvo nagrinėtas išgyvenamumo lentelių (*life table*) metodu. Taikant *Cox* proporcingus rizikos modelius buvo įvertinta amžiaus, laiko trukmės iki operacinio gydymo įtaka išgyvenamumo ir revizinių operacijų rezultatams.

Revizinės operacijos

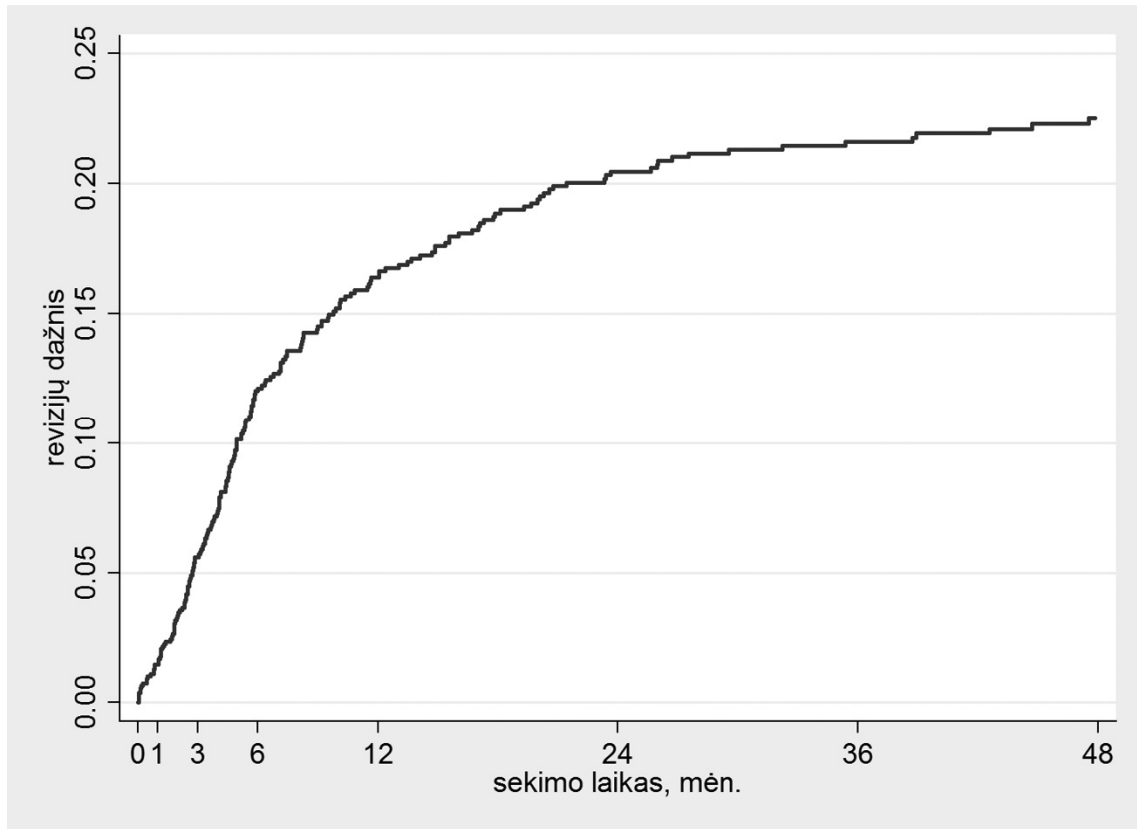
Viso buvo atlikta 201 revizinė operacija. Revizijų dažnis po atliktų osteosintezės operacijos pateiktas 2 lentelėje ir 1 paveiksle.

2 lentelė. Revizijų dažnis po osteosintezės operacijų

| Stebėjimo laikotarpis, mėn. | Revizijų dažnis, % |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1 | 1,49 (0,92–2,43) |
| 3 | 5,61 (4,35–7,21) |
| 6 | 12,01 (10,12–14,23) |
| 12 | 16,39 (14,17–18,92) |
| 24 | 20,47 (17,97–23,26) |
| 36 | 21,61 (19,03–24,48) |
| 48 | 22,51 (19,85–25,46) |

Taikant *Cox* proporcingus rizikos modelius buvo nustatyta, kad laiko trukmė nuo traumos iki operacijos buvo statistiškai patikimas veiksnys, darantis įtaką revizinių operacijų dažniui HR = 1,011 (95 % PI 1,007–1,021) ($p < 0,001$). Tai reiškia, kad uždelsta diena iki lūžio osteosintezės revizinės operacijos tikimybę padidina 1.1%. Pacientų amžius didesniai revizijos dažnumui šioje studijoje įtakos neturėjo HR = 1,00 (95 % PI 0,99–1,01 $p = 0,82$).

Taigi beveik per trejų metų laikotarpį daugiau nei penktadaliui pacientų buvo atliktos revizinės operacijos. Šis didelis pakartotinių operacijų skaičius verčia ieškoti tai lemiančių priežasčių, susijusių su demografiniais ir anatominiiais veiksniais.



1 pav. Suminis revizinių operacijų dažnis po osteosintezės dėl intrakapsulinių lūžių per vidutinį 2,92 metų stebėjimo laikotarpį

Šlaunikaulio kaklo ir galvos vaskuliarizacija

Šlaunikaulio kaklo ir galvos kraujagyslės

Šoninė apsukinė šlaunies arterija

A. circumflexa femoris lateralis prasideda nuo šoninės *a. profunda femoralis* sienos, eina į lateralinę pusę tarp šlauninio nervo dalių už *m. sartorius* ir *m. rectus femoris*. Čia ji pasidalija į kylančiąją, skersinę ir nusileidžiančiąją šakas, *rr. ascendens, transversus et descendens*. Retais atvejais *a. circumflexa femoris lateralis* gali prasidėti nuo *a. femoralis*.

R. ascendens eina išilgai tarpgūbrinės linijos, po *m. tensor fasciae latae*. Klubo šone ji sudaro anastomozes su *a. glutea superior* ir *a. circumflexa ilium profunda*. *R. ascendens* vaskuliarizuoja didįjį gūbrį ir sudaro anastomozinį žiedą su *a. circumflexa femoris medialis* šakomis apie šlaunikaulio kaklo pamatą [57]. Šis žiedas aprūpina šlaunikaulio kaklą ir galvą krauju. *R. descendens* kartais gali būti kaip savarankiška *a. femoralis profunda* arba *a. femoralis* šaka. Ji eina žemyn už *m. rectus femoris* išilgai *m. vastus lateralis* priekinio krašto, aprūpindama šiuos raumenis krauju. *R. transversus* yra mažiausia *a. circumflexa femoris lateralis* šaka. Ji eina šonu prieš *m. vastus intermedius*, perveria *m. vastus lateralis* ir apsisuka apie šlaunikaulį šiek tiek žemiau didžiojo gūbrio. Užpakaliniame šlaunies paviršiuje *r. transversus* sudaro anastomozes su *a. circumflexa femoris medialis*, *a. glutea inferior* ir pirma *a. perforante* sudarydama kryžminę anastomozę [58-60].

Vidinė apsukinė šlaunies arterija

A. circumflexa femoris medialis dažniausiai prasideda nuo posteromedialinio *a. profunda femoris* paviršiaus, tačiau dažnai pasitaiko jos pradžia ir nuo *a. femoralis* [58]. Ji aprūpina pritraukiamuosius šlaunies raumenis krauju ir paskui apsisuka iš vidinės pusės apie šlaunikaulį. Iš pradžių tarp *m. pectineus* ir *m. psoas major*, paskui tarp *m. obturatorius externus* ir *m. adductor brevis*, o pabaigoje tarp *m. quadratus*

femoris ir viršutinės *m. adductor magnus* ribos pasidalija į skersinę ir kylančiąją šakas, *rr. transversus et ascendens*.

Vidinės apsukinės šlaunies arterijos skersinė šaka sudaro kryžminę anastomozę su bendravarde *a. circumflexa femoris lateralis* šaka. *R. ascendens* kyla įstrižai *m. obturatorius externus* sausgysle ir priekiniu *m. quadratus femoris* paviršiumi iki šlaunikaulio gūbrio duobės, *fossa trochanterica*. Ten ji sudaro anastomozes su *a. glutea* ir *a. circumflexa lateralis* šakomis [57].

Gūžduobės šaka, *r. acetabularis* prasideda nuo *a. circumflexa medialis* ties viršutine *m. adductor brevis* riba. Ji patenka į klubo sąnarį žemiau skersinio gūžduobės raiščio kartu su užtvarinės arterijos gūžduobės šaka. Ji aprūpina *pulvinar acetabuli* ir šlaunikaulio galvą krauju, nes patenka į ją kartu su *lig. capitis femoris* [58-60].

Šlaunikaulio galvos kraujagyslinis žiedas

Visa šlaunikaulio galva išsidėsto klubo sąnario ertmėje. Ji padengta sąnario kapsule, dėl šios priežasties šlaunikaulio kaklo ir galvos kraujotaka turi ypatingą chirurginę reikšmę. Apie šlaunikaulio kaklą ties klubo sąnario fibrozinės kapsulės prisijungimo vieta išsidėsto kraujagyslinis žiedas, sudarytas iš šoninės ir vidinės apsukinių arterijų šakų. Arterijos, ateinančios į kraujagyslinį žiedą, prasideda nuo kapsulės prisijungimo vietos, pereina po *zona orbicularis* ir kyla po sinovine membrana išilgai šlaunikaulio kaklo link galvos. Šitos arterijos dalijasi į metafizės šakas, kurios patenka į šlaunikaulio kaklą, ir epifizės šakas, kurios patenka į periferinę, nesąnarinę šlaunikaulio galvos dalį. Šlaunikaulio galvos raiščio kraujagyslės irgi nedaug prisideda prie galvos kraujotakos. Šitos gūžduobės šakos iš *a. circumflexa femoris medialis* ir *a. obturatoria* sudaro anastomozes su epifizės kraujagyslėmis. Kad iš pradžių ir abi apsukinės šlaunies arterijos vienodai prisideda prie kraujagyslių tinklo, galutinė šlaunikaulio kaklo ir galvos kraujotaka priklauso

nuo dviejų stambesnių *a. circumflexa femoris medialis* šakų. Abi šakos susijusios su užpakaline šlaunikaulio kaklo dalimi [60].

Anatominiai kraujotakos ypatumai

Šlaunikaulio proksimalinės dalies aprūpinimas krauju gali būti suskirstytas į tris pagrindines grupes: 1) šlaunikaulio kaklo pamato ekstrakapsulinis arterinis žiedas; 2) kylančios kaklo paviršiumi arterinio žiedo šakos; 3) šlaunikaulio galvos raiščio arterijos. Didelė *a. circumflexa femoris medialis* šaka ir *a. circumflexa femoris lateralis* šaka sudaro ekstrakapsulinį žiedą. Keturios grupės kylančiųjų arterijų šakų eina šlaunikaulio kaklo paviršiumi link galvos: priekinė, užpakalinė, vidinė ir šoninė. Šoninė arterijų šakų grupė yra kliniškai svarbiausia. Dėl glaudaus šoninių šakų ryšio su šlaunikaulio kaklo paviršiumi jos yra pažeidžiamiausios, ypač šlaunikaulio kaklo lūžio metu.

Antras, mažesnis intrasąnarinis kraujagyslių žiedas po sinoviniu dangalu susidaro, kai kylančios kaklo šakos pasiekia šlaunikaulio galvos sąnarinio paviršiaus kraštą. Žiedą sudaro kraujagyslės, kurios patenka į šlaunikaulio kaklą (epifizės arterijos). Šoninės epifizės kraujagyslės, aprūpinančios šoninę, didžiausią krūvį atlaikančią galvos dalį, yra pačios svarbiausios. Epifizės kraujagyslės jungiasi su kraujagyslėmis iš šlaunikaulio galvos raiščio.

Šlaunikaulis kraujotaką gauna iš kelių šaltinių. Dvi maitinamosios arterijos patenka į šlaunikaulio diafizę pro maitinamąsias angas. Kiekviena skyla į kylančiąją ir nusileidžiančiąją šakas, kurios spirališkai eina apie centrinę veninę antį. Jos skyla į kitas lygiagrečias šakas, kurios sudaro anastomozes su galutinėmis metafizės arterijų šakomis. Tos išilginės lygiagrečios šakos turi skersines šakas, kurios sudaro endosto kraujagyslių tinklą.

Išskiriami trys skersinių šakų tipai: 1) trumpos šakos, įsiskverbusios tik į vidinį trečdalį kaulo žievės; 2) grįžtamos šakos, kurios pereina vidinį ketvirtadalį

šlaunikaulio žievės ir grįžta į čiulpų ertmę; 3) perveriančios šakos, kiaurai pereinančios šlaunikaulio žievę ir sudarančios anastomozes su antkaulio kraujagyslėmis. Diafizės maitinamosios arterijos skersinės šakos maitina vidinį trečdalį diafizės žievės.

Manoma, kad du kraujagyslių tinklai jungiasi tarpusavyje diafizės žievės lygiu. Pagrindinę žievinio kaulo išilginę kraujotaką sudaro vienodi kapiliarai, kurie plinta į antkaulio ir endosto kraujagyslių tinklus. Šis tinklas atlieka ir kraujo depo funkciją, prisideda prie arterinio kraujo spaudimo reguliavimo. Skersinis kraujagyslių tinklas, dominuojantis kaulo žievės vidiniame trečdalyje, atlieka pagalbinį vaidmenį transportuodamas kraują į žievės išilginės kraujotakos sistemą ir iš jos. Trueta ir Harrison įsitikinę, kad šlaunikaulio žievės kraujotaka yra išimtinai išcentrinė [61, 62]. Rhineland, priešingai, tvirtina, kad šlaunikaulio žievės kraujotaka vyksta abiem kryptimis. Panašu, kad suaugusiųjų šlaunikaulyje dominuoja išcentrinė kraujotaka, o nesubrendusių kaulų kraujotaka yra įcentrinė (iš antkaulio į žievę) [63].

Antkaulio arteriolės perveria žievinį kaulą fascijų prisitvirtinimo vietoje. Šis atradimas leidžia teigti, kad laisvas antkaulis gali būti pažeidžiamas be jokių pasekmių kaului, jeigu apsaugotos fascijų prisijungimo vietos. Metafizės arterijos patenką į kaulą pro gausias angas metafizėje, taip pat fascijų prisitvirtinimo vietose. Epifizės arterijos prasideda iš gretimo sąnario žiedinio kraujagyslių tinklo ir patenka į epifizę ties riba tarp sąnario ir antkaulio kremzlės.

Šlaunikaulio kaklo vaskuliarizacija

Šlaunikaulio kaklas gauna kraują iš kelių šaltinių (2 pav.):

1. Viršutinė arterijų grupė yra pati svarbiausia dėl kraujagyslių skaičiaus ir dydžio. Jos patenka į kaulą per viršutinį kaklo lanką. Šitos arterijos prasideda nuo *a. circumflexa femoris medialis* arba nuo anastomozės su *a. circumflexa femoris lateralis*, *a. obturatoria* ir *a. glutea inferior* šalia *fossa trochanterica*. Šios kraujagyslės išsidėsto išoriniame sąvarnės kapsulės paviršiuje. Trys keturios arterijos perveria sąvarnės kapsulę ir eina lygiagrečiai su šlaunikaulio kaklu po sinovine membrana iki galvos sąvarninio paviršiaus. Čia jos perveria kaulą ir aprūpina krauju nuo 2/3 iki 3/4 šlaunikaulio galvos (žr. šoninės epifizės arterijos) [62].

Viena dvi kaklinės šoninės šakos atskyla nuo šių arterijų. Visos (6–8) arteriolės kartu sudaro viršutinę šlaunikaulio kaklo arterijų grupę. Šių šakų pradžios vieta labai varijuoja, tačiau yra du pagrindiniai variantai. 20 % atvejų jos prasideda medialiau, šalia šlaunikaulio galvos. Kitais atvejais jos atskyla lateraliau ir perveria šlaunikaulio kaklą šalia sąvarnės kapsulės prisitvirtinimo vietos.

Kartais stebimos 1–2 arterijos, patenkančios į proksimalinę šlaunikaulio dalį ties didžiuoju gūbriu, jos leidžiasi tiesiai į diafizės kanalo centrą, aprūpindamos krauju distalinę kaklo dalį.

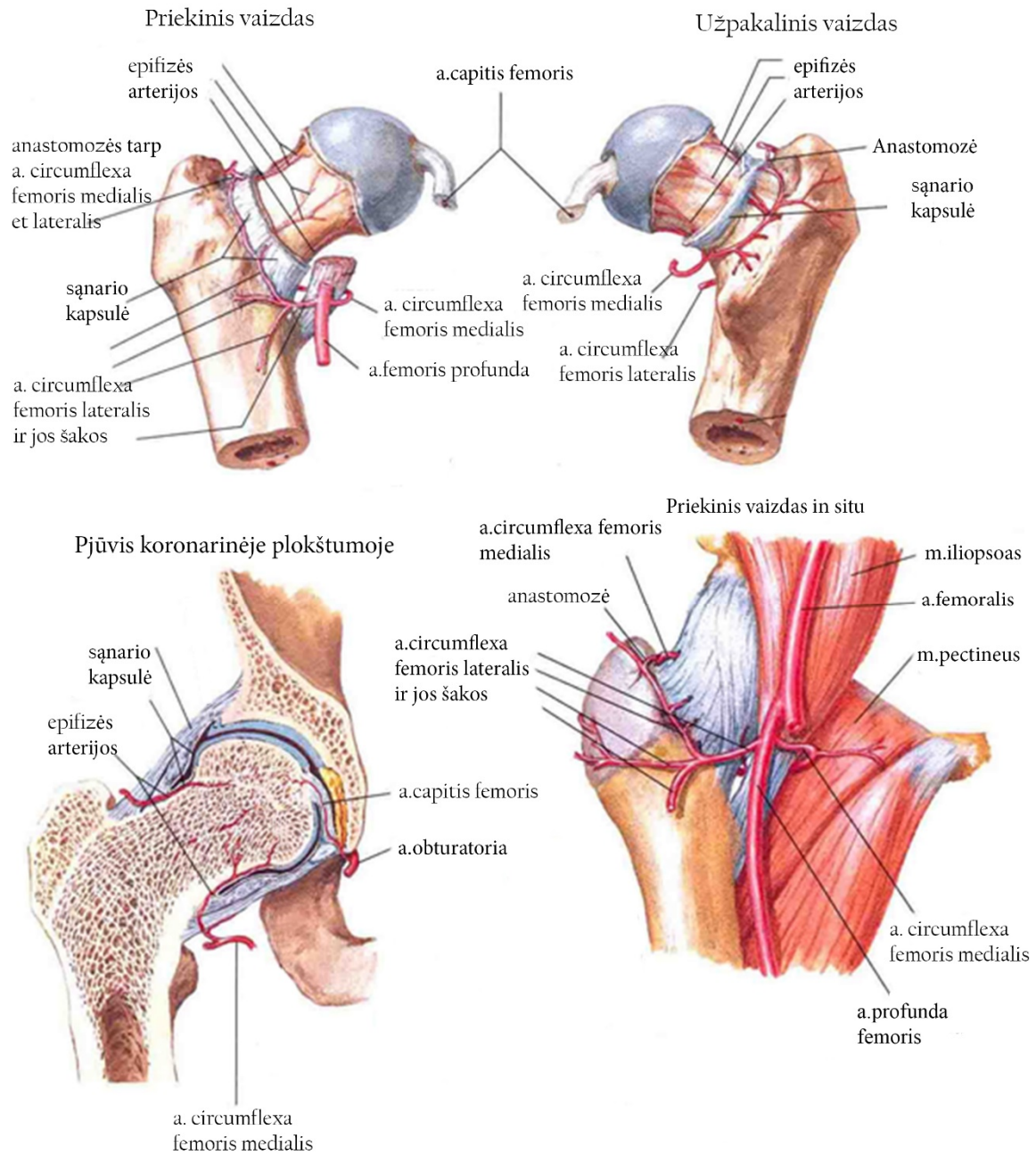
Būtina pabrėžti, kad labai daug anastomozių susidaro tarp šių viršutinės grupės šakų. Dauguma kraujagyslių pereina iš vienos į kitą, daug kartų įeina ir išeina iš kaulo, tačiau visa tai vyksta arti pradinės arterijos šakos. Kai arteriolės pasiekia kaklo vidurį, jos pasidalija ir pasklinda visomis kryptimis akytoje kaulinėje medžiagoje. Galinės šakelės net pasiekia apatinę šlaunikaulio kaklo sieną, kur sudaro anastomozes su apatine arterijų grupe.

2. Apatinę arterijų grupę sudaro dvi arterijų sankaupos, prasidėjusios nuo *a. circumflexa femoris medialis*, šoninė ir vidinė dalys. Šios arterijos, kaip įprasta, prasideda prie sąnario kapsulės prisitvirtinimo vietos, paskui patenka į sąnario ertmę ir toliau eina tarp sinovinės membranos ir kaulo.

Apatinės arterijų grupės šoninės dalies kraujagyslės yra labai smulkios. Čia kraujotaką sudaro dvi trys kolateralinės šakelės, prasidedančios sąnario kapsulės raukšlėse ir perveriančios labai ploną apatinę šlaunikaulio kaklo sieną. Šios šakelės maitina apatinę kaklo sieną ir kaklo viduje sudaro anastomozes su viršutinės arterijų grupės galinėmis šakelėmis.

Apatinės arterijų grupės vidinės dalies kraujagyslės turi didesnę reikšmę. Šios arterijos patenka į kaulą ties kremzlinio šlaunikaulio galvos paviršiaus kraštu. Čia jos kyla tiesiai į viršų ir skyla į daugybę galinių šakelių, kurios sudaro dvi grupes: pirma eina į medialinę pusę ir maitina šlaunikaulio galvos apatinį trečdalį arba ketvirtadalį, kita išsišakoja čia pat ir maitina apatinę bei vidinę šlaunikaulio kaklo dalis. Šios apatinės arterijų grupės vidinės dalies arterijos sudaro anastomozes su viršutinės arterijų grupės ir apatinės arterijų grupės šoninės dalies arterijomis.

3. Priekinio ir užpakalinio šlaunikaulio kaklo paviršių arterijos skiriasi nuo anksčiau aprašytų arterijų, nes jos nepastovios ir nemaitina akytosios kaulinės medžiagos. Jos baigiasi kaulo žievėje, sudarydamos ploną periferinį kraujagyslių tinklą. Šių kraujagyslių šakos prasideda nuo šoninės ir vidinės apsukinių arterijų tarp sinovinio dangalo ir kaulo. Jos eina nuo kaklo pamato prie šlaunikaulio galvos. Jų eiga yra gana pastovi užpakalinio šlaunikaulio kaklo paviršiaus apatinėje dalyje [64].



2 pav. Šlaunikaulio galvos ir kaklo vaskuliarizacija

Šlaunikaulio galvos vaskuliarizacija

Iki šiol buvo nesutarimų dėl šlaunikaulio galvos arterinės kraujotakos. Panašu, kad šiuo metu šis klausimas jau išspręstas. Tačiau veninė proksimalinės šlaunikaulio dalies kraujotaka iki šiol sunkiai suprantama.

Arterinis žiedas prie kaklo pamato maitina daugiausia šlaunikaulio kaklą ir galvą. *A. circumflexa femoris medialis* sudaro užpakalinę, o *a. circumflexa femoris lateralis* – priekinę žiedo dalis. Kylančios šakos prasideda nuo žiedo, perveria kapsulę ir duoda pradžių epifizės ir metafizės arterijoms [65, 66].

Vidinė epifizės arterija

Vidinė epifizės arterija, prasidedanti nuo *a. circumflexa femoris medialis* arba *a. obturatoria*, eina kartu su apvaliojo raiščio arterija ir patenka į šlaunikaulio galvą per *foramen capitalis*. Jos kartu sudaro anastomozes su šoninėmis epifizės arterijomis ir aprūpina nuo 1/3 iki 1/4 šlaunikaulio galvos [59, 61, 65, 67].

Šoninės epifizės arterijos

Šlaunikaulio galvą iš viršutinės ir užpakalinės pusės perveria apie 26 šoninės epifizės arterijos. Jos apsaugotos fibroziniu dangalu ir aprūpina didesniąją dalį šlaunikaulio galvos (nuo 2/3 iki 3/4 epifizės) [59, 61, 65].

Viršutinė metafizės arterija

Kaip ir šoninės epifizės arterijos, 2–3 viršutinės metafizės arterijos atsišakoja nuo *a. circumflexa femoris medialis*. Jos perveria kaulo žievę distaliau sąnarinės kremzlės ir sudaro anastomozes su šoninėmis epifizės arterijomis. Be to, prieš patekdamos į kaulą, jos pasidalija į gausybę kraujagyslių, kurios po sinoviniu dangalu sudaro anastomozes su Hunterio kraujagysliniu arteriniu žiedu [68]. Suaugusiųjų epifizės kraujotaka turi ypatumų: geltonieji kaulų čiulpai sudaryti iš riebalinio audinio su mažu spindžio kraujagyslėmis, nėra raudonųjų kraujo čiulpu sinusoidinės kraujotakos. Kremzlinės-kaulinės jungties vietos mikrocirkuliacija skiriasi nuo kaulo šerdies kraujotakos. Subchondrinės priekapiliarinės kraujagyslės

prasideda kaulų čiulpuose, patenką į gilųjį kremzlės sluoksnį per kaulinius kanalus ir čia suformuoja kapiliarų kilpas, kurios sugrįžta į pokapiliarines venules čiulpuose [59, 61, 65].

Šlaunikaulio galvos raiščio arterija

Tai *a. obturatoria* šaka, kuri sudaro anastomozes su terminalinėmis *a. circumflexa femoris lateralis* šakomis. Jos įtaka bendrai kraujotakai, literatūros duomenimis, yra kontroversiška.

Šlaunikaulio galvos kraujotakos sutrikimai po šlaunikaulio kaklo lūžio

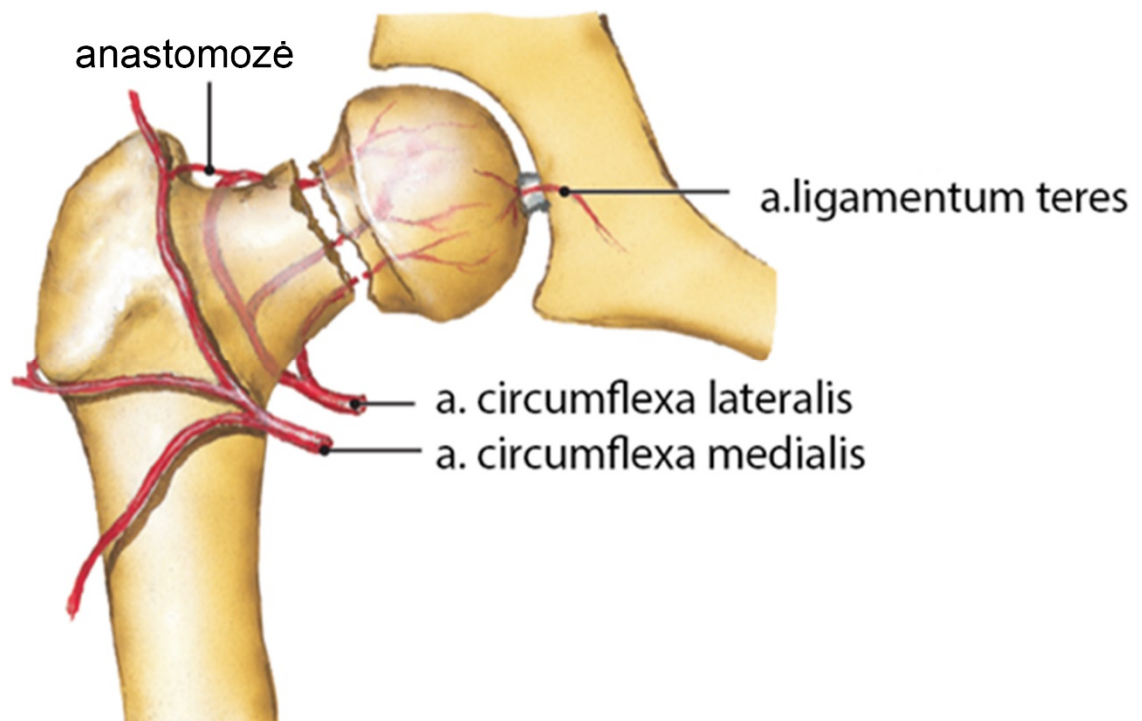
Šlaunikaulio galvos kraujotaka po šlaunikaulio kaklo lūžio sutrinka dėl dviejų pagrindinių priežasčių:

- lūžgaliai tiesiogiai sužaloja maitinamąsias arterijas – intrakapsulinės kraujagyslės pažeidžiamos lūžgalių mechaniškai (3 pav.);
- dėl intrakapsulinės hematomos ir jos sukiamo tamponados efekto [69] pradeda vystytis arteriolių bei venulių trombozė [69, 70].

Traumos metu lūžgaliai traumuoja šlaunikaulio galvą maitinančias kraujagysles [71, 72]. Sevitt savo studijoje nurodo, kad devaskuliarizacija pasitaiko iki 84 % atvejų [73]. Esant ypač dislokuotiems lūžiams, galima visiška galvos avaskuliarizacija, šiuo atveju išlieka tik kraujagyslės, esančios apvaliajame raištyje. Jų įtaka šlaunikaulio galvos revaskuliarizacijai diskutuotina. Vieni autoriai nurodo, kad ši arterija yra nesvarbi galvos išlikimui, nes tik labai maža dalis kontrastinės medžiagos, injekuojamos per šią arteriją, patenka į galvą [66]. Kiti autoriai savo publikuotuose darbuose teigia, kad šios kraujagyslės anastomozinių sistema yra svarbi galvos vaskuliarizacijai po traumos [20, 74].

Nors yra įrodyta, kad lūžgalių poslinkis pažeidžia kraujagysles, lūžiai su minimaliu poslinkiu ar be jo sukelia išeminių pakitimų. Skirtingi autoriai nurodo, kad

kraujotaka pastebimai sumažėja iki 60 % atvejų esant minimaliam lūžgalių poslinkiui [69, 75]. Normalus intrakapsulinis spaudimas siekia 0–20 mm Hg, o spaudimas maitinančiose arteriolėse – 40–80 mm Hg. Holmberg atliktos studijos duomenimis, esant didesniai nei 80 mm Hg intrakapsuliniam slėgiui, matomi ryškūs kaupimo pakitimai kaulų scintigrafiniame tyrime [69].

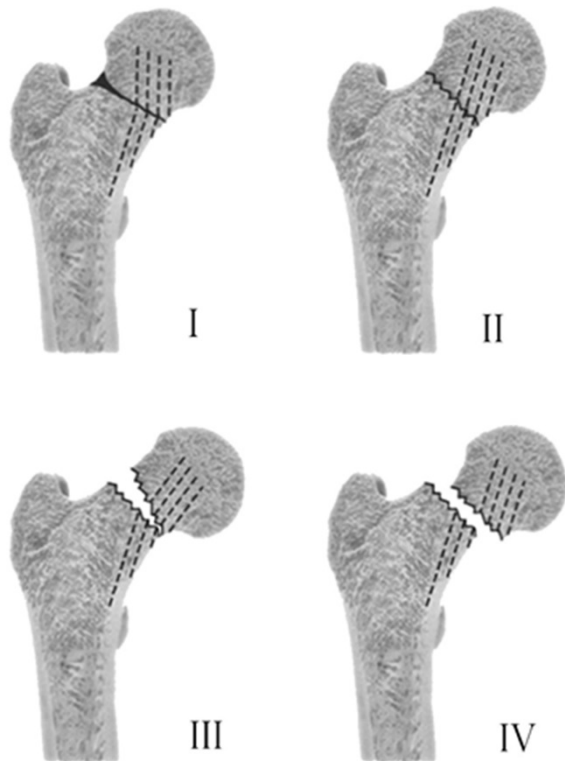


3 pav. Šlaunikaulio galvos kraujotakos pažeidimai po šlaunikaulio kaklo lūžio

Šlaunikaulio kaklo lūžių klasifikacija

Šiuo metu yra pasiūlyta keletas šlaunikaulio kaklo lūžių klasifikacijų.

Garden klasifikacija (4 pav.) [76]



4 pav. Garden klasifikacija

I – nepilnas lūžis su valgus tipo deformacija.

II – abiejuose plokštumose nedislokuotas lūžis.

III – iš dalies dislokuotas lūžis, šlaunikaulio galvos trabekulinis raštas nesutampa su gūžduobės trabekuliniu raštu.

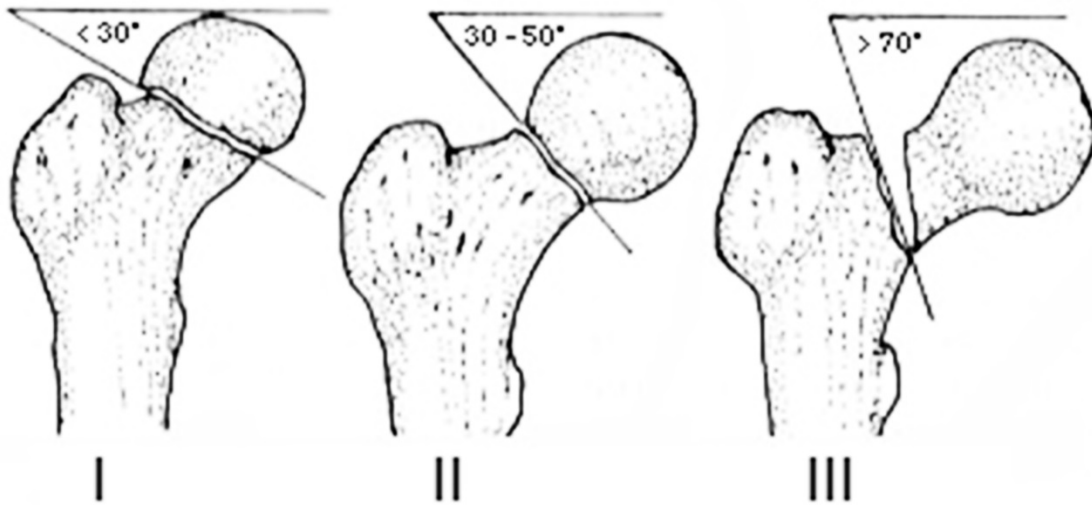
IV – visiškai dislokuotas lūžis, šlaunikaulio galvos trabekulinis raštas sutampa su gūžduobės trabekuliniu raštu.

Pauwels klasifikacija (5 pav.) [77]

Pauwels I – kampas tarp horizontalios plokštumos ir lūžio linijos iki 30° .

Pauwels II – kampas tarp horizontalios plokštumos ir lūžio linijos $30\text{--}70^\circ$.

Pauwels III – kampas tarp horizontalios plokštumos ir lūžio linijos $>70^\circ$.



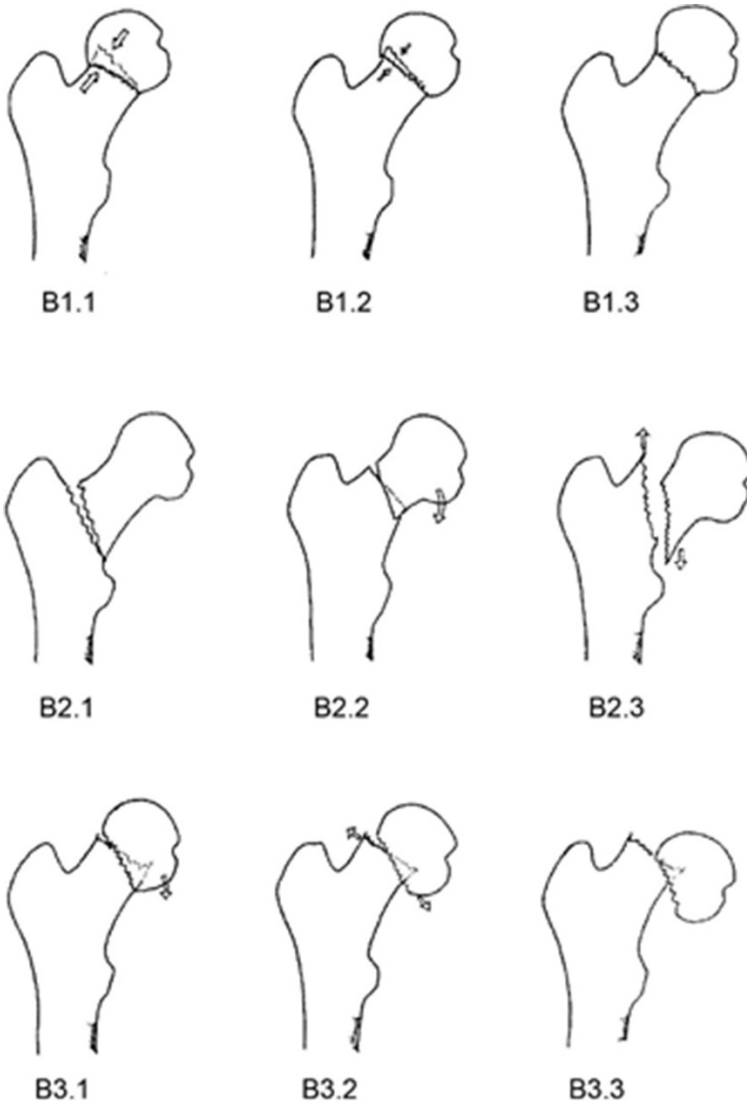
5 pav. Pauwels klasifikacija

AO klasifikacija 31-B (6 pav.) [78]

B1 – subkapitatinis su minimaliu poslinkiu.

B2 – transcervikalinis.

B3 – subkapitatinis, dislokuotas.



6 pav. AO klasifikacija

Morfologinių lūžio klasifikacijų prognostinė vertė

Tidermark savo studijoje nurodo, kad, vertinant Garden klasifikacijos reikšmę, buvo rasta, kad reikėtų išskirti dvi grupes: nedislokuoti (Garden I, II) ir dislokuoti lūžiai (Garden III, IV). Komplikacijų dažnis, kuris susietas su lūžio sugijimu, šiose grupėse siekė 7 % ir 36 % atitinkamai [79]. Kiti autoriai taip pat siūlo dviejų kategorijų klasifikaciją, tik lūžius klasifikuojant kaip stabilus (abu lūžgaliai gali judėti kaip vienas fragmentas) ir nestabilus (lūžgaliai juda atskirai), savo tyrime nurodydami puikius vertinimo rezultatus vertinant tarp tyrėjų ir tam pačiam tyrėjui [80].

Labiausiai paplitusi ir naudojama yra Garden klasifikacija. Visos šios klasifikacijos yra gana sudėtingos, vertinimo patikimumas tarp tyrėjų ir vertinant tiems patiems tyrėjams yra mažas. Gaspar atliktoje studijoje, vertinant AO, Pauwels ir Garden klasifikacijų patikimumą tarp tyrėjų ir tiriant tam pačiam tyrėjui, gauti tik vidutinio ir prasto sutikimo patikimumo rezultatai (3 lentelė) [81].

3 lentelė. Šlaunikaulio kaklo lūžių klasifikacijų vertinimo patikimumo įvertinimas (kappa koeficientas)

| Klasifikacija | Tarp tyrėjų | To paties tyrėjo |
|-------------------|-------------|------------------|
| AO kategorijos | 0,44 | 0,56 |
| AO subkategorijos | 0,17 | 0,38 |
| Garden | 0,41 | 0,49 |
| Pauwels | 0,19 | 0,38 |

Panašius AO klasifikacijos vertinimo rezultatus publikuoja ir kiti autoriai [82], kurie dėl pačios klasifikacijos sudėtingumo bei nepatikimų priežastinių ryšių su gydymo rezultatais jos naudoti nerekomenduoja.

Pauwels klasifikacija paremta šlyties jėgos dydžiu (nestabilumu), kuri didėja didėjant lūžio vertikalumui. Tai siejama su lūžio nesugijimo dažniu. Parker atliktoje studijoje nebuvo rasta patikimo priežastinio ryšio tarp lūžio sugijimo bei Pauwels kampo ir Pauwels klasifikacijos. Autoriai rekomenduoja taip pat nenaudoti šios klasifikacijos klinikinėje praktikoje [83].

Vienas iš trūkumų vertinant ir Garden, ir Powels klasifikacijas, yra tas, kad nėra vertinamas poslinkis ašinėje plokštumoje. Keliose studijose randamas ryšys tarp pradinio kampinio poslinkio ir antrinio poslinkio bei nesugijimo [84], bet kasdienėje praktikoje tai pritaikyti būtų sunku. Pastaruoju metu literatūroje dažniausiai randamas skirstymas, lūžius vertinant kaip dislokuotus ir nedislokuotus ir su tuo susiejant gydymo rezultatus [19, 21, 23, 55, 56, 85-89].

Bazocervikaliniai šlaunikaulio kaklo lūžiai, kurių lūžio linija eina kiek proksimaliau didžiojo ir mažojo gūbrio, išilgai kapsulės prisitvirtinimo vietos turėtų būti klasifikuojami kaip ekstrakapsuliniai – pergūbriniai lūžiai ir jiems turėtų būti taikomi pergūbrinių lūžių gydymo principai [90].

Šlaunikaulio galvos kraujotakos tyrimo metodai

Invaziniai tyrimo metodai

Lazerinė doplerometrija

Tai invazinis tyrimo metodas, grindžiamas pulsinės srovės amplitudės matavimu. Šio metodo pritaikymas ir palyginimas aprašytas daugelyje eksperimentinių studijų [75, 91-96]. Metodika daugiausia skirta matavimams, atliekamiems chirurginių intervencijų metu, norint nustatyti galimą jatrogeninį pažeidimą procedūros metu [97-100], bet visuotinai praktiškai ji netaikoma. Tyrimas atliekamas naudojant specialų daviklį, kuris įkišamas į šlaunikaulio galvą per išgręžtas skylės. Šis neinvazinis audinių mikrocirkuliacijos matavimo metodas buvo pasiūlytas 1984 m. [93]. Vėliau, vertinant išeminius procesus, šio pobūdžio tyrimas buvo panaudotas neurochirurgijoje ir rekonstrukcinėje chirurgijoje. Ortopedijoje šlaunikaulio galvos kraujotaka šiuo tyrimo metodu vertinama atliekant sąnarių paviršių endoprotezavimo operacijas [97] bei vertinant kraujotaką po lūžių [75, 91, 96, 98]. Tokio tyrimo vertinimo rodikliai yra ne absoliutūs, bet santykiniai, nes lyginami prieš ir po atliekamos procedūros gauti rodikliai. Daugelis autorių nurodo, kad dideli absoliutūs matavimo skirtumai gali labai priklausyti nuo daviklio padėties: kuo arčiau kraujagyslės yra daviklis, tuo pulsinė srovė yra stipresnė [96, 98]. Madhuri [99] savo eksperimentiniame tyrime vietoje specialių daviklių pasiūlė naudoti per šlaunikaulio galvoje išgręžtą kanalą įvestą epiduralinį kateterį, kuris davikliu prijungtas prie anesteziologinio monitoriaus, kurio ekrane atsispindi pulsinė banga. Taikant šį pigų metodą nereikia didelių investicijų į įrangą, bet reikalingos tolesnės studijos tyrimo rezultatams įvertinti ir standartizuoti. Intrakapsulinio slėgio padidėjimo (tamponados efektas) įtaka kraujotakai Beck ir bendraautorių atliktoje studijoje įvertinta lazerinės doplerografijos metodais. Atliekant atviras klubo sąnario debridemento operacijas, daviklis iš lateralinės pusės būdavo įkišamas į šlaunikaulio galvą, o į kapsulę kaklo srityje buvo injekuojamas fiziologinis skystis. 9 iš 11 pacientų pulsas šlaunikaulio galvoje

išnyko dar nepasiekus vidutinio arterinio spaudimo. Pulsas atsistatė atlikus kapsulotomiją ir kritus intrakapsuliniam slėgiui [98].

Mikrodializė

Bogehoj su bendraautoriais, atlikdami doplerometriją, pabandė išmatuoti hipoksijos rodiklių – gliukozės/piruvatų – koncentracijos santykį ir gliukozės bei glicerolio koncentracijų kitimą šlaunikaulio galvoje priklausomai nuo laiko [91]. Tačiau ir šio tyrimo duomenys turi inercijos požymių, nes pakitimai buvo matuojami sveikoje šlaunikaulio galvoje ir tik po 4 valandų, atlikus šlaunikaulio kaklo osteotomiją. Be to, vėlesniuose tyrimuose autorius nurodo, kad, atliekant tyrimus *in vivo*, dėl galimų paklaidų galima vertinti tik santykinius rodiklius [101].

Intraosalinio spaudimo ir dalinio deguonies slėgio matavimai

Šis tyrimo metodas paremtas intraosalinio spaudimo ir dalinio deguonies slėgio matavimu naudojant operacijos metu implantuotus daviklius į šlaunikaulio galvą. Metodas, pristatytas 1986 m., buvo pritaikytas eksperimentiniuose artrozės ir aseptinės nekrozės modeliuose [102-106]. Jais buvo nustatyta, kad intraosalinis spaudimas yra patikimai didesnis ligos (artrozės ar aseptinės nekrozės) pažeistoje šlaunikaulio galvoje, o dalinis deguonies slėgis yra patikimai mažesnis. Tyrimų rezultatai buvo lyginami su rentgenologiniais, scintigrafijos ir histologiniais rezultatais. 2007 m. Y. Watanabe paskelbė ir klinikinių tyrimų rezultatus, kurie parodė, kad slėgio sumažėjimas 3 mm Hg stulpelio labai padidina aseptinės nekrozės riziką po lūžio [107].

Standefer savo apžvalginėje studijoje palygino pagrindinius šlaunikaulio galvos kraujotakos invazyvaus tyrimo metodus ir nustatė, kad laiko atžvilgiu jautriausi yra lazerinė doplerometrija ir fibrooptinis spaudimo matavimas, kurių pokyčiai buvo matomi praėjus 3 minutėms perrišus maitinančias kraujagysles. Pjezoelektrinis spaudimo matavimas ir dalinio deguonies slėgio matavimas buvo labiau inertiškas laiko atžvilgiu, pokyčiai atsiranda atitinkamai po 15 ir 30 min. [100].

Osteoskopija

Nyarady su bendraautorais [108] savo eksperimentinėje studijoje, atliktoje su kiaulėmis, o vėliau su žmonėmis, parodė, kad, išgręžus kanalą į šlaunikaulio galvą ir įvedus šviesolaidinį osteoskopą, galima tiesiogiai stebėti kraujo tėkmę šlaunikaulio galvoje. Atlikus devynių pacientų stebėjimus, buvo išskirtos trys kraujotakos grupės – matoma pulsinė srovė, difuzinis kraujavimas ir kraujotaka nestebima. Pooperacinio stebėjimo laikotarpiu visiems pacientams, kuriems kraujotakos šlaunikaulio galvoje nebuvo, išsivystė šlaunikaulio galvos aseptinė nekrozė. Šio eksperimentinio tyrimo paprastumas ir rezultatų įvertinimas leidžia galvoti apie praktinį klinikinį pritaikymą, bet tik po platesnių didesnės imties tyrimų, įvertinus metodo jautrumą ir specifiškumą.

Superselektyvi angiografija

Šis tyrimo metodas pirmą kartą pasiūlytas 1977 m. [58]. 1987 m. paskelbti pirmi jo klinikiniai rezultatai parodė, kad trauminės ir netrauminės kilmės aseptinės nekrozės išsivystymui kraujotakos sutrikimai šlaunikaulio galvoje nustatyti 97 % atvejų [109]. Šie duomenys nurodo, kad revaskuliarizacijos tikimybė, esant pažeistoms maitinančioms kraujagyslėms, yra maža. Xiao atliktoje studijoje buvo nagrinėjama skeletinio tempimo įtaka šlaunikaulio galvos kraujotakai, kurioje pažymėta, kad taikant skeletinį tempimą šlaunikaulio galvos kraujotaka sumažėja [110]. Tačiau invazyvumo ir didelės komplikacijų rizikos šiuo metu klinikinėje praktikoje rutiniškai nenaudojamas.

Vandenilio koncentracijos kitimų matavimai

Pelzer su bendraautorais savo eksperimentinėje studijoje pasiūlė minimaliai invazyvų metodą – vandenilio koncentracijos matavimo pokyčius kraujyje, naudojant laboratorinius vandenilio mikrodeviklius. Nors metodas naujas, reikalinga sudėtinga laboratorinė ir programinė įranga. Autoriai pripažįsta, kad šis metodas skirtas tik kraujotakos matavimams kortikaliniam ir spongioziniam

kaule, bet visiškai netinkamas, jei daviklis turi kontaktą su kaulų čiulpais [111]. Šio metodo privalumas – minimali invazija bei radioaktyvių žymenų nenaudojimas.

Neinvaziniai tyrimų metodai

Scintigrafija



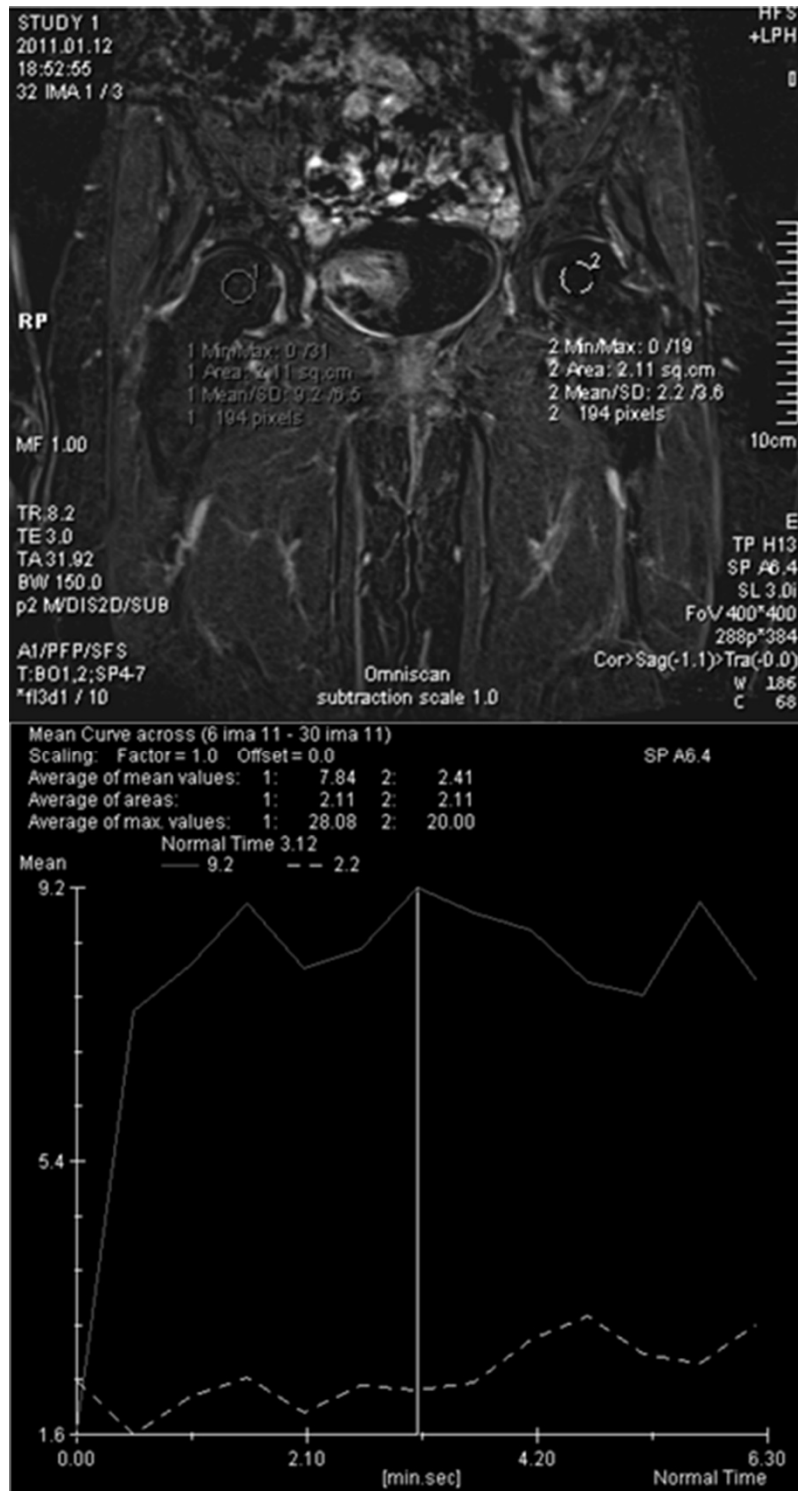
7 pav. Scintigrafija

Kaulų scintigrafija paremta radioaktyvių izotopų kaupimusi pažeistose vietose ir jų koncentracijos matavimu (7 pav.) . Suaktyvėjusio metabolizmo zonose (uždegiminiai procesai, kaulų navikai ar metastazės) sukaupta kontrastinė medžiaga

gama kameroje paverčiama vaizdu. Paprastai dviejų projekcijų scintigrafinio vaizdo užtenka diagnostiniam įvertinimui, bet mažesniems nei 1 cm pažeidimams papildomai reikėtų atlikti SPECT (*single photon emission computed tomography*) tyrimą. Ligą galima diagnozuoti, metabolizmo procesams sutrikus nuo 5–15 %, palyginti su sveiku kaulu. Litinių (destrukcinių) procesų diagnostikoje, kai kontrastas nekaupiamas ir nėra aplinkinės uždegiminės zonos, diagnostikai indikuotina atlikti PET (pozitronų emisijos tomografijos testą). Atsižvelgiant į tiriamosios vietos kraujotaką bei metabolinių procesų intensyvumą, skirtingais laiko tarpais atliekamas tyrimas gali padėti diagnozuoti skirtingas patologijas. Šis tyrimo metodas dažniausiai taikomas onkologijoje. Ortopedijoje ir traumatologijoje jis taikomas vertinant šlaunikaulio galvos gyvybingumą, kai įtariama esant aseptinę nekrozę ir infekcinį procesą [104, 112-114], bet dėl apšvitos kaip rutininis tyrimas netaikomas. Kaulų scintigrafija naudoja radioaktyvų technecio (^{99}Tc) difosfonatą yra jautrus metodas, diagnozuojant osteonekrozę, nes radionuklidų pasiskirstymas priklauso nuo osteoblastų aktyvumo ir dar svarbiau – nuo kraujotakos [114]. Eksperimentiniuose modeliuose scintigrafija parodo kontrastinės medžiagos kaupimo židinius, išsivysčiusius dėl perifokalinės uždegiminės reakcijos, bei židinius, kuriuose yra kraujotakos sutrikimų [115], bet Ruland su bendraautoriais nurodo, kad radionuklidų koncentracija šlaunikaulio galvoje sumažėja tik po trijų dienų, eksperimentiniais būdais sukėlus išemiją [112]. Bet, kaip nurodoma literatūroje, dėl skenavimo technikos, tyrimo atlikimo laiko bei žemos rezoliucijos vaizdo tyrimo įvertinimas tampa komplikotas ir daugiau skirtas diagnostiniams tikslams (liga yra/nėra), bet ne dinaminiam ligos eigos įvertinimui [114].

Magnetinio rezonanso tomografija

Magnetinio rezonanso tomografija (MRT) grindžiama elektromagnetinio lauko ir vandenilio branduolių (protonų) sąveika. Protonai turi didžiausią magnetinį momentą, be to, jų koncentracija organizme yra didžiausia. Metodo indikacijas labai praplėtė kontrastinių medžiagų naudojimas, dėl to gaunamas geresnės kokybės vaizdas. Tai savo studijoje nurodo ir Li. Jis gavo patikimus skirtumus vertindamas išeminius procesus audiniuose ir kauluose, naudodamas kontrastines medžiagas, o tiriant be kontrasto patikimų skirtumų negauta



8 pav. Dinaminis MRT tyrimas

[116]. Pirmosios MRT studijos, kuriose galima įvertinti šlaunikaulio galvos išemiją, naudojant kontrastines medžiagas [29, 117-119], buvo atliktos 1993–1998 m. Vande Berg su bendraautoriais nurodo, kad sekvenčinis MRI yra vertinga diagnostikos priemonė diferencijuojant tarp negrįžtamų (aseptinė nekrozė) ir praeinančios kaulų čiulpų edemos [119].

Paskutiniu metu pasiūlyti difuzijos ir perfuzijos modeliai palengvino smegenų ir kepenų onkologinių ligų diagnostiką. Pirmi radiologų pasiūlyti nauji tyrimo metodai, leidžiantys įvertinti šlaunikaulio galvos kraujotaką po lūžių (8 pav.), literatūroje paskelbti 1989–1994 m., bet dėl brangumo ir sudėtingos gautų duomenų interpretacijos dar retai taikomi klinikinėje praktikoje [120-125].

K. H. Koo su bendraautoriais, 1994 m. atlikdami invazinius tyrimus, įrodė, kad, tiriant pacientų, turinčių objektyvių nusiskundimų, šlaunikaulio galvas ir MRT statiniams vaizdams esant prognostiškai nepatikimiems, ankstyvieji kraujotakos pakitimai šlaunikaulio galvoje patikimiau diagnozuojami dinaminiais tyrimais (skaitmenine superselektyvia angiografija, scintigrafija ir intraosalinio slėgio matavimais) [104].

Tobulėjant programinei įrangai, buvo pradėtas matuoti radioaktyvių izotopų kaupimas laike. Pirmuosius dinامينius tyrimus vertinant šlaunikaulio galvos kraujotaką atliko H. Tsukamoto [121], o vėliau ir kiti autoriai eksperimentinėse ir *in vivo* studijose [30, 126].

1999 m. T. Koniishike pasiūlė klasifikacijos sistemą atsižvelgdamas į šlaunikaulio galvos kraujotaką [30]. Pagal santykinius kraujotakos sutrikimus buvo pasiūlyti trys tipai: A – kraujotaka nesutrikusi, B – santykinis kraujotakos sutrikimas <50 %, C – <10 %, palyginti su kitos pusės sveika šlaunikaulio galva. 2001 m., remiantis šio tyrimo rezultatais, buvo paskelbti pirmieji klinikiniai rezultatai. A ir B tipo kraujotaka pažeistoje šlaunikaulio galvoje gerai koreliuoja su lūžio sugijimo prognoze ($p < 0,0001$) [28].

J. F. Griffith su bendraautorais nustatė koreliaciją tarp osteoporozės (BMD indekso) ir perfuzijos sumažėjimo kaulų čiulpuose, kuri labiau priklauso nuo riebalinės kaulų čiulpų degeneracijos, o ne nuo kaulo masės tankio sumažėjimo [127]. Tai rodo, kad standartizuoti absoliučių tyrimo duomenų neįmanoma, galima palyginti tik santykinius rodiklius. J. W. Yi-XiYang, atlikdamas dinامينius MRT tyrimus, pastebėjo, kad kaulų čiulpų perfuzija šlaunikaulyje ir šlaunikaulio galvoje sumažėja didėjant sistoliniam kraujospūdžiui [128].

Pozitronų emisijos tomografija (PET)

Pozitronų emisijos tomografija grindžiama radioaktyviosios medžiagos kaupimusi ir jos koncentracijos matavimu (9 pav.). Dažniausiai šie tyrimai naudojami onkologinių ligų diagnostikoje – matuojamas metabolinių procesų aktyvumas, t. y. radioaktyviuoju fluoru pažymėtos gliukozės kaupimasis [129]. Dinaminiai matavimai, rodantys radioaktyvių izotopų kaupimą per tam tikrą laiką, yra sudėtingi ir klinikinis jų taikymas yra ribotas. Pozitronų emisijos tomografijos naudojimas kaulų kraujotakos tyrimams šiuo metu yra dažniausias artrozės ir šlaunikaulio galvos aseptinės nekrozės tyrimas. Dauguma



9 pav. Pozitronų emisijos tomografija

modelių yra eksperimentiniai. Jie padeda geriau suprasti metabolinių procesų pobūdį besivystant šioms ligoms. T. Kubo su bendraautoriais [29], naudodami PET, išmatavo 16 pacientų kraujo, tekančio per šlaunikaulio galvą, tėkmę, taip pat šlaunikaulio galvoje esančio kraujo tūrį. Tyrimai parodė, kad pratekančio kraujo tūris patikimai sumažėja, atsižvelgiant į amžių, bet kraujo, esančio šlaunikaulio galvoje, tūris padidėja.

Šioje apžvalgoje pateikiami invaziniai ir neinvaziniai tyrimo metodai, kurie galėtų būti naudojami šlaunikaulio galvos kraujotakai vertinti, bei operacinės gydymo taktikos pasirinkimas lūžus šlaunikaulio kaklui. Dalis invazinių tyrimo metodų taikomi eksperimentuojant su gyvūnais: tiriamas artrozės ir šlaunikaulio galvos aseptinės nekrozės vystymasis ir jo ryšys su kraujotakos sutrikimais. Klinikinis invazinių tyrimų pritaikymas praktikoje yra diskutuotinas dėl pačių tyrimų invazyvumo ir potencialios naudos pacientui. Kai kurie metodai (doplerometrija, mikrodializė) šiuo metu taikomi tik eksperimentinėse studijose, o kiti – superselektyvi angiografija ir kaulų scintigrafija – dėl invazyvumo laipsnio ir apšvitos šlaunikaulio galvos kraujotakos tyrimams netaikomi.

Aaron su bendraautoriais savo apžvalginiam darbe pabrėžia, kad, naudojant MRT ir PET, turėtų būti požymių, leidžiančių diferencijuoti kokybinius kraujotakos pokyčius – venostazę, intraosalinę hipertenziją, perfuziją ir išemiją [130].

MRT ir PET dėl neinvazyvumo ir procedūros paprastumo turi klinikinio taikymo terpę. Daugelis autorių pažymi, kad metodas yra brangus ir reikia specialistų įvertinimo, be to, daugelis ligoninių neturi MRT aparatų, tyrimą atlikti skubos tvarka tampa labai problemiška [26]. Metodo jautrumas lyginamas su lazerine doplerometrija ir scintigrafija. Šiuo metu publikuotų klinikinių studijų yra mažai, ir, kaip pabrėžia daugelis autorių, publikuotų studijų duomenys gali būti naudingi tik naujos klinikinės klasifikacijos, paremtos kraujotakos sutrikimo laipsniu, sukūrimui. Didesnė problema ta, kad daugelis rodiklių yra santykiniai, t. y. imamas

tik santykinis kraujotakos sumažėjimas, o absoliučiais dydžiais to įvertinti negalima. Šiuo metu pasirodžiusiose studijose skelbiama, kad paciento amžius, riebalinė metafizinės dalies degeneracija, kaulų čiulpų tankis ir kraujospūdžio padidėjimas mažina perfuziją šlaunikaulio galvoje. Šių tyrimų duomenys rodo, kad egzistuoja tikimybė, kad jaunesnio amžiaus pacientams, patyrusiems dislokuotą šlaunikaulio kaklo lūžį, bet kurių gera kaulo kokybė ir normalus kraujospūdis, absoliutus kontrasto kaupimas gali būti didesnis nei senyvo amžiaus pacientų, sergančių osteoporoze ir patyrusių nedislokuotą šlaunikaulio kaklo lūžį, turinčių padidėjusį kraujospūdį ir akivaizdžią riebalinę kaulų čiulpų degeneraciją. Revaskuliarizacijos įvertinimas, atlikus lūžio osteosintezę dėl metalo implantų sukeltų artefaktų, MRT tampa abejotinas.

Šių tyrimo metodų apžvalga rodo, kad šiuolaikinių tyrimų metodai per 10 metų dar mažai taikomi praktikoje, vertinant riziką ir išėtis po trauminės ir degeneracinės kilmės šlaunikaulio galvos pažeidimų. Ateitis priklauso neinvaziniams tyrimo metodams, bet jų platų klinikinį pritaikymą kol kas riboja medicininės technikos stoka, metodo brangumas, unifikuotos tyrimais grindžiamos metodikos trūkumas ir galimybė tiesiogiai atlikti tyrimą atvykus traumą patyrusiam pacientui.

Šlaunikaulio galvos kraujotakos įvertinimas po šlaunikaulio kaklo lūžio

Šlaunikaulio galvos kraujotakos įvertinimas MRT metodu po osteosintezės tampa kompliktuotas dėl masyvių metalo implantų tiriamojoje zonoje. Net ir naudojant titaninius sraigtus, jų sukeliama trukdžiai neleidžia įvertinti pakitimų. Vienintelis šiuo metu publikuotas tyrimas – flebografija, tiesiogiai punktuojant pažeistą šlaunikaulio galvą ir suleidžiant kontrastinę medžiagą [131]. Nors šis tyrimas yra gana jautrus ir specifiškas, dėl jo invazyvumo visuotinis taikymas yra abejotinas.

Tyrimo medžiaga

Į prospektyvinę kohortinę eksperimentinę klinikinę studiją buvo įtraukti 42 pacientai, 2009–2011 m. patyrę šlaunikaulio kaklo lūžius ir gydyti Respublikinėje Vilniaus universitetinėje ligoninėje. Studijai atlikti 2009-03-04 buvo gautas Lietuvos bioetikos komiteto leidimas Nr. 027. Visiems į studiją įtrauktiems pacientams prieš operaciją, siekiant įvertinti po patirto lūžio likusią šlaunikaulio galvos kraujotaką, buvo atlikti dinaminiai abiejų šlaunikaulio galvų MRT tyrimai. Atlikus minėtą tyrimą visiems pacientams buvo atliekama šlaunikaulio kaklo osteosintezės operacija dviem nekanuliuotais, nepilno sriegio 7,3 mm skersmens sraigtais. Operacijos buvo daromos atliekant spinalinę nejautrą. Laikas nuo traumos iki operacijos sudarė vidutiniškai 19 val. (ribos 5,5–36 val.), mediana – 12,75 val., nuo hospitalizacijos iki operacijos – 9,6 val. (ribos 3,2–35 val.), mediana – 8,4 val. Visas operacijas atliko keturi ortopedai traumatologai, taikydami tą pačią tyrimo protokole numatytą metodiką. Atlikus spinalinę nejautrą, naudojant mobilaus rentgeno kontrolę, lūžgaliai buvo reponuojami uždaru būdu, o pacientas fiksuotas ant ortopedinio stalo. Per 4–5 cm ilgio odos ir poodžio pjūvį, naudojant rentgeno kontrolę ir specialų taikiklį, į šlaunikaulio kaklą ir galvą paraleliai įsriegti du Ullevaal sraigčiai. Po operacijos visiems pacientams buvo atliktos kontrolinės rentgenogramos, įvertinant lūžgalių repozicijos kokybę ir implantų padėtį.

Lūžgalių repozicija kontrolinėse rentgenogramose įvertinta remiantis Garden pasiūlytais kriterijais [69, 74, 132], o sraigtų – Parker pasiūlyta metodika [133]. Lūžgalių ir implantų padėtis visais atvejais buvo įvertinta kaip atitinkanti minėtų autorių kriterijus.

Ištirtų pacientų pasiskirstymas pagal amžių bei lytį pateiktas 4 lentelėje.

4 lentelė. Pacientų pasiskirstymas pagal amžių ir lytį

| Amžiaus grupė | Lytis | | Iš viso | % |
|----------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| | vyrų | moterų | | |
| <60 | 3 | 2 | 5 | 11,90 |
| 60–69 | 4 | 3 | 7 | 16,67 |
| 70–79 | | 13 | 13 | 30,95 |
| 80+ | 3 | 14 | 17 | 40,48 |
| Iš viso | 10 | 32 | 42 | 100,00 |

Vyrų amžiaus vidurkis – 66 (95 % PI 53–78) metai, moterų – 76 (95 % PI 73–79) metai.

Įtraukimo kriterijai

Paciento sutikimas dalyvauti studijoje

Šlaunikaulio kaklo lūžis

Pacientui nutarta atlikti osteosintezės operaciją

Trauma įvykusi mažiau nei prieš 24 val.

Nėra kontraindikacijų atlikti MRT

Galimybė atlikti osteosintezę ne vėliau kaip per 36 val. nuo traumos

Atmetimo kriterijai

Patologinis lūžis

Kortikosteroidų vartojimas

Lėtinis alkoholizmas

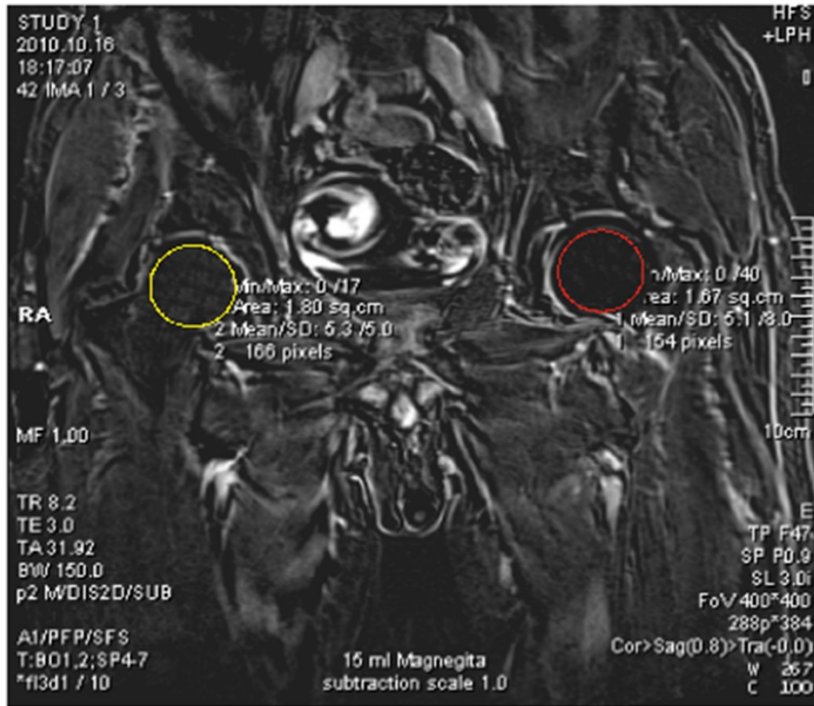
Savarankiškai nevaikštantis pacientas

Sunkūs suvokimo sutrikimai

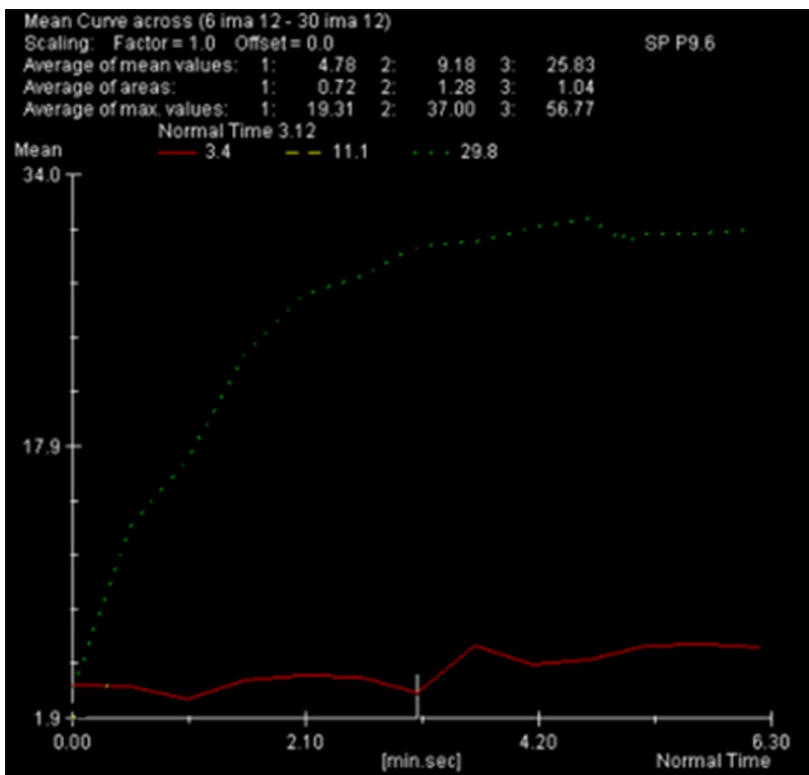
Degeneraciniai / įgimti pakitimai klubo sąnaryje (artrozė, avaskulinė nekrozė, displazija).

MRT tyrimo metodika

MRT tyrimas buvo atliekamas ligoninėje esančios UAB „Euromedic“ aparatu „Siemens MAGNETOM Symphony“ 1,5 T (*Tim System*, Erlangen, Vokietija). Prieš tyrimą visiems pacientams į raumenis buvo suleista analgetikų. Tyrimas atliktas pacientui gulint ant nugaros. Į paodžio veną alkūnės srityje buvo įkištas kateteris ir prijungtas prie kontrastinės medžiagos suleidimo pompos, sinchronizuotos su MRT aparatu. Skenavimas pradedamas *T2 trufi ax* ir *pd fs cor* režimais. Jais nustatoma dubens bei šlaunikaulių galvų erdvinė padėtis ir pagal juos suplanuojamas *fl3D_vibe_MEAS* režimas koronarinėje plokštumoje. Jo parametrai: FOV 400×400 mm, Flip angle 10, TI 0, NEX 1,0, TR8 ms, TE 3 ms, slice thickness 3 mm. Suplanavus *fl3D_vibe_MEAS* režimą, nuskenuojami natyviniai (be kontrasto) pjūviai ir su sinchronizuota pompa pradedamas leisti intraveninė kontrastinė medžiaga MagneGita (gadopenteto rūgšties dimeglumino druska, Gadopentetic acid dimeglumine) 0,2 ml/kg. Preparato leidimo greitis – 3 ml/s. Suleidus kontrastinę medžiagą iš karto suleidžiama 30 ml fiziologinio tirpalo ir skenuojama *fl3D_vibe_MEAS* režimu koronarinėje plokštumoje dvylika kartų (laikotarpiai 0,00, 0,32, 1,04, 1,36, 2,08, 2,40, 3,12, 3,44, 4,16, 4,48, 5,20, 5,52 min.). Kontrasto kaupimo matavimai atliekami po skenavimo – skaitmeninės vaizdų subtrakcijos metodu. Gauti subtrakciniai vaizdai vertinami „Siemens“ darbo stotyje „Mean curve“ programa. Gautuose vaizduose pažymimos vienodo dydžio matavimo zonos sveikoje ir pažeistoje galvoje (ROI – *region of interest*) (10 pav.). Priklausomai nuo šlaunikaulio galvos dydžio, buvo atlikta nuo 11 iki 19 pjūvių, kuriose išmatuotas kontrasto kaupimo intensyvumas Hounsfieldo vienetais (HU). Kontrasto intensyvumo duomenys įvertinti pagal laiko skalę (11 pav.).



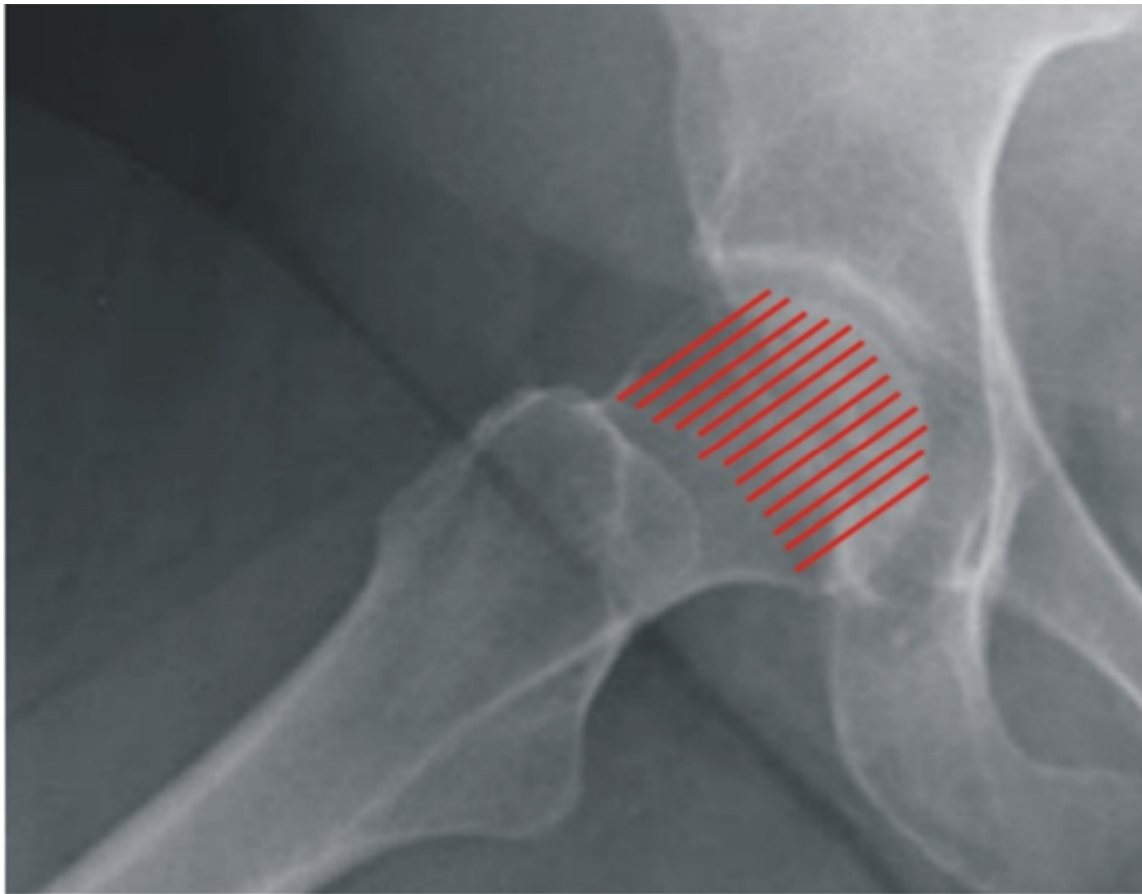
10 pav. Matavimo pavyzdys su ROI (matavimo zonos)



11 pav. Matavimo rezultatų grafinė išraiška („Mean curve“ programa)

Matavimo metodika

Atskiruose frontaliniuose pjūviuose buvo įvertintos kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmės atskirais laikotarpiais – Haunsfeldo vienetais (12 pav.).



12 pav. Matavimo pjūvių išsidėstymas šlaunikaulio galvoje

Duomenų standartizacijos metodika

Planuojant atlikti tūrinio kontrasto pasiskirstymo duomenų analizę, buvo atlikta duomenų standartizacija. Priklausomai nuo šlaunikaulio galvos skersmens, pjūvių buvo nuo 11 iki 19. Skirstant šlaunikaulio galvą į tris zonas, pjūvių skaičius padidintas iki 21 (pirmas skaičius, besidalijantis iš 3) ir naujos tyrimo reikšmės apskaičiuotos kvadratinės interpoliacijos metodu.

Lyginant skirtingų pacientų išmatuotus kontrasto kaupimo duomenis, buvo stebimi dideli svyravimų skirtumai (ribos 3,1–142,3). Tai rodo, kad absoliučius matavimo duomenis lyginti tarp skirtingų pacientų neįmanoma. Todėl, siekiant išvengti tyrimo netikslumo, buvo apskaičiuotos santykinės reikšmės, maksimalų rodiklį matavimo matricoje prilyginant 100 %.

Lyginant santykinį kontrastinės medžiagos kaupimo sumažėjimą pažeistoje šlaunikaulio galvoje atitinkamais laikotarpiais, buvo paimtas santykis tarp to paties paciento absoliučių matavimo rodiklių sveikoje ir pažeistoje galvoje.

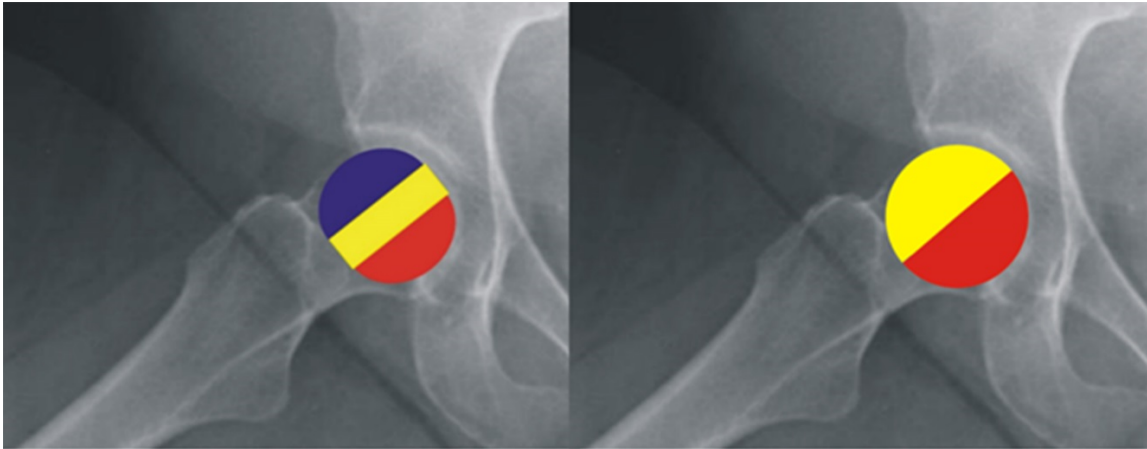
Duomenų grupavimas

Atliekant kontrasto kaupimo analizę šlaunikaulio galva buvo suskirstyta į dvi ir tris dalis – priekinę/vidurinę/užpakalinę ir priekinę/užpakalinę.

Skirstant šlaunikaulio galvą į tris dalis buvo apskaičiuotas vidutinis kontrastinės medžiagos kaupimo intensyvumo pasiskirstymas trijose šlaunikaulio galvos srityse: priekinė dalis (pr.) – pirmų 7 pjūvių verčių vidurkis, vidurinė dalis (vid.) – 8–14 pjūvių verčių vidurkis, 3) užpakalinėje dalyje (gal.) – 15–21 pjūvių verčių vidurkis.

Skirstant šlaunikaulio galvą į priekinę ir užpakalinę dalis, gautas vidutinis kontrastinės medžiagos kaupimo intensyvumas apskaičiuotas tokiu būdu: 1) priekinė dalis (pr.) – pirmų 10 pjūvių verčių vidurkis + 11 pjūvio reikšmė, padalyta iš 2; 2) užpakalinė dalis – 11 pjūvio reikšmė, padalinta iš 2, + 12–21 pjūvio verčių vidurkis (13 pav.).

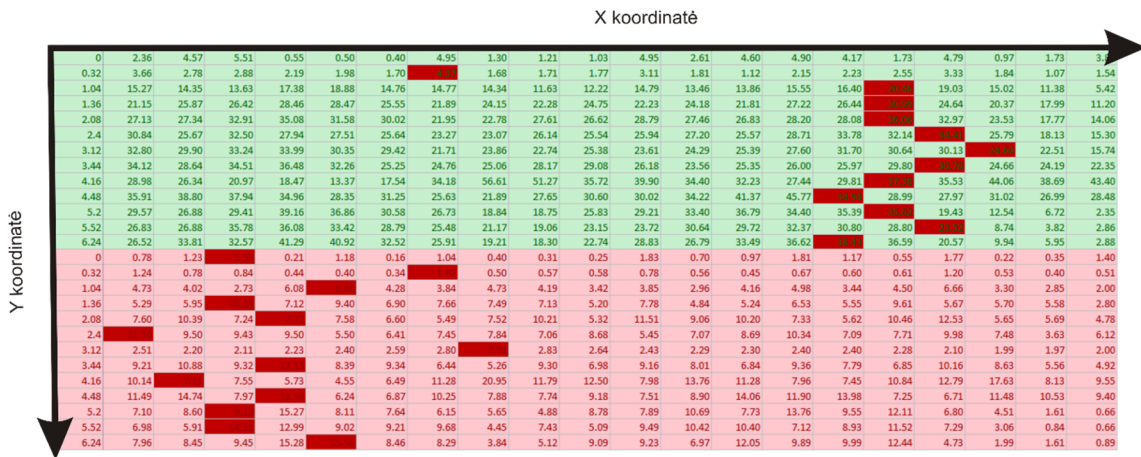
13 pav. Duomenų grupavimo schema



Duomenų analizės schema ir statistiniai metodai

Kokybinė kontrastinės medžiagos kaupimo analizė

1. Kokybinė kontrastinės medžiagos kaupimo analizė buvo atlikta įvertinant maksimalios kontrastinės medžiagos reikšmės koordinatės matricoje (pjūvio numeris) laiko atžvilgiu. X koordinatėje buvo pažymėtas pjūvio numeris (1-21), Y koordinatėje – matavimo laikotarpiai (14 pav.).



14 pav. Maksimalių kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmių padėtis laiko atžvilgiu (žaliame fone – sveikos šlaunikaulio galvos duomenys, raudoname – pažeistos)

Statistinė kaupimo tipų analizė buvo atlikta naudojantis tarptaškinio atstumo pasiskirstymo MSTAT [134] testu.

2. Kokybinių kontrastinės medžiagos kaupimo tipų sveikoje šlaunikaulio galvoje analizė buvo atlikta įvertinant šios medžiagos kaupimo pasiskirstymo vidurkius skirtingose galvos srityse (priekinėje, vidurinėje, užpakalinėje). Buvo išskirtos septynios grupės pagal vyraujančią kontrastinės medžiagos kaupimo pobūdį tiriamojoje galvos srityje, maksimali reikšmė pažymėta 0 (svyravimai iki 10 % nuo absoliučiosios reikšmės buvo priskirti maksimaliai reikšmei). Analogiška analizė atlikta suskirsčius galvą į dvi sritis.
3. Kokybinė kontrastinės medžiagos kaupimo kitimo analizė buvo atlikta lyginant sveikos ir pažeistos šlaunikaulio galvos kontrastinės medžiagos kaupimo pobūdžius. Buvo išskirtos trys grupės, lyginant sveiką ir pažeistas galvas, pagal vyraujančią kontrastinės medžiagos kaupimą:

a) kraujotakos tipas nesikeičia;

b) kontrastinės medžiagos kaupimas iš vyraujančios priekinės dalies pereina į vyraujančią užpakalinę dalį;

c) kontrastinės medžiagos kaupimas iš vyraujančios užpakalinės dalies pereina į vyraujančią priekinę dalį.

4. Kokybinė analizė lyginant kaupimo skirtumus, suskirsčius tiriamąją grupę pagal T. Konishiike klasifikaciją

Skirtumai tarp grupių buvo vertinti naudojant χ^2 ir Fisher testus.

Kiekybinė kontrastinės medžiagos kaupimo analizė

Vertinant kiekybinius pakitimus, buvo apskaičiuotos santykinės kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmės lyginant pažeistą galvą su sveikąja. Santykiniai kontrastinės medžiagos kaupimo vidurkiai buvo vertinti skirtingais metodais:

P1 – santykinė kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmė, vertinant nuo didžiausios vertės visu tiriamuoju laikotarpiu atskirai pažeistoje ir sveikoje šlaunikaulio galvoje.

P2 – santykinė kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmė, vertinant nuo didžiausios vertės tiriant 3,12–4,48 min. laikotarpiu atskirai pažeistoje ir sveikoje šlaunikaulio galvoje.

Atlikta analizė, atsižvelgiant į lūžgalių poslinkį (remiantis AO klasifikacija), suskirstant tiriamuosius į tris grupes.

Atliekant kombinuotą kokybinę ir kiekybinę analizę atsižvelgiant į lūžgalių dislokaciją, šlaunikaulio galva suskirstyta į tris dalis. Kolmogorovo ir Smirnov testu patikrinta, ar duomenys pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį. Duomenys, nepasiskirstę pagal normalųjį skirstinį, lyginti nepriklausomų imčių Mann ir Whitney rangų sumų kriterijumi (pasikliauties lygmuo $\alpha = 0,05$). Buvo palygintos kiekvienos klasifikacijos grupių medianos, naudojant kiekvieną šlaunikaulio galvos

sritį (priekinę, vidurinę, užpakalinę) visais skirtingais laiko momentais (0,00, 0,32, 1,04, 1,36, 2,08, 2,40, 3,12, 3,44, 4,16, 4,48, 5,20, 5,52 ir 6,24 min.) kiekvienoje santykinio kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmės vertinimo grupėje (P1, P2).

Imties dydis

Šiuo metu nėra publikuotų literatūros šaltinių, kuriuose būtų vertintas tūrinis kontrastinės medžiagos kaupimas šlaunikaulio galvoje, todėl nebuvo galima atlikti imties dydžio analizės prieš studiją. Vadovaujantis Amerikos tyrimų ir duomenų randomizacijos standartų draugijos (*American Society for Testing and Materials standards for randomization*) rekomendacijomis, į tyrimą numatyta įtraukti mažiausiai 30 ligonių. Atliekant pirmus tris tyrimus dėl kontrastinės medžiagos pompos sinchronizacijos klaidų buvo prarastas 1 pacientas (33 %), tiriamosios grupės dydis buvo proporcingai padidintas ir į tyrimą įtraukti 42 ligoniai (42 sveikos ir 42 pažeistos pusės šlaunikaulio galvos).

Konishiike klasifikacija

Tiriamoji grupė buvo suskirstytas pagal kraujotakos tipą vadovaujantis 1999 m. Konishiike atliktų tyrimų duomenimis, jo pasiūlyta klasifikacijos metodika ir remiantis santykinio kontrastinės medžiagos kaupimo sumažėjimu, kuris lygintas su sveika šlaunikaulio galva [30]:

A tipo – 70–100 % sveikos galvos kraujotakos,

B tipo – 30–70 %,

C tipo – <30 %.

Revizinių operacijų analizė

Atokių tyrimų rezultatų analizė buvo atlikta naudojantis išgyvenamumo lentelių metodais. Kaip gydymo nesėkmė buvo laikyta revizinė operacija

(endoprotezavimas po osteosintezės) pagal Konishiike pasiūlytą klasifikaciją bei kraujotakos kitimo tipus šlaunikaulio galvoje. Stebėjimo pradžia buvo laikyta operacijos data, stebėjimo pabaiga – revizinės operacijos data arba paciento mirties data. Skirtumai tarp kreivių palyginti *log-rank* testu.

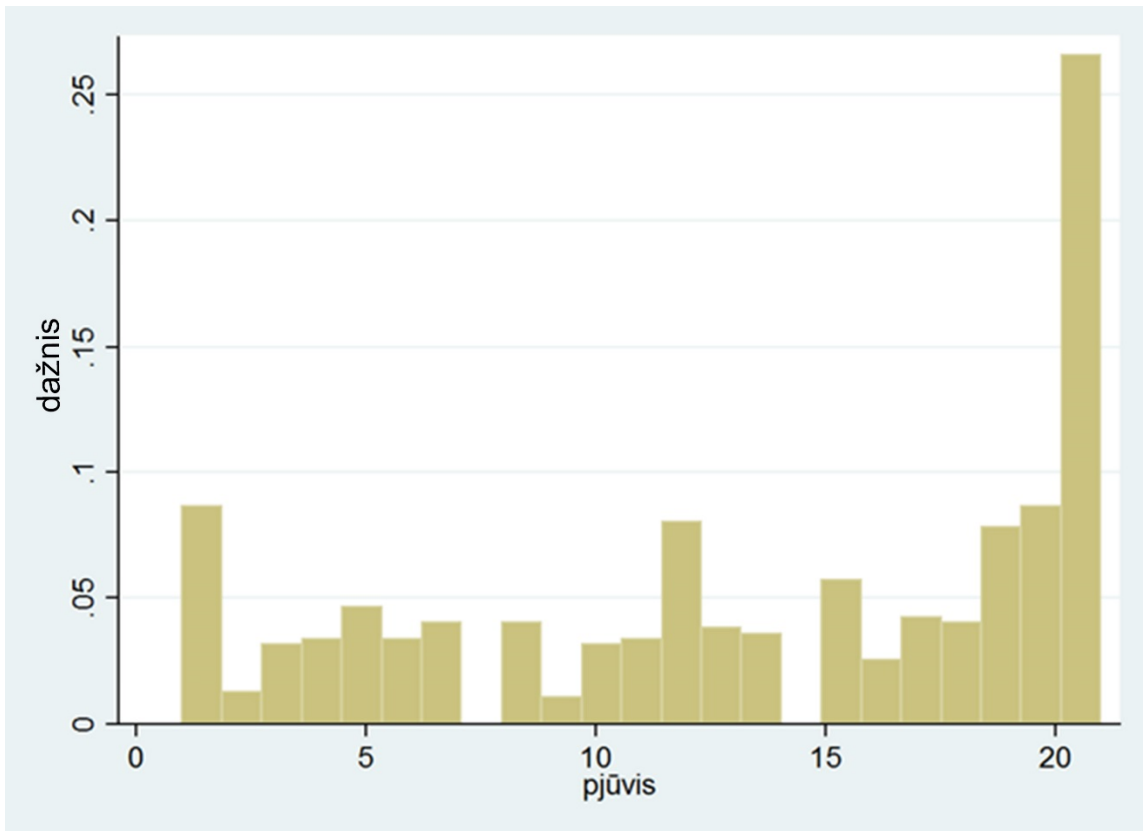
Statistinė ir matematinė analizė buvo atlikta naudojant STATA (ver.10) ir Matlab duomenų analizės paketus.

Studija grindžiama prielaida, kad iki traumos abiejose šlaunikaulių galvose kraujotaka buvo vienoda.

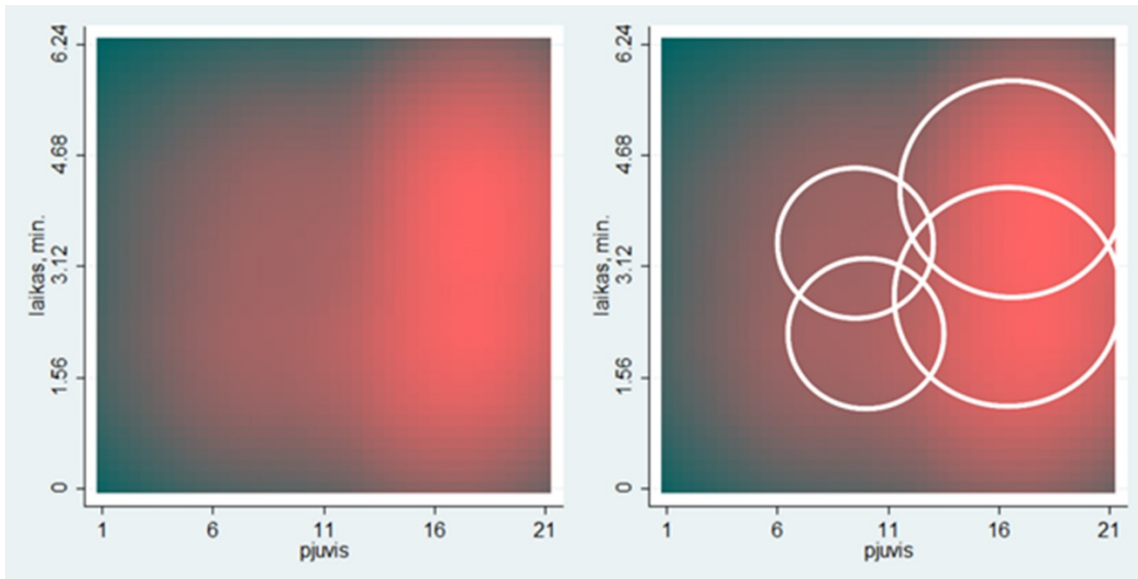
Rezultatai

Sveikos šlaunikaulio galvos kraujotakos įvertinimas

Vertinant sveiką šlaunikaulio galvą, buvo įvertintas maksimalių kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmių pasiskirstymas pjūvio atžvilgiu. Grafiniai analizės rezultatai pateikiami histogramoje (15 pav.). Maksimalių kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmių išsidėstymas pjūvio ir laiko atžvilgiu pateikiamas 16 pav.



15 pav. Maksimalių kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmių pasiskirstymas pjūvio atžvilgiu sveikose šlaunikaulio galvose



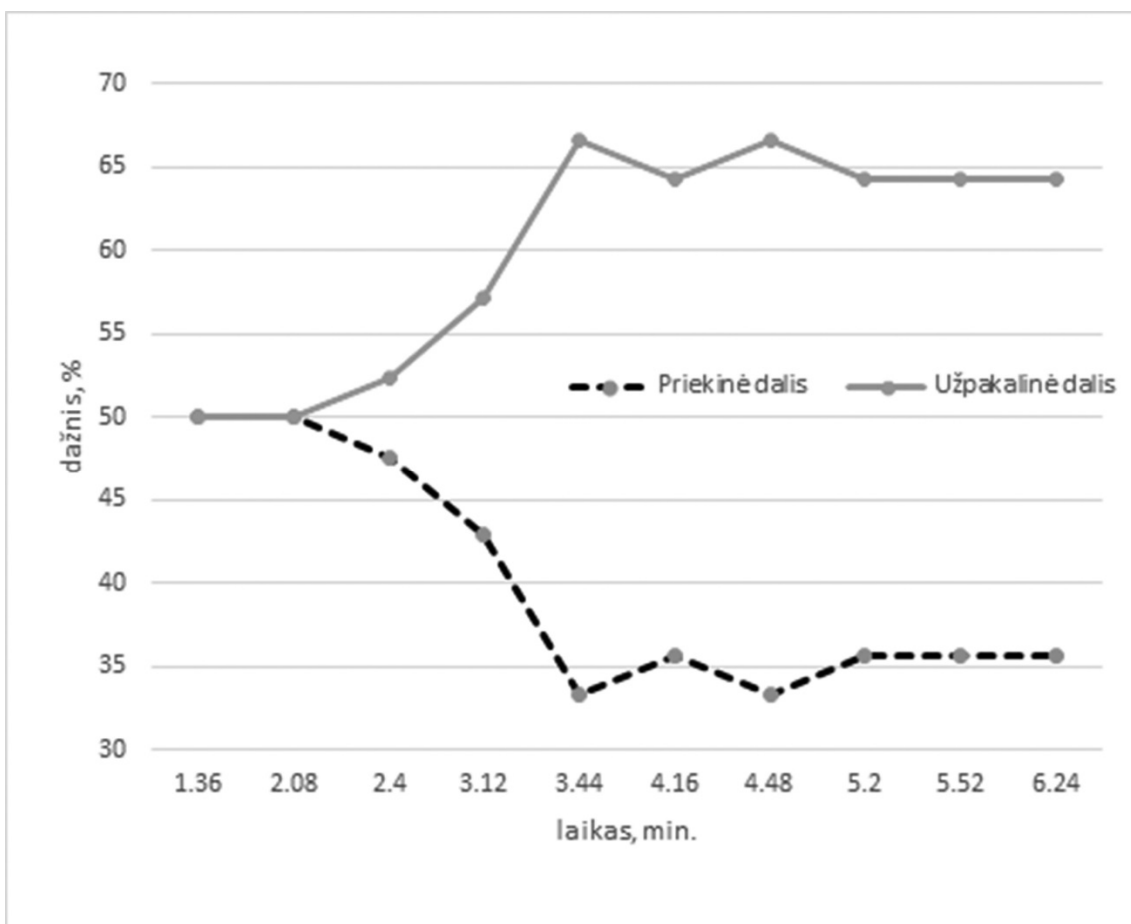
16 pav. Maksimalių kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmių pasiskirstymas laiko ir pjūvio atžvilgiu sveikoje šlaunikaulio galvoje

Iš pateikto grafiko matyti, kad maksimalios vertės labiau vyrauja užpakalinėje šlaunikaulio galvos dalyje. Ryškiausios kaupimo zonos laiko ir pjūvio atžvilgiu pažymėtos apskritimais. Taip pat matyti, kad maksimalios kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmės pasiekiamos centrinėje ir užpakalinėje dalyse.

Buvo atlikta analizė, kaip kontrastinės medžiagos kaupimas svyruoja laiko atžvilgiu, suskirsčius šlaunikaulio galvą į dvi dalis. Analizės rezultatai pateikiami 5 lentelėje ir 17 paveiksle.

5 lentelė. Kontrastinės medžiagos kaupimo pasiskirstymo dinamika priekinėje ir užpakalinėje sveikos šlaunikaulio galvos dalyse laiko atžvilgiu skirtingose galvos dalyse

| Laikas | Priekinė dalis | | Užpakalinė dalis | |
|--------|-----------------|-------|------------------|-------|
| | atvejų skaičius | % | atvejų skaičius | % |
| 1,36 | 21 | 50,00 | 21 | 50,00 |
| 2,08 | 21 | 50,00 | 21 | 50,00 |
| 2,40 | 20 | 47,62 | 22 | 52,38 |
| 3,12 | 18 | 42,86 | 24 | 57,14 |
| 3,44 | 14 | 33,33 | 28 | 66,67 |
| 4,16 | 15 | 35,71 | 27 | 64,29 |
| 4,48 | 14 | 33,33 | 28 | 66,67 |
| 5,20 | 15 | 35,71 | 27 | 64,29 |
| 5,52 | 15 | 35,71 | 27 | 64,29 |
| 6,24 | 15 | 35,71 | 27 | 64,29 |



17 pav. Kontrastinės medžiagos kaupimo dinamikos skirtumai sveikoje šlaunikaulio galvoje laiko atžvilgiu

Iš pateiktos lentelės ir grafiko matyti, kad kontrastinės medžiagos kaupimas priekinėje ir užpakalinėje galvos dalyse nustoja svyruoti po 3,44 min.

Lyginant kontrastinės medžiagos kaupimą skirtingais laikotarpiais priekinėje ir užpakalinėje galvos dalyse, buvo nustatyta, kad kontrastinės medžiagos kaupimo svyravimai baigiasi po 3,44 min. (6 lentelė).

6 lentelė. Kontrastinės medžiagos kaupimo dinamikos pasiskirstymo skirtumų palyginimai sveikoje šlaunikaulio galvoje laiko atžvilgiu

| Laiko grupės | <i>p</i> reikšmė |
|------------------------|-------------------------|
| 1,36 su 2,08 | 0,99 |
| 2,08 su 2,40 | 0,33 |
| 2,40 su 3,12 | 0,12 |
| 3,12 su 3,44 | 0,04 |
| 3,44 su 4,16 | 0,56 |
| 4,48 su 5,20 | 0,87 |
| 5,20 su 5,52 | 0,99 |
| 5,52 su 6,24 | 0,99 |
| 1,36–2,40 su 3,12–6,24 | 0,001 |

Buvo įvertinti kontrastinės medžiagos kaupimo skirtumai, suskirstant šlaunikaulio galvą į tris dalis (7 lentelė).

7 lentelė. Kontrastinės medžiagos kaupimo pobūdis frontalinėje plokštumoje

| Laikas, min. | Kitimo kreivės tipas, atvejų skaičius, %* | | | | | | |
|--------------|---|-------|-------|-------|--------------|-------|--------------|
| | 111 | 001 | 010 | 011 | 100 | 101 | 110 |
| 0,00 | 7,14 | 26,19 | 4,76 | 9,52 | 21,43 | 11,90 | 19,05 |
| 0,32 | 19,05 | 14,29 | 2,38 | 21,43 | 16,67 | 11,90 | 14,29 |
| 1,04 | 14,29 | 19,05 | 9,52 | 11,90 | 14,29 | 16,67 | 14,29 |
| 1,36 | 11,90 | 11,90 | 11,90 | 16,67 | 19,05 | 21,43 | 7,14 |
| 2,08 | 19,05 | 14,29 | 4,76 | 19,05 | 19,05 | 16,67 | 7,14 |
| 2,40 | 21,43 | 9,52 | 4,76 | 11,90 | 26,19 | 9,52 | 16,67 |
| 3,12 | 16,67 | 21,43 | 2,38 | 9,52 | 28,57 | 2,38 | 19,05 |
| 3,44 | 14,29 | 11,90 | 4,76 | 11,90 | 26,19 | 9,52 | 21,43 |
| 4,16 | 4,76 | 14,29 | 9,52 | 11,90 | 30,95 | 11,90 | 16,67 |
| 4,48 | 7,14 | 9,52 | 9,52 | 14,29 | 19,05 | 7,14 | 33,33 |
| 5,20 | 7,14 | 14,29 | 2,38 | 11,90 | 28,57 | 14,29 | 21,43 |
| 5,52 | 11,90 | 14,29 | 0,00 | 11,90 | 23,81 | 14,29 | 23,81 |

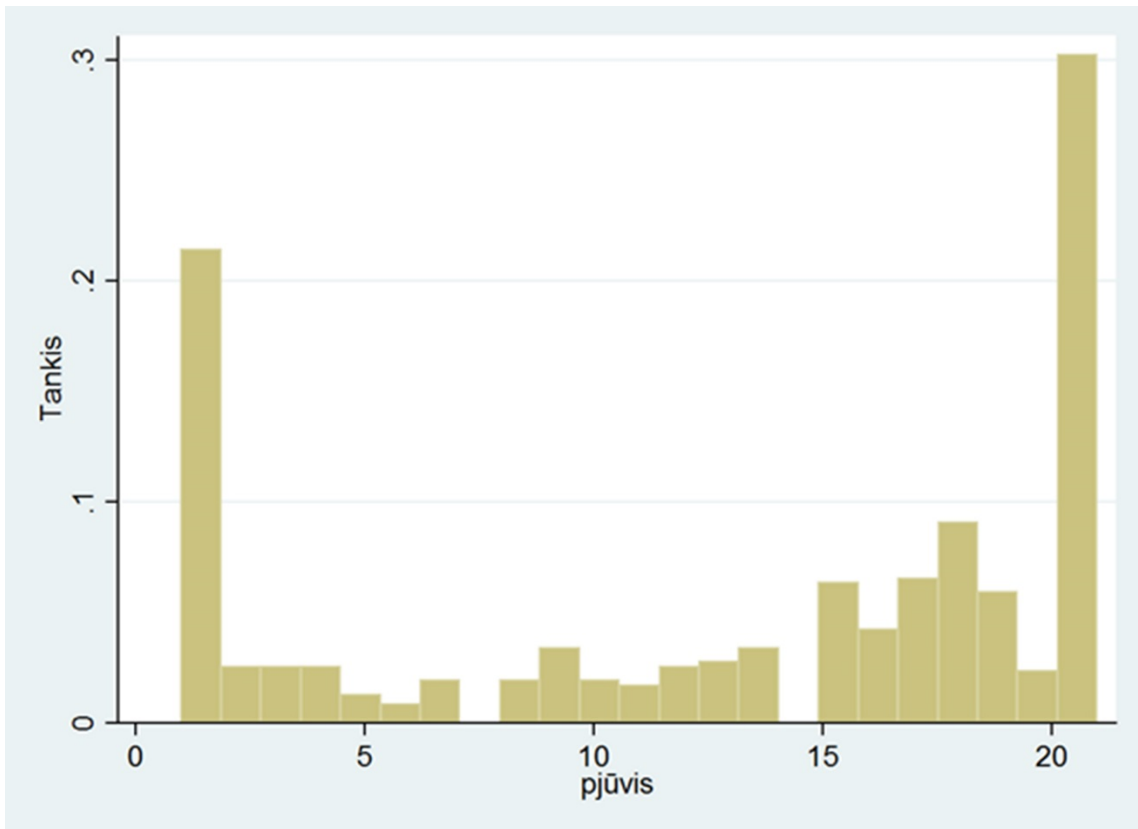
*0 – maksimali reikšmė, 1 – kaupimas tiriamoje zonoje sumažėjęs (pirmas skaitmuo – priekinė dalis, antras – vidurinė dalis, trečias – užpakalinė dalis)

Šioje lentelėje matomos tendencijos, kad tiriamųjų sveikų šlaunikaulio galvų (išskirta 7 lentelėje) kontrastinės medžiagos kaupimas vyrauja užpakalinėje (24–33 %) arba centrinėje/užpakalinėje (42–52 %) dalyje. Grupių skirtumai pradeda ryškėti tarp 2,4–5,2 min., nors dėl mažo pacientų skaičiaus ir susidarančių variantų tarp grupių (7 grupės) pasiskirstymo patikimumo, vertinant visas grupes, nestebėta ($p = 0,61$).

Atsižvelgiant į analizės duomenis nustatyta, kad maksimali reikšmė pasiekama užpakalinėje galvos dalyje. Priekinėje šlaunikaulio galvos dalyje pasiekama 21,3 % maksimalių reikšmių, vidurinėje – 23,9 %, užpakalinėje dalyje – 54,8 % reikšmių. Buvo įvertinta maksimalios reikšmės padėtis laiko atžvilgiu – 33 iš 42 (78,6 %) pacientų maksimali reikšmė buvo pasiekta po 4,48 min.

Pažeistos šlaunikaulio galvos kraujotakos įvertinimas

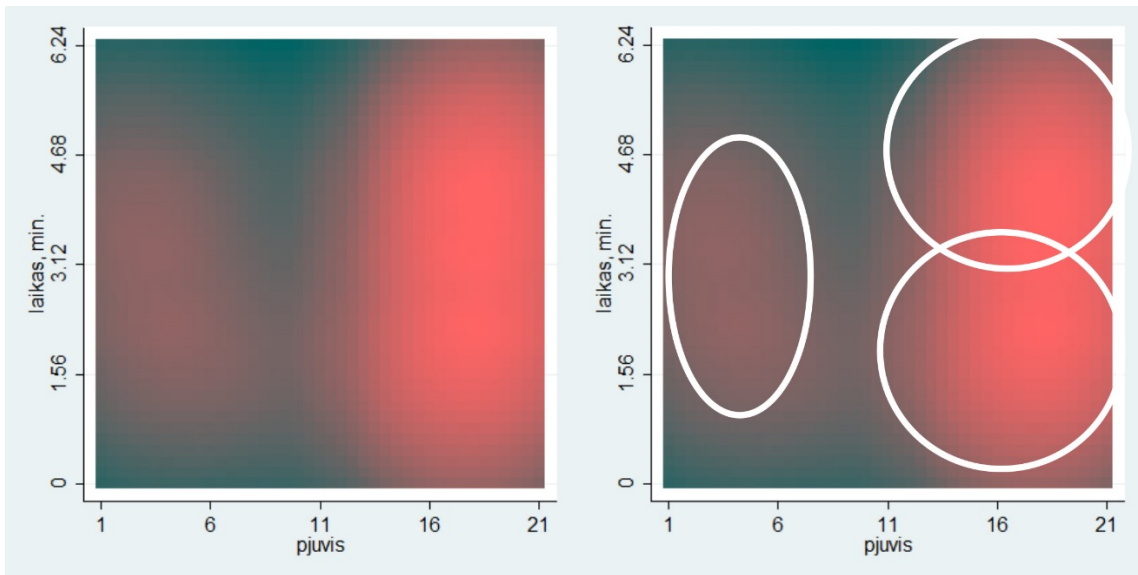
Vertinant pažeistą šlaunikaulio galvą, buvo įvertintas maksimalių kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmių pasiskirstymas pjūvio atžvilgiu. Grafiniai analizės rezultatai pateikiami histogramoje (18 pav.).



18 pav. Maksimalių kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmių pasiskirstymas pjūvio atžvilgiu pažeistose šlaunikaulio galvose

Pateiktoje histogramoje matyti, kad kontrastinės medžiagos kaupimas tiriamosiose šlaunikaulio galvose išryškėja priekinėje galvos dalyje, lyginant su sveika šlaunikaulio galva.

Pažeistos šlaunikaulio galvos tūrinė analizė buvo atlikta įvertinus maksimalių reikšmių padėtį laiko ir pjūvio atžvilgiu (19 pav.).



19 pav. Maksimalių kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmių pasiskirstymas laiko ir pjūvio atžvilgiu pažeistose šlaunikaulio galvose

Iš pateikto grafiko matyti, kad pažeistoje šlaunikaulio galvoje maksimalių reikšmių pasiskirstymas skiriasi nuo sveikos galvos (16 pav.), sumažėjant kontrastinių medžiagų kaupimo apimčiai centrinėje galvos dalyje ir padidėjant priekinėje galvos dalyje. Kaupimo skirtumai, lyginant pažeistą ir sveiką šlaunikaulio galvas, buvo įvertinti MSTAT testu ($p = 0,021$).

Tais pačiais vertinimo metodais buvo įvertinta, kaip pasiskirsto maksimalios kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmės pažeistoje šlaunikaulio galvoje atsižvelgiant į kraujotakos tipą pagal Konishiike [30] klasifikaciją. MSTAT testas

skirtas tik dviem grupėms įvertinti, todėl buvo atlikti trys testai vertinant skirtumus tarp grupių. Rezultatai pateikti 8 lentelėje.

Skirtingais laikotarpiais buvo įvertinti santykiniai kontrastinės medžiagos kaupimo vidurkiai priekinėje ir užpakalinėje galvos dalyse ir palyginti kaupimo tipų pokyčiai lyginant su sveika šlaunikaulio galva. Santykiniai kontrastinės medžiagos kaupimo vidurkių rezultatai pateikiami 8 lentelėje.

8 lentelė. Santykiniai kontrastinės medžiagos kaupimo pokyčiai pažeistoje šlaunikaulio galvoje

| Laikas, min. | Priekinė → Užpakalinė | | Užpakalinė → Priekinė | | Nesikeičia | |
|-----------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------|--------------|
| | atvejų skaičius | % | atvejų skaičius | % | atvejų skaičius | % |
| 0 | 12 | 28,57 | 8 | 19,05 | 22 | 52,38 |
| 0,32 | 16 | 38,10 | 6 | 14,29 | 20 | 47,62 |
| 1,04 | 17 | 40,48 | 4 | 9,52 | 21 | 50,00 |
| 1,36 | 14 | 33,33 | 3 | 7,14 | 25 | 59,52 |
| 2,08 | 15 | 35,71 | 6 | 14,29 | 21 | 50,00 |
| 2,4 | 12 | 28,57 | 8 | 19,05 | 22 | 52,38 |
| 3,12 | 9 | 21,43 | 11 | 26,19 | 22 | 52,38 |
| 3,44 | 11 | 26,19 | 9 | 21,43 | 22 | 52,38 |
| 4,16 | 11 | 26,19 | 11 | 26,19 | 20 | 47,62 |
| 4,48 | 8 | 19,05 | 5 | 11,90 | 29 | 69,05 |
| 5,2 | 11 | 26,19 | 10 | 23,81 | 21 | 50,00 |
| 5,52 | 12 | 28,57 | 9 | 21,43 | 21 | 50,00 |
| 6,24 | 11 | 26,19 | 9 | 21,43 | 23 | 54,76 |

Iš pateiktos lentelės duomenų matome, kad lyginant priekinę ir užpakalinę galvos dalis skirtingais laikotarpiais ir ypač nagrinėjant laikotarpį tarp 3,12–5,52 minutės, pokyčiai vertinant laiko grupes yra statistiškai nepatikimi ($p = 0,44$). Atskirais laikotarpiais 31–53 % atvejų buvo matomas tūrinis kontrastinės medžiagos kaupimo mažėjimas, kai abiejose galvos pusėse koncentracija krito netolygiai skirtingose galvos dalyse, likusiais atvejais kontrastinės medžiagos kaupimo tipas nesikeitė.

Buvo atlikta kokybinė kontrastinės medžiagos kaupimo analizė remiantis kontrastinės medžiagos kaupimo tipais, nurodytais 5 lentelėje. Buvo įvertinta santykinė kontrastinės medžiagos kaupimo koncentracija lyginant su sveika galva. Vertinant kitimo tipus (priekinė dalis→užpakalinė dalis, užpakalinė dalis←priekinė dalis, nesikeičia) ir santykinės kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmės laiko atžvilgiu patikimų skirtumų negauta ($p = 0,39$).

Pažeistų šlaunikaulio galvų kraujotakos tipų pasiskirstymas, atsižvelgiant į lūžio dislokaciją, buvo vertinamas pagal Konishiike [30] pasiūlytą tyrimo metodiką.

Priklausomai nuo lūžio tipo visi lūžiai buvo suskirstyti į nedislokuotus (Garden I, II ir AO 31-B1) ir dislokuotus (Garden III, IV, AO 31-B2, 31-B3). Kraujotakos sutrikimų pagal lūžio morfologiją rezultatai pateikti 9 lentelėje.

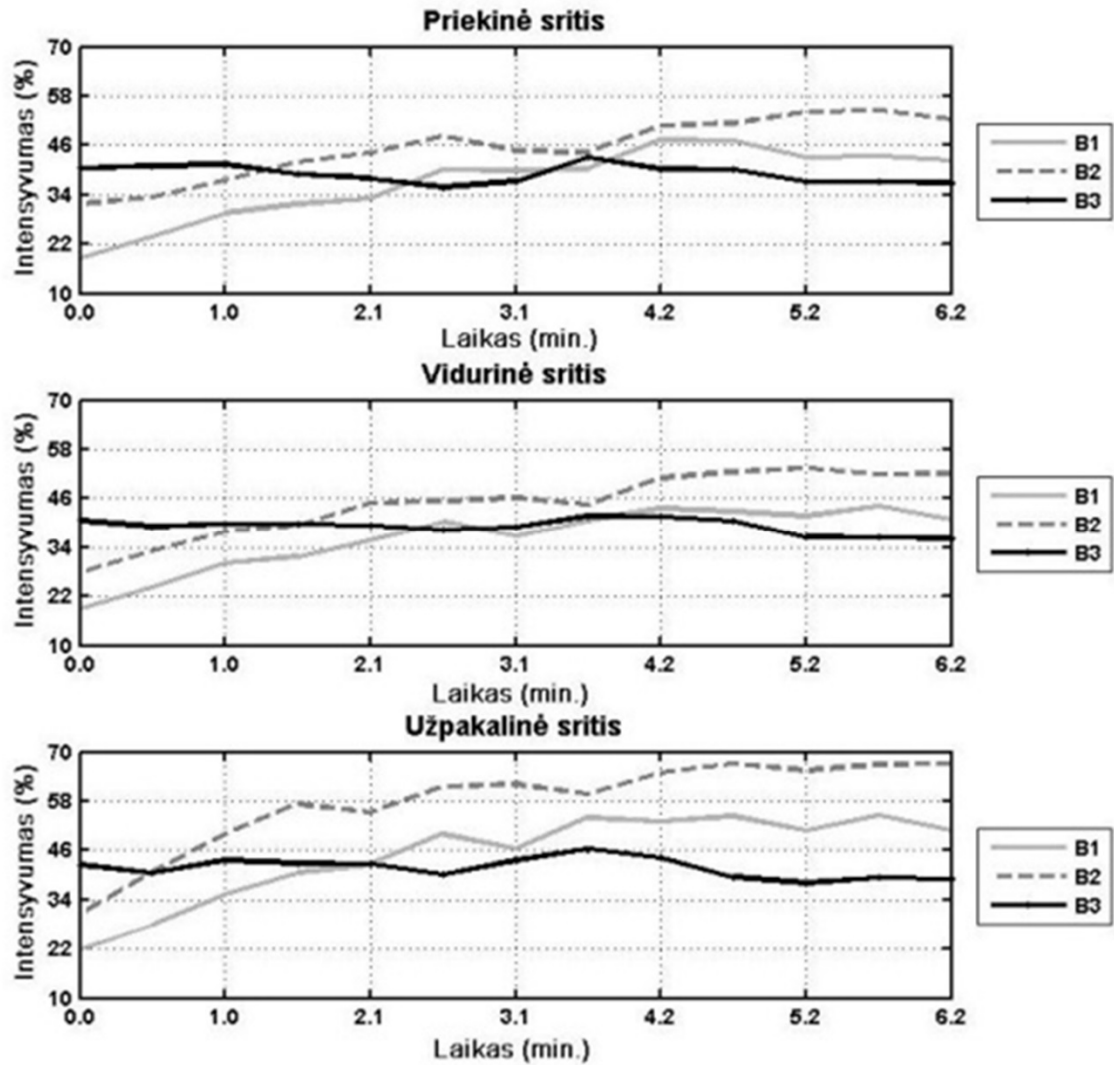
9 lentelė. Santykinio pažeistos šlaunikaulio galvos kraujotakos grupių (Konishiike klasifikacija) pasiskirstymas priklausomai nuo lūžgalių dislokacijos

| Dislokacija | Konishiike klasifikacija | | |
|--------------|--------------------------|-------------|-------------------|
| | A | B | C |
| Nedislokuoti | 1 (10,0 %) | 6 (60,0 %) | 3 (30,0 %) |
| Dislokuoti | 3 (9,4 %) | 19 (59,4 %) | 10 (31,3 %) |

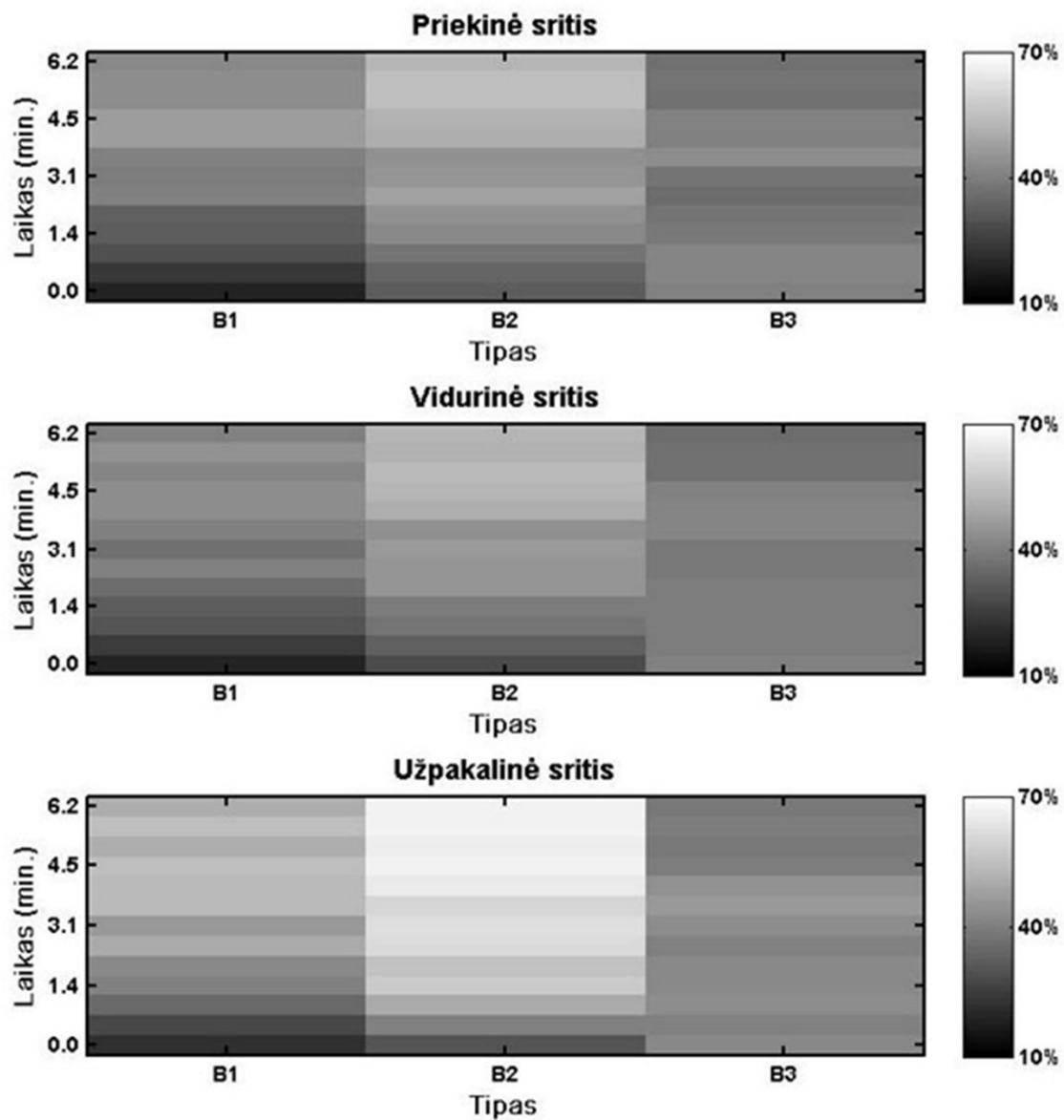
Iš pateiktos lentelės duomenų matyti, kad kraujotaka pažeistoje šlaunikaulio galvoje nepriklauso nuo lūžio dislokacijos ($p = 0,99$). Duomenys rodo, kad lūžgalių dislokacija neatspindi kraujotakos tipo. Esant nedisluokuotiems lūžiams, kai tikimasi A tipo kraujotakos (>70 %), 30 % atvejų buvo fiksuota C tipo kraujotaka. A tipo kraujotaka buvo tik 9,4 % dislokuotų lūžių atvejais.

Kiekybinė gautų tyrimo rezultatų analizė suskirstant šlaunikaulio galvą į tris zonas

Kontrastinės medžiagos kaupimo skirtumai palyginti tarp AO lūžių klasifikacijos grupių, testuojant skirtingus normavimo variantus (P1 ir P2) ir skirtingais matavimo laikotarpiais. Statistiškai patikimi skirtumai pateikti 11 lentelėje ir 20, 21 pav.



20 pav. Tūrinis santykinis kontrastinės medžiagos kaupimo pasiskirstymas pažeistoje šlaunikaulio galvoje pagal AO klasifikaciją



21 pav. Tūrinis kontrastinės medžiagos kaupimo pasiskirstymas šlaunikaulio galvoje atsižvelgiant į lūžio tipą (pagal AO klasifikaciją) ir šlaunikaulio kaklo lūžio tipus (kaupimo intensyvumas)

10 lentelė. Kontrastinės medžiagos kaupimo skirtumai šlaunikaulio galvos dalyse pagal AO klasifikacijos tipus

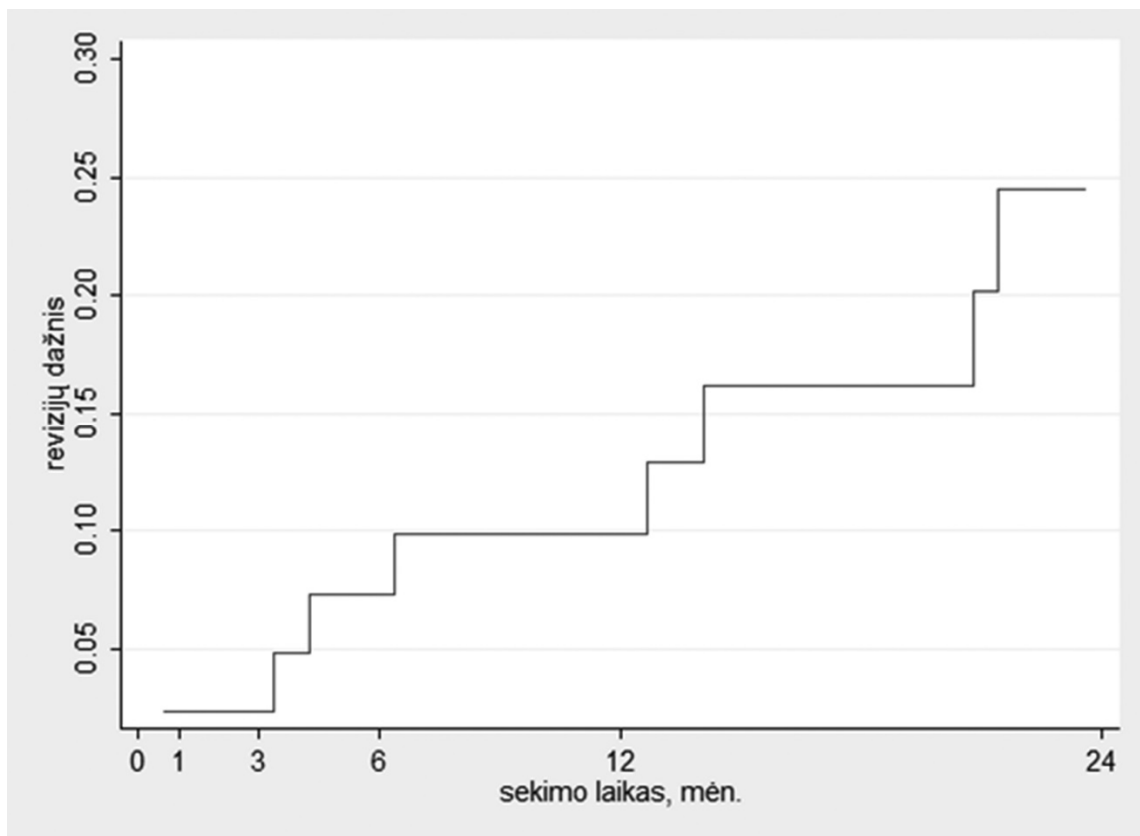
| Lyginamos grupės | Normavimo būdas | Laikas (min.) | Šlaunikaulio galvos sritis | Mann Whitney testo rezultatai (<i>p</i>) |
|------------------|-----------------|---------------|----------------------------|--|
| 31-B1 / 31-B2 | P1 | 6,24 | Užpakalinė | 0,05 |
| | P2 | 1,36 | | 0,02 |
| | P2 | 5,20 | | 0,04 |
| | P2 | 6,24 | | 0,04 |
| | P2 | 5,20 | Vidurinė | 0,04 |
| | P2 | 6,24 | | 0,05 |
| 31-B2 / 31-B3 | P1 | 1,36 | Užpakalinė | 0,04 |
| | P1 | 2,40 | | 0,03 |
| | P1 | 3,12 | | 0,02 |
| | P1 | 3,44 | | 0,03 |
| | P1 | 4,16 | | 0,004 |
| | P1 | 4,48 | | 0,05 |
| | P1 | 5,20 | | 0,04 |
| | P1 | 5,52 | | 0,02 |
| | P2 | 2,40 | | 0,05 |
| | P2 | 3,12 | | 0,04 |
| | P2 | 4,16 | | 0,01 |
| P2 | 5,52 | 0,03 | | |

Pateiktos analizės rezultatai rodo, kad lyginant 31-B2 tipo lūžius su 31-B1 ir 31-B3 tipo lūžiais, atitinkamais laikotarpiais matomas statistiškai patikimai intensyvesnis kontrastinės medžiagos kaupimas užpakalinėje galvos dalyje. Lyginant B1 su B2 tipo lūžius, matomas reikšmingai didesnis kontrastinės medžiagos kaupimas vidurinėje galvos dalyje, bet jis nereikšmingas lyginant B2 ir B3 tipo lūžius (16 pav. ir 10 lentelė).

Klinikinių atvejų revizinių operacijų analizės rezultatai

Eksperimentinės klinikinės studijos revizinių operacijų analizė buvo atlikta taikant išgyvenamumo lentelių (*life table*) metodus. Kaip gydymo nesėkmė buvo laikyta revizinė operacija (endoprotezavimas po osteosintezės) pagal Konishiike pasiūlytą klasifikaciją ir kraujotakos kitimo tipus šlaunikaulio galvoje. Stebėjimo pradžia buvo laikyta operacijos data, stebėjimo pabaiga – revizinės operacijos data arba paciento mirties data. Skirtumai tarp kreivių palyginti *log-rank* testu.

Bendras revizijų dažnis ir rezultatai pateikiami 22 pav. ir 11 lentelėje.



22 pav. Bendras revizijų dažnis tiriamojoje grupėje

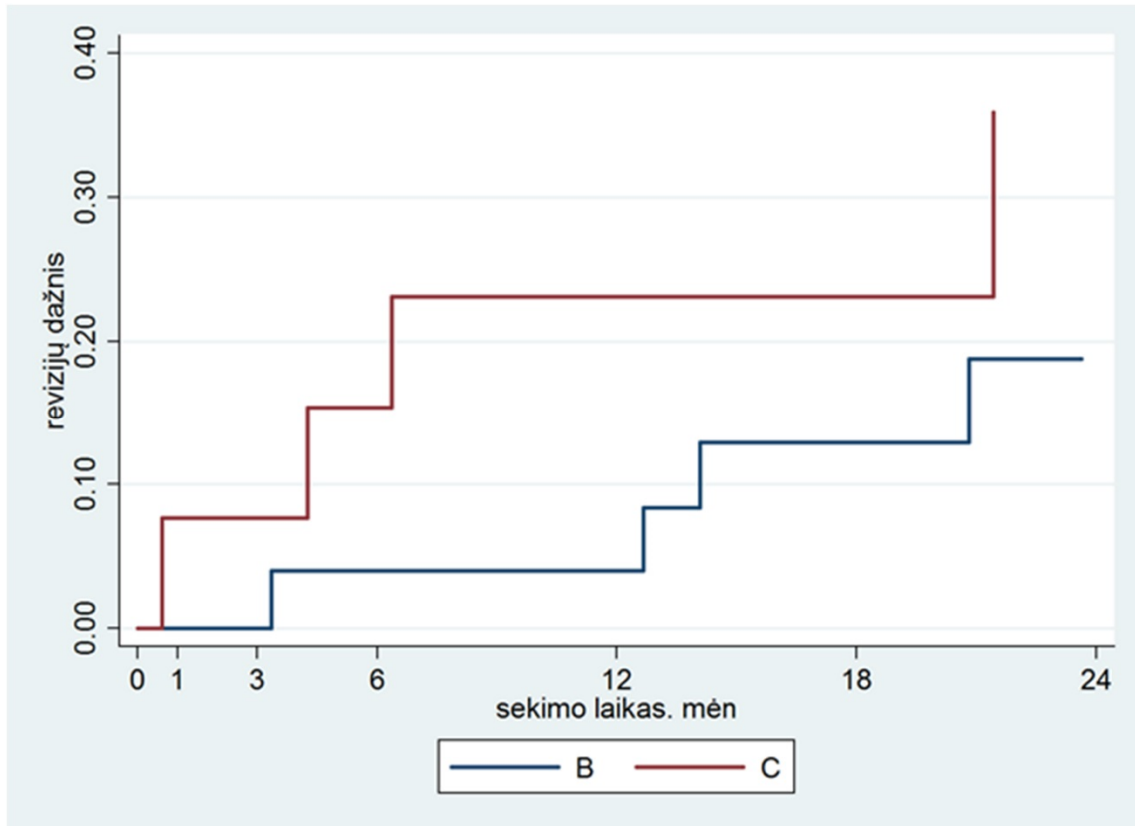
11 lentelė. Bendras revizijų dažnis tiriamojoje grupėje

| Sekimo laikas, mėn. | Revizijų dažnis | 95 % PI |
|---------------------|-----------------|-----------|
| 1 | 2,38 | 0,3–15,7 |
| 3 | 4,76 | 1,2–17,7 |
| 6 | 7,14 | 2,3–20,5 |
| 12 | 9,52 | 3,7–23,4 |
| 24 | 22,01 | 11,5–39,7 |

Remiantis Konishiike pasiūlyta klasifikacija, buvo palygintas revizijų dažnis atskirose grupėse pagal santykinį kraujotakos sumažėjimą pažeistoje galvoje, lyginant su sveika galva. Rezultatai pateikti 12, 13 lentelėje ir 23 pav.

12 lentelė. Revizinių operacijų pasiskirstymas pagal santykinio kraujotakos sumažėjimo grupes pažeistoje šlaunikaulio galvoje (Konishiike klasifikacija)

| Revizinė operacija | Konishiike klasifikacijos grupės | | |
|--------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|
| | A | B | C |
| Atlikta | 0 (0,00 %) | 4 (16,0 %) | 4 (30,8 %) |
| Neatlikta | 4 | 21 | 9 |
| Iš viso | 4 (9,5 %) | 25 (59,5 %) | 13 (31,0 %) |



23 pav. Revizijų dažnis pagal santykinio kraujotakos sumažėjimo grupes pažeistoje šlaunikaulio galvoje (Konishiike klasifikacija)

13 lentelė. Revizijų dažnis (proc.) pagal santykinio kraujotakos sumažėjimo grupes pažeistoje šlaunikaulio galvoje (Konishiike klasifikacija)

| Sekimo laikas, mėn. | Konishiike klasifikacijos grupės | | |
|---------------------|----------------------------------|-----------------|------------------|
| | A | B | C |
| 1 | 0,0 | 0,0 | 7,7 (1,1–43,4) |
| 3 | 0,0 | 0,00 | 7,7 (1,1–43,4) |
| 6 | 0,0 | 4,0 (0,6–25,2) | 10,0 (4,1–48,8) |
| 12 | 0,0 | 4,0 (0,6–25,2) | 23,1 (8,1–55,8) |
| 18 | 0,0 | 13,1 (4,4–35,4) | 23,1 (8,1–55,8) |
| 24 | 0,0 | 18,7 (7,3–35,4) | 35,6 (14,5–71,8) |

Iš pateiktos analizės matyti, kad, mažėjant kontrastinės medžiagos kaupimo apimčiai pagal santykinio kraujotakos sumažėjimo laipsnį pažeistoje šlaunikaulio galvoje, revizijų skaičius didėja, nors patikimo skirtumo tarp kreivių nėra ($p = 0,24$).

Papildomai įvertinta revizijų dažnio priklausomybė nuo santykinio kraujotakos sumažėjimo pažeistoje šlaunikaulio galvoje vertinant ne Konishiike pasiūlytu grupavimo metodu, o surandant minimalų rodiklį, kuriam esant nebuvo atlikta revizinių operacijų. Nustatytas minimalus santykinės liekamosios kraujotakos rodiklis $\Rightarrow 55\%$. Tuo remiantis pacientai buvo suskirstyti į dvi grupes: I gr. ($\Rightarrow 55\%$) – 13 pacientų / 0 revizinių operacijų; II gr. – 29 pacientai, kuriems atliktos aštuonios revizinės operacijos. Vertinant revizijų dažnį tarp I ir II grupės, buvo gautas patikimas skirtumas (*log-rank* testas, $p = 0,038$).

Vertinant revizijų dažnį pagal kontrastinės medžiagos kaupimo tipo pasikeitimą (priekinė/užpakalinė \Leftrightarrow užpakalinė/priekinė) pažeistoje šlaunikaulio galvoje, patikimų skirtumų negauta ($p = 0,74$).

Iškeliant hipotezę, kad pažeistos šlaunikaulio galvos išlikimas priklauso nuo liekamosios kraujotakos, buvo apskaičiuotas testo jautrumas pagal Konishiike siūlomą klasifikaciją (13 lentelės duomenys). Palygintos A ir B klasifikacijos kategorijos (teigiamas rezultatas) su C tipo (blogas rezultatas). Apskaičiuotas testo jautrumas siekė 73,5 %, specifiškumas – 50,0 %, teigiamoji prognozė – 86,2%, neigiamoji prognozė – 30,8 %.

Lyginant šiuos rodiklius pagal minimalų kontrastinės medžiagos kaupimo rodiklį (I grupė <55 %, II grupė >55 %) gautas testo jautrumas – 38,2 %, specifiškumas – 100,0 %, teigiamoji prognozė – 100 %, neigiamoji prognozė – 30,8 %.

Rezultatų aptarimas

Aseptinė nekrozė ir lūžio nesugijimas vyksta nuo 20 % iki 40 % po šlaunikaulio kaklo osteosintezės operacijų [5, 7, 12-15, 20]. Lyginant su šioje studijoje atliktais parengiamaisiais skaičiavimais, revizijų dažnis siekė 20,5 % po dvejų stebėjimo metų. Tai rodo, kad morfologinės lūžių klasifikacijos prognozinė vertė yra nepakankama renkantis tinkamą gydymo metodą.

Literatūroje šiuo metu publikuotos tik dvi studijos, kuriose nagrinėjamos dinaminio MRT tyrimu įvertintos liekamosios kraujotakos reikšmė prognozuojant šlaunikaulio kaklo lūžio išėitis [27, 28]. Šis neinvazinis tyrimo metodas yra paprastas ir greitas (atlikimo laikas – 10 min.).

Šiame darbe pirmą kartą išmatuotas kontrastinės medžiagos kaupimosi pobūdis skirtinguose frontalinės plokštumos pjūviuose (12 ir 13 pav.) lyginant sveiką ir pažeistą šlaunikaulio galvas. Buvo nustatyta, kad sveikoje galvoje kontrastinės medžiagos kaupimas vyrauja centrinėje/užpakalinėje ir užpakalinėje galvos dalyje, o pažeistoje pusėje kaupimo pobūdis skiriasi. Kontrastinė medžiaga kaupiama priekinėje ir užpakalinėje galvos dalyse, o centrinėje dalyje kraujotakos nestebima. Maksimalių kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmių tarptaškinio tankio atstumų pasiskirstymo skirtumai, įvertinti MSTAT testu, buvo patikimi ($p = 0,021$). Netolygų kontrastinės medžiagos kaupimosi pobūdį sveikoje galvoje būtų galima susieti su Littrup atliktos studijos rezultatais [135]. Joje nurodoma, kad šlaunikaulio galvos struktūra kinta priklausomai nuo paciento amžiaus. Riebaliniai degeneracinės kilmės pokyčiai ryškėja posteromedialine-anterolateraline kryptimi, kurie sutampa su šlaunikaulio galvos trabekulių kryptimi.

Laikas, po kurio turėtų būti įvertinamas tyrimas, skirtingose studijose skiriasi. Konishiike [30] atliktoje studijoje pakitimai vertinti po 200 s, Hirata [28] vertina po 90 s, o Kaushik [27] savo tyrime vertinimo laiko nenurodo. Šioje studijoje 33 iš 42 (78,6 %) pacientų maksimali kontrastinės medžiagos kaupimo vertė buvo pasiekta

po 269 s, o vertinant svyravimo pobūdžius frontalinėje plokštumoje skirtumai tarp kaupimo rezultatų tapo nereikšmingi po 206 s.

Vertinant pasiskirstymą pagal Konishiike pasiūlytą klasifikaciją, šios studijos duomenų struktūra skiriasi nuo publikuotų literatūroje (14 lentelė).

14 lentelė. Literatūros duomenų palyginimas (atvejų skaičius, %)

| Sekimo laikas, mėn. | Konishiike klasifikacijos grupės | | |
|---------------------|----------------------------------|-------------|------|
| | A | B | C |
| Hirata | 30,6 | 16,7 | 52,7 |
| Kaushik | 41,9 | 25,8 | 32,3 |
| Studija | 9,5 | 59,5 | 31,0 |

Iš pateiktos lentelės matyti, kad šiame darbe 59,5 % atvejų stebima B tipo kraujotaka. Vertinant supaprastintos morfologinės (dislokuotas/nedislokuotas lūžis) ir Konishiike pasiūlytos klasifikacijos skirtumus, buvo nustatyta, kad 30 % nedislokuotų lūžių atveju stebima C tipo kraujotaka, o dislokuotų lūžių atveju – 10 % A tipo kraujotaka. Patikimo pasiskirstymų skirtumo (dislokuoti lūžiai → C tipo kraujotaka, nedislokuoti lūžiai – A tipo kraujotaka), vertinant morfologinę ir kraujotakos (Konishiike) klasifikacijas, nėra. Kaushik savo studijoje pateikia panašius duomenis – esant nedislokuotam lūžiui 6 % atvejų stebima C tipo kraujotaka, esant dislokuotiems lūžiams – 14 % atvejų stebėta A tipo kraujotaka [27].

Šiame darbe apskaičiuotas tyrimo jautrumas, specifiškumas, teigiamosios ir neigiamosios prognozinės vertės bei palyginimai su kitomis studijomis pateikti 15 lentelėje.

15 lentelė. Tyrimo jautrumo, specifiškumo, teigiamosios ir neigiamosios prognozinės vertės apskaičiavimas

| Rodiklis | Hirata [28] | Kaushik [27] | Studija |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| Jautrumas, proc. | 80,9 | 86,7 | 73,5 |
| Specifiškumas, proc. | 100,0 | 87,5 | 50,0 |
| Teigiamoji prognozinė vertė, proc. | 100,0 | 95,2 | 86,2 |
| Neigiamoji prognozinė vertė, proc. | 78,9 | 70,0 | 30,8 |

Pažymėtina, kad publikuotose studijose buvo naudoti skirtingi vertinimo kriterijai – bloga išėjimo laikytas nesugijęs lūžis ir aseptinė šlaunikaulio galvos nekrozė (dėl to yra didesnis testo specifiškumas), o šiame darbe atlikta revizinė operacija. Be to, yra skirtinga vertinamų duomenų struktūra – abiejose šiose studijose B tipo kraujotaka buvo stebėta 16 % ir 25 % atvejų, o šioje studijoje – 59,5 %. Toks struktūrinis skirtumas ir skirtingi vertinimo kriterijai neleidžia vienareikšmiškai palyginti gautų rezultatų. Mūsų studijos duomenys rodo, kad, esant B tipo kraujotakai (liekamoji kraujotaka 30–70 %, palyginti su sveika šlaunikaulio galva), atsiranda dviprasmiškumo. Analogiškai pasiūlytai supaprastintai morfologinei klasifikacijai (dislokuoti / nedislokuoti lūžiai), kuria remiantis šiuo metu pasirenkama gydymo taktika, klasifikavimo kriterijai, remiantis dinaminio MRT tyrimu, taip pat turėtų būti skirstomi į dvi grupes. Šiame darbe gauta ribinė santykinio kraujotakos sumažėjimo lūžusio šlaunikaulio kaklo galvoje reikšmė, kai stebėti geri rezultatai siekė 55 %.

Daugelis autorių pabrėžia, kad laikas po traumos yra rizikos faktorius, lemiantis blogas gydymo išėjimas. Šioje ir Hirata [28] atliktoje studijoje dinaminis MRT tyrimas buvo atliktas atitinkamai per 36 ir 48 val. nuo traumos, o Kaushik [27] atliktame tyrime 55 % pacientų buvo ištirti praėjus daugiau nei penkioms dienoms po traumos. Be to, tiriamasis kontingentas buvo jaunas – 79 % pacientų buvo jaunesni nei 60 metų.

Abiejose šiose studijose autoriai remiasi prielaida, kad A ir B tipo kraujotakos pažeidimo atveju pokyčiai yra grįžtamieji.

Hirata 2001 m. publikuotoje studijoje pateikė klinikinius rezultatus atsižvelgdamas į pateiktus vertinimo kriterijus. Blogi klinikiniai rezultatai buvo stebėti tik esant C tipo kraujotakai [30] (bendras kaupimo intensyvumas <10 %) tų pacientų, kurių 78,9 % atvejų buvo blogi gydymo rezultatai (nesugijęs lūžis, aseptinė nekrozė) po osteosintezės [28].

Kaushik savo studijoje, remdamasis pirmiau pasiūlyta klasifikacija, nurodo, kad blogi rezultatai (nesugijimas, aseptinė nekrozė) po A tipo [30] lūžių buvo 7,7 % atvejų, esant C tipo lūžiams –70 % [27].

Šiose studijose remtasi vien tik klinicine išeičių išraiška, nevertinti tūriniai kraujotakos pakitimai šlaunikaulio galvoje ir netirta, ar šie pakitimai yra potencialiai grįžtami, dinaminiu MRT tyrimu metu. Minėtose studijose trūksta statistiškai patikimų skirtumų greičiausiai dėl mažo imčių dydžio (36 ir 31 pacientas) [25, 28].

Kubo atlikta studija yra vienintelė, kurioje pozitronų emisijos tomografijos metodu įvertinti šlaunikaulio galvos kraujotakos tūriniai rodikliai ir kraujo srovės greitis [136], tačiau šiame tyrime tirti tik sveiki žmonės. Šio tyrimo rezultatai įdomūs tuo, kad buvo įvertinti amžiniai pakitimai.

Mažą publikuotų straipsnių skaičių matyt lemia tyrimo metodo brangumas, biomedicininės etikos reikalavimai ir taikomi gydymo standartai atskirose įstaigose (vyresnio amžiaus pacientams dėl šlaunikaulio kaklo lūžių su poslinkiu atliekamos klubo sąnario endoprotezavimo operacijos, neatidėliotino chirurginio gydymo protokolai, techninės galimybės atlikti MRT).

Tiriamąjį dirbo silpnosios pusės – pradinė hipotezė, kad kraujotaka ir degeneraciniai pokyčiai abiejose šlaunikaulio galvose iki lūžio buvo vienodi. Tyrimo neįmanoma atlikti neturint su MRT aparatu sinchronizuotos pompos ir negalima įvertinti rezultatų be specifinės programinės įrangos (*Mean curve* programa) bei radiologo.

Rekomendacijos tolimesniems klinikiniam tyrimams

Atliekant tolimesnius kliniskus tyrimus reikėtų įvertinti tūrinių kraujotakos pokyčių prognostinę reikšmę. Tyrimo prognostinę tyrimų vertę padidintų kartu atlikti invaziniai tyrimo metodai, tokie kaip intrakapsulinio slėgio matavimai, kurie leistų pagal kraujotakos pakitimo tipus šlaunikaulio galvoje diferencijuoti tarp avaskuliarizacijos, venostazės arba mišraus pažeidimo.

Šie nauji kokybiniai analizės modeliai taip pat galėtų būti pritaikomi tolimesniuose klinikuose tyrimuose susijusiuose su degeneracinių pokyčių (klubo sąnario artrozės) ar šlaunikaulio galvos aseptinės nekrozės tyrimuose.

Išvados

1. Sveiko šlaunikaulio galvoje maksimalių kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmių pasiskirstymas yra intensyviausias centrinėje ir užpakalinėje dalyse.
2. Lūžusio šlaunikaulio galvoje maksimalių kontrastinės medžiagos kaupimo reikšmių pasiskirstymas yra intensyviausias priekinėje ir užpakalinėje galvos dalyse.
3. Kokybiniai kontrastinės medžiagos kaupimo skirtumai lūžusio šlaunikaulio galvoje, lyginant su sveiko šlaunikaulio galva, patikimai skiriasi, jam vyraujant priekinėje ir užpakalinėje galvos dalyse.
4. Santykiniai kiekybiniai tūriniai kontrastinės medžiagos kaupimo skirtumai atsižvelgiant į lūžgalių dislokaciją, labiausiai išryškėja vidurinėje ir užpakalinėje galvos dalyse.
5. Kontrastinės medžiagos kaupimo sumažėjimas lūžusio šlaunikaulio kaklo galvoje skirtingais vertinimo laikotarpiais 30,9-52,4 % atvejų buvo tūrinio pobūdžio.
6. Pacientų grupėje, kurių stebėta santykinė liekamoji kraujotaka buvo didesnė nei 55%, nebuvo atlikta revizinių operacijų. Kai santykinis kontrastinės medžiagos kaupimas sudaro mažiau nei 55% - prognostiniu požiūriu indikuotina pirminio endoprotezavimo operacija.
7. Remiantis gautais tyrimo rezultatais manytina, kad lūžius, prognostiniu chirurginio gydymo požiūriu, tikslinga skirstyti remiantis nustatytu ribiniu (55%) santykinio kontrastinės medžiagos kaupimo rodikliu.

Praktinės rekomendacijos

Atliekant tolesnius klinikinius tyrimus reikėtų įvertinti tūrinių kraujotakos pokyčių prognostinę reikšmę. Ją padidintų kartu pritaikyti invaziniai tyrimo metodai, tokie kaip intrakapsulinio slėgio matavimai ar superselektyvi angiografija, kurie leistų pagal kraujotakos pakitimo tipus šlaunikaulio galvoje diferencijuoti tarp avaskuliarizacijos, venostazės arba mišraus pažeidimo.

Šie nauji kokybiniai analizės modeliai taip pat galėtų būti taikomi tolesniuose klinikiniuose tyrimuose susijusiuose su degeneracinių pokyčių (klubo sąnario artrozės) ar šlaunikaulio galvos aseptine nekroze.

Publikuoti straipsniai

Kurtinaitis J, Porvaneckas N, Kvederas G, Brazaitis A. Šlaunikaulio galvos kraujotakos vertinimo metodai. Literatūros apžvalga. Medicinos teorija ir praktika. 2011; 17 (3): 364-368.

Kurtinaitis J, Brazaitis A, Porvaneckas N, Gegžna V, Kvederas G. Šlaunikaulio galvos kraujotaka po šlaunikaulio kaklo lūžio. Tūriniai dinaminio magnetinio rezonanso tomografijos tyrimo matavimai. Medicinos teorija ir praktika. 2013; 19 (1): 39-43.

Kurtinaitis J, Porvaneckas N, Kvederas G, Butenas T, Uvarovas V. Revision rates after surgical treatment for femoral neck fractures: results of 2-year follow-up. Medicina (Kaunas) 2013; 49: 138-142.

Literatūros sąrašas

1. Cummings, S.R. and L.J. Melton, *Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures*. Lancet., 2002. **359**(9319): p. 1761-7.
2. Frihagen, F., L. Nordsletten, and J.E. Madsen, *Hemiarthroplasty or internal fixation for intracapsular displaced femoral neck fractures: randomised controlled trial*. BMJ, 2007. **335**(7632): p. 1251-1254.
3. Weil, Y.A., et al., *The outcome of surgically treated femur fractures associated with long-term bisphosphonate use*. J Trauma, 2011. **71**(1): p. 186-90.
4. Dubey, A., K.J. Koval, and J.D. Zuckerman, *Hip fracture epidemiology: a review*. Am J Orthop (Belle Mead NJ). 1999. **28**(9): p. 497-506.
5. Talboys, R., L. Pickup, and A. Chojnowski, *The management of intracapsular hip fractures in the 'young elderly' internal fixation or total hip replacement?* Acta Orthop Belg., 2012. **78**(1): p. 41-8.
6. Gjertsen, J.-E., et al., *CLINICAL OUTCOME OF UNDISPLACED FEMORAL NECK FRACTURES: A PROSPECTIVE COMPARISON OF 14,757 UNDISPLACED AND DISPLACED FRACTURES REPORTED TO THE NORWEGIAN HIP FRACTURE REGISTER*. Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume, 2012. **94-B**(SUPP XXXVII): p. 26.
7. Chammout, G.K., et al., *Total hip replacement versus open reduction and internal fixation of displaced femoral neck fractures: a randomized long-term follow-up study*. J Bone Joint Surg Am., 2012. **94**(21): p. 1921-8.
8. Seyfettinoglu, F., et al., *Fixation of femoral neck fractures with three screws: results and complications*. Acta Orthop Traumatol Turc, 2011. **45**(1): p. 6-13.
9. Nicolaidis, V., et al., *Arthroplasty versus internal fixation for femoral neck fractures in the elderly*. Strategies Trauma Limb Reconstr, 2011. **6**(1): p. 7-12.

10. Duckworth, A.D., et al., *Fixation of intracapsular fractures of the femoral neck in young patients: risk factors for failure*. J Bone Joint Surg Br., 2011. **93**(6): p. 811-6.
11. Antapur, P., N. Mahomed, and R. Gandhi, *Fractures in the elderly: when is hip replacement a necessity?* Clin Interv Aging., 2011. **6**:1-7.(doi): p. 10.2147/CIA.S10204. Epub 2010 Dec 20.
12. Sendtner, E., et al., *Fractured neck of femur--internal fixation versus arthroplasty*. Dtsch Arztebl Int., 2010. **107**(23): p. 401-7. doi: 10.3238/arztebl.2010.0401. Epub 2010 Jun 11.
13. Leonardsson, O., et al., *Long-term follow-up of replacement compared with internal fixation for displaced femoral neck fractures: results at ten years in a randomised study of 450 patients*. J Bone Joint Surg Br, 2010. **92**: p. 406 - 412.
14. Gjertsen, J.E., et al., *Internal screw fixation compared with bipolar hemiarthroplasty for treatment of displaced femoral neck fractures in elderly patients*. J Bone Joint Surg Am, 2010. **92**(3): p. 619-28.
15. Heetveld, M., et al., *Internal fixation versus arthroplasty for displaced femoral neck fractures: what is the evidence?* J Orthop Trauma, 2009. **23**: p. 395 - 402.
16. Dai, Z., Y. Li, and D. Jiang, *Meta-Analysis Comparing Arthroplasty with Internal Fixation for Displaced Femoral Neck Fracture in the Elderly*. J Surg Res, 2009.
17. Aleem, I., P. Karanicolas, and M. Bhandari, *Arthroplasty versus internal fixation of femoral neck fractures: a clinical decision analysis*. Ortop Traumatol Rehabil, 2009. **11**: p. 233 - 241.
18. Bhandari, M., et al., *Operative Management of Displaced Femoral Neck Fractures in Elderly Patients An International Survey*. The Journal of Bone & Joint Surgery, 2005. **87**(9): p. 2122-2130.

19. Bhandari, M., et al., *Internal fixation compared with arthroplasty for displaced fractures of the femoral neck. A meta-analysis.* J Bone Joint Surg Am, 2003. **85-A(9)**: p. 1673-81.
20. Kurtinaitis, J., et al., *Revision rates after surgical treatment for femoral neck fractures: results of 2-year follow-up.* Medicina (Kaunas), 2013. **49(3)**: p. 138-42.
21. Fortina, M., et al., *Management of displaced intracapsular femoral neck fracture in young adult: why complications are still so high? Case report of posttraumatic avascular necrosis in a 30-year-old man and a brief review.* J Trauma., 2009. **67(5)**: p. E163-6.
22. Ly, T.V. and M.F. Swiontkowski, *Treatment of Femoral Neck Fractures in Young Adults.* J Bone Joint Surg Am, 2008. **90(10)**: p. 2254-2266.
23. Haidukewych, G.J., et al., *Operative Treatment of Femoral Neck Fractures in Patients Between the Ages of Fifteen and Fifty Years.* J Bone Joint Surg Am, 2004. **86(8)**: p. 1711-1716.
24. Schneider, et al., *Dynamic gadolinium-enhanced MRI evaluation of porcine femoral head ischemia and reperfusion.* Skeletal Radiology, 2003. **32(2)**: p. 59-65.
25. Kaushik, A., B. Sankaran, and M. Varghese, *Prognostic value of dynamic MRI in assessing post-traumatic femoral head vascularity.* Skeletal Radiology, 2009. **38(6)**: p. 565-569.
26. Ehlinger, M., et al., *Early prediction of femoral head avascular necrosis following neck fracture.* Orthop Traumatol Surg Res, 2010.
27. Kaushik, A., B. Sankaran, and M. Varghese, *To study the role of dynamic magnetic resonance imaging in assessing the femoral head vascularity in intracapsular femoral neck fractures.* Eur J Radiol, 2010. **75(3)**: p. 364-75.
28. Hirata, T., et al., *Dynamic magnetic resonance imaging of femoral head perfusion in femoral neck fracture.* Clin Orthop Relat Res, 2001(393): p. 294-301.

29. Lang, P., et al., *Acute fracture of the femoral neck: assessment of femoral head perfusion with gadopentetate dimeglumine-enhanced MR imaging*. AJR Am J Roentgenol, 1993. **160**(2): p. 335-41.
30. Konishiike, T., et al., *Acute fracture of the neck of the femur. An assessment of perfusion of the head by dynamic MRI*. J Bone Joint Surg Br, 1999. **81**(4): p. 596-9.
31. <http://www.stat.gov.lt/lt/pages/view/?id=1924>.
32. Thorngren, K.G., et al., *Epidemiology of femoral neck fractures*. Injury., 2002. **33**(Suppl 3): p. C1-7.
33. Tamulaitienė, M., et al., *Šlaunikaulio viršutinės dalies lūžių dažnumas Vilniaus mieste 2006 metais*. Gerontologija, 2010. **11**(1): p. 7-13.
34. Cummings, S.R., et al., *Risk Factors for Hip Fracture in White Women*. New England Journal of Medicine, 1995. **332**(12): p. 767-774.
35. Hernandez-Avila, M., et al., *Caffeine, moderate alcohol intake, and risk of fractures of the hip and forearm in middle-aged women*. Am J Clin Nutr., 1991. **54**(1): p. 157-63.
36. Gates, B., A. Fairbairn, and A.D. Craxford, *Broken necks of the femur in a psychogeriatric hospital*. Injury., 1986. **17**(6): p. 383-6.
37. Farahmand, B.Y., et al., *Physical activity and hip fracture: a population-based case-control study*. International Journal of Epidemiology, 2000. **29**(2): p. 308-314.
38. Melton, L.J. and C. Cooper, *Magnitude and impact of osteoporosis and fractures in Osteoporosis 2nd edn*, R. Marcus, D. Feldman, and J. Kelsey, Editors. 2001, Academic Press: San Diego. p. 557-567.
39. Johnel, O., et al., *The apparent incidence of hip fracture in Europe: A study of national register sources*. Osteoporosis International, 1992. **2**(6): p. 298-302.
40. Elffors, I., et al., *The variable incidence of hip fracture in Southern Europe: The MEDOS study*. Osteoporosis International, 1994. **4**(5): p. 253-263.

41. Gärdsell, P., et al., *Bone mass in an urban and a rural population: A comparative, population-based study in Southern Sweden*. Journal of Bone and Mineral Research, 1991. **6**(1): p. 67-75.
42. Melton, L.I., *Socio-economic impact*, in *Osteoporosis in daily clinical practice 2nd edition*, P. Geusens, P. Sambrook, and R. Lindsay, Editors. 2004, Springer-Verlag: London. p. 224.
43. Ray, N.F., et al., *Medical expenditures for the treatment of osteoporotic fractures in the United States in 1995: report from the National Osteoporosis Foundation*. J Bone Miner Res, 1997. **12**(1): p. 24-35.
44. Eddy, D., C.C. Johnston, and S.R. Cummings, *Osteoporosis: review of the evidence for prevention, diagnosis and treatment and cost-effectiveness analysis. Executive summary*. Osteoporos Int, 1998. **8 Suppl 4**: p. S3-6.
45. Berggren, M., et al., *Evaluation of a fall-prevention program in older people after femoral neck fracture: a one-year follow-up*. Osteoporos Int, 2008. **19**(6): p. 801-9.
46. Hosoi, T., *[Prevention of fall and fractures in the elderly with dementia]*. Nihon Rinsho, 2011. **69 Suppl 10**(Pt 2): p. 544-51.
47. Heinrich, S., et al., *Service use and costs of incident femoral fractures in nursing home residents in Germany: the Bavarian Fall and Fracture Prevention Project (BF2P2)*. J Am Med Dir Assoc, 2011. **12**(6): p. 459-66.
48. Lucero, J.O., *Effect of fall prevention on incidence of femoral fractures: a commentary*. J Am Geriatr Soc, 2010. **58**(9): p. 1809; author reply 1809-10.
49. Frick, K.D., et al., *Evaluating the cost-effectiveness of fall prevention programs that reduce fall-related hip fractures in older adults*. J Am Geriatr Soc, 2010. **58**(1): p. 136-41.
50. Rapp, K., et al., *Effect of a statewide fall prevention program on incidence of femoral fractures in residents of long-term care facilities*. J Am Geriatr Soc, 2010. **58**(1): p. 70-5.

51. Weatherall, M., *Prevention of falls and fall-related fractures in community-dwelling older adults: a meta-analysis of estimates of effectiveness based on recent guidelines*. Intern Med J, 2004. **34**(3): p. 102-8.
52. Unsworth, J., *Prevention of fractures in older people who fall*. Br J Community Nurs, 2003. **8**(7): p. 308-13.
53. Ytterstad, B., *The Harstad injury prevention study: community based prevention of fall-fractures in the elderly evaluated by means of a hospital based injury recording system in Norway*. J Epidemiol Community Health, 1996. **50**(5): p. 551-8.
54. Masson, M., M.J. Parker, and S. Fleischer, *Internal fixation versus arthroplasty for intracapsular proximal femoral fractures in adults*. Cochrane Database Syst Rev, 2003. **2**(2): p. CD001708.
55. Tidermark, J., et al., *Internal fixation compared with total hip replacement for displaced femoral neck fractures in the elderly: A RANDOMISED, CONTROLLED TRIAL*. J Bone Joint Surg Br, 2003. **85-B**(3): p. 380-388.
56. Blomfeldt, R., et al., *Comparison of Internal Fixation with Total Hip Replacement for Displaced Femoral Neck Fractures. Randomized, Controlled Trial Performed at Four Years*. J Bone Joint Surg Am, 2005. **87**(8): p. 1680-1688.
57. Gautier, E., et al., *Anatomy of the medial femoral circumflex artery and its surgical implications*. J Bone Joint Surg Br., 2000. **82**(5): p. 679-83.
58. Theron, J., *Superselective angiography of the hip. Technique, normal features, and early results in idiopathic necrosis of the femoral head*. Radiology, 1977. **124**(3): p. 649-57.
59. Johnson, E.O., K. Soultanis, and P.N. Soucacos, *Vascular anatomy and microcirculation of skeletal zones vulnerable to osteonecrosis: vascularization of the femoral head*. The Orthopedic clinics of North America, 2004. **35**(3): p. 285-291.

60. Stropus, R., et al., *Žmogaus anatomija*. Vol. 2. 2007, Kaunas: KMU leidykla. 480.
61. Trueta, J. and M.H.M. Harrison, *THE NORMAL VASCULAR ANATOMY OF THE FEMORAL HEAD IN ADULT MAN*. Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume, 1953. **35-B(3)**: p. 442-461.
62. Trueta, J., *THE NORMAL VASCULAR ANATOMY OF THE HUMAN FEMORAL HEAD DURING GROWTH*. Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume, 1957. **39-B(2)**: p. 358-394.
63. Rhinelander, F.W., *The Normal Microcirculation of Diaphyseal Cortex and Its Response to Fracture*. The Journal of Bone & Joint Surgery, 1968. **50(4)**: p. 784-800.
64. Bachiller, F.G., A.P. Caballer, and L.F. Portal, *Avascular necrosis of the femoral head after femoral neck fracture*. Clin Orthop Relat Res., 2002(399): p. 87-109.
65. Tucker, F.R., *Arterial supply to the femoral head and its clinical importance*. J Bone Joint Surg Br., 1949. **31B(1)**: p. 82-93.
66. Sevitt, S. and R.G. Thompson, *THE DISTRIBUTION AND ANASTOMOSES OF ARTERIES SUPPLYING THE HEAD AND NECK OF THE FEMUR*. J Bone Joint Surg Br., 1965. **47**: p. 560-73.
67. Bardakos, N.V. and R.N. Villar, *The ligamentum teres of the adult hip*. J Bone Joint Surg Br., 2009. **91(1)**: p. 8-15.
68. Brookes, M., *The blood supply of bone*. 1971, London: Butterworth.
69. Garden, R.S., *THE STRUCTURE AND FUNCTION OF THE PROXIMAL END OF THE FEMUR*. Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume, 1961. **43-B(3)**: p. 576-589.
70. Catto, M., *The histological appearances of late segmental collapse of the femoral head after transcervical fracture*. J Bone Joint Surg Br, 1965. **47(4)**: p. 777-91.

71. Crock, H.V., *An atlas of the arterial supply of the head and neck of the femur in man*. Clin Orthop Relat Res, 1980(152): p. 17-27.
72. Stromqvist, B., *Femoral head vitality after intracapsular hip fracture. 490 cases studied by intravital tetracycline labeling and Tc-MDP radionuclide imaging*. Acta Orthop Scand Suppl, 1983. **200**: p. 1-71.
73. Sevitt, S., *AVASCULAR NECROSIS AND REVASCULARISATION OF THE FEMORAL HEAD AFTER INTRACAPSULAR FRACTURES; A COMBINED ARTERIOGRAPHIC AND HISTOLOGICAL NECROPSY STUDY*. J Bone Joint Surg Br., 1964. **46**: p. 270-96.
74. Garden, R.S., *Malreduction and avascular necrosis in subcapital fractures of the femur*. J Bone Joint Surg Br, 1971. **53**(2): p. 183-97.
75. Swiontkowski, M.F., et al., *The effect of fracture on femoral head blood flow. Osteonecrosis and revascularization studied in miniature swine*. Acta Orthop Scand, 1993. **64**(2): p. 196-202.
76. Garden, R.S., *LOW-ANGLE FIXATION IN FRACTURES OF THE FEMORAL NECK*. Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume, 1961. **43-B**(4): p. 647-663.
77. Pauwels, F., *Der schenkelhalsbruch: Ein mechanisches Problem*. British Journal of Surgery, 1936. **23**(92): p. 874-874.
78. Muller, M.E., et al., *The AO classification of fractures of long bones*. 1990, Berlin: Springer-Verlag.
79. Tidermark, J., et al., *Quality of life related to fracture displacement among elderly patients with femoral neck fractures treated with internal fixation*. J Orthop Trauma, 2002. **16**(1): p. 34-8.
80. Beimers, L., et al., *Subcapital hip fractures: the Garden classification should be replaced, not collapsed*. Can J Surg, 2002. **45**(6): p. 411-4.
81. Gaspar, D., et al., *AO group, AO subgroup, Garden and Pauwels classification systems of femoral neck fractures: are they reliable and*

- reproducible?* Med Glas Ljek komore Zenicko-doboj kantona, 2012. **9**(2): p. 243-7.
82. Blundell, C.M., et al., *Assessment of the AO classification of intracapsular fractures of the proximal femur*. J Bone Joint Surg Br, 1998. **80**(4): p. 679-83.
 83. Parker, M.J. and Y. Dynan, *Is Pauwels classification still valid?* Injury, 1998. **29**(7): p. 521-3.
 84. Prinic, J., F. Zupancic, and M. Cimerman, *[Late results of 351 femoral neck fractures (1986-1987 treatment period)]*. Unfallchirurg, 1993. **96**(9): p. 468-72.
 85. Vail, T.P. and J.R. Urbaniak, *Outcomes in surgical treatment of femoral neck fracture: analysis of failures secondary to osteonecrosis*. J South Orthop Assoc, 1995. **4**(2): p. 83-90.
 86. Iorio, R., et al., *Displaced femoral neck fractures in the elderly: disposition and outcome after 3- to 6-year follow-up evaluation*. J Arthroplasty, 2004. **19**(2): p. 175-9.
 87. Johansson, T., et al., *Internal fixation versus total hip arthroplasty in the treatment of displaced femoral neck fractures: a prospective randomized study of 100 hips*. Acta Orthop Scand, 2000. **71**(6): p. 597-602.
 88. Lu-Yao, G., et al., *Outcomes after displaced fractures of the femoral neck. A meta-analysis of one hundred and six published reports*. J Bone Joint Surg Am, 1994. **76**(1): p. 15-25.
 89. Parker, M.J., et al., *Hemiarthroplasty versus internal fixation for displaced intracapsular hip fractures in the elderly: A RANDOMISED TRIAL OF 455 PATIENTS M*. J Bone Joint Surg Br, 2002. **84-B**(8): p. 1150-1155.
 90. Saarenpaa, I., J. Partanen, and P. Jalovaara, *Basicervical fracture--a rare type of hip fracture*. Arch Orthop Trauma Surg, 2002. **122**(2): p. 69-72.
 91. Bogehoj, M., C. Emmeluth, and S. Overgaard, *Blood flow and microdialysis in the human femoral head*. Acta Orthop, 2007. **78**(1): p. 56-62.

92. Chan, R.C., et al., *Dynamic measurement of bone blood perfusion with modified laser doppler imaging*. Journal of Orthopaedic Research, 1999. **17**(4): p. 578-581.
93. Micheels, J., B. Aisbjorn, and B. Sorensen, *Laser doppler flowmetry. A new non-invasive measurement of microcirculation in intensive care?* Resuscitation, 1984. **12**(1): p. 31-39.
94. Schoeniger, R., et al., *Role of the extraosseus blood supply in osteoarthritic femoral heads?* Clin Orthop Relat Res, 2009. **467**(9): p. 2235-40.
95. Seiler, J.G., 3rd, et al., *Posttraumatic osteonecrosis in a swine model. Correlation of blood cell flux, MRI and histology*. Acta Orthop Scand, 1996. **67**(3): p. 249-54.
96. Sugamoto, K., et al., *Hemodynamic measurement in the femoral head using laser Doppler*. Clin Orthop Relat Res, 1998(353): p. 138-47.
97. Amarasekera, H.W., et al., *The blood flow to the femoral head/neck junction during resurfacing arthroplasty: a comparison of two approaches using Laser Doppler flowmetry*. J Bone Joint Surg Br, 2008. **90**(4): p. 442-5.
98. Beck, M., et al., *Increased intraarticular pressure reduces blood flow to the femoral head*. Clin Orthop Relat Res, 2004(424): p. 149-52.
99. Madhuri, V., et al., *Intra-operative femoral head vascularity assessment: An innovative and simple technique*. Indian J Orthop., 2011. **45**(3): p. 231-5.
100. Standefer, K.D., et al., *Detecting a disruption of blood flow to the femoral head after ischemic injury using 4 different techniques: a preliminary study*. J Pediatr Orthop., 2012. **32**(1): p. 75-80.
101. Bøgehøj, M.F., C. Emmeluth, and S. Overgaard, *Microdialysis in the femoral head of the minipig and in a blood cloth of human blood*. Acta Orthopaedica, 2011. **82**(2): p. 241-245.
102. Hungerford, D.S. and D.W. Lennox, *The importance of increased intraosseous pressure in the development of osteonecrosis of the femoral*

- head: implications for treatment.* Orthop Clin North Am, 1985. **16**(4): p. 635-54.
103. Kiaer, T., et al., *Intra-osseous pressure and oxygen tension in avascular necrosis and osteoarthritis of the hip.* J Bone Joint Surg Br, 1990. **72**(6): p. 1023-30.
104. Koo, K.H., et al., *Angiography, scintigraphy, intraosseous pressure, and histologic findings in high-risk osteonecrotic femoral heads with negative magnetic resonance images.* Clin Orthop Relat Res, 1994(308): p. 127-38.
105. Koo, K.H., S.T. Jeong, and J.P. Jones, Jr., *Borderline necrosis of the femoral head.* Clin Orthop Relat Res, 1999(358): p. 158-65.
106. Aaron, R.K., et al., *Perfusion Abnormalities in Subchondral Bone Associated with Marrow Edema, Osteoarthritis, and Avascular Necrosis.* Annals of the New York Academy of Sciences, 2007. **1117**(1): p. 124-137.
107. Watanabe, Y., et al., *Prediction of avascular necrosis of the femoral head by measuring intramedullary oxygen tension after femoral neck fracture.* J Orthop Trauma, 2007. **21**(7): p. 456-61.
108. Nyarady, J., et al., *Osteoscopy for assessment of blood supply to the femoral head: a preliminary study.* J Orthop Trauma, 2012. **26**(4): p. 200-5.
109. Heuck, A., et al., *Selective digital subtraction arteriography in necrosis of the femoral head.* Skeletal Radiology, 1987. **16**(4): p. 270-274.
110. Xiao, J., X.J. Yang, and X.S. Xiao, *DSA observation of hemodynamic response of femoral head with femoral neck fracture during traction: a pilot study.* J Orthop Trauma., 2012. **26**(7): p. 407-13. doi: 10.1097/BOT.0b013e318216dd60.
111. Pelzer, M., et al., *Measurement of bone blood flow using the hydrogen washout Technique-Part I: quantitative evaluation of tissue perfusion in the laboratory rat.* J Orthop Res, 2008. **26**(6): p. 741-5.

112. Ruland, L.J., 3rd, et al., *A comparison of magnetic resonance imaging to bone scintigraphy in early traumatic ischemia of the femoral head*. Clin Orthop Relat Res, 1992(285): p. 30-4.
113. Atsumi, T., et al., *Revascularization in nontraumatic osteonecrosis of the femoral head*. Clin Orthop Relat Res, 1996(325): p. 168-73.
114. Hayes, C.W. and A.R. Balkissoon, *Current concepts in imaging of the pelvis and hip*. Orthop Clin North Am, 1997. **28**(4): p. 617-42.
115. Froberg, P.K., E.M. Braunstein, and K.A. Buckwalter, *Osteonecrosis, transient osteoporosis, and transient bone marrow edema: current concepts*. Radiol Clin North Am., 1996. **34**(2): p. 273-91, x.
116. Li, X., et al., *Dynamic gadolinium-enhanced MRI in early ischaemia of the proximal femoral epiphysis - a preliminary study*. Clinical Radiology, 2008. **63**(10): p. 1149-1159.
117. Jaramillo, D., et al., *Gadolinium-enhanced MR imaging demonstrates abduction-caused hip ischemia and its reversal in piglets*. AJR Am J Roentgenol, 1996. **166**(4): p. 879-87.
118. Nadel, S.N., et al., *Detection of acute avascular necrosis of the femoral head in dogs: dynamic contrast-enhanced MR imaging vs spin-echo and STIR sequences*. AJR Am J Roentgenol, 1992. **159**(6): p. 1255-61.
119. Vande Berg, B.E., et al., *MR imaging of avascular necrosis and transient marrow edema of the femoral head*. Radiographics, 1993. **13**(3): p. 501-20.
120. Mitchell, D.G., et al., *Magnetic resonance imaging of the ischemic hip. Alterations within the osteonecrotic, viable, and reactive zones*. Clin Orthop Relat Res, 1989(244): p. 60-77.
121. Tsukamoto, H., et al., *Evaluation of marrow perfusion in the femoral head by dynamic magnetic resonance imaging. Effect of venous occlusion in a dog model*. Invest Radiol, 1992. **27**(4): p. 275-81.

122. Lomasney, L.M., et al., *Dynamic contrast-enhanced MR imaging assessment of vascularized free fibular grafts*. J Magn Reson Imaging, 1994. **4**(3): p. 441-9.
123. Uberoi, R., G. Tai, and P.M. Hughes, *Gadolinium-DTPA-enhanced MRI in the evaluation of osteonecrosis*. Clin Radiol, 1994. **49**(9): p. 645-8.
124. Adam, G., et al., [*The MR tomography of avascular necrosis of bone: the primary findings and the follow-up observations after core decompression*]. Rofo, 1995. **163**(4): p. 330-4.
125. Jaramillo, D., et al., *Gadolinium-enhanced MR imaging demonstrates abduction-caused hip ischemia and its reversal in piglets*. Pediatr Radiol, 1995. **25**(8): p. 578-87.
126. Tofts, P.S., *Modeling tracer kinetics in dynamic Gd-DTPA MR imaging*. Journal of Magnetic Resonance Imaging, 1997. **7**(1): p. 91-101.
127. Griffith, J.F., et al., *Compromised Bone Marrow Perfusion in Osteoporosis*. Journal of Bone and Mineral Research, 2008. **23**(7): p. 1068-1075.
128. Yi-Xiang, J.W., et al., *Reduced bone perfusion in proximal femur of subjects with decreased bone mineral density preferentially affects the femoral neck*. Bone, 2009. **45**(4): p. 711-715.
129. Piert, M., et al., *Assessment of Porcine Bone Metabolism by Dynamic [¹⁸F]Fluoride Ion PET: Correlation with Bone Histomorphometry*. J Nucl Med, 2001. **42**(7): p. 1091-1100.
130. Dyke, J.P. and R.K. Aaron, *Noninvasive methods of measuring bone blood perfusion*. Ann N Y Acad Sci, 2010. **1192**: p. 95-102.
131. Jenny, J.Y. and V. Vecsei, [*Phlebography of the femur head following fractures of the neck of the femur*]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1986. **72 Suppl 2**: p. 75-6.
132. Holmberg, S. and N. Dalen, *Intracapsular pressure and caput circulation in nondisplaced femoral neck fractures*. Clin Orthop Relat Res, 1987(219): p. 124-6.

133. Parker, M.J., et al., *Intracapsular fractures of the neck of femur. Parallel or crossed garden screws?* J Bone Joint Surg Br, 1991. **73**(5): p. 826-7.
134. Tebaldi, P., M. Bonetti, and M. Pagano, *M statistic commands: Interpoint distance distribution analysis.* Stata Journal, 2011. **11**(2): p. 271-289.
135. Littrup, P.J., et al., *Magnetic resonance imaging of femoral head development in roentgenographically normal patients.* Skeletal Radiol, 1985. **14**(3): p. 159-63.
136. Kubo, T., et al., *Blood flow and blood volume in the femoral heads of healthy adults according to age: measurement with positron emission tomography (PET).* Ann Nucl Med, 2001. **15**(3): p. 231-5.