

# ORTODONTINIŲ GREITO PLĖTIMO APARATŲ GAMYBOS TECHNOLOGIJOS KLASIKINIŲ „HYRAX“ BŪDU IR NAUDOJANT CAD/CAM SISTEMĄ

## PRODUCTION TECHNOLOGIES OF ORTHODONTIC RAPID EXPANDERS IN THE CLASSICAL HYRAX METHOD AND USING CAD/CAM SYSTEM

**Deimantė Lopataitė**  
Utenos kolegija (Lietuva)  
**Aušra Stoškienė**  
Utenos kolegija (Lietuva)

### Santrauka

Ortodontinio gydymo paskirtis- ne tik pagerinti žmogaus psichologinę būklę, bet ir atstatyti kramtymo funkciją, kalbos sutrikimus, estetinę išvaizdą. Greitas žandikaulio išsiplėtimas, yra plačiai naudojamas gydymo metodas, praplečiantis žandikaulio lanką. Tam naudojami fiksuoti, cemento pagalba, ant krūminių dantų tvirtinami specialiais metaliniais žiedais greito plėtimo aparatai, kurie atlieka skeletinį žandikaulio plėtimą. Straipsnyje aprašoma skirtingomis gamybos technologijomis gaminamų greito plėtimo aparatų gamybos eiga, palyginami jų privalumai ir trūkumai.

**Straipsnio tikslas:** išanalizuoti ortodontinių greito plėtimo aparatų gamybos technologijas klasikiniu „Hyrax“ būdu ir naudojant CAD/CAM sistemą.

**Pagrindinės išvalgos.** GPA gamybos technologija klasikiniu „Hyrax“ būdu yra nepakankamai tiksli, ne itin tvirti ir tokia tvirta, lyginant su CAD/CAM technologija. Pagrindinė GPA konstrukcijos bėda, naudojant klasikinį „Hyrax“ gamybos būdą yra retencinių žiedų netikslumas. Greito plėtimo aparatą gaminat CAD/CAM technologija, modeliavimas atliekamas 3Shape Appliance Designer programa, kuri leidžia sukurti itin tikslias ir kokybiškas konstrukcijas, nes išlaikomas storio vientisumas, kas lemia konstrukcijos kokybę. Naudojant CAD/CAM technologiją konstrukcija pagaminta sinterizuojant iš metalo yra tikslesnė, stabilesnė, tvirtesnė bei estetiškesnė, o tai lemia geresnius, greitesnius ir efektyvesnius gydymo rezultatus.

**Raktiniai žodžiai:** CAD/CAM. Hyrax, greito plėtimo aparatas.

### Įvadas

Norint atlikti dantų lanko ar sąkandžio korekcijas, taikomos įvairios gydymo priemonės. Viena iš dažniausių žandikaulio vystymosi anomalijų yra viršutinio žandikaulio alveolinis susiaurėjimas. Vaikystėje šios deformacijos pašalinimas gana įprastas, naudojant ortodontinį greito plėtimo aparatą. Ortodontinio gydymo trukmė dažnai priklauso ne tik nuo klinikinės situacijos, paciento amžiaus, bet ir nuo gydymui naudojamų aparatų parinkimo. Gydymo metu yra svarbus ne tik atsakingas paciento požiūris į gydymo procesą, bet ir tinkamai parengtas individualus gydymo planas, padedantis pasiekti gerų gydymo rezultatų.

Greito plėtimo aparatas, naudojamas esant siauram žandikauliui, kai reikia jį praplėsti. Toks klinikinis būdas plečiant V/Ž gomurį yra tinkamiausias gydymo metodas, jauniems pacientams [8]. Greito plėtimo aparatas (GPA) – ortodontinis įtaisas, naudojamas nechirurginiu būdu išplėsti viršutinį žandikaulį, gomurio kaulus atskiriant per jų siūlę. Klinikinė procedūra taikoma tokiu atveju, jei V/Ž diagnozuotas per siauras, kryžminis arba jo lanko ilgis yra per mažas.

Tai gali būti įvairių sąkandžio patologijų priežastimi. GPA pirmą kartą aprašytas ir panaudotas 1861 m., kuomet Haasas aprašė jo dizainą ir prietaiso efektus [14]. Dažniau naudoti šį aparatą pradėta XX a. pradžioje, o nuo amžiaus vidurio V/Ž pločio korekcijos metodas tvirtai prigijo ortodontinėje praktikoje [4;9;11]. Dabar šis gydymo metodas yra plačiai taikomas, panaudojant įvairių modifikacijų GPA. Aparatas unikalus savo konstrukcija ir tvirtinimu bei tuo, kad atliekamas minimalus dantų traumavimas, mažesnė tikimybė apnašų kaupimuisi [14].

**Klasikiniu būdu** GPA gaminamas su 4-iais retenciniais žiedais, skirtais cementuoti aparatą ant 16, 14, 24, 26 dantų. Sraigto „atramas“ jungia papildoma sija, pritaikyta prie 15 ir 25 dantų. Retencinis elementas skirtas tvirtinti aparatą prie žandikaulio dalių, į kurias turi būti nukreipta plėtimo jėga, kuri sukurama aktyvuojant sraigą. Sraigto atramos fiksuojamos prie retencinių žiedų lituojant sidabro lydmetaliu. Aktyvacija atliekama pasukant sraigto ašį. Literatūroje tokios konstrukcijos aparatas vadinamas „Hyrax“ aparatu.

GPA klasikiniu būdu gaminami išlankstant pasirinkto sraigto atramas pagal gomurį, paliekant 1,5–2,0 mm tarpą nuo gleivinės. Prie retencinių žiedų lituojamos atramos, stengiantis tai padaryti kuo žemiau tam, kad atramos ir jėgos veikimo taškas būtų kuo arčiau danties pasipriešinimo centro. Taip yra sumažinamas dantų išvirtimas bukaline kryptimi. Nuo pasirinkto sraigto priklauso galutinės GPA konstrukcijos mechaninės ypatybės. Tai yra labai svarbu, kai gaminama konstrukcija giliam gomuriui. Tokiu atveju konstrukcijos atramos yra ilgos, jei pasirenkamos minkštos, jos stipriai amortizuoja ir sugeria sraigto sudarytą energiją [12].

GPA konstrukcijoje naudojamos skersinės sijos ar papildomi kabliukai, jie lankstomi iš 1,2–0,9 mm plieno ortodontinės vielos. Šios dalys sulituojamos sidabro lydmetaliu. Tai plačiausiai paplitęs būdas, kadangi jis nereikalauja praktiškai jokių investicijų į įrangą. Pakanka paprasto dujinio degiklio su plona liepsna ir lydmetaliu. Po litavimo konstrukcijos valomos ir poliruojamos įprastinėmis metalui skirtomis priemonėmis.

Kiti alternatyvūs metalinių dalių sutvirtinimo būdai, yra impulsinis suvirinimas inertinėse dujose (TIG) ir suvirinimas lazeriu, taip pat inertinėse dujose. Šios technologijos taikomos tik turint specialius suvirinimo aparatus, kurie yra brangūs. Nepaisant to, kad litavimas sidabro lydmetaliu yra gana populiarus, reikia paminėti, kad jis turi keletą rimtų trūkumų: sulituotos jungtys yra silpnesnės už suvirintas, taip pat jos pasižymi blogu biologiniu suderinamumu. Atlikta daug in vitro tyrimų, parodančių, kad jungtys su sidabru mažina osteoblastų ir fibroblastų aktyvumą ir keratinocitų gyvybingumą. Impulsinis suvirinimas turi mažesnę neigiamą poveikį ląstelėms, o lazerinis suvirinimas yra vienintelis gerai biologiškai toleruojamas ortodontinių jungčių būdas [13].

Apibendrinant, galima teigti, kad ortodontinis GPA yra unikalus savo konstrukcija, jos dydžiu, tvirtumu, tvirtinimo stabilumu burnoje bei tuo, kad atliekamas minimalus dantų traumavimas, mažesnė tikimybė atsirasti diskomfortui burnoje. Konstrukcija pasižymi konstrukciniu minkštumu, t. y. amortizacija, visa jėga nėra iškart perduodama į retencinius taškus. Tai vienas iš veiksmingiausių gydymo būdų plačiai taikomas ortodontijoje, kurio dėka ateityje galima išvengti sudėtingesnės gydymo eigos.

**CAD/CAM technologija.** Per pastaruosius kelerius metus atsirado specializuotų programų, skirtų skaitmeniniam ortodontinių aparatų modeliavimui, o tai metalinius fiksuotus ortodontinius aparatus leidžia gaminti skaitmeniniu būdu. Svarbu paminėti Šveicarijos gydytoją Simon Graf, kuris specializuojasi fiksuotų ortodontinių aparatų gamyboje skaitmeniniais metodais. Jis aprašė GPA ir jo modifikacijos „Hybrid Hyrax“ gamybą skaitmeniniu būdu, bei naudojimo protokolą [5; 7; 10]. Autorius 2017 m. užpatentavo GPA gamybos skaitmeniniu būdu metodiką. Palyginti su įprastais gamybos būdais, kompiuterizuoto gamybos pranašumas yra tas, kad praleidžiami keli klaidas įtakojantys etapai, tokie kaip atspaudų nuėmimas, vaškavimas ir liejimas [1]. Šis gamybos variantas yra lygiavertis tradicinei odontologo ir laboratorijos darbo sekai. Odontologas siunčia nuskenuotą atspaudą laboratorijai. Likę CAD/CAM gamybos etapai atliekami laboratorijoje, naudojant skaitytuvą ir trimačiais duomenimis. Šie duomenys tvarkomi naudojant dantų projektavimo programinę įrangą. Po CAD apdorojimo proceso duomenys siunčiami į specialų frezavimo įrenginį, kuris gamina tikrąją geometriją dantų laboratorijoje [3].

**3D spausdintuvų naudojimas odontologijoje.** 3D spausdinimas yra idealus sprendimas, skirtas sveikatos priežiūros individualizavimui, nes tai leidžia mums vizualizuoti tikslią dantų anatomiją, pagaminti pacientui skirtus modelius, maksimaliai pritaikytas įvairias restauracijas, dantų implantus, protezų pagrindus bei jų karkasus, ortodontinius aparatus su minimaliomis pastangomis [6; 16]. 3D spausdintuvai skaitmeninius vaizdus paverčia fiziniais objektais, atspausdindami 16 mikronų storio sluoksnius vienas ant kito, išspausdžiant medžiagą iš purkštuko, kuri sustingsta, kai tik ji nusėda ant gamybos platformos. Sluoksnio raštas pasiekiamas horizontaliai judant purkštukams ir nutraukus medžiagos srautą. Po to eina nuoseklus sluoksnio nusodinimas. Priedų technikos tikslumas priklauso nuo sluoksnio storio ir kietėjimo sijos pločio. Kuo plonesni sluoksniai ir siauresnė kietėjimo sija, tuo tikslesnis galutinis produktas, tačiau padidinus sluoksnių skaičių ir sumažinus sijos skersmenį, eksponentiškai pailgės gamybos laikas [2].

3D spausdinimas nuo kitų gamybos būdų skiriasi tuo, kad vienu metu galima spausdinti kelias medžiagas [2]. Yra daugybė medžiagų, kurias galima naudoti 3D spausdinimui. Kai kurios sistemos taip pat leidžia gaminti daugiaspalvius produktus. Dėl nuolatinio kompiuterių aparatinės ir programinės įrangos tobulinimo, tikimasi naujų gamybos metodų ir naujų gydymo koncepcijų, tai leis papildomai sumažinti paciento išlaidas [3].

Vienas iš privalumų naudojant skaitmenizuotą gamybos būdą, intraoraliniai skaitytuvai suteikia pacientui didesnę komfortą dėl sumažėjusio žiaukčiojimo reflekso pavojaus, nereikalingas alginatinis atspaudas. Trumpėja paciento vizitų skaičius, mažiau rizikos infekcinėms ligoms plisti. Gauti duomenys (modeliai) iš karto prieinami ortodontui [9; 15]. Kitas privalumas yra tas, kad nereikia jokios dantų separacijos, pvz., įprastomis krūminių dantų juostomis, nes išspausdintas Hyrax yra modeliuojamas skaitmeniniu būdu, kad metalo konstrukcijos žiedas apsuptų krūminius dantis, išvengiant intervencijos į tarpdančius. Be to, sugedus prietaisui nereikia naujo atspaudos, nes pakaks kopijos iš skaitmeninio archyvo.

Visgi, didelės investicijos ir išlaidos į spausdinimo, frezavimo įrenginius gali viršyti mažesnių laboratorijų biudžetą be to, kai kurios programos yra ribotos dėl programinės įrangos, ir gamybos procedūrų, o jų papildymai, bei įsigijimas yra nepigus [3]. Beje, svarbu ir tai, kad kai kurios dervos yra alerginės ir gali dirginti odą, taip pat kontaktuojant su medžiaga ar jos įkvėpus gali sukelti kvėpavimo takų sudirginimą, uždegimą, bėrimus, o jų galiojimo laikas ir talpos yra ribotos, jų negalima termiškai sterilizuoti, o tai yra brangios technologijos.

3D spausdintuvų pritaikymas odontologijoje, suteikia galimybę spausdinti sudėtingo dizaino konstrukcijas, išgaunant neprilygstamą lankstumą, užtikrinant patikimus ir patikrintus gamybinius rezultatus, bet visa tai reikalauja investicijų. 3D spausdinimo ir CAD/CAM technologijos yra pranašesnės už įprastus klasikinius gamybos būdus, tačiau dirbant su CAD/CAM technologijomis ir naudojant įvairias medžiagas, skirtas 3D spausdinimui, būtina atkreipti dėmesį į naudojamų medžiagų paskirtį, kadangi ne visos medžiagos pritaikytos naudoti sąlytyje su gleivine.

**Straipsnio tikslas:** išanalizuoti ortodontinių greito plėtimo aparatų gamybos technologijas klasikiniu „Hyrax“ būdu ir naudojant CAD/CAM sistemą.

## **Tyrimo medžiaga ir metodai**

*Tyrimo charakteristika.* Atlikta atvejo analizė, kurios metu buvo siekiama palyginti dvi skirtingas gamybos technologijas, gaminant ortodontinius greito plėtimo aparatus klasikiniu „Hyrax“ būdu ir naudojant CAD/CAM. Tam, kad būtų užtikrinti visi etikos principai, tyrimo koncepcija suderinta su Utenos kolegijos Bioetikos komisija ir dantų technikos laboratorija. Buvo gautas sutikimas ir dėl nuotraukų viešinimo.

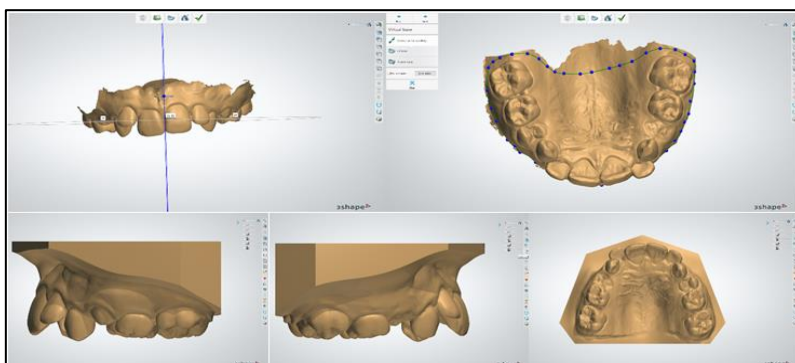
*Tyrimo probleminiai klausimai.* Kokie pagrindiniai medžiagų savybių, jų panaudojimo bei gamybos principai, gaminant greito plėtimo aparatą klasikiniu „Hyrax“ būdu? Kaip modeliuojamas ir gaminamas greito plėtimo aparatas kompiuterizuotu būdu?

*Atvejo charakteristika.* 7 metų vaikui buvo reikalingas V/Ž gomurio plėtimas. V/Ž diagnozuotas per siauras, lanko ilgis yra per mažas. Iš gydytojo ortodonto buvo gautas nuskenuotas STL failo pavidalu V/Ž atvaizdas. Atsižvelgiant į situaciją bendru sutarimu buvo nuspręsta

pagaminti ortodontinį greito plėtimo aparatą skaitmeniniu būdu. Siekiant kokybės ir tikslumo, buvo naudojama CAD/CAM kompiuterinis modeliavimo ir gamybos metodas.

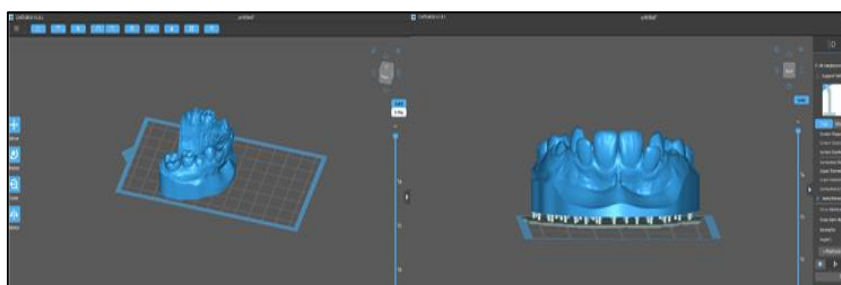
## Tyrimo rezultatai

**Ortodontinio greito plėtimo aparato gamyba, naudojant klasikinį „hyrax“ gamybos būdą.** Gautas skaitmeninis STL (failo formatas) failo pavidalo anatomicinis V/Ž dantų atspaudas su užsakymu pagaminti ortodontinį greito plėtimo aparatą. Užsakymo lape pažymėta konstrukcija bei jos atidavimo data. Konstrukciją sudarys: du retenciniai žiedai ir dviejų atramų sraigtas. STL failas atidaromas per „3Shape“ programą ir tvarkingai sutvarkomos modelio ribos (1 pav.).



*1 pav. Modelio ribų sutvarkymas*

Atsidarius programą „CHITUBOX“, automatiškai sumaketuojami ir uždedami štiftai, tam kad sluoksniuojamas modelis tvirtai laikytųsi ir liktų nepažeistas ar deformuotas (2 pav.).



*2 pav. „CHITUBOX“ programoje uždedami štiftai*

Kad gauti skaitmeninį 3D modelį, naudojamas „Phrozen Shuffle 4K“ serijos 3D spausdintuvas. Modelio spausdinimas vyksta apie 3 valandas. Naudojama pilkos „grey“ spalvos skysta plastmasė. Pasibaigus spausdinimui, nuo modelio pašalinamas plastmasės perteklius ir modelis dedamas į UV spinduliais kietinamą lempą, kad modelis būtų tvirtas, pilnai sukietėjęsios plastmasės. Pagamintas modelis paruošiamas tolesniam darbui.

Sekančiame gamybos etape pradeda gaminti GPA konstrukcija. Kadangi dantų modelis yra skaitmeninis, šiuo atveju sunkiau yra pritaikyti du retencinius žiedus į tarpdančius, todėl aplink dantį, ties dantenomis, su plona ir smailia freza yra pašalinama šiek tiek plastmasės, pagilintos dantenos, kad retenciniai žiedai tvarkingai prisitaikytų ir gražiai apgaubtų 15 ir 25 dantis (3 pav.). Parenkamas tinkamiausias, gamykliniu būdu paruoštas retencinis žiedas 0,1 mm storio ir pritaikomas prie danties.



**3 pav. Retencinių žiedų pritaikymas prie 15 ir 25 danties**

Toliau lankstomos iš 1 mm skersmens vielos skersinės sijos, kurios atliks kramtymo krūvio paskirstymo funkciją palei 13, 14, 15, 16 ir 23, 24, 25, 26 dantis. Skersinės sijos būtinos tolygiam krūvio paskirstymui, nes jeigu krūvis bus tik ant krūminių dantų, tai plėsis/judės tik dantys, o ne žandikaulis (4 pav.).



**4 pav. Išlankstytos skersinės sijos**

Ši konstrukcijos dalis pritvirtinama prie modelio naudojant Dentaurum gamintojo lipnų, raudonos spalvos vašką. Toliau parenkamas tinkamo dydžio sraigtas, šiuo atveju naudotas 9 mm. Sraigtas su atramomis pritaikomas virš gleivinės, lenkiant atramas su ortodontinėmis replėmis (5 pav.). Tarp sraigto ir gleivinės paliekamas daugiau nei 1mm atstumas, kad sraigtas ir išlenktos atramos nespautų, netraumuotų gleivinės, nes plyšus gomurio siūlei gleivinė paburksta bei patinsta.



**5 pav. Pritaikytas, sraigtas su išlankstytomis dvejomis atramomis**

Norint gauti kuo didesnę konstrukcijos tikslumą, sraigto atramos lenkiamos su skirtingomis ortodontinėmis replėmis. Kad sekančiame gamybos etape būtų lengviau lituoti, naudojamas „Lampert PukD2“ taškinis lazeris GPA konstrukcijos sujungimui. Naudojamam chromkobalto (CoCr) lydiniiui, kuris yra hipo alergiškas žmogui, parenkami tinkami parametrai. Toliau pritvirtinamas (prišaudomas) sraigtas su laikomosiomis atramomis prie retencinių žiedų (6 pav.). Sraigtas padengiamas medžiaga „Thermostop“, kuri apsaugos sraigta nuo karščio pakenkimo ir deformacijos. Litavimo etape, galutiniam konstrukcijos sutvirtinimui ir pastorinimui, naudojamas universalus sidabro lydmetalis, lazdelės formos, kuris yra prilituojamas tarp retencinių žiedų ir sraigto atramų, taškinio lazerio sutvirtinimo vietoje. Buvo lituojama su dujiniu degikliu, o litavimo staliukas naudojamas, kaip pagrindas. Lydmetaliu perteklius pašalinamas su karborundiniu diskeliu, išlyginamas/nuvalomas su metalui skirtomis valymo priemonėmis, įvairiais metalui poliruoti skirtais polyrais, pasta ir šepečiais. Galutiniam rezultatui išgauti, kad konstrukcija būti tolygi ir blizgi, GPA paviršius nuvalomas/nupoliruojamas su blizginimui skirtu šepečiu ir poliravimo pasta, kuri yra specialiai skirta metalo valymui/poliravimui. 6 paveiksle ant modelio pavaizduotas



galutinai užbaigtas ortodontinio greito plėtimo aparatas, naudojant klasikinį „Hyrax“ gamybos būdą.

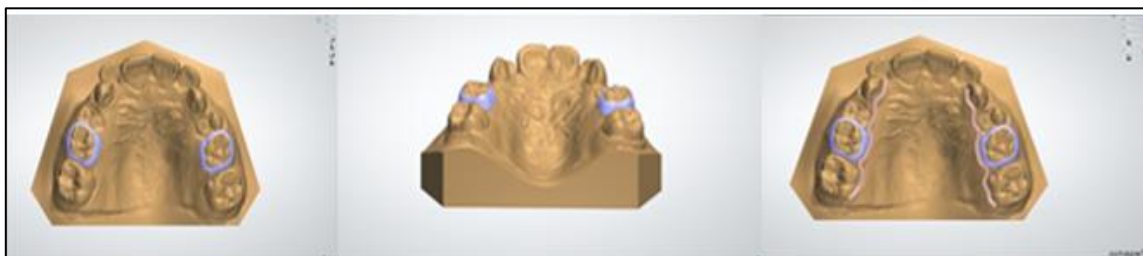


**6 pav. Taškiniu lazeriu sutvirtinta konstrukcija ir GPA pagamintas klasikiniu „Hyrax“ būdu**

Apibendrinant galima teigti, kad „Hyrax“ greito plėtimo aparatą gaminti nėra sudėtinga, tačiau užimanti laiko ir reikalaujanti pastangų bei šiek tiek jėgos, nes nėra lengva pritaikyti skersinę siją prilenkiant ją itin tiksliai prie dantų paviršių iš 1 mm ortodontinės vielos bei lenkti 1,5 mm laikomąsias atramas. Reikia mokėti gerai valdyti instrumentus ir lankstyti ortodontinę vielą. Pati GPA konstrukcija yra pakankamai lengva bei tvirta, tačiau apčiuopiant retenciniai žiedai yra neitin tvirti, nėra itin tiksliai prigludę ir apgaubę dantis. Retenciniai žiedai yra 0,1 mm storio, todėl reikia neskubėti ir atsargiai juos poliruoti, kad panaudojus didesnę jėgą, jie nepakeistų savo padėties ir formos, konstrukcijos nuvalymas ir poliravimas nėra sudėtingas.

**Ortodontinio greito plėtimo aparato gamyba, naudojant CAD/CAM gamybos būdą.** Tokiu pačiu principu yra paruošiamas skaitmeninis V/Ž dantų modelis, kaip ir gaminant GPA klasikiniu būdu su „3Shape“ ir „CHITUBOX“ programomis. STL failas atidaromas per „3Shape“ programą ir tvarkingai sutvarkomos modelio ribos. Atsidarius programą „CHITUBOX“ automatiškai sumaketuojami ir uždedami štiftai, tam, kad sluoksniuojamas modelis tvirtai laikytųsi ir liktų nepažeistas ar deformuotas. Kad gauti skaitmeninį 3D modelį, naudojamas „Phrozen Shuffle 4K“ serijos 3D spausdintuvas. Modelio spausdinimas vyksta apie 3 valandas. Modelis atspausdinamas iš tos pačios skystos „grey“ spalvos plastmasės. Pasibaigus spausdinimui, nuo modelio pašalinamas plastmasės perteklius ir jis dedamas į UV spindulių kietėjimo lempą, kad modelis būtų tvirtas, pilnai sukietėjusios plastmasės.

Skaitmeninė aparato gamyba prasideda nuo modelio orientyrų pažymėjimo bei okliuzinės ir sagitalinės plokštumų nustatymo ir tik tada pradedami gaminti aparato elementai. „3Shape“ programa ant krūminių dantų maketuojami 0,5 mm storio retenciniai žiedai (7 pav.). Ši programa leidžia pasirinkti ne tik tinkamą komponentų konfigūraciją, ja laisvai galima pasirinkti komponentų storį, nustatyti matmenų ribas, atstumą nuo modelio ir pasirinkti kitus reikiamus darbui duomenis. Gaminant šią konstrukciją skersinės sijos ties 3- 6 ir 13- 16 dantimis buvo maketuojamos 1,5 mm skersmens (7 pav.). Sijos kuriamos po vieną, jungianti žiedus, besileidžiančius link gomurio siūlės.



**7 pav. 0,5 mm storio retencinių žiedų ir 1,5 mm skersmens skersinių sijų formavimas**

Retenciniai žiedai ir skersinės sijos programos pagalba sujungiamos į vieną, vientisą konstrukciją. Visi sujungimai yra padailinami, o esant būtinumui- pastorinami. Svarbu nepalikti aštrių kampų ar gilių įdubų, kurios vėliau gali apsunkinti galutinį konstrukcijos paviršiaus valymą ir poliravimą. Suprojektuota konstrukcija eksportuojama į STL failo formatą ir siunčiama spausdinti iš metalo. Galutinai pagaminta konstrukcija (8 pav.) gaunama per keletą dienų.



**8 pav. Pagaminta metalinė konstrukcija**

Šiam aparatui buvo pasirinktas 8 mm sraigtas su 1,5 mm skersmens atramomis, kuris yra prilenkiamas su skirtingomis ortodontinėmis replėmis, virš gleivinės paliekant daugiau nei 1 mm tarpą ir pritvirtinamas su Dentaurum gamintojo lipniu, raudonos spalvos vašku, kuris buvo naudojamas ir prieš tai gamintam, ir jau aprašytam greito plėtimo aparatui, kad šis nejudėtų bei būtų užfiksuota tinkama jo padėtis (9 pav.). Gamykliniu būdu paruoštas sraigtas su atramomis pasirinktas, todėl, kad atskiras sraigto atramų maketavimas būtų reikalavęs papildomų gamybos etapų ir laiko, o toks pasirinkimas buvo šiuo atveju buvo paprastesnis ir priimtinesnis.



**9 pav. Sraigto su atramomis pritaikymas**

Konstrukcija (10 pav.) sutvirtinama naudojant „Lampert PukD2“ taškinį lazerį. Pasirenkami reikiami programos parametrai. Litavimui buvo naudojamas dujinis degiklis ir litavimo staliukas, kaip pagrindas prie kurio prisegama konstrukcija, kad ji laikytųsi. „Thermostop“ masė, naudojama apsaugoti sraigta nuo karščio, ja apdedamas sraigtas.



**10 pav. Taškiniu lazeriu sutvirtinta konstrukcija**

Galutiniam konstrukcijos sutvirtinimui, naudojamas lazdelės formos, universalus sidabro lydmetalio, kuriuo sulituojamos ir pastorinamos ties retenciniais žiedais ilgosios skersinės sijos ir abi jungties vietos. Įkaitusią, sidabro lydmetaliu galutinai sutvirtintą konstrukciją paliekame keletui minučių atvėsti ir pašaliname „Thermostop“ masę, kad netrukdytų tolimesniam darbui (11 pav.).



**11 pav. Sidabro lydmetaliu galutinai sutvirtinta konstrukcija**

Sekančiame gamybos etape su karborundiniu diskeliu yra pašalinamas lydmetalo perteklius, paviršius nulyginamas su metalui valyti skirtomis priemonėmis. Jos parinktos skirtingo šiurkštumo. Toliau imami metalui valyti skirti šepėčiai, poliravimo pasta, tokios pačios priemonės, kurios buvo naudotos prieš tai gamintam aparatui. 12 paveiksle pavaizduotas galutinai užbaigtas ortodontinis greito plėtimo aparatas, naudojant CAD/CAM gamybos būdą ant 3D atspausdinto V/Ž modelio.



**12 pav. Pagaminta skaitmeninė GPA konstrukcija**

CAD/CAM technologija pagamintas ortodontinis greito plėtimo aparatas, buvo atiduotas gydytojui ortodontei, kuri šį GPA aparatą nesudėtingai pritaikė paciento burnoje ir buvo patenkinta gautu rezultatu (13 pav.).



**13 pav. Skaitmeninis GPA paciento burnoje**

*Apibendrinant, galima teigti, kad CAD/CAM technologija pagamintas greito plėtimo aparatas yra labiau atitinkantis funkcinį tinkamumą, pasižymi greitesniu gamybos laiku, reikalauja mažiau gamybos etapų bei pastangų, sutaupomas gamybos laikas. Jaučiamas konstrukcijos tvirtumas ir vientisumas. Vienas pastebėtas trūkumas tai, kad sinterizuoto metalo konstrukcijos paviršius yra sunkiau ir ilgiau valomas bei nulyginamas, lyginant su gamykliniu būdu paruoštomis medžiagomis, gaminant klasikinį „Hyrax“ aparatą.*

### **Tyrimo rezultatų aptarimas**

CAD/CAM technologijos būdu gaminant ortodontinį greito plėtimo aparatą išvengiama keletos gamybos etapų laboratorijoje, kuriuos tektų atlikti be CAD/CAM. Sutaupomas darbo laikas bei užtikrinamas konstrukcijos tikslumas. Mažiau naudojama fizinės jėgos lankstant medicininę



vielą, yra patogesnis ir tikslesnis gamybos būdas, kuris atliekamas kompiuterizuotu būdu. Su CAD/CAM gamybos technologija, pagamintas GPA yra itin tvirtas, žiedai išlaiko savo poziciją, nejuda ir nesulinksta. Konstrukcija itin tiksliai, tvirtai pritaikoma tiek ant 3D modelio, tiek paciento burnoje. Svarbu akcentuoti tai, kad retenciniai žiedai lengvai užsideda ir užsifiksuoja ant dantų, yra pilnai juos apjuosę, be tarpų. Skersinės sijos taip pat yra tiksliai prisitaikę, prigludę, nėra tarpų tarp danties ir metalo konstrukcijos.

Tyrimo metu pastebėta, kad gaminant skaitmeninį GPA galima praleisti vieną gamybos etapą, kuriame konstrukcija yra dar kartą tvirtinama su sidabro lydmetaliu, nes tai nėra būtinas gamybos etapas skaitmeniniam GPA. Skaitmeniu būdu daromą aparatą buvo galima užbaigti gaminti ties taškinio lazerio sutvirtinimu ir konstrukcijos nuvalymu bei poliravimu. Praleidus litavimo etapą, tai pagreitintų gamybos laiką bei sutaupytų gamybai naudojamų medžiagų. Pagamintas CAD/CAM technologija GPA ir taip yra pakankamai tvirtas, todėl užtenka atskiras konstrukcijos dalis sutvirtinti tik taškiniu lazeriu. Tačiau dėl siekiamo geriausio konstrukcijos rezultato ir tvirtumo užtikrinimo, buvo nuspręsta konstrukciją sutvirtinti papildomai su sidabro lydmetaliu, kaip ir klasikinių „Hyrax“ aparatą. Toks sprendimas nebuvo blogas t.y. gavosi dar tvirtesnė, tolygesnė konstrukcija, bet taip buvo prailginamas darbo laikas ir sunaudota papildomas medžiagų kiekis.

Verta paminėti, kad naudojant šį gamybos būdą, patiriamos didesnės išlaidos, kadangi nėra pigi pati programinė įranga, bei spausdinimas iš metalo. Norint gaminti greito plėtimo aparatus CAD/CAM technologija, reikia papildomo laiko išmokti, kaip teisingai ir greitai valdyti pačią programinę įrangą. Įvaldžius CAD/CAM sistemą, galime dirbti lengviau ir greičiau. Dar vienas privalumas, kad tokiu būdu gaminamų aparatų pranašumas prieš tradicinius greito plėtimo aparatus, yra tai, kad nėra atliekama dantų separacija, gana skausmingas gydymo etapas, į ką jauno amžiaus pacientai reaguoja gana jautriai. GPA konstrukcijos pagaminimui reikia skirti keletą dienų, bet šia technologija pagamintas GPA labiau atitiks funkcinį tinkamumą bei tikslumą, nei pagamintas GPA klasikiniu „Hyrax“ būdu. Kol kas CAD/CAM gamybos sistema yra pakankamai nauja technologija taikoma ortodontinių aparatų gamybai, todėl patį gamybos procesą vis dar galima tobulinti ir koreguoti, kad liktų kuo mažiau fizinio darbo ir būtų atliekama viskas daug paprasčiau.

Klasikiniu „Hyrax“ būdu gaminamas GPA reikalauja daugiau laiko, daugiau fizinės jėgos lankstant medicininę vielą ir kruopštumo. Abu GPA buvo gaminami panašiu principu ant skaitmeninių 3D modelių, kad konstrukcija būtų kuo tikslesnė. Dažniausiai užsakymai pagaminti GPA gaunami alginatiniame atspaude ir gaminami ant gipsinio modelio, o tai turi didelę reikšmę konstrukcijos kokybei, nes lemia didelius netikslumus, ypač retencinių žiedų ant dantų padėties neatitikime, nes alginatiniame atspaude jie gali pajudėti ir pakeisti savo padėtį ar net iškristi. Gamykliniu būdu pagaminti retenciniai žiedai yra trapesni, ne itin tvirti ir plonesni, todėl dailinant konstrukciją, ją valant, poliruojant ir/ar panaudojus didesnę spaudimo jėgą, galima juos pažeisti, deformuoti.

Palyginus abi GPA konstrukcijas, klasikiniu „Hyrax“ būdu pagaminta konstrukcija, nėra tokia tiksli, tvirta ir yra numatomas greitesnis jos susidėvėjimas, nes pati konstrukcija yra trapesnė. Tarp retencinių žiedų ir danties yra tarpeliai. Taip pat išlankstytos skersinės sijos nėra tiek tiksliai priglundančios prie dantų paviršių. Didelis privalumas yra tai, kad šis gamybos būdas yra pigesnis, lengvesnis konstrukcijos paviršiaus valymas ir poliravimas.

### **Ižvalgos**

GPA gamybos technologija klasikiniu „Hyrax“ būdu yra nepakankamai tiksli, ne itin tvirti ir tokia tvirta konstrukcija, lyginant pagamintą su CAD/CAM technologija. Pagrindinė GPA konstrukcijos bėda, naudojant klasikinių „Hyrax“ gamybos būdą yra retencinių žiedų netikslumas. Didelę paklaidą pradedant gaminti GPA konstrukciją, galima gauti kai nuimamas alginatinis atspaudas, nes retenciniai žiedai gali pajudėti. Lyginant su CAD/CAM pagaminta GPA konstrukcija, klasikiniame „Hyrax“ aparatui gaminti naudojami gamykliškai paruošti žymiai plonesni ir trapesni retenciniai žiedai, kurie kituose gamybos etapuose gali deformotis, pakeisti

formą, o tai lemia konstrukcijos trapumą. Darbas reikalauja daugiau fizinės jėgos, yra daugiau gamybos etapų, sunaudojama daugiau medžiagų. Privalumas- konstrukciją galima pagaminti tą pačią dieną. Konstrukcijoje naudojamos skersinės sijos ar kitos papildomos dalys yra lenkiamos iš tam tikro storio ortodontinės plieninės vielos, naudojamos skirtingos ortodontinės replės. Visos pagamintos dalys lituojamos sidabro lydmetaliu, naudojant dujų degiklį. Gamyba sudėtingesnė, dėl ribotos erdvės arti sraigto. Po litavimo, paviršių šlifavimui ir poliravimui naudojamos metalui valyti skirtos priemonės.

Gaminat aparatą CAD/CAM technologija, modeliavimas atliekamas 3Shape Appliance Designer programa, kuri yra ganėtinai specializuota, turi visus reikalingus tokių aparatų gamybai būtinus įrankius, nes programa leidžia pasirinkti ne tik tinkamą komponentų konfigūraciją, bet ir modeliuojamų komponentų storį, matmenų ribas, atstumą nuo modelio ir kitus duomenis. Visi būsiami konstrukcijos parametrai gali būti keičiami, pagal tam tikrą klinikinę situaciją. Svarbu tai, kad įmanoma sukurti ir tokias konstrukcijų formas, kurias būtų sudėtinga sukurti tradiciniais gamybos metodais, ypač esant situacijai su giliu žandikaulio gomuriu. Modeliavimas procesas užtrunka kiek ilgiau, nei gaminant tradicinę tokio tipo konstrukciją, bet tokiu būdu sukuriami itin tiksli ir tvirta konstrukcijas, nes išlaikomas storio vientisumas, kas lemia konstrukcijos kokybę. Aparato gamyba paprastesnė, yra mažiau gamybos etapų, sunaudojama mažiau medžiagų, naudojama mažiau fizinės jėgos, bet brangi pati programinė įranga. Naudojant CAD/CAM technologiją konstrukcija gaminama ją sinterizuojant iš metalo, tai jai suteikia tikslumo, stabilumo, tvirtumo bei estetiškumo. Galutiniam gamybos etape, dailinant aparato paviršių, yra naudojamos tokios pačios priemonės, kaip ir gaminant konstrukciją tradiciniu būdu, nes dailinimas atliekamas frezomis, polirais ir šepečiais, skirtais metalo blizginimui, galiausiai naudojama metalui skirta poliravimo pasta.

### Literatūros sąrašas

1. Abduo J., Lyons K. Rationale for the Use of CAD/CAM Technology in Implant Prosthodontics. *International Journal of Dentistry*, 2013. Available from Internet: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3652193/?report=reader>>.
2. Abduo J., Lyons K., Bennamoun M. Trends in Computer-Aided Manufacturing in Prosthodontics: A Review of the Available Streams. *International Journal of Dentistry*, 2014. Available from Internet: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4000974/>>; <<https://www.hindawi.com/journals/ijd/2014/783948/>>.
3. Beuer F., Schweiger J., Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British Dental Journal*, p.505–511, 2008. Available from Internet: <<https://www.nature.com/articles/sj.bdj.2008.350#Abs2>>.
4. Bublys A., Stoškienė A. „Ortodontinių greito plėtimo aparatų gamyba, naudojant skaitmenines technologijas. *Odontologų rūmų žinios*, 2019. Nr.4(56). Prieiga internetu: <[https://odontologurumai.lt/files/zinios/ORZ\\_2019\\_nr\\_4\\_maketis\\_web.pdf](https://odontologurumai.lt/files/zinios/ORZ_2019_nr_4_maketis_web.pdf)>.
5. Cunha A. C. D., Lee H., Nojima L I., Nojima M D C, Lee K J. Miniscrewassisted rapid palatal expansion for managing arch perimeter in an adult patient. *Dental press journal of orthodontics*, 2017. 22(3), 97-108.
6. Dawood A., Marti B., Sauret-Jackson V. 3D printing in dentistry. *British Dental Journal*, 2015. p.521–529. Available from Internet: <<https://www.nature.com/articles/sj.bdj.2015.914>>.
7. De G., Dallatana G., Riva R., Vasudavan S., Wilmes B. The easy driver for placement of palatal mini-implants and a maxillary expander in a single appointment. *J Clin Orthod*, 2017. 51(11), 728-737.
8. D'Souza I., Kumar H. C. K., Shetty K. Dental arch changes associated with rapid maxillary expansion: A retrospective model analysis study. *Semanitic Scholar*, 2015. Available from Internet: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Dental-arch-changes-associated-with->

- rapid-maxillary-D'Souza-Kumar/4118bcaaf6d3cc98126c601825f81893cc81c6ec>;  
<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25684912/>>.
9. Graf S., Cornelis M A., Gameiro G H., Cattaneo P M. Computer-aided design and manufacture of hyrax devices: Can we really go digital? AJO-DO, 2017. Available from Internet:<[https://www.ajodo.org/article/S0889-5406\(17\)30718-7/fulltext](https://www.ajodo.org/article/S0889-5406(17)30718-7/fulltext)>  
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889540617307187>>.
  10. Graf S. Clinical guidelines for direct printed metal orthodontic appliances. In Seminars in Orthodontics, December, 2018. No. 4, p. 461-469. Available from Internet: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1073874618300689>>.
  11. Graf S., Kiss R., Kabashi M. Orthodontic Apparatus and Method for Producing an Orthodontic Apparatus. 2017. U.S.Patent Application No.15/311,301.Available from Internet:<<https://patents.justia.com/patent/20170079747>>.
  12. Kim K B., Helmkamp M E. Miniscrew implant-supported rapid maxillary expansion. J Clin Orthod, 2012. 46(10), 608-12. Available from Internet:<[https://www.researchgate.net/publication/233423404\\_Miniscrew\\_implant-supported\\_rapid\\_maxillary\\_expansion](https://www.researchgate.net/publication/233423404_Miniscrew_implant-supported_rapid_maxillary_expansion)>.
  13. Masri R., Driscoll C F. Clinical applications of digital dental technology. John Wiley and Sons Incorporated, 2015. Available from Internet: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119045564>>.
  14. Mutinelli S., Cozzani M. Rapid maxillary expansion in contemporary orthodontic literature. APOS, 2016. Available from Internet:<<https://apospublications.com/rapid-maxillary-expansion-in-contemporary-orthodontic-literature/>>.
  15. Sfondrini M F., Gandini P., Scribante A. Computerized Casts for Orthodontic Purpose Using Powder-Free Intraoral Scanners: Accuracy, Execution Time, and Patient Feedback. Biomed Res Int., 2018. Available from Internet:<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5937598/>>.
  16. Vasamsetty P., Tejaswini P., Kukkala D.,Singamshetty M., Gajula S. 3D printing in dentistry – Exploring the new horizons. Journal Materialstoday, 2020. Volume 26, Part 2, Pages 838-841. Available from internet: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320301103>>.

### Summary

The purpose of orthodontic treatment is not only to improve a person's psychological condition, but also to restore the function of the chewing apparatus, speech disorders and appearance. Rapid jaw dilation is a widely used method of treatment that widens the jaw arch. For this purpose, fixed, cement-fastened special metal rings are attached to the molar teeth with the help of cement, which perform skeletal expansion of the jaw. In this work, the author describes the production process of rapid expander devices manufactured with different production technologies, compares their advantages and disadvantages.

**The aim of the article is** to analyze the production technologies of orthodontic rapid expander devices in the classical Hyrax method and using CAD/CAM system.

**The main finding.** RE manufacturing technology in the classical Hyrax way is not accurate enough, not very sustainable and so robust compared to CAD/CAM technology. The main design problem with RE using the classic Hyrax manufacturing method is the inaccuracy of the retention rings. The rapid expander device is manufactured using CAD/CAM technology, modeling is performed by the 3Shape Appliance Designer program, which allows to create extremely precise and high quality constructions, as the integrity of the thickness is maintained, which determines the quality of the construction. Using CAD/CAM technology, the construction made by synthesizing from metal is more accurate, more stable, stronger and more aesthetically pleasing, which results in better, faster and more efficient treatment results.

**Keywords:** CAD/CAM, Hyrax, rapid expander.

**Deimantė Lopataitė**

Utenos Kolegija, Lietuva  
deimantukas681@gmail.com

**Aušra Stoškienė**

Utenos Kolegija, Lietuva  
ausra.stoskiene@ukolegija.lt