

VILNIAUS UNIVERSITETAS

EGLĖ NEDZINSKIENĖ

REZORCINO FORMALINU GYDYTŲ
DANTŲ ŠAKNŲ KANALŲ PAVIRŠIAUS
ULTRASTRUKTŪROS YPATUMAI,
ENDODONTINIO PERGYDYMO PROCEDŪRŲ
POVEIKIO IR ATSPARUMO SKILIMUI VERTINIMAS.
TYRIMAS *IN VITRO*

D A K T A R O D I S E R T A C I J A

BIOMEDICINOS MOKSLAI, ODONTOLOGIJA (07 B)

Vilnius, 2018

Disertacija rengta 2013–2018 metais Vilniaus universitete.

Disertacija ginama eksternu.

Mokslinė konsultantė – prof. dr. Vytautė Pečiulienė (Vilniaus universitetas, biomedicinos mokslai, odontologija – 07 B).

TURINYS

Sutrumpinimai	5
1. ĮVADAS	6
1.1. Tiriamoji problema ir jos aktualumas	6
1.2. Darbo tikslas ir uždaviniai	7
1.3. Mokslinis naujumas ir aktualumas	8
1.4. Ginamieji teiginiai	9
2. LITERATŪROS APŽVALGA	10
2.1. Rezorcino formalino naudojimas odontologijoje	10
2.2. Endodontinio gydymo įtaka šaknies dentino atsparumui	13
2.3. Šaknies dentino skilimai ir jų priežastys	19
3. TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI	26
3.1. Rezorcino formalino pasta gydytų dantų endodontinio pergydymo procedūrų poveikis šaknies dentino paviršiui	26
3.1.1. Dantų šaknų ruošimas	26
3.1.2. Šaknų mėginių ruošimas	27
3.1.3. Šaknies mėginių kanalų chemomechaninis ruošimas	28
3.1.4. Šaknų mėginių paviršių vertinimas	28
3.2. Dantų šaknies dentino atsparumo skilimui tyrimas	31
3.2.1. Dantų atranka ir ruošimas	31
3.2.2. Mėginių ruošimas	32
3.2.3. Gniuždymo tyrimas	32
3.2.4. Dentino stiprumo rodiklio skaičiavimas	33
3.3. Rezorcino formalino pasta gydytų dantų šaknų kanalų paviršiaus tyrimas SEM	34
3.4. Statistinė duomenų analizė	35

4.	TYRIMO REZULTATAI	37
4.1.	Rezorcino formalino pasta gydytų dantų endodontinio pergydymo procedūrų poveikis šaknies dentino paviršiui	37
4.2.	Dantų šaknies dentino atsparumo skilimui tyrimas	49
4.3.	Rezorcino formalino pasta gydytų dantų šaknų kanalų paviršiaus tyrimas SEM	52
5.	REZULTATŲ APTARIMAS	55
6.	IŠVADOS	72
7.	PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS	73
8.	LITERATŪROS SĄRAŠAS	35
9.	MOKSLINĖS PUBLIKACIJOS	94
10.	PADĖKOS	95

SUTRUMPINIMAI

angl.	– anglų kalba
aps./min.	– apsisukimų skaičius per minutę
Ca(OH) ₂	– kalcio hidroksidas
cm	– centimetras
DŠ	– distalinė šaknis
EDTA	– etilendiamintetraacto rūgštis
EN	– Eglė Nedzinskienė
g/mol	– gramas molyje
gam.	– gamintojas
gr.	– grupė
JAV	– Jungtinės Amerikos Valstijos
kg	– kilogramas
Khz	– kilohercas
kV	– kilovatas
MD	– mezialinė distalinė (kryptis)
metil	– metileno mėlynasis
min.	– minutė
ml	– mililitras
mm	– milimetras
mSv	– milisivertas
N	– niutonas
N/s	– niutonas per sekundę
NaOCl	– natrio hipochloritas
NiTi	– nikelio ir titano lydinys
PR	– periodonto raištis
RF	– rezorcino formalinas
SEM	– skenuojantis elektroninis mikroskopas
SL	– skruostinė liežuvinė (kryptis)

1. ĮVADAS

1.1. Tiriamoji problema ir jos aktualumas

Ilgą laiką Kinijoje, Indijoje, Prancūzijoje ir visose Rytų Europos šalyse šaknų kanalų gydymui buvo naudojama rezorcino formalino (RF) pasta (1, 2). Lietuvoje šis metodas buvo plačiai taikomas beveik iki 1994 metų. Todėl gydytojai odontologai iki šiol klinikinėje praktikoje sprendžia su šios medžiagos naudojimu susijusias endodontinio pergydymo problemas. Klinikinė patirtis leidžia teigti, kad rezorcino formalino pasta gydytų dantų pergydymas siejamas su sunkiai nuspėjama gydymo baigtimi. Iki šiol nebuvo atlikta tyrimų, nagrinėjančių gydymo procedūrų įtaką tokių dantų dentino paviršiui, jo mechaninėms savybėms. Tyrimų rezultatai rodo, kad endodontiškai gydytų dantų polinkis skilti yra didesnis (3).

Per pastaruosius du dešimtmečius požiūris į šaknies kanalo mechaninio ruošimo principus pasikeitė iš esmės. Tai siejama su naujų lydinių, pavyzdžiui, nikelio ir titano (NiTi), įdiegimu į endodontinių instrumentų gamybą bei vis dažniau šaknų kanalų ruošimui naudojamais mašininiais instrumentais, kurie labai sutrumpino gydymo procedūros atlikimo trukmę, sumažino dažniausiai pasitaikančių komplikacijų skaičių (4, 5, 6). Kaip ir kiekviena nauja technologija, be minėtų pranašumų, ji yra siejama ir su tam tikrais trūkumais. Vienas iš jų yra šaknies dentino paviršiaus defektų didesnė tikimybė (4, 7, 8, 9). Žinant pagrindinius šaknies lūžio mechaninių principų ypatumus, dentino paviršiaus struktūroje atsiradę defektai, pavyzdžiui, įskilimai, kanalo sienos paviršiaus netolygumai, turi įtakos danties atsparumo lūžiui mažėjimui (4, 10), o dėl funkcinio krūvio gali plisti ir sukelti vertikalų šaknies lūžį (11, 12, 13, 14).

Skilimai, be poveikio danties mechaniniam atsparumui, turi dar vieną svarbią reikšmę endodontinio gydymo baigčiai. Jie tampa bakterijų kolonijų san kaupų niša, apsaugota nuo gydomųjų veikslių poveikio, o tai gali tapti tiesiogine gydymo nesėkmės priežastimi (11).

Dentino skilimų tikimybė atliekant endodontinio pergydymo procedūras yra dar vienas labai svarbus veiksnys, galintis turėti įtakos tokio tipo gydymo

prognozei. Visų pirma tai siejama su galimu žalingu buvusiam endodontiniam gydymui naudotų instrumentų bei medžiagų, gydytojo odontologo individualaus stiprumo vertikalaus spaudimo jėgos, danties vainiko atkūrimo būdo ir kokybės, kramtymo funkcinės apkrovos jėgų stiprumo, taip pat atliekant pergydymo procedūras naudojamų agresyvių instrumentų poveikiu danties struktūroms.

Rezorcino formalino pastos fizikinės savybės, jos poveikis danties audiniams ir dentino ultrastruktūrai nebuvo tirti ir todėl visiškai nežinomas gydymo naudojant šią medžiagą poveikis danties audiniams. Tik remiantis individualia klinicine gydytojų patirtimi yra teigiama, kad tokie dantys pasižymi didesniu trapumu. Šiuo tyrimu *in vitro* buvo siekiama ištirti atliekamų endodontinio pergydymo procedūrų įtaką dantis, gydytiems rezorcino formalino pasta.

1.2. Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – ištirti dantų, gydytų rezorcino formalino pasta, dentino paviršiaus ultrastruktūros ypatumus, naudojamų endodontijoje diagnostikos metodų patikimumą, endodontinio pergydymo procedūrų poveikį dentinui ir jo atsparumą skilimui *in vitro*.

Darbo uždaviniai

1. Įvertinti dentino skilimų skaičių, tipus, jų lokalizaciją po atliktų endodontinio pergydymo procedūrų.
2. Ištirti dažo medžiagos ir skirtingų mikroskopo didinimų efektyvumą vertinant rezorcino formalino pasta gydytų dantų skilimus.
3. Ištirti dantų, gydytų rezorcino formalino pasta ir turinčių gyvą pulpą, šaknies dentino atsparumą skilimui.
4. Įvertinti dantų gydytų rezorcino formalino pasta atsparumą skilimui po atlikto endodontinio pergydymo procedūrų, esant dentine mikropažaidų ir jų nesant.
5. Ištirti rezorcino formalino pasta gydytų dantų, turinčių skirtingą audinių spalvą, šaknų kanalų paviršių ir dentino ultrastruktūrą.

1.3. Mokslinis naujumas ir aktualumas

Pasaulio mokslinėje literatūroje yra tik keletas atliktų tyrimų, kuriuose buvo nagrinėjamos problemos, susijusios su rezorcino formalino pasta pildytų dantų gydymu. Tai galėtų būti siejama su daug retesniu tokio tipo užpildo naudojimu odontologijos praktikoje. Lietuvoje, nors ši medžiaga buvo naudojama ilgai, mokslinių tyrimų, nagrinėjančių jos poveikį danties audinių savybėms, nebuvo atlikta. Šiuolaikinės odontologijos sampratoje tokie dantys yra siejami su būtinybe atlikti endodontinio pergydymo ir danties vainiko atkūrimo procedūras. Siekiant įvertinti tikėtiną pergydymo procedūrų įtaką šaknies dentinui ir buvo nuspręsta atlikti šį tyrimą.

Technologijų pažanga gydytojams odontologams suteikia galimybę gydymui naudoti skirtingo tipo instrumentų derinius. Endodontiniam pergydymui dažniausiai naudojamas ultragarsinių ir mašininių instrumentų derinys, kuris ir buvo pasirinktas siekiant iširti jo poveikį rezorcino formalino pasta gydytų dantų šaknies dentino paviršiui. Šio tyrimo metu buvo atlikta suminio mašininių ir ultragarsinių instrumentų poveikio dentinui analizė. Taip pat buvo įvertintas įprastų gydytojo odontologo praktikoje naudojamų diagnostikos priemonių – dažymo metileno mėlynuoju ir apžiūros mikroskopu – patikimumas nustatant rezorcino formalino pasta gydytų dantų skilimus, kurių audinių spalva skiriasi nuo natūralios danties audinių spalvos.

Atsparumo skilimui tyrimu norėta įvertinti ne tik krūvio įtaką šaknies dentinui po endodontinio pergydymo, bet ir kokią įtaką atsparumui gali turėti pergydymo metu dentino paviršiuje atsiradę defektai.

Tyrimo *in vitro* gautus rezultatus interpretuoti ir tiesiogiai susieti su realia klinikine situacija yra sudėtinga, tačiau tyrimo duomenys leidžia daryti tam tikras prielaidas kalbant apie tokių dantų endodontinio pergydymo prognozę.

1.4. Ginamieji teiginiai

1. Endodontinis pergydymas, naudojant *ProTaper* nikelio ir titano lydinio ir *ProUltra Endo* ultragarsinius instrumentus sukelia šaknies dentino skilimus.
2. Dažo medžiagos naudojimas ir apžiūra mikroskopu išlieka patikimu šaknies dentino skilimų diagnostikos įrankiu, kartu ir dantų, gydytų rezorcino formalino pasta.
3. Rezorcino formalino pasta gydytų dantų šaknys yra mažiau atsparios skilimui nei endodontiškai negydytų dantų, o endodontinio pergydymo procedūros šaknų atsparumą skilimui dar sumažina.
4. Rezorcino formalino pasta turi skirtingą poveikį dentino ultrastruktūrai ir gerai prasiskverbia į dentino kanalėlius.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

2.1. Rezorcino formalino naudojimas odontologijoje

Šiuolaikinės endodontologijos koncepcija teigia, kad net ir nuoseklus procedūrų sekos laikymasis atliekant endodontinio gydymo procedūras neužtikrina visų mikroorganizmų pašalinimo iš šaknies kanalo ir šaknies kanalo sandarumo trimatėje erdvėje (15–21). Tai tik leidžia pakeisti nusistovėjusią ekologinę pusiausvyrą šaknies kanale, sukuriant nepalankias sąlygas likusių bakterijų išgyvenimui, dėl to užtikrinama gera endodontinio gydymo prognozė.

Atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad net apie 60 proc. endodontinio gydymo nesėkmių siejama su nekokybiška šaknies kanalo užpildymo procedūra (20, 22, 23). Akivaizdu, kad didelei daliai tokių dantų, praėjus tam tikram laikui po atlikto endodontinio gydymo, tenka kartoti šaknų kanalų gydymo procedūras. Šaknies kanalo pildymo metodikų yra įvairių. Viena populiariausių ir iki šiol plačiausiai naudojamų šaknies kanalo užpildo medžiagų yra gutaperčia. Jos cheminės ir fizikinės savybės leidžia taikyti skirtingus kanalų pildymo metodus (24). Visgi atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad nė vienas jų negali užtikrinti ilgalaikio hermetiškumo (22, 25). Ilgą laiką Lietuvoje endodontiniam gydymui naudojamų medžiagų spektras buvo labai platus. Didelę dalį sudarė įvairios cheminės sudėties pastos.

Atsižvelgiant į sudėtingą šaknies kanalų anatomiją, jiems gydyti 1960 m. į klinikinę praktiką buvo įdiegta rezorcino formalino impregnacinė metodika, kuri daugelį metų buvo plačiai naudojama daugelyje Azijos (Kinijoje, Indijoje), Rytų Europos šalių, Tarybų Sąjungoje ir Prancūzijoje (1, 2, 26). Pirmą kartą šios metodikos principai buvo aprašyti 1957 m. (27). Lietuvoje metodas buvo taikomas iki 1990 m. Jo populiarumą būtų galima paaiškinti gebėjimu mumifikuoti nekrozinių pulpos audinių likučius, nes tuo metu mechaninio šaknies kanalo ruošimo samprata buvo tolima šiandienei. 1993 m. Europos Sąjungos direktyvoje (28) ir Europos endodontologų draugijos pateiktose kokybės rekomendacijose (29) rezorcino formalino preparatą buvo uždrausta naudoti. Tačiau, nors ir

retai, ši medžiaga šaknų kanalų pildymui vis dar naudojama, nes iki šiol ji išlieka prieinama rinkoje (1).

Dėl emigracijos iš Rytų Europos šalių, kur šaknų kanalų pildymui rezorcino formalino pasta buvo naudojama ilgai, Vakarų Europos bei JAV gydytojai odontologai, susidūrė su nauju iššūkiu pergydant šaknų kanalus (1, 2). Būtent todėl mokslinėje literatūroje atsirado specifiniai terminai, apibūdinantys tokius dantis: raudoni dantys (*red teeth*), rožiniai dantys (*pink teeth*), rusiški raudoni dantys (*russian red teeth*) (1). Visi šie terminai atspindi sąsają tarp naudotos medžiagos ir jos poveikio danties audinių spalvos pokyčiams. Medžiagos sudedamoji dalis rezorcinas danties audinių spalvą pakeičia nuo rausvos iki tamsiai raudonai rudos. Spalvos intensyvumas siejamas su rezorcino miltelių kiekiu, naudotu ruošiant pastą (2). Rezorcino formalino pasta pasižymi gerokai didesniu toksiškumu nei daugelis kitų odontologijoje naudojamų medžiagų (1). Dviejų medžiagų – rezorcino ir formalino – polimerizacijos reakcijai vykti būtinas katalizatorius – 10 procentų natrio šarmo tirpalas.

Formalinas, kaip viena iš pastos sudedamųjų medžiagų, odontologijoje buvo pradėta naudoti dar 1898 m. (30, 31). Ji pasižymi audinius mumifikuojančiomis, antimikrobinėmis, antivirusinėmis ir priešgrybelinėmis savybėmis bei greitai skverbimusi į audinius (1, 2, 30). Šios medžiagos sąlytis su apydančio (periodonto) audiniais gali sukelti ląstelių struktūros pokyčius (31). Būtent dėl šios priežasties ji nebuvo naudojama nesusiformavusias šaknų viršūnes turinčių dantų kanalams gydyti (1, 27, 31). Dėl dažomojo poveikio danties audiniams rezorcino formalino pasta nebuvo naudojama priekinių dantų endodontiniam gydymui (1). Įrodyta, kad ir kita pastos sudedamoji dalis – rezorcino milteliai yra stiprus alergenai ir jo kontaktas su alveolės kaulu gali sukelti sekvestraciją (26). Taip pat yra straipsnių, kuriuose aprašyta klinikinių atvejų, kai po endodontinio dantų gydymo naudojant rezorcino formalino pastą įvyko įvairaus stiprumo alerginių reakcijų – nuo odos bėrimų iki anafilaksinio šoko (32, 33). Tačiau dažnesnės yra lėtosios alerginės reakcijos, siejamos su lėta formalino skvarba dentino kanalėliais (30, 32).

Literatūroje aprašomos trys skirtingos šaknų kanalų pildymo rezorcino formalino pasta metodikos: katalizatorius įmaišomas į pastą prieš kanalų pildymą;

kanalai užpildomi rezorcino formalino pasta, o keli katalizatoriaus lašai užlašunami tik į endodontinės ertmės dugną; po šaknų kanalų pildymo katalizatorius visai nenaudojamas (1, 2). Būtent dėl šių nevienodumų klinikinėje praktikoje šaknų kanalų spindžiuose medžiagos polimerizacijos laipsnis yra skirtingas – nuo minkštos iki labai kietos konsistencijos. Kadangi griežtų medžiagos maišymo ir naudojimo rekomendacijų nebuvo, metodikos pasirinkimą lėmė individuali gydytojo patirtis. Siekiant suteikti medžiagai rentgenokontrastiškumo, į rezorcino formalino pastą buvo įmaišomas nedidelis kiekis cinko oksido ir bario sulfato (1, 2).

Literatūroje teigiama, kad gydymui renkantis rezorcino formalino impregnacinę metodiką buvo atsižvelgiama į diagnozę, šaknų kanalų anatomijos ypatumus ir numatomą skirti pacientui apsilankymų skaičių (1). Dažniausiai ši metodika buvo taikoma gydant krūminius dantis (1). Chemomechaninis šaknies kanalo ruošimas šiuolaikine samprata nebuvo atliekamas, todėl pulpos audiniai bei jų likučiai nebūdavo šalinami (1, 2).

Gound ir bendraautorių atlikto tyrimo rezultatai rodo, kad rezorcino formalino pasta gydytų dantų tik 5 proc. šaknų kanalų buvo visiškai užpildyti, o daugiau nei 50 proc. tokių dantų turėjo užpildytą tik vainikinį šaknies kanalo trečdalį (1). Akivaizdu, kad tai yra siejama su neatliktu mechaniniu šaknies kanalo ruošimu gydant nurodytu metodu. Atlikus rezorcino formalino pasta gydytų dantų endodontinį pergydymą, kanalų užpildymo kokybė ir prognozė pagerinama 59 proc., bet paūmėjimų pasitaiko dažniau (12 proc.), nei pergydant šaknų kanalus, pildytus kitokio tipo medžiagomis (3,5 proc.) (34). Kalbant apie rezorcino formalino metodiką gydytų dantų pergydymą, prognozė yra sunikiai nuspėjama dėl to, kad nėra unifikotos kanalų pildymo procedūros. Mokslininkų pastangos supaprastinti tokių dantų pergydymo procedūrą, palengvinant medžiagos šalinimą iš šaknų kanalų, apčiuopiamų rezultatų nedavė. Tačiau buvo įrodyta, kad natrio hipochlorito tirpalas tiesiogiai ar netiesiogiai padidina rezorcino formalino pastos tirpumą (35). Būtų galima manyti, kad šio tirpalo poveikis yra siejamas ne su įvykstančia chemine reakcija tarp jo ir rezorcino formalino medžiagos, o su jo proteoliziniu poveikiu pulpos audinių likučiams šaknų kanalų spindžiuose.

Iki šiol išlieka keblus vėlyvųjų gydymo rezultatų prognozavimas atliekant tokių dantų pergydymo procedūrą, ypač tais atvejais, kai yra numatomas rezorcino formalino impregnacine metodika gydytų dantų protezavimas fiksuotais protezais. Nors šis metodas dabar netaikomas, visgi tokių atvejų yra nemažai. Tad gydytojams odontologams labai svarbu kuo daugiau žinoti apie galimą endodontinio pergydymo procedūrų įtaką tokiems dantims.

2.2. Endodontinio gydymo įtaka šaknies dentino atsparumui

Nuomonė, kad endodontiškai gydyti dantys yra labiau linkę skilti nei gyvybingą pulpą turintys dantys, išlieka kontroversiška stingant mokslu pagrįstų įrodymų (36, 37, 38). Danties šaknies skilimas siejamas su bloga danties prognoze – toks dantis prarandamas (39, 40). Todėl ankstyva skilimo diagnostika yra labai svarbi ir dažnai tampa iššūkiu gydytojui odontologui. Pradinėse stadijose ši patologija pasireiškia subjektyviais simptomais be akivaizdžių klinikinių bei radiologinių požymių (40). Kaip rodo atliktų tyrimų rezultatai, dažniausiai ši komplikacija diagnozuojama praėjus metams po užbaigto endodontinio gydymo ir vainiko atkūrimo procedūrų (41). Skirtingi rezultatai gaunami ir nagrinėjant vertikalų lūžį, kaip dantų šalinimo priežastis, dažnį – jis sudaro nuo 4 proc. iki 31 proc. (42, 43, 44, 45, 46, 47). Viena iš priežasčių yra įvardijamas atliktas endodontinis šaknų kanalų gydymas. Endodontiškai gydytų dantų vertikalų šaknies skilimo paplitimas yra didesnis – nuo 4 iki 12 proc. (41–44, 46, 48–51). Toks atliktų tyrimų rezultatų įvairavimas gali būti siejamas su skirtingais tiriamosios imties sudarymo būdais pasirenkant įtraukimo ir atmetimo kriterijus (45). *Chen* ir bendraautorių atlikto tyrimo duomenimis, 4–7 proc. endodontiškai gydytų dantų per 5 metus po gydymo pašalinami dėl šaknies skilimo (42). Šių atliktų tyrimų rezultatai turi ir trūkumų, nes tyrimuose nebuvo nagrinėjama šaknies skilimo kryptis ir priežastys. Naujausios diskusijos rodo, kad norint susieti vertikalų skilimo kilmę su danties vainiko atkūrimo ar endodontinio gydymo procedūromis būtina įvertinti lūžio kryptį šaknies atžvilgiu. Mezialine distaline kryptimi išplitęs lūžis yra siejamas su vainiko atstatymo procedūromis, o lūžio linija, einanti skruostine liežuvine kryptimi, siejama su atlikto endodon-

tinio gydymo procedūromis (48). Taip pat svarbu, kad su šaknų kanalų gydymu susijusio šaknies skilimo plitimas dažniausiai vyksta nuo šaknies viršūnės link danties vainiko ir gali prasidėti vidiniame šaknies kanalo paviršiuje. Būtent dėl šių priežasčių diagnostika yra sudėtinga ir dažniausiai tokie lūžiai yra aptinkami tik vėlyvų stadijų.

Šaknų skilimo problema nagrinėjama mokslinėje literatūroje mėginant apibendrinti galimas priežastis, lemiančias vertikalų šaknies skilimą. Teigiama, kad atlikus endodontinį gydymą pasikeičia proprioceptorių ir nociceptorių savybės apydančio audiniuose ir jų reakcija į kramtymo krūvį silpnėja, o tai sąlygoja krūvio, tenkančio funkcijos metu, padidėjimą (36, 52). Tai gali padidinti šaknies skilimo tikimybę. *Nauman* atlikto tyrimo rezultatai rodo, kad, norint kramtymo metu sukelti endodontiškai gydytų dantų skausmą, reikalinga tris kartus didesnė jėga, palyginti su gyvybingą pulpą turinčiais dantimis (53). Tačiau vėlesnių tyrimų rezultatai tokių teiginių nepatvirtino (50, 54).

Kita mokslininkų grupė bandė susieti vertikalų skilimą su dentino sudėties pokyčiais atliekant endodontinio gydymo procedūras. Žinoma, kad apie 10 proc. dentino tūrio sudaro vanduo, kuris gali būti laisvas arba surištas. Laisvas vanduo sudaro 30 proc. viso dentino vandens. Surištas vanduo, sudaro maždaug 70 proc. viso dentino vandens kiekio ir tiesiogiai yra susijęs su hidroksiapatitais ir kolageno skaidulomis dentine (3, 55, 56). Vandens netekimas atliekant endodontinio gydymo procedūras sukelia dentino dehidraciją ir mažina dentino elastingumą (38, 49, 55, 57–61). Tačiau endodontiškai gydytų ir negydytų dantų vandens kiekio dentine lyginamasis tyrimas parodė, kad endodontiškai gydytuose dantyse jis buvo tik 9 proc. mažesnis nei gyvybingą pulpą turinčiuose dantyse (57). Tad dentino dehidracijos proceso paneigti negalima, bet tai įvardyti kaip pagrindinę priežastį, nulemiančią danties audinių atsparumą skilimui, irgi negalima (57).

Nurodoma, kad dar viena vertikalaus skilimo priežastis yra danties audinių struktūros vientisumo praradimas dėl atliekamų odontologinio gydymo procedūrų (37, 56, 60, 62, 63). Įrodyta, kad endodontinės ertmės preparavimas danties audinio struktūrinį vientisumą (stabilumą) sumažina maždaug 5 proc., o ertmės, pažeidžiančios danties mezialinį kramtomąjį bei distalinį paviršius, preparavimas – net 60 proc. (53).

Įrodyta, kad kiekvienas atskiras šaknų kanalų gydymo bei danties vainiko atstatymo etapas laipsniškai mažina dentino kiekį, dėl to keičiasi dantų biomechaninis stabilumas ir tai irgi tampa vertikalaus šaknies lūžio riziką didinančiu veiksniumi (51, 64–68). Dentino kiekio praradimo skirtumus atliekant endodontinio gydymo procedūras lemia šaknų morfologijos, kanalų anatomijos, naudojamų instrumentų sistemų ir šaknies kanalo platinimui naudojamų metodikų ypatumai (69). Šaknies kanalo chemomechaninio ruošimo metu pašalinamas dentino kiekis leidžia užtikrinti maksimalią dezinfekciją ir suteikti šaknies kanalui formą, būtiną kokybiškai užpildyti (70). Tyrimais įrodyta, kad chemomechaninio ruošimo principai turi būti glaudžiai susiję su šaknies kanalo anatominiiais ypatumais, į kuriuos būtina atsižvelgti prieš renkantis endodontiniam gydymui naudotinus instrumentus bei medžiagas. Didesnis danties audinių masės netekimas, lyginant su pradiniu, yra būdingas dantims, turintiems lenktas šaknis ir (ar) ovalo formos šaknies kanalo skerspjuvį (40). Norint atlikti endodontinio gydymo procedūras greičiau, išlaikant tą patį techninės endodontinio gydymo kokybės standartą, į klinikinę praktiką patenka vis agresyvesni, didesnės darbinės dalies kūgio – nuo 0,04 iki 0,12 proc instrumentai, o naudojamų rankinių instrumentų kūgis yra 0,02 proc. (70, 71). Akivaizdu, kad didėjant kūgiui didėja ir pašalinamo dentino kiekis (70). Atliktų tyrimų rezultatai rodo ryšį tarp didesnės darbinės dalies kūgio instrumentų naudojimo ir šaknies dentino mikroskilimų (41, 49, 71–73). Dauguma tyrimų yra susijusių su pirminiu endodontiniu gydymu, ir stinga publikuotų darbų apie šaknies kanalo platinimo metodikų įtaką pergydomiems dantims (74). Akivaizdu, kad kiekviena papildoma endodontinio gydymo procedūra sumažindama dentino kiekį, padidina šaknies skilimo tikimybę. *Genesh* ir bendraautorijų tyrimo rezultatai parodė, kad endodontiškai gydytų ir vėliau pergydytų dantų atsparumas skilimui labai sumažėja (75).

Norint pasiekti maksimalią švarą šaknies kanale, cheminis jo paruošimas yra neatsiejama mechaninio kanalo paruošimo dalis (76). Cheminių medžiagų naudojimas suteikia galimybę sumažinti mikroorganizmų populiacijų skaičių, palengvinti šaknies turinio, lipnaus sluoksnio pašalinimą, atidengiant šaknies kanalo dentino paviršių ir pagerinant užpildo medžiagos adheziją (77, 78). Pasukiniaisiais metais tiriamas cheminių medžiagų, naudojamų endodontinio gy-

dymo metu poveikis dentino cheminei sudėčiai/struktūrai bei mechaninės jo savybės (36, 79, 80).

Natrio hipochloritas (NaOCl) – labiausiai paplitęs šaknies kanalų sistemos plovimo tirpalas, pasižymintis proteoliziniu ir antimikrobinu poveikiu (77, 81). Įrodyta, kad didėjant tirpalo koncentracijai didėja ir jo neigiama įtaka dentino savybėms (77, 81). Mikrokietumas, elastinis modulis, atsparumas lenkimo jėgoms yra keletas iš mechaninių dentino savybių, kurioms daro įtaką NaOCl (81–83). Stiprėjant tirpalo koncentracijai ir ilgėjant veikimo trukmei, vyksta organinio ir neorganinio dentino komponento pokyčiai (36, 49, 81, 83–85). Organinės medžiagos sudaro apie 22 proc. dentino masės. Didžiausią dalį jose sudaro I tipo kolageno skaidulos ir proteoglikanai (77, 81, 86). Kolageno skaidulų matrica sudaro didžiąją dalį dentino organinio komponento, jos jungiasi į karkasą aplink peritubulinį dentiną, kur proteoglikanai sujungia vieną ar daugiau glikozaminoglikano grandinių ir yra atsakingi už vandens kiekio ir intratubulinio pralaidumo reguliavimą (81). NaOCl tirpalo poveikis kolagenui ir proteoglikanų matricai skatina dentino mikrokietumo mažėjimą (81). Atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad NaOCl gali sumažinti endodontiškai gydytų dantų atsparumą skilimui apie 30 proc. dėl pakitusios dentino struktūros, sausasis svoris (angl. *a dry weight*) sumažėja apie 14 proc., o vieną valandą veikiant šaknies dentiną 5 proc. NaOCl, atsparumas lenkimo jėgoms sumažėja net daugiau kaip 50 proc. (77, 81). Nors šie tyrimai atlikti *in vitro* ir tiesiogiai rezultatų susieti su klinicine praktika neįmanoma, visgi jie leidžia teigti, kad NaOCl turi neigiamą įtaką šaknies dentinui ir mažina jo atsparumą skilimui.

Dar vienas medikamentas, naudojamas kasdienėje klinikinėje praktikoje, yra etilendiamintetraacto rūgštis (EDTA). Tyrimų rezultatai rodo, kad 10 min. trukmės plovimas 17 proc. EDTA gali turėti neigiamos įtakos peritubuliniam ir intertubuliniam dentinui, dėl to sumažėja dentino elastingumas ir atsparumas lenkimo jėgoms (85, 87, 88). Kaip rodo atliktų studijų rezultatai, ne tik pati medžiaga, bet ir plovimo trukmė yra svarbi dentino struktūrai. 5 min. trukmės plovimas 17 proc. EDTA sumažina dentino mikrokietumą labiau nei 1 min. (89). *In vitro* tyrimų rezultatai rodo, kad ne tik trukmė ir koncentracija, bet ir plovimo tirpalų derinys gali būti svarbūs dentino savybių pokyčiams (83, 87).

Dažniausiai klinikinėje praktikoje tiek pirminiam endodontiniam gydymui, tiek pergydymui yra naudojamas NaOCl ir EDTA tirpalų derinys, siekiant pašalinti lipnųjį sluoksnį nuo šaknies kanalo paviršiaus, padidinti tiesioginį dezinfekcinio tirpalo poveikį. Tačiau ilgesnės trukmės šių tirpalų derinio naudojimas gali sukelti daugybinių erozijų dentino paviršiuje (85). Dantys po endodontinio gydymo, kurie yra ir taip susilpnėję dėl kietųjų audinių netekimo, gali būti dar labiau susilpninti plovimui naudojamų tirpalų poveikio cheminei dentino sudėčiai, kartu lemdami didesnę (žalingesnę) kaupiamąjį poveikį dentinui (36).

Siekiant užtikrinti maksimalų dezinfekcinį poveikį dentinui endodontinio gydymo metu, aukso standartu išlieka intrakanalinio medikamento naudojimas tarp apsilankymų, dažniausiai – kalcio hidroksido ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) pasta, leidžianti sumažinti mikroorganizmų kiekį šaknų kanalų sistemoje (90–94). Ji pasižymi antibakteriniu aktyvumu, biologiniu suderinamumu, kietųjų audinių formavimąsi skatinančiu, nekrozinius audinius tirpdančiu poveikiu (79, 85, 91–94). Tai medžiaga, pasižyminti dideliu šarmingumu, siekiančiu 12 pH (79, 80, 94, 95). Nors kalcio hidroksido pastos antibakterinio poveikio efektyvumas nekelia abejonių, tačiau buvo tiriamas ir galimas jos poveikis šaknies dentinui (94, 96, 97).

Rozenberg ir bendraautorių pateikti duomenys rodo, kad kalcio hidroksido pasta sumažina dentino atsparumą skilimui nuo 23 proc. iki 43.9 proc. ir jos poveikis dentinui didėja ilgėjant gydymo trukmei (98). Gydymas kalcio hidroksido pasta ilgiau kaip 1 mėnesį labai susilpnina dentiną ir padidina skilimo riziką (91, 93, 94, 96, 97). Teigiama, kad po $\text{Ca}(\text{OH})_2$ naudojimo šaknų kanaluose dentino atsparumas skilimui sumažėja dėl pokyčių organinėje jo matricoje ir tai siejama su dideliu medžiagos šarmingumu (79, 98, 99). Organinėje dentino matricoje gausu rūgštinių komponentų (fosfatų ir karboksilatų grupių), atliekančių rišamąją funkciją tarp hidroksiapatitų ir kolageninių skaidulų, kas ir nulemia dentino stiprumą. Šarminių cheminių medžiagų ilgalaikis naudojimas gali ištirpdyti, denatūruoti arba neutralizuoti rūgštinius organinius komponentus ir ardyti dentino struktūrą (86, 93, 98, 99), dėl to sumažėja atsparumas skilimui (93). Kartu su danties audinio netekimu cheminių medžiagų sukelti dentino

pokyčiai yra pagrindinė endodontiškai gydytų dantų dentino stiprumo sumažėjimo priežastis (36, 100).

Danties vainiko kokybiškas, hermetiškas atkūrimas svarbus ne tik biologine prasme, norint apsaugoti šaknų kanalų sistemą nuo galimos reinfekcijos (101), nes įrodyta, kad nesandarus vainiko atstatymas, endodontinio gydymo sėkmę sumažina nuo 71 proc. iki 81 proc. (102), o kiti autoriai teigia, kad sėkmė sumažėja net iki 44 proc. (103). Kitas svarbus vainiko atkūrimo klinikinis aspektas yra danties apsaugojimas nuo skilimo po endodontinio gydymo (65). Po endodontinio gydymo likusių danties audinių kiekis yra pagrindinis veiksnys, nulemiantis vainiko atkūrimo būdo pasirinkimą (104). Dažnai tokiuose dantyse, norint sukurti retenciją, naudojamas kultinis kaištis (105). Būtent ložės paruošimo šaknyje procedūra mažina danties atsparumą lūžiui, nes jos metu yra pašalinama ne tik šaknies kanalo užpildo medžiaga, bet ir dalis dentino (106, 107). Cementuojant kaištį šaknies kanale, sukeliama įtampa dentine ir šaknis gali skilti (108). Paskelbtuose moksliniuose tyrimuose dažniausiai vertinama įvairių kaiščių ir jų savybių įtaka šaknies skilimo atsparumui, o gauti rezultatai yra priešaringi (109–111). Nors vainiko atkūrimo būdai, kaiščių savybės turi įtakos dantų skilimo atsparumui ir šaknies lūžio tipui, visgi sveikų audinių danties vainiko ir kaklelio srityje išsaugojimas laikomas reikšmingu veiksmu, nulemiančiu endodontiškai gydytų dantų biomechanines savybes (112, 113).

Literatūroje aprašyti tyrimai vertino atskirų gydymo etapų (procedūrų) įtaką šaknies dentinui ir skilimo atsparumui. *Kishen*, apžvelgdamas veiksnius, turinčius įtakos šaknies dentino stiprumui, teigė, kad vertikalų šaknies skilimą sukelia tokių veiksnių kaip šaknies kanalo preparavimas, plovimas ir intrakanalinių medikamentų naudojimas tarpusavio sąveika (64, 114). Visgi dauguma tyrėjų vertino dantis po pirminio endodontinio gydymo, tačiau tikėtina, kad poveikis pergydomų dantų šaknims yra dar stipresnis. Atliekant rezorcino formalino impregnacine metodika gydytų dantų endodontinį pergydymą, dėl duomenų stygiaus yra nežinomas standartinių endodontinio gydymo procedūrų taikymo poveikis tokių dantų dentinui.

2.3. Šaknies dentino skilimai ir jų priežastys

Šaknies dentine atsiradusios mikropažaidos, pavyzdžiui, mikroskilimai ar įskilimo linijos (angl. *craze line*), yra kliniškai svarbios, nes veikiant kramtymo jėgoms gali plėstis ir tikėtina, kad įvyks vertikalus šaknies lūžis (40, 46, 115). Vyrauja nuomonė, kad tokio tipo lūžis turėtų būti siejamas ne su momentiniu reiškiniu, bet su ilgalaikio proceso galimu padariniu (116, 117). Daugeliu atveju neįmanoma tiksliai ir laiku nustatyti mikroskilimų (40, 118, 119). Pagrindinės diagnostikos priemonės yra periodonto kišenės zondavimas, skilimo linijų dažymas, apžiūra mikroskopu, rentgeninis ištyrimas ir tūrinė kompiuterinė tomografija (120–123). Tačiau visos šios priemonės dažniausiai yra tinkamos jau įvykusių lūžių diagnostikai.

Nustatyti skilimą pradiniu gydymo etapu yra labai svarbu tiksliam gydymo planavimui, tačiau net ir nustačius sunku kliniškai vertinti skilimo laipsnį, išplitimą, numatyti prognozę (124). Dažniausiai ši patologija diagnozuojama po metų remiantis kaulo netekimu bei klinikiniais simptomais (40, 118).

Mokslinėje literatūroje tai pačiai patologijai apibūdinti, tik atsižvelgiant į jos sunkumo laipsnį, yra vartojami skirtingi terminai: skilęs dantis, vertikalus lūžis, visiškas ar dalinis, pirminis ar antrinis skilimas, įskilimas, skilimo linija ir kt. (13, 48, 125). Daugelis autorių pastaraisiais metais linksta vartoti apibendrinamąjį terminą „dentino defektai / pažeidimai“ (angl. *defect*) (7, 9, 13, 73, 125, 126). Jie gali prasidėti bet kurioje šaknies vietoje. Atlikti tyrimai *in vitro* rodo, kad jų formavimasis yra susijęs su kasdienėmis endodontinio gydymo procedūromis: šaknies kanalo platinimu, užpildymu ir pergudymu (7, 57, 125, 127).

Per paskutinius du dešimtmečius mašininų nikelio ir titano lydinio (NiTi) instrumentų gamybos technologijų pažanga leido sukurti naujo dizaino instrumentus ir šaknies kanalo ruošimo metodikas (9, 128). Teigiama, kad, šaknų kanalų mechaniniam platinimui naudojant NiTi instrumentus, pagerinama kanalo švara, sumažinama kanalo ar viršūnės transportavimo ir perforacijos rizika, kanalui suteikiamas apvalesnis skersmuo, smailėjančio kūgio forma (9, 129). Nepaisant pranašumų pastebėta, kad būtent šių instrumentų naudojimas gali būti įskilimų šaknies kanalo sienoje (dentine) skirtingame aukštyje ir gilyje priežastis (14, 126, 130). Tyrimai parodė, kad skirtingos šaknies kanalo platinimo

mo metodikos ir instrumentų sistemos gali sukelti įvairaus laipsnio pažeidimus šaknies kanalo sienoje (125, 130). *Yoldas* ir bendraautorių atlikto *in vitro* tyrimo duomenimis, apie 60 proc. endodontiškai paruoštų dantų šaknų buvo nustatyti įvairūs defektai dentine (13). Šaknies kanalo mechaninio ruošimo metu tarp instrumento ir dentino sienos atsiranda tiesioginis kontaktas, sukuriantis daugybę momentinių įtampos susikaupimo vietų, kuriose gali būti pažeistas dentino struktūros vientisumas (9, 131). Ši įtampa perduodama per šaknį į išorinį jos paviršių. Jai viršijant dentino struktūrinį vientisumą palaikančių jėgų tarpusavio balansą, šaknies paviršiuje gali atsirasti skilimų (132). *Bier* ir bendraautorių bei *Shemesh* ir bendraautorių atliktų *in vitro* tyrimų rezultatai parodė, kad esama ryšio tarp įskilimų formavimosi ir šaknų kanalų platinimo bei pildymo procedūrų (126, 130). *Shemesh* ir bendraautoriai teigė, kad kanalo platinimas mašininiais NiTi instrumentais sukėlė tokius dentino pažeidimus kaip lūžiai, matomos skilimo linijos, daliniai skilimai (130). *Bier* ir bendraautoriai nustatė, kad kanalo platinimas mašininiais NiTi instrumentais sukelia gerokai daugiau skilimų negu tą pačią procedūrą atliekant rankiniais instrumentais, ir rastus dentino pokyčius siejo su didesniu mašininų instrumentų apsisukimų skaičiumi (126). Kitų tyrimų *in vitro* rezultatai rodo, kad rankiniai instrumentai nesukelia šaknies kanalo sienoje pažeidimų, ir tai gali būti siejama su mažesniu rankinių instrumentų agresyvumu, palyginti su mašininiais instrumentais (9, 39, 126, 130, 131, 133). Šaknies kanalo ruošimas rankiniais instrumentais nesukelia dentino skilimų, tačiau jais paruošto kanalo forma yra gana nelygi (134). Įrodyta, kad ir rankiniai nelankstaus nerūdijančio plieno instrumentai, kurie ilgą laiką buvo naudojami platinant kanalą, sukuria didesnę įtampą ir padidina dentino skilimų riziką (9, 13, 116, 135).

Bier ir bendraautoriai įvardijo instrumento kūgį kaip svarbų veiksnių dentino skilimams atsirasti dėl įtampos šaknies kanalo sienoje, kurią sukuria didesnio kūgio instrumentai (126). Skilimų atsiradimas gali būti siejamas su mašininio instrumento viršūnės, kertančiųjų ašmenų dizainu, kirtimo kampų, skerspjuvio geometrija, pastoviu ar kintančiu atstumu tarp apvijų, kūgiu (9, 13, 39, 116, 136, 137). *Kim* su bendraautoriais atlikto tyrimo *in vitro* rezultatai parodė, kad instrumento forma turi įtakos įtampos koncentracijai platinant

šaknies kanalą, kas padidina dentino skilimų dažnį (9). *Adorno* ir bendraautorių nuomone, ne platinimo metodika, o darbinis ilgis turi įtakos dentino skilimams atsirasti (116).

Naujesni tyrimai įrodė ryšį tarp atsirandančių dentino skilimų ir instrumentų skirtingų judesių (kinematikos) platinant šaknies kanalą. Instrumentų judesiai gali būti tolygūs sukamieji, grįžtamieji su skirtingais kampais ir prisitaikomieji (14). *Karatas* ir bendraautoriai, atlikdami tyrimą *in vitro*, lygino instrumentų kinematikos rūšis ir nustatė, kad jos visos turi įtakos skilimams atsirasti, bet skirtingi instrumentų judesiai sukėlė skirtingą kiekį dentino skilimų (6). Teigiama, kad grįžtamasis judesys yra švelnesnis ir mažiau pažeidžia dentiną, o aktyvus vienpusis sukamasis judesys sukuria didesnę įtampos koncentraciją šaknies kanalo sienoje, dėl kurios ir gali atsirasti skilimų (138). Buvo nustatyta, kad grįžtamasis judesys suteikia galimybę instrumentui išlikti labiau šaknies kanalo centre bei suteikia laisvumą instrumentui judėti platinamame kanale (139, 140). *Liu* ir bendraautorių tyrimo *in vitro* rezultatai irgi parodė, kad grįžtamasis sukamasis judesys sukelia mažiau dentino pažeidimų negu vientisas vienpusis judesys (121, 141). Tačiau *Burklein* ir bendraautorių tyrimo *in vitro* rezultatai parodė, kad grįžtamasis instrumento judesys šaknies viršūninėje dalyje sukelia daugiau dalinių skilimų, palyginti su vientiso vienpusio sukimosi instrumentais (14). Tačiau vienodos nuomonės šiuo klausimu nėra, nes kita grupė mokslininkų nustatė, kad grįžtamąjį judesį turintys instrumentai gali dažniau sukelti dalinių įskilimų ir jų plitimą negu įprastą visą seką turinti vientiso vienpusio sukimosi instrumentų sistema (14, 115, 142–144). Jų teigimu, šaknies kanalo platinimas vieninteliu didelio kūgio grįžtamąjį judesį turinčiu instrumentu, kuris kerta didelį dentino kiekį per trumpą laiką, gali sukelti daugiau dentino pažeidimų negu įprastas platinimas, kurį sudaro laipsniškas kūgio didinimas ir lėtas kanalo platinimas (14). Tačiau *Ustun* ir bendraautorių duomenimis, instrumentų kinematika neturi jokios įtakos skilimams atsirasti (145).

Naudodami mikrokompiuterinę tomografiją, *De-Deus* ir bendraautoriai nerado tiesioginio ryšio tarp dentino skilimų susidarymo ir šaknies kanalo platinimo skirtingais mašiniais NiTi instrumentais (115, 146).

Atliktuose *in vitro* tyrimuose visgi daugiausia nagrinėta pirminio endodontinio gydymo įtaka šaknies dentino skilimams ir palyginti nedaug dėmesio skiriama endodontinio pergydymo poveikiui.

Nors pirminio endodontinio gydymo sėkmė siekia nuo 86 proc. iki 98 proc. (147, 148), nepakankamas kanalų chemomechaninis paruošimas ir užpildymas, nerasti kanalai, vainikinis pralaidumas yra pagrindinės pirminio endodontinio gydymo nesėkmių priežastys dėl išlikusių bakterijų šaknų kanalų sistemoje (127, 149, 150). Gutaperčia ir pastos (angl. *sealer*) yra dažniausiai naudojamos kaip užpildo medžiagos, o jų saugus, efektyvus pašalinimas iš šaknų kanalų sistemos yra esminis atliekant konservatyvų pergydymą, nes jis užtikrina veiksmingą šaknies kanalo sistemos dezinfekavimą, tolesnį jo platinimą ir užpildymą (127, 151–153). Taigi, vienas iš *Grossman* nurodomų šaknų kanalų užpildo medžiagos reikalavimų – būti lengvai pašalinamai iš šaknies kanalų sistemos (154). Priklausomai nuo užpildo medžiagos šaknies kanale, atliekant endodontinio pergydymo procedūras gali būti naudojamos skirtingos priemonės užpildui pašalinti: mašininiai ir (ar) ultragarsiniai instrumentai, karščio nešikliai, rankiniai instrumentai, tirpikliai arba šių priemonių deriniai (150, 155). Šiandien akivaizdu, kad dauguma gydytojų odontologų, atlikdami pergydymo procedūras, rankiniais instrumentais turi pašalinti gutaperčią iš šaknų kanalų spindžių. Šios procedūros atlikimo laikas ir užpildui šalinti naudojama jėga tiesiogiai priklauso nuo medžiagos kondensacijos laipsnio (127). Nikelio ir titano lydinio (NiTi) mašininų instrumentų sistemos buvo pasiūlytos endodontiniam pergydymui dėl jų saugumo, veiksmingumo ir greitesnio laiko šalinant gutaperčią ir pastą (angl. *sealer*) (156, 157). Įvairūs NiTi mašininiai instrumentai sukurti šaknies kanalui platinti, o neseniai – kelios sistemos, iš jų pergydymo procedūroms atlikti (125, 127, 154, 158, 159).

Shemesh ir bendraautoriai tyrė pergydymo procedūrų poveikį ir nustatė, kad tiek rankiniai instrumentai, tiek *ProTaper* pergydymo sistema sukelia dentino defektus (7). Tą patį patvirtino *Topcuoglu* ir bendraautorių rezultatai (127). Pergydymo procedūra susijusi su daug ir skirtingų veiksmų, atliekamų šaknies kanale, bei papildomu mechaniniu šaknies kanalo ruošimu ir tai tampa dentino struktūros defektų provokuojančiais veiksniais (7, 127, 149, 160).

Akivaizdu, kad nebereikia įrodinėti ryšio tarp pašalinto dentino kiekio ir skilimų formavimosi (43). Tačiau, norint užtikrinti kuo geriausią endodontinio pergydymo prognozę, būtina kiek įmanoma sumažinti infekuoto dentino kiekį šaknies kanalo sienos paviršiuje. Pergydymo atveju platinant šaknies kanalo spindį išlieka dilema tarp būtinybės maksimaliai sumažinti šaknies kanalo liekamųjų mikroorganizmų skaičių ir kartu išlaikyti kiek įmanoma storą likusio šaknies dentino sluoksnį (73).

Nors šiuolaikinė endodontologija sunkiai įsivaizduojama be ultragarsinių instrumentų, visgi duomenų apie galimą jų poveikį šaknies dentinui yra mažai (161). Tuo labiau kad šie instrumentai pasižymi agresyviu poveikiu ir karščio generavimu. Tad jų poveikis yra ypač svarbus, kai pergydant kanalus būtina įvertinti visą galimą riziką, apsisprendus naudoti vieno ar kito tipo instrumentus. Tyrimais įrodyta, kad naudojant ultragarsinius instrumentus kaiščio ar atsidalijusio instrumento šalinimui atsiradęs karštis gali pažeisti periodonto raištį ir net sukelti nekrozinis alveolės kaulo pokyčius (63, 162, 163), bet įtakos šaknies skilimui neturi (164). Tačiau tiriant ultragarsinių instrumentų naudojimą chirurginėje endodontijoje retrogradinei ertmei paruošti paaiškėjo, kad jie sukelia ne tik šaknies kanalo sienos netolygumus, bet ir dentino mikroskilimus (126, 165).

Šaknies dentino struktūros defektų priežastis gali būti ir šaknies kanalų sistemos pildymo metodas (166). Šiuo metu šaknų kanalų pildymui yra taikoma šoninė šaltos arba vertikalios karštos gutaperčios kondensacijos metodikos. Ir viena, ir kita yra susijusi su spaudimo jėgos naudojimu šaknies kanalo sistemai užpildyti. Kai kurie atlikti tyrimai parodė, kad šoninė šaltos gutaperčios šaknies kanalų pildymo metodika gali sukelti dentino skilimus (130, 166). Tai susiję su visa eile veiksnių tokių, kaip: plėtiklio (angl. *spreader*) forma, jo įstūmimo gylis, šaknies kanalo spindžiui suteiktos kūgio formos bei jėgos stiprumo atliekant pildymo procedūrą (12, 130). Teigiama, kad šaknies skilimai galimi naudojant net ir mažesnę nei 1,5 kg plėtiklio spaudimo jėgą, o endodontologų naudojamos jėgos į plėtiklį stiprumas svyruoja nuo 1 iki 3 kg (166, 167). Remdamiesi tyrimų rezultatais mokslininkai rekomenduoja naudoti iki 2 kg jėgą, nors ir pastaroji gali sukelti skilimų (73).

Shemesh ir bendraautorai rado gerokai daugiau šaknų skilimų, jei pildant kanalus buvo naudotas plėtiklis, palyginant su metodika nenaudojant kondensacijos (130). Jų ir dar kelių atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad kanalo pildymo metodikos yra siejamos su jau kanalo mechaninio ruošimo metu atsiradusių defektų plitimu ir didėjimu (72, 125, 130, 168).

Vertikalios karštos gutaperčios kondensacijos metu naudojama termoplastinė užpildo medžiaga kondensuojama vertikalia kryptimi naudojant kondenserius (angl. *plugger*). Buvo teigiama, kad atliekant vertikalią kondensaciją, kai nenaudojamas plėtiklis, skilimų neturėtų įvykti (125). Visgi susidariusios hidraulinės jėgos vertikalios karštos gutaperčios kondensacijos metu sudaro spaudimą šaknies kanalo sienai ir sukuria pleišto efektą (125). Tyrimai parodė, kad po šaknies kanalo platinimo NiTi sukamaisiais mašiniais instrumentais pildymas sukelia daugiau skilimų negu tik preparavimo procedūra – tai patvirtina ir kitų tyrimų rezultatai (125, 130, 149).

Nors vieno kaiščio šaknies kanalo pildymo metodika naudojama nedažnai, ji nesukelia papildomos jėgos ir dentino skilimų atliekant kanalo pildymo procedūrą (125, 127, 130, 169). Remiantis tyrimo *in vitro* rezultatais, vieno kaiščio užpildymas neturėjo didesnės įtakos skilimams atsirasti ir plisti (170), matyt, dėl minimalaus spaudimo pildymo metu, palyginti su kitomis metodikomis, kurias taikant šaknies kanalo sieną veikia kondensacijos jėgos (12).

Vis dar neišku, kada po atlikto endodontinio gydymo skilimo linijos ar daliniai skilimai gali išplisti ir šaknis visiškai skilti, nes dauguma tyrimų yra *in vitro* ir akivaizdu, kad jų atlikimo sąlygas ir rezultatus tiesiogiai lyginti ir perkelti į kliniką būtų sudėtinga. Vėlesnės gydymo procedūros, pavyzdžiui, kanalo pildymas, kaiščio cementavimas ar pergydymas, ar tiesiog kramtymo jėgos ir okliuzinis krūvis taip pat sukelia įtampą, kuri sustiprėja skilimo viršūnėje ir gali tapti visiško skilimo priežastimi, dėl to prarandamas dantis (11, 14, 40, 131). Be to, bakterijos gali daugintis skilimo linijoje ir vėliau sukurti bioplėvelę šaknies paviršiuje (171).

Net ir pastaraisiais metais gydytojų endodontologų klinikinėje praktikoje nesumažėjo atvejų, kai reikia pergydyti dantis, gydytus rezorcino formalino impregnacine metodika. Tai gali būti siejama su gydytojų odontologų vengimu

atlikti tokių dantų pergydymo procedūras dėl žinomų techninių sunkumų ir iššūkių. Rezorcino formalino pasta gydytų dantų pergydymas yra nenuspėjamas ir aiškaus tokių dantų pergydymo protokolo nėra. Dažniausiai kiekvienas atvejis būna išskirtinis, dėl to gydytojui reikia turėti pakankamai žinių ir patirties, gebėti kiekvienu klinikiu atveju parinkti instrumentų derinius. Įprastai šių dantų vainikai turi būti atkuriami protezuojant, o dažnai jie tampa atraminiais tiltinių protezų dantimis. Glaudžiai bendradarbiaudami skirtingų specialybių odontologai, dalyvaujantys įgyvendinant gydymo planą, turi įvertinti šių dantų pergydymo procedūrų įtaką ir prognozę, bei tinkamai informuoti pacientus dėl galimų gydymo nesėkmių. Galbūt *in vitro* tyrimai iš pirmo žvilgsnio atrodo labai eksperimentiniai, bet tik tokiu būdu galima pamatyti tikėtinus dentino pokyčius. Šiuo mūsų atliktu tyrimu siekėme išsiaiškinti rezorcino formalino pasta gydytų dantų šaknies dentino ultrastruktūrą ir pergydymo procedūrų įtaką šaknies dentinui, nes iki šiol tik spėjama ir remiamasi klinicine patirtimi, kad tokie dantys turi didesnę polinkį skilti.

3. TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI

Tyrimui atlikti gautas VŠĮ VUL Žalgirio klinikos etikos komiteto leidimas Nr. EK-2.

3.1. Rezorcino formalino pasta gydytų dantų endodontinio pergydymo procedūrų poveikis šaknies dentino paviršiui

3.1.1. Dantų šaknų ruošimas

Į tyrimą buvo įtraukta rezorcino formalino pasta gydytų 80 pašalintų pirmųjų apatinio žandikaulio krūminių dantų susiformavusiomis šaknų viršūnėmis, kurių paviršiuje nebuvo matoma jokių skilimo požymių. Dantį išrovus, jis buvo nuvalomas marlės tamponėliu. Išorinis paviršius apžiūrinamas mikroskopu, naudojant 16 kartų didinimą (gam. *Zeiss Stemi SV6; Carl Zeiss, Jena, Vokietija*) ir merkiamas į distiliuotą vandenį, kuriame buvo laikomas per visą tyrimą, siekiant išvengti dehidracijos ir galimo kitų medžiagų fiksavimo ir tirpdomojo poveikio danties audiniams. Pacientų amžius, lytis, danties šalinimo priežastys buvo nežinomi.

Tolesniam tyrimui buvo pasirinktos distalinės pašalintų dantų šaknys, turinčios I tipo šaknies kanalą (172). Distalinėms šaknims atskirti buvo naudojamas deimanto drožlėmis dengtas fisūrinis grąžtas greitaeigiame antgalyje su vandens aušinimu (400 000 aps./min.) (gam.: *MASTERtorque LUX M9000L, KaVo Dental GmbH, Bismarckring 39, D-88400 Biberach, Vokietija*). Norint suvienodinti šaknų ilgį, naudojant elektroninį (skaitmeninį) slankmatį buvo paliekama 12 mm šaknies, ilgį matuojant nuo anatominės šaknies viršūnės. Atlikus procedūrą, šaknų išorinis paviršius ir skersinis šaknies pjūvis buvo įvertinti mikroskopu naudojant 16 kartų didinimą (gam.: *Zeiss Stemi SV6; Carl Zeiss, Jena, Vokietija*). Buvo paliktos tos šaknys, kurių paviršiuose nebuvo jokių audinio vientisumo pažeidimų. Šaknies kanalo tipui nustatyti atliktos dviejų kryptų – skruostinės liežuvinės (SL) ir mezialinės distalinės (MD) – rentgenogramos. Visos rentgenogramos buvo atliekamos naudojant *Planmeca intra*

(gam.: *Planmeca Only*, Helsinkis, Suomija) aparatą, taikant 0,08 mSv rentgeno ekspoziciją ir išlaikant 3 cm atstumą tarp rentgeno vamzdžio ir šaknies mėginio. Kiekvienai šakniai buvo suteiktas kodas ir ji buvo merkiama į atskirą koduotą tokiu pačiu kodu talpyklą su distiliuotu vandeniu.

3.1.2. Šaknų mėginių ruošimas

Visų paruoštų šaknų 2 mm vainikinio šaknies trečdalis buvo fiksuota derivoje. Sukietėjus dervai, naudojant lėtaeigį vandeniu aušinamą mikrotomą (gam.: *Leica SP 1600*, *Wetzlar*, Vokietija) buvo atlikti lygiagretūs pjūviai šaknyje 3 mm ir 9 mm atstumu nuo anatominės šaknies viršūnės. Buvo padarytos mėginių vainikinio ir viršūninio skerspjūvio paviršių nuotraukos naudojant mikroskopą (gam.: *Zeiss Stemi SV6*, *Carl Zeiss*, Jena, Vokietija) skirtingais didinimais – 10 ir 16 kartų, išlaikant vienodą atstumą tarp mikroskopo objektyvo ir mėginio paviršiaus. Kiekvieną nuotrauką individualiai vertino du tyrėjai – gydytojai endodontologai. Mėginiai, kuriuose buvo rasta skilimų, buvo pašalinti iš tyrimo. Nuotraukoms buvo suteikti kodai. Mėginių nuotraukos, atliktos po jų apžiūros, tapo kontroline grupe.

Mėginių vainikinio ir viršūninio trečdalių paviršių skersmens matavimai skruostine liežuvine (SL) ir mezialine distaline (MD) kryptimis elektroniniu (skaitmeniniu) slankmačiu buvo atliekami tris kartus, apskaičiuojant vidurkį, kad būtų išvengta tyrime naudotų šaknų skersmens nuokrypių (variacijos ribos: vainikinio paviršiaus skersmenys MD 3,62–3,98 mm, SL 6,34– 6,69 mm, viršūninio paviršiaus skersmenys MD 2,99–3,14 mm, SL 4,61–4,83 mm). Atsižvelgiant į rezorcino formalino pastos šaknies kanale kietumą, koduoti mėginiai buvo suskirstyti į dvi grupes: minkšto užpildo (1 grupė) ir kieto užpildo (2 grupė). Skirstymas buvo pagrįstas tyrėjo gebėjimu praeiti šaknies mėginio kanalo spindį rankiniu 15 dydžio *K-file* endodontiniu instrumentu (gam.: *Dens-play Maillefer*, *Bellaigues*, Šveicarija). Šaknies kanalo užpildo medžiaga buvo įvardijama kaip minkštas užpildas, jeigu endodontiniu instrumentu šaknies kanalo spindis buvo praeinamas, ir kaip kietas užpildas, jei instrumentu praeiti spindžio nepavykdavo (atliktose rentgenogramose visų šaknų kanaluose buvo stebima kontrastuojanti užpildo medžiaga).

3.1.3. Šaknies mėginių kanalų chemomechaninis ruošimas

Norint imituoti periodonto raiščio streso paskirstymo mechanizmą, prieš šaknų kanalų mechaninio ruošimo etapą šaknų mėginiai buvo įtvirtinti vieno do skersmens atspaudinės silikono medžiagos (gam.: *Panasil Putty Soft, Kettenbach, GmbH and Co*, Vokietija) blokeliuose (7). Medžiaga sumaišyta pagal gamintojo rekomendacijas.

Pirmą grupę sudarė 40 distalinių šaknų (DŠ) mėginių, šaknies kanale minkšta užpildo medžiaga praeita 15 dydžio *K-file* endodontiniu instrumentu (gam.: *Densplay Maillefer, Ballaigues*, Šveicarija). Mechaninis paruošimas atliktas *ProTaper* mašiniais nikelio ir titano lydinio instrumentais (SX, S1, S2, F1, F2, F3, F4, F5) (gam.: *Densplay Maillefer, Ballaigues*, Šveicarija) gamintojo rekomenduojama seka, naudojant juos mažo sukimo momento elektriniame motore (300 aps./min.) (gam.: *Densplay Maillefer, Ballaigues*, Šveicarija), taikant vertikalius, šluojamuosius judesius ir vainiko žemyn (angl. *crown-down*) metodiką.

Antrą grupę sudarė 40 distalinių šaknų (DŠ) mėginių, kurių kietai užpildo medžiagai pašalinti buvo naudotas 4 dydžio *ProUltra Endo* ultragarsinis instrumentas (gam.: *Densplay Maillefer, Ballaigues*, Šveicarija), *Piezon Master 400* ultragarsiniame skaleryje naudojant vienodą 30 000 Khz vibracijos dažnį (gam.: *EMS SA, CH-1260 Nyon*, Šveicarija), aušinant steriliu vandeniu. Šaknų kanalų mechaninis ruošimas buvo atliktas kaip ir pirmoje grupėje.

Mechaninio ruošimo metu, keičiant kiekvieną instrumentą, šaknies kanalai buvo plaunami 2 ml 2 proc. natrio hipochlorito (NaOCl) tirpalu (gam.: *Chlor-Cid, Ultradent Products Inc.*, JAV). Paskutiniam kanalų plovimui naudota 2 ml sterilaus distiliuoto vandens.

Visi mėginių, šaknų kanalų ir nuotraukų paruošimo etapai atlikti vieno gydytojo endodontologo (EN).

3.1.4. Šaknų mėginių paviršių vertinimas

Po atlikto šaknų kanalų mėginių mechaninio paruošimo buvo atliktos 1 ir 2 grupių mėginių vainikinio ir viršūninio trečdalių skersinių pjūvių paviršių nuotraukos naudojant 10 ir 16 kartų didinimą mikroskopu (gam.: *Zeiss Stemi SV6, Carl Zeiss*, Jena, Vokietija).

Norint įvertinti metileno mėlynojo poveikį šaknų, gydytų rezorcino formolino pasta, įskilimų diagnostikai, mėginių vainikinis ir viršūninis skerspjuviai buvo pamerkti 2 min. į *Vista-Blue* 2 proc. metileno mėlynojo (gam.: *Inter-Med/Vista Dental Products, Racine, JAV*) tirpalą ir paskui nuplauti tekančio vandens srove. Visi mėginiai buvo pakartotinai fotografuoti naudojant 10 ir 16 kartų didinimą mikroskopu (gam.: *Zeiss Stemi SV6, Carl Zeiss, Jena, Vokietija*).

Trys gydytojai endodontologai du kartus su dviejų savaičių trukmės pertrauka tarp vertinimų individualiai vertino mėginių nuotraukas. Jie turėjo įvertinti kiekvieno mėginio viršūninio ir vainikinio trečdalių nuotraukas, atliktas dviem didinimais po endodontinio pergydymo ir metileno mėlynojo dažymo procedūros, ir palyginti su kontrolinėmis tų pačių mėginių nuotraukomis (320 kontrolinių nuotraukų, 320 nuotraukų po atlikto endodontinio pergydymo, 320 nuotraukų po dažymo metileno mėlynuoju). Tais atvejais, kai trijų vertintojų vertinimai nesutapo, nuotraukos buvo peržiūrėtos pakartotinai ir priimtas bendras vertintojų susitarimas. Vertinimo procedūrai atlikti buvo paruošta standartizuota forma, kurioje kiekvienam atvejui buvo būtina nurodyti matomų skilimų skaičių (nėra įskilimo – 0, jei yra – nurodomas skaičius kiek 1, 2, 3 ir t. t.) ir skilimų tipą. Vertinant skilimus buvo išskirti keturių tipų galimi skilimai: nėra skilimų (angl. *no defect*) – šaknies paviršiuje nėra nė vieno skilimo (1 pav.);



1 paveikslas. Nėra dentino skilimų

visiškas skilimas (angl. *complete fracture/fracture*) – skilimo linija tęsiasi nuo šaknies kanalo spindžio iki išorinio šaknies paviršiaus (2 pav.); nevisiškas /dalinis skilimas (angl. *incomplete fracture/partial crack*) – skilimo linija prasideda nuo išorinio šaknies paviršiaus arba nuo kanalo spindžio, tačiau nesitęsia per visą dentino plotį (3 pav.); vidinis dentino skilimas (angl. *intradental fracture*) – skilimo linija šaknies dentine, nesiekianti nei išorinio šaknies paviršiaus, nei kanalo spindžio (4 pav.).



2 paveikslas. Visiškas dentino skilimas



3 paveikslas. Dalinis dentino skilimas



4 paveikslas. Vidinis dentino skilimas

3.2. Dantų šaknies dentino atsparumo skilimui tyrimas

3.2.1. Dantų atranka ir ruošimas

Tyrimui buvo atrinkta 120 išrautų apatinio žandikaulio pirmųjų krūminių dantų susiformavusiomis šaknų viršūnėmis, kurių šaknų kanalai anksčiau pildyti minkštos konsistencijos rezorcino formalino pasta (naudojant endodontinį instrumentą 15 dydžio *K-file* (gam.: *Densplay Maillefer, Bellaigues, Šveicarija*) buvo praeitas kanalo spindis), ir 40 apatinio žandikaulio pirmųjų krūminių dantų, turinčių susiformavusias šaknų viršūnes ir gyvybingą pulpą. Dantų šaknų ruošimas vyko analogiškai, kaip aprašyta 3.1.1 skirsnyje. Šaknims suteikti kodai ir kiekviena buvo pamerkta į atskirą talpyklą su distiliuotu vandeniu. Atsitiktine tvarka iš 120 rezorcino formalino pasta pildytų šaknų buvo atrinkta 40, kurioms jokių endodontinio gydymo procedūrų nebuvo numatyta atlikti. Likusių 80 rezorcino formalino pasta pildytų šaknų buvo atliktas chemomechaninis šaknų kanalų ruošimas, aprašytas 3.1.3 skirsnyje pateiktame 1 grupės šaknų mėginių chemomechaninio ruošimo apraše.

Norint imituoti periodonto raištį ir streso paskirstymo mechanizmą šaknų kanalų mechaninio paruošimo metu, šaknys buvo įtvirtintos vienodo skersmens silikono atspaudinės medžiagos (gam.: *Panasil Putty Soft, Kettenbach, GmbH and Co, Vokietija*) blokeliuose (7).

3.2.2. Mėginių ruošimas

Išlaikant kodavimą, šaknų mėginių paruošimas ir vertinimas vyko analogiškai, kaip aprašyta 3.1.2 skirsnyje.

Buvo sudarytos keturios tiriamųjų mėginių grupės: **C1 gr.** – 40 distalinių šaknų dantų, turinčių gyvybingą pulpą, endodontinis gydymas neatliktas, mėginių išoriniame bei vainikinio ir viršūninio trečdalių skerspjuvių paviršiuose skilimų nebuvo; **E1 gr.** – 40 distalinių šaknų, gydytų rezorcino formalino pasta, mėginiai, kurių šaknų kanalų endodontinis pergydymas neatliktas ir išoriniame bei vainikinio ir viršūninio trečdalių skersinių pjūvių paviršiuose skilimų nebuvo; **E2 gr.** – 40 distalinių šaknų, gydytų rezorcino formalino pasta, kurių išoriniame ir vainikinio bei viršūninio trečdalių skerspjuvių paviršiuose po atlikto šaknų kanalų endodontinio pergydymo skilimų nebuvo; **E3 gr.** – 40 distalinių šaknų, gydytų rezorcino formalino pasta, mėginiai, po atlikto šaknų kanalų endodontinio pergydymo išoriniame, vainikinio ir viršūninio trečdalių paviršiuose rasta skilimų.

Visi dantų, distalinių šaknų kanalų chemomechaninio, mėginių ir nuotraukų ruošimo etapai atlikti to paties gydytojo endodontologo (EN).

3.2.3. Gniuždymo tyrimas

Norint tyrimui atrinkti mėginius, kurių skersmens vidurkių skirtumas sudarytų ne daugiau kaip 0,25 mm, buvo atlikti mėginių vainikinio ir viršūninio trečdalių paviršių skersmens matavimai SL ir MD kryptimis elektroniniu (skaitmeniniu) slankmačiu, matuojant tris kartus iš eilės ir apskaičiuojant vidurkį. Periodonto raiščio ir patiriamo „streso“ paskirstymo mechanizmui imituoti gniuždymo metu šaknų mėginiai buvo įtvirtinti vienodo skersmens silikono atspaudinės medžiagos blokeliuose (gam.: *Panasil Putty Soft, Kettenbach, GmbH and Co, Vokietija*). Mėginiai buvo padedami tarp dviejų universalios bandymo mašinos (gam.: *toni Technic GmbH-Gustav-Meyer-Allee 25-D-13355, Berlynas, Vokietija*) plokštelių taip, kad jų centras (centro taškas) sutaptų su šaknų mėginių kanalų spindžiu. Krūvio jėgos veikimo vektorius buvo vertikalios krypties, einantis nuo vainikinio paviršiaus link viršūninio. Mėginiai buvo gniuždomi

pasirinktu progresuojančiu krūvio greičiu 250 N/s iki mėginio skilimo momento. Mėginio skilimo momentu nustatyta maksimali jėga F_u , kuri išmatuota niutonais (N) bandymo mašinos dinamometru.

3.2.4. Dentino stiprumo rodiklio skaičiavimas

Rodiklis, apibūdinantis trapios medžiagos stiprumą, yra gniuždomojo stiprumo riba σ_{fr} (dažnai žymima σ_u), t. y. normalinis įtempis, nuo kurio bandinys suyra (1):

$$\sigma_{fr} = \frac{F_u}{A_0}, \quad (1)$$

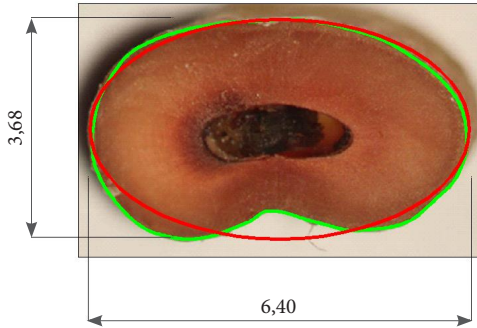
čia F_u – didžiausia (mėginį ardančioji) jėga, kurią atlaiko mėginys; A_0 – pradinis mėginio skerspjūvio plotas. Mėginio skerspjūvio plotas apskaičiuojamas pagal išmatuotus skerspjūvio matmenis (skruostine liežuvine ir mezialine distaline kryptimis).

Darbe buvo išnagrinėtas pasirinkto skerspjūvio ploto A_0 skaičiavimo metodo tinkamumas. Mėginių paviršių nuotraukos buvo įkeltos į grafinės programos AUTOCAD aplinką. Šioje aplinkoje pagal du mėginio paviršiaus skerspjūvio matmenis (plotį b – mezialinį distalinį (MD) skersmenį, ir ilgį a – skruostinį liežuvinį skersmenį (SL)) buvo brėžiama elipsė, kuri užkeliama ant skerspjūvio. Elipsės apriboto ploto skaičiavimas atliekamas pagal formulę (2):

$$A_0 = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{4} \quad (2)$$

Toliau pagal skerspjūvio kontūrą buvo vedama sklaidi polilinija, žyminti kontūro kraštą. Tokios polilinjios uždaros srities plotą programa apskaičiuoja automatiškai kaip figūros atributą. Tokį skerspjūvio plotą galima laikyti labai artimą tikrajam plotui. Pažymėjome šį plotą A_{real} . Plotų A_0 ir A_{real} skirtumas ir apibrėžė aproksimacinio ploto A_0 skaičiavimo tikslumą. Jeigu mėginio pjūvis yra iškilus, tai plotų A_0 ir A_{real} skirtumas yra nedidelis – 1–2 proc. eilės. Jeigu pjūvis yra neiškilus, skirtumas yra didesnis, bet nesiekia 5 proc.. Vadinasi, pasiūlyta ploto aproksimacinė figūra, apibrėžta elipse, visiškai tinka. Dviejų mėginių

paviršių plotų nustatymo metodai ir rezultatai pateikiami 5 pav., a, b. Raudona spalva pažymėta elipsė, nubrėžta pagal brėžinyje pateiktus MD ir SL skersmens matmenis, o žalia linija rodo mėginio skerspjūvio kontūrą.

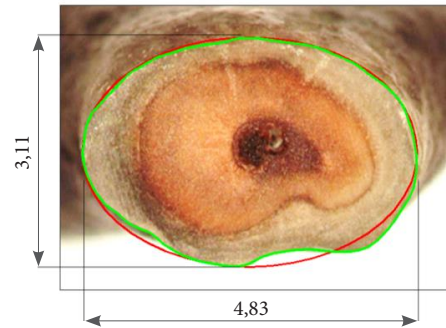


(a)

Mėginys AZ64 3,68 × 6,4 mm.

$A_0 = 18,49 \text{ mm}^2$; $A_{real} = 18,65 \text{ mm}^2$;

paklaida $\Delta = 0,86\%$.



(b)

Mėginys AZ17 3,11 × 4,83 mm.

$A_0 = 11,79 \text{ mm}^2$; $A_{real} = 11,51 \text{ mm}^2$;

paklaida $\Delta = 2,4\%$.

5 paveikslas. Mėginių skerspjūvių plotų nustatymo schema

3.3. Rezorcino formalino pasta gydytų dantų šaknų kanalų paviršiaus tyrimas SEM

Tyrimė naudota 20 išrautų apatinio žandikaulio pirmų krūminių susiformavusiomis šaknų viršūnėmis dantų, kurių šaknų kanalai buvo pildyti rezorcino formalino pasta. Pacientų amžius, lytis, danties viršūninio ir kraštinio periodonto būklė, danties šalinimo priežastys nežinomos. Dantys po išrovimo buvo paruošti tyrimui, kaip aprašyta 3.1.1 ir 3.2.1 skirsniuose. Distalinės šaknys buvo atskirtos nuo dantų vainikų 9 mm atstumu nuo šaknies anatomicinės viršūnės naudojant deimanto drožlėmis dengtą fisūrinį grąžtą greitaeigiame antgalyje su vandens aušinimu (400 000 aps./min.) (gam.: *MASTERtorque LUX M9000L, KaVo Dental GmbH, Bismarckring 39, D-88400 Biberach, Vokietija*). Buvo sudarytos dvi mėginių grupės: A grupėje buvo 10 distalinių šaknų, turinčių būdingus šiai šaknų kanalų pildymo metodikai audinių spalvos pokyčius (nuo rausvos

iki tamsiai rudai raudonos spalvos); B grupėje – 10 distalinių šaknų, turinčių natūralaus dentino audinių spalvą. Distalinių kanalų skaičius ir šaknų išorinis paviršius dėl galimų įskilimų įvertintas mikroskopu x8 didinimu (gam.: *Zeiss Stemi SV6*; *Carl Zeiss*, Jena, Vokietija). Tolesniam tyrimui buvo naudotos tik tos distalinės šaknys, kurių išoriniame paviršiuje nebuvo skilimų ir kurios turėjo I tipo šaknies kanalą (172).

Šaknų skilimui į dvi dalis palengvinti buvo padarytos įpjovos išilgai skruostinio ir liežuvinio šaknų paviršių, nesiekiant šaknies kanalo spindžio, mažo skersmens fisūrinio grąžtu greitaeigiame antgalyje su vandens aušinimu (400 000 aps./min.) (gam.: *MASTERtorque LUX M9000L*, *KaVo Dental GmbH*, *Bismarckring 39*, *D-88400 Biberach*, Vokietija). Šaknys buvo perskeltos į dvi dalis naudojant mažą kiuretę. Dantų šaknų dalys buvo dehidruotos atitinkamos sekos etanolio tirpaluose (25 proc., 50 proc., 75 proc., 95 proc. ir 100 proc. etanolio tirpale (po 10 min.) ir laikytos 100 proc. etanolio tirpale, kol bus toliau naudojamos). Vėliau šaknų dalys pritvirtintos prie koduotų skenavimui skirtų laikiklių, išdžiovintos vakuumu ir mėginiai skenuoti skenuojamuoju elektroniniu mikroskopu (gam.: *Zeiss 1550VP*, *Zeiss*, Vokietija) atspindėtų elektronų režimu, naudojant 20 kV įtampą. Mikronuotraukos buvo atliktos x200, x1000 ir x2000 didinimais, vainikiniame, viduriniame ir viršūniniame šaknų kanalų trečdaliuose.

Gautos šaknų kanalų paviršių mikronuotraukos, išsaugotos kompiuteryje TIFF formatu (angl. *Tag Image File Format*), buvo vertinamos ir lyginamos tarp dviejų grupių.

3.4. Statistinė analizė

Statistinė duomenų analizė atlikta naudojant duomenų kaupimo ir analizės SPSS 21.0 (*Statistical Package for Social Science for Windows*) programinį paketą (Chicago, IL, JAV). Kiekybiniai kintamieji aprašyti kaip aritmetinis vidurkis (V) bei standartinis nuokrypis (SN) ($V(SN)$) arba standartinė paklaida (SP) ($V \pm SP$), 25-as–75-as procentiliai, 95 proc. pasikliautiniai intervalai (PI).

Norint palyginti skilimus taikant du skirtingus pergydymo metodus (*Pro-Taper* arba *ProTaper*+ultragarsas) ir įvertinti skirtingo didinimo naudą bei dažo

(metileno mėlynojo) efektyvumą nustatant šaknies dentino skilimus, buvo naudotas Chi kvadratu kriterijus (angl. *Chi-square test*) arba Fišerio tikslusis kriterijus (angl. *Fisher's exact test*). Skirtumams tarp dviejų taikytų pergydymo metodų (*ProTaper* ir *ProTaper*+ultragarsas) palyginti buvo skaičiuota santykinės rizikos (SR) ir jų 95 proc. pasikliautinieji intervalai (PI).

Tikrinant hipotezes apie parametų pasiskirstymo normalumą naudotas Šapiro ir Vilko (angl. *Shapiro–Wilk*) testas.

Jei kintamojo skirstinys tenkino skirstinio normalumo prielaidą, dviejų nepriklausomų grupių kiekybiniais dydžiais palyginti buvo taikomas Stjudento (t) kriterijus. Daugiau nei dviejų grupių palyginimui taikyta dispersinė analizė ANOVA, daugkartiniams poriniams palyginimams – aposteriorinis Dunnetti testas (angl. *post hoc*). Kai kintamieji netenkino pasiskirstymo normalumo sąlygos, buvo taikomi neparamestriniai metodai – Mano, Vitnio ir Vilkoksono rangų sumų kriterijus (angl. *Mann–Whitney U*) ir Kruskalo ir Voliso ranginis kriterijus (angl. *Kruskal–Wallis*).

Daugiamatė analizė: daugialypė tiesinė regresija su trimis kontrastais (angl. *multiple linear regression with three contrasts*) naudota patikrinti trims tyrimo hipotezėms, kurios akcentavo tris potencialiai žalingus poveikius (t. y. tris kontrastus), kurių kiekvienas didėjančia tvarka sumažina šaknies atsparumą skilimui. Nepriklausomų kintamųjų nepriklausomumo prielaida (t. y. tarp trijų kontrastų) tikrinta naudojant kolinearumo diagnostiką (angl. *Collinearity Diagnostics*). Kai tolerancijos reikšmė buvo didesnė nei 0,5 ir dispersijos mažėjimo daugiklio reikšmės mažesnės nei 2,0, laikyta, kad kolinearumo nėra ir regresijos rezultatai yra patikimi.

Tyrėjų diagnostinis atitikimas įvertintas taikant Koheno (angl. *Cohen's*) ir svertinį (angl. *Weighed*) kapa (κ) koeficientus bei Blando ir Altmano (angl. *Bland–Altman*) metodą.

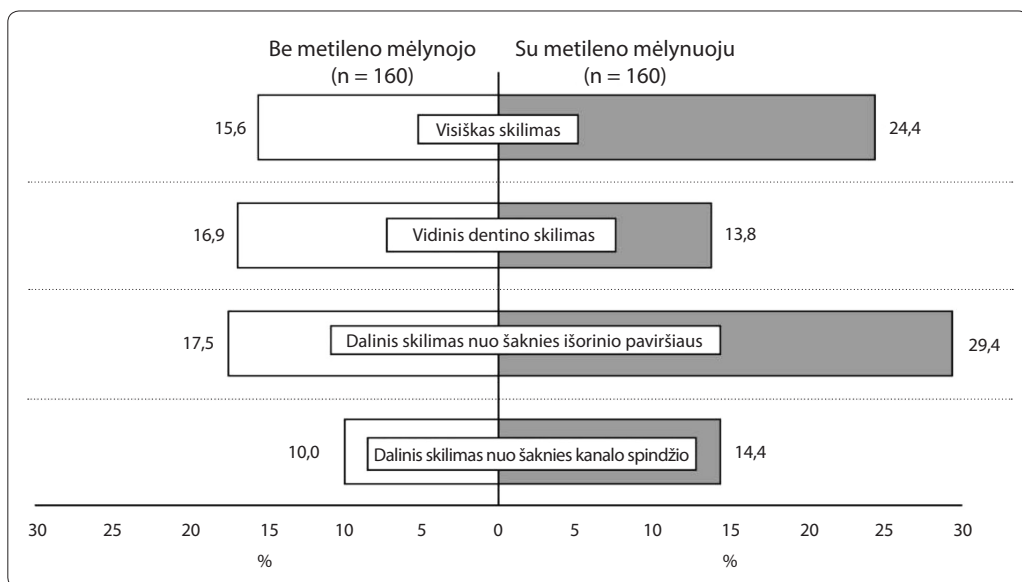
Prognozei atlikti buvo naudojama binarinė logistinė regresinė analizė.

Statistinės duomenų analizės rezultatai pateikiami lentelėmis ir paveikslais. Pateikiant rezultatus nurodomas statistinių hipotezių reikšmingumas. Taikytų kriterijų skirtumai buvo statistiškai reikšmingi, kai p reikšmė buvo mažesnė nei 0,05.

4. REZULTATAI

4.1. Rezorcino formalino pasta gydytų dantų endodontinio pergrydymo procedūrų poveikis šaknies dentino paviršiui

Skilimų procentinis paplitimas šaknų vainikinių trečdalių skerspjuviuose vaizduojamas 6 paveiksle. Nudažytuose metileno mėlynuoju paviršiuose nustatyta statistiškai reikšmingai daugiau visiškų skilimų ($p=0,05$) ir dalinių skilimų nuo šaknies išorinio paviršiaus ($p=0,01$).



6 paveikslas. Skilimų procentinis paplitimas šaknų vainikiniuose trečdaliuose

Atlikus 1 grupės 40 paruoštų mėginių mechaninį šaknų kanalų ruošimą *ProTaper* nikelio ir titano lydinio mašininiais instrumentais ir naudojant vainikinio šaknų trečdalių skerspjuvių paviršiams vertinti 10-ies kartų didinimą mikroskopu, statistiškai reikšmingai ($p=0,008$) daugiau skilimų nustatyta naudojant dažo medžiagą metileno mėlynąjį, nei tuomet, kai dažo nenaudota.

Mėginius apžiūrint 16-os kartų didinimu, statistiškai reikšmingas didesnis skilimų skaičius šaknų vainikinio trečdalių skerspjuvių paviršiuose buvo nustatytas naudojant dažo medžiagą ($p<0,001$) (1 lentelė).

Remdamiesi binarine logistine regresine analize galime prognozuoti, kad šansų santykis (šansų santykis [95 proc. pasikliautinis intervalas]) skilimui nustatyti didesnis 2,408 [1,015–5,712], naudojant dažo medžiagą metileno mėlynąjį, kai didinimas x10, ir 4,429 [1,619–5,712], kai didinimas x16.

Tiek naudojant dažo medžiagą, tiek jos nenaudojant, statistiškai reikšmingai daugiau skilimų buvo nustatyta vainikinio šaknų mėginių trečdalis skerspjūvių paviršiuose (1 lentelė).

1 lentelė. Pirmos grupės mėginių skerspjūvių paviršiuose rastų dentino skilimų skaičius, vertinimui naudojant x10 ir x16 didinimą ir dažo medžiagą ar jos nenaudojant

REZULTATAI: visi šaknies skilimai			DIDINIMAS x10#		
			Ne (%)	Taip (%)	p reikšmė#
ProTaper	Vainikinis mėginio paviršius	Be metileno mėlynojo	32 (80,0)	8 (20,0)	0,008
		Su metileno mėlynuoju	25 (62,5)	15 (37,5)	
	Viršūninis mėginio paviršius	Be metileno mėlynojo	40 (100,0)	0	1,000
		Su metileno mėlynuoju	40 (100,0)	0	
PALYGINIMAI		Vainikinių paviršių palyginus su viršūniniu paviršiumi: Be metileno mėlynojo (p=0,003) Su metileno mėlynuoju (p<0,001)			
DIDINIMAS x16#					
ProTaper	Vainikinis mėginio paviršius	Be metileno mėlynojo	35 (87,5)	5 (12,5)	<0,001
		Su metileno mėlynuoju	24 (60,0)	16 (40,0)	
	Viršūninis mėginio paviršius	Be metileno mėlynojo	40 (100,0)	0	0,314
		Su metileno mėlynuoju	39 (97,5)	1 (2,5)	
PALYGINIMAI		Vainikinių paviršių palyginus su viršūniniu paviršiumi: Be metileno mėlynojo (p=0,021) Su metileno mėlynuoju (p<0,001)			

Chi kvadratu arba Fišerio tikslusis kriterijai

Antroje 40 mėginių grupėje, kurioje kanalui ruošti taikytas *ProTaper* nikelio ir titano lydinio mašininių ir ultragarsinių instrumentų derinys, dažo medžiagos naudojimas neturėjo įtakos vertinant skilimų skaičių mėginių šaknų vainikinių ir viršūninių trečdalių skerspjūvių paviršiuose (2 lentelė). Naudojant mėginių apžiūrai 16-os kartų didinimą, statistiškai reikšmingas didesnis skilimų skaičius viršūninio šaknų trečdaliaus skerspjūvių paviršiuose buvo nustatytas naudojant dažo medžiagą ($p=0,025$) (2 lentelė).

Kaip ir 1 grupėje, naudojant skirtingus didinimus statistiškai reikšmingai daugiau skilimų buvo nustatyta vainikinio šaknų trečdaliaus skerspjūvių paviršiuose (2 lentelė).

2 lentelė. Antros grupės mėginių skerspjūvių paviršiuose rastų dento skilimų skaičius, vertinimui naudojant x10 ir x16 didinimą ir dažo medžiagą ar jos nenaudojant

REZULTATAS: visi šaknies skilimai			DIDINIMAS x10#		
			Ne (%)	Taip (%)	p reikšmė#
ProTaper+ Ultragarasas	Vainikinis mėginio paviršius	Be metileno mėlynojo	21 (52,5)	19 (47,5)	0,655
		Su metileno mėlynuoju	19 (47,5)	21 (52,5)	
	Viršūninis mėginio paviršius	Be metileno mėlynojo	37 (92,5)	3 (7,5)	0,456
		Su metileno mėlynuoju	35 (87,5)	5 (12,5)	
PALYGINIMAI		Vainikinių paviršių palyginus su viršūniniu paviršiumi Be metileno mėlynojo ($p<0,001$) Su metileno mėlynuoju ($p<0,001$)			
			DIDINIMAS x16#		
			Ne (%)	Taip (%)	p reikšmė#
ProTaper+ Ultragarasas	Vainikinis mėginio paviršius	Be metileno mėlynojo	20 (50,0)	20 (50,0)	0,654
		Su metileno mėlynuoju	18 (45)	22 (55,0)	
	Viršūninis mėginio paviršius	Be metileno mėlynojo	39 (97,5)	1 (2,5)	0,025
		Su metileno mėlynuoju	33 (82,5)	7 (17,5)	
PALYGINIMAI		Vainikinių paviršių palyginus su viršūniniu paviršiumi Be metileno mėlynojo ($p<0,001$) Su metileno mėlynuoju ($p=0,001$)			

Chi kvadratu arba Fišerio tikslusis kriterijai

Palyginus bendrą dentino skilimų skaičių 1 ir 2 mėginių grupėse naudojant 10 ir 16 kartų didinimą ir dažo medžiagą ar jos nenaudojant, abiejose grupėse daugiau skilimų buvo nustatyta šaknų mėginių vainikinio trečdaliao skerspjuvių paviršiuose. Šansų santykis skilimui nustatyti didesnis 16,016 [9,718–26,395] vainikiniuose šaknų mėginių skerspjuvių paviršiuose.

Nenaudojant dažo medžiagos statistiškai reikšmingai daugiau skilimų buvo rasta 2 grupėje (3 lentelė). Šansų santykis skilimui nustatyti didesnis 4,167 [3,035–5,722] šaknų mėginių vainikinio trečdaliao skerspjuvių paviršiuose 2 grupei (be metileno mėlynojo 7,588 [4,19–13,742], su metileno mėlynuoju 3,024 [2,057–4,447]). Nudažius metileno mėlynuoju 1 grupės mėginius, identifikuotų skilimų skaičius buvo didesnis (3 lentelė). Šaknų viršūninių trečdalių paviršiuose tiek naudojant dažo medžiagą, tiek jos nenaudojant išliko tokia pati tendencija kaip ir vainikinių trečdalių paviršiuose – skilimų buvo diagnozuota daugiau naudojant instrumentų derinį, bet skirtumas nebuvo statistiškai reikšmingas (3 lentelė). Panaudojus dažo medžiagą šaknų viršūninio trečdaliao skerspjuvių paviršiuose, skirtumas buvo statistiškai reikšmingas ($x_{10} - p=0,021$, $x_{16} - p=0,025$).

Atlikus skirtingų dentino skilimų tipų radimo dažnio palyginimą tarp 1 ir 2 mėginių grupių, naudojant 10 ir 16 kartų didinimą be dažo ir su dažo medžiaga, statistiškai reikšmingai daugiau visiškų skilimų rasta 2 grupės mėginiuose (4 lentelė). Šansų santykis reikšmingai didesnis 6,709 [3,348–13,447] aptikti visiškus skilimus taikant *ProTaper* + ultragarsą. Dažo medžiagos nauda visiškiems skilimams nustatyti buvo statistiškai reikšminga ($p=0,021$) 1 grupėje naudojant 16 kartų didinimą.

Atlikus vidinių dentino skilimų dažnio palyginimą tarp 1 ir 2 mėginių grupių, naudojant 10 ir 16 kartų didinimą ir dažo medžiagą ar jos nenaudojant, statistiškai reikšmingai daugiau tokių skilimų rasta 2 grupės mėginiuose (5 lentelė).

3 lentelė. Pirmos ir antros grupės mėginių skerspjuvių paviršiuose rastų dentino skilimų skaičius, vertinimui naudojant x10 ir x16 didinimą su dažo medžiaga ir be jos

REZULTATAS: visi šaknies skilimai		DIDINIMAS x10#		
		1 grupė ProTaper N (%)	2 grupė ProTaper+ultragarsas N (%)	P reikšmė#
Vainikinis mėginio paviršius	Be metileno mėlynojo	5 (12,5)	19 (47,5)	0,009
	Su metileno mėlynuoju	16 (40,0)	21 (52,5)	0,178
Viršūninis mėginio paviršius	Be metileno mėlynojo	0 (0,0)	3 (7,5)	0,078
	Su metileno mėlynuoju	1 (2,5)	5 (12,5)	0,021
		DIDINIMAS x16#		
Vainikinis mėginio paviršius	Be metileno mėlynojo	5 (12,5)	20 (50,0)	<0,001
	Su metileno mėlynuoju	16 (40,0)	22 (55,0)	0,179
Viršūninis mėginio paviršius	Be metileno mėlynojo	0 (0,0)	1 (2,5)	0,315
	Su metileno mėlynuoju	1 (2,5)	7 (17,5)	0,025

Chi kvadratu arba Fišerio tikslusis kriterijai

4 lentelė. Visiškų šaknies dentino skilimų palyginimas (x10 ir x16 didinimas) tarp 1 ir 2 grupės mėginių, naudojant dažo medžiagą ir jos nenaudojant

REZULTATAS: Visiški skilimai			DIDINIMAS x10#		
			1 grupė ProTaper N (%)	2 grupė ProTaper+ultragarsas N (%)	P reikšmė#
p reikšmė#	Be metileno mėlynojo	Nerasta	39 (58,2)	28 (41,8)	p=0,001
		Rasta	1 (7,7)	12 (92,3)	
	Su metileno mėlynuoju	Nerasta	35 (57,4)	26 (42,6)	p=0,020
		Rasta	5 (26,3)	14 (73,7)	
p reikšmė#			p=0,090	p=0,633	
			DIDINIMAS x16#		
p reikšmė#	Be metileno mėlynojo	Nerasta	40 (58,8)	28 (41,2)	p <0,001
		Rasta	0 (0,0)	12 (100,0)	
	Su metileno mėlynuoju	Nerasta	35 (58,3)	25 (41,7)	p=0,010
		Rasta	5 (25,0)	15 (75,0)	
p reikšmė#			p=0,021	p=0,478	

Chi kvadratu arba Fišerio tikslusis kriterijai

5 lentelė. Vidinių dentino skilimų palyginimas (x10 ir x16 didinimas) tarp 1 ir 2 grupės mėginių, naudojant dažo medžiagą ir jos nenaudojant

REZULTATAS: Vidiniai dentino skilimai			DIDINIMAS x10#		
			1 grupė ProTaper N (%)	2 grupė ProTaper+ultragarsas N (%)	P reikšmė#
Be metileno mėlynojo	Nerasta	40 (58,8)	28 (41,2)	p<0,001	
	Rasta	0 (0,0)	12 (100,0)		
Su metileno mėlynuoju	Nerasta	40 (55,6)	32 (44,4)	p=0,003	
	Rasta	0 (0,0)	8 (100,0)		
p reikšmė#		p=1,000	p=0,302		
			DIDINIMAS x16#		
Be metileno mėlynojo	Nerasta	40 (61,5)	25 (38,5)	p<0,001	
	Rasta	0 (0,0)	15 (100,0)		
Su metileno mėlynuoju	Nerasta	40 (60,6)	26 (39,4)	p<0,001	
	Rasta	0 (0,0)	14 (100,0)		
p reikšmė#		p=1,000	p=0,816		

Chi kvadratu arba Fišerio tikslusis kriterijai

Palyginus dalinių šaknies dentino skilimų skaičių nuo išorinio šaknies mėginio paviršiaus tarp 1 ir 2 grupės mėginių, naudojant 10 ir 16 kartų didinimą ir dažo medžiagą ar jos nenaudojant, statistiškai reikšmingai daugiau tokio tipo skilimų rasta 2 grupės mėginiuose (6 lentelė). Įvertinus dalinių skilimų skaičių, abiejose grupėse rasta mažiau skilimų nenaudojant dažo medžiagos negu ją naudojant, bet šie skirtumai nebuvo statistiškai reikšmingi (6 lentelė). Šansų santykis reikšmingai didesnis 2,455 [1,427–4,221] daliniams skilimams nuo išorinio šaknies paviršiaus aptikti taikant *ProTaper*+ultragarsą. Dažo medžiagos naudojimas skilimams nustatyti buvo statistiškai reikšmingas (p=0,043) 1 grupės mėginiams esant 16 kartų didinimui.

Palyginus dantų, kurių endodontinis pergydymas buvo atliktas *ProTaper* NiTi mašiniais bei *ProTaper* NiTi mašininių ir ultragarsinių instrumentų deriniu, dalinių šaknies dentino skilimų nuo šaknies kanalo spindžio skaičių naudojant 10 ir 16 kartų didinimą ir dažo medžiagą ar jos nenaudojant, daugiau šio tipo skilimų buvo rasta *ProTaper* ir ultragarsinių instrumentų derinio mėginiuose (7 lentelė). Šansų santykis didesnis 1,706 [0,859–3,388] daliniams skilimams nuo šaknies kanalo spindžio paviršiaus aptikti taikant *ProTaper* + ultragarsą.

6 lentelė. Dalinių skilimų nuo išorinio šaknies paviršiaus palyginimas (x10 ir x16 didinimas) tarp 1 ir 2 grupės mėginių, naudojant dažo medžiagą ir jos nenaudojant

REZULTATAS: Daliniai skilimai nuo išorinio šaknies paviršiaus			DIDINIMAS x10#		
			1 grupė ProTaper N (%)	2 grupė ProTaper+ultragarsas N (%)	p reikšmė#
Be metileno mėlynojo	Nerasta	35 (54,7)	29 (45,3)	p=0,093	
	Rasta	5 (31,3)	11 (68,8)		
Su metileno mėlynuoju	Nerasta	30 (54,5)	25 (45,5)	p=0,228	
	Rasta	10 (40,0)	15 (60,0)		
p reikšmė#		p=0,152	p=0,340		
DIDINIMAS x16*					
Be metileno mėlynojo	Nerasta	38 (55,9)	30 (44,1)	p=0,012	
	Rasta	2 (16,7)	10 (83,3)		
Su metileno mėlynuoju	Nerasta	32 (55,2)	26 (44,8)	p=0,133	
	Rasta	8 (36,4)	14 (63,6)		
p reikšmė#		p=0,043	p=0,329		

Chi kvadratu arba Fišerio tikslusis kriterijai

7 lentelė. Dalinių skilimų nuo šaknies kanalo spindžio palyginimas (x10 ir x16 didinimas) tarp 1 ir 2 grupės mėginių, naudojant dažo medžiagą ir jos nenaudojant

REZULTATAS: Daliniai skilimai nuo šaknies kanalo spindžio			DIDINIMAS x10#		
			1 grupė ProTaper N (%)	2 grupė ProTaper+ultragarsas N (%)	p reikšmė#
Be metileno mėlynojo	Nerasta	38 (53,5)	33 (46,5)	p=0,077	
	Rasta	2 (22,2)	7 (77,8)		
Su metileno mėlynuoju	Nerasta	37 (52,9)	33 (47,1)	p=0,176	
	Rasta	3 (30,0)	7 (70,0)		
p reikšmė#		p=0,064	p=1,000		
DIDINIMAS x16#					
Be metileno mėlynojo	Nerasta	37 (50,7)	36 (49,3)	p=0,692	
	Rasta	3 (42,9)	4 (57,1)		
Su metileno mėlynuoju	Nerasta	33 (49,3)	34 (50,7)	p=0,762	
	Rasta	7 (53,8)	6 (46,2)		
p reikšmė#		p=1,000	p=0,500		

Chi kvadratu arba Fišerio tikslusis kriterijai

Šaknies dentino visų skilimų tipų santykinės rizikos tarp dviejų mėginių grupių palyginimas, naudojant 10-ies ir 16-os kartų didinimą šaknų vainikinių trečdalių skerspjuvių paviršiuose ir įvertinant visiškus skilimus nenaudojant metileno mėlynojo ir jį naudojant, parodė, kad didesnis skilimų rizikos laipsnis yra 2 grupės mėginiuose (8 lentelė).

8 lentelė. Šaknies vainikinio trečdaliao paviršiaus skilimų tipų rizikos palyginimas tarp dviejų grupių naudojant x10 ir x16 kartų didinimą

Palyginimas: 1 gr. ProTaper su 2 gr. ProTaper+ultragarsas Šaknies vainikinio trečdaliao paviršius		DIDINIMAS x10#		
		SR*	p reikšmė	(95 % PI)
Visiški skilimai	Be metileno mėlynojo	1,3	0,033	(1,0; 1,7)
	Su metileno mėlynuoju	0,2	0,011	(0,1; 0,5)
Daliniai skilimai nuo išorinio šaknies paviršiaus	Be metileno mėlynojo	0,5	0,081	(0,2; 1,2)
	Su metileno mėlynuoju	0,7	0,167	(0,3; 1,3)
Daliniai skilimai nuo šaknies kanalo spindžio	Be metileno mėlynojo	0,3	0,077	(0,1; 1,3)
	Su metileno mėlynuoju	0,4	0,155	(0,1; 1,5)
DIDINIMAS x16#				
Visiški skilimai	Be metileno mėlynojo	0,1	<0,001	(0,0; 0,6)
	Su metileno mėlynuoju	0,3	0,009	(0,1; 0,8)
Daliniai skilimai nuo išorinio šaknies paviršiaus	Be metileno mėlynojo	0,2	0,018	(0,1; 0,9)
	Su metileno mėlynuoju	0,6	0,105	(0,3; 1,2)
Daliniai skilimai nuo šaknies kanalo spindžio	Be metileno mėlynojo	0,8	0,499	(0,2; 3,1)
	Su metileno mėlynuoju	1,2	0,500	(0,4; 3,2)

Santykinės rizikos (SR) ir jų 95 proc. pasikliautinis intervalas (PI)

Nuotraukas vertino trys tyrėjai. Atliktos šaknų mėginių skersinių pjūvių paviršių nuotraukos: 320 kontrolinių nuotraukų, 320 nuotraukų po atlikto endodontinio pergydymo, 320 nuotraukų po dažymo metileno mėlynuoju. Buvo įvertinta tyrėjų vertinimų atitiktis.

Skilimus šaknų mėginių skerspjuvių paviršiuose vertino trys tyrėjai. Svertinio kapa (κ) koeficiento atitikimo 1 tyrimo ir 2 tyrimo metu vidurkis su jo standartinė paklaida buvo: 1 tyrėjo – $0,8 \pm 0,051$, 2 tyrėjo $0,859 \pm 0,044$, 3 tyrėjo $0,868 \pm 0,032$. Remdamiesi neparametriniu Vilkoksono kriterijumi (angl.

Wilcoxon) priklausomoms imtims gavome, kad 1 tyrėjo kapa koeficientas reikšmingai skyrėsi nuo 2 ($p=0,022$) ir 3 tyrėjo ($p=0,019$). Visų tyrėjų viršūninio trečdaliao skerspjuvių vertinimo kapa koeficiento vidurkis, remiantis ne-parametriniu Mano, Vitnio ir Vilkoksono kriterijumi (angl. *Mann-Whitney*), buvo reikšmingai didesnis: 1 tyrėjo $0,645\pm 0,059$ ir $0,954\pm 0,03$ ($p=0,003$); 2 tyrėjo $0,745\pm 0,065$ ir $0,974\pm 0,018$ ($p=0,002$); 3 tyrėjo $0,786\pm 0,045$ ir $0,95\pm 0,022$ ($p=0,006$). Kai buvo naudojamas dažymas metileno mėlynuoju, visų trijų tyrėjų vertinimai reikšmingai nesiskyrė (9 lentelė).

9 lentelė. Atitikties vertinimas svertiniu kapa koeficientu pirmo ir antro vertinimo metu

Tyrėjas	Vainikinis trečdalis (n=160)				Viršūninis trečdalis (n=160)			
	Visiškas	Vidinis dentino	Dalinis nuo šaknies išorinio paviršiaus	Dalinis nuo kanalo spindžio	Visiškas	Vidinis dentino	Dalinis nuo šaknies išorinio paviršiaus	Dalinis nuo kanalo spindžio
	Svertinis kapa $V\pm SP$							
1	$0,55\pm 0,098$	$0,865\pm 0,039$	$0,624\pm 0,085$	$0,563\pm 0,1$	1,0	1,0	1,0	$0,815\pm 0,118$
2	$0,827\pm 0,053$	$0,893\pm 0,032$	$0,775\pm 0,057$	$0,481\pm 0,198$	1,0	1,0	1,0	$0,934\pm 0,052$
3	$0,884\pm 0,033$	$0,921\pm 0,026$	$0,723\pm 0,084$	$0,66\pm 0,162$	1,0	$0,932\pm 0,042$	1,0	$0,893\pm 0,09$
1 metil	$0,669\pm 0,066$	$0,872\pm 0,039$	$0,658\pm 0,073$	$0,363\pm 0,107$	1,0	1,0	1,0	$0,815\pm 0,118$
2 metil	$0,864\pm 0,043$	$0,893\pm 0,024$	$0,792\pm 0,041$	$0,432\pm 0,117$	1,0	1,0	1,0	$0,86\pm 0,065$
3 metil	$0,904\pm 0,033$	$0,877\pm 0,036$	$0,745\pm 0,08$	$0,576\pm 0,096$	1,0	$0,932\pm 0,042$	1,0	$0,84\pm 0,121$

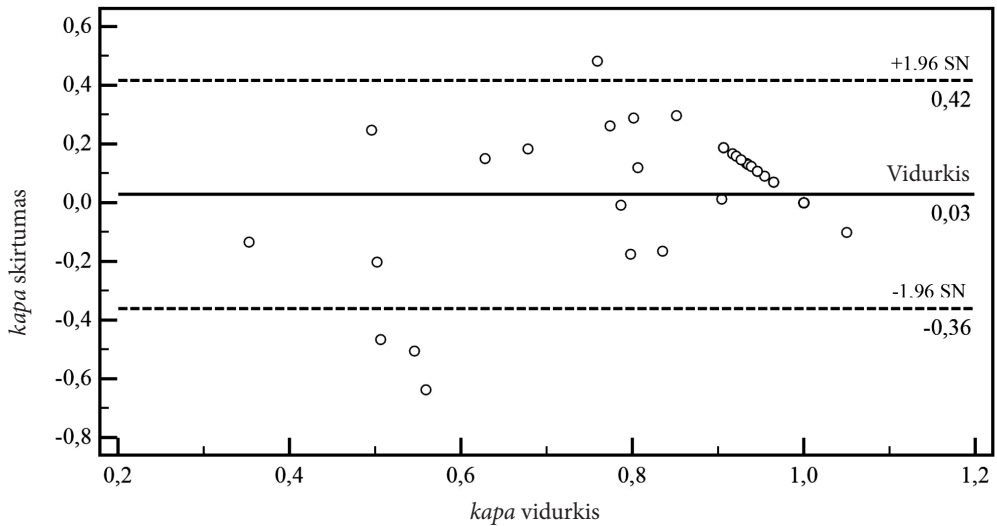
V – vidurkis, SP – standartinė paklaida

Įvertinę 10 lentelės svertinių kapa koeficientų vidurkius pagal grupes gavome, kad 1 tyrėjo bei 2 tyrėjo jie reikšmingai nesiskyrė (atitinkamai $0,792\pm 0,076$ ir $0,828\pm 0,047$, $p=0,842$; $0,889\pm 0,053$ ir $0,863\pm 0,046$, $p=0,383$), tačiau 3 tyrėjo 1 gr. mėginiams jie buvo reikšmingai ($p = 0,013$) didesni nei 2 gr., t. y. $0,951\pm 0,023$ ir $0,861\pm 0,036$.

10 lentelė. Atskirų grupių atitikties vertinimas pirmo ir antro tyrimo metu

Tyrejas	Vainikinis trečdalis (n=80)					Viršūninis trečdalis (n=80)				
	Visiškas	Vidinis dentino	Dalinis nuo šaknies išorinio paviršiaus	Dalinis nuo kanalo spindžio	Visiškas	Vidinis dentino	Dalinis nuo šaknies išorinio paviršiaus	Dalinis nuo kanalo spindžio		
	Kapa V ± SP, I (n=40) / 2 (n=40) gr.									
1	0,65±0,033 0,704±0,1	1,0 0,834±0,048	0,401±0,132 0,603±0,103	0,273±0,137 0,74±0,089	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	0,813±0,117		
2	0,241±0,164 0,878±0,044	1,0 0,866±0,04	0,866±0,067 0,747±0,076	1,0 0,518±0,209	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0		
3	0,753±0,078 0,918±0,03	1,0 0,909±0,029	0,946±0,017 0,657±0,116	1,0 0,703±0,137	1,0 1,0	1,0 0,93±0,043	1,0 1,0	1,0 0,892±0,09		
1 metil	0,293±0,105 0,798±0,052	1,0 0,842±0,048	0,77±0,093 0,587±0,096	0,286±0,135 0,42±0,152	1,0 1,0	1,0 1,1	1,0 1,0	1,0 0,813±0,117		
2 metil	0,71±0,091 0,886±0,043	1,0 0,87±0,03	0,782±0,05 0,791±0,058	0,62±0,174 0,372±0,141	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 0,877±0,057		
3 metil	0,911±0,048 0,898±0,043	1,0 0,853±0,043	0,905±0,038 0,643±0,121	0,703±0,252 0,553±0,101	1,0 1,0	1,0 0,93±0,043	1,0 1,0	1,0 0,892±0,09		

V – vidurkis, SP – standartinė paklaida



SN – standartinis nuokrypis

7 paveikslas. Atskirų grupių didinimo kapa koeficientų atitiktis. Blando ir Altmano testas

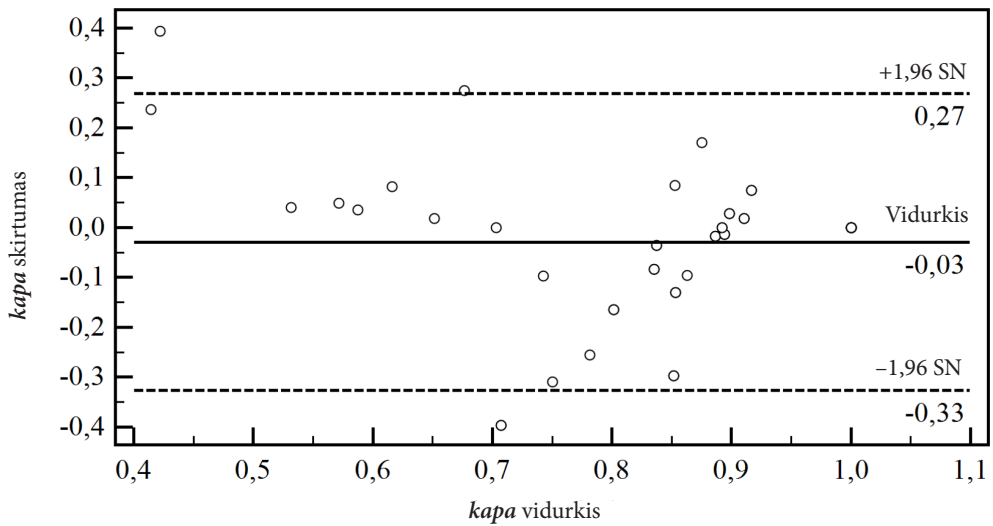
Įvertinus 11 lentelės svertinių kapa koeficientų 1, 2 ir 3 tyrėjo vidurkius, atsižvelgiant į x10 ir x16 didinimą, reikšmingo skirtumo negauta (8 pav.): 1 tyrėjo jie buvo $0,802 \pm 0,042$ ir $0,831 \pm 0,052$, $p=0,447$; 2 tyrėjo – $0,836 \pm 0,038$ ir $0,849 \pm 0,046$, $p=0,609$; 3 tyrėjo – $0,794 \pm 0,037$ ir $0,839 \pm 0,038$, $p=0,438$. Tarp atskirų tyrėjų porinio skirtumo nei x10, nei x16 didinimo grupėse reikšmingo skirtumo negauta.

Kadangi gavome reikšmingus skirtumus tarp tyrėjų pirmo ir antro tyrimo metu, buvo atliktas bendras vertinimas. Šaknų mėginių paviršių nuotraukos, kurių tyrėjų atliktas dento skilimų vertinimas išsiskyrė, buvo pakartotinai peržiūrėtos kartu visų trijų tyrėjų.

11 lentelė. Skirtingo didinimo (x10 ir x16) atitikties vertinimas pirmo ir antro vertinimo metu

Tyrejas	Vainikinis trečdalis (n=80)				Viršūninis trečdalis (n=80)			
	Visiškai	Vidinis dentino	Dalinis nuo šaknies išorinio paviršiaus	Dalinis nuo kanalo spindžio	Visiškai	Vidinis dentino	Dalinis nuo šaknies išorinio paviršiaus	Dalinis nuo kanalo spindžio
	Kapa V±SP, x10 (n=40)/x16(n=40)							
1	0,509±0,191 0,905±0,057	0,82±0,08 0,855±0,051	0,657±0,155 0,575±0,126	0,596±0,163 0,905±0,074	1,0 1,0	1,0 1,0	0,96±0,0420 0,79±0,112	0,887±0,063 0,901±0,044
2	0,878±0,064 0,895±0,049	0,788±0,096 0,918±0,027	0,694±0,13 0,791±0,084	0,552±0,302 0,511±0,295	1,0 1,0	1,0 1,0	0,892±0,127 0,892±0,127	0,912±0,039 0,884±0,078
3	0,954±0,026 0,879±0,06	0,92±0,034 0,901±0,046	0,814±0,095 0,539±0,184	0,703±0,194 0,703±0,194	1,0 1,0	0,703±0,194 1,0	0,509±0,191 0,905±0,057	0,82±0,08 0,855±0,051
1 metil	0,719±0,089 0,884±0,05	0,794±0,094 0,877±0,042	0,605±0,127 0,570±0,134	0,619±0,16 0,225±0,171	1,0 1,0	1,0 1,0	0,878±0,064 0,895±0,049	0,788±0,096 0,918±0,027
2 metil	0,887±0,063 0,901±0,044	0,815±0,062 0,911±0,024	0,654±0,11 0,909±0,033	0,533±0,226 0,296±0,204	1,0 1,0	0,892±0,127 0,892±0,127	0,954±0,026 0,879±0,06	0,92±0,034 0,901±0,046
3 metil	0,912±0,039 0,884±0,078	0,895±0,043 0,81±0,075	0,661±0,144 0,642±0,177	0,596±0,16 0,547±0,142	1,0 1,0	0,703±0,194 1,0	0,719±0,089 0,884±0,05	0,794±0,094 0,877±0,042

V – vidurkis, SP – standartinė paklaida



SN – standartinis nuokrypis

8 paveikslas. Skirtingo didinimo kapa koeficientų atitiktis. Blando ir Altmano testas

4.2. Dantų šaknies dentino atsparumo skilimui tyrimas

Palyginus keturias tiriamąsias grupes, didžiausias šaknų mėginių dentino atsparumas skilimui buvo gyvybingą pulpą turinčių dantų (C1 grupėje, neigiamą kontrolė), o mažiausias nustatytas grupėje, kurioje po pergydymo buvo rasta dentino skilimų (E3 grupėje) (12 lentelė). C1 grupėje atsparumo skilimui vidurkis buvo $227,5 \pm 29,6 \text{ N/mm}^2$, E1 grupėje – $174,7 \pm 41,5 \text{ N/mm}^2$, E2 grupėje – $169,7 \pm 31,5 \text{ N/mm}^2$ ir E3 grupėje – $150,5 \pm 11,4 \text{ N/mm}^2$.

12 lentelė. Dantų šaknų atsparumas skilimui (N/mm^2)

Grupės	Vidurkis \pm SN	Vidurkių skirtumas	95 % PI#	P reikšmė*
C1 – šaknys, turinčios gyvybingą pulpą	$227,5 \pm 29,6$			
E1 – RF gydytos šaknys be skilimų	$174,7 \pm 41,5$	-53,2	-69,4; -37,1	<0,001
E2 – RF gydytos šaknys po pergydymo (be skilimų)	$169,7 \pm 31,4$	-57,2	-73,3; -41,1	<0,001
E3 – RF gydytos šaknys po pergydymo (su skilimais)	$150,5 \pm 11,4$	-77,5	-93,9; -61,3	<0,001

Vieno faktoriaus ANOVA su *post hoc* Dunnett pataisymu

Grupės vidurkis lyginamas su kontrolinės grupės vidurkiu. SN – standartinis nuokrypis, PI – pasikliautinis intervalas.

13 lentelė. Atsparumas skilimui (N/mm²) – tiriamųjų grupių palyginimas (daugialypė tiesinė regresija)

Koreliacijos koeficientas pakeltas kvadratu 0,47; F=47,221 (lls=3); p<0,001

Būklė	B (sp)	β (95 % PI)	p reikšmė	Tole- rancija	VIF
Konstanta	227,9 (4,8)		<0,001		
<u>Kontrastas 1:</u> Gydyto rezorcino formalino pasta (RF) poveikis (palyginant atsparumą skilimui su gyvą pulpą turinčių dantų)	-53,2 (6,8)	-0,56 (-66,7; -39,8)	<0,001	0,67	1,50
<u>Kontrastas 2:</u> RF gydytų dantų pergydymo poveikis (palyginant atsparumą skilimui su gyvą pulpą turinčių dantų ir gydytų RF)	-14,1 (5,9)	-0,17 (-25,7; -2,5)	0,018	0,68	1,5
<u>Kontrastas 3:</u> Pergydymo esant skilimams poveikis (palyginant atsparumą skilimui su gyvą pulpą turinčių dantų, gydytų RF, ir dantų be skilimų po pergydymo RF)	-10,1 (3,4)	-0,17 (-16,9; -3,4)	0,003	1,00	1,0

B – nestandartizuoti regresijos koeficientai (standartinė paklaida)

β – standartinės regresijos koeficientai (95 % pasikliautinis intervalas)

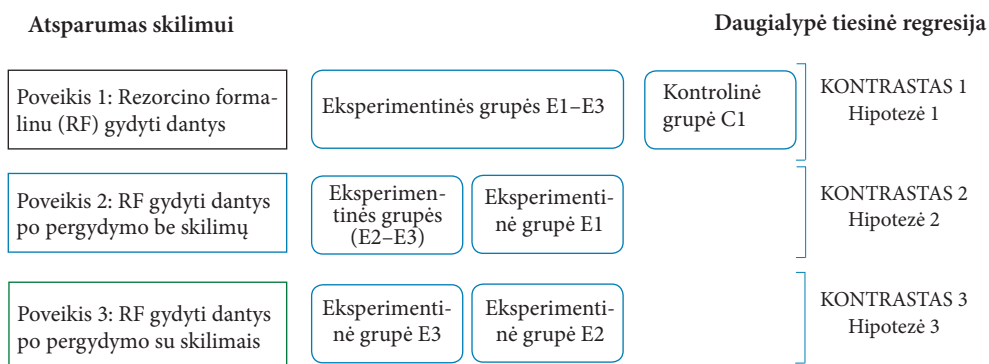
VIF – dispersijos mažėjimo daugiklis

Šio tyrimo trims hipotezėms patikrinti buvo atlikta daugialypė tiesinė regresija (angl. *LMR*) naudojant tris skirtingus kontrastus. Regresinės analizės tolerancijos reikšmės >0,65, dispersijos mažėjimo daugiklio (angl. *VIF*) reikšmės <1,00 (13 lentelė). Daugialypė tiesinė regresija parodo, kad bendra (suminė) tiesinė regresija yra statistiškai reikšminga (p<0,001) ir kad trys kontrastai, būtent: 1) RF gydytų dantų šaknų grupės, 2) RF gydytų dantų šaknų, neturinčių skilimų po pergydymo grupės, 3) RF gydytų dantų šaknų, po pergydymo turinčių skilimų, grupės – skilimo rizika bendrai paaiškina 47 proc. variacijos (šaknų atsparumą skilimui). Kontrastai, kaip akcentuota trijų tyrimo hipotezių, parodė rizikos skilimui didėjimą. Daugialypėje tiesinėje regresijoje pirmas kontrastas parodo rezorcino formalino pastos (RF) žalingo poveikio reikšmę (β=-0,56; p<0,001). Antras kontrastas, kuris parodo pergydymo neigiamą poveikį RF gy-

dytų dantų šaknims, neturinčioms po gydymo skilimų, taip pat buvo statistiškai reikšmingas ($\beta=-0,17$; $p=0,0018$). Trečias kontrastas, arba žalingas poveikis, priklausantis nuo RF gydytų dantų šaknų, turinčių skilimus po pergydymo, yra statistiškai reikšmingas ($\beta=-0,17$; $p=0,003$).

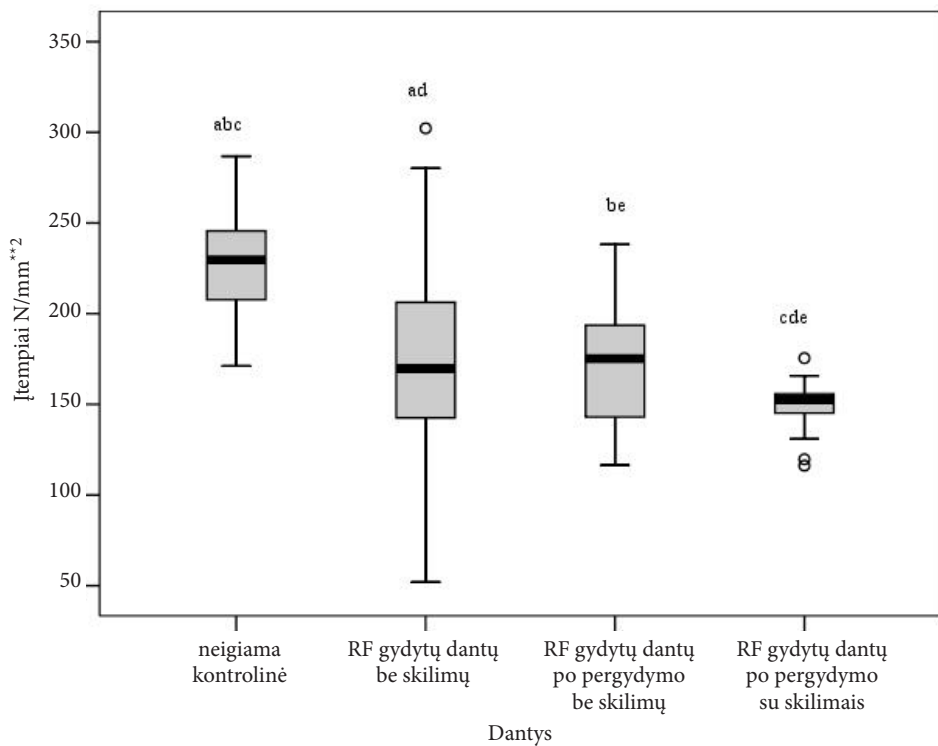
Trijų kontrastų tikrinimo seka pateikiama 9 paveiksle. Fiktyvus kintamasis 1 pristato kontrastą 1 (RF poveikis), kuris palygina rezorcino formalino pasta gydytų dantų atsparumą su kontrolinės grupės dantų (turinčių gyvą pulpą) atsparumu skilimui. Kontrastas 1 palygino bendrą visų trijų grupių atsparumą skilimui (N/mm^2) su neigiamos kontrolinės grupės atsparumu skilimui. Kontrastas 2 (RF ir tokių dantų pergydymo suminis poveikis) palygino bendrą E2 ir E3 (pergydytos RF šaknys) grupių atsparumą skilimui su grupe E1 (šaknys gydytos tik RF). Kontrastas 3 (suminis trijų veiksnių poveikis: gydymas RF, tokių dantų pergydymas ir įvykę skilimai) palygino RF gydytas šaknis po pergydymo be skilimų (E2) su grupe, kurioje po pergydymo šaknys turi skilimų (E3).

HIPOTEZIŲ TIKRINIMO SEKA



9 paveikslas. Tyrimo hipotezių tikrinimo seka (daugialypė tiesinė regresija)

Didėjant rizikai, atsparumas skilimui mažėjo, t. y. neigiamos kontrolinės grupės (C1) šaknų mėginiai buvo atspariausi skilimui ir šioje grupėje reikšmių svyravimas buvo daug mažesnis, palyginti su kitomis grupėmis (10 paveikslas). Mažiausias atsparumas skilimui buvo šaknų mėginių, turinčių visus tris rizikos veiksnius (E3).



Pastaba : minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, reikšmė, nutolusi mažiau kaip ½ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmojo arba trečiojo kvartilio

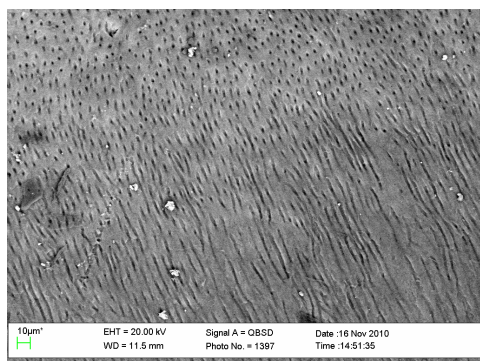
$\chi^2=69,387$, $lls=3$, $p<0,001$, remiantis neparametriniu Kruskalo ir Voliso testu.

Daugkartiniam palyginimui taikytas Mano, Vitnio ir Vikoksono testas: $abcde_p<0,05$

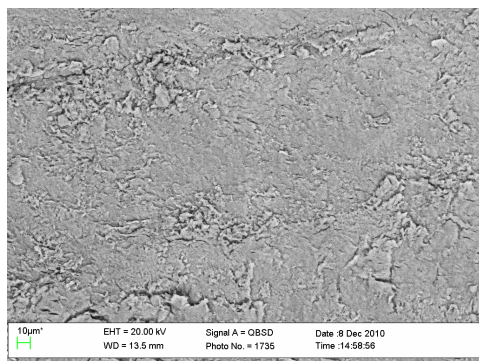
10 paveikslas. Grupės ir jų eiliškumas daugialypės tiesinės regresijos analizėje

4.3. Rezorcino formalino pasta gydytų dantų šaknų kanalų paviršiaus tyrimas SEM

Rudai raudonos spalvos šaknų skenuotų mėginių kanalo paviršiuje lipnaus sluoksnio nebuvo matyti, bet buvo matomi įvairūs kiekiai likusio šaknies kanalo turinio ir rezorcino formalino pastos. Šaknies kanalo paviršiaus sritys, nepadengtos užpildo medžiaga, buvo rastos visuose mėginiuose. Šiose vietose dentino morfologija buvo įprasta ir buvo aiškiai matomi atviri dentino kanalėliai (11 pav., a).



a

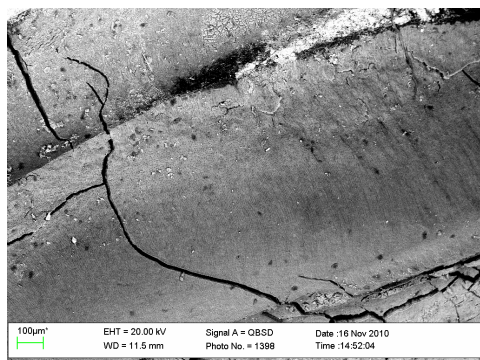


b

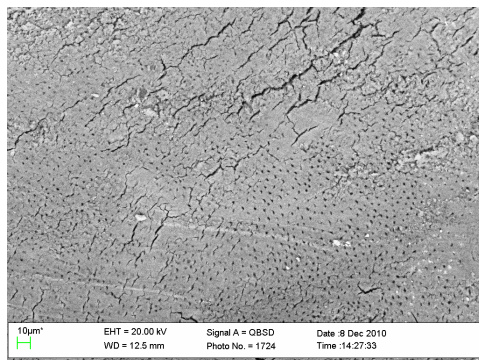
11 paveikslas. Rezorcino formalinu gydytų dantų šaknies kanalo dentino vaizdas. Rudai raudonos spalvos šaknų mėginių vidurinio kanalo trečdaliao dentino morfologija (a). Natūralios dentino spalvos šaknų mėginių viršūninio trečdaliao dentino morfologija (b). Didinimas x1000

Vertinant natūralaus dentino spalvos šaknų kanalų paviršius, dentino vaizdas buvo neįprastas. Visų mėginių vainikiniame šaknies kanalo trečdalyje buvo matomi pavieniai atviri dentino kanalėliai, o viduriniame ir viršūniniame kanalo trečdaliuose atvirų dentino kanalėlių visai nesimatė ir vaizdas buvo labai panašus į sklerozinio dentino (11 pav., b).

x200 ir x1000 didinimu gautose SEM mikronuotraukose visuose abiejų eksperimentinių grupių šaknų kanalų trečdaliuose buvo matomi daugybiniai šaknies dentino defektai, tačiau vizualiai gerokai daugiau defektų buvo matoma rudai raudonų šaknų mėginiuose negu natūralios dentino spalvos šaknų mėginiuose (12 pav.).



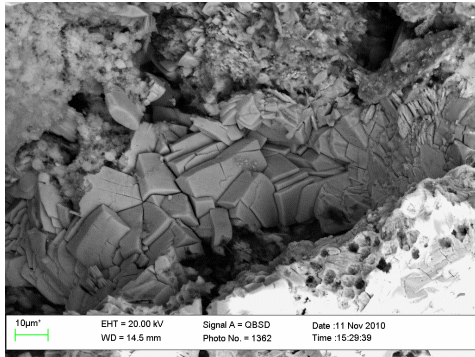
a



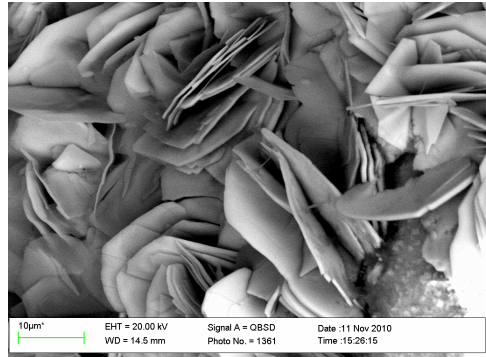
b

12 paveikslas. Daugybiniai rudai raudonų šaknų dentino defektai. Didinimas x200 (a) ir x1000 (b)

Visų rudai raudonos spalvos šaknų mėginių kanalų paviršiai buvo padengti rezorcino formalino pastos likučiais, tačiau daugiausia jų rasta vainikiniame ir šiek tiek viduriniame kanalo trečdaliuose (13 pav., a). Naudojant didžiausią didinimą x2000, rasta iš rezorcino formalino pastos susidariusių kristalų (13 pav., b).



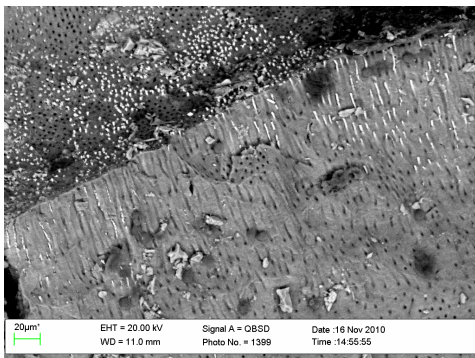
a



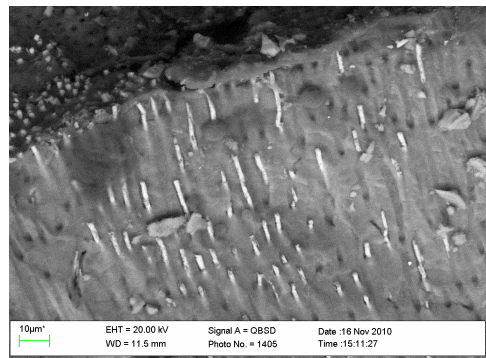
b

13 paveikslas. Rezorcino formalino pasta ant šaknies kanalo sienos (a). Didinimas x1000. Rezorcino formalino pastos kristalai (b). Didinimas x2000

SEM vertinimas parodė rezorcino formalino pastos gerą sukibimą su šaknies kanalo dentinu. Visuose rudai raudonos spalvos šaknų mėginių kanalų trečdaliuose matomi daugybiniai vientisi ir gana polimerizuoti rezorcino formalino pastos „siūlai“ (angl. *tags*), giliai įsiskverbiantys į dentino kanalėlius (14 pav.).



a



b

14 paveikslas. Daugybiniai rezorcino formalino pastos „siūlai“ dentino kanalėliuose. Didinimas x1000 (a) ir x2000 (b)

5. REZULTATŲ APTARIMAS

Endodontinis (per)gydymas apima nemažai procedūrų, kurioms naudojamos skirtingos priemonės, pasižyminčios skirtingu poveikiu danties šaknies kanalo sienos paviršiui. Atliekant mechaninį šaknies kanalo ruošimą pirminio endodontinio gydymo metu, dantino paviršius pirmą kartą yra veikiamas tiesioginių mechaninių jėgų (vertikalaus instrumento spaudimo, trinties, sukuriamos tarp instrumento ir šaknies sienelių, ir kt.), o pergydymo atveju dantis patiria jau pakartotinį mechaninių jėgų, dažniausiai ir ultragarsinės vibracijos poveikį. Skirtingų priemonių naudojimas gydymui lemia suminį atliekamų gydymo procedūrų poveikį šaknies kanalo spindį ribojančio dantino paviršiui (7, 130). Būtent tai gali sukelti šaknies skilimus ar net lūžį, kurių įtaka gydymo prognozei yra neabejotinai svarbi. Be tiesioginio mechaninio poveikio, šaknies kanalo sienos paviršiaus struktūrai gali turėti įtakos ir platus cheminių medžiagų naudojimas endodontijoje. Aišku, retrospektyviai žiūrint tokių medžiagų spektras buvo daug platesnis nei šiuolaikinėje endodontijoje, kur rekomenduojami gydymo standartai yra grindžiami mokslo pažanga. Dalis pergydomų dantų patiria skirtingų cheminių medžiagų ilgalaikį ar trumpalaikį poveikį.

Rezorcino formalino medžiaga ir impregnacinės šaknų kanalų pildymo metodikos išsiskyrė ne tik savo specifika, bet ir gebėjimu pakeisti danties spalvą. Ją naudojant šiuolaikiniai chemomechaninio šaknies kanalo ruošimo standartai nebuvo taikomi (1, 2). Todėl galima teigti, kad, skirtingai nuo daugelio įprastinių endodontinio gydymo procedūrų, tokių dantų šaknies kanalo sienos dantinai patyrė ir ilgalaikį cheminį rezorcino formalino pastos poveikį.

Ekspperimentiniuose tyrimuose *in vitro* mėginta imituojant klinikinių procedūrų eigą, ištirti endodontinių procedūrų įtaką šaknies kanalo sienos paviršiaus dantinui. Dažniausiai buvo tiriama: atsparumas skilimui, įtampos pasiskirstymas ir dantino defektų (skilimų) skaičius skirtinguose šaknies pjūviuose (13, 39, 130, 173). Kadangi tokio tipo tyrimai su rezorcino formalino pasta gydytais dantiniais nebuvo atlikti, pasirinkta vertinti šios medžiagos paveikto dantino ultrastruktūros ypatumus, pergydymo procedūrų įtaką šaknų dantinui, vertinant skilimų skaičių ir atsparumą skilimui.

Įtakos gautiems rezultatams gali turėti pacientų amžius, kuris šiame tyrime buvo nežinomas. Amžiniai danties pokyčiai gali būti veiksnys turintis įtakos ir mažinantis šaknies atsparumą skilimui, nes su amžiumi yra susiję tokie pokyčiai dentine, kaip jo sklerozė, pasikeitimai mikrostruktūroje ir cheminėje sudėtyje (59, 174, 175). Atliktų tyrimų rezultatai po monotoninio ir ciklinio krūvio parodė, kad šakninio dentino stiprumo riba su amžiumi ženkliai mažėja (59).

Šiame *in vitro* tyrime klinikinės situacijos modeliavimas buvo pasirinktas atsižvelgiant į kituose tyrimuose naudotus metodus (13, 72, 73, 116, 133, 136, 137). Akivaizdu, kad tiesiogiai sukurti identišką aplinką klinikinei situacijai yra neįmanoma, nes *in vivo* periodonto raištis (PR) pasižymi amortizuojamosiomis savybėmis, kurios sugeria įtampą, susidarančią veikiant krūviui dantį, ir perskirsto ją į aplinkinius danties audinius (176, 177). Todėl, nors ir neidealus, PR imitavimas yra svarbus atliekant tyrimus *in vitro*, kuriuose vertinamas jėgų poveikis skilimų radimuisi arba danties atsparumas skilimui (52, 73, 117, 131, 178, 179). Kai kurie mokslininkai atlikdami tyrimus *in vitro* visiškai nenaudojo medžiagų, skirtų imituoti poveikį periodonto raiščiui (173), o kiti bandydami jį imituoti naudojo danties šaknies dengimą vieno sluoksnio folija, įtvirtinimą dervos blokelyje arba silikoninėje ar alginatinėje atspaudinėje medžiagoje (116, 130, 133, 137, 166). Tačiau nekelia abejonių faktas, kad bet kurios iš minėtų medžiagų savo elastingomis savybėmis neprilygsta periodonto raiščiui pasipriešinant jėgoms, sukuriama gydymo metu. Nors klinikinė situacija esant periodonto raiščiui yra labai kompleksinė ir jos identiška imitacija neįmanoma, vis dėlto teigiama, kad būtent silikoninės medžiagos sluoksnis, skirtingai nei kiti minėti būdai, suteikdamas šakniai ar mėginiui judesį laisvumą ribotoje erdvėje, leidžia tyrimuose *in vitro* imituoti dalinį poveikį periodonto raiščiui (73, 116, 179). Atsižvelgiant į pateiktus medžiagų trūkumus, šiam tyrimui buvo naudotas papildomas silikono atspaudinės medžiagos sluoksnis, siekiant nors iš dalies imituoti periodonto raištį, dalyvaujantį paskirstant vertikaliai veikiančias jėgas. Soares ir bendraautorių (177) atlikto tyrimo rezultatai, parodė, kad tyrimuose *in vitro* silikoninė atspaudinė medžiaga gali turėti įtakos skilimų ir atsparumo skilimui rezultatams, ir tai galėtų būti siejama su dentino dehidracija dėl šios medžiagos poveikio (177, 180). Dehidraciją mėginiai patiria šaknį įtvirtinant

blokelyje, kai vyksta silikoninės atspaudinės medžiagos kietėjimas (116, 130, 166). Periodonto raiščio imitacija yra svarbus veiksnys lyginant tyrimų *in vitro* rezultatus. Įrodyta, kad skilimo metu nustatytos didesnės jėgos buvo, kai nebuvo sukurta periodonto raiščio imitacija (49, 52, 58, 181, 182).

Nepaisant pastangų atkartoti klinikinę situaciją laboratoriniuose tyrimuose, neišmanoma išvengti neatitikimų tarp šių dviejų situacijų – klinikinės (*in vivo*) ir eksperimentinės (*in vitro*). Labai svarbus etapas yra pačių mėginių laikymo sąlygos (14, 183). Tai tampa ypač aktualu, kai yra numatoma tirti mėginių mechanines savybes (14, 58, 181). Todėl labai daug dėmesio buvo skiriama mėginių laikymui tyrimo metu, siekiant sumažinti aplinkos poveikį dentinui. Mėginiai buvo laikomi distiliuotame vandenyje, nes būtent jis yra rekomenduojamas kaip mėginių laikymo terpė atliekant tyrimus *in vitro*, nes šioje terpėje įvyksta mažiausiai dentino pokyčių (127).

Atliekant endodontinio gydymo procedūras, NaOCl tirpalas buvo pasirinktas šaknų kanalų plovimui mechaninio ruošimo metu. Šis plovimo skystis yra standartinis pirmo pasirinkimo tirpalas, naudojamas šiandienos endodontijoje. 2 proc. koncentracijos NaOCl leidžia išvengti dentino elastinio modulio ir lenkimo stiprumo ribos pokyčių, kurie tampa akivaizdūs didėjant tirpalo koncentracijai (73, 81, 82, 127, 133). Todėl atliekant šį tyrimą ir buvo pasirinkta tokia NaOCl koncentracija. Siekiant sumažinti tiesioginį cheminių tirpalų poveikį dentinui, buvo atsakyta ir EDTA tirpalo, kaip paskutinio šaknies kanalo plovimo skysčio, o vietoj jo pasirinktas distiliuotas vanduo.

Dar keli aspektai, kurie yra įvardijami kaip tyrimo *in vitro* trūkumai, yra negalėjimas įvertinti jėgos, veikusios dantį traukimo metu, žinių stoka apie paciento amžių, prieš tai buvusį sąkandį, traumas ir kt. (12, 184–187). Matyt, neginčijama ir tai, kad būtent dėl šių priežasčių įtakos yra tikėtina dentino skilimų skaičiaus bei atsparumo skilimui rezultatų variacija. Kaip ir daugelyje panašių tyrimų, šiame tyrime tokios informacijos nebuvo įmanoma surinkti. Tačiau, kad būtų galima maksimaliai pašalinti šių veiksnių tiesioginę įtaką, buvo atliekama pakartotinė šaknies ir mėginių paviršių apžiūra maksimaliu didinimu.

Norint palyginti gautus tyrimo rezultatus ir žinant šaknų morfologijos, skersmens ir dentino storio, kanalų skerspjūvio formos skirtumus, tyrime buvo

maksimaliai sumažintos galimos ištrauktų dantų anatominių ypatumų variacijų ribos: mėginio mezialinio distalinio ir skruostinio liežuvinio skerspjuvio pločio ir mėginių ilgių (188). Tačiau akivaizdu, kad nors ir siekta kiek įmanoma sumažinti mėginių variacijos ribas, pasirinktas net ir minimalus nuokrypis tarp mėginių gali turėti įtakos rezultatams.

Atliekant tokius tyrimus įmanoma ir nematomų dentino skilimų tikimybė (39, 132). Šiame *in vitro* eksperimentiniame tyrime buvo atliekama pakartotinė mėginių paviršių kontrolė naudojant x16 kartų didinimą mikroskopu. Daugumoje tyrimų buvo vertinamas tik išorinis šaknies paviršius (7, 8, 13, 39, 73, 116, 130, 136, 179). Šio tyrimo metu, siekiant maksimaliai sumažinti nematomų vidinių skilimų tikimybę, buvo vertinamas ne tik išorinis šaknies paviršius, bet ir vainikinio bei viršūninio trečdalių šaknų horizontalaus pjūvio mėginių paviršiai prieš atliekant pergydymo procedūrą. Todėl neradus jokių pažeidimo požymių, toliau atliekant eksperimentą buvo galima teigti, kad vėlesnėse stadijose nustatyti dentino vientisumo pažeidimai buvo nulemti endodontinio gydymo procedūrų.

Daugelyje atliktų šaknies dentino skilimų tyrimų buvo naudojami šaknų horizontalūs pjūviai ir pooperacinis mėginių skerspjuvių vertinimas optiniu mikroskopu. Šiuo metu vis dažniau tyrimams naudojama mikrokompiuterinė tomografija (angl. *micro-CT*).

Naudojant mėginių vertinimui mikroskopą, eilėje tyrimų buvo parodyta, kad kanalo ruošimas sukamaisiais mašiniais nikelio ir titano lydinio instrumentais pats savaime *per se* gali turėti įtakos dentino skilimų atsiradimui (13, 14, 39, 126, 130, 133, 136, 141, 189). *De-Deus* su bendraautorais teigė, kad mėginių ruošimui naudojamas pjaustymo metodas gali turėti trūkumų dėl savo destruktinio pobūdžio (115). Naudodami mikrokompiuterinę tomografiją, *De-Deus* ir bendraautorai nerado priežastinio ryšio tarp dentino skilimų susidarymo ir šaknies kanalo platinimo skirtingo tipo mašiniais sukamaisiais instrumentais (115, 146), o *Jamleh* ir bendraautorai nustatė naujus dentino skilimus po kanalo platinimo sukamaisiais Ni-Ti mašiniais instrumentais (190). Šiuos prieštarigus rezultatus galėjo nulemti tokie pasirinktos metodikos skirtumai kaip aukštos skiriamosios gebos mikrokompiuterinės tomografijos naudojimas taikant dažymą bario sulfatu ($BaSO_4$) (190).

Nekelia abejonių teiginiai, kad mikrokompiuterinės tomografijos tyrimas suteikia daug geresnę galimybę vertinti vaizdus nei mikroskopas. Tačiau mokslininkai nurodo, kad padidėjusi temperatūra naudojant aukštos skiriamosios gebos mikrokompiuterinį skenavimą gali sukelti mėginių dehidraciją ir jau esamų skilimų plėtimąsi ir kartu turėti įtakos rezultatams, ypač tų dantų, kurie turėjo skilimų prieš kanalo platinimą ir nebuvo pašalinti iš tolesnės eksperimento dalies (115, 146). Įprasta pjaustymo metodika leidžia įvertinti tik tam tikrų šaknies dalių skerspjūvius, ir kai kurių skilimų galima nepastebėti. Tačiau, nepaisant minėtų trūkumų, tai leidžia kuo labiau priartinti situaciją prie klinikinį vaizdų, matomų klinikiniam darbe, kur taip pat atliekama paviršių apžiūra naudojant didinimą optiniu mikroskopu.

Visgi reikia pripažinti, kad daugelis anksčiau atliktų tyrimų, kuriuose naudotas pjaustymo metodas, skilimų kontrolinėje grupėje nenustatydavo ir tai leidžia teigti, kad dentino defektai nustatyti grupėse, kurių mėginiuose buvo atliktas šaknų kanalų ruošimas, gali būti siejami su atliekamomis gydymo procedūromis (13, 14, 39, 73, 116, 126, 130, 133, 137, 191). Šis metodas buvo pasirinktas ir atliekant rezorcino formalinu gydytų dantų tyrimą *in vitro*. Atlikus pjūvius skirtinguose šaknų trečdaliuose, buvo tiesiogiai vertinami ne tik vertikalūs šaknies skilimai, bet ir daliniai dentino skilimai bei jų plitimo kryptis: nuo šaknies išorinio ar kanalo paviršių. Dėl naudotų metodų panašumo gautus rezultatus buvo galima palyginti su kitų tyrimų duomenimis. Viena problema, kurią būtų galima įvardyti vertinant dentino skilimus, yra vienodos dentino skilimų klasifikacijos nebuvimas. Vieni autorių vertina tiesiog skilimo buvimą ar nebuvimą, kiti įvardija tik „visišką skilimą“, o visus kitus jungia į grupę „kiti skilimai“ (7, 130). Daugelis tyrėjų vidinių dentino skilimų nemini. Kadangi šiame tyrime atliktose pradinėse kontrolinėse nuotraukose vidinių – intradentino – skilimų nebuvo diagnozuota nė viename iš mėginių, galima manyti, kad jie gali įvykti endodontinio pergydymo metu ir todėl buvo įtraukti į dentino skilimų vertinimo tipus šiame tyrime.

Nebereikia įrodinėti, kad rezorcino formalino medžiaga smarkiai pakeičia danties audinių spalvą. Metileno mėlynasis kaip dažo medžiaga efektyviai naudojamas nepakitusios natūralios spalvos dantų skilimų diagnostikai. Svarbu

išsiaiškinti, ar rezorcino formalino medžiagai pakeitus danties spalvą, metileno mėlynasis išlieka efektyvus skilimų diagnostikos metodas. Galima manyti, kad dažo medžiagos skvarba ir susidaręs kontrastas tarp medžiagos ir rezorcino formalino paveiktų danties audinių paviršių gali turėti neigiamos įtakos skilimų diagnostikos tikslumui klinikinėje praktikoje. O tai yra labai svarbu, nes žinoma, kad ankstyva ir tiksli skilimų diagnostika leidžia sudaryti maksimaliai tikslių danties gydymo planą, išvengiant galimų komplikacijų vėlesniuose gydymo etapuose ar baigus gydymą. Įrodyta, kad metileno mėlynojo molekulės dydžiu prilygsta bakterijų dydžiui bei turi mažesnę nei fuksino molinę masę, siekiančią atitinkamai 318,85 g/mol ir 323,45 g/mol (192, 193). Būtent todėl jis pasižymi geresniu skvarbumu nei kitos dažo medžiagos. Egzistuoja skirtingos tyrėjų nuomonės dėl metileno mėlynojo efektyvumo diagnozuojant šaknų įskilimus. Vieni autoriai teigia, kad ši dažo medžiaga tinka šaknų skilimo linijoms nustatyti, o kiti yra tos nuomonės, kad ji gali įsiskverbti tik tuomet, kai paviršiuje yra įtrūkimas, o ne skilimo linija (193, 194). Kadangi naudoti šią medžiagą yra paprasta ir nesudėtinga, ji yra paplitusi gydytojo odontologo kasdienėje klinikinėje praktikoje, todėl šiame darbe norėta įvertinti jos diagnostinį efektyvumą tiriant dantis, išsiskiriančius savo spalva, t. y. gydytus rezorcino formalinu. Atliekant tyrimą buvo įvertintas ne tik metileno mėlynojo, bet ir optinio mikroskopo skirtingais didinimais (x10 ir x16) naudojimo efektyvumas. Gauti tyrimo rezultatai parodė, kad didesnis didinimas x16 nėra efektyvesnis nustatant rezorcino formalinu gydytų šaknų skilimus, o 2 proc. metileno mėlynojo naudojimas kartu su didinimu pagerino tokių skilimų diagnostiką. Naudojant dažo medžiagą, daugiau skilimų buvo diagnozuota, kai mėginių šaknų kanalai paruošti mašininiais nikelio ir titano lydinio instrumentais, o šiuos instrumentus derinant su ultragarsiniais instrumentais metileno mėlynojo naudojimas nebuvo akivaizdžiai efektyvesnis už didinimą mikroskopu be dažo medžiagos. Šiuos skirtumus būtų galima paaiškinti taip: ultragarsinių instrumentų padaryti dentino paviršiaus pažeidimai yra platesni ir juos lengviau pastebėti naudojant tik didinimą mikroskopu, o smulkiems defektams, net ir skilimo linijoms, nustatyti labai svarbu naudoti dažo medžiagą.

Mašininų endodontinių instrumentų įdiegimas į kasdienę odontologo praktiką, griežtai laikantis darbo su jais rekomendacijų, pagreitino gydytojo darbą, padidino atliekamų procedūrų tikslumą, palengvino šaknies kanalų pildymo procedūrą. Tačiau naujosios technologijos dažnai yra siejamos ir su tam tikrais trūkumais. Atliekant šį tyrimą, šaknų kanalų mėginių platinimui buvo pasirinkta visa mašininų nikelio ir titano *ProTaper* sistemos instrumentų seka (gam.: *Densplay Maillefer, Bellaigues*, Šveicarija). Būtent šie instrumentai yra plačiai naudojami praktikoje ir siejami su savybe sukelti daugiau mikropazaidų šaknies kanalo dentino paviršiuje nei kitų sistemų sukamieji mašininiai NiTi instrumentai (12, 13, 39, 126, 136, 141). Tyrimo rezultatai parodė, kad šios sistemos naudojimas platinant rezorcino formalinu gydytų dantų šaknų kanalus sietinas su šaknies dentino paviršiaus mechaniniais pažeidimais (skilimais). *Bier* ir bendraautorių tyrime 16 proc. atliktų horizontalių šaknų pjūvių paviršių buvo diagnozuoti skilimai, jei kanalų ruošimui buvo naudota *ProTaper* sistema (126). *Monga* ir bendraautorių tyrimo rezultatai parodė, kad naudojant *ProTaper* instrumentų sistemą nustatyta daugiausiai skilimų iš visų grupių, 33,3 proc. mėginių ir dažniausiai vainikiniame šaknies kanalo trečdalyje (195). *Kim* ir bendraautorių darbo išvadoje teigiama, kad ši sistema sukuria didelę tempimo ir spaudimo įtampą šaknies dentine (9). Ypač pavojinga įtampos koncentracija yra plonesnėse ir silpnesnėse dentino vietose ir tai gali tapti dentino defektus skatinančiu veiksniumi. *Liu* su bendraautoriais, įvertinę šaknų horizontalius skerspjūvius trijose vietose, nustatė skilimus 50 proc. šaknų, kurių mechaniniam ruošimui buvo naudoti *ProTaper* instrumentai (141). Šio tyrimo rezultatai rodo, kad *ProTaper* naudojimas visiškų skilimų nesukėlė, o ultragarsinio ir mašininų *ProTaper* instrumentų derinys juos sukėlė. Be instrumentų dizaino ypatumų, siejamų su dažnesne dentino defektų atsiradimo tikimybe, dentino skilimai gali būti susiję ir su naudojamomis šaknų kanalų ruošimo metodikomis (14, 72). Dauguma nikelio ir titano lydinio instrumentų sistemų pritaikytos naudoti vainiko žemyn metodika, o grįžtamojo judesio sistemų pagrindiniai principai yra panašūs į subalansuotų jėgų metodiką (196). Įrodyta, kad vainiko žemyn (angl. *crown-down*) metodika yra susijusi su didesniu kiekiu skilimų nei žingsnio atgal (angl. *step-back*), ir tokie skirtumai dažniausiai yra matomi viršūniniame šaknies trečdalyje (116).

Nors ir teigiama, kad ne tik instrumentų sistemos, bet ir jų veikimo judesiai turi įtakos skilimams atsirasti (6). *Ustun* ir bendraautorių tyrimo rezultatų duomenys leido teigti, kad kinematika (instrumento judesys) neturi įtakos skilimų radimuisi (145). Vis dėlto atliktų tyrimų gausa leidžia manyti, kad pastovus sukamasis judesys siejamas su didesniu kiekiu skilimų negu grįžtamasis judesys (6). *Burklein* ir bendraautoriai palyginę skirtingas instrumentų sistemas teigė, kad šaknies kanalo platinimas naudojant tiek sukamuoju, tiek ir grįžtamuoju judesiu veikiančius instrumentus sukelia dentino defektus (14). Tyrimo rezultatai parodė, kad būtent viršūninėje dalyje grįžtamuoju judesiu dirbantys tokie instrumentai kaip *Reciproc* ir *WaveOne* sukelia daugiau dalinių dentino skilimų nei sukamuoju judesiu naudojami tokie instrumentai kaip *Mtwo* ir *ProTaper Universal* (14). Prieštaringi rezultatai buvo gauti *Liu* ir bendraautorių atliktame tyrime. Visos sekos *ProTaper Universal* sukamuoju judesiu veikiančios sistemos instrumentai sukelia gerokai daugiau skilimų šaknies viršūnės srityje arba šaknies kanalo sienoje negu sukamuoju (angl. *one-shape*) arba grįžtamuoju judesiu veikiančios vieno instrumento sistemos (angl. *reciproc*) (133). *Versluis* taip pat teigė, kad naudojamo instrumento sukelta įtampa šaknies sienoje 1 mm nuo šaknies viršūnės sudaro vieną trečdalį įtampos, kuri yra arčiau vainikinės kanalo dalies. Tai gali būti siejama su įvairių instrumentų kūgio didėjimu link vainikinio trečdaliao (129). Akivaizdu, kad šių tyrimų srityje gauta daug skirtingų ir prieštaringų rezultatų, kurie galėtų būti aiškinami daugeliu priežasčių: metodologijos skirtumais, skirtinguose šaknų lygiuose atliktais pjūviais, anatominiiais dantų ypatumais ir kt. (8).

Tyrimų apie endodontinio pergydymo metu atliekamų procedūrų įtaką dentinui yra nedaug. *Shemesh* ir bendraautorių atlikto tyrimo rezultatai parodė, kad pergydymo metu, tiek rankinių angl. *Hedstrom file* instrumentai (*Densply Maillefer*, *Bellaigues*, Šveicarija), tiek ir mašininį sukamųjų *ProTaper* pergydymo sistemos instrumentų naudojimas šalinant užpildo medžiagą iš šaknies kanalo sukelia daugiau dentino skilimų nei šaknų kanalų platinimo ar užpildymo procedūrų metu sukeliamai pažeidimai (7). Panašūs rezultatai buvo gauti ir *Topcuoglu* ir bendraautorių, kurie tyrė rankinių instrumentų ir 2 mašininį NiTi pergydymo sistemų *in vitro* įtaką dentino paviršiui pergydymo metu (127).

Dar vienas diskutuotinas klausimas yra įvairių skilimų tipų prigimtis. Manoma, kad dentino defektai, kurie tiesiogiai nesusisiekia su kanalo spindžiu ir apibrėžiami kaip skilimo linijos (angl. *craze line*), galėtų būti priskiriami šalinant dantį veikiančioms jėgoms (14, 126). Visgi kyla klausimas, kodėl tokių linijų nėra šaknų mėginiuose prieš pradėdant atlikti endodontinio gydymo procedūras. Taigi su kuo siejamas defektų, nesusisiekiančių su kanalo spindžiu ir matomų daug toliau nuo instrumento kontakto su kanalo siena vietos, atsiradimas. *Wilcox* tai aiškina mechaniniam šaknies kanalo ruošimui naudojamos jėgos sukeltu stresu šaknies kanalo vidiniame paviršiuje; stresas dentinu plinta į šaknies išorinį paviršių ir viršija vientisą dentino struktūrą išlaikančias jėgas (130). Mūsų tyrimo rezultatai galėtų būti paaiškinti remiantis *Wilcox* pateikta hipoteze, nes daliniai skilimai nuo išorinio šaknies paviršiaus nustatyti po pergydymo procedūrų, ir daugiau jų buvo siejama su ultragarsinių instrumentų naudojimu. Išoriniai defektai nustatyti ir kituose tyrimuose (130, 178), bet vidinių skilimų juose neaprašyta. Vertinant skilimus toje pačioje šaknyje yra tikimybė, kad tas skilimas, nusitęsęs per skirtingus pjūvius, gali būti vertinamas kaip atskiras skilimas (130, 160). Remdamasis *in vitro* tyrimais, kai vienoje dalyje matomi daliniai skilimai nuo šaknies kanalo spindžio nusitęsia į dentiną ir nesusisiekia su kita šaknies pjūvio dalimi, *Soros* tvirtina, kad vertikalaus šaknies skilimo pagrindas yra skilimų plitimo rezultatas, o ne momentinis reiškinys (117).

Mūsų tyrimo rezultatai yra panašūs į *Monga* ir *Versluis* su bendraautoriais atliktų tyrimų rezultatus: daugiausia skilimų buvo nustatyta vainikiniuose šaknų mėginių trečdaliuose (129, 195). Tyrimais įrodyta, kad pašalinto dentino kiekis naudojant didesnę kūgį turinčius instrumentus vainikinėje šaknies kanalo trečdalyje yra didesnis negu viršūninėje šaknies kanalo trečdalyje (197). Tam pritaria ir *Bier* teigdamas, kad platinimui naudojamo instrumento kūgis gali nulemti dentino skilimų formavimąsi (126).

Tyrimo metu atliekant endodontinį pergydymą, vienoje mėginių grupėje šaknų kanalų platinimui buvo naudoti tik šie minėti instrumentai, o antroje grupėje jie buvo naudojami kartu su ultragarsiniu *ProUltra Endo 4* dydžio instrumentu (gam.: *Densplay Maillefer*, *Ballaigues*, *Šveicarija*), kad būtų galima pašalinti kietos konsistencijos užpildą, buvusį šaknies mėginio kanale. Rezultatai

parodė, kad tiek vienos mašininių nikelio ir titano sistemos instrumentų, tiek instrumentų derinio naudojimas turėjo žalingą poveikį šaknies dentinui – dentine matomi skirtingo skaičiaus ir laipsnio skilimai. Daugiau skilimų buvo rasta vainikinio trečdaliao šaknų mėginių paviršiuose. Minėtų instrumentų deriniai sukėlė skilimus vainikiniuose trečdaliuose beveik 50 proc. visų mėginių, o naudoti vieni sukamieji mašininiai NiTi instrumentai – tik apie 20 proc. mėginių. Palyginti instrumentų derinių naudojimo poveikį pergydymų atvejais yra sudėtinga, nes panašaus dizaino tyrimuose *in vitro* tokio tipo instrumentų derinio poveikis dentinui nebuvo tirtas. Ultragarsinių instrumentų poveikis šaknies dentino paviršiui buvo tirtas tik atliekant retrogradinės ertmės ruošimą chirurginėje endodontijoje. Rezultatai parodė, kad jie sukelia ne tik netolygumus dentino paviršiuje, bet ir jo skilimus (126, 165). Atlikto tyrimo duomenimis, ultragarsinio instrumento poveikio išraiška buvo ne tik visiški mėginio skilimai, bet ir vidiniai dentino skilimai (nesiekiantys nei kanalo spindžio, nei šaknies paviršiaus), kurių nebuvo nustatyta atliekant kitus tyrimus.

Atsparumas skilimui dažniausiai matuojamas siekiant įvertinti skirtingų odontologinio gydymo procedūrų poveikį šakniai ir atliekamas veikiant išorinėms jėgoms tol, kol šaknis suskyla (58, 130, 173). Aišku, šis metodas turi trūkumų, iš kurių vienas yra labai svarbus, nes jis nesuteikia informacijos apie šaknies dentino skilimų atsiradimą ir plitimą, o apibūdina vertikalų šaknies skilimą kaip momentinį veiksni (130). Endodontiškai gydytų dantų atsparumas skilimui buvo tirtas daugelyje *in vitro* tyrimų (52, 173, 198–202). Jis buvo vertinamas naudojant skirtingų tipų krūvį: ciklinį krūvį, jėgos poveikį skirtingomis kryptimis, bet daugumos tyrimų pagrindinis metodas buvo tolygiai didėjančio danties/šaknies ar mėginio vertikalaus krūvio veikimas, kol įvyksta visiškas skilimas ir fiksuojama jėga, sukėlusį lūžį (52, 173, 188). Manoma, kad jeigu tiriama medžiaga turi įtakos žmogaus audinio struktūriniam vientisumui, tai poveikį jos atsparumui gali patvirtinti ir gniuždymo jėgos dydis, sukeliantis tos medžiagos, šiuo atveju dentino mėginių skilimą (203).

Akivaizdu, kad įvairiuose tyrimuose buvo naudojami skirtingi jėgos perdavimo į dantį ar mėginį metodai. *Hatibovic-Kofman* ir bendraautorių tyrime jėgos veikimas buvo nukreiptas į lūpinį danties paviršių 90 laipsnių kampą į

išilginę ašį, sukeltą lūžį danties kaklelio srityje (199). *Bortoluzzi* ir bendraautorai (198) jėgai perduoti naudojo metalinį cilindą 45 laipsnių kampu į išilginę danties ašį iš lūpinės pusės. *Hammad* ir bendraautorai naudojo universalioje testavimo mašinoje fiksuotą rankinį šaknies kanalo pildymo instrumentą (angl. *spreader*), kuris vertikalią jėgą veikiama skverbėsi į užpildytą mėginio šaknies kanalo spindį, kol šaknis skildavo (202).

Tyrimuose *in vitro* dažniausiai naudojama jėga, veikia vertikaliai išilginei danties šaknies ašiai tolygiai į visą šaknies ar mėginio paviršių (76). Būtina prisiminti, kad veikiančių jėgų dydis iki šaknies ar mėginio skilimo tyrimo metu nėra tas tikrasis, bet tik reliatyvus, pagal kurį galima lyginti grupes. Tai svarbu lyginant eksperimentines grupes ar tyrimus ir negali būti tiesiogiai taikoma klinicinei situacijai, kurioje okliuzinės jėgos veikia labai skirtingomis kryptimis ir vertikalus išilginei danties ašiai jėgų veikimo kampas yra tik viena iš įmanomų okliuzinių jėgų (52, 71).

Jėgos, naudojamos *in vitro* tyrimuose, dažniausiai yra gniuždymo / spaudimo, tempimo, lenkimo ir veikia šaknies dentino mėginius (cilindrą, tam tikrų matmenų kubą, plokštelę, diską), įtvirtintus plastikiniuose arba akriliniuose blokeluose (91). Kai kurie autoriai, kad išvengtų skirtumų, susijusių su skirtingu dentino sienos storiumi, naudojo vienodus dentino gabalėlius – mėginius (203). Standartizuotų mėginių pranašumas yra tas, kad gautus rezultatus, pavyzdžiui, elastingumo modulio, atsparumo lenkimo jėgoms, atsparumo skilimui, būtų galima palyginti su kitų tyrimų, kurie nagrinėjo endodontinių medžiagų poveikį panašioms dentino mėginiam. Kita vertus, tyrime naudojami mėginiai neatspindi tikrosios situacijos, nors ir stengiamasi, kad tyrimų *in vitro* situacija būtų kiek įmanoma priartinta prie klinikinės situacijos (87, 204).

Rezorcino formalino pasta gydytų dantų šaknų dentino stiprumui vertinti buvo pasirinktas ir gniuždomojo bandymo metodas, kuris apskritai taikomas trapiųjų medžiagų stiprumui tirti. Trapiųjų medžiagų bandymus reglamentuoja standartai (205). Mokslinių tyrimų gniuždomieji bandymai nereglamentuojami standartų, ir tyrimo autorius bandymo metodiką pasirenka individualiai, tik tokiais atvejais laikomasi vienodų bandymų sąlygų (vienodų bandinių aukščių, skersmenų, apkrovos greičių, laikymo sąlygų), tad ir šiame tyrime tos sąlygos

buvo išlaikytos. Akivaizdu, kad šaknų morfologijos ir šaknų dentino storio skirtumai gali turėti įtakos rezultatams – jėgai skilimui sukelti (181). Siekiant išvengti bandinio aukščio įtakos stiprumo rodikliui, visų mėginių aukštis šiame tyrime buvo suvienodintas iki 6 mm. Mėginių vainikinio ir viršūninio trečdalių paviršių skersmens matavimai skruostine liežuvine ir mezialine distaline kryptimis elektroniniu (skaitmeniniu) slankmačiu buvo atliekami tris kartus, apskaičiuotas vidurkis, kad būtų išvengta tyrime naudotų šaknų skersmens didelių nuokrypių. Taip pat buvo pasirinkti dantys, pildyti minkštos konsistencijos rezorcino formalino užpildu, siekiant išvengti medžiagos konsistencijos įtakos tyrimo eigai. Mėginiai buvo gniuždomi pasirinktu greičiu (250 N/s) tarp dviejų standžių bandymo mašinos plokščių. Šiame tyrime dentino atsparumui vertinti buvo naudotas įtempis (rodiklis, apibūdinantis medžiagos stiprumą), o kituose panašiuose tyrimuose buvo lyginama bandymo prietaisu registruota maksimali jėga, sukelianti skilimą. Todėl neįmanoma atlikti tiesioginių palyginimų su kitais *in vitro* tyrimais. Tyrimų, vertinusių šaknies kanalų ruošimo įtaką skilimo atsparumui, atlikta labai nedaug. Tačiau vertinant ir lyginant rezultatus matoma panaši tendencija visuose šiuose tyrimuose – šaknų kanalų mechaninis paruošimas turi įtakos dantų skilimo atsparumui.

Genesh ir bendraautorių tyrimo *in vitro* rezultatai parodė atsparumo skilimui sumažėjimą grupėje, kurioje buvo atliktas endodontinis pergydymas (jėga, sukėlus skilimą, siekė 280,6 N), palyginti su pirminio endodontinio gydymo, kai jėga siekė 448,6 N (75). Autorių teigimu, tokį statistiškai reikšmingą rezultatą lėmė prieš ir po pergydymo vainikiniame ir viduriniame šaknies trečdaliuose likusio dentino skirtumas. Tai gali būti siejama su naudotų instrumentų kūgiu (75). *Cicek* ir bendraautorių tyrime *in vitro* vertintas atsparumas skilimui po šaknų kanalų paruošimo skirtingomis mašininų NiTi instrumentų sistemomis, taip pat naudojant vertikalų tolygiai didėjančią krūvį. Didesnis šaknų atsparumas skilimui buvo nustatytas po ruošimo *ProTaper Next* instrumentais – 334,03 N, o naudojant *ProTaper Universal* atsparumas buvo 275,83 N (49). Atsižvelgdamas į tai, kad kandimo jėga laikoma vienu iš svarbiausių veiksnių, turinčių įtakos vertikaliajam šaknies skilimui, *Ferrario* nustatė apie 216,31 N kandimo jėgą apatinio žandikaulio kapliuose (206, 207). Ši reikšmė mažesnė negu *Cicek* ir bendraautorių tyrime (49).

Tik *Capar* ir bendraautorių tyrime lyginant gyvą pulpą turinčių dantų šaknų atsparumą skilimui ir šaknų kanalų mechaninio paruošimo įtaką šaknų skilimo atsparumui, skirtumas tarp kontrolinės grupės, *ProTaper* ir *SAF* grupių nebuvo statistiškai reikšmingas (58).

Šaknų atsparumas skilimui naudojant ultragarsinius instrumentus buvo tirtas tik labai specifiskais endodontinio pergydymo atvejais, kai jie buvo naudojami atsidalijusiems šaknies kanale instrumentams šalinti. *Gerek* ir bendraautorių (208) atliktame tyrime, kuriame naudoti ultragarsiniai instrumentai ir *Masserann* (gam.: *Micro-Mega 5-12, rue du Tunnel 25006 Besancon Cedex, Prancūzija*) sistema atsidalijusiam instrumentui šalinti iš šaknies vidurinio trečdaliao, šaknų atsparumas skilimui sumažėjo (atitinkamai 116,38 N ir 85,79 N), palyginti su kontroline grupe (278,61 N). Prieštaringi rezultatai buvo gauti kitame tyrime: naudojami ultragarsiniai instrumentai atsidalijusiam instrumentui šalinti iš šaknies kanalo spindžio neturėjo įtakos šaknų atsparumo skilimui mažėjimui, nepriklausomai nuo to, iš kurio šaknies kanalo trečdaliao atsidalijęs instrumentas buvo šalinamas (164).

Dantų, gydytų rezorcino formalino impregnacine metodika, atsparumas skilimui buvo tirtas trijose eksperimentinėse grupėse esant skirtingoms situacijoms ir lyginant jas ne tik tarpusavyje, bet ir su gyvybingą pulpą turinčių dantų atsparumu skilimui. Suprantama, kad tyrimas neatspindi realios klinikinės situacijos. Jame buvo suformuota dar viena grupė – rezorcinu formalinu gydytų dantų, kurių šaknų paviršiuose jau buvo dalinių mikroskilimų. Tokia grupė buvo pasirinkta eksperimentiniam tyrimui, nes klinikoje dažniausiai įvertinti mikroskilimų atsiradimą gydymo metu praktiškai neįmanoma, bet jų buvimas yra tikėtinas. Todėl buvo įdomu įvertinti atsparumą skilimui, jeigu toks defektas gydymo metu lieka nediagnozuotas. O jei pavyksta diagnozuoti dentino išskilimą, situacija tampa sudėtinga prognozuojant tolesnį tokio danties išlikimą ir priimant tinkamus sprendimus dėl gydymo taktikos. Gauti rezultatai tyrime *in vitro* rodo atsparumo skilimui mažėjimą ir tam įtakos turi tiek pati medžiaga, tiek gydymo procedūros, tiek laiku nepastebėti dentino struktūros pažeidimai. Juolab kad suminis procedūrų poveikis atsparumo mažėjimui yra neabejotinai svarbus.

Ilgą laiką buvo siekiama sukurti šaknų kanalų užpildo medžiagą, kuri sustiprintų danties šaknies audinių struktūrą po atlikto endodontinio gydymo procedūrų (181, 188, 209–211). Šiuo metu dažniausiai šaknų kanalų pildymui yra naudojamas gutaperčios ir skirtingų tipų pastų (angl. *sealer*) derinys. Tačiau atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad nė vienas šių derinių nepadidina atsparumo skilimui (200–202).

Norint suprasti rezorciniu formalinu impregnuotų šaknų kanalų paviršių ypatumus, buvo atliktas šaknų kanalų paviršių vertinimas skenuojančiu elektroniniu mikroskopu. Daugiašakniuose dantyse, kuriems gydyti buvo naudota ši medžiaga, matomos šaknys dažnai yra skirtingos spalvos. Spalvų gama gali būti nuo rusvos iki tamsiai raudonos ar net rudos. Tyrimai rodo, kad medžiagos spalvos tamsumas yra siejamas su didesniu dažo medžiagos – rezorcino kiekiu joje (2). Tai leistų manyti, kad RF poveikis dentino paviršiaus struktūrai galėtų būti skirtingas. Taigi į tyrimą buvo įtrauktos stipriai pasikeitusios spalvos šaknys (tamsiai rudai raudonos spalvos) ir nepakitusios spalvos (natūralaus dentino spalvos) šaknys galimiems skirtumams tarp RF pastos poveikio šaknies dantiui įvertinti.

Skenuojantis elektroninis mikroskopas (SEM) yra dažnai naudojamas šaknies kanalo sienų paviršiaus vaizdinimui, siekiant matyti dentino kanalėlius, lipnųjų sluoksnių, šaknų kanalų užpildo likučius ir jų sąlytį su šaknies dentinu (212). Dauguma SEM mikrofotonuotraukų endodontologijos tyrimuose yra gautos antrinių elektronų būdu, kuris suteikia topografinį vaizdą, be informacijos apie realią struktūrą (213). Skenavimas atspindėtų elektronų būdu yra mažiau jautrus skirtingiems įmanomiems sklaidos efektams nei antrinių elektronų skenavimo būdas, todėl gauti vaizdai suteikia daugiau informacijos apie vidinę struktūrą, be topografijos duomenų (214). Šiame tyrime skenavimui buvo naudojamas ne mėginio dengimas aukso ir paladžio dulkėmis, o dehidracija vakuume. Šaknys buvo skenuotos naudojant atspindėtų elektronų detektorius, dėl to gauti vaizdai buvo aiškesni, turėjo didesnę kontrastiškumą ir buvo informatyvesni. Tai leido identifikuoti užpildo medžiagų likučius šaknies kanalo paviršiuje, geriau įvertinti dentino paviršiaus struktūrą, profilį ar aptikti dentino defektus.

Skenuotuose vaizduose tamsiai rudai raudonos spalvos šaknų mėginių kanalų paviršiai pasižymėjo įprasta morfologija (vaizdu). Lipniojo sluoksnio neaptikta, nes šaknų kanalai nebuvo ruošti chemomechaniniu būdu. Daugumos spalvą pakeitusių šaknų mėginių paviršiuose buvo aptikta RF pastos, tačiau buvo matoma nepadengtų plotų, ypač viršūniniuose ir iš dalies viduriniuose šaknų kanalų trečdaliuose. Šie duomenys sutampa su daugelio tyrimų, kurių autoriai teigia, jog nė viena šaknų kanalų užpildo medžiaga ir technika negeba užpildyti šaknų kanalų sistemos trimatėje erdvėje visu darbinio ilgiu (215). Nepaisant to, verta prisiminti, kad dažnai gydytojai odontologai neturėdavo tikslo užpildyti šaknų kanalų RF pasta visu darbinio ilgiu, nes buvo tvirtai įsitikinę, kad medžiagoje esantys medikamentai fiksuoja šaknų kanaluose likusį pulpos audinį ir kartu užtikrina gerus gydymo rezultatus (1). Be to, ši medžiaga buvo naudojama tuo laiku, kai gydytojai neturėjo kokybiškų endodontinių instrumentų mechaniniam šaknies kanalo ruošimui atlikti.

Pats netikėčiausias šio tyrimo radinys buvo nepasikeitusios spalvos (natūralaus dentino spalvos) šaknų dentino profilis. Dentino morfologija buvo neįprasta tuo, kad daugumoje mėginių nerasta jokių atvirų dentino kanalėlių viršūniniame ir viduriniame šaknų kanalų trečdaliuose ir tik nedidelis kiekis atvirų dentino kanalėlių rastas vainikiniuose trečdaliuose. Tokius vaizdus, matyt, lemia ne tik naudota medžiaga, bet ir su amžiumi susiję skleroziniai dentino kanalėlių pokyčiai, prasidedantys viršūniniame šaknies trečdalyje ir plintantys link vainiko (59). Taip pat būtent dentino kanalėlių sklerozė galėjo užkirsti kelią dažo medžiagai patekti į dentino kanalėlius.

Kita dentino kanalėlių užakimo priežastis gali būti RF pastoje esančių medžiagų tarpusavio santykio skirtumai. Nepakitusių spalvos šaknų endodontinis gydymas buvo atliktas taip, kad RF pasta buvo padengtas tik pulpos kameros dugnas. Abejotina, kad likęs pulpos audinys gali išlikti ilgą laiką gyvybingas ir provokuoti dentino kanalėlių užakimą. Kiti moksliniai tyrimai leidžia teigti, kad RF pastos medžiagos yra labai trumpalaikio citotoksiškumo ir kad tai labiau priklauso nuo formaldehido, o ne nuo rezorcino (216). Galima manyti, kad toksiška RF pasta galėjo būti tarsi dirgiklis dentino gamybai, kai lieka gyvo pulpos audinio, ypač viršūniniame šaknų kanalų trečdalyje. Reikėtų paminėti, kad šie

duomenys gali turėti svarbią klinikinę reikšmę, nes jei RF pasta gydytų dantų dentino kanalėliai yra užakę, šiuolaikinio endodontinio pergydymo rezultatas gali būti dvejopas: dėl užakusių dentino kanalėlių jis gali būti efektyvesnis, nes galimas geresnis dezinfekcinis naudojamų medžiagų poveikis, kita vertus, jo efektyvumas gali būti blogesnis dėl mažesnio jų poveikio dentino kanalėliuose esantiems mikroorganizmams. Taigi gydytojai turėtų atkreipti dėmesį į tai prieš atlikdami pergydymo procedūras.

Gydytojai odontologai savo klinikinėje praktikoje dažnai susiduria su daugybiniais rezorciniu formalinu gydytų dantų lūžiais, skilimais rovimo metu. Tačiau nėra paskelbta duomenų apie RF pasta gydytų dantų dentino defektų ir šaknies skilimų dažnį. Mūsų tyrime daugybiniai dentino defektai buvo nustatyti visuose skenuotuose šaknų mėginiuose nepriklausomai nuo šaknies spalvos. Defektų lokalizacija – šaknų kanalų vidinis paviršius. Galima teigti, kad dentino defektų galėjo atsirasti dėl dentino baltymo struktūros irimo, sukkelto RF pastos komponentų. Vizualiai gerokai daugiau dentino defektų nustatyta pasikeitusios spalvos (rudai raudonose) šaknyse, kurių kanalai dalinai užpildyti RF pasta. Ankstesnių studijų autoriai teigia, kad kai kurios šaknų kanalų užpildo medžiagos – $\text{Ca}(\text{OH})_2$, pastos (angl. *sealer*) kalcio hidroksido pagrindu, gali turėti įtakos baltymų struktūros pokyčiams, kurie vėliau lemia dentino defektų formavimąsi ir šaknies dentino silpnėjimą (217).

Kita svarbi šaknų kanalų užpildų savybė yra jų adhezija (218). Šio tyrimo rezultatai parodė, kad RF pasta pasižymi geru sukibimu su šaknies kanalo dentinu ir giliai prasiskverbia į dentino kanalėlius. RF pastos „siūlai“ (angl. *tags*) buvo matomi rudai raudonų šaknų mėginiuose. RF pasta yra dervos pagrindu sukurta medžiaga, tad būtų galima teigti, kad ji savo fizinėmis savybės yra panaši į dervinius šaknų kanalo užpildus (219, 220). RF pastos prasiskverbimo į dentino kanalėlius gylis gali tiesiogiai priklausyti nuo jos takumo. Tačiau reikėtų atkreipti dėmesį, kad RF pasta nėra iš anksto sumaišyta medžiaga ir dėl griežtų maišymo instrukcijų trūkumo konsistencija gali skirtis nuo skystos iki tirštos ir tiesiogiai priklauso nuo skysčio ir miltelių santykio. Dėl to fizinės savybės, tokios kaip takumas, gebėjimas prasiskverbti į dentino kanalėlius, ir adhezija gali skirtis kiekvienoje klinikinėje situacijoje. Šiame tyrime tiksliai įvertinti pastos

„siūlą“ (angl. *tags*) patekimo gylį buvo neįmanoma dėl to, kad nebuvo atlikta dentino demineralizacija. Nepaisant to, buvo aiškiai matoma, jog daugumoje šaknies kanalo paviršiaus vietų homogeniški pastos „siūlai“ įsiskverbė daugiau nei 20 mikrometrų. Gera RF pastos adhezija ir įsiskverbimas kartu su polimerizacijos laipsniu galėtų paaiškinti, kodėl kartais yra taip sudėtinga pašalinti šią medžiagą atliekant endodontinio gydymo procedūras.

Nors dantys, gydyti rezorcino formalino pasta, jau įgauna istorinį aspektą, tačiau gydytojų odontologų praktikoje vis dar išlieka nemenku iššūkiu. Mūsų tyrime įvertinta gydymo procedūrų įtaka rezorcino formalinu gydytų dantų šaknų skilimų dažniui, šaknų skilimo atsparumui ir pačios medžiagos poveikis šaknies dentinui gali būti svarbūs klinikiniu požiūriu, nes tai gali tapti negyjančios viršūninio kaulo destrukcijos priežastimi. Endodontinio gydymo baigtis priklauso nuo daugybės tarpusavyje susijusių veiksnių, kurių kartu ištirti nėra galimybės. Tad tyrimų, atliktų *in vitro* ir *in vivo*, rezultatų visuma gali padėti gydytojui odontologui susidaryti kiek įmanoma tikslesnį vaizdą apie tų veiksnių įtaką gydymo baigčiai.

6. IŠVADOS

1. Endodontiniam pergydymui naudojami mašininiai nikelio ir titano lydinio instrumentai bei jų ir ultragarsinių instrumentų derinys turi žalingą poveikį šaknies dentinui. Abu metodai sukelia daugiau skilimų šaknies vainikiniame trečdalyje. Naudojant instrumentų derinius, šaknyje susidaro daugiau skilimų, tarp kurių gerokai dažnesni yra visiški ir vidiniai dentino skilimai.
2. Rezorcino formalinu gydytų dantų dentino skilimai identifikuojami efektyviau, jei naudojama ir dažo medžiaga, ir apžiūra mikroskopu.
3. Rezorcino formalino pasta gydytų dantų šaknys mažiau atsparios skilimui nei gyvybingą pulpą turinčių dantų.
4. Rezorcino formalino pasta gydytų dantų endodontinis pergydymas sumažina atsparumą šaknies dentino skilimui, padidindamas vertikalaus skilimo riziką. Pergydant šaknis atsiradę dentino skilimai labai sumažina jo atsparumą skilimui.
5. Rezorcino formalino pasta ne tik sukelia skirtingus danties audinių spalvos pokyčius, bet ir turi skirtingą poveikį dentino kanalėliams. Pasikeitusios spalvos dantų šaknų dentino struktūra tipiška, o spalvos pokyčių neturinčių dantų šaknų dentino kanalėliai yra visiškai sklerozavę. Manoma, šios medžiagos sukelti cheminiai dentino pokyčiai turi įtakos ir pasikeitusios, ir nepakeitusios spalvos dantų šaknies dentino skilimams. Rezorcino formalino pasta pasižymi homogeniškumu ir skvarbumu į dentino kanalėlius.

7. PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS

1. Atliekant rezorcino formalino pasta gydytų dantų endodontinio pergydymo procedūras, rekomenduojama vengti ultragarsinių instrumentų bei didelio kūgio sukamųjų mašininių instrumentų ilgalaikio naudojimo. Šias sistemas būtina naudoti įvertinus jų klinikinį poreikį ir maksimaliai trumpinant naudojimo laiką. Būtinai nuolatinis aušinimas vandeniu, naudojant ultragarsinius instrumentus. Šaknų kanalams platinti reikėtų pasirinkti mažesnio kūgio instrumentų sistemas.
2. Po kiekvienos papildomai atliktos endodontinio pergydymo procedūros, kai buvo naudojama viena ar kita mechaninė priemonė, tikslinga atlikti ankstyvąją galimų skilimų diagnostiką, naudojant dažo medžiagą – metileno mėlynąjį, ir didinimą, nors nediagnozuotų skilimų tikimybė išlieka.
3. Įvertinti rezorcino formalino pasta gydyto danties prognozę, riziką ir tinkamumą atramai po atlikto endodontinio pergydymo, vengti naudoti tokius dantis didelės apimties fiksuotam protezui.

8. LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Schwandt N, Gound T. Resorcinol-formaldehyde resin (“Russian Red“) endodontic Therapy. *J Endod* 2003;29:435-7.
2. Matthews JD. Pink teeth resulting from Russian endodontic therapy. *J Am Dent Assoc* 2000;131:1598-9.
3. Kishen A. Biomechanics of fractures in endodontically treated teeth. *Endod Topics* 2015;33:3-13.
4. Devale MR, Mahesh MC, Bhandary S. Effect of instrumentation length and instrumentation systems: hand versus rotary files on apical crack formation- An in vitro study. *J of Clinical and Diagnostic Research* 2017;11(1):ZC15-8.
5. Zhou X, Jiang S, Wang S, Zhu X, Zhang C. Comparison of dentinal and apical crack formation caused by four different nickel-titanium rotary and reciprocating systems in large and small canals. *Dental Materials Journal* 2015;34(6):903-9.
6. Karatas E, Arslan H, Alsancak M, Kirici DO, Ersoy I. Incidence of dentinal cracks after root canal preparation with Twisted file adaptive instruments using different kinematics. *J Endod* 2015;41:1130-3.
7. Shemesh H, Roeleveld AC, Wesselink PR, Wu MK. Damage to root dentin during retreatment procedures. *J Endod* 2011;37:63-6.
8. Capar ID, Arslan H, Akcay M, Uysal B. Effects of ProTaper Universal, ProTaper Next, and HyFlex instruments on crack formation in dentin. *J Endod* 2014;40:1482-4.
9. Kim HC, Lee MH, Yum J, et al. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *J Endod* 2010;36:1195-9.
10. Soni D, Reisingani D, Mathur R, Madan N, Visnoi S. Incidence of apical crack initiation during canal preparation using hand stainless steel (K-file) and Hand NiTi (ProTaper) files. *Int J Pediatr Dent* 2016;9(4):303-7.
11. Tsesis I, Rosen E, Tamse A, et al. Diagnosis of vertical root fractures in endodontically treated teeth based on clinical and radiographic indices: a systematic review. *J Endod* 2010;36:1455-8.

12. Baretto MS, Moraes RA, Rosa RA, et al. Vertical root fractures and dentin defects: effects of root canal preparation, filling and mechanical cycling. *J Endod* 2012;38:1135-9.
13. Yoldas O, Yilmaz S, Atakan G, et al. Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. *J Endod* 2012;38:232-5.
14. Burklein S, Tsotsis P, Schafer E. Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *J Endod* 2013;39:501-4.
15. Krug R, Krastl G, Jahreis M. Technical quality of matching-taper single-cone filling technique following rotary instrumentation compared with lateral compaction after manual preparation: a retrospective study. *Clin Oral Invest* 2017;21:643-52.
16. Al-Nazhan S, Al-Sulaiman A, Al-Rasheed F, Alnajjar F, et al. Microorganism penetration in dentinal tubules of instrumented and retreated root canal walls. *Restor Dent Endod* 2014;39(2):258-64.
17. Dumani A, Guvenmez HK, Yilmaz S, Yoldas O, Kurklu ZGB. Antibacterial efficacy of calcium hypochlorite with vibringe sonic irrigation system on *Enterococcus faecalis*: an in vitro study. *BioMed Research International* 2016;Article ID 8076131, 5 pages, doi:10.1155/2016/8076131.
18. Iglecias EF, Freire LG, Candeiro GTM, dos Santos M, et al. Presence of voids after continuous wave of condensation and single-cone obturation in mandibular molars: A micro-computed tomography analysis. *J Endod* 2017;43:638-42.
19. Olczak K, Pawlicka H. Evaluation of the sealing ability of three obturation techniques using a glucose leakage test. *Biomed Research International* 2017; Article ID 2704094, 8 pages.
20. Demirci GK, Caliskan MK. A prospective randomized comparative study of cold lateral condensation versus core/gutta-percha in teeth with periapical lesion. *J Endod* 2016;42:206-210.
21. Dewsnup N, Pileggi R, Haddix J, Nair U, Walker C, Varella CH. Comparison of bacterial reduction in straight and curved canals using erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser treatment ver-

- sus a traditional irrigation technique with sodium hypochlorite. *J Endod* 2010;36(4):725-8.
22. Zarei M, Javidi M, Kazemi Z, Afkhami F. In vitro evaluation of apical sealing ability of HEROfill obturator versus cold lateral condensation in curved root canals. *J Dent (Tehran)* 2015;12(8):599-606.
 23. Shahi S, Zand V, Oskoei SS, Abdolrahimi M, Rahnema AH. An in vitro study of the effect of spreader penetration depth on apical microleakage. *J Oral Sci.* 2007;49(4):283-6.
 24. Aminsobhani M, Ghorbanzadeh A, Sharifian MR, Namjou S, Kharazifard MJ. Comparison of obturation quality in modified continuous Wave compaction, Continuous Wave compaction, Lateral compaction and Warm Vertical compaction techniques. *J Denti (Tehran)* 2015;12(2):99-108.
 25. Cueva-Goig R, Forner-Navarro L, Elena-Puy MC. Microscopic assessment of the sealing ability of three endodontic filling techniques. *J Clin Exp Dent* 2016;8(1):e27-31.
 26. Ongenaes K, Matthieu L, Constandt L, Van Hecke E. Contact allergy to resorcinol monobenzonate. *J Dermatology* 1998; 196: 470-3.
 27. Wu MK, Wang M. Clinical and experimental Observations on resinifying therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1986;62:441-8.
 28. Medical Device Directive 93/42 EEC.
 29. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of European Society of Endodontology. *Int Endod* 2006; 39: 921-30.
 30. Kiernan JA. Formaldehyde, formalin, paraformaldehyde and glutaraldehyde: What they are and what they do. Article published in *Microscopy Today* 00-1 pp. 8-12 (2000). <http://publish.uwo.ca/~jkiernan/formglut.htm>
 31. Lewis BB, Chestner SB. Formaldehyde in dentistry: a review of mutagenic and carcinogenic potential. *J Am Dent Assoc* 1981; 103(3): 429-34.
 32. Hensten A, Jacobsen N. Allergic reaction in endodontic practice. *Endod Topics* 2005;12:44-51.
 33. Braun JJ, Zana H, Purohit A, Valfrey J, Scherer Ph, Heikel Y, de Blay F, Pauli G. Anaphylactic reactions to formaldehyde in root canal sealant after endodontic: four cases of anaphylactic shock and three of generalized urticaria. *J Allergy* 2003; 58: 1210-5.

34. Gound TG, Marx D, Schwandt NA. Incidence of flare-ups and evaluation of quality after tretreatment of resorcinol-formaldehyde resin ("Russian Red Cement") endodontic therapy. *J Endod* 2003; 29: 624-6.
35. Gembrel MG, Hartwell GR, Moon PC, Cardon JW. The effect of endodontic solution on resorcinol-formalin paste in teeth. *J Endod* 2005; 31: 25-9.
36. Rajasingham R, Ng YL, Knowles JC, Gulabivala K. The effect of sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid irrigation, individually and in alternation, on tooth surface strain. *Int Endod J* 2010;43:31-40.
37. Zhang YY, Peng MD, Wang YN, Li Q. The effects of ferrule configuration on the anti-fracture ability of fibet post-restored teeth. *J Dent* 2015;43:117-125.
38. Topcuoglu HS, Tuncay O, Karatas E, Arslan H, Yeter K. In vitro fracture resistance of roots obturated with epoxy resin-based, mineral trioxide aggregate-based, and bioceramic root canal sealers. *J Endod* 2013;39:1630-1633.
39. Hin ES, Wu MK, Wesselink PR, Shemesh H. Effect of Self-Adjusting file, Mtwo, and ProTaper on the root canal wall. *J Endod* 2013,39:262-64.
40. Shemesh H, van Soest G, Wu MK, Wesselink PR. Diagnosis of vertical root fractures with optical coherence tomography. *J Endod* 2008;34:739-42.
41. Abou el Nasr HM, Abd el Kader KG. Dentinal damage and fracture resistance of oval roots prepared with single-file systems using different kinematics. *J Endod* 2014;40:849-51.
42. Chen SC, Chuen LH, Hsiao CK, et al. First untoward events and reasons for tooth extraction after nonsurgical endodontic treatment in Taiwan. *J Endod* 2008;34:671-4.
43. Jalali S, Eftekhar B, Paymanpour P, Yazdizadeh M, Jafarzadeh M. Effects of reciproc, Mtwo and ProTaper instruments on formation of root fracture. *Iranian Endod J* 2015;10(4):252-5.
44. Zadik Y, Sandler V, Bechor R, Salehrabi R. Analysis of factors related to extraction of endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:31-5.
45. Kumar ARP, Shemesh H, Jothilatha S, Vijayabharathi R, Jayalakshmi S, Kishen A. Diagnosis of vertical root fractures in restored endodontically treated teeth: a time-dependent retrospective cohort study. *J Endod* 2016;42:1175-80.

46. Toure B, Faye B, Kane AW, Lo CM, Niang B, Boucher Y. Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: a prospective study. *J Endod* 2011;37:1512-5.
47. Kim HC, Sung SY, Ha JH, et al. Stress generation during self-adjusting file movement: minimally invasive instrumentation. *J Endod* 2013;39:1572-5.
48. Rivera ER, Walton RE. Longitudinal tooth fractures: findings that contribute to complex endodontic diagnoses. *Endod Top* 2007;16:82-111.
49. Cicek E, Ali Aslan M, Akkocan O. Comparison of the resistance of teeth instrumented with different nickel-titanium systems to vertical root fracture: an in vitro study. *J Endod* 2015;41:1682-5.
50. Frankerberger R, Zeilinger I, Krech M, Morin G, Naumann M, Broun A, Kramer N, Roggendorf MJ. Stability of endodontically treated teeth with differently invasive restorations: adhesive vs. Non-adhesive cusp stabilization. *J Dent Materials* 2015;31:1312-20.
51. Landys Boren D, Jonasson P, Kvist T. Long-term survival of endodontically treated teeth at a public dental specialist clinic. *J Endod* 2015;41:176-81.
52. EL-Ma'aita AM, Qualtrough AJE, Watts DC. Resistance to vertical fracture of MTA-filled roots. *Dent Traumatol* 2014;30:36-42.
53. Nauman M. Restorative procedures: effect on the mechanical integrity of root filled teeth. *Endod Topics* 2015;33:73-86.
54. Schneider BJ, Freitag-Wolf S, Kern M. Tactile sensitivity of vital and endodontically treated teeth. *J Dent* 2014;42:1422-7.
55. Lim H, Li FC, Friedman S, Kishen A. Residual microstrain in root dentin after canal instrumentation measured with digital moire interferometry. *J Endod* 2016;42:1397-1402.
56. Krishan R, Pague F, Ossareh A, et al. Impacts of conservative endodontic cavity on root canal instrumentation efficacy and resistance to fracture assessed in incisors, premolars, and molars. *J Endod* 2014;40:1160-6.
57. Versiani MA, Souza E, De-Deus G. Critical appraisal of studies on dentinal radicular microcracks in endodontics: methodological issues, contemporary concepts, and future perspectives. *Endod Topics* 2015;33:87-156.

58. Capar ID, Altunsoy M, Arslan H, et al. Fracture strength of roots instrumented with self-adjusting file and the ProTaper rotary systems. *J Endod* 2014;40:551-4.
59. Yan W, Montoya C, Oilo M, Ossa A, et al. Reduction in fracture resistance of root with aging. *J Endod* 2017;43(9):1494-8.
60. Sreedevi S, Sanjeev R, Raghavan R, Abraham A, Rajamani T, Govin GK. An in vitro study on the effects of post-core design and ferrule on the fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *J Int Oral Health* 2015;7(8):37-41.
61. Kishen A, Vedantam S. Hydromechanics in dentine: role of dentinal tubules and hydrostatic pressure on mechanical stress-strain distribution. *Dent Mater* 2007;23:1296-306.
62. Abdulrazzak SS, Sulaiman E, Atiya BK, Jamaludin M. Effect of ferrule height and glass fibre post length on fracture resistance and failure mode of endodontically treated teeth. *Aust Endod J* 2014;40:81-6.
63. Capar ID, Uysal B, Ok E, Arslan H. Effect of the size of apical enlargement with rotary instruments, single-cone filling, post space preparation with drills, fiber post removal, and root canal filling removal on apical crack initiation and propagation *J Endod* 2015;41:253-6.
64. Hulsmann M. Effects of mechanical instrumentation and chemical irrigation on the root canal dentin and surrounding tissues. *Endod Topics* 2013;29:55-86.
65. Dammaschke T, Nykiel K, Sagheri D, Schafer E. Influence of coronal restorations on the fracture resistance of root canal-treated premolar and molar teeth: a retrospective study. *Aust Endod J* 2013;39:48-56.
66. Kalburge V, Yakub SS, Kalburge J, Hiremath H, Chandurkar A. A comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth, with variable marginal ridge thicknesses, restored with composite resin and composite resin reinforced with Ribbond: an in vitro study. *Indian J Dent Res* 2013;24:193-8.
67. Mannocci F. Research that matter: restoration of endodontically treated teeth. *Int Endod J* 2013;46:389-90.

68. Mannocci F, Cowie J. Restoration of endodontically treated teeth. *Br Dent J* 2014;216:341-6.
69. Kishor G, Bina P, Glynis E, Yuan-Ling ng. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endod Topics* 2005;10:103-22.
70. Er K, Tasdemir T, Siso SH, Celik D, Cora S. Fracture resistance of retreated roots using different retreatment systems. *Eur J Dent* 2011;5:387-92.
71. Zandbiglari T, Davids H, Schafer E. Influence of instrument taper on the resistance to fracture of endodontically treated roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101:126-31.
72. Adorno CG, Yoshioka T, Jindan P, et al. The effect of endodontic procedures on apical crack initiation and propagation ex vivo. *Int Endod J* 2013;46:763-8.
73. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel-titanium rotary files at different working lengths. *J Endod* 2011;37:522-5.
74. Prado M, de Lima NRB, de Lima CO, Gusman H. Resistance to vertical root fracture of root filled teeth using different conceptual approaches to canal preparation. *Int Endod J* 2016;49:898-904.
75. Genesh A, Venkateshbabu N, John A, Deenadhayalan G, Kandaswamy D. A comparative assessment of fracture resistance of endodontically treated and re-treated teeth: An in vitro study *J Conserv Dent* 2014;17(1):61-4.
76. Uzunoglu E, Aktemur S, Uyanik MO, Durmaz V, Nagas E. Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures. *J Endod* 2012;38:1110-3.
77. Marending M, Luder HU, Brunner TJ, et al. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine-mechanical, chemical and structural evaluation. *Int Endod J* 2007;40:786-93.
78. Uzunoglu E, Yilmaz Z, Erdogan o, Gorduysus M. Final irrigation regimens affect fracture resistance values of root-filled teeth. *J Endod* 2016;42:493-95.
79. Moazami F, Sahebi S, Jamshidi D, Alavi A. The long-term effect of calcium hydroxide, calcium-enriched mixtute cement and mineral trioxide aggregate on dentin strength. *Iranian Endodontic Journal* 2014;9(3):185-9.
80. Saha SG, Sharma V, Bharadwaj A, et al. Effectiveness of various endodontic irrigans on the micro-hardness of the root canal dentin: an in vitro study. *Journal of clinical and diagnostic research* 2017;11(4):ZC01-ZC04.

81. Souza EM, Calixto AM, Lima CN, Pappen FG, De-Deus G. Similar influence of stabilized alkaline and neutral sodium hypochlorite solutions on the fracture resistance of root canal-treated bovine teeth. *J Endod* 2014;40:1600-3.
82. Pascon FM, Kantovitz KR, Sacramento PA, et al. Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties: A review. *J Dent* 2009;37:903-8.
83. Sobhani OE, Gulabivala K, Knowles JC, NG YL. The effect of irrigation time, root morphology, and dentine thickness on tooth surface strain when using 5% sodium hypochlorite and 17% EDTA. *Int Endod J* 2010;43:190-9.
84. Zhang K, Kim YK, Cadenaro M, et al. Effects of different exposure times and concentrations of sodium hypochlorite/ethylenediaminetetraacetic acid on the structural integrity of mineralized dentin. *J Endod* 2010;36:105-9.
85. Ozdemir HO, Buzoglu HD, Calt S, et al. Chemical and ultramorphologic effect of ethylenediaminetetraacetic acid and sodium hypochlorite in young and old root canal dentin. *J Endod* 2012;38:204-8.
86. Sireesha A, Jayasree R, Vidhya S, et al. Comparative evaluation of micro- and nano-sized intracanal medicaments on penetration and fracture resistance of root dentin-An in vitro study. *Int J Biol Macromol* 2017;104:1866-73.
87. Merending M, Paque F, Fischer, Zehnder M. Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. *J Endod* 2007;33:1325-8.
88. Mai S, Kim YK, Arola DD, et al. Differential aggressiveness of ethylenediamine tetraacetic acid in causing canal wall erosion in the presence of sodium hypochlorite. *J Dent* 2010;38:201-6.
89. Saghiri MA, Delvarani A, Mehrvarzfar P, et al. A study of the relation between erosion and microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:29-34.
90. Ribeiro MRG, Thomaz EB, Lima DM, et al. Chlorhexidine prevents root dentine mineral loss and fracture caused by calcium hydroxide over time. *International Journal of dentistry* 2017. 1-7. 10.1155/2017/1579652.
91. Yassen GH, Platt JA. The effect of nonsetting calciumhydroxide on root fracture and mechanical properties of radicular dentine: a systematic review. *Int Endod J* 2013;46:112-8.

92. Lima RK, Guerreiro-Tanomaru JM, Faria-Junior NB, Tanomaru-Filho M. Effectiveness of calcium hydroxide-based intracanal medicaments against *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 2012;45:311-6.
93. Batur YB, Erdemir U, Sancakli HS. The long-term effect of calcium hydroxide application on dentin fracture strength of endodontically treated teeth. *Dent Traumatol* 2013.29. 10.1111/edt.12037.
94. Madhusudhana K, Archanagupta K, Suneelkumar C, Lavanya A, et al. Effect of addition of lycopene to calcium hydroxide and chlorhexidine as intracanal medicament on fracture resistance of radicular dentin at two different time intervals: an in vitro study. *J Conserv Dent* 2015;18(3):205-9.
95. Kawamoto R, Kurokawa H, Takubo C, Shimamura Y, Yoshida T, Miyazaki M. Change in elastic modulus of bovine dentine with exposure to calcium hydroxide paste. *J of Dentistry* 2008;36:959-64.
96. Aggarwal V, Miglani S, Singla M. Conventional apexification and revascularization induced maturogenesis of two non-vital, immature teeth in same patient: 24 months follow up of a case. *J Conserv Dent*. 2012;15:68–72.
97. Zarei M, Afkhami F, Malek Poor Z. Fracture resistance of human root dentin exposed to calcium hydroxide intervisit medication at various time periods: An in vitro study. *Dent Traumatol*. 2013;29:156– 60.
98. Rozenberg B, Murray PE, Namerown K. The effect of calcium hydroxide root filling on dentin fracture strength. *Dent Traumatol* 2007;23:26-9.
99. Sahebi S, Moazami F, Abbott P. The effects of short-term calcium hydroxide application on strength of dentine. *Dent Traumatol* 2010;26:43-6.
100. Prabhakar AR, Hadakar SG, Raju OS. Comparative evaluation of pH and antibacterial effect of various calcium hydroxide combinations on *E.faecalis* and its effect on root strength: An in vitro study. *Contemp Clin Dent*. 2012;3:42–7.
101. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of literature-Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J* 2008;41:6-31.
102. Tronstad L, Asbjornsen K, Doving I, Pedersen I, Eriksen HM. Influence of coronal restoration on the periapical health of endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 2000;16:218-21.

103. Ng Y-L, Mann V, Gulabivala K. Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J* 2010;43:171-89.
104. Salameh Z, Ounsi HF, Aboushelib MN, Sadig W, Ferrari M. Fracture resistance and failure patterns of endodontically treated mandibular molars with and without glass fiber post in combination with a zirconia-ceramic crown. *J Dent* 2008;36:513-19.
105. Zarow M, Devoto W, Saracinelli M. Reconstruction of endodontically treated posterior teeth-with or without post? Guidelines for the dental practitioner. *Eur J Esthet Dent* 2009;4:312-27.
106. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod* 2010;36:609-17 .
107. Zohheib LV, Pereira JR, Valle AL, Oliveira JA, Pegoraro LF. Fracture resistance of weakened roots restored with composite resin and glass fiber post. *Braz Dent J* 2008;19:329-33.
108. Schavetti R, Sannino G. In vitro evaluation of ferrule effect and depth of post insertion on fracture resistance of fiber post. *Comput Math Method Med*. 2012;2012:816481. doi: 10.1155/2012/816481. Epub 2012 Dec 2. PubMedPMID:23243464; PubMed Central PMCID: PMC3518243.
109. Uzun I, Arslan H, Doganay E, Guler B, Keskin C, Capar ID. Fracture resistance of endodontically treated roots with oval canals restored with oval and circular post. *JOE* 2015;41:539-43.
110. Kemaloglu H, Kaval ME, Turkun M, Kurt SM. Effect of novel restoration techniques on the fracture resistance of teeth treated endodontically: an in vitro study. *Dent Mat J* 2015;34:618-22.
111. Figueiredo FED, Martins-Filho PRS, Faria-e- Silva AL. Do metal post-retained restorations result in more root fractures than fiber post-retained restorations? A systematic review and meta-analysis. *JOE* 2015;41:309-16.
112. Zicari F, Van Meerbeek B, Scotti R, Naert I. Effect of ferrule and post placement on fracture resistance of endodontically treated teeth after fatigue loading. *J Dent* 2013;41:207-15.
113. Roscoe MG, Noritomi PY, Novais VR, Soares CJ. Influence of alveolar bone loss, post type and ferrule presence on the biomechanical behavior of endo-

- dontically treated maxillary canines: strain measurement and stress distribution. *J Prosth Dent* 2013;110:116-26.
114. Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endod Topics* 2006;13:57-83.
 115. De-Deus G, Nogueira EL, Silva L, Marins J, Souza E, et al. Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. *J Endod* 2014;40:1447-50.
 116. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. The effect of working length and root canal preparation technique on crack development in the apical root canal wall. *Int Endod J* 2010;43:321-7.
 117. Soros C, Zinelis S, Lambrianidis T, Palaghias G. Spreader load required for vertical root fracture during lateral compaction ex vivo: evaluation of periodontal simulation and fracture load information. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:e64-70.
 118. Paul RA, Tamse A, Rosenberg E. Cracked and broken teeth-definitions, differential diagnosis and treatment. *Refuat Hapeh Vehashinayim* 2007;24:7-12.
 119. Matsushita-Tokugawa M, Miura J, Iwami Y, Sakagami T, Yzumi Y, et al. Detection of dentinal microcracks using infrared thermography. *J Endod* 2013;39:88-91.
 120. Seo DG, YI YA, Shin SJ, Park JW. Analysis of factors associated with cracked teeth. *J Endod* 2012;38:288-92.
 121. Ozer SY. Detection of vertical root fractures by using cone-beam computed tomography with variable voxel sizes in an in vitro model. *J Endod* 2011;37:75-9.
 122. Edlund M, Nair MK, Nair UP. Detection of vertical root fractures by using cone-beam computed tomography: a clinical study. *J Endod* 2011;37:768-72.
 123. Banerji S, Mehta SB, Millar BJ. Cracked tooth syndrome. Part 1: aetiology and diagnosis. Part 2: restorative options for the management of cracked tooth syndrome. *Br Dent J* 2010;208:459-63.
 124. Berman LH, Kuttler S. Fracture necrosis: diagnosis, prognosis assessment and treatment recommendations. *J Endod* 2010;36:442-6.

125. Shemesh H, Wesselink PR, Wu MK. Incidence of dentinal defects after root canal filling procedures. *Int Endod J* 2010;43:995-1000.
126. Bier CA, Shemesh H, Tanomaru-Filho M, et al. The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. *J Endod* 2009;35:236-8.
127. Topcuoglu HS, Demirbuga S, Tuncay O, Pala K, Arslan H, Karatas E. The effects of Mtwo, R-Endo, and D-RaCe retreatment instruments on the incidence of dentinal defects during the removal of root canal filling material. *J Endod* 2014;40:266-70.
128. De-Deus G, Belladonna FG, Marins JR, Silva EJNL, et al. On the causality between dentinal defects and root canal preparation: a micro-CT assessment. *Brazil Dent J* 2016;27(6):664-9.
129. Versluis A, Messer HH, Pintado MR. Changes in compaction stress distributions in roots resulting from canal preparation. *Int Endod J* 2006;39:931-9.
130. Shemesh H, Bier CA, Wu MK, et al. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *Int Endod J* 2009;42:208-13.
131. Kansal R, Rajput A, Talwar S, Roongta R, Verma M. Assessment of dentinal damage during canal preparation using reciprocating and rotary files. *J Endod* 2014;40:1443-6.
132. Adl A, Sedigh-Shams M, Majd M. The effect of using RC Prep during root canal preparation on the incidence of dentinal defects. *J Endod* 2015;41:376-9.
133. Liu R, Kaiwar A, Shemesh H, et al. Incidence of apical root cracks and apical dentinal detachments after canal preparation with hand and rotary files at different instrumentation length. *J Endod* 2013;39:129-32.
134. Sathorn C, Palmara J. A comparison of the effects of two canal preparation techniques on root fracture susceptibility and fracture pattern. *J Endod* 2005;31(4):283-7.
135. Young GR, Parashos P, Messer HH. The principles of techniques for cleaning root canals. *Austral Dent J* 2007;52:852-3.
136. Ashwinkumar V, Krithikadatta J, Surendran S, Velmurugan N. Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: an SEM study. *Int Endod J* 2013;47:622-7.

137. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. The effect of root preparation technique and instrumentation length on the development of apical root cracks. *J Endod* 2009;35:389-92.
138. Berutti E, Chiandussi G, Poalino DS, et al. Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. *J Endod* 2012;38:505-9.
139. Franco V, Fabiani C, Taschieri S, et al. Investigation on the shaping ability of nickel-titanium files when used with a reciprocating motion. *J Endod* 2011;37:1398-401.
140. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J* 2008;41:339-44.
141. Liu R, Hou BX, Wesselink PR, et al. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod* 2013;39:1054-6.
142. Burklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schafer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *Int Endod J* 2012;45:449-61.
143. Versiani MA, Steier L, De-Deus G, et al. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the Self-adjusting File, Reciproc, WaveOne and ProTaper Universal systems. *J Endod* 2013;39:1060-6.
144. Burklein S, Benten S, Schafer E. Shaping ability of different single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2013;46:590-7.
145. Ustun Y, Aslan T, Sagsen B, et al. The effects of different nickel-titanium instruments on dentinal microcrack formation during root canal preparation. *Eur J Dent* 2015;9:41-6.
146. De-Deus G, Belladonna FG, Souza EM, et al. Micro-computed tomographic assessment on the effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive systems on dentinal cracks. *J Endod* 2015;4:1116-9.
147. Song M, Kim HC, Lee W, Kim E. Analysis of the cause of failure in nonsurgical endodontic treatment by microscopic inspection during endodontic microsurgery. *J Endod* 2011;37:1516-9.

148. Setzer FC, Boyer KR, Jeppson JR, Karabucak B, Kim S. Long-term prognosis of endodontically treated teeth: a retrospective factors in molar. *J Endod* 2011;37:21-5.
149. Capar ID, Saygili G, Ergun H, Gok T, et al. Effects of root canal preparation, various filling techniques and retreatment after filling on vertical root fracture and crack formation. *Dent Traumatol* 2015;31:302-7.
150. Fenoul G, Meless GD, Perez F. The efficacy of R-Endo rotary NiTi and stainless-steel hand instruments to remove gutta-percha and Resilon. *Int Endod J* 2010;43:135-41.
151. Mollo A, Botti G, Principi Goldoni N, et al. Efficacy of two Ni-Ti systems and hand files for removing gutta-perchab from root canals. *Int Endod J* 2012;45:1-6.
152. Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Three-dimensional evaluation of effectiveness of hand and rotary instrumentation for retreatment of canals filled with different materials. *J Endod* 2008;34:1370-3.
153. Duncan HF, Chong BF. Removal of root filling materials. *Endod Topics* 2011;19:33-57.
154. Marques da Silva B, Baratto-Filho F, Leonardi DP, et al. Effectiveness of ProTaper, D-RaCe and Mtwo retreatment files with and without supplementary instruments in the removal of root canal filling material. *Int Endod J* 2012;45:927-32.
155. Tasdemir T, Er K, Yildirim T, Celik D. Efficacy of three rotary NiTi instruments in removing gutta-percha from root canals. *Int Endod J* 2008;41:191-6.
156. Tasdemir T, Yildirim T, Celik D. Comparative study of removal of current endodontic fillings. *J Endod* 2008;34:326-9.
157. Gu LS, Ling JQ, Wei X, et al. efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from root canals. *Int Endod J* 2008;41:288-95.
158. Bramante CM, Fidelis NS, Assumpcao TS, et al. Heat release, time required and cleaning ability of Mtwo R and ProTaper Universal retreatment systems in the removal of filling material. *J Endod* 2010;36:1870-3.

159. Somma F, Cammarota G, Plotino G, et al. The effectiveness of manual and mechanical instrumentation for the retreatment of three different root canal filling materials. *J Endod* 2008;34:466-9.
160. Ustun Y, Topcuoglu HS, Duzgun S, Kesim B. The effect of reciprocation versus rotational movement on the incidence of root defects during retreatment procedures. *Int Endod J* 2014;48:952-8.
161. Park E. Ultrasonics in endodontics. *Endod Topics* 2013;29:125-59.
162. Ettrich CA, Labossiere PE, Pitts DL, Johnson JD. An investigation of the heat induced during ultrasonic post removal. *J Endod* 2007;33:1222-6.
163. Davis S, Gluskin AH, Livingood PM, Chambers DW. Analysis of temperature rise and the use of coolants in the dissipation of ultrasonic heat built during post removal. *J Endod* 2010;36:1892-6.
164. Shababinejad H, Ghassemi A, Pishbin L, Shahravan A. Success of ultrasonic technique in removing fractured rotary nickel-titanium endodontic instruments from root canals and its effect on the required force for root fracture. *J Endod* 2013;39:824-8.
165. Pirani C, Iacono F, Chersoni S, Sword J, et al. The effect of ultrasonic removal of various root-end filling materials. *Int Endod J* 2009;42:1015-25.
166. Hasheminia SM, Farhad AR, Saatchi M, Nejad HS, Sanei M. Mechanical or cold lateral compaction: The incidence of dentinal defects. *Dent Res J* 2015;12:513-9.
167. Chavez-Andrade G, Andolfatto C, Salles L, Cornelio A, Faria G, Bonttifilho I. Incomplete vertical root fracture associated with lateral compaction technique: A microscopic analysis. *Braz Dent Sci* 2013;16:59-63.
168. Katalinic I, Baraba A, Glavicic S, Segovic S, Anic I, Miletic I. Comparison of vertical forces during root canal filling with three different obturation techniques. *Coll Antropol* 2013;37:895-9.
169. Souza EM, Wu MK, Shemesh H, Bonetti-Filho I, Wesselink PR. Comparability of results from two leakage models. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:309-13.
170. Topcuoglu HS, Duzgun S, Kesim B, Tuncay O. Incidence of apical crack initiation and propagation during the removal of root canal filling material

- with ProTaper and Mtwo rotary nickel-titanium retreatment instruments and hand files. *J Endod* 2014;40:1009-12.
171. Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine against bacteria in biofilms at different stages of development. *J Endod* 2011;37:657-61.
 172. Versiani MA, De-Deus G, Dummer PMH. A new system for classifying root canal morphology. *Int Endod J* 2017;50(8):761-70.
 173. Ribeiro FC, Souza-Gabriel AE, Marchesan MA, Alfredo E, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. Influence of different endodontic filling materials on root fracture susceptibility. *J Dent* 2008;36:69-73.
 174. Yahyazadehfar M, Zhang D, Arola D. On the importance of aging to the crack growth resistance of human enamel. *Acta Biomaterialia* 2016;32:264-74.
 175. Ivancik J, Majd H, Bajaj D, Romberg E, Arola D. Contribution of aging to the fatigue crack growth resistance of human dentin. *Acta Biomater* 2012;8(7):2737-46.
 176. De Arruda Bitencourt M, Rocha DGP, da Silveira Bueno CE. Incidence of dentinal defects on the external apical root surface after instrumentation with WaveOne reciprocating files at different working lengths. *J Endod* 2017;43:491-5.
 177. Soares CJ, Pizi ECG, Fonseca RB, et al. Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. *Braz Oral Res* 2005;19:11-6.
 178. Milani AM, Froughreyhani M, Rahimi S, Jafarabadi MA, Paksefat S. The effect of root canal preparation on the development of dentin cracks. *Iranian Endod J* 2012;7(4):177-82.
 179. Karatas E, Gunduz HA, Kirici DO, Arslan H, Topcu MC, Yeter KY. Dentinal crack formation during root canal preparations by the twisted file adaptive, ProTaper Next, proTaper Universal, and Waveone instruments. *J Endod* 2015;41:261-4.
 180. Winter W, Karl M. Dehydration-induced shrinkage of dentin as a potential cause of vertical root fractures. *J Mech Behav Biomed Mater* 2012;14:1-6.
 181. Lertchirakarn V, Poonkaew A, Messer H. Fracture resistance of roots filled with gutta-percha or RealSeal. *Int Endod J* 2011;44:1005-10.

182. Ersev H, Yilmaz B, Pehlivanoglu E, et al. Resistance to vertical root fracture of endodontically treated teeth with MetaSEAL. *J Endod* 2012;38:653-6.
183. Gergi RM, Osta NE, Naaman AS. Dentinal crack formation during root canal preparations by the twisted file adaptive, Reciproc and WaveOne instruments. *Eur J Dent* 2015;9:508-13.
184. Qian Y, Zhou X, Yang J. Correlation between cuspal inclination and tooth cracked syndrome: a three-dimensional reconstruction measurement and finite element analysis. *Dent Traumatol* 2013;29:226-33.
185. Arias A, Lee YH, Peters CI, et al. Comparison of 2 canal preparation techniques in the induction of microcracks: a pilot study with cadaver mandibles. *J Endod* 2014;40:982-5.
186. Nazari A, Bajaj D, Zhang D, et al. Aging and the reduction in fracture toughness of human dentin. *J Mech Behav Biomed Mater* 2009;2:550-9.
187. Yan J, Taskonak B, Mecholsky JJ. Fractography and fracture toughness of human dentin. *J Mech Behav Biomed Mater* 2009;2:478-84.
188. Sagsen B, Er O, Kahraman Y, Akdogan G. Resistance to fracture of roots filled with three different techniques. *Int Endod J* 2007;40:31-5.
189. Capar ID, Ertas H, Ok E, et al. Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. *J Endod* 2014;40:852-6.
190. Jamleh A, Komabayashi T, Ebihara A, et al. Root surface strain during canal shaping and its influence on apical microcrack development: a preliminary investigation. *Int Endod J* 2015;48:1103-11.
191. Garg S, Mahajan P, Thaman D, Monga P. Comparison of dentinal damage induced by different nickel-titanium rotary instruments during canal preparation: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2015;18:302-5.
192. Kumari MR, Krishnaswamy MM. Comparative analysis of crack propagation in roots with hand and rotary instrumentation of the root canal-an ex vivo study. *J of Clinical and Diagnostic Research* 2016;10(7):ZC16-19.
193. Wright HM Jr, Loushine RJ, Weller RN, et al. Identification of resected root-end dentinal cracks: a comparative study of transillumination and dyes. *J Endod* 2004;30:712-5.

194. Von Arx T, Kunz R, Schneider AC, et al. Detection of dentinal cracks after root-end resection: an ex vivo study comparing microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy. *J Endod* 2010;36:1563-8.
195. Monga P, Bajaj N, Mahajan P, Garg S. Comparison of incidence of dentinal defects after root canal preparation with continuous rotation and reciprocating instrumentation. *Singapore Dental Journal* 2015;36:29-33.
196. Kocak S, Kocak MM, Saglam BC, et al. Apical extrusion of debris using self-adjusting file, reciprocating single-file and 2 rotary instrumentation systems. *J Endod* 2013;39:1278-80.
197. Akhlaghi NM, Kahali R, Abtahi A, et al. Comparison of dentine removal using V-taper and K-Flexofile instruments. *Int Endod J* 2010;43:1029-36.
198. Bortoluzzi EA, Souza EM, Reis JM, Esberard RM, Tanomaru-Filho M. Fracture strength of bovine incisors after intra-radicular treatment with MTA in an experimental immature tooth model. *Int Endod J*. 2007;40:684-9.
199. Hatibovic-Kofman S, Raimundo L, Zheng L, Chong L, Friedman M, Andreasen JO. Fracture resistance and histological findings of immature teeth treated with mineral trioxide aggregate. *Dent Traumatol* 2008;24:272-6.
200. Cauwels RG, Pieters IY, Martens LC, Verbeeck RM. Fracture resistance and reinforcement of immature roots with gutta percha, mineral trioxide aggregate and calcium phosphate bone cement: a standardized in vitro model. *Dent Traumatol* 2010;26:137-42.
201. Madarati AA, Qualtrough AJE, Watts DC. Effect of retained fractured instruments on tooth resistance to vertical fracture with or without attempt at removal. *Int Endod J*. 2010;43:1047-53.
202. Hammad M, Qualtrough AJE, Silikas N. Effect of new obturating materials on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Endod* 2007;33:732-6.
203. Forghani M, Bidar M, Shahrami F, Begheri M, et al. Effect of MTA and Portland cement on fracture resistance of dentin J of dental research, dental clinics, dental prospects 2013;7(2):81-5.
204. Marending M, Stark WJ, Brunner TJ, Fisher J, Zehnder M. Comparative assessment of time-related bioactive glass and calcium hydroxide effects on mechanical properties of human root dentin. *Dent Traumatol* 2009;25:126-9.

205. ASTM E9-09. Standard Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature. ASTM, 2000. p9.
206. Koc D, Dogan A, Bek B. Bite force and influential factors on bite force measurements: a literature review. *Eur J Dent* 2010;4:223-32.
207. Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, et al. Single tooth bite forces in healthy young adults. *J Oral Rehabil* 2004;31:18-22.
208. Gerek M, Baser ED, Kayahan MB, Sunay H, Kaptan RF, Bayirh G. Comparison of the force required to fracture roots vertically after ultrasonic and Masseran removal of broken instruments. *Int Endod J* 2012;45:429-34.
209. Ghoneim AG, Lutfy RA, Sabet NE, Fayyad DM. Resistance to fracture of roots obturated with novel canal-filling systems. *J Endod* 2011;37:1590-2.
210. Karapinar-Kazandag M, Sunay H, Tanalp J, Bayirili G. Fracture resistance of roots using different canal filling systems. *Int Endod J* 2009;42:705-10.
211. Sagsen B, Ustun Y, Pala K, Demirbuga S. Resistance to fracture of roots filled with different sealers. *Dent Mater J*. 2012;31:528-32.
212. Paradella TC, Bottino MA. Scanning Electron Microscopy in modern dentistry research. *Braz Dent Sci* 2012;15:43-8.
213. Chittoni SB, Martini T, Wagner MH, Da Rosa RA, Cavenago BC, Duarte MA, Klein CA Jr, So MV. Back-scattered electron imaging for leakage analysis of four retrofilling materials. *Microsc Res Tech*. 2012;75(6):796-800.
214. Saghiri MAI, Asgar K, Lotfi M, Karamifar K, Saghiri AM, Neelakantan P, Gutmann JL, Sheibaninia A. Back-scattered and secondary electron images of scanning electron microscopy in dentistry: a new method for surface analysis. *Acta Odontol Scand*. 2012;70(6):603-9.
215. Li GH, Niu LN, Zhang W, Olsen M, De-Deus G, Eid AA, Chen JH, Pashley DH, Tay FR. Ability of new obturation materials to improve the seal of the root canal system: a review. *Acta Biomater*. 2014;10(3):1050-63.
216. Skiri VK, Skiri P, Singh J, Manjri M, Khanna S. Resinifying therapy in endodontics. II – Histological and bacteriological evaluation. *Indian J Dent Res* 1996;7:51-3.
217. Grande NM, Plotino G, Lavorgna L, Ioppolo P, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Influence of different root canal-filling materials on the mechanical properties of root canal dentin. *J Endod* 2007;33:859-63.

218. do Prado M, de Assis DF, Gomes BP, Simao RA. Adhesion of resin-based sealers to dentine: an atomic force microscopy study. *Int Endod J* 2014;47(11):1052-7.
219. Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru J, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Interface of dentine to root canal sealers. *J Dent* 2014;42:336-50.
220. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod* 2013;39:1281-6.

9. MOKSLINĖS PUBLIKACIJOS (PASKELBTŲ STRAIPSNIŲ SĄRAŠAS)

ISI duomenų bazėje:

Eglė Nedzinskienė, Vytautė Pečiulienė, Rasmūtė Manelienė, Saulius Drukteinis, Jolanta Aleksejūnienė, Audronė Jakaitienė. Potential to induce dental cracks during retreatment procedures of teeth with “Russian red”: an ex vivo study. *Medicina Journal*. 2017; 53: 166–172.

Recenzuojamuose žurnaluose:

1. Eglė Nedzinskienė, Vytautė Pečiulienė, Saulius Drukteinis. The appearance of root canal surfaces in teeth previously treated using resorcinol-formaldehyde resin: a preliminary SEM investigation. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal*. 2016; 18: 92–97.
2. Eglė Nedzinskienė, Vytautė Pečiulienė, Jolanta Aleksejūnienė. Resistance to fracture of roots treated with resorcinol formaldehyde resin: a comparative *in vitro* study. *Laboratorinė medicina*. 2017, t. 19, Nr. 4 (76), p. 234–239.

10. PADĖKOS

Su didžiausia pagarba dėkoju Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Odontologijos instituto direktorei ir disertacinio darbo mokslinei konsultantei prof. dr. **Vytautei Pečiulienei** už neįkainojamą mokslinę patirtį, vertingas mokslines konsultacijas bei įžvalgas, už kantrybę ir pagalbą ieškant atsakymų į painius mokslo klausimus, paramą susidūrus su įvairiais iššūkiais, už visą man skirtą laiką, energiją ir išmintį.

Širdingai ačiū Britų Kolumbijos (Kanada) universiteto doc. dr. **Jolantai Aleksejūnienei** už įkvepiančias mokslines diskusijas, kryptingus patarimus, pagalbą analizuojant tyrimo rezultatus ir rengiant publikacijas.

Esu dėkinga Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Odontologijos instituto doc. dr. **Sauliui Drukteiniui** ir doc. dr. **Rasmutei Manelienei** už kolegišką pagalbą įgyvendinant mokslinio darbo idėjas, pozityvius ir kritiškus patarimus bei dalijimąsi savo patirtimi.

Nuoširdžiai ačiū Vilniaus universiteto ligoninės Žalgirio klinikos konsultacinės poliklinikos vedėjai **Aušrai Šaikuvienei** ir dr. **Rūtai Rastenienei** už geranorišką pagalbą renkant tiriamąją medžiagą, skatinimą ir drąsinimą.

Ačiū bendradarbiams, kolegoms, draugams už bendrystės jausmą, prasmingus patarimus ir žodžius, kurie motyvuodavo eiti pirmyn.

Begalinio dėkingumo žodžius tariau Mamai, Tėčiui ir sūnui Laurui, kurie šiame gyvenimo etape mane palaikė, suprato, visada buvo šalia ir manimi tikėjo.

Lietuvių kalbos redaktorė
Jolanta Storpirštienė

Išleido Vilniaus universiteto leidykla
Universiteto g. 1, LT-01513 Vilnius