

**UTENOS KOLEGIJOS
MEDICINOS FAKULTETO
SLAUGOS IR BURNOS PRIEŽIŪROS KATEDROS
DANTŲ TECHNOLOGIJOS STUDIJŲ PROGRAMA**

TVIRTINU

Dekanė

Danguolė Šakalytė

2020 - 06 - 01

**RESTAURACIJŲ IŠ PRESUOTO LIČIO DISILIKATO IR CIRKONIO OKSIDO
KERAMIKŲ LYGINAMOJI GAMYBOS ANALIZĖ**

BAIGIAMASIS DARBAS

Konsultantas
Dantų technikas

Mantas Virkštis
2020 - 05 - 19

Recenzentas
Lektorė

Kristina Gečiauskienė
2020 - 05 - 26

Darbo autorė
DT-17 gr. stud.

Inga Mickūnaitienė
2020 - 05 - 19

Darbo vadovė
Lektorė

Aušra Stoškienė
2020 - 05 - 19

UTENA 2020

TURINYS

SANTRAUKA	4
SUMMARY	6
SANTRUMPOS	8
PAGRINDINĖS SAVOKOS	9
ĮVADAS	10
1.LITERATŪROS APŽVALGA	12
1.1. Odontologijoje naudojama keramika.....	12
1.2. Ličio disilikato protezo savybės, gamybos technologija	19
2.TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI	26
3.TYRIMO REZULTATAI	27
3.1. Restauracijos gamyba iš presuoto ličiodisilikato keramikos	27
3.2. Restauracijos gamyba iš cirkonio oksido keramikos.....	37
4.TYRIMO REZULTATŲ APTARIMAS	44
ĮŽVALGOS	45
PRAKTINĖS REKOMENDRACIJOS	46
LITERATŪRA	47
PRIEDAI	50
1 priedas. Dantų technologijos studijų programos studijų rezultatai	51
2 priedas. Bioetikos pritarimas	52
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	
1 pav. Cirkonio keramikos vainikėliai.....	12
2 pav. Cirkonio keramikos tiltinė konstrukcija	18
3 pav. E.max vainikėliai	19
4 pav. E. max keramikos spalvos	22
5 pav. Atpaudas priklijuotas su laboratoriniu plastelinu prie metalinio padelio	28
6 pav. Išardomas modelis	28
7 pav. Gipso sukietintojas.....	29
9 pav. Gipsinė kultis su vaškiniu gaubtuvėliu	29
10 pav. Vaškinis dantų vainikėlis.....	30
11 pav. Išmodeliuota vaškinė konstrukcija	30

12 pav. Vaškinės konstrukcijos padėties patikrinimas	31
13 pav. Vaškinė konstrukcija paruošta pakavimui	31
14 pav. Užpakuota vaškinė konstrukcija	32
15 pav. Užpakuotas žiedas krosnyje.....	32
16 pav. Žiedas presavimo krosnyje	33
17 pav. Pakavimo žiedas po presavimo.....	33
18 pav. Nusmėliuota restauracija po presavimo	34
19 pav. Restauracija rūgštyje ultragarsinėje vonelėje	34
20 pav. Tikrinamas restauracijos šoninis kontaktas	35
21 pav. Restauracija degimo krosnyje.....	35
22 pav. Vainikėlis ir „Vita“ spalvų raktas.....	36
23 pav. Pagamintas ličio disilikato keramikos vainikėlis.....	36
24 pav. Modeliavimo vėskas skenavimui.....	37
25 pav. Užpildomi pagrindiniai duomenys „In Lab“ programoje.....	38
26 pav. Nuskenuotas apatinio žandikaulio modelis	38
27 pav. Nuskenuoti modeliai	39
28 pav. Dantų vainikėlio modeliavimas	39
29 Pav. Nustatoma kulties preparacijos riba	40
30 pav. Žymimi vainikėlio parametrai	40
31 pav. Parenkama vainikėlio pozicija	41
32 pav. Dantų vainikėlio modeliavimas	41
33 pav. Vainikėlio taikymui naudoti įrankiai	42
34 pav. Vainikėlio glazūravimui naudotos priemonės	42
35 pav. Dažai vainikėliui dažyti ir „Vita“ spalvų raktas	43
36 pav. Pagamintas cirkonio oksido keramikos vainikėlis.....	43

Inga Mickūnaitienė. Restauracijų iš presuoto ličio disilikato ir cirkonio oksido keramikų lyginamoji gamybos analizė. Dantų technologijų studijų programos studentės baigiamasis darbas. Darbo vadovė lektorė Aušra Stoškienė. Utenos kolegijos Medicinos fakulteto slaugos ir burnos priežiūros katedra. Utena, 2020.

SANTRAUKA

Daugeliui žmonių labai svarbi ne tik priekinių, bet ir šoninių dantų estetika, todėl protezavimo metu dažniau renkama natūraliai atrodanti bemetalė keramika ir atsisakoma metalo keramikos restauracijų. Restauracijų gamybai naudojamas cirkonio oksidas arba ličio disilikatas, kuris pasižymi biologiniu suderinamumu ir geromis mechaninėmis bei estetinėmis savybėmis. Atstatant šoninių dantų defektus pacientas dažniau renkasi monolitinius vainikėlius, kadangi sumažėja keramikos atskilimo tikimybė, nes gamybos metu nėra naudojama papildoma sluoksniavimo technika keraminėmis medžiagomis.

Šiame darbe autorė nagrinėja pilno kontūro cirkonio oksido ir presuoto ličio disilikato restauracijų gamybos technologijas, apžvelgia gamyboje naudojamų medžiagų savybes.

Darbo tikslas: palyginti restauracijų iš presuoto ličio disilikato ir cirkonio oksido keramikos gamybą.

Darbo objektas: restauracijų iš presuoto ličio disilikato ir cirkonio oksido keramikų lyginamoji gamybos analizė.

Tyrimo probleminiai klausimai:

1. Kokia gamybos technologija taikoma gaminant restauracijas iš presuoto ličiodisilikato keramikos?
2. Kokia gamybos technologija taikoma gaminant restauracijas iš cirkonio oksido keramikos?

Tyrimo metodai: siekiant palyginti ličio disilikato ir cirkonio oksido keramikinių restauracijų gamybą buvo naudojama literatūros analizė, taip pat atliktas kokybinis atvejo analizės tyrimas.

Darbe gautos išvalgos:

1. Ličio disilikato keramikos presavimo technologija reikalauja didelio kruopštumo gamyboje. Pirmiausia atliekamas tikslus konstrukcijos anatominių formų modeliavimas vašku, nuo to priklauso galutinis protezo rezultatas. Vėliau atliekamas liečių sistemos formavimas ir konstrukcijų

pakavimas, vaško iškaitinimas, restauracijų presavimas iš bemetalės keramikos, taikymas ant gipsinio modelio bei paviršiaus individualizavimas dažais ir glazūra. Labai svarbu laikytis gamybos technologinių reikalavimų, instrukcijose nustatyto darbo laiko, naudoti tikslų medžiagų santykį, gerai žinoti restauracijų indikacijas ir kontraindikacijas.

2. Vainikėlio gamyba atliekama kompiuterizuota programa. Skenavimo įrenginiu atliekamas anatominių paviršių nuskaitymas, kompiuterio programoje nustatomi būsimi dantų restauracijos parametrai, suformuojamos tikslios kulties preparacijos ribos, karkaso storis, forma. Gauti duomenys perduodami į frezavimo įrenginį, kur atliekamas restauracijos frezavimas iš cirkonio oksido bloko, vėliau atliekamas sinterizavimas, kur restauracija galutinai yra sukietinama, įgauna tvirtumą, galutinę savo formą ir spalvą. Galutiniu gamybos etapu restauracijai atliekamas individualizavimas dažais ir glazūra.

Raktiniai žodžiai: restauracija, cirkonis, CAD/CAM.

Inga Mickūnaitienė. Comparative production analysis of restorations from extruded lithium disilicate and zirconia ceramics. Final work of the student of Dental Technology study program. Supervisor of the thesis lecturer Aušra Stoškienė. Utena College, Faculty of Medicine, Department of Dental Care. Utena, 2020.

SUMMARY

For many people, not only the aesthetics of the front teeth but also the lateral teeth are very important, so during prosthetics, natural-looking non-metallic ceramics are more often chosen and metal-ceramic restorations are abandoned. Restorations are made using zirconium oxide or lithium disilicate, which has biocompatibility and good mechanical and aesthetic properties. When restoring lateral tooth defects, the patient is more likely to choose monolithic crowns because the probability of ceramic detachment is reduced because no additional layering technique with ceramic materials is used during manufacture.

In this work, the author examines the production technologies of full-contour zirconia and pressed lithium disilicate restorations, reviews the properties of materials used in production.

Work objective: compare the production of restorations from pressed lithium disilicate and zirconia ceramics.

The object of the work: comparative production analysis of restorations from pressed lithium disilicate and zirconia ceramics.

Problematic issues of the research:

1. What production technology is used in the production of restorations from extruded lithiodisilicate ceramics?
2. What production technology is used in the production of restorations from zirconia ceramics?

Research Methods: literature analysis was used to compare the production of lithium disilicate and zirconia ceramic restorations, as well as a qualitative case study.

Insights:

1. Lithium disilicate ceramic extrusion technology requires great care in production. First, accurate modeling of the anatomical shapes of the structure with wax is performed, on which the final result of the prosthesis depends. Later, the formation of the slab system and packing of structures, firing of wax, pressing of restorations from metal-free ceramics, application on the

gypsum model and individualization of the surface with paint and glaze are performed. It is very important to follow the technological requirements of production, working hours specified in the instructions, to use the exact ratio of materials, to know well the indications and contraindications of restorations.

2. The production of the crown is performed by a computerized program. The scanning device scans the anatomical surfaces, determines the future parameters of tooth restoration in a computer program, forms the exact limits of the blade preparation, the thickness and shape of the carcass. The obtained data are transferred to a milling machine, where the restoration is milled from a zirconia block, followed by sintering, where the restoration is finally hardened, acquires strength, its final shape and color. In the final stage of production, the restoration is individualized with paint and glaze.

Keywords: restoration, zircon, CAD / CAM.

SANTRUMPOS

μm – mikrometras;

A/Ž – apatinis žandikaulis;

CAD/CAM (angl. computer-aided design and computer-aided manufacturing) – automatizuoto projektavimo ir gamybos sistema;

CO – centrinė okliuzija;

mkm – mikrometras;

Mm – milimentras;

Mpa – megapaskalis;

Pav. – paveikslėlis;

Temp. – temperatūra;

V/Ž – viršutinis žandikaulis;

Vnt. – vienetas.

PAGRINDINĖS SAVOKOS

Antagonistai - priešpriešiniai dantys su kuriais kontaktuojama funkcijos metu [26].

Citotoksinis – nuodingas [1].

Difrakcija - tai reiškinys, kuriam esant šviesos bangos, einančios pro kliūčių kraštą, užlinksta [18].

Kalorimetrijos - fizikocheminės analizės metodas, pagrįstas sugeriamos arba išskiriamos šilumos kiekio matavimu [4].

Korozija – medžiagų fizinis, cheminis ir elektrocheminis irimas [1].

Preparacija - preparacija (lot. Preparatio – paruošimas) [26].

Regeneracija- (lot. Regeneratio – atnaujinimas) [10].

Restauracija - (lot.restauratio – atnaujinimas, atstatymas) [4].

Sinterizacija - gamybos būdas, kai medžiagos milteliai kaitinami žemesnėje nei lydimosi temperatūra tol, kol dalelės sulimpa tarpusavyje ir gaunama homogeniška tvirta struktūra [16].

IVADAS

Dantų netekimas labai keičia žmogaus mitybos įpročius, kas turi įtakos žmogaus sveikatai. Be to, likę dantys kramtymo metu yra papildomai apkraunami ir ilgainiui praranda įprastą išvaizdą bei funkciją. Tuomet išsivysto žandikaulio sąnario pakitimai – likę dantys gauna per didelį krūvį, greičiau dėvisi, atsiranda sąnario skausmai, judesiai tampa riboti. Norint viso to išvengti, būtina laiku atlikti dantų protezavimą, parenkant tinkamas medžiagas ir gamybos technologijas. Dabartiniu laikmečiu dantų protezavimas labai išstobulėjo dėl naujų medžiagų panaudojimo galimybių, kurios padeda sukurti tobulai estetiškus dirbtinius dantis.

Ortopedinėje odontologijoje cirkonio oksidas neseniai pradėtas naudoti dėl didelio tankumo, kuris išgaunamas kietinimo metu, laikui bėgant nekeičia savo struktūros, nekinta ir jo spalva, organizmas puikiai toleruoja šias restauracijas, jos nesukelia jokių šalutinių reiškinių ar dantenu pakitimų. Sukurta programinė įranga CAD/CAM leidžia sukurti maksimaliai tikslias dantų restauracijas. Jos geriau priglunda prie likusių nuosavų danties audinių, todėl sumažėja antrinio karieso tikimybė. Gerai nupoliruotos restauracijos kaupia mažiau apnašų, to pasekoje tarnauja ilgiau nei tradicinės metalo keramikos restauracijos.

Ličio disilikato keramika arba dar vadinama e.max vainikėlis, turi ypatingai gerą biologinį suderinamumą su burnos gleivinės audiniais, ypač estetiška, laidu šviesai ir atrodo tarsi natūralus dantis. Šios rūšies keramikos panaudojimas labai platus, iš jos gaminami dantų vainikėliai, laminatės, užklotai, pavieniai dantų vainikėliai. Tačiau tiltinių protezų gamybai ličio disilikatas netinka, nes, būdamas labai tvirtas ir kietas, dantų tiltams būtų per trapus. Šia keramika gaminant nuolatinis dantų protezus galima naudoti tiek kompiuterizuotą CAD/CAM sistemą tiek ir presavimo techniką.

Šiuolaikinėje odontologijoje vis labiau didėjant restauracinių medžiagų įvairovei, kyla klausimas, kokias medžiagas pasirinkti skirtingose situacijose. Darbo tema autorės nuomone yra aktuali kiekvienam dantų technikui dirbančiam su keraminėmis medžiagomis ir naujomis technologijomis. Kiekvienas geras specialistas siekia gilinti turimas žinias, tobulėti ir išbandyti naujausias technologijas ortopedinėje odontologijoje. Todėl pagrindinis šio tyrimo uždavinys yra nustatyti palankiausias restauracines medžiagas ir pagrįsti jų parinkimo svarbą restauracinėje odontologijoje.

Darbo objektas: restauracijų iš presuoto ličio disilikato ir cirkonio oksido keramikos lyginamoji gamybos analizė.

Darbo tikslas: palyginti restauracijų iš presuoto ličio disilikato ir cirkonio oksido keramikos gamybą.

Tyrimo probleminiai klausimai:

1. Kokia gamybos technologija taikoma gaminant restauracijas iš presuoto ličio disilikato keramikos?
2. Kokia gamybos technologija taikoma gaminant restauracijas iš cirkonio oksidokeramikos?

Dantų technologijos studijų programos studijų rezultatai pateikiami 1 šio darbo priede.

Baigiamojo darbo apimtis ir struktūra: darbas susideda iš titulinio lapo, turinio, santraukų, kurios yra lietuvių ir anglų kalbomis, pagrindinių sąvokų ir santrumpų, įvado, literatūros apžvalgos, tyrimo medžiagos ir metodų, tyrimo rezultatų, tyrimo rezultatų aptarimo, išvalgų, praktinių rekomendacijų ir literatūros sąrašo. Darbo apimtis be priedų yra 50 puslapių, kuriuose yra 36 paveikslai.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Odontologijoje naudojama keramika

Stiklo keramika pirmą kartą buvo sukurta „Corning Glass Works“ šeštojo dešimtmečio pabaigoje. Anot McLeano, pirmieji stiklo keramikos darbai buvo atlikti Mac Culloch, tačiau jo darbai nesulaukė daug dėmesio. Tolesni Grossmano ir Adairo tyrimai baigėsi plėtojant tetra silicio, turinčią fluorikos, sudėtį. Terminio apdorojimo metu vykstant kristalizacijai, kurios metu susidaro vidiniai kristalai. Šis stiklo virsmas kristaliniu stiklu vadinamas keramika. Taigi, keramika yra daugiafazė kieta medžiaga, turinti likusią stiklo fazę su smulkiai išskaidyta kristaline faze. Dėl stiklo kristalizacijos susidaro maži kristalai, kurie tolygiai pasiskirsto visame stikle. Kristalų skaičių, jų augimo greitį ir jų dydį reguliuoja terminio apdorojimo laikas ir temperatūra [1].

Keramika plačiai naudojama dantų protezavimui dėl patrauklių savybių, ji yra estetiška, natūrali spalva, be to chemiškai stabili. Pagrindinės dantų keramikos sudedamosios dalys yra neorganinės, silicio dioksido pagrindu pagamintos neorganinės medžiagos, tokios kaip lauko špatas, kvarcas ir silicio dioksidas. Tradicinė lakštinė keramika taip pat vadinama „porcelianu“. Dantų keramika yra daugiafazė sistema. Joje yra išskaidyta kristalinė fazė, apsupta ištisinės amorfinės fazės (stiklinės fazės). Šiuolaikinėje dantų keramikoje yra didesnė kristalinės fazės dalis, kuri žymiai pagerina keramikos biomechanines savybes. Šios aukštos kristalinės keramikos pavyzdžiai yra ličio disilikatas ir cirkonis [12].

Per pastaruosius kelis dešimtmečius buvo padaryta didžiulė pažanga tarp keraminių medžiagų. Nors metalo pagrindu pagaminti dantų protezai vis dar yra labiausiai paplitę, buvo imtasi priemonių pakeisti metalo keramiką kitomis bemetalėmis medžiagomis (žr. **1 pav.**). Tobulėjant sluoksniavimo technikai, padidėjo keramikos naudojimo odontologijoje galimybės [25].



1 pav. Cirkonio keramikos vainikėliai [23]

Keramika odontologijoje turi tris pagrindines indikacijas:

- metalo keramikos vainikėliai ir fiksuoti daliniai protezai;
- alfa keramikos restauracija, kurią sudaro vainikėliai, įklotai, užklotai ir laminatės;
- maži dantų tiltai ir pavieniai keramikos vainikėliai[20].

Paviršiaus šiurkštumas, susidėvėjimas ir įtrūkimai yra laikomi visų keramikos restauracijų problemomis. Naujai sukurtos keramikos restauracijos yra perspektyvios, o jų nusidėvėjimas priklauso nuo kelių veiksnių, tokių kaip: mikrostruktūra, kietumas, paviršiaus apdaila ir kiti kliniškai susiję veiksniai [7].

Bemetalės keramikos protezų privalumai:

- Protezai laidūs šviesai, skaidrumu ir spalva panašūs į natūralius dantis.
- Nėra metalo, nėra ir tamsaus krašto prie dantėnų, todėl puikiai tinka priekiniams dantims.
- Tai bene pati estetiškiausia priekinių dantų restauracija.
- Keramikos spalva bėgant metams išlieka nepakitusi.
- Tinka žmonėms, kurie alergiški metalo lydiniams.
- Bemetale keramika galima išgauti erdvinį vaizdą, paslėpti pakitusio danties spalvą, atkurti kietųjų audinių tvirtumą.

Darbo autorės nuomone, visos čia išvardintos savybės yra labai svarbios, todėl visos bemetalės keramikos rūšys turi didelę paklausą dantų protezavime.

Bemetalės keramikos trūkumai:

- Bemetalę keramiką rekomenduotina naudoti priekinių dantų srityje arba pavienių dantų vainikėliams, nes tvirtumu ją vis dėlto lenkia metalo keramikos ir cirkonio oksido keramikos protezai.

Tradicinė dantų keramika kurios sudėtyje yra silicio dioksido, kaitinama aukštesnėje nei 870 ° C temperatūroje. Sudaryta iš tektosilikatinio mineralo ($KAlSi_3O_8$), kvarco (SiO_2), ir kaolinas ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$). Kadangi tokia keramika buvo trapios prigimties, didesnio kristalų kiekio keramika, tokia kaip aliuminio oksidas (aliuminio trioksidas), Al_2O_3 ir cirkonis (cirkonio dioksidas) ZrO_2 , buvo sukurti siekiant pagerinti mechanines medžiagos savybes) [5].

Kaip atkuriamoji medžiaga, dantų keramika turi trūkumų daugiausia dėl to, kad nesugeba atlaikyti burnos ertmėje esančių funkcinų jėgų. Taigi iš pradžių ji buvo ribotai naudojama kandžių ir krūrinių dantų srityse, nors tolesnis šių medžiagų tobulinimas leido jas naudoti galinių dantų protezavime ir protezams ant dantų implantų [22].

Palyginti su kitomis odontologijos medžiagomis, tokiomis kaip metalai, keraminė medžiaga yra mažo atsparumo lūžiams [3]. Metalo keramikos sistemos sujungia ir išskirtines keramikos estetines savybes, ir nepaprastas metalų mechanines savybes [2].

Kai kurie metalai naudojami kaip atkuriamosios medžiagos odontologijoje, gali kelti problemų kai kuriems pacientams. Šios problemos gali pasireikšti kaip alergija, dantenu spalvos pakeitimas ir metalinių jonų išsiskyrimas į dantenu audinį [5]. Šie trūkumai paskatino keramikos sistemų be metalų tyrimus ir plėtrą.

Keramiką galima klasifikuoti pagal:

- mikrostruktūrą (t. y. kristalinės fazės kiekį ir tipą bei stiklo kompoziciją);
- perdirbimo techniką (skystas, suslėgtas arba apdirbtas) [10].

Mikrostruktūriniu lygiu keramiką galime apibrėžti pagal jų stiklo ir kristalų santykio sudėtį. Medžiagų mikrostruktūros gali būti be galo įvairios, tačiau jas galima suskirstyti į keturias pagrindines kompozicijos kategorijas, išskiriant keletą pogrupių:

- kompozicijos kategorija - stiklo pagrindu pagamintos sistemos (daugiausia silicio dioksidas);
- kompozicijos kategorija - stiklo pagrindu pagamintos sistemos (daugiausia silicio dioksidas) su užpildais, paprastai kristaliniais (paprastai leucito arba, neseniai, ličio disilikato);
- sudėties kategorija - kristalinės sistemos su stiklo užpildais (daugiausia aliuminio oksidu);
- 4 sudėties kategorija - polikristalinės kietosios medžiagos (aliuminio oksidas ir cirkonis).

Stiklo pagrindu sudarytos sistemos yra pagamintos iš medžiagų, kuriose daugiausia yra silicio dioksido (dar žinomo kaip silicio dioksidas arba kvarcas), kuriame yra įvairių kiekių aliuminio oksido.

Odontologijoje naudojami keramikai klasifikuoti patogiau ir paprasčiau yra pagal tai, kaip ji apdorojama. Svarbu pažymėti, kad visos medžiagos gali būti perdirbamos įvairiais būdais. Bet apskritai odontologijoje jie gali būti klasifikuojami kaip miltelių / skysčio, stiklo pagrindu pagamintos sistemos, apdirbami arba presuojami stiklo pagrindu pagamintų sistemų blokai ir CAD / CAM sistema. [12].

Keramika (porcelianas) šiuolaikinėje odontologijoje labai populiari atkuriamųjų medžiagų grupė dėl estetikos ir didelio biologinio suderinamumo. Odontologijoje naudojama keramika daugiausia sudaryta iš silicio.

Odontologijoje naudojamo cirkonio oksido savybės

Dėl didėjančio keramikos asortimento pramoniniam ir mediciniam naudojimui šiuolaikinė era yra žinoma kaip „keramikos amžius“. Keramikos medžiagos, sukurtos medicinos ir stomatologijos reikmėms, vadinamos „biokeramika“. Žodis „cirkonis“ yra kilęs iš arabiško žodžio „zargon“, kuris reiškia „aukso spalvos“. Ši reikšmė savo ruožtu kilo iš dviejų persų žodžių „zar“, reiškiančių „auksas“ ir „pistoletas“ nurodant spalvą. Vokiečių chemikas Martinas Heinrichas Klaprotas 1789 m. atsitiktinai atrado cirkonio dioksidą (ZrO_2). Vėliau jį 1824 m. išskyrė švedų chemikas Jönsas Jakobas Berzelius [3].

Cirkonio oksido kristalai gali egzistuoti trijose fazėse: *kubinė fazė* (C), kuri yra keturkampė tiesi prizmė; *tetragoninė fazė* (T) stačiakampės tiesios prizmės pavidalu ir *monoklininė fazė* (M) su deformuota prizme su lygiagretiniais kraštais. Kubinė fazė stabili virš $2370^\circ C$, turi vidutines mechanines savybes. Tetragoninė fazė yra stabili nuo $1170^\circ C$ iki $2370^\circ C$, esant pagerintoms mechaninėms savybėms. Monoklininė fazė yra stabili kambario temperatūroje iki $1170^\circ C$, pasižymi prastesnėmis mechaninėmis savybėmis ir gali padėti sumažinti keraminių dalelių sukibimą [28].

Šeštojo dešimtmečio pabaigoje buvo patobulinta cirkonio kaip biomedžiagos panaudojimas. Pirmasis cirkonio oksido panaudojimas medicinos tikslams buvo padarytas 1969 m. Ortopedijoje kaip nauja medžiaga klubo sąnariui pakeisti, ne iš titano ar aliuminio. Odontologijoje, plėtojant kompiuterinio projektavimo (CAD) / kompiuterines gamybos (CAM) sistemas, didelio stiprumo cirkonis gali būti naudojamas vainikėliams, laminatėms, įklotams, užklotams, kultims, implantų atramoms gaminti ir implantams tvirtinti Straipsnis iš elektroninio tinklapio [4].

Cirkonio milteliuose yra nedidelis kiekis radioaktyvių priemaišų iš urano-radžio (^{226}Ra) ir torio (^{228}Th) aktinidų serijų. Tačiau cirkonio miltelius, kurių mažas radioaktyvumas, galima gauti gryninant, laikantis atitinkamų standartų. Cirkonio oksido kaitinimas žemoje temperatūroje (nuo 200° iki $300^\circ C$) gali sukelti laipsnišką savaiminį metastabilios tetragonalinės fazės virsmą monokline faze, esant vandeniui, reiškiny, žinomas kaip degradacija žemoje temperatūroje. Tai lėtas virsmas, kuris prasideda atskirais kristalais ant cirkonio paviršiaus, todėl padidėja tūris. Tai paryškina greta esančius kristalus ir atsiranda porėtumas, kuris leidžiantis vandeniui prasiskverbti ir procesui galiausiai progresuoti, todėl žymiai sumažėja stiprumas. Šis stiprumo blogėjimas yra skirtingas įvairioms cirkonio oksido keramikoms, o kitimas yra susijęs su tokiais veiksniais, kaip stabilizatoriaus koncentracija ir pasiskirstymas, grūdelių dydis ir likutiniai įtempiai. Neseniai atliktas tyrimas parodė, kad serijomis stabilizuotas cirkonis yra atsparus imituojamam hidroterminiam senėjimui, jo lenkiamasis stipris išliko

nepakitęs esant žemam 500 MPa lygiui [4]. Senėjimas mažina fizines medžiagos savybes ir padidina cirkonio oksido restauracijos skylimą. Dėl mechaninių įtampų ir drėgmės paspartėja cirkonio oksido senėjimas, tai lemia medžiagos elgsenos pokyčius, jos susilpninimą, o vėliau medžiagą ardantį procesą, nes mikro įtrūkimai mažina stiprumo savybes.

Cirkonio dioksido sudėtyje nėra silicio dioksido, todėl vandenilio fluorida rūgštimi išdinti negalima. Dėl šios priežasties cirkonio oksidui naudojami kiti paviršiaus apdorojimo metodai, tokie kaip šlifavimas / poliravimas, paviršiaus padengimas glazura, smėliavimas, grunto apdorojimas ir lazerinis apdorojimas. Smėlio pūtimas su aliuminio oksido dalelėmis cirkonio paviršiuje sukelia nelygumus ir negilias duobes, o tai pagerina mikromechaninį sulaikymą. Be to, padengimas metakrilolilodedecil-dihidrofosfato turinčiu silano gruntu po smėliavimo gali padidinti cheminį ir mikromechaninį jungties stiprumą [4].

Mechaninėms savybėms didelę įtaką daro paviršius grūdėtumas. Yra teigiama, kad cirkonio oksido mechaninės savybės yra didesnės nei kitos odontologijoje naudojamos keramikos, taip pat rašoma, kad atsparumas lūžiams yra 6–10 MPa / ml / 2, atsparumas lenkimui 900–1200 MPa o atsparumas suspaudimui yra 2000 MPa. Vidutinis cirkonio restauracijos krūvis yra 755 N. Cirkonio oksidas sukelia didesnes lūžių apkrovas nei aliuminio oksidas ar ličio disilikatas. Cirkonio keramika, palyginti su porcelianu, pasižymi geresniu nusidėvėjimu ir mažesniu antagonistų nusidėvėjimu. Padidėjęs cirkonio keramikos matiškumas gali būti naudingas estetineose klinikinėse situacijose, tokiose kaip chromatinių dantų ar metalinių kaiščių ir kulčių užmaskavimas, tačiau silpnas šviesos pralaidumas gali sukelti netinkamą cemento dervos susijungimą su cirkonio keramikos karkaso pagrindu. Lyginant skirtingas keramines atstatomasias medžiagas, cirkonio keramikos santykinis skaidrumas, palyginti su metalais, yra didžiausias [4].

Dauguma keramikos restauracijų suteikia puikią estetiką, nes keramika leidžia difuziškai praleisti šviesą, taip pat difuziškai ir spekuliariai atspindi šviesą, atkurdama skaidrumo ir spalvos gylį, kuris imituoja natūralius dantis. Nepaisant to, atsižvelgiant į optines savybes, galima teigti, kad itrio stabilizuotas cirkonis turi aukštą lūžio rodiklį, mažą absorbcijos koeficientą ir didelį matomumo bei infraraudonųjų spindulių spektrą. Ši medžiaga nėra citotoksinis metalo oksidas, netirpsta vandenyje ir neturi galimybės sukibti su bakterijomis. Be to, jis turi nepermatomas savybes ir mažą koroziją. Tai yra inertiška medžiaga ir pasižymi biologiniu suderinamumu. Cirkonio implantai, taip pat titano implantai, turi aukštą atsparumą lūžiams ir stiprumą lenkiant. Kai paviršiuje atsiranda įtrūkimas, įtempimo koncentracija įtrūkimo viršuje sukelia tetragonalinio kristalo virsmą monoklininiu kristalu, kartu su jo

tūriniu plėtimu. Netoli sklindančio įtrūkimo, dėl įtampos sukeltos transformacijos atsiranda gniuždymo įtempis, kuris apsaugo įtrūkimo galiuką nuo įtempimo ir padidina atsparumą lūžiams [1].

Siekiant patenkinti pacientų poreikį natūraliai atrodančiais išvaizdais atkurti, buvo sukurti keli keramikos tipai be metalo. Dėl savo biologinio suderinamumo ir gerų mechaninių savybių cirkonis pastaraisiais metais buvo sėkmingai naudojamas kaip atsatomomoji dirbtinių dantų biomedžiaga. Dėl didelio nepermatomumo cirkonio šerdys paprastai yra padengtos keraminėmis masėmis, kurios suteikia natūresnę išvaizdą, tačiau dažnai skaldosi. Kaip alternatyva sluoksniuotai keramikai, cirkonio medžiagos restauracijos yra plačiau naudojamos šiais laikais.

Cirkonio keramikos protezo gamyba

Cirkonio oksido keramika atkartoja natūralaus danties spalvą yra ypatingai tvirta ir neskaidri medžiaga, todėl iš šios keramikos gaminamos ne tik vainikėliai, tiltiniai protezai, bet ir galima užmaskuoti metalinius kaiščius ar patamsėjusias preparuotas danties kultis, nes nuosavo danties spalvos pokyčiams turi įtakos naudojami medikamentai bei kitos priežastys. Ši keramika – viena tvirčiausių, tačiau mažo skaidrumo keramika, todėl rekomenduojama naudoti dantų protezų gamybai neestetinėje zonoje. Cirkonis yra apdorojamas tik kompiuterizuota sistema, reikalaujančia didelio tikslumo sudėtingų įrengimų. Šie įrenginiai vadinami CAD/CAM sistemomis. Šios medžiagos atsiradimas sukėlė didžiules permainas estetinėje odontologijoje, restauracijos atrodo labai natūraliai ir estetiškai [23].

Cirkonio oksido keramika gaminama „skaitmeniniu“ t.y. CAD/CAM būdu – kompiuterinėje programoje sukurtas protezas, išfrezuojamas iš vientisos medžiagos bloko. Dažniausiai naudojami pažangiausių pasaulio kompanijų programiniai produktai, kurie leidžia pasiekti itin didelį protezų tikslumą. Tikslūs protezai kaupia mažiau apnašų, todėl tarnauja ilgiau. Anksčiau buvo naudojamas neskaidrus cirkonis, bet šiuo metu, siekiami geresnės estetikos odontologai vis dažniau renkasi naujos kartos skaidrų cirkonį, kuris dar geriau imituoja natūralų dantį. Ant cirkonio oksido visada buvo dedama, estetišką vaizdą suteikianti, apdailinė keramika. Šių dviejų keramikų jungtis yra problemiška, tad kartais pastebimi apdailinės keramikos nuskilimai. Nauja metodika yra naudoti skaidrų cirkonio oksidą, be apdailinės keramikos, estetiką išgaunant dažymo būdu. Toks būdas leidžia sumažinti nuskilimų riziką iki minimumo [16].

Cirkonio keramikos protezą sudaro cirkonio oksido karkasas iš tankios sukietintos keraminės medžiagos, susiformavusios iš suspaustų kristalų. Minėtas karkasas gaminamas pasitelkus

CAD/CAM skaitmenines technologijas, kurios tiksliai sumodeliuoja protezo konstrukciją. Vėliau ta konstrukcija frezuojama specialioje frezavimo mašinoje iš vientisos medžiagos bloko ir kietinama net 1500 °C temperatūroje. Būtent toks cirkonio išgavimo metodas užtikrina, kad ilgainiui protezas nepakeistų savo struktūros ir spalvos. Reikėtų pasakyti, kad iš pradžių būdavo naudojama matinė ir neskaidri cirkonio keramika, todėl gaminami protezai neturėjo estetinio patrauklumo. Be to, ir dantų protezavimas užtrukdavo žymiai ilgiau, nes dantų technologai išfrezuotą karkasą dar turėjo padengti specialia porceliano mase, kad dantys atrodytų kuo natūralesni, skaidresni ir baltesni. Ilgainiui technologijos tobulėjo ir cirkonio keramika tapo skaidri, turinti net kelis atspalvius ir primenanti natūraliai atrodančius dantis. Labai svarbu tai, jog šiuolaikinėmis technologijomis pagaminti protezai turi mažiau sluoksnių, o tai leidžia stipriai sumažinti danties nuskilimo riziką. Protezų gamybai naudojama pažangi programinė įranga padeda sukurti itin tikslius dantų protezus, kurie geriau priglunda prie natūralių (likusių) danties audinių, puikiai dera su burnos gleivine ir mažina antrinio karieso tikimybę. Taip pat tokie dantų protezai kaupia mažiau apnašų ir tarnauja žymiai ilgiau, negu tradiciniai metalo keramikos protezai [23].

Kompiuterinio frezavimo būdu paruošiamas karkasas, ant kurio tvirtinama keraminė apdaila. Cirkonio oksido keramikos restauracijos, priešingai nei pavyzdžiui, metalo keramikos restauracijos atrodo labai natūraliai ir estetiškai. Cirkonio vainikėlio - bazinė dalis, ir apdaila, pagaminta iš kieto balto cirkonio oksido, yra labai tvirta ir vizualiai nesiskiria nuo natūralių dantų. Šiais tvirtais ir estetiškais vainikėliais dažniausiai atkuriami priekiniai dantys, naudojant mikroprotezus, tačiau dažnai gaminami ir cirkonio keramikos dantų tiltai (žr. **2 pav.**).



2 pav. Cirkonio keramikos tiltinė konstrukcija [16]

Apibendrinant galima teigti, kad keramikos naudojimas dantų protezavime tapo populiarus dėl patrauklių savybių: ji estetiška, natūrali spalva, be to chemiškai stabili. Keramikos spalva bėgant

metams išlieka nepakitusi ir tinka žmonėms, kurie alergiški metalo lydiniams. Kaip ir visos medžiagos, dantų keramika turi trūkumų daugiausia dėl to, kad nesugeba atlaikyti burnos ertmėje esančių funkcinių jėgų. Literatūroje teigiama, kad cirkonio oksido mechaninės savybės yra didesnės nei kitos odontologijoje naudojamos keramikos. Taip pat cirkonio keramikos santykinis skaidrumas, palyginti su metalais, yra didžiausias. Cirkonis yra apdorojamas tik kompiuterizuota CAD/CAM sistema, reikalaujančia didelio tikslumo sudėtingų įrengimų. Ši keramika – viena tvirčiausių, tačiau mažo skaidrumo, todėl dažniausiai rekomenduojama naudoti restauracijų gamybai neestetinėje zonoje.

1.2. Ličio disilikato protezo savybės, gamybos technologija

Per pastaruosius kelis dešimtmečius dantų keramikos sritis sparčiai vystėsi tiek medžiagų savybių, tiek gamybos metodų srityje. Tarp šių laimėjimų galima paminėti stiklo keramiką, kuri yra labai estetiška ir pasižymi išskirtinėmis mechaninėmis savybėmis. Viena iš tokių medžiagų yra IPS e.Max linija (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenšteinas), kuri yra dviejų formų: blokas, kurį galima frezuoti CAD / CAM sistemoje (IPS™ e.Max CAD), ir presavimo tabletės, gaminama naudojant pavaškavimo techniką (IPS e.Max Press) (žr. **3 pav.**).



3 pav. E.max vainikėliai [13]

Ličio disilikato ($2\text{SiO}_2 - \text{Li}_2\text{O}$) keramika pirmą kartą buvo pristatyta 1988 m.. Kad būtų naudojama kaip termiškai presuota pagrindinė medžiaga, parduodama kaip IPS Empress 2 („Ivoclar Vivadent“, Lichtenšteinas) „Empress 2“ buvo klasifikuojama kaip stiklo keramika, joje buvo maždaug 70% kristalinio ličio disilikato užpildo [11]. Taikant slėgio liejimą, buvo gauta medžiaga, turinti mažiau defektų ir tolygesnį kristalų pasiskirstymą [13]. „Empress 2“ gamybos proceso pertvarkymas ir patobulinimas paskatino naujos keramikos linijos gamybą. Nauja keramikos kompozicija buvo išleista

2005 m., naudojant IPS e.Max Press prekės ženklą [5]. Atsiradus skaitmeninei odontologijai ir tobulėjant kompiuteriniam projektavimui ir kompiuterizuotiems gamybos metodams, IPS e.Max CAD 2006 m. buvo pristatyta kaip ličio disilikatinė stiklo keramika, specialiai paruoštas naudoti CAD / CAM sistemai [17].

Stiklo keramika yra biometiškiausia dantų restauracinė medžiaga, pasižyminti emaliui artimomis fizikinėmis savybėmis ir geru biosuderinamumu. Bene žinomiausia stiklo keramikos rūšis yra „IPS e.max“ keramika. Ši keramikos sistema apima protezus nuo plonų laminačių iki trijų vienetų tiltų. Restauracijos iš ličio disilikato daugiausia naudojamos pavienėms dantų restauracijoms. „IPS e.max“ presuota keramika yra ganėtinai nauja bemetalės keramikos rūšis, bet tarp pacientų jau tapusi paklausi, keičianti daugelį metų naudotą metalo keramiką. Iš bemetalės keramikos pagamintos restauracijos yra biologiškai suderinamos, stiprios, ilgaamžės ir suteikia prie vainikėlio krašto esančiai dantenai natūralumo. Restauracijos pagrindą sudaro bemetalė, laidži šviesai konstrukcija, todėl šis protezavimo būdas ypač patrauklus jauniems žmonėms. Estetiškos „IPS e.max Press“ ličio disilikato stiklo keramikos tabletės ir „IPS e.max ZirPress“ fluorapatito stiklo keramikos tabletės yra skirtos presavimo technologijai. Priklausomai nuo situacijos, CAD/CAM technikai yra prieinamos dviejų tipų medžiagos: „IPS e.max CAD“ ličio disilikatas stiklo keramikos tabletės ir „IPS e.max ZirCAD“ cirkonio oksidas [26].

Protezuoti bemetalės keramikos restauracijomis galima tiek priekinėje, tiek galinėje dantų srityje, kur tenka didžiausias kramtymo krūvis. Dėl šiuolaikinių technologijų pagaminamos natūralią dantų spalvą atkartojančios restauracijos, o minimalus invazyvus danties preparavimas padeda maksimaliai išsaugoti natūralius danties audinius. Visos sudedamosios gamybos technologinės medžiagos padeda pagaminti tvirtas ir estetiškas dantų restauracijas, prie kurių puikiai adaptuojasi aplinkiniai audiniai. Geri restauracijos ir preparacijos ribos parametrai, natūralaus danties savybės leidžia šią technologiją taikyti pačiose sudėtingiausiose ir atsakingiausiose dantų lanko vietose [26].

Gamintojo teigimu, įvairios stiklo keramikos kompozicijos (būtent SiO_2 , Li_2O , P_2O_5 , ZrO_2 , ZnO , K_2O ir Al_2O_3 bei papildomi dažiklio jonai) yra sujungiamos naudojant degimo technologiją ir presavimo būdą. Iš dalies kristalizuoti blokai, naudojami frezavimui IPS e.Max CAD kurie sudaryti iš 40% ličio metasilikato kristalų (Li_2SiO_3), kurių dydis yra 0,2–1,0 μm , ir yra trombocitų formos, išdėstyti stiklinėje fazėje kartu su ličio disilikato branduoliais[13]. Tyrimas, kurio metu buvo analizuojamos įvairios medžiagoje esančios fazės, veikiant skirtingoms degimo temperatūroms, patvirtino stiklinės fazės buvimą ir išlikimą atliekant rentgeno spindulių difrakciją[18]. Iš dalies kristalizuota būsena yra lengvai frezuojama ir dėl to mažesnis paviršiaus dilimas ir didesnis briaunų stabilumas [13].

Gamintojo teigimu, medžiaga visiškai išsikristalيزuoja po to, kai vakume 20–25 min. kaitinama 850 ° C temperatūroje [13]. Buvo atlikta įvairių tyrimų, siekiant išsiaiškinti ličio disilikato keramikos kristalinės fazės virsmo procesą. Fazių virsmo proceso metu atliekant analizę buvo parodyta, kad be ličio metasilikato, susidaro ir ličio ortofosfatas (Li_3PO_4) bei kristoballitas (SiO_2). Skirtingo skenavimo kalorimetrijos rezultatai rodo, kad tūrinis kristalizavimas yra pagrindinis transformacijos metodas, kai branduoliai susidaro ir kristalizacija vyksta kaip du atskiri įvykiai. Ankstesni tyrimai parodė, kad žemoje temperatūroje (žemesnėje kaip 590 ° C) ličio disilikato kristalai nebuvo matomi, o esant 590–780 ° C temperatūrai susidarė sferiniai ličio ortofosfato ir ličio disilikato kristalai [18].

Kai restauracija termiškai apdorojama, keramika persitvarko į kristalinę fazę - ličio disilikato stiklo keramika. Gamintojo literatūroje teigiama, kad visiškai išsikristalizavęs IPS e.Max CAD sukuria 70% smulkiagrūdžio ličio disilikato kristalų mikrostruktūrą [13]. Mikrostruktūra apibūdinama, kaip labai susipynę 5 μm ilgio ličio disilikato kristalai, kurių skersmuo yra 0,8 μm [6]. Žinoma, kad su kristaline struktūra susiję faktoriai, tokie kaip dydis, tūrio dalis ir pasiskirstymas, turi didelę reikšmę tiek mechaninėms, tiek cheminėms keraminės medžiagos savybėms, tačiau, nepaisant daugelio tyrimų, tikslus mikrostruktūros ir mechaninių savybių ryšys dar nėra žinomas [18]. IPS e.Max CAD vaidmuo mikrostruktūros, mikromechaninių ir fazių virsmų savybių suvokimas, atsižvelgiant į makrostruktūrinės atsparumo lūžiams savybes, atsparumą gniuždymui ir net optines savybes, medžiagos apibūdinimas ir toliau bus intensyvių tyrimų sritis.

Gamintojo literatūroje teigiama, kad restauracija patiria 0,2% linijinį susitraukimą [13]. Šis susitraukimas buvo pastebėtas kaip galima krašto atstatymo spragų ir kompromituojančio vidinio tinkamumo priežastis, nors dėl šio susitraukimo neatitikimai žymiai nesiskiria nuo kitų CAD / CAM medžiagų [10]. Įrodyta, kad visiškai išsikristalizavusi „IPS e.Max CAD“ forma (gauta laikantis gamintojo specifikacijų, kaitinama 770 ° C temperatūroje 5 min., tada 850 ° C 10 min.) turi užfiksuotą lenkimo stiprį 262–360 [13]. MPa ir atsparumas lūžimui yra 2,0–2,5 MPa [29]. Įrodyta, kad „IPS e.Max CAD“ lenkiamoji jėga yra didesnė nei kitos leucitais sustiprintos dantų keramikos [10]. Vienas mechaninių savybių kitimo skirtingose temperatūrose kaitinimo proceso metu, tyrimas parodė, kad makromechaninės fizinės savybės gali žymiai pasikeisti priklausomai nuo kaitinimo grafiko [18]. Kitame tyrime padaryta išvada, kad palyginus IPS e.Max CAD su kita turima CAD / CAM keramika, padaryta išvada, kad mechaninės savybės priklauso nuo medžiagos struktūrinės sudėties, o ne nuo jos cheminės sudėties [10].

Atkuriamojoje odontologijoje spalvos ir optinės savybės vaidina svarbų vaidmenį užtikrinant paciento pasitenkinimą ir atkuriamąją sėkmę. Pagerėjus turimos keramikos mechaninėms

savybėms, dėmesys buvo skirtas optinėms savybėms, tokioms kaip spalva ir danties struktūra, buvo svarbiausias. „IPS e.Max CAD“ patenkina šiuos poreikius pateikdamas keletą atspalvių ir skaidrumų. „IPS e.Max CAD“ galima įsigyti standartiniais A – D atspalviais [13]. Keramikos medžiagos spalvą lemia dažiklio jonai, pasiskirstę matricoje. „IPS[™] e.Max CAD“ pirminius jonus sudaro V + 4 / V + 3 (mėlyna / geltona), Ce + 4 (geltona) ir Mn + 3 (ruda) [17]. Visos spalvotos kompozicijos tiekiamos „mėlynoje būsenoje“ degimo metu, dažantieji jonai, būtent vanadis, keičia savo oksidacijos būsenas, todėl pastebimai keičiasi spalva.



4 pav. E. max keramikos spalvos [13]

E. Max keramikoje yra ne tik daugybė spalvų, bet ir trijų skaidrumų, vidutinio neskaidrumo (MO), aukšto skaidrumo (HT) ir mažo skaidrumo (LT) lygių (žr. **4 pav.**) [13]. Šis kitimas pasiekiamas dėl medžiagos mikrostruktūros skirtumų. Abi kompozicijos turi vienodą kristalų kiekį, tačiau skiriasi kristalų dydžiu. HT keraminiai stiklo matricoje yra išsklaidyti $1,5 \times 0,8$ mm kristalai, tuo tarpu LT keramika turi mažesnius kristalus ($0,8 \times 0,2$ mm) didesnio tankio matricoje [13]. Pagaminus medžiagą, kurios ličio disilikato kristalinės fazės ir stiklinės fazės lūžio rodiklis turi panašų lūžio rodiklį, galima gauti labai permatomą medžiagos formulę. Medžiagos stiklinės ir kristalinės fazės sąsaja lemia medžiagoje pastebimas šviesos sklaidos savybes. Todėl padidinus medžiagos kristališkumą procentais, pagerės mechaninės savybės, nes sumažės medžiagos skaidrumas ir spalva [19].

Po e.Max išleidimo šiek tiek daugiau nei prieš dešimtmetį, daugelis tyrimų buvo sutelkti į klinikinių rekomendacijų ir medžiagos apribojimų nustatymą. Dėl tokio palyginti riboto laiko trūksta literatūros, kurioje būtų aptariamas ilgalaikis medžiagos išliekamumas ir rezultatai. Gamintojas ir kitos grupės paskelbė rekomendacijas ir klinikines gaires, į kurias reikia atsižvelgti naudojant medžiagą. Nuo išleidimo ličio disilikato diegimas ir indikacijų plėtra padidėjo. Iš pradžių ši medžiaga buvo rekomenduojama naudoti kaip estetinį karkasą, įdėklą ir dengiamąją medžiagą, kaip priekinę medžiagą [13]. 2016 m. gamintojas išleido atnaujintas indikacijas, kuriomis remiantis siūloma, kad IPS e.Max

galėtų būti naudojama kaip pagrindinė medžiaga, įklotams ir užklotams, dalinias ir pilniems vainikėliams, trijų vienetų fiksuotiems protezams. Kai kurie tyrimai patvirtino šias rekomendacijas siūlydami, kad „e.Max“ gali būti naudojamas ne tik kaip karkasas, bet ir monolitinėms karūnelėms, laminatėms ir fiksuotiems daliniams protezams gaminti [13]. 2013 m. Atliktas tyrimas nustatė, kad galinėje burnos dalyje esantys monolitiniai trijų vienetų dantų tiltai yra jautrūs jungčių apkrovai (1900 N). Tas pats tyrimas parodė, kad, atvirkščiai, dvisluoksniai dantų tiltai buvo jautrūs mažoms apkrovoms (699 N) [24]. Nuovargio bandymo tyrimas parodė, kad monolitinio ličio disilikato vainiko tūrinio lūžio slenkstį galima pasiekti esant 1100–1200 N jėgoms [21]. Viena įdomybių yra ta, kad 2016 m. gamintojo nuorodose rekomenduojama naudoti „IPS e.Max CAD“ minimaliai invaziniams vainikėliams (1 mm storio medžiagoms). Keli 1 mm storio savybių tyrimai rodo galimą komplikacijų riziką, kai naudojamas toks plonas restauravimas. Viename tyrime teigiama, kad padidėjus medžiagos storiui nuo 1,6 mm iki 1,8 mm, numatomos gedimo apkrovos gali padidėti nuo 1 400 N iki daugiau nei 2 000 N [15].

Klinikinių tyrimų metu buvo įrodyta, kad pavienių priekinių dantų atveju visos keraminės sistemos turi priimtina ilgaamžiškumą ir dilimo savybes. Pavienio vainikėlio estetika gali būti pagrindinis dalykas. „IPS e.Max CAD“ permatomumo savybės tiek HT, tiek LT kompozicijose leidžia nustatyti ribas, kurios susilieja su gretimais dantimis, efektyviai užmaskuodamos restauracijos kraštus [13].

E.max yra keramikos sistema, kurią sudaro ličio disilikato stiklas ir kvarcas, ličio dioksidas, fosforo oksidas, aliuminio oksido, kalio oksido ir mikroelementai. E.max keramikos protezai sparčiai populiarėja estetine odontologijoje dėl savo puikių estetinių savybių, ilgaamžiškumo ir tvirtumo. Emax sistema yra daugiausiai skirta gaminti vainikėliams ir priekinių dantų laminatėms [14].

Ličio disilikato keramika yra kelis kartus stipresnė už metalo keramikos ar bimetalės keramikos vainikėlius. Protezuojant šios rūšies vainikėliais, išgaunama estetika, tikslumas. Dėl fizinių ir estetinių e.max keramikos galimybių, dilimo koeficientas gali prilygti natūralaus danties emalio dilimui. Tai estetika ir tvirtumas viename.

Presuotos E.max keramikos privalumai:

- Ilgaamžis estetiškumas;
- Restauracijos tikslumas;
- Tvirtumas;
- Restauracijų ilgaamžiškumas;
- Aukštos estetinės savybės;

- Nelimpa apnašos;
- Tinka restauruoti pavienius dantis;
- Biosuderinamumas – burnos ertmėje nesukeliamos šalutinės reakcijos;
- Didesnis atsparumas lūžiams;
- Laikui bėgant spalva ir blizgesys nekinta [13].

Presuotos E.max keramikos trūkumai:

- Ličio disilikatas minkštesnis už emalį, todėl protezai kartais skyla;
- Negalima gaminti didesnių nei 3 vnt. tiltų.

Ličio disilikato keramika, arba e.max vainikėliai – ypatingai gero biologinio suderinamumo medžiaga, laidumu šviesai prilygstanti natūraliems dantis. Be dantų vainikėlių ant implantų, iš ličio disilikato gaminamos laminatės užklotai, pavieniai dantų vainikėliai. Tačiau tiltinių restauracijų gamybai ličio disilikatas netinka nes, būdamas labai tvirtas ir kietas, dantų tiltams būtų per trapus [16].

Nors skaitmeninių technologijų dėka patyręs odontologas gali atkurti prarastus dantis, idealiai tinkančius kiekvienu individualiu atveju, tačiau praktines dantų vainikėlių ant implantų savybes, ypač estetinę išvaizdą ir patvarumą, užtikrina ne maketas kompiuteryje, bet realūs dirbtiniai dantys burnoje. Todėl labai svarbu, iš kokių medžiagų dantų vainikėliai pagaminti. Kiekvienu skirtingu atveju privalu įvertinti paciento būklę ir parinkti individualiai jam tinkamiausią protezavimo būdą.

CAD/ CAM gamybos technologija

Odontologijoje nuo 1987 m. naudojama kompiuterinė projektavimo / kompiuterinė gamyba (CAD / CAM). Nuo to laiko buvo aprašyta daugybė CAD / CAM sistemų, leidžiančių gaminti dantų restauracijas. Šios restauracijos yra panašios kokybės kaip padarytos įprastais būdais, tačiau turi keletą specifinių pranašumų, tarp jų greitas gaminimas, mažesnis mokestis laboratorijai ir geresnė infekcijų kontrolė [9].

Kompiuterinio projektavimo / kompiuterinio apdirbimo (CAD / CAM) technologija sulaukė nemažo klinikinių ir mokslinių tyrimų susidomėjimo iš šiuolaikinių odontologų praktikų, kaip visų keraminių atstatymų priemonių. CEREC sistema siūlo CAD / CAM dantų technologiją, skirtą klinikinėms odontologų reikmėms, taip pat atskirą sistemą, skirtą dantų laboratorijų technikams. CEREC 3 sistema yra skirta naudoti dantų operacinėms reikmėms, o CEREC inLab, sistema yra skirta naudoti dantų laboratorijose. Nors abi sistemos remiasi panašia CAD / CAM technologija, esama keleto

reikšmingų skirtumų tarp naudojamų perdirbimo metodų, naudojamų restauravimo medžiagų ir teikiamų restauravimo būdų [8].

CAD / CAM sistemose naudojama proceso grandinė susideda iš skenavimo, projektavimo ir frezavimo fazes. Skenavimo įrenginio pagalba pateikiama dantų forma 3D formatu, kuris yra matomas kompiuteryje. Toliau, kompiuterio pagalba sukuriamas galinis produkto vaizdas. Tada vyksta frezavimo procesas ir atkuriamas dantis. Ši laboratorijos technika reikalauja dviejų apsilankymų.

Dantų keraminių medžiagų ir perdirbimo metodų, ypač CAD / CAM ir frezavimo technologijų, pažanga palengvino dantų keramikos kūrimą ir pritaikymą. CAD / CAM leidžia naudoti medžiagas, kurių negalima naudoti įprastomis dantų apdorojimo technologijomis. Griežtai kontroliuojamas pramoninis keramikos apdirbimas gali padidinti mikrostruktūros vienodumą, didesnę tankį, mažesnę poringumą ir mažesnius liekamuosius įtempius. Tokie patobulinimai gali pagerinti klinikinį nuspėjamumą [3]. CAD / CAM tapo šiek tiek cirkonio sinonimu, tačiau yra sistemų, galinčių apdirbti bet kokio tipo keramiką, t. y. stiklo keramiką, persipinančias (infiltratinės keramikos) medžiagas ir cirkonį [25].

Apibendrinant galima teigti, kad atkuriamojoje odontologijoje spalvos ir optinės savybės vaidina svarbų vaidmenį užtikrinant paciento pasitenkinimą ir atkuriamąją sėkmę. „IPS e.max“ presuota keramika yra ganėtinai nauja bemetalės keramikos rūšis, bet tarp pacientų jau tapusi paklausi, keičianti daugelį metų naudotą metalo keramiką. Laikui bėgant, dantų keramikos medžiagų ir perdirbimo metodų, ypač CAD / CAM ir frezavimo technologijų, pažanga palengvino dantų keramikos kūrimą ir pritaikymą. CAD / CAM leidžia naudoti medžiagas, kurių negalima naudoti įprastomis dantų apdorojimo technologijomis. Visos sudedamosios gamybos technologinės medžiagos padeda pagaminti tvirtas ir estetiškas dantų restauracijas, prie kurių puikiai adaptuojasi aplinkiniai audiniai. Ličio disilikato keramika yra kelis kartus stipresnė už metalo keramikos ar bemetalės keramikos vainikėlius, tačiau kiekvienu skirtingu atveju privalu įvertinti paciento būklę ir parinkti individualiai jam tinkamiausią protezavimo būdą.

2. TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI

Tyrimo charakteristika. Šiame darbe atsižvelgiant į numatytus tyrimo probleminius klausimus, tyrimui atlikti buvo pasirinkta lyginamoji atvejo analizė. Lyginamoji atvejo analizė, yra tinkama kaip pradinis metodas kai pradedama nagrinėti medžiagas apie kurias tyrėjas mažai žino. Šis tyrimo metodas buvo pasirinktas todėl, kad atvejo analizei naudojami įvairūs informacijos šaltiniai, kurių pagalba dantų technikui suteikiama galimybė gilinti žinias gaminant fiksuotus ličio disilikato ir cirkonio oksido keramikų vainikėlius. Kokybinis tyrimas atliktas 2020 m. vasario 2 – kovo mėn. 13 dienomis, likusiu laikotarpiu iki gegužės mėn. vidurio užbaigta literatūros analizė, apibandrinanti praktinio darbo rezultatus. Tyrimas vykdytas UAB „DV lab“ dantų technikų laboratorijoje. Norint užtikrinti visus etikos principus su šia laboratorija buvo pasirašyta praktinės užduoties atlikimo ir tyrimo leidimo dokumentai. Šio tyrimo metu siekta palyginti restauracijų iš ličio disilikato ir cirkonio oksido keramikų pagamintų dantų protezų gaminimo technologijas. Siekiant geriau atskleisti dantų protezų gamybos technologijų skirtumus ir estetines savybes tyrimui atlikti buvo pasirinkta viena klinikinė situacija.

Atvejo charakteristika. Į odontologijos kliniką kreipėsi 45-50 metų amžiaus pacientė, dėl 46 danties pažeidimo. Po apžiūros išsamiai išanalizavus ir įvertinus pacientės burnos ertmės situaciją, buvo suteikta konsultacija apie esamą situaciją ir sudarytas gydymo planas. Aptarus visas gydymo galimybes, gydytojas odontologas pacientei pasiūlė atlikti protezavimą fiksuota dantų restauracija cirkonio oksido karkaso pagrindu.

Darbo autorė, pasikonsultavusi su gydytoju odontologu, nusprendė pagaminti restauracijas iš presuoto ličio disilikato ir cirkonio oksido keramikų pagrindais, taip atliekant lyginamąją gamybos technologijų analizę.

Tyrimo metodų charakteristika. Atvejo analizės tyrimu buvo siekiama išsiaiškinti:

1. Kokia gamybos technologija taikoma gaminant restauracijas iš presuoto ličiodisilikato keramikos?
2. Kokia gamybos technologija taikoma gaminant restauracijas iš cirkonio oksido keramikos?

Tyrimo metu surinkta informacija apibendrinta šio baigiamojo darbo trečioje dalyje.

3. TYRIMO REZULTATAI

3.1. Restauracijos gamyba iš presuoto ličiodisilikato keramikos

Į dantų technikų laboratoriją buvo gauti viršutinio žandikaulio alginatinis atspaudas ir apatinio žandikaulio silikoninis atspaudas, visi atspaudai buvo gauti sandariai supakuoti plastikiniame maišelyje ir dizenfikuoti. Kartu su atsaudais buvo gautas užsakymo lapelis, kuriame buvo surašyta būsimos dantų restauracijos spalva, medžiaga iš kurios ji bus gaminama, dezinfekavimo data bei paciento identifikavimo kodas ir vardas.

Išardomo ir antagonistinio modelio gamyba. Pirmiausia atspaudai išimami iš transportavimo maišelio, nuplaunama po tekančiu vandeniu, pakartotinai dezinfekuojami, tada atspaudai įvertinami ar yra tinkami būsimos dantų restauracijos gamybai.

Prieš liejamas antagonistinį modelį, iš atspaudu pučiant orą pašalinami vandens likučiai, tai daroma atsargiai ne stipria oro srove, kad nebūtų sugadintas alginatinis atspaudas. Modelio gamybai naudojamas III klasės („HERA MOLDANO blau“) mėlynos spalvos gipsas, nes modelį iš alginatinio atspaudu svarbu išlieti kuo skubiau, kadangi alginatinė masė džiūdama susitraukia. Gaminant modelį naudojama 200 g gipso ir 40 ml vandens. Į guminių indą pilamas vanduo po to beriamas gipsas, viskas gerai išmaišoma su gipso maišymo mentele. Modelis pradedamas lieti nuo krūminių dantų, silpna srovele pilant gipsą į atspaudu paviršių, gipso liejimas atliekamas uždėjus atspaudą ant vibro staliuko. Kai gipsas atspaudu sustingsta, maždaug po 30 min., pagal gamintojo rekomendacijas, išlietas modelis iš atspaudu atidalinamas ir su trimeriu lyginami gipsinio modelio kraštai, gipso peiliuku nuimama nuo modelio paviršiaus susidariusios poros.

Gaminant darbinį išardomą modelį pirmiausia pučiant orą iš atspaudu pašalinamas likęs vanduo, nuo atspaudu nupjaustomas silikono perteklius, ant metalinio padelio dedamas silikoninis atsaudas ir pritvirtinamas su laboratoriniu plastelinu („Giroform putty“) prie padelio, kad nejudėtų (žr. **5 pav.**). Tuomet metalinis padelis su silikoniniu atspaudu dedamas ant („Giroform“) gręžimo staklių ir su grąžtu ant plastikinio padelio išgręžiamos skylutės į kurias vėliau įstatomi pinai. Tuomet atspaudas liejamas iš IV klasės („HERA MOLDANO gelb“) rudos spalvos gipso, naudojama vakuminis maišymo aparatas. Į plastikinį indelį pilama 100 g gipso ir 21 g distiliuoto vandens, maišoma 1min. vakuminiame maišymo aparate.



5 pav. Atpaudas priklijuotas su laboratoriniu plastelinu prie metalinio padelio

Modelio liejimui naudojamas vibro staliukas, mentelė ir pradedama lieti nuo krūminių dantų. Gipsas lėtai pilamas į silikoninį atspaudą, kad ant gipsinio modelio paviršiaus nesusidarytų oro burbulai. Kai baigiama lieti gipsą, ant atspaudo viršaus uždedamas plastikinis padelis su pinais. Modelis atidalinamas po 30 min.. Plastikinis padelis nuo gipso atskiriamas ir su trimeriu lyginamas gipso perteklius nuo modelio šonų, išrenkamos susidariusios poros. Kai modelis atidalintas ir apdailintas trimeriu, tada modelio dalys pjaustomas su deimantiniu disku, frezomis šlifuojama kulties preparacijos riba (žr. **6 pav.**). Tam, kad būtų kuo tikslesnės kulties preparacijos ribos naudojamas mikroskopas.



6 pav. Išardomas modelis

Pagaminus išardomą modelį ir suformavus kulties laiptelį, nupreparuotą kultį tepame „Yeti dental” gipso sukietintoju (žr. **7 pav.**) ir plonai lakuojame „Yeti dental” kompensaciniu laku (žr.

8 pav.) Laką tepame 1 mm iki kulties preparacijos krašto, izoliuojame izoliantu „Picosep“, kad modeliavimo metu vaškinis gaubtuvėlis lengvai atsiskirtų nuo modelio.



7 pav. Gipso sukietintojas

8 pav. Kompensacinis lakas

Begrafičiu pieštuku darbo autorė pažymėjo kulties preparacijos ribą ir kultį panardino į vaško vonelę. Vaško vonelė buvo įkaitinta iki 92° C laipsnių, kad panardinta kultis tolygiai pasidegtų vašku (žr. **9 pav.**).



9 pav. Gipsinė kultis su vaškiniu gaubtuvėliu

Modeliavimo vašku („Renfert“) bei termomatu buvo išmodeliuota 36 danties pilna anatominė forma (žr. **10 pav.**). Modeliuojant būsimą dantų protezą atkreipiamas dėmesys į CO, šoninius kontaktus su gretimais dantimis bei dantų kelių išvedimą šoninio ir priekinio judesio metu.



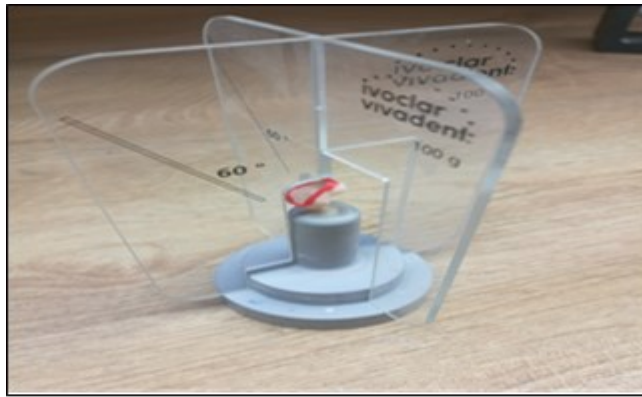
10 pav. Vaškinis dantų vainikėlis

Baigus modeliuoti pilną anatinę danties formą su aštriu skalpeliu iki preparacijos ribos likus 1mm nupjaunamas vaškas ir iš priekaklelinio („Renfert GEO Crowax”) raudonos spalvos vaško modeliuojama vainikėlio riba, tam, kad ji būtų ne tik tikslesnė bet ir tvirtesnė. Norint išgauti maksimalų tikslumą, preparacijos ir vaško ribai tikslinti taip pat naudojamas mikroskopas(žr. **11 pav.**).



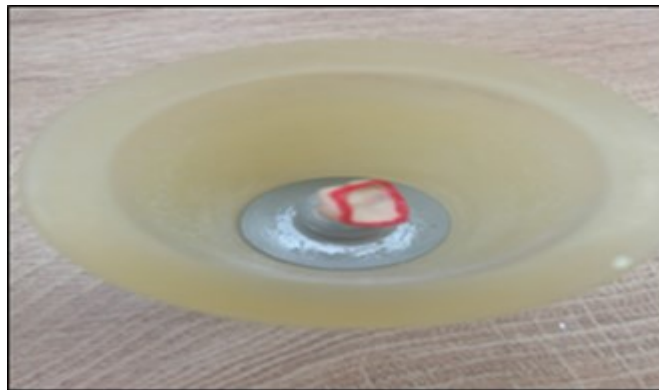
11 pav. Išmodeliuota vaškinė konstrukcija

Atlikus visus modeliavimo žingsnius pradėdame pasiruošimus konstrukcijos pakavimui prieš presavimo etapą. Prie išmodeliuoto vaškinio vainikėlio pritvirtinamas 3 mm storio ir 8 mm ilgio vaškinis lietus. Kai vainikėliui pabaigiama formuoti liečių sistema, ~~šifuoti~~ visa konstrukcija pasverinama ant svarstyklių ir pritvirtinama prie pakavimo žiedo padelio, vainikėlis turi būti pakrypęs 60° laipsnių kampu ir pritvirtintas pakavimo žiedo centre. Ant pakavimo žiedo padelio pritvirtinama vaškinė konstrukcija, prie jos dedama speciali matavimo liniuotė („Ivoclar Vivadent”) ir patikrinama ar vaškinio vainikėlio pozicija pakavimo žiede yra teisingai suformuota (žr. **12 pav.**).



12 pav. Vaškinės konstrukcijos padėties patikrinimas

Atlikus visus pamatavimus ir įsitikinus, kad vaškinė dantų protezo konstrukcija teisingai pritvirtinta pakavimo žiede (žr. **13 pav.**), tuomet konstrukcija užpakuojama.



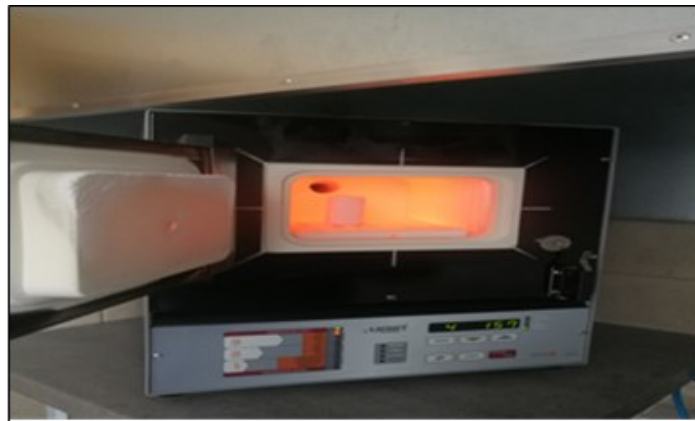
13 pav. Vaškinė konstrukcija paruošta pakavimui

Pakavimui naudojama („CS Pressceramic“) pakavimo masė ir („CS Pressceramic Concentrate“) skystis. Pagal gamintojo reikalavimus naudojama: 100g pakavimo masės miltelių, 12ml pakavimo skysčio ir 12 ml distiliuoto vandens. Į plastikinį indą pirmiausia pilame pakavimo skystį su distiliuotu vandeniu ir tuomet beriamė pakavimo masę, maišome vakuuminiame maišymo aparate 3 min.. Tada pakavimo žiedą dedame ant vibro staliuko, naudojame labai silpną vibraciją, pilame pakavimo masę į žiedą ir paliekame stingti 30 min. (žr. **14 pav.**).



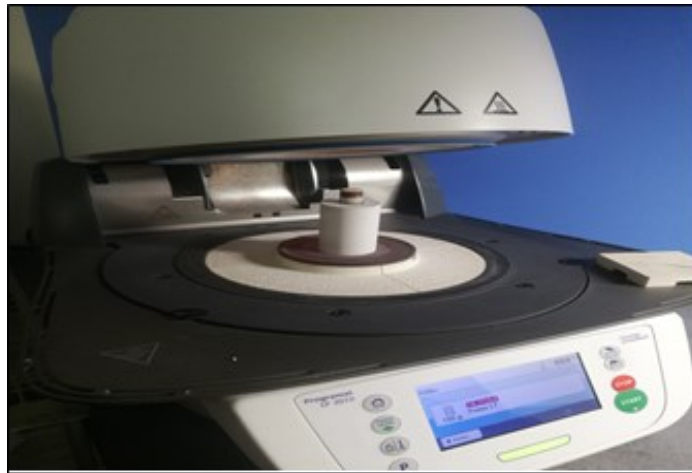
14 pav. Užpakuota vaškinė konstrukcija

Kol vaškinė konstrukcija stingsta, įjungiamo mufelinę krosnį ir įkaitiname ją iki 850 C°. Sukietėjus pakavimo masei nuimame pakavimo žiedą ir padelį, gipso peiliuku nuimame aštrius pakavimo masės kampus ir dedame į mufelinę krosnį, kaitiname 60min. (žr. **15 pav.**).



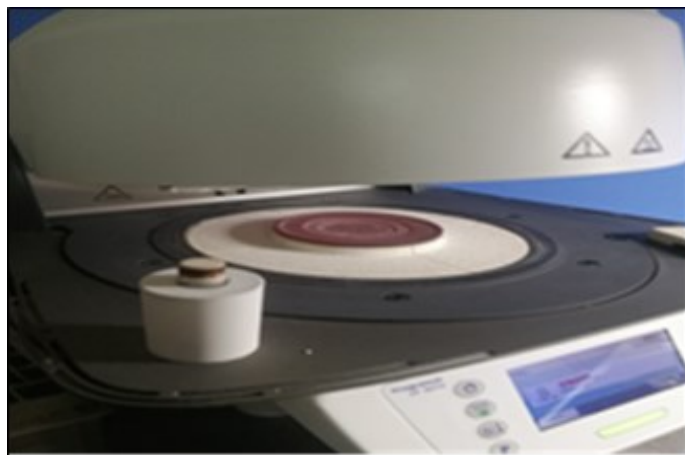
15 pav. Užpakuotas žiedas krosnyje

Pasibaigus vaško iškaitinimui žiedą išimame iš mufelinės krosnies ir į užpakuotos konstrukcijos ertmę dedame „e. max Press“ LT A3 spalvos tabletes, bei specialų stumoklį, kurį prieš tai ištepame izoliantu, kad pabaigus presavimą jis lengviau atsiskirtų nuo pakavimo masės. Viską dedame į „Ivoclar Vivadent“ krosnį (žr. **16 pav.**), pasirenkame presavimo programą, kaitinama 15 min. ir presuojama 2 min..



16 pav. Žiedas presavimo krosnyje

Paibaigus presavimui palaukiama kol pakavimo žiedas pilnai atvės (žr. **17 pav.**) nes tik tada bus galima atlikti kitus veiksmus.



17 pav. Pakavimo žiedas po presavimo

Žiedas perpjaunamas ties vieta kur baigiasi stūmoklis. Smeliuojama smėliasraute grubiu smėliu, naudojamas 4 atmosferų slėgis pakavimo masei nusmėliuoti. Kai pasiekiamas restauracija naudojama 50 μm smėlis ir 1-2 atmosferų slėgis (žr. **18 pav.**).



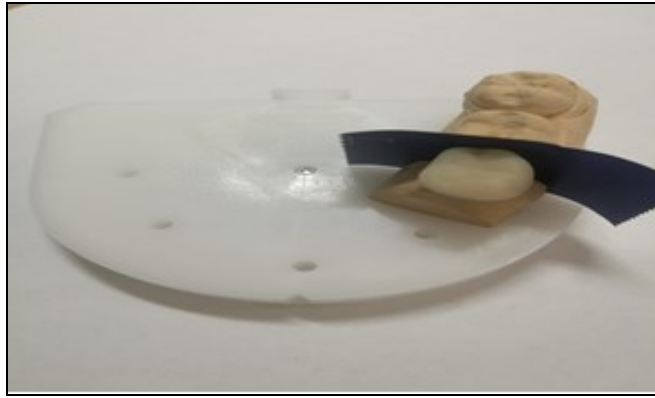
18 pav. Nusmėliuota restauracija po presavimo

Nusmėliuota restauracija dedama į rūgštį „Ivoclar Vivadent Press invex liquid“ ir ultragarsinę vonelę 30 min., kad likusi pakavimo masė lengviau nusivalytų (žr. **19 pav.**), tada išimame restauraciją ir nuplauname po tekančiu vandeniu, pašalinami nešvarumai.



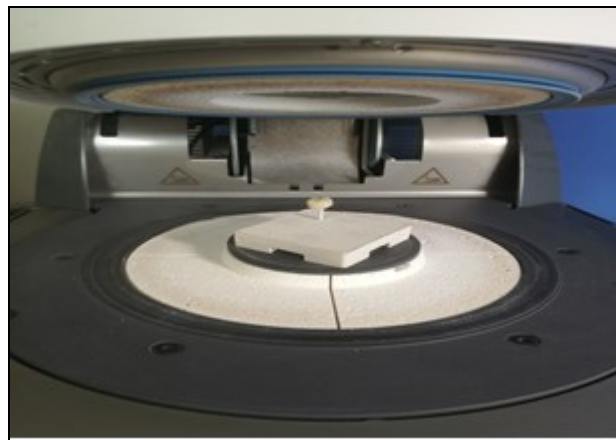
19 pav. Restauracija rūgštyje ultragarsinėje vonelėje

Nupjaunamas lietus su diskeliu „Magic disc“, pjaunama lėtai ir aušinama restauracija pamerkiant į vandenį, kad neperkaistų. Restauracija pradedama taikyti prie paruoštos kulties, naudojama speciali žalios spalvos kalkė „Okkluchek“, kuri purškama į vainikėlio vidų, tada dedama ant paruoštos kulties ir vietas kur kalkė „žymi“ atlaisviname, tam naudojamos deimantinės frezos ir turbininis variklis. Pritaikius vainikėlį prie gipso kulties tikrinamas kontaktas tarp šoninių dantų, šiam tikslui naudojama plona 12 μm folijos kalkė, jos pagalba tikriname tik vieną kontaktą, kitas išimamas (žr. **20 pav.**). Tikrinama okliuzija, ploninamos ir suvedamos iki nulio ribos, naudojama deimantinės frezos ir turbininis variklis.



20 pav. Tikrinamas restauracijos šoninis kontaktas

Ličio disilikato vainikėlio dažymas bei individualizavimas. Pirmiausia vainikėlis lyginamas su pilkos spalvos guminiu polyrū, smėliuojama 50 μm smėliu, nupučiama su garais, kad paviršius būtų švarus. Ant stiklinio padėkliuko sumaišome glazūros miltelius „Ivocolor Glaze Powder“ ir skystą „Ivoclar Vivodent“, gautą masę plonai, su teptuku tepame ant vainikėlio paviršiaus, o į vainikėlio vidų įšvirkščiame „anaxfix“ tvirtinimo masės ir dedame degti į krosnį 770 C° temperatūroje, naudojame tokią pat degimo programą, kaip ir glazūruojant cirkonio oksido restauraciją, degimas atliekamas 15 min. (žr. **21 pav.**).



21 pav. Restauracija degimo krosnyje

Atliekamas vainikėlio paviršiaus dažymas. Pirmiausia paryškinamas kaklelis ruda spalva, kad atitiktų šiuo atveju A3 „Vita“ spalvų rakto spalvą (žr. **22 pav.**), tamsinamos vagelės, o gumburų viršūnės dažomos melsva spalva, kad restauracija įgautų „gyvumo“, kadangi restauracija iš šios medžiagos yra vienspalvė ir reikalauja daugiau kruopštumo norint, kad pagaminta restauracija būtų kuo panašesnė į natūralius dantis. Degama 770° C degimo krosnyje.



22 pav. Vainikėlis ir „Vita“ spalvų raktas

Trečiu degimu glazūruojame, dar kartą dažome ir vėl degama toje pačioje temperatūroje. Ketvirtam degimui tepama glazūra ir degama 770 ° C temperatūroje. Baigę dažymą ir glazūravimą vainikėlio vidų smėliuojame 50 μm smėliu, tam, kad pašalintume glazūrą ar dažus iš vainikėlio vidaus ir suformuotume geresnę retenciją būsimam cementui, poliruojiama su poliravimo pasta, dar kartą patikrinami kontaktai su gretimais dantimis, preparacijos ribos bei okliuzija, tuomet vainikėlis nupučiamamas garais, dezinfekuojamas, supakuojamas į sandarų maišelį, užpildomas užsakymo lapelis ir atliktas darbas atiduodamas gydytojui odontologui, kad pamatuotų paciento burnoje (žr. **23 pav.**).



23 pav. Pagamintas ličio disilikato keramikos vainikėlis

Išanalizavus dantų techniko veiklą, gaminant restauraciją ličio disilikato pagrindu galima teigti, kad vainikėlio gamybos metu prieš modeliuojant vaškinį vainikėlį būtina tinkamai paruošti gipsinį išardomo modelio fragmentą-šampuką, modeliavimo metu labai svarbu išlaikyti tinkamą vaškinės konstrukcijos storį ir tiksliai išmodeliuoti vaškinio vainikėlio ribas. Šis gaminimo būdas

reikalauja ne tik gerų manualinių gebėjimų, bet ir daugiau laiko nei gaminant kompiuterizuotu gamybos būdu. Taip pat svarbu laikytis visų technologinių reikalavimų, parinkti tinkamas medžiagas, jų proporcijas, kad ne tik po presavimo, bet ir kitų gamybos etapų gautųsi tinkamas gaminys.

3.2. Restauracijos gamyba iš cirkonio oksido keramikos

Darbo autorė darbinio ir antagonistinio modelių liejimui naudojo tas pačias medžiagas ir priemones kaip ir gaminant modelius ličio disilikato dantų restauracijai. Kai išardomas modelis buvo išlietas iš gipso, atidalintas, jis padalintas su deimantiniu disku į išardomas dalis, preparacijos krašto riba nušlifluota su freza naudojant mikroskopą, poros kurios susidarė liejant gipsą yra užtaisytos su vašku „Circon eye“ (žr. **24 pav.**) kuris neturi blizgesio.



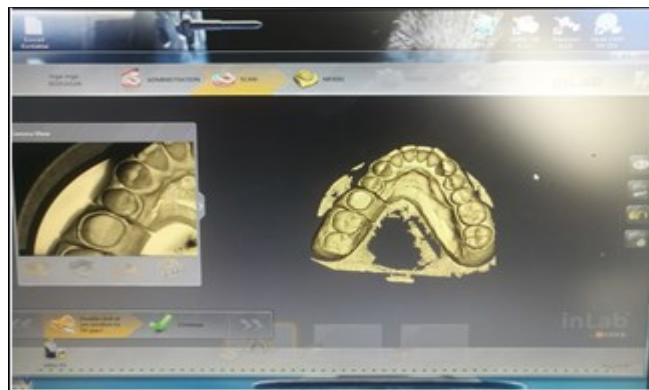
24 pav. Modeliavimo vaškas skenavimui

Pradedamas viršutinio ir apatinio žandikaulių modelių skenavimas. Atidaroma kompiuterinė skenavimo programa „In Lab“, užpildomi reikiami duomenys, pasirenkamas būsimo dantų protezo tipas, medžiaga, pažymimas skenuojamas dantis, kontaktiniai dantys ir dantys antagonistai (žr. **25 pav.**).



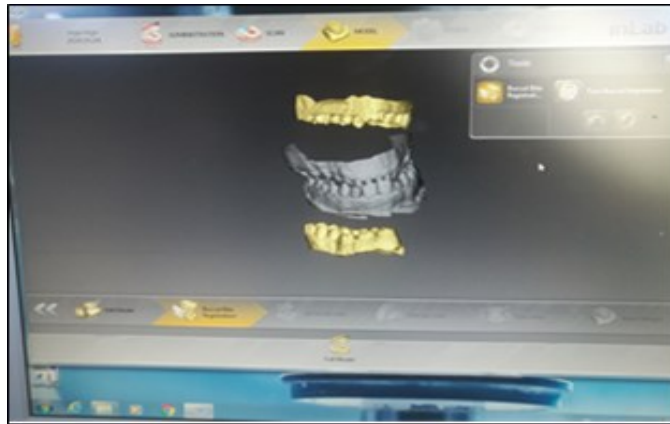
25 pav. Užpildomi pagrindiniai duomenys „In Lab“ programoje

Užpildžius visus reikiamus duomenis spaudžiame mygtuką „Save“ ir paspaudžiame mygtuką „scan“ pradėdami skenuoti modelius. Pirmiausia pradėdami skenuoti nuo viršutinio žandikaulio modelio, pabaigus skenavimą spaudžiame „OK“. Viską kartojame skenuojant apatinio žandikaulio modelį, nuimame išardomo modelio dalis, paliekame tik šampuką su preparuota kultimi ir dar kartą skenuojame apatinio žandikaulio 36 danties nupreparuotą kultį, kad skenuoti duomenys būtų tikslesni, kadangi ant jos bus modeliuojama restauracija (žr. **26 pav.**).



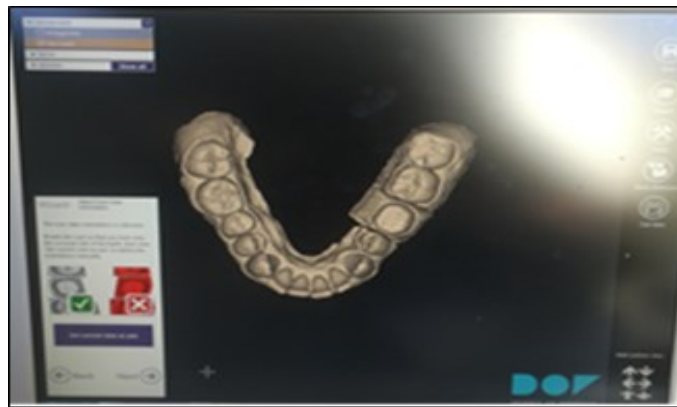
26 pav. Nuskenutas apatinio žandikaulio modelis

Kai nuskenuojami abu žandikauliai, tuomet skenuojama kartu sudėti modeliai centrinėje okliuzijoje. Po skenavimo turi būti aiškiai matomi visi dantys ir ypač preparacijos riba. Jei nuskenuota gerai spaudžiame „OK“. Toliau pabaigus skenavimą spaudžiame „Buccal Bite Registration“ kompiuterinė programa apdoroja nuskenuotą informaciją ir modelius sudeda centrinėje okliuzijoje (žr. **27 pav.**).



27 pav. Nuskenuoti modeliai

Sekančiu žingsniu, atidarome kitą programą CAD, spaudžiame laukelį „New“ ir parašome techniko vardą, pacientą, gydytoją, pažymime būsimą dantų protezo vietą, tipą, iš kokios medžiagos bus gaminama dantų restauracija ir parsisiunčiame nuskanuotus modelius iš „In Lab“ programos, naudojame „Transport“ nuorodą, tuomet spaudžiame „Design“ nuorodą ir pradame modeliuoti dantų vainikėlį (žr. **28 pav.**).



28 pav. Dantų vainikėlio modeliavimas

Pasirinkta programa pažymima preparuotos kulties riba, programa automatiškai pažymi liniją ir patikriname ar tiksliai pažymėta, jei reikia riba koreguojama (žr. **29 pav.**).



29 Pav. Nustatoma kulties preparacijos riba

Kitu žingsniu yra nustatomos kompensacinės, minimalios vietos matmenys (žr. **30 pav.**).



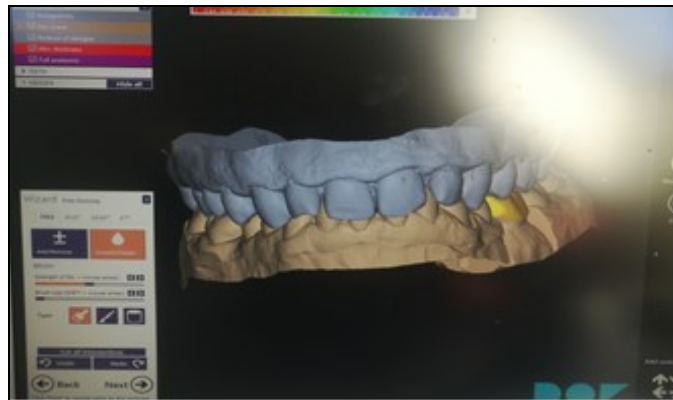
30 pav. Žymimi vainikėlio parametrai

Pradedama modeliuoti dantų vainikėlį. CAD sistema iš savo bibliotekos parenka 36 danties anatominę formą, kuri koregiuojama pagal kreives, okliuziją, centrinę vagelių liniją, apatinio žandikaulio kontaktinių dantų poziciją (žr. **31 pav.**). Kai, protezo konstrukcija stovi teisingoje pozicijoje, spaudžiama nuoroda „next“, vainikėlis automatiškai pritaikomas prie kulties preparacijos ribos.



31 pav. Parenkama vainikėlio pozicija

Vainikėlis modeliuojamas kompiuterinėje programoje pagal gretimus, burnoje esančius dantis, stengiantis, kad dantų protezas būtų kuo panašesnis į šalia esančius dantis, neišlystų iš dantų lanko, gretimų dantų kontaktas turi būti pakankamai tamprus, suformuota teisinga okliuzija (žr. **32 pav.**).



32 pav. Dantų vainikėlio modeliavimas

Kai vainikėlis pabaigiamas modeliuoti, failai su skenuotais dantimis ir išmodeliuotu vainikėliu siunčiami elektroniniu paštu į frezavimo laboratoriją, pridedama informacija apie parinktą gamybai spalvą A3, dantų vainikėlio tipą, taip pat nurodoma iš kokios medžiagos bus vainikėlis frezuojamas ir su visa pateikta informacija laiškas išsiunčiamas.

Pradedama taikyti cirkonio oksido vainikėlį prie paruoštos kulties. Imama speciali žalios spalvos „Okkluchek“ kalkė, kuri purškama į vainikėlio vidų, tada dedama ant paruoštos kulties ir vietas kur kalkė „žymi“ atlaisviname, tam naudojamos deimantinės frezos ir turbininis variklis. Pritaikius vainikėlį prie gipso kulties tikrinamas kontaktas tarp šoninių dantų, šiam reikalui naudojama

plona 12 μm folijos kalkė, jos pagalba tikriname tik vieną kontaktą kitas išimamas. Tikrinama okliuzija, ploninamos ir suvedamos iki nulio ribos, naudojama deimantinės frezos ir turbininis variklis (žr. **33 pav.**).



33 pav. Vainikėlio taikymui naudoti įrankiai

Cirkonio oksido vainikėlio dažymas bei individualizavimas. Pirmiausia vainikėlis lyginamas su mėlynos spalvos guminiu polyru, smėliuojama 50 μm smėliu, nupučiama su garais, kad paviršius būtų švarus. Ant stiklinio padėkliuko sumaišome glazūros miltelius „Ivocolor Glaze Powder“ ir skystį „Ivoclar Vivodent“, gautą masę plonai, su teptuku tepame ant vainikėlio paviršiaus, o į vainikėlio vidų įšvirkščiame „anaxfix“ tvirtinimo masės ir dedame degti į krosnį 770 Co temperatūroje, degimas atliekamas 15 min. (žr. **34 pav.**).



34 pav. Vainikėlio glazūravimui naudotos priemonės

Antru degimu vainikėlis dažomas, naudojamas „Vita“ spalvų raktas, kuriuo patikriname spalvos tinkamumą ir naudojama tokia pati degimo programa (žr. **35 pav.**). Kitais degimais spalva dar koreguojama, kol atitinka A3 spalvą, degama krosnyje 770 C^o temperatūroje, galiausiai glazūruojama

kol vainikėlio paviršius tampa lygus. Baigę dažymą ir glazūravimą vainikėlio vidų smėliuojame 50 μm smėliu, tam, kad pašalintume glazūrą ar dažus iš vainikėlio vidaus ir suformuotume geresnę retenciją būsimam cementui.



35 pav. Dažai vainikėliui dažyti ir „Vita“ spalvų raktas

Pabaigus dažyti ir glazūruoti vainikėlį dar kartą patikrinamos preparacijos ribos, šoninių dantų kontaktas, okliuzija. Vainikėlis purškiamas garais, dezinfekuojamas, dedamas į sandarų maišelį, užpildomas užsakymo lapelis ir atiduodama gydytojui odontologui, kad pamatuotų paciento burnoje (žr. **36 pav.**).



36 pav. Pagamintas cirkonio oksido keramikos vainikėlis

Išanalizavus dantų techniko veiklą, gaminant restauraciją cirkonio oksido karkaso pagrindu, galima teigti, kad visi gamybos etapai yra greičiau atliekami dėka kompiuterizuotos CAD/CAM sistemos. Modeliuojant kompiuterinėje sistemoje dantų vainikėlį, tai užima daug mažiau laiko, nei tai atliekant rankomi, nes nereikia tiek manualinių gebėjimų ir įgūdžių. Tiek skenavimas, tiek konstrukcijos projektavimas ir jos frezavimas atliekami gana greitai, tai sutaupo pakankamai nemažai darbo laiko. Tačiau ši technologija reikalauja daugiau brangios įrangos yra didesni gamybos kaštai.

4. TYRIMO REZULTATŲ APTARIMAS

Gaminant restauracijas ličio disilikato ir cirkonio oksido karkaso pagrindu buvo lieti viršutinio žandikaulio – pagalbinių modelių ir apatinio žandikaulio – darbiniai modeliai. Gaminant apatinio žandikaulio išardomą modelį, su deimantiniu disku išpjauti šampukai, ties kulties preparacijos riba šlifuoti su freza, darbo metu naudotas mikroskopas kulties preparacijos ribai tikslinti.

Ličio disilikato vainikėlio gamybai, konstrukcija buvo modeliuojama vašku, tai užėmė daugiau laiko, kadangi gipsines kultis prieš tai dar reikėjo sukietinti su gipso kietintoju, padengti kompensaciniu laku, jas izoliuoti ir panardinti į vaško vonelę vaško gaubtuvėlio formavimui. Vėliau atliktas leičių sustatymas, pakavimas, vaško iškaitinimas ir presavimas presavimo krosnyje. Taikant ličio disilikato vainikėlių prie darbinio modelio buvo nupjaunami liečiai, atliekamas smėliavimas, nuo darbinio modelio gipsinių kulčių nuvalomas kompensacinis lakas, tada vainikėlis taikomas prie darbinio modelio. Pritaikytas ličio disilikato vainikėlis lyginamas su polyras, dažomas bei glazūruojamas. Šis gamybos būdas turi mažesnius gamybos kaštus, nereikia brangios įrangos vainikėliui pagaminti, nes didžiąją darbo dalį atlieka dantų technikas, o tai nereikalauja didelių materialinių sąnaudų.

Būsimam cirkonio oksido vainikėliui gaminti, darbinis ir antagonistinis modeliai buvo nuskuoti ir perkelti į kompiuterinę programą. Modeliuojant būsimą cirkonio oksido vainikėlių, gipsinių šampukų ribų formavimui pasirinktas minimalus leidžiamas jo ribų storis. Naudojant kompiuterinės programos turimą dantų formų biblioteką, buvo parinkta būsimos dantų vainikėlio forma ir pritaikyta prie esamos preparacijos paviršiaus. Gauti duomenys vėliau išsiųsti į kitą laboratoriją gaminio frezavimui. Kadangi iš cirkonio keramikos gaminamas vainikėlis buvo frezuojamas kitoje laboratorijoje, po frezavimo ten buvo atliktas sinterizavimas, kuris kiek prailgino gamybos laiką, bet jo metu išfrezuotas karkasas įgavo ne tik galutinę formą, tvirtumą, bet ir spalvą. Išfrezuotas cirkonio oksido vainikėlis buvo pritaikomas prie paruoštos kulties, lyginamas, naudojant polyrus, po to atliekamas cirkonio oksido vainikėlio paviršiaus dažymas bei glazūravimas. Vienas iš gamybos trūkumų yra brangi įranga ir cirkonio oksido blokai, didesnės elektros sąnaudos, ilgas frezavimo bei sinterizavimo laikas.

Tarpusavyje palyginus ličio disilikato ir cirkonio oksido pagrindu pagamintas restauracijas galima pastebėti, kad ličio disilikato dantų restauracija yra šiek tiek skaidresnė nei pagaminta iš cirkonio oksido keramikos.

IŽVALGOS

1. Ličio disilikato keramikos presavimo technologija reikalauja didelio kruopštumo gamyboje. Pirmiausia atliekamas tikslus konstrukcijos anatominių formų modeliavimas vašku, nuo to priklauso galutinis protezo rezultatas. Vėliau atliekamas liečių sistemos formavimas ir konstrukcijų pakavimas, vaško iškaitinimas, restauracijų presavimas iš bemetalės keramikos, taikymas ant gipsinio modelio bei paviršiaus individualizavimas dažais ir glazūra. Labai svarbu laikytis gamybos technologinių reikalavimų, instrukcijose nustatyto darbo laiko, naudoti tikslų medžiagų santykį, gerai žinoti restauracijų indikacijas ir kontraindikacijas.

2. Vainikėlio gamyba atliekama kompiuterizuota programa. Skenavimo įrenginiu atliekamas anatominių paviršių nuskaitymas, kompiuterio programoje nustatomi būsimi dantų restauracijos parametrai, suformuojamos tikslios kulties preparacijos ribos, karkaso storis, forma. Gauti duomenys perduodami į frezavimo įrenginį, kur atliekamas restauracijos frezavimas iš cirkonio oksido bloko, vėliau atliekamas sinterizavimas, kur restauracija galutinai yra sukietinama, įgauna tvirtumą, galutinę savo formą ir spalvą. Galutiniu gamybos etapu restauracijai atliekamas individualizavimas dažais ir glazūra.

PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS

Rekomendacijos skirtos dantų technikams ir studentams

1. Ličio disilikato dantų protezų gamyboje, modeliuojant vaškinį dantų vainikėlį, svarbu išlaikyti tinkamą vaško storį bei išmodeliuoti tiksliai ribas.
2. Liejimo kokybei įtakos gali turėti vaškinės konstrukcijos pozicija bei vaškinio vainikėlio pasvyrimo kampas pakavimo žiede, taip pat įtakos gali turėti pakavimo masės užpylimo greitis, todėl masę į formą reikia pilti plona srovele, kad vaškinė konstrukcija būtų užpilama lėtai, nesuformuojant viduje oro tarpų.
3. Prieš pradėdant pritaikyti ličio disilikato vainikėlį būtina atsargiai nustumti paviršius ir neskubant nupjauti lietus, kad nesugadintume išpresuoto vainikėlio.
4. Kompiuterizuotoje programoje skenuojant modelius, svarbu ypač tiksliai nuskenuoti paruoštą kultį ant kurios virtualiai bus modeliuojama būsima dantų retauracija, pažymėta kulties laiptelio riba, tai atlikti reikia labai atidžiai tam, kad būsima cirkonio oksido vainikėlis kuo tiksliau atitiktų gipsinės kulties laiptelio kraštą.

LITERATŪRA

1. Adair P.J.. Dental Ceramics: Part II - Recent advances in dental ceramics. [cited 2020.04.01]. Available from Internet: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Dental-Ceramics%3A-Part-II-Recent-Advances-in-Dental-Datla-Alla/fafc3ccf94dfe3b6a653bbd898c4766524b6d56c>>.
2. Arango SS, Vargas AP, Escobar JS, Monteiro FJ, Restrepo LF. Year 77. Nro. 163. Medellin: Dyna; 2010. Ceramics for dental restorations -An Introduction; p. 2636.
3. Belkevičius A., Stoškienė A., Keraminių restauracijų gamyba naudojant CAD/CAM sistemą. Odontologų rūmų žinios. Leidimo metai: 2018. 06 nr. 2. [žiūrėta 2019.12.22]. Internetinė prieiga: <https://odontologurumai.lt/files/zinios/ORZ_2018_05_web.pdf>.
4. Curr Health Sci J. - Zirconia Use in Dentistry - Manufacturing and Properties. [cited 2019.12.23] Available from Internet: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6592671/>>.
5. Datla S.R., Alla R.K., Alluri V.R, Konakanchi J.B. P, A.. Dental ceramics: Part II C recent advances in dental ceramics. Am J Mater Eng Technol, 3 (2015), pp. 19-26,
6. Denry I., Holloway J. Ceramics for dental applications: a review. [cited 2020.03.29]. Available from Internet: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5525170/>>.
7. Etman M. K.. Non-Metallic Biomaterials for Tooth Repair and Replacement. [cited 2020.03.29]. Available from Internet: <<https://doi.org/10.1533/9780857096432.2.161>>.
8. Fasbinder D. J.. CAD/CAM Ceramic Restorations in the Operatory and Laboratory. [cited 2020.03.25]. Available from Internet: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14692164/>>.
9. Freedman M., Quinn F., O'Sullivan M.. Single Unit CAD/CAM Restorations: A Literature Review. [cited 2020-03.25]. Available from Internet: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17396765/>>.
10. Goujat A., Abouelleil H., Colon P., Jeannin C., Pradelle N., Seux D., et al. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. J Prosthet Dent (2017).
11. Guazzato M., Albakry M., Ringer S.P., Swain M.V., Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. part i. pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. Dent Mater, 20 (2004), pp. 441-448.
12. Ho G. W., Matinlinna J. P.. Insights on Ceramics as Dental Materials. Part I: Ceramic material types in dentistry. [cited 2020.03.29]. Available from Internet: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs12633-011-9078-7.pdf>>.

13. Ivoclar Vivadent scientific documentaion IPS E.MAX CAD Liechtenstein. [cited 2016.12.15]. Available from Internet: <<https://www.ivoclarvivadent.com/es/p/todos/productos/ceramica-sin-metal/ips-emax-system-tecnico-dental>>.
14. Kas yra E.Max sistema. [žiūrėta 2020.01.14]. Prieiga internetu: <<http://lt.zotiontechsa.com/info/what-is-the-emax-29408546.html>>.
15. Kelly J. R., Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J*, 56 (2011), pp. 84-96.
16. Keraminių vainikėlių tipai. [žiūrėta 2020.01.13]. Prieiga internetu: <<http://lt.zotiontechsa.com/info/all-ceramic-dental-crowns-31773309.html>>.
17. Li R.W., Chow T.W., Matinlinna J.P. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res*, 58 (2014), pp. 208-216.
18. Lien W., Roberts H.W., Platt J.A., Vandewalle K.S., Hill T.J., Chu T.M. Microstructural evolution and physical behavior of a lithium disilicate glass-ceramic. *Dent Mater*, 31 (2015), pp. 928-940.
19. Luo X.P., Zhang L. Effect of veneering techniques on color and translucency of Y-TZP *J Prosthodont*, 19 (2010), pp. 465-470.
20. Matinlinna J.P.. 5 - Processing and bonding of dental ceramics [cited.2020-03.29]. Available from Internet: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857092441500057?via%3Dihub>>.
21. Pieger S., Salman A, Bidra A. S.. Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses: a systematic review. *J Prosthet Dent*, 112 (2014), pp. 22-30.
22. Rizkalla AS, Jones DW. Mechanical properties of commercial high strength ceramic core materials. *Dent Mater*. 2004;20:207–12.
23. Rutkūnas V. .Lietuvos medicina. Naujieji cirkonio oksido dantų protezai – žavioms šypsenoms. [žiūrėta 2020.01.05]. Prieiga internetu: <<https://www.medicina.lt/straipsniai/naujieji-cirkonio-oksido-dant%5%b2-protezai-%5%bdavioms-%c5%a0ypsenoms/7446>>.
24. Schultheis S., Strub J.R., Gerds T. A., GuessP. C.. Monolithic and bi-layer CAD/CAM lithium-disilicate versus metal-ceramic fixed dental prostheses: comparison of fracture loads and failure modes after fatigue. *Clin Oral Invest*, 17 (2013), pp. 1407-1413.
25. Shenoy A., Shenoy N.. Dental ceramics: An update. [cited 2020.03.25]. Available from Internet: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3010023/>>.
26. Skaudickienė D., Klevinskas M., Bagdonas R.. Keraminių restauracijų, naudojant sluoksniavimo technika, gamybos ypatumai. *Biomedicina* 2012; 5: 133–136. [žiūrėta 2020.04.01]. Internetinė prieiga: <https://odontologurumai.lt/files/zinios/ORZ_2018_nr_4_R_web.pdf>.

27. Vivadent I. IPS e. max lithium disilicate: the future of all-ceramic dentistry—material science, practical applications, keys to success. Ivoclar Vivadent, Amherst, NY (2009), pp. 1-15.
28. Vladimirovas E., Linkevičius T., Puišys A., Grybauskas S.. Šiuolaikinių fiksuotų protezų ant implantų apdailos skilimo tikimybės įvertinimas. [žiūrėta 2020.04.02]. Internetinė prieiga: <http://vmgrupe.lt/wpcontent/uploads/2009/06/e_vladimirovas_ir_t_linkevicius_ir_a_puissys_ir_s_grybauskas.pdf>.
29. Zarone F., Ferrari M., Mangano F.G., Leone R., Sorrentino R. “Digitally oriented materials”: focus on lithium disilicate ceramics. *Int J Dent*, 2016 (2016).