

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА

ПРИМЛ	02. 09. 2025	Одговорност
Орг. јед.	05 7468	

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

НАЗИВ ФАКУЛТЕТА

**ОЦЕНА МЕНТОРА О ИЗВЕШТАЈУ О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ
ДИСЕРТАЦИЈЕ ОДНОСНО ДОКТОРСКОГ УМЕТНИЧКОГ ПРОЈЕКТА**

НАЗИВ ДИСЕРТАЦИЈЕ	ИНОВАТИВНИ ФУНКЦИОНАЛНИ ЧУВАРИ ПРОСТОРА ЗАСНОВАНИ НА CAD/CAM ТЕХНОЛОГИЈИ	
Кандидат	Андрија Недељковић	
Ментор:	Проф. др Раша Младеновић	
Датум пријема потпуног извештаја о провери оригиналности докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта	1. 9. 2025.	

Овим потврђујем да је наведена докторска дисертација оригинална, тј. да представља резултат оригиналног научног рада докторанда. Такође, потврђује да су током рада поштована академска правила цитирања, навођења и сл. Подударање текста ове докторске дисертације чини 8%, и последица је искључиво цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, као и претходно публикованих резултата истраживања докторанда, који су проистекли из његове докторске дисертације.

Овај извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за одбрану може наставити (позитивна оцена).

Датум

1. 9. 2025.

ПОТПИС МЕНТОРА


Проф. др Раша Младеновић
специјалиста дечје и превентивне
стоматологије
101828

ИНОВАТИВНИ ФУНКЦИОНАЛНИ ЧУВАРИ ПРОСТОРА ЗАСНОВАНИ НА CAD/CAM ТЕХНОЛОГИЈИ

Бу Андрија Недељковић



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА

Андрија В. Недељковић

**ИНОВАТИВНИ ФУНКЦИОНАЛНИ
ЧУВАРИ ПРОСТОРА ЗАСНОВАНИ НА
CAD/CAM ТЕХНОЛОГИЈИ**

докторска дисертација

Крагујевац, 2025



UNIVERZITET U KRAGUJEVCU
FAKULTET MEDICINSKIH NAUKA

Andrija V. Nedeljković

**INOVATIVNI FUNKCIONALNI
ČUVARI PROSTORA ZASNOVANI NA
CAD/CAM TEHNOLOGIJI**

doktorska disertacija

Kragujevac, 2025



UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC
FACULTY OF MEDICAL SCIENCES

Andrija V. Nedeljković

**INNOVATIVE FUNCTIONAL
SPACE MAINTAINERS BASED ON
CAD/CAM TECHNOLOGY**

Doctoral Dissertation

Kragujevac, 2025

Аутор	
Име и презиме: Андрија Недељковић	
Датум и место рођења: 13.8.1996.	
Садашње запослење: Connect Dental Lab, лабораторија за зубну технику, Београд	
Докторска дисертација	
Наслов: Иновативни функционални чувари простора засновани на <i>CAD/CAM</i> технологији	
Број страница: 71	
Број слика: 14 слика, 21 табела, 11 графикана	
Број библиографских података: 83	
Установа и место где је рад израђен: Факултет медицинских наука Универзитета у Крагујевцу	
Научна област (УДК): Медицинске науке	
Ментор: Проф. др Раша Младеновић, ванредни професор Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Дечја и превентивна стоматологија	
Број и датум одлуке Већа универзитета о прихватању теме докторске дисертације:	
IV-03-380/7 од 20.5.2024.	

Autor
Ime i prezime: Andrija Nedeljković
Datum i mesto rođenja: 13.8.1996.
Sadašnje zaposlenje: Connect Dental Lab, dental laboratory, Belgrade
Doktorska disertacija
Naslov: Inovativni funkcionalni čuvari prostora zasnovani na CAD/CAM tehnologiji
Broj stranica: 71
Broj slika: 14 slika, 21 tabela, 11 grafikona
Broj bibliografskih podataka: 83
Ustanova i mesto gde je rad izrađen: Fakultet medicinskih nauka Univerziteta u Kragujevcu
Naučna oblast (UDK): Medicinske nauke
Mentor: Prof. dr Raša Mladenović, vanredni profesor Fakulteta medicinskih nauka Univerziteta u Kragujevcu za užu naučnu oblast Dečja i preventivna stomatologija
Broj i datum odluke Veća univerziteta o prihvatanju teme doktorske disertacije: IV-03-380/7 od 20.5.2024.

Author
Name and surname: Andrija Nedeljković
Date and place of birth: 13.8.1996.
Current employment: Connect Dental Lab,
Doctoral Dissertation
Title: Innovative functional space maintainers based on CAD/CAM technology
No. of pages: 71
No. of images: 14 figures, 21 tables, 11 charts
No. of bibliographic data: 83
Institution and place of work: Faculty of Medical Sciences University of Kragujevac
Scientific area (UDK): Medical sciences
Mentor: Prof. dr. Raša Mladenović, Associate professor, Faculty of Medical Sciences University of Kragujevac
Topic Application Date: 17.4.2024.
Decision number and date of acceptance of the doctoral dissertation topic:
IV-03-380/7 from 20.5.2024.

САЖЕТАК

Увод: С обзиром на то да пасивни фиксни чувари простора не надокнађују изгубљени зуб нити обезбеђују функцију жвакања, циљ овог истраживања био је да се испита ефикасност иновативног приступа очувању простора након превременог вађења првих млечних молара, применом функционалних чувара простора дизајнираних уз помоћ CAD/CAM технологије.

Материјал и методе: Истраживање је спроведено у виду рандомизоване контролисане студије у коју је било укључено укупно 28 пацијената, распоређених у две групе – 15 у групу са чуварима простора израђеним 3Д штампом метала и 13 у групу са чуварима израђеним глодањем композитног материјала. Критеријуми за укључење подразумевали су потребу за екстракцијом или постојећи губитак првог млечног молара услед компликација каријеса, као и предвиђено дуже време до ницања сталног наследника. Функционални чувари простора су израђени од различитих материјала у зависности од групе: Група 3Д штампе: легура метала, произведена од стране компаније *Scheftner* из Немачке. Група глодања: високофункционални композит *breCAM.HIPC (High Impact Polymer Composite)*, произведен од стране компаније *Bredent*, такође из Немачке. Ефикасност чувара простора оцењивана је на основу клиничких прегледа након једног, три и шест месеци од цементирања, мерењем максималне силе загријаја, проценом ефикасности жвакања и упитником задовољства деце и родитеља, чиме је добијена свеобухватна слика о функционалности ових апарата.

Резултати: Током шестомесечног праћења забележен је позитиван клинички тренд у обе групе, што указује на адаптацију пацијената и стабилност чувара простора. Ипак, анализа је показала да тип чувара простора (3Д штампани метални у односу на глодани композитни) значајно утиче на клиничке оцене ($p < 0,001$), што указује на супериорност одређених карактеристика у једној од група. Када је реч о максималној сили загријаја, није било статистички значајне разлике између стране са чуваром простора и контралатералне здраве стране, ни у 3Д штампаној групи ($p = 0,270$) ни у групи са глодањем ($p = 0,765$), што говори у прилог стабилности и функционалности оба типа уређаја. Међутим, значајна побољшања су уочена у области ефикасности жвакања након постављања чувара простора, што потврђује њихову позитивну улогу не само у механичком очувању простора, већ и у рестаурацији основне физиолошке функције жвакања. Анализом упитника утврђено је да је у обе групе забележен висок степен задовољства. Деца су се брзо навикла на апарате, док су родитељи изразили позитиван став у погледу естетике, удобности и функционалности, што додатно потврђује клиничку применљивост и прихватљивост ових савремених решењ.

Закључак: На основу шестомесечног праћења, може се закључити да функционални чувари простора израђени 3Д штампом од метала показују супериорне клиничке карактеристике у односу на оне израђене глодањем од композита. Иако разлике у максималној сили загријаја и ефикасности жвакања нису биле статистички значајне, укупни клинички исходи указују на већи степен стабилности и адаптације код металних чувара простора. Ови налази подржавају примену CAD/CAM технологије као новог стандардног приступа у изради функционалних чувара простора, који не само да штите зубни лук већ активно доприносе рехабилитацији оралне функције код деце.

Кључне речи: Чувари простора, CAD/CAM технологија, Глодање, 3Д штампа, Сила загријаја, Ефикасност жвакања

SUMMARY

Introduction: Since passive fixed space maintainers do not replace the lost tooth nor restore masticatory function, the aim of this study was to evaluate the effectiveness of an innovative approach to space maintenance following premature extraction of the first primary molars, through the use of functional space maintainers designed with CAD/CAM technology.

Materials and Methods: This study was conducted as a randomized controlled trial including a total of 28 patients, divided into two groups – 15 patients received space maintainers fabricated via 3D metal printing, while 13 received maintainers milled from composite material. The inclusion criteria encompassed the need for extraction or the presence of first primary molar loss due to caries complications, with a prolonged eruption period of the permanent successor. The functional space maintainers were manufactured using different materials depending on the group: 3D Printing Group: Metal alloy produced by Scheftner (Germany). Milling Group: High-performance composite material breCAM-IPC (High Impact Polymer Composite), produced by Bredent (Germany). The effectiveness of space maintainers was assessed through clinical examinations at one, three, and six months post-cementation, including measurements of maximum bite force, evaluation of masticatory performance, and satisfaction questionnaires completed by both children and parents. This comprehensive assessment provided valuable insight into the functional success of these appliances.

Results: During the six-month follow-up period, a positive clinical trend was observed in both groups, indicating successful patient adaptation and device stability. However, statistical analysis showed that the type of space maintainer (3D-printed metal vs. milled composite) significantly influenced clinical evaluations ($p < 0.001$), suggesting the superiority of certain features in one group. Regarding maximum bite force, no statistically significant differences were found between the side with the space maintainer and the contralateral healthy side in either the 3D printing group ($p = 0.270$) or the milling group ($p = 0.765$), supporting the stability and functionality of both types of appliances. Notably, significant improvements were observed in masticatory performance following placement of the space maintainers, confirming their positive role not only in maintaining the arch space mechanically, but also in restoring basic physiological chewing function. Analysis of the satisfaction questionnaires revealed a high level of satisfaction in both groups. Children adapted quickly to the devices, and parents expressed favorable opinions regarding their aesthetic appeal, comfort, and functionality, further confirming the clinical applicability and acceptability of these modern solutions.

Conclusion: Based on the six-month follow-up, it can be concluded that functional space maintainers produced via 3D metal printing exhibit superior clinical performance compared to those milled from composite. Although differences in maximum bite force and masticatory performance were not statistically significant, the overall clinical outcomes indicate a greater degree of stability and adaptation in the metal group. These findings support the use of CAD/CAM technology as a new standard in the fabrication of functional space maintainers, which not only preserve the dental arch but also actively contribute to the rehabilitation of oral function in children.

Keywords: Space maintainers, CAD/CAM technology, Milling, 3D printing, Bite force, Masticatory performance

ЗАХВАЛНИЦА

Захвалност дугујем:

Ментору проф. др Раши Младеновићу на несебичној подршци, стручном вођењу и богатом знању које је великодушно делио током израде мог докторског рада. Његова посвећеност, стрпљење и вера у мој рад били су кључни за мој напредак. Била ми је част радити под његовим менторством.

Вишем зубном техничару Драгани ⁶Матовић на помоћи у израду кључног елемента овог рада, прецизности, пријатељском односу стручним саветима и сугестијама.

Проф. др Зорану Букумирићу на статистичкој обради података.

Посебну и најдубљу захвалност упућујем својој породици, тати Вукићу, мама Биљани и брату Александру, која је била мој најчврћи ослонац не само током израде ове дисертације, већ и на читавом животном путу. Њихова безусловна љубав, разумевање, стрпљење и подршка били су темељи на којима сам градио и своје образовање и своју личност. Снага коју сам црпео из њихове вере у мене била је незаменљива у сваком кораку овог захтевног али плодносног процеса.

САДРЖАЈ

	страна
1. УВОД	1
1.1. РАСТ И РАЗВОЈ	2
1.1.1. ПРЕНАТАЛНИ РАЗВОЈ	2
1.1.2. ПОСТНАТАЛНИ РАЗВОЈ	3
1.1.3. ФАЗЕ РАЗВОЈА ЗУБА	4
1.1.3.1. Формирање зубних структура	5
1.1.3.2. Хронологија развоја зуба	6
1.2. ЗНАЧАЈ МЛЕЧНИХ ЗУБА	8
1.2.1. ПРЕВРЕМЕНИ ГУБИТАК ЗУБА	9
1.3. МЕРЕ ЧУВАЊА ПРОСТОРА	10
1.3.1. ФИКСНИ ЧУВАРИ ПРОСТОРА	11
1.3.1.1. Омча и петља (<i>Band and Loop</i>)	12
1.3.1.2. Круна и петља (<i>Crown and Loop</i>)	12
1.3.1.3. Композитни чувар простора ојачан влакнима (<i>Glass fiber reinforced composite space maintainer</i>)	12
1.3.1.4. Дистални држач – ципела (<i>Distal shoe</i>)	13
1.3.1.5. Лингвални и палатинални обострани чувари простора	14
1.3.2. МОБИЛНИ ЧУВАРИ ПРОСТОРА	15
1.4. ДИГИТАЛИЗАЦИЈА У СТОМАТОЛОГИЈИ	15
 2. ХИПОТЕЗА	 20
 3. ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА	 22
 4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ	 24
4.1. ДИЗАЈН СТУДИЈЕ	25
4.2. ПРОЦЕС ДИЗАЈНИРАЊА И ИЗРАДЕ ЧУВАРА ПРОСТОРА	26
4.3. ПРОЦЕНА ЕФИКАСНОСТИ	32
4.3.1. КЛИНИЧА ПРОЦЕНА	32
4.3.2. МАКСИМАЛНА СИЛА ЗАГРИЖАЈА	32

4.3.3. ЕФИКАСНОСТ ЖВАКАЊА.....	33
4.3.4. УПИТНИК ЗАДОВОЉСТВА	34
4.4. СНАГА СТУДИЈЕ И ВЕЛИЧИНА УЗОРКА.....	35
4.5. СТАТИСТИЧКА АНАЛИЗА	35
5. РЕЗУЛТАТИ	36
5.1. ПОЛНА И СТАРОСНА СТРУКТУРА	37
5.2. КЛИНИЧКА ПРОЦЕНА	39
5.3. МАКСИМАЛНА СИЛА ЗАГРИЖАЈА	43
5.4. ЕФИКАСНОСТ ЖВАКАЊА.....	46
5.5. УПИТНИК ЗАДОВОЉСТВА	50
6. ДИСКУСИЈА	53
7. ЗАКЉУЧАК	62
8. ЛИТЕРАТУРА	64

СПИСАК СКРАЋЕНИЦА

CAD - *Computer-Aided Design*

CAM - *(Computer-Aided Manufacturing*

CEREC - *Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics*

CNC - *Computer Numerical Control*

DED - *Direct Energy Deposition*

DLP - *Digital Light Processing*

FDM - *Fused Deposition Modeling*

2

KOS&MET - *Key Orthodontic System and Materials Enhanced Therapy*

PEEK - *Polyetheretherketone*

SLA - *Stereolithography*

SLS - *Selective Laser Sintering*

1. УВОД

1.1. РАСТ И РАЗВОЈ

Људски организам представља сложен скуп ћелија са различитим морфолошким, хистохемијским и биохемијским особинама. Иако свака ћелија има свој специфичан облик, положај и функцију, она чини само део једне усклађене целине. Промене у организму се одвијају каскадно — промена на једној ћелији изазива промене на другим ћелијама са којима је у директној или индиректној вези.

Развој орофацијалног система одвија се кроз серију динамичних процеса који почињу већ у другом месецу интраутериног живота и трају до краја друге деценије. Раст и развој детета деле се на два периода: пренатални и постнатални.

1.1.1. ПРЕНАТАЛНИ РАЗВОЈ

Пренатални развој траје приближно девет календарских, односно десет лунарних месеци и дели се на три периода:

- Преембрионални – почиње оплодњом и траје око 20 дана,
- Ембрионални – почиње крајем треће недеље и траје до краја другог месеца,
- Фетални – почиње од трећег месеца и траје до порођаја.

Ембрионални период карактеришу интензивна митоза и пролиферација ћелија. Ћелије се умножавају, затим пролазе кроз фазе хистолошке и морфолошке диференцијације, при чему мењају облик у складу са својом будућом функцијом. Њихов положај и улога су генетски предодређени, што омогућава организован развој ткива, органа и целог организма (Beloica et al. 2010).

У првој недељи развоја ембриона доминира митотичка активност. Осмог дана након оплодње почиње формирање три ембрионална кличина листа: ектодерма, мезодерма и ендодерма. Истовремено се формирају васкуларни елементи и успоставља крвоток, док се крајем друге и почетком треће недеље појављују први знаци примарне усне дупље.

Већ у трећој недељи, када ембрион има око 3 мм, почиње развој орофацијалног система. У четвртој недељи се формирају неурални гребенови који граде неуралну цев, из које се развија централни нервни систем. Са врха неуралног гребена мигрирају ектомезенхималне ћелије (неурална креста) које су кључне за формирање многих органа, укључујући и зубе.

Испод неуралне структуре развија се пет висцералних (брахијалних) лукова, од којих први (мандибуларни) и други (хиоидни) учествују у формирању орофацијалног система. Пролиферацијом ћелија мандибуларног лука настају четири испупчења – два максиларна и два мандибуларна процесуса – који су одвојени жлебовима.

У развоју лица учествује и фронтонезални процесус, на коме се у четвртој недељи формирају два задебљања ектодерма — олфакторне (назалне) плакоде, које ће касније учествовати у формирању носа.

Из првог лука настају два мандибуларна процеса, који расту ка средишњој линији и касније се спајају у један мандибуларни лук. Максимални процеси настају из дисталних делова мандибуларних процеса и шире се латерално, све до спајања са назалним структурама. Заједно са фронтонезалним процесом они формирају примарну усну дупљу, која ће се касније развити у засебне усну и носну шупљину (Beloica et al. 2010; Albadri and Stevens 2021).

1.1.2. ПОСТНАТАЛНИ РАЗВОЈ

Постнатални развој почиње рођењем и траје до двадесетих година живота. Најинтензивнији раст се дешава у првој години, када дете порасте у просеку 25 cm. У другој години раст успорава (око 12 cm), а у трећој се креће од 7,5 до 10 cm. Након тога, раст постепено опада до пубертета, када поново настаје убрзани раст.

Постнатални развој се дели на:

- Инфантилни период,
- Период детињства,
- Пубертет,
- Адолесценцију,
- Зрелост.

Инфантилни период одликује се изузетно брзим растом — дужина тела се повећава за 50%, а телесна тежина се утростручује. У овом периоду ничу први млечни секутићи, формирају се зачеци премолара и сталних молара, а већина клица сталних зуба започиње минерализацију. Формира се говор и затварају се фонтанеле.

У периоду детињства раст се успорава, долази до исправљања кичме и наставља се минерализација сталних зуба. У предшколском узрасту почиње смена млечних зуба, ничу стални секутићи и први стални молари. Потпуна смена млечне дентиције се завршава у школском узрасту, када ниче и други стални молар. После десете године, раст и развој су најинтензивнији након периода раног детињства.

Пубертет и адолесценција представљају период биолошког сазревања. Најизраженије промене у пубертету дешавају се на гениталном тракту и долази до појаве секундарних полних карактеристика. Овај период може почети већ између девете и седамнаесте године живота.

Адолесценцију карактерише успоравање раста, ницање умњака и завршетак развоја сталне дентиције.

1.1.3. ФАЗЕ РАЗВОЈА ЗУБА

Одонтогенеза је сложен процес који је уско повезан са формирањем околних структура орофацијалног система. На сам развој зуба утичу бројни фактори.

Развој зуба започиње формирањем зубне клице (пупољка) и траје до завршетка апексогенезе корена (Albadri and Stevens 2021). Код зуба различитих дентиција и различитих група, време почетка одонтогенезе и трајање читавог процеса се разликују. Одонтогенеза почиње око шесте недеље интраутериног живота, када се формирају први зачеци клица млечних секутића, и траје до почетка треће деценије живота, када се завршава раст коренова трећих молара.

Током развоја, ћелије које учествују у одонтогенези пролазе кроз шест основних фаза:

- иницијацију,
- пролиферацију,
- хистоморфолошку диференцијацију,
- апозицију (минерализацију),
- ницање,
- ресорпцију коренова млечних зуба.

Фаза иницијације представља период у коме различити фактори утичу на подстицање формативне активности ћелија. Ови фактори се не могу посматрати изоловано, јер један произилази из другог и међусобно се условљавају.

Систематизован скуп различитих ћелијских утицаја у току развоја и функције органа назива се биолошка интеракција ћелија. Фактори који делују у овом процесу деле се на иницијативне и индуктивне. Они делују у строго утврђеном еволутивном редоследу, што резултира тиме да се одређени органи једне врсте изграђују на исти начин и у истом облику (генетско наслеђе). Ови фактори су бројни и у великој мери још увек непознати.

Фаза пролиферације је период у коме долази до размножавања ћелија, што представља основу за формирање зуба.

Фаза хистоморфолошке диференцијације обухвата период када ћелије добијају специфичан облик, величину, садржај, положај и функционални значај у оквиру органа.

Фаза апозиције (минерализације) карактерише се формирањем коштаног и тврдог зубног ткива. Након излучивања органске основе од стране специфичних ћелија (амелобласта, одонтобласта и цементобласта), долази до процеса минерализације и матурације, чиме се формирају тврда ткива зуба.

Фаза ницања обухвата период у коме се зубна клица креће од места формирања до своје коначне позиције у зубном луку, где ће обављати своју функцију.

Фаза физиолошке ресорпције коренова карактеристична је искључиво за млечну дентицију и представља процес који омогућава смену млечних зуба сталним.

1.1.3.1. Формирање зубних структура

Примитивна усна дупља се формира удруживањем два максиларна, једног фронтонезалног и два мандибуларна процесуса. Њена унутрашња површина обложена је епителом ектодермалног порекла, који у почетку чини један слој ниско цилиндричних ћелија. Овај површински епител је од ектомезенхималног ткива одвојен базалном мембраном. На појединим местима епител почиње да пролиферише, односно задебљава. Ектомезенхимално ткиво састоји се од мезенхималних и ектомезенхималних ћелија које мигрирају из неуралне кресте. Њихова локална кондензација уз базалну мембрану делује као иницијални и индуктивни сигнал за даљу пролиферацију епитела. Пролиферативне епителне ћелије затим урастају у ектомезенхим, спајају се и формирају потковичасту примарну епителну траку у обе вилице. Ове траке се пружају дуж обода примарне усне шупљине, а њихово формирање праћено је активним учешћем околног ектомезенхима (Beloica et al. 2010; Juric 2015).

Из пролиферације примарне епителне траке настају две нове структуре:

- вестибуларна гредица (*lamina vestibularis*) – учествује у развоју вестибулума усне шупљине,
- зубна гредица (*lamina dentalis*) – из ње се развијају клице млечних и сталних зуба.

Ћелије *lamina dentalis* настављају да се пролиферишу и реорганизују, распоређујући се у полулучну дуж максиларног и мандибуларног процесуса. На местима будућих зуба долази до локалне кондензације ектомезенхималних ћелија, што делује као сигнал за локализовану пролиферацију епитела *lamina dentalis*. Тако настаје прва фаза развоја зуба – стадијум пупољка.

Зубни пупољци састоје се од младих, недиференцираних епителних ћелија окружених ектомезенхималним ћелијама. Развијају се сукцесивно, почев од предњег дела зубне гредице. У шестој недељи интраутериног развоја почиње формирање пупољака млечних централних секутића, а до десете недеље у свакој вилици се формира по један пупољак за сваки млечни зуб.

Формирање пупољка представља снажан индуктивни сигнал за даљу пролиферацију околних ектомезенхималних ћелија. Њихов раст изазива притисак на епителни пупољак, што доводи до његове инвагинације и преласка у стадијум капе. Епителна капа, окружена кондензованим ектомезенхимом, наставља инвагинацију и добија облик звона – стадијум звона.

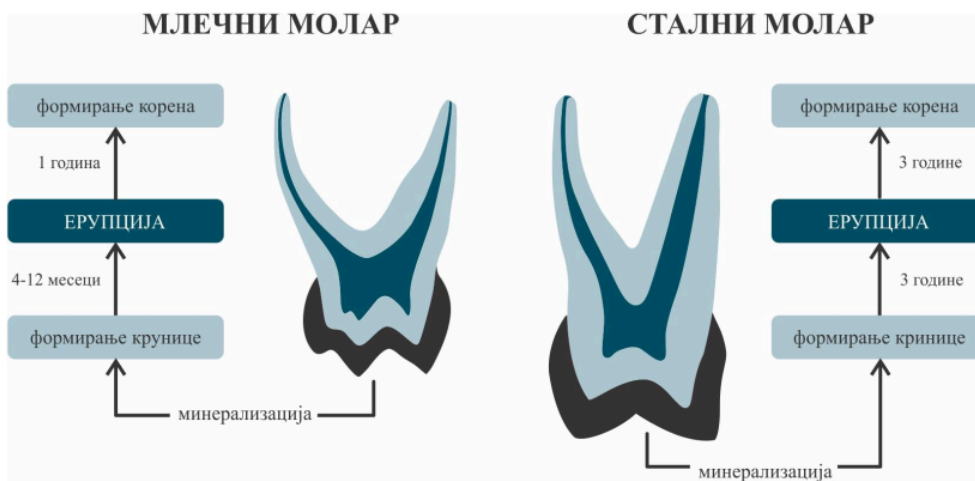
Епително звоно, у почетку повезано са *lamina dentalis* преко петељке, представља структуру познату као глеђни орган, који је одговоран за стварање глеђи.

У удубљењу епителног звона налази се кондензована маса ектомезенхималних ћелија која формира денталну папилу (дентинско-пулпни орган). Ћелије денталне папиле учествују у стварању дентина и пулпе зуба.

Ектомезенхималне ћелије које окружују глеђни орган и денталну папилу чине дентални фоликул, из које се развијају структуре пародонцијума: цемент, периодонцијум и алвеоларна кост (Albadri and Stevens 2021; Beloica et al. 2010).

1.1.3.2. Хронологија развоја зуба

Формирање зубне клице, развој крунице, ницање и завршетак развоја корена генетски су условљени и разликују се за сваки зуб (Слика 1). На те процесе могу утицати бројни фактори, као што су пол, раса, инфекције, трауме и др. Установљено је да се развој и ницање зуба нешто брже одвијају код девојчица, као и да зуби у доњој вилици по правилу ничу раније него у горњој (Mladenovic 2024).



Слика 1. Формирање зубних ткива млечног и сталног молара

Развој млечних зуба почиње у шестој недељи феталног живота стварањем пупољака централних, а затим и латералних млечних секутића. До десете недеље феталног живота развој почиње и код осталих млечних зуба. Минерализација тврдых ткива свих млечних зуба започиње између четвртог и шестог месеца феталног живота.

Комплетна минерализација круница млечних зуба завршава се током прве године живота. Изградња централних секутића завршава се око трећег месеца, латералних око трећег, првих млечних молара око шестог, очњака око деветог, а других млечних молара око једанаестог месеца живота.

Време избијања млечних зуба веома варира, како између појединачних зуба, тако и између деце, па се говори о просечном времену ерупције. Обично зуби ничу нешто раније код девојчица, док је редослед избијања код свих приближно исти (Слика 2).

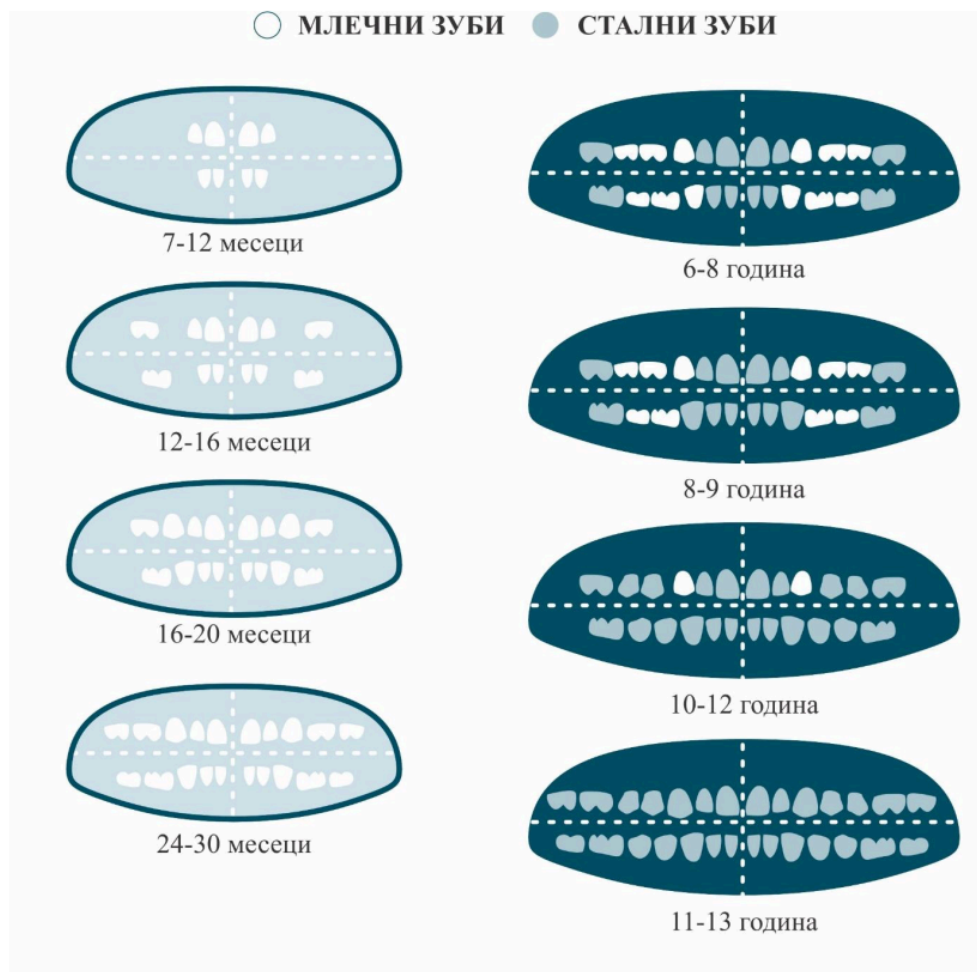
Први млечни зуби који избијају су доњи, а затим горњи централни секутићи, обично између шестог и осмог месеца живота. Након тога, између осмог и десетог месеца ничу доњи и горњи латерални секутићи. Доњи очњаци и молари по правилу ничу пре горњих, при чему први млечни молар увек ниче пре очњака. Очњаци избијају између 16. и 20. месеца, први млечни молари између 12. и 16., а други млечни молари између 20. и 30. месеца живота.

Раст коренова млечних секутића завршава се између прве и средине друге године живота, док се коренови првих млечних молара формирају до краја друге и половине

треће године. Коренови других млечних молара завршавају раст око треће године, а млечних очњака нешто касније. Завршетак раста корена млечног зуба обично се дешава око годину и по након избијања.

Формирање клица сталних зуба почиње у четвртом месецу феталног живота стварањем пупољака првих сталних молара, а наставља се сукцесивно до четврте године живота, када из допунске зубне гредице почињу да се формирају клице трећих молара.

Минерализација крунице првих сталних молара почиње око рођења, а комплетна минерализација круница свих сталних зуба, осим умњака, завршава се до осме године живота.



Слика 2. Хронологија ницања млечних и сталних зуба

Време избијања сталних зуба варира код појединаца. Први стални зуби који се појављују у устима су први стални молари (обично доњи) или доњи централни секутићи, између шесте и седме године. Горњи централни и доњи латерални секутићи ничу око

седме године, горњи латерални секутићи око осме, доњи очњаци око девете, доњи и горњи премолари и горњи очњаци између 10. и 12. године, а други стални молари између 11. и 13. године живота. Умњаци избијају између 17. и 21. године.

Развој корена првих сталних молара и централних секутића завршава се између девете и десете године, док коренови других сталних молара завршавају раст између 14. и 16. године.

Раст корена сталних зуба завршава се две и по до три године након њихове ерупције.

1.2. ЗНАЧАЈ МЛЕЧНИХ ЗУБА

Човек има два узастопна зубна низа: примарне (млечне) и сталне зубе. Иако се често сматрају привременим, млечни зуби имају пресудан значај за правилан раст и развој детета, и у том узрасту су чак важнији него што су стални зуби у одраслом добу.

Укупно двадесет млечних зуба — по десет у свакој вилици — формира примарни зубни лук. Развој млечних зуба почиње већ у шестој недељи интраутериног живота, али се у усној дупљи појављују тек након што се развије око две трећине њиховог корена. Први млечни зуби обично ничу око шестог месеца након рођења, а последњи избијају до краја друге или почетка треће године живота. Тако се активна фаза ницања примарне дентиције одвија од шестог месеца до приближно треће године живота.

Функционални период млечних секутића траје отприлике пет година, док млечни молари могу остати у функцији знатно дуже. У неким случајевима, посебно када је неопходно обезбедити гризну површину и стабилност жвакања, млечни зуби могу остати у усној дупљи све до једанаесте или дванаесте године живота. Здрав и правилно постављени млечни зуби играју кључну улогу у развоју говора, правилној артикулацији, жвакању, естетици, као и у обезбеђивању простора за ницање сталних зуба. Они усмеравају раст сталних зуба и омогућавају њихову ерупцију у правилан положај у зубном луку. Губитак млечних зуба пре времена може довести до губитка простора и стварања ортодонтских аномалија у сталној дентицији. Од шесте до дванаесте године, дете се налази у фази мешовите дентиције — у устима су присутни и млечни и стални зуби. До краја тог периода, у физиолошким условима, присутни су сви стални зуби осим умњака (трећих молара), који се најчешће јављају између 17. и 25. године живота, у зависности од индивидуалних карактеристика. Важно је нагласити да је распоред ницања индивидуалан и варира од детета до детета. Ипак, постоје устаљени физиолошки оквири који служе као оријентир у процени правилног развоја (Mladenovic 2024).

Иако је каријес болест која се лако превенира, и даље представља најзаступљенији хронични здравствени проблем у детињству. У многим срединама недовољна информисаност родитеља о значају млечних зуба доводи до занемаривања превенције и касног лечења, најчешће тек када дете осети бол. Честа је заблуда да млечне зубе није потребно лечити јер ће свакако испасти, али занемаривање њиховог здравља може озбиљно угрозити развој и здравље сталне дентиције. Орални проблеми код деце се не испољавају увек кроз бол. Често се манифестују кроз промене у навикама у исхрани, избегавање жвакања, раздражљивост или поремећај сна. Прва посета стоматологу може бити велики изазов због страха од непознатог окружења и могућег бола, што неретко доводи до одбојности детета према стоматолошком третману. Управо зато је превенција,

рана едукација родитеља и редовни прегледи у раном детињству од суштинског значаја за очување оралног здравља и правилан развој зуба.

1.2.1. ПРЕВРЕМЕНИ ГУБИТАК ЗУБА

Нетретиран каријес млечних зуба често доводи до акутног или хроничног запаљења пулпе, што може резултирати јаким боловима, инфекцијом и апцесом. Инфекције овог типа не само да угрожавају опште здравље детета већ могу довести и до трајних оштећења сталних зуба у развоју, попут хипоплазије глеђи и промене боје круне. Екстракције млечних зуба због апцеса значајно повећавају ризик од оштећења заменика. Поред тога, хроничне инфекције могу негативно утицати на раст и развој детета, изазвати анемију, смањити квалитет живота и довести до озбиљних компликација.

Смена млечних и сталних зуба представља физиолошки процес, али као последица раног губитка зуба у млечној или мешовитој дентицији може доћи до губитка простора (Casamassimo 2013; Cameron et al. 2017). Губитак простора најчешће доводи до мезијалне миграције задњих зуба, а неретко и до дисталног померања предњих зуба. Општи став је да рани губитак млечног молара у доњој вилици углавном резултује дисталним померањем очњака, док рани губитак првог млечног молара у горњој вилици доводи до мезијалне миграције другог млечног молара (Tunison et al. 2008). Нема сумње да након превремене екстракције млечних молара настаје губитак простора, али димензије тог простора и потреба за клиничком интервенцијом и даље су предмет расправа (Ralph et al. 2010; Simon et al. 2012; Mohammad et al. 2015; Guo et al. 2020; Kalia et al. 2018; Srivastava et al. 2016).

1.3. МЕРЕ ЧУВАЊА ПРОСТОРА

Између пете и седме године живота започиње ерупција првих сталних молара — зуба који први избијају иза сталне дентиције и који не замењују ниједан млечни зуб. Овај период представља једну од најосетљивијих фаза у развоју зубног лука. Уколико у том узрасту дође до превременог губитка примарних молара, постоји велика вероватноћа да ће околни зуби мигрирати у празан простор. Последица тога је смањење дужине зубног лука и настанак тескобе, што онемогућава правилну ерупцију сталних наследника (Nedeljkovic et al. 2022). Управо због оваквог ризика, период ерупције првог сталног молара сматра се критичним за примену чувара простора. Чуvari простора представљају превентивне или терапијске апарате чија је основна улога очување празног места у зубном низу, омогућавајући да стални зуби касније заузму свој физиолошки положај. Врста апарата који се користи као чувар простора зависи од више клиничких и индивидуалних фактора — пре свега од броја изгубљених зуба, стања и стадијума развоја суседних сталних и примарних зуба, облика и дужине зубног лука, као и од узраста, степена сарадње и оралне хигијене (Nedeljkovic et al. 2025).

Посебна пажња се посвећује очувању положаја другог млечног молара, који игра пресудну улогу у усмеравању и правилној ерупцији првог сталног молара. Уколико дође до његовог превременог губитка, први стални молар може мигрирати мезијално —

односно ка предњем делу лука — што доводи до смањења укупне дужине зубног лука, губитка простора за друге сталне зубе и ремећења редоследа ерупције. Последично, може се јавити скученост у фронталном сегменту, ротирани зуби или неправилан загрижај (Nedeljkovic et al. 2025). Иако се често мање пажње поклања првом млечном молару, и његов губитак има значајне последице. Он представља стабилизатор међу зубима у време ерупције сталних секутића и очњака. Његов превремени губитак може довести до дестабилизације суседних зуба, нарочито очњака, који често мигрирају дистално у простор изгубљеног молара. Таква миграција може довести до асиметрије зубног лука, нарушене ерупције премолара и каснијих потреба за ортодонтском интервенцијом.

Постоји више типова чувара простора, који се бирају у складу са специфичностима сваког клиничког случаја. Они се, према начину фиксације, деле на (Nedeljkovic et al. 2022; Nedeljkovic et al. 2025):

- Фиксне чуваре простора – цементирају се на суседне зубе и остају у усној дупљи све док стални зуб не избије. Они су стабилнији, не зависе од сарадње детета и лакше се контролишу током редовних стоматолошких прегледа
- Мобилне чуваре простора – дете их поставља и уклања само. Они захтевају добру сарадњу детета, адекватну мотивацију и одличну оралну хигијену, јер у супротном постоји ризик од неправилне употребе или губитка апарата.

Према механизму деловања, чувари простора се класификују као:

- Пасивни чувари простора – они задржавају постојећи простор, спречавајући миграцију суседних зуба. Најчешће се користе након екстракције једног или више млечних зуба када нема потребе за корекцијом већ изгубљеног простора.
- Активни чувари простора – осмишљени су да постепено поврате делимично изгубљен простор, на пример у ситуацијама када је дошло до благе миграције суседних зуба након екстракције, али пре потпуне затворености простора.

Успешност терапије чувара простора зависи од више фактора, али најважнији је правовремена процена и благовремена интервенција. Само тада је могуће сачувати простор и обезбедити услове за правилну ерупцију сталних зуба. Поред тога, неопходно је редовно праћење пацијента, како би се уочиле промене у развоју и по потреби прилагодила терапија. Одлагање или потпуно изостављање чувара простора након превремене екстракције примарних молара често доводи до сложених ортодонтских проблема у каснијем узрасту, чије лечење је временски дуже, скупље и захтева већи напор како стоматолога, тако и пацијента и његових родитеља (Setia et al. 2013; Watt et al. 2018).

1.3.1. ФИКСНИ ЧУВАРИ ПРОСТОРА

Уопштено, чувари простора су полутрајни држачи чија је функција одржавање простора за правилно ницање сталних зуба заменика. Након ерупције сталних зуба, чувар простора се уклања.

1.3.1.1. Омча и петља (*Band and Loop*)

Овај тип чувара простора је један од најчешће коришћених због једноставности у изради. Ипак, прецизно постављање омче око зуба често представља изазов. Приликом постављања може доћи до повреде меког ткива, па је често неопходна примена локалне анестезије. Могу се јавити и додатне компликације као што су акумулација денталног плака, гингивитис и оштећење околних меких ткива (Kawara et al. 1998; Gurcan et al. 2020; Tunc et al. 2012).

Израда овог апарата захтева више времена и материјала, што утиче на повећане трошкове. У случају да дође до лома, савијања или померања апарата, он се не може лако поправити у ординацији, већ је најчешће потребна израда новог, што додатно оптерећује и време и трошкове лечења (Kawara et al. 1998; Gurcan et al. 2020). Још један недостатак је слаб естетски изглед, јер је направљен од нерђајућег челика, и могућност појаве алергијских реакција на материјал Ramakrishan et al. 2019; Qudeimat and Sasa 2015. Постоје и комерцијално доступни полуготови системи овог типа који не захтевају лабораторијску фазу, али се и код њих јављају слични проблеми као и код класичних модела. Управо због ових ограничења, стално се ради на развоју нових материјала и решења за очување простора након превременог губитка млечног зуба.

1.3.1.2. Круна и петља (*Crown and Loop*)

Ови уређаји обухватају круну постављену преко једног зуба и жичану петљу од нерђајућег челика. Најчешће се користе када је дистални зуб захваћен каријесом, па круницом решавамо тај проблем, а она истовремено чини фиксни део чувара простора. Петља је везана за круну са једне стране простора, док са друге стране ослања на зуб и одржава празнину стабилном након губитка млечног зуба. Главна предност овог типа чувара је добра стабилизација, док су недостаци дезинтеграција цемента, пуцање лемова, настанак каријеса и дуготрајан процес израде.

1.3.1.3. Композитни чувар простора ојачан влакнима (*Glass fiber reinforced composite space maintainer*)

Увођење композитних материјала ојачаних влакнима представља значајан напредак у савременој стоматолошкој пракси. Једна од све чешћих примена ових материјала је у педијатријској стоматологији, и то у изради чувара простора након превременог губитка млечних зуба.

У поређењу са класичним типовима као што су чувари простора са траком и петљом од нерђајућег челика, композити ојачани влакнима пружају низ предности:

- естетски су прихватљивији јер имају боју сличну природним зубима,
- примењују се минимално инвазивно са мање траума на околна мека ткива,
- једноставно се уклањају када више нису потребни,

- боље се прихватају од стране деце због удобности и изгледа.

Ови материјали имају велику чврстоћу, упоредиву са металним компонентама, али уз већу еластичност, што смањује ризик од повреда меког ткива у усној дупљи. Израда и поставка су економичније и једноставније у односу на традиционалне апарате — не захтевају лабораторијску обраду, узимање отисака, нити сложене техничке процедуре. Захваљујући светлосној полимеризацији композита, цео поступак може се завршити током једне посете.

Међутим, постоје и одређена ограничења. Рад са овим материјалима захтева суво радно поље, па је манипулација отежана у присуству влаге, што је чест изазов код малих пацијената. Упркос овим недостацима, чувари простора од композита ојачаних влакнима представљају савремену, функционалну и естетску алтернативу у превентивној ортодонтској терапији код деце.

1.3.1.4. Дистални држач – ципела (*Distal shoe*)

Овај тип чувара простора развијен је као средство за усмеравање и контролу ерупције првог сталног молара у случају превременог губитка другог млечног молара, пре него што стални молар избије у усну дупљу. Апарати ове врсте омогућавају да први стални молар, који још није еруптирао, заузме свој физиолошки положај без мезијалне миграције у празан простор, чиме се спречава смањење дужине зубног лука и каснији проблеми у распореду сталних зуба.

Индикације за примену овог уређаја укључују:

- превремени губитак или планирану екстракцију другог млечног молара пре него што први стални молар избије,
- значајну ресорпцију корена другог млечног молара,
- присуство периапикалне инфекције или коштаног оштећења у околини тог зуба.

Терапија се одвија у више фаза. Током прве посете, припрема се зуб носач и узима се отисак за израду апарата. Истовремено се спроводи рендгенска анализа како би се проценио положај и развој првог сталног молара. У наредној фази, након екстракције другог млечног молара, апарат се цементира у усну дупљу. Његова конструкција омогућава да се дистално усмери и стабилизује растући први молар до потпуне ерупције.

Иако функционално веома користан, овај апарат има и своје недостатке:

- естетски изглед је мање прихватљив због металне структуре,
- отежано је одржавање оралне хигијене, нарочито у пределу апарата,
- акумулација плака,
- потреба за редовним контролним прегледима како би се пратила његова ефикасност и спречиле потенцијалне компликације.

Упркос тим ограничењима, дистални чувар простора остаје значајна терапијска опција у очувању правилног развоја сталне дентиције код деце. Правовремено постављен и адекватно праћен, овај апарат може значајно смањити ризик од ортодонских неправилности у каснијем узрасту.

1.3.1.5. Лингвални и палатинални обострани чувари простора

Лингвални лук представља билатерални, фиксни и пасивни апарат који се користи у ситуацијама када је потребно очувати дужину зубног лука након превременог губитка првих млечних молара. Његова основна улога је да стабилизује положај сталних молара и спречи њихово мезијално померање, чиме се чува простор за каснију ерупцију премолара. Најчешће се примењује након што су никли доњи стални секутићи, под условом да до тада није дошло до значајног померања предњих зуба. Употреба овог апарата пре ерупције секутића није препоручљива јер се не може осигурати његова прецизна позиција и ефикасност.

Лингвални лук не ремети ерупцију сталних зуба и обично се добро прихвата од стране пацијената. Пружа могућност лакшег одржавања оралне хигијене у поређењу са неким другим типовима апарата. Ипак, постоји ризик да, услед деловања језика, дође до благог нагињања секутића. Такође, не спречава екструзију антагониста, односно прекомерно избијање супротног зуба у празан простор, што може довести до нарушавања оклузије.

Поред основне функције очувања простора, постоје и модификације које укључују ортодонске елементе и омогућавају ограничена померања секутића, што овом апарату даје додатну терапијску вредност у одређеним клиничким ситуацијама.

Поред лингвалног, израђује се и палатинални лук који се разликује по томе што се ослања на непце, а не укључује предње зубе као место ослона. На непце се ослања индиректно преко акрилата, што спречава настанак повреда слузокоже.

1.3.2. МОБИЛНИ ЧУВАРИ ПРОСТОРА

Мобилни чувари простора слични су мобилним протезама. Израђују се од акрилата и многи од њих садрже акрилатне зубе који надокнађују изгубљене зубе, те представљају функционални апарат. Носиоце ових апарата чине метални прстенови који се прилагођавају око дисталних зуба, у зависности од клиничке ситуације и простора (Simon et al. 2012; Guo et al. 2020).

Коришћење мобилних чувара простора има више предности. Поред одржавања дужине простора, ови апарати помажу у одржавању вертикалне висине, чиме се враћа и естетика, спречавају поремећаји говора и елиминишу лоше навике као што је једнострано жвакање. Међутим, дизајн и израда ових апарата имају значајних недостатака. Производња захтева искуство терапеута и зубног техничара, а изглед апарата може значајно варирати од случаја до случаја. Основни елементи мобилних

чуvara (прстенови, жица, акрилат) показују велику варијабилност у дефинитивном изразу.

Један од највећих проблема је скупљање акрилата током полимеризације, што негативно утиче на адаптацију апарата уз ткиво. Због тога пацијенти често тешко прихватају апарат. Такође, проблем представља и недоступност гарнитуре млечних зуба, па је потребно прилагодити сталне зубе тако да што више одговарају морфологији млечних, али апсолутна прецизност није могућа.

Ови апарати омогућавају добро одржавање оралне хигијене, али њихова ефикасност је ограничена због мобилности уређаја и недовољне одговорности деце у том узрасту. Мобилни чувари простора могу бити унилатерални и билатерални. Унилатерални мобилни чувари су врло малих димензија, што у децем узрасту представља велику опасност од гутања и гушења — главну контраиндикацију због које се ретко израђују.

1.4. ДИГИТАЛИЗАЦИЈА У СТОМАТОЛОГИЈИ

Током последњих неколико деценија, основни теоријски и клинички постулати стоматолошке терапије нису се драстично мењали у погледу свог фундаменталног циља – очувања, рехабилитације и естетске реконструкције оралног здравља. Међутим, оно што се убрзано мењало јесте методологија којом се тај циљ постиже.

Традиционални, аналогни приступ, који је дуго био једини важећи у клиничком и лабораторијском раду, подразумевао је ручно узимање отисака користећи различите еластомерне или алгинатне материјале, физичко ливење гипсаних модела, мануелно моделовање протетских надокнада у воску, и на крају њихову финалну израду техником ливења, пресовања или слојевитог наношења и печења керамичких материјала. Такав аналогни модел рада био је и остао високо зависан од индивидуалне мануелне прецизности, искуства и субјективног ока зубних техничара и стоматолога, што је утицало на релативно ниску стандардизацију резултата и већу склоност ка варијацијама у квалитету финалних надокнада.

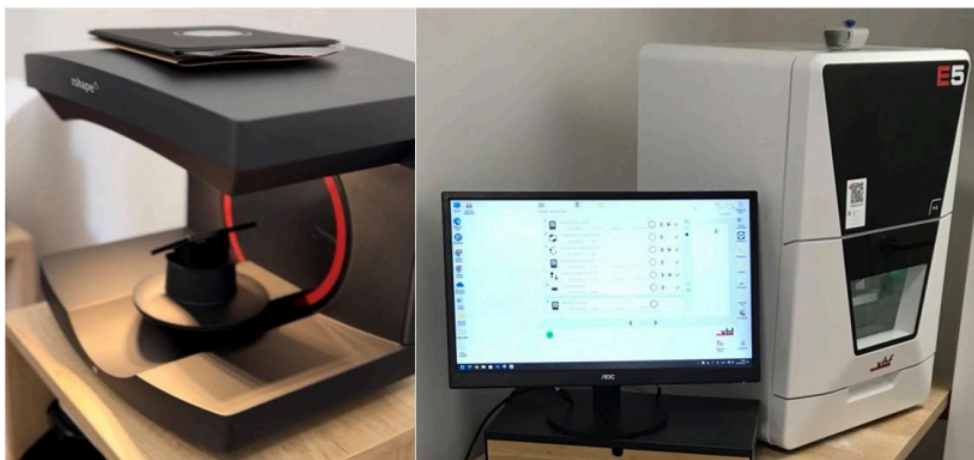
Иако аналогни приступ и даље има своје место у многим регионима света, нарочито у земљама у развоју, где инфраструктурна ограничења, трошкови увођења нових технологија и недовољна едукација представљају озбиљне баријере, развој и увођење дигиталне технологије обележили су почетак једне од најзначајнијих парадигматских промена у историји стоматологије. Историјски гледано, почеци дигиталне стоматологије везују се за 1980. годину и развој *CEREC (Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics)* система на Универзитету у Цириху. Професор *Werner Mörmann* и инжењер *Marco Brandestini* створили су систем који је по први пут омогућио дигитализацију процеса израде керамичке надокнаде унутар саме ординације – од отиска, преко дизајна, до производње. Иако примитиван по данашњим стандардима, овај систем представљао је технолошки пробој и поставио темеље за развој компјутерски асистираних техника које су касније прерасле у комплексне и свеобухватне дигиталне радне токове.

Током наредне деценије, *CAD (Computer-Aided Design)* и *CAM (Computer-Aided Manufacturing)* технологије почеле су постепено да се примењују у стоматолошкој лабораторији, пре свега у специјализованим центрима и универзитетским клиникама.

Развој денталних скенера, софтвера за тродимензионално моделовање, као и прецизних *CNC (Computer Numerical Control)* глодалица омогућио је све ширу употребу дигиталних технологија у изради фиксних протетских надокнада, укључујући крунице, мостове и имплантатне супраструктуре (Слика 3). Ипак, прави процват дигиталне стоматологије десио се почетком 21. века, када су технолошки напредци у области дигиталног отискивања, обраде модела и материјала високе чврстоће довели до појаве свеобухватних *CAD/CAM* система, који данас представљају стандард у многим развијеним земљама (Sánchez-Riofrío et al. 2020; Graf et al. 2018; Shenoy et al. 025).

У савременој стоматологији, дигитални радни ток подразумева неколико фаза које су међусобно логички повезане: дигитално отискивање, виртуелни дизајн, дигиталну комуникацију, производњу и финалну клиничку примену. Процес започиње дигиталним снимањем, које се може обавити директно у устима пацијента помоћу интраоралних скенера, или индиректно – лабораторијским скенирањем (Слика 3) традиционалних отисака или гипсаних модела. Модерни интраорални скенери, као што су *3Shape Trios*, *iTero Element*, *Medit i700* или *Planmeca Emerald*, омогућавају снимање у боји, снимање меког ткива, прецизно одређивање граница препарације и визуелизацију оклузије у реалном времену. Добијени дигитални отисци одмах се могу послати у лабораторију путем *cloud* система или се обрађују у ординацији, што омогућава такозвани *chairside* проток рада – израда надокнаде у оквиру једне посете (Caron et al. 2025; Negreiros et al. 2025).

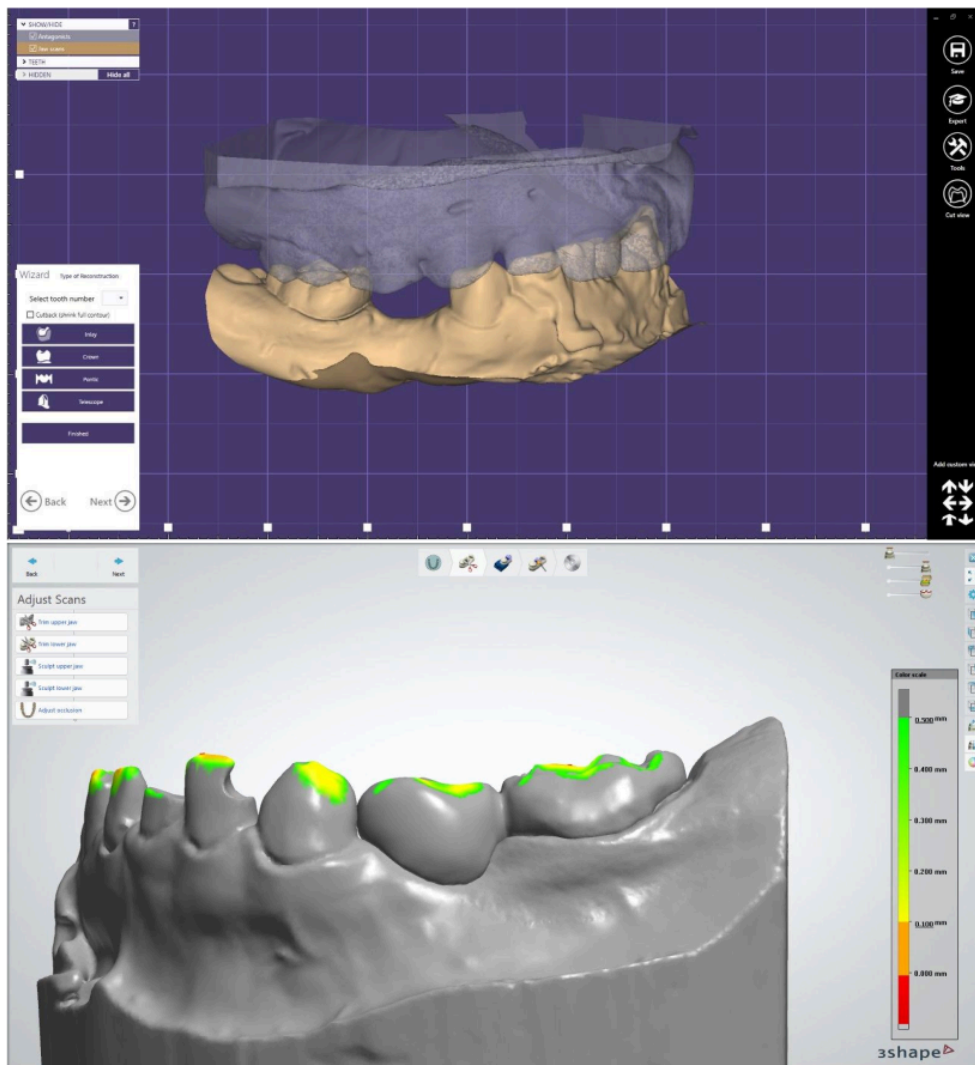
Након добијања података, следи фаза виртуелног дизајна, која се реализује у специјализованим *CAD* софтверима (Слика 4). У овом процесу стоматолог или зубни техничар, на основу дигиталног модела и анатомских параметара, креира тродимензионалну виртуелну реконструкцију недостајуће структуре зуба или протетске надокнаде. *CAD* софтвери, као што су *Exocad*, *3Shape Dental System* или *Sirona inLab*, омогућавају прецизну контролу над свим аспектима дизајна – од граница препарације, преко дебљине зидова и анатомске морфологије, до дигиталне артикулације и визуелизације финалног изгледа (Mladenović 2024). Након завршетка дизајна, модел се шаље у *CAM* модул, где се преводи у упутства за производну машину (Morón-Conejo et al. 2024; Maldonado et al. 2024).



Слика 3. Лабораторијски скенер (*3Shape E2*) и глодалица (*vhf E5*)

Фаза производње представља захтеван сегмент дигиталног процеса и реализује се или супраktivним (субтраktivним) или адитивним (3Д штампање) техникама. Супраktivна техника подразумева глодање монолитног блока материјала коришћењем високо прецизних *CNC* машина. Материјали попут цирконијум-диоксида, литијум-дисиликатне керамике, титанијума, кобалт-хром легура и хибридних смола користе се за израду естетски и функционално захтевних надокнада.

Посебно се издваја употреба цирконијума као материјала високих механичких и биокompatibilних својстава, који омогућава израду велике количине надокнада уз минималне деформације и одличну естетику. Међутим, глодање подразумева и релативно висок губитак материјала, као и веће хабање алата, што утиче на економију процеса (Dai et al. 2023; Campobasso et al. 2023).



Слика 4. Окружење у CAD софтверима *Exocad* и *3Shape*

Аддитивна метода или 3Д штампање, насупротив томе, омогућава израду објеката слој по слој, чиме се минимизира отпад и омогућава већа дизајнерска флексибилност. У стоматологији се користе различити типови 3Д штампача, укључујући *SLA* (*Stereolithography*), *DLP* (*Digital Light Processing*), *FDM* (*Fused Deposition Modeling*), *SLS* (*Selective Laser Sintering*) и недавно *DED* (*Direct Energy Deposition*) технологије. Примењују се за израду модела, индивидуалних кашика, хируршких вођица, ортодонских апарата, па све чешће и за дефинитивне надокнаде захваљујући развоју нових фотополимерних и керамичких материјала. Аддитивне технике, попут оних које користе компаније *Lithoz*, *3DCeram* и *Prodways*, омогућавају чак и 3Д штампање керамике, што је до недавно било незамисливо због потребе за високотемпературским синтеровањем и контролом пуцања (Unkovskiy et al. 2025; Wu et al. 2025).

Истовремено, развој *cloud* платформи за дељење података, дигиталних досијеа, и алата заснованих на вештачкој интелигенцији омогућава интеграцију свих фаза рада – од прве посете пацијента до финалне рехабилитације – у један конзистентан дигитални ток (Mladenovic 2024; Mladenovic and Janjic 2025).

Програми као што су *Romexis* (*Planmeca*), *DTX Studio* (*Nobel Biocare*) и *Medit Link* омогућавају клиничарима не само техничку прецизност, већ и бољу комуникацију са пацијентима, као и побољшану ефикасност рада. У том контексту, дигитална стоматологија више није само технолошка опција, већ постаје нови стандард.

Упркос свим наведеним предностима, клиничка примена дигиталних метода у реалном окружењу и даље је ограничена бројним факторима. Истраживања указују да је у многим земљама стопа усвајања дигиталне технологије и даље испод 30%, а у неким срединама чак испод 10% (Tran et al. 2025; Youssef et al. 2025). Узроци се најчешће односе на високу цену иницијалног улагања, потребу за специјализованом едукацијом, отпор ка промени устаљених протокола, као и недовољно јасне препоруке и стандарде од стране стручних удружења и регулаторних тела.

Упркос томе, неминовно је да ће дигитална трансформација у стоматологији наставити да се убрзава. Са појавом нових генерација стоматолога који су обучени за рад у дигиталном окружењу већ током основних студија, као и смањењем цене опреме, интеграција дигиталних технологија у свакодневну праксу постаће све учесталија. У будућности, могу се очекивати још прецизнији скенери, бржи и економичнији 3Д штампачи, као и већа примена вештачке интелигенције у дијагностици, планирању и предикцији терапијских исхода (Mladenovic 2020; Mladenovic 2023; Mladenovic and Janjic 2025; Mladenovic 2024).

Дакле, дигитална стоматологија не представља само еволуцију техничких средстава, већ дубоку промену у парадигми стоматолошке терапије – она симболизује прелаз са аналогне, субјективне и често непредвидиве праксе ка дигиталној, прецизној, транспарентној и персонализованој медицини усмереној ка пацијенту.

Данас, предности дигиталне стоматологије су бројне: повећана тачност и предвидљивост терапије, смањење броја посета, побољшан комфор пацијента, индивидуализовани третмани и боља комуникација између клиничара и зубних техничара. Такође, дигитални подаци омогућавају ефикасну архиву и брзу размену података.

Ипак, прелазак са аналогних на дигиталне методе носи и одређене изазове. Поред високих почетних трошкова опреме, неопходна је додатна обука кадрова, усклађивање са новим стандардима и континуирано праћење технолошких иновација. Међутим, са све већом доступношћу технологије, очекује се да ће дигитална стоматологија ускоро

постати златни стандард у већини области клиничке праксе – од дијагностике до протетике, ортодонције и хирургије – унапређујући квалитет неге и искуство пацијената на глобалном нивоу.

2. ХИПОТЕЗА

Нулта хипотеза је да су функционални чувари простора засновани на *CAD/CAM* технологији прихватљиви за дугорочну примену и да могу да задовоље потребе пацијената.

3. ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА

Како пасивни фиксни чувари простора не надокнађују изгубљени зуба самим тим немају функцију у жвакању, ова студија има за циљ да процени ефикасност иновативног решења у одржавању простора након превремене екстракције првог млечног молара, уз помоћ функционалних чувара простора заснованих на *CAD/CAM* технологији. У студији ће се:

- Испитати и упоредити клиничка одрживост функционалних чувара простора заснованих на *CAD/CAM* технологији
- Испитати и упоредити максимална сила загрижаја након постављања функционалних чувара простора заснованих на *CAD/CAM* технологији
- Проценити и упоредити ефикасност жвакања пре и након постављања функционалних чувара простора заснованих на *CAD/CAM* технологији
- Проценити значај примене и задовољство пацијента функционалних чувара простора заснованих на *CAD/CAM* технологији

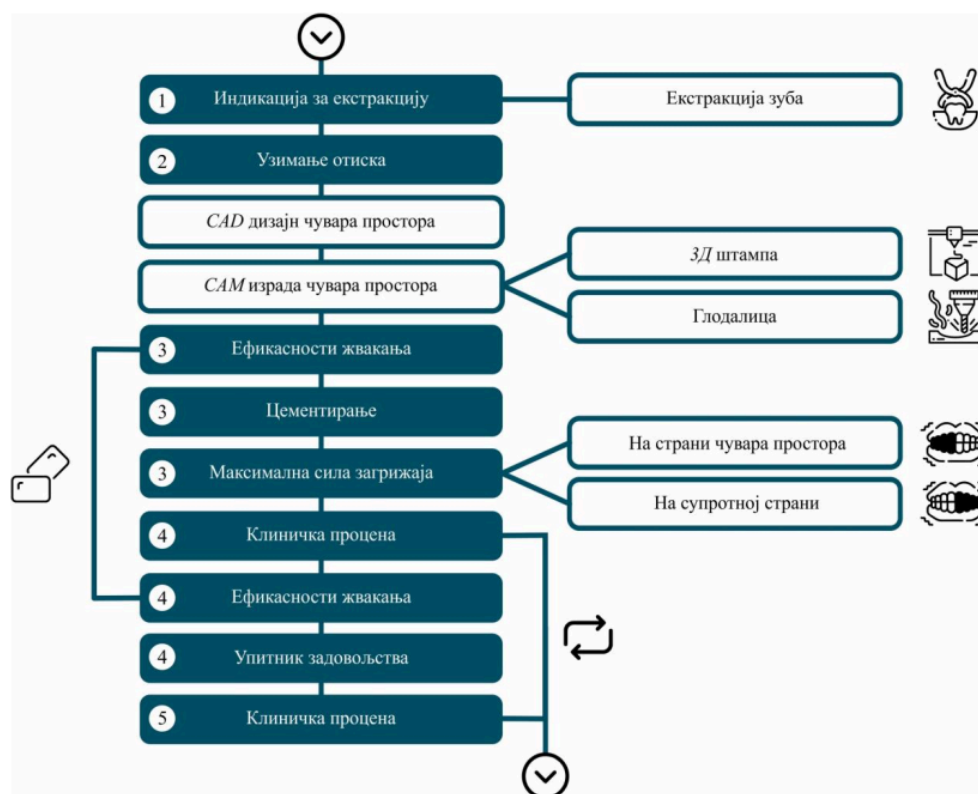
4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

4.1. ДИЗАЈН СТУДИЈЕ

Ово рандомизовано контролисано испитивање обухватило је 28 пацијената оба пола, узраста између 4 и 6 година.

Након постављене индикације за израду чувара простора, истраживач је применио протокол на основу листе за рандомизацију. Листа за рандомизацију генерисана је помоћу низа насумичних бројева и коришћена је за расподелу пацијената у две групе (3Д штампа или глодање) (Слика 5).

Истраживање је спроведено у складу са смерницама Хелсиншке декларације, уз одобрење Етичког комитета Факултета медицинских наука (број одобрења 01–14.789, од 15. децембра 2022. године). Студија је регистрована на clinicaltrials.org под бројем NCT06744153.



Слика 5. Протокол истраживања

Критеријуми за укључивање у студију:

- Индикација за вађење или рани губитак првог млечног молара у горњој или доњој вилици због компликација каријеса.

- Продужен временски период између губитка млечног зуба и ницања његовог наследника, потврђен радиографским снимком који приказује присуство коштаног ткива изнад зуба наследника.
- Интактни или адекватно рестаурирани витални други млечни молари у регији где се поставља чувар простора (зуби носачи) и комплетан зубни низ на супротној страни вилице.

Критеријуми за искључење из студије:

- Присуство системских поремећаја и несарадљива деца, дефинисана као она која не могу да толеришу поступак или да се придржавају постоперативних упутстава. Ово укључује децу са озбиљним проблемима у понашању или развојним сметњама које ометају сарадњу током протокола истраживања.

4.2. ПРОЦЕС ДИЗАЈНИРАЊА И ИЗРАДЕ ЧУВАРА ПРОСТОРА

Након постављене индикације за превремену екстракцију првог млечних молара (Слика 6), приступило се узимању отиска (конвенционално, полукашикама и уз помоћ интраоралног скенера, у зависности од случаја и сарадње) (Слика 7).

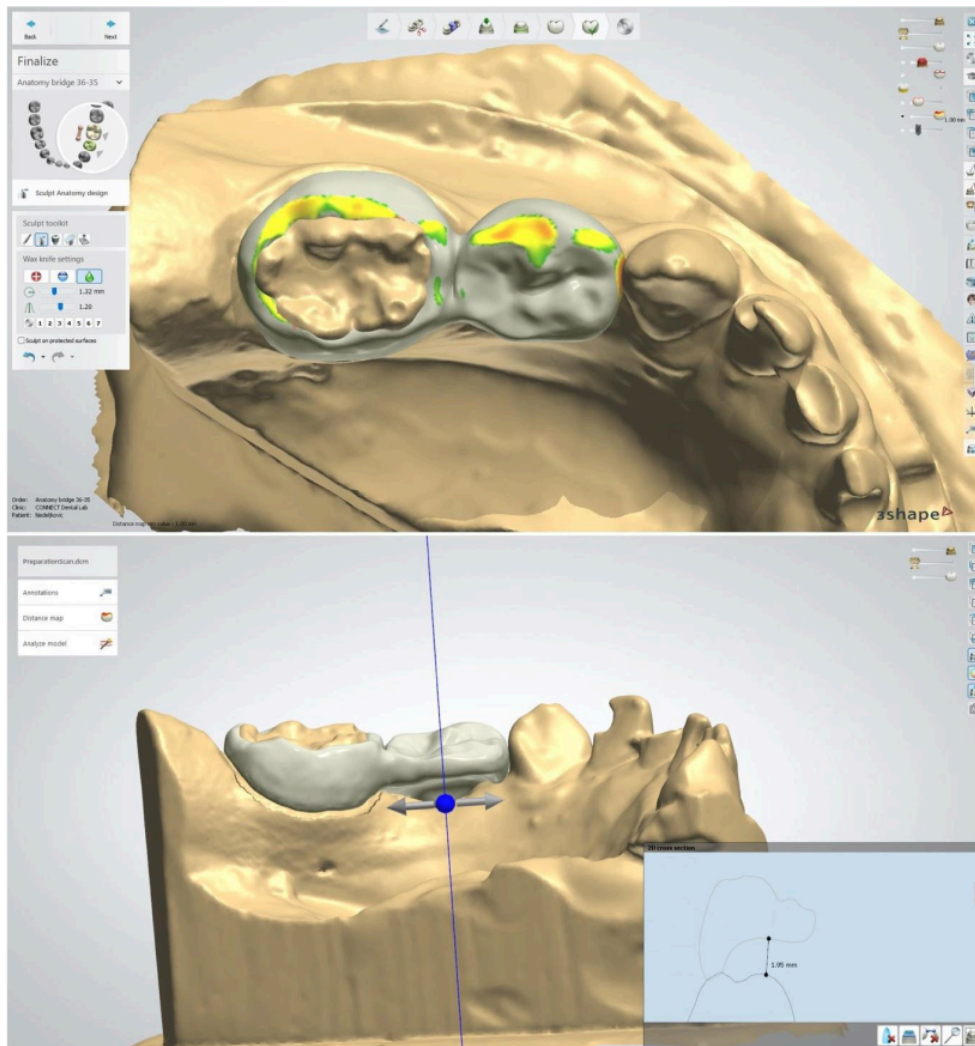


Слика 6. Клинички налаз након екстракције првог млечног молара



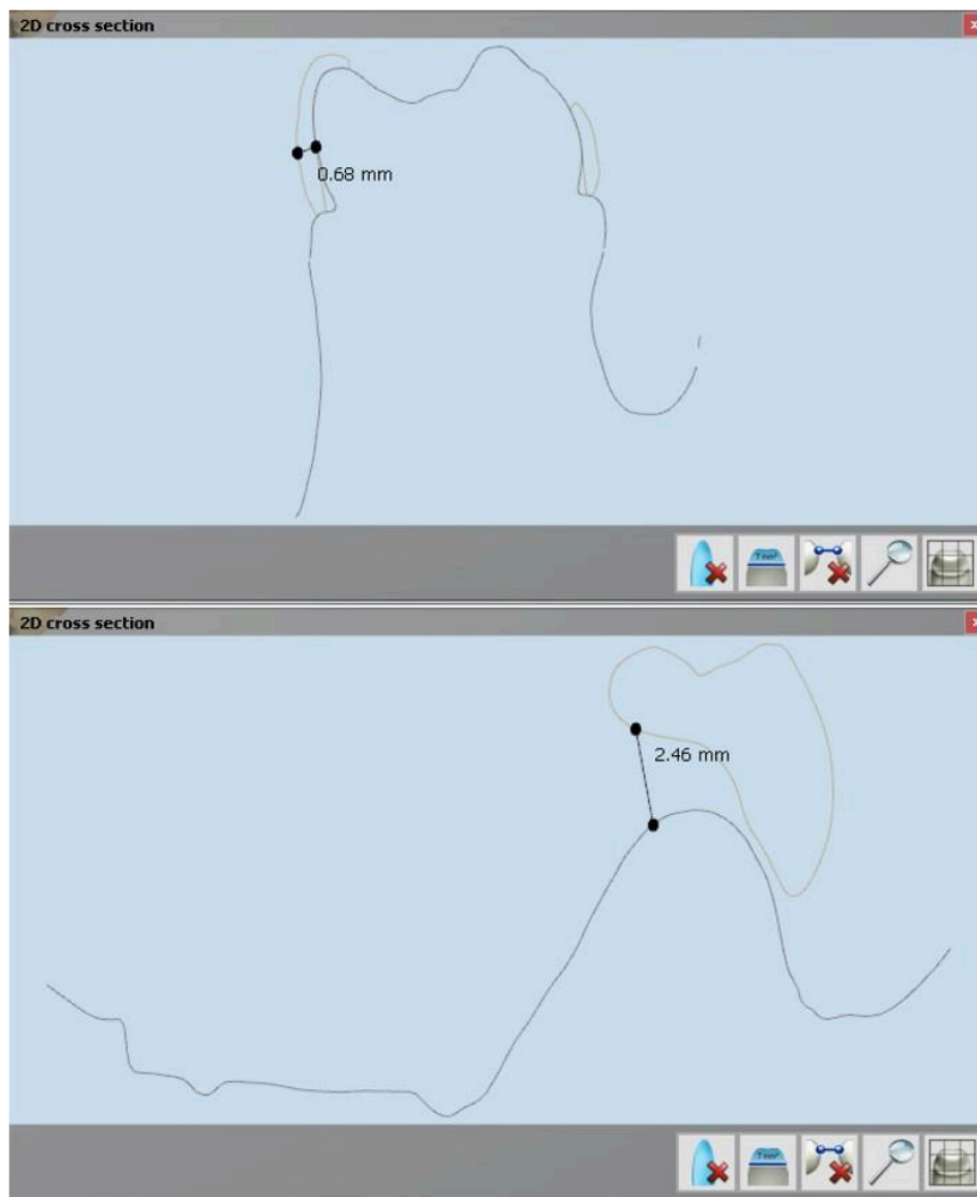
Слика 7. Узимање отиска интраоралним скенером, кашиком и полукашиком

2 Иновативни дизајн функционалног чувара простора по Младеновићу, назван *KOS&MET (Key Orthodontic System and Materials Enhanced Therapy)*, израђен је уз помоћ софтвера *3Shape Dental Designer (3Shape A/S, Denmark)* (Слика 8).



Слика 8. Тродимензионални приказ функционалног чувара простора у *3Shape* окружењу

Циљ овог дизајна није био само очување простора, већ и обнова билатералне функције жвакања код детета. Круница која замењује изгубљени први млечни молар ослања се на млечни очњак, обезбеђујући стабилност и функционалност, док је интраорални прозор дизајниран како би се омогућила клиничка процена ницања зуба наследника и благовремено уклањање чувара простора. За морфологију изгубљеног млечног молара коришћена је сопствена библиотека претходно скенираних млечних молара, што је омогућило прецизно моделовање крунице која савршено одговара природном положају у зубном луку.



Слика 9. Двострумензионални приказ дизајна функционалног чувара простора

Омча која окружује други млечни молар дизајнирана је тако да не ремети оклузију. Овај дизајн омогућава нормалну оклузалну функцију и ефикасно жвакање, што је од суштинског значаја за развој оралне функције детета током раста. Ширина омче је мања од 1 мм, што омогућава оптималну адаптацију унутар зубног лука без ремећења нормалног раста и развоја околних структура. Интраорални прозор је шири од 2 мм, омогућавајући лако праћење ницања зуба наследника и олакшава одржавање оралне хигијене, чиме се спречавају потенцијалне инфекције и компликације током терапије (Слика 9).

Чувари простора су израђивани уз примену *CAD/CAM* технологије, а учесници су подељени у две групе према материјалу и методи израде:

- **3Д штампа (метал)** – адитивни метод

У овој групи, функционални чувари простора су израђени од металне легуре (*Co 69 %, Cr 25 %, W 9,5 %, Mo 3,5 %, Si 1 %, Schefner*, Немачка) помоћу 3Д штампача (*MySint100 Dual Laser, Italy*) (Слика 10).



Слика 10. 3Д штампани функционални чувар простора

- **Глодалица** (композит) – субтрактивни метод

У овој групи, чувари простора су израђени помоћу стоматолошке машине за глодање (*Wieland Zenotec Select Hybrid, Germany*), која омогућава високу прецизност у изради сложених радова. Као материјал је коришћен полимерни композит високе густине (*breCAM.HIPС, Bredent, Germany*), који се одликује изузетном отпорношћу на хабање, великом чврстоћом и добром биокompatibilношћу (Слика 11).



Слика 11. Глодалицом произведен функционални чувар простора

4.3. ПРОЦЕНА ЕФИКАСНОСТИ

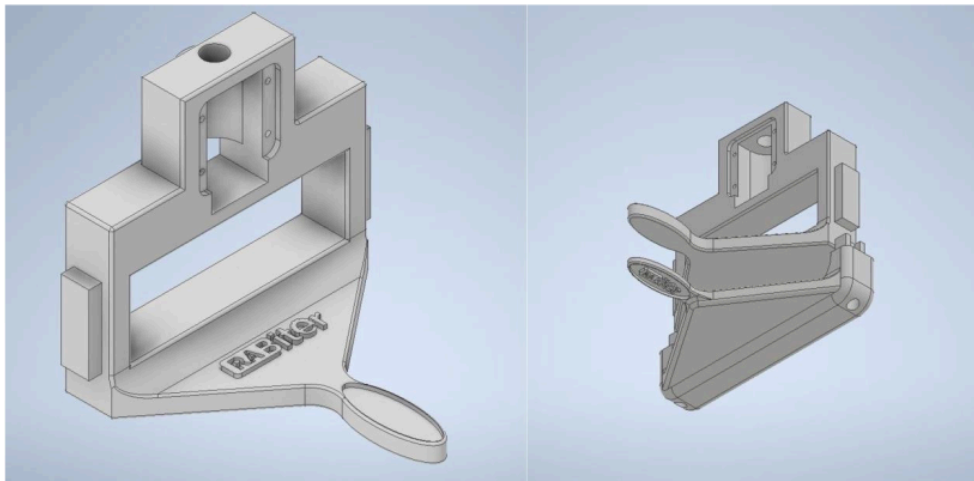
4.3.1. КЛИНИЧА ПРОЦЕНА

Клинички прегледи су обухватили детаљну процену стања зуба носача, укључујући присуство иритације, отока или хиперплазије слузокоже у контакту са чуварем. Поред тога, током сваког контролног прегледа бележене су фрактуре чувара простора и потпуно расцементирање.

Процена је вршена у три временска интервала — након једног месеца, три месеца и шест месеци од постављања чувара простора, како би се испратила стабилност конструкције, биолошка подношљивост, као и евентуалне промене које могу утицати на даље функционисање и трајање.

4.3.2. МАКСИМАЛНА СИЛА ЗАГРИЖАЈА

Процена максималне силе извршено је помоћу специјално дизајнираног динамометра (*RABiter*, Крагујевац, Србија), који је конципиран тако да обезбеди прецизну и поуздану регистрацију сила жвакања у оралним условима (Слика 12).



Слика 12. 3Д модел модификованог динамометра

Пацијент је замољен да загризе плочицу максималном снагом, без бола или нелагодности, два пута – најпре на страни где је постављен чувар простора, а затим на супротној страни вилице која служи као контролна. Између два мерења направљена је кратка пауза како би се избегло замарање мишића.

4.3.3. ЕФИКАСНОСТ ЖВАКАЊА

Ефикасност жвакања процењивана је применом стандардизоване методе уз употребу двобојне жваке (*Hue-Check Gum*®, *University of Bern, Swiss*), која је без шећера, са благим укусом како би се избегло непотребно стимулисање саливације и укуса који би могао утицати на начин жвакања. Ова метода је одабрана због своје једноставности, неинвазивности и добре поновљивости у процени функционалне способности код деце (Слика 13).



Слика 13. Двобојна жвакаћа гума

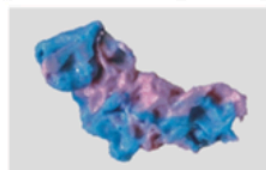
Процедура је спроведена у два наврата са 20 циклуса — први пут пре постављања функционалног чувара простора, ради добијања почетне вредности, и други пут две недеље након цементирања чувара простора, како би се проценио његов утицај на ефикасност жвакања. Након жвакања, жвака је пажљиво уклоњена, пресована између две транспарентне фолије и анализирана. Степен хомогенизације боја (од потпуно одвојених до потпуно уједначених) је класификован у неколико категорија према унапред дефинисаном скали.

Перформансе су оцењиване уз помоћ субјективне скале *Orophys* (Eggimann 2024). Скала садржи пет категорија које описују различите нивое хомогености добијене мешавине (Слика 14).



CA 1

Жвака није измешана, са утисцима фисура или једном пресавијена



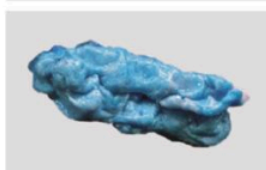
CA 2

Велики делови жваке нису измешани



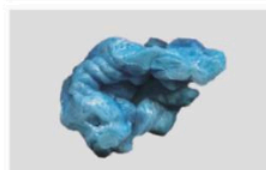
CA 3

Болус благо измешан, али делови оригиналне боје остају неизмешани



CA 4

Болус добро измешан, али боја није уједначена



CA 5

Болус савршено измешан са уједначеном бојом

Слика 14. Субјективна скала мешања боје

4.3.4. УПИТНИК ЗАДОВОЉСТВА

Задовољство родитеља, као и субјективни осећај детета у вези са функционалним чуваром простора, анализирали су помоћу стандардизованог упитника задовољства који је конципиран тако да покрије пет кључних области: комфор, осећај нелагодности, функционалност, одржавање, као и естетски аспект.

Свако питање је било формулисано тако да испитаник одговори у оквиру 5-степене Ликерт скале (од 1 – у потпуности се не слажем, до 5 – у потпуности се слажем), што је омогућило квантификацију субјективних ставова и искустава. Упитник су попуњавали родитељи уз асистенцију детета, како би се осигурало да су и објективна запажања и субјективни осећаји укључени у процену.

4.4. СНАГА СТУДИЈЕ И ВЕЛИЧИНА УЗОРКА

Потребна величина узорка за детекцију величине ефекта од 0.35 у анализи варијансе поновљених мерења са међугрупним фактором за две групе за варијабле сила загрижаја и процена ефикасности жвакања за ниво статистичке значајности од 0.05 и статистичку снагу од 0.9 износи 24 пацијента. Величина ефекта добијена је на основу претпостављених односа вредности објашњене и резидуалне варијансе од 0.1 према 0.8. Израчунавање величине узорке урађено је помоћу програма *G-Power* 3.1.6.

4.5. СТАТИСТИЧКА АНАЛИЗА

Зависно од типа варијабли и нормалности расподеле, дескрипција података је приказана као $\bar{x}$ (%), аритметичка средина $\pm$ стандардна девијација или медијана (опсег).

За тестирање разлика два независна узорка коришћени су: је t-тест за независне узорке, *Mann-Whitney* тест, хи-квадрат тест или Фишеров тест тачне вероватноће.

За тестирање разлика више од два независна узорка коришћен је *Kruskal-Wallis* тест, док је за мултипле компарације примењена процедура по Бонферонију. За тестирање разлика два поновљена мерења (пре-после) коришћен је t-тест за два зависна узорка или *Wilcoxon*-ов тест.

За тестирање разлика више од два поновљена мерења коришћен је *Friedman*-ов тест, док је за мултипле компарације поновљених мерења примењена процедура по Бонферонију. За анализу времена до настанка исхода од интереса примењена *Kaplan-Meier*-ова метода са *Log Rank* тестом.

За моделовање односа зависних варијабли у поновљеним мерењима у односу на пол, узраст, начин узимања отиска и тип чувара коришћен је мултиваријантни линеарни регресиони модел мешовитих ефеката.

Статистичке хипотезе су тестиране на нивоу статистичке значајности (алфа ниво) од 0,05.

Резултати су приказани табеларно и графички ²

Сви подаци су обрађени у *IBM SPSS Statistics 24* (*IBM Corporation, USA*) софтверском пакету или *R-4.0.0* програмском окружењу (*The R Foundation for Statistical Computing, Austria*).

5. РЕЗУЛТАТИ

5.1. ПОЛНА И СТАРОСНА СТРУКТУРА

4

Од свих испитаника укључених у истраживање, мушког пола било је 13 (46%), а женског 15 (54%). Код испитаника са 3Д штампаним чуварима мушког пола је било 33% а женског 37%. Код испитаника са чуварима креираним глодалицом мушког пола било је 62% а женског 38% (Табела 1). Не постоји статистички значајна разлика у учесталости пола у односу на тип функционалних чувара простора ($\chi^2=2,227$; $p=0,136$).

Табела 1. Дистрибуција испитаника према полу

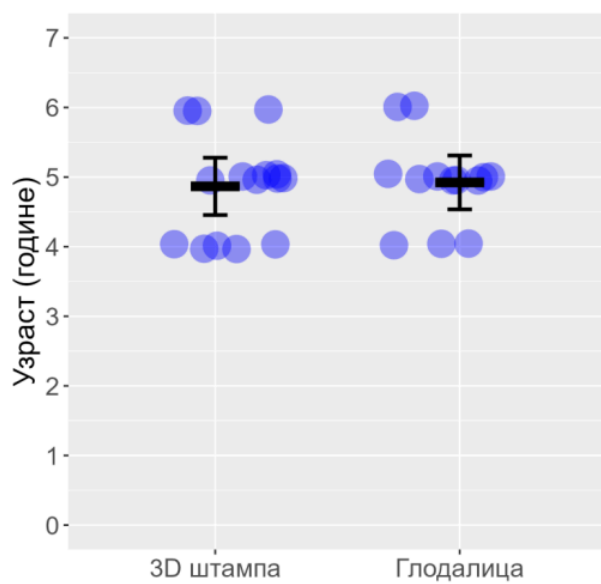
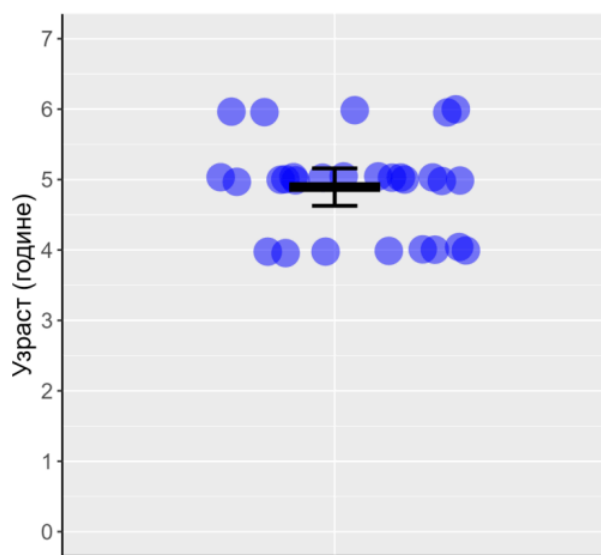
Пол	3Д штампа		Глодалица	
	n	%	n	%
Мушки	5	33	8	62
Женски	10	67	5	38
Укупно	15	100	13	100,0

Табела 2. Средње вредности и варијабилитет старости испитаника у односу на тип чувара

Узраст (године)	as	sd	med	min	max	p
3Д штампа	4,9	0,7	5,0	4,0	6,0	0,833
Глодалица	4,9	0,6	5,0	4,0	6,0	

Просечна узраст испитаника 3Д штампаним чуваром износила је $4,9 \pm 0,7$ година, док је просечна узраст испитаника са чуваром креираним глодалицом износила $4,9 \pm 0,6$ година, што није статистички значајна разлика ($t=0,213$; $p=0,833$) (Табела 2).

Просечна узраст свих испитаника у истраживању износила је 4,9 година (95% CI 4,6-5,2). Најмлађи испитаник имао је 4 а најстарији 6 година (Графикони 1 и 2).

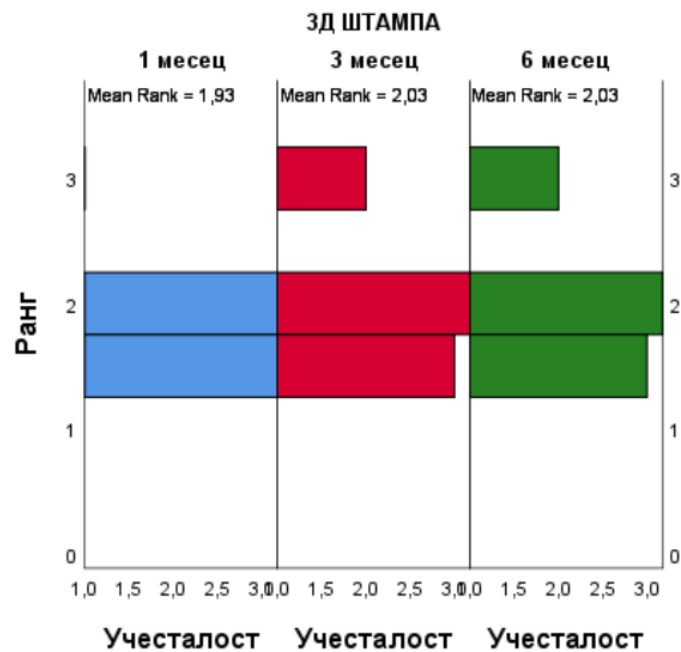


5.2. КЛИНИЧКА ПРОЦЕНА

Табела 3. Дистрибуција испитаника код 3Д штампе

3Д штампа	1 месец		3 месеца		6 месеци	
	² n	%	n	%	n	%
Стоји	14	93	13	87	13	87
Расцементиран	1	7	2	13	2	13
Пукао	0	0	0	0	0	0
Укупно	15	100	15	100	15	100

Код функционалних чувара простора креираних 3Д штампом ⁴ не постоји статистички значајна разлика у степену клиничке процене у односу на испитивани период (хи-квадрат=0,400; DF=2; p=0,819) (Табела 3 и Графикон 3).

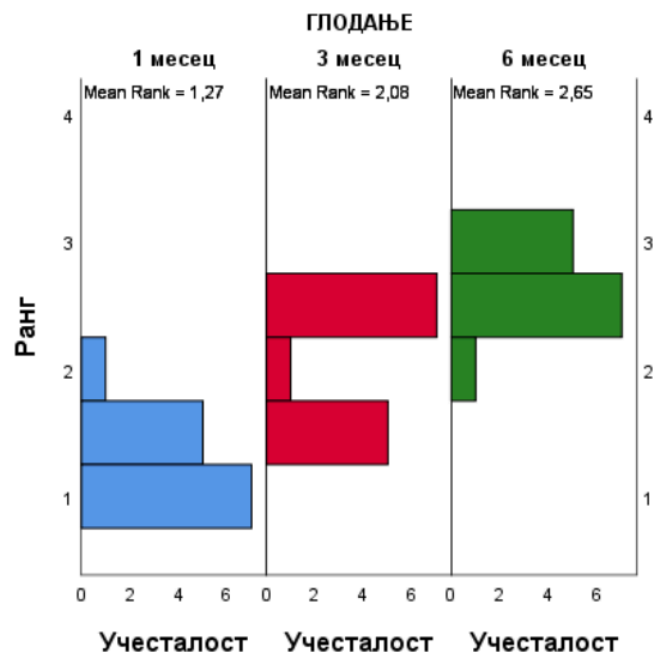


Графикон 3. Клиничка процена код 3Д штампе

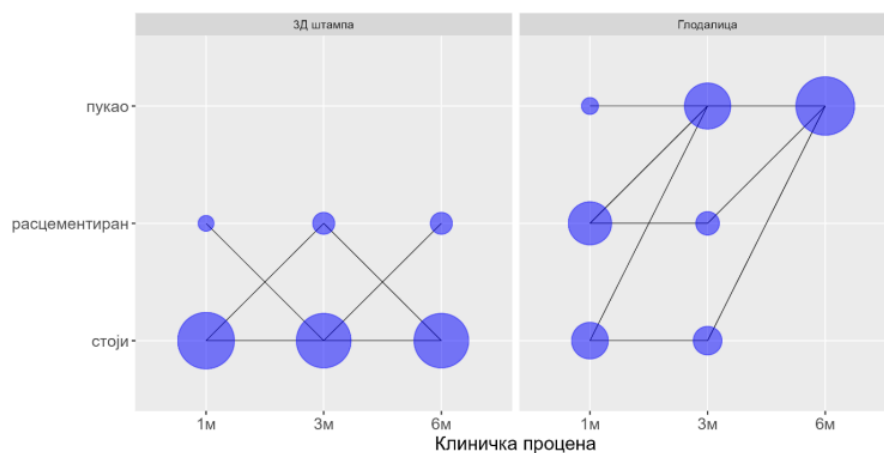
Табела 4. Дистрибуција испитаника код глодалице

Глодалица	1 месец		3 месеца		6 месеци	
	² n	%	n	%	n	%
Стоји	5	38	3	23	0	0
Расцементиран	7	54	2	15	0	0
Пукао	1	8	8	62	13	100
Укупно	13	100	13	100	13	100

Код функционалних чувара простора креираних глодалицом постоји статистички значајна разлика у степену клиничке процене у односу на испитивани период (хи-квадрат=18,167; DF=2; $p<0,001$). Статистички значајна разлика постоји између 1 и 3 месеца ($p=0,001$), док нема значајне разлике између 1 и 6 месеца ($p=0,118$) и 3 и 6 месеца ($p=0,424$) (Табела 4 и Графикон 4).



Графикон 4. Клиничка процена код глодалице



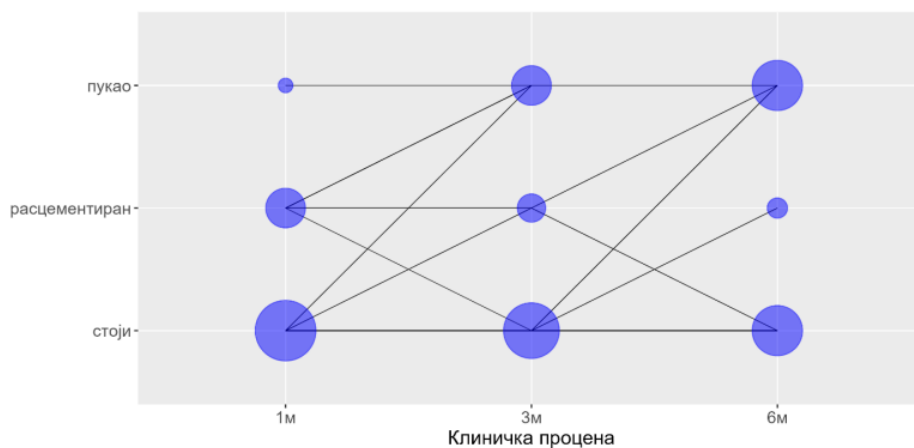
Графикон 5. Индивидуалне вредности степена клиничке процене (представљене плавим круговима) на контролним прегледима током трајања студије. Величина круга зависи од броја испитаника са истом вредношћу. Црне линије показују смер ка вредности на следећој посети

Свеукупно, постоји статистички значајан позитиван тренд пораста степена клиничке процене у времену ($b=0.321$; $p<0.001$) (Графикон 5 и 6).

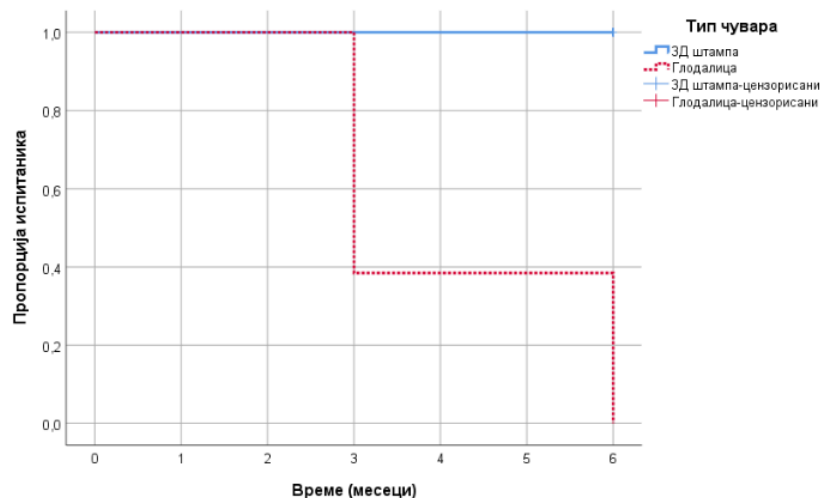
Табела 5. Мултиваријантни регресиони модел мешовитих ефеката

Варијабла	b	p
Пол (женски/мушки)	-0,058	0,646
Узраст (године)	0,090	0,354
Тип чувара (Глодалица/3Д штампа)	1,051	<0,001

У мултиваријантном линеарном регресионом моделу мешовитих ефеката са вишим степеном клиничке процене повезане су варијабле: тип чувара (Глодалица/3Д штампа ($p<0,001$)) (Табела 5).



Графикон 6. Индивидуалне вредности степена клиничке процене (представљене плавим круговима) на контролним прегледима током трајања студије. Величина круга зависи од броја испитаника са истом вредношћу. Црне линије показују смер ка вредности на следећој процени



Графикон 7. Анализа времена до настанка исхода од интереса

Процењена медијана времена до настанка исхода од интереса (пукао) код функционалних чувара простора креираних 3Д штампом износила је 6,0 месеци, док је код функционалних чувара простора креираних глодалицом износила 5,4 месеци, што је статистички значајна разлика ($\chi^2=29,165$; $p<0,001$) (Графикон 7).

5.3. МАКСИМАЛНА СИЛА ЗАГРИЖАЈА

Табела 8. Средње вредности и варијабилитет у односу на тип чувара

Загриз контрола	as	sd	med	min	max	p
3Д штампа	254,4	47,7	240,6	197,5	370,5	0,811
Глодалица	259,0	53,8	260,6	164,7	340,5	

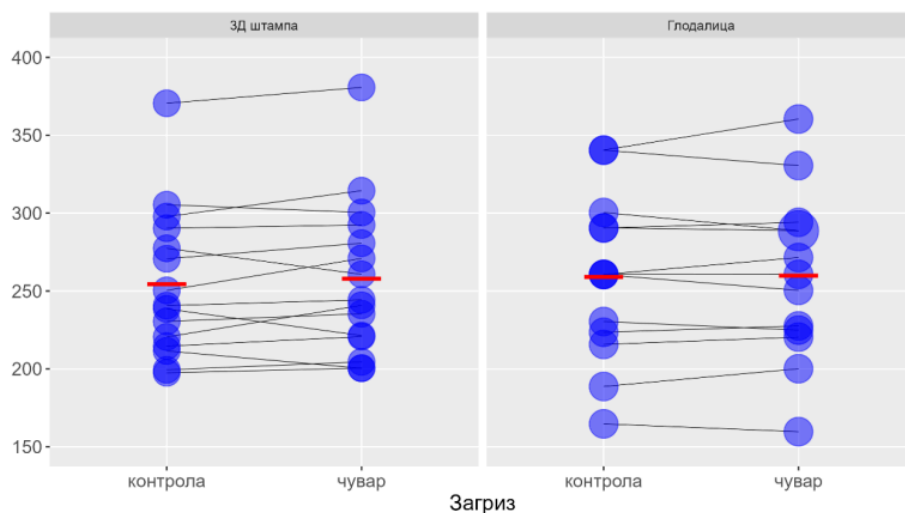
На контролној страни уста, аритметичка средина и стандардна девијација загриза испитаника са 3Д штампаним чуваром износила је $254,4 \pm 47,7$, док је код испитаника са чуваром креираним глодалицом износила $259,0 \pm 53,8$, што није статистички значајна разлика ($t=0,242$; $p=0,811$) (Табела 8).

Табела 9. Средње вредности и варијабилитет у односу на тип чувара

Загриз чувар	as	sd	med	min	max	p
3Д штампа	257,9	50,1	244,3	200,4	380,7	0,922
Глодалица	259,8	54,5	260,7	159,7	360,4	

На страни чувара у устима, аритметичка средина и стандардна девијација загриза испитаника са 3Д штампаним чуваром износила је $257,9 \pm 50,1$, док је код испитаника са чуваром креираним глодалицом износила $259,8 \pm 54,5$, што није статистички значајна разлика ($t=0,098$; $p=0,922$) (Табела 9).

Не постоји статистички значајна разлика у јачини загриза између страна уста где се налазе контроле или чувари код функционалних чувара простора креираних 3Д штампом ($t=1,147$; $p=0,270$), као ни код функционалних чувара простора креираних глодалицом ($t=0,306$; $p=0,765$) (Графикон 8).



Графикон 8. Индивидуалне вредности јачине загриза оба стране уста (представљене плавим круговима) функционалних чувара простора креираних 3Д штампом или глодалицом.

Црне линије показују парове вредности различитих страна уста.

Црвене цртице представљају аритметичку средину.

Табела 10. Средње вредности и варијабилитет силе загрижаја у односу на пол

Загриз	as	sd	med	min	max	p
Дечаци	254,4	47,7	240,6	197,5	370,5	0,811
Девојчице	259,0	53,8	260,6	164,7	340,5	

На контролној страни уста, аритметичка средина и стандардна девијација загриза испитаника са 3Д штампаним чуваром износила је $254,4 \pm 47,7$, док је код испитаника са чуваром креираним глодалицом износила $259,0 \pm 53,8$, што није статистички значајна разлика ($t=0,242$; $p=0,811$) (Табела 10).

На контролној страни уста, аритметичка средина и стандардна девијација загриза код испитаника узраста 4 године износила је $210,2 \pm 26,3$, код узраста 5 година износила је $266,2 \pm 35,9$, док је код узраста 6 година износила $314,2 \pm 56,5$, што је статистички значајна разлика ($F=12,300$; $DF=2, 25$; $p<0,001$) (Табела 11).

Статистички значајна разлика постоји између деце узраста 4 године у односу на 5 година ($p=0,004$) и 6 година ($p<0,001$), док између деце узраста 5 година и 6 година нема значајне разлике ($p=0,121$).

Табела 11. Средње вредности и варијабилитет силе загрижаја на контролној страни у односу на узраст

Загриз контрола	as	sd	med	min	max	p
4 године	208,0	24,0	213,1	164,7	240,6	<0,001
5 година	266,1	35,5	260,8	199,4	340,4	
6 година	305,5	56,8	305,4	220,5	370,5	

Табела 12. Средње вредности и варијабилитет силе загрижаја на страни чувара простора у односу на узраст

Загриз чувар	as	sd	med	min	max	p
4 године	210,2	26,3	210,5	159,7	244,3	<0,001
5 година	266,2	35,9	270,9	204,5	330,5	
6 година	314,2	56,5	300,4	240,8	380,7	

На страни чувара у устима, аритметичка средина и стандардна девијација загриза код испитаника узраста 4 године износила је $210,2 \pm 26,3$, код узраста 5 година износила је $266,2 \pm 35,9$, док је код узраста 6 година износила $314,2 \pm 56,5$, што је статистички значајна разлика ($F=12,300$; $DF=2, 25$; $p<0,001$) (Табела 12).

Статистички значајна разлика постоји између деце узраста 4 године у односу на 5 година ($p=0,006$) и 6 година ($p<0,001$), док између деце узраста 5 година и 6 година нема значајне разлике ($p=0,053$).

5.4. ЕФИКАСНОСТ ЖВАКАЊА

Табела 13. Ефикасност жвакања пре поставке чувара простора

Жвакање пре чувара	3Д штампа		Глодалица	
	n	%	n	%
SA 1	0	0	0	0
SA 2	6	40	5	38
SA 3	9	60	7	54
SA 4	0	0	1	8
SA 5	0	0	0	0
Укупно	15	100	13	100

Пре стављања чувара, степен жвакања код испитаника који су касније добили 3Д штампани чувар и код испитаника који су касније добили чуваре креиране глодалицом најчешћи је био SA3 (60% према 54%, респективно). Пре стављања чувара, не постоји статистички значајна разлика у степену жвакања у односу на накнадно постављени тип чувара ($U=91,5$; $p=0,750$) (Табела 13).

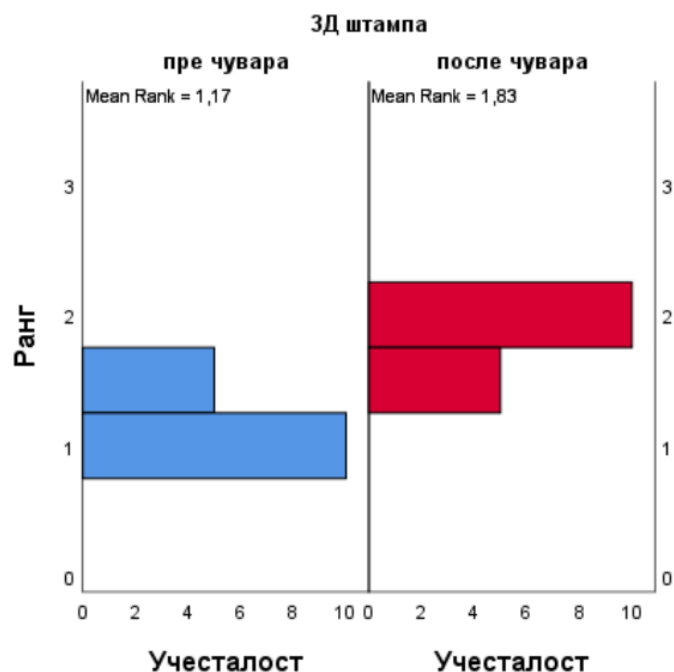
Табела 14. Ефикасност жвакања након поставке чувара простора

Жвакање после чувара	3Д штампа		Глодалица	
	n	%	n	%
SA 1	0	0	0	0
SA 2	0	0	1	8
SA 3	10	67	7	54
SA 4	5	33	5	38
SA 5	0	0	0	0
Укупно	15	100	13	100

После стављања чувара, степен жвакања код испитаника са 3Д штампаним чуварима и код испитаника са чуварима креираним глодалицом најчешћи је био SA3 (67% према 54%, респективно) (Табела 14).

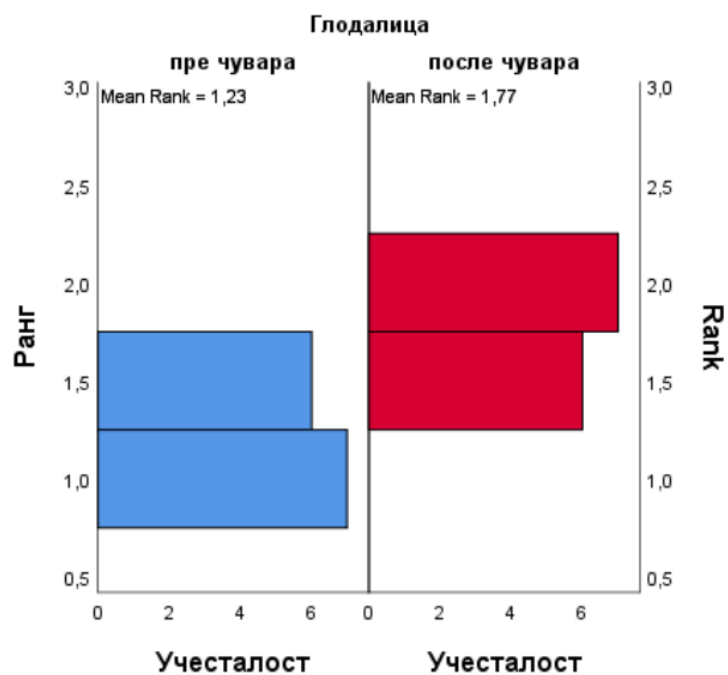
После стављања чувара, не постоји статистички значајна разлика у степену жвакања у односу на постављени тип чувара ($U=97,5$; $p=1,000$)

Код функционалних чувара простора креираних 3Д штампом постоји статистички значајна разлика у степену жвакања у односу на период пре и после постављања чувара ($Z=3,051$; $p=0,002$). Дошло је до значајног пораста степена жвакања након постављања чувара (Графикони 9 и 11).

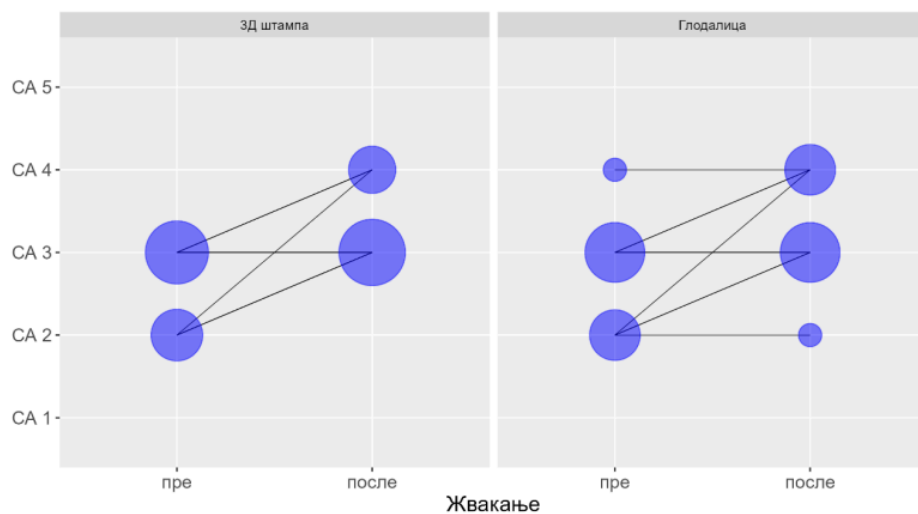


Графикон 9. Рангови степена жвакања у односу на период пре и после постављања чувара

Код функционалних чувара простора креираних глодалицом постоји статистички значајна разлика у степену жвакања у односу на период пре и после постављања чувара ($Z=2,530$; $p=0,011$). Дошло је до значајног пораста степена жвакања након постављања чувара (Графикон 10 и 11).



Графикон 10. Рангови степена жвакања у односу на период пре и после постављања чувара



Графикон 11. Индивидуалне вредности степена жвакања (представљене плавим круговима) пре и после постављања чувара. Величина круга зависи од броја испитаника са истом вредношћу. Црне линије показују смер ка вредности на следећој процени

Табела 15. Ефикасност жвакања пре поставке чувара простора у односу на узраст

Жвакање пре чувара	4 године		5 година		6 година	
	n	%	n	%	n	%
SA 1	0	0	0	0	0	0
SA 2	4	50	3	20	4	80
SA 3	4	50	11	73	1	20
SA 4	0	0	1	7	0	0
SA 5	0	0	0	0	0	0
Укупно	8	100	15	100	5	100

Пре стављања чувара, степен жвакања код испитаника узраста 4 године подједнако је био је био SA2 и SA3 (по 50%), код деце узраста 5 година најчешће је био SA3 (73%), док је код деце од 6 година најчешће SA2 (80%). Пре стављања чувара, постоји статистички значајна разлика у степену жвакања у односу на узраст (хи-квадрат=6,195; DF=2; $p=0,045$). У пост-хок анализи са Bonferroni-јевом корекцијом нема значајних разлика у степену жвакања у односу на категорије узраста, највероватније због ограниченог узорка (Табела 15).

Табела 16. Ефикасност жвакања после поставке чувара простора у односу на узраст

Жвакање после чувара	4 године		5 година		6 година	
	n	%	n	%	n	%
SA 1	0	0	0	0	0	0
SA 2	0	0	1	7	0	0
SA 3	6	75	8	53	3	60
SA 4	2	25	6	40	2	40
SA 5	0	0	0	0	0	0
Укупно	8	100	15	100	5	100

После стављања чувара, степен жвакања код испитаника узраста 4 године, 5 година и 6 година најчешће је био SA3 (75% према 53% према 60%, респективно) (Табела 16). После стављања чувара, не постоји статистички значајна разлика у степену жвакања у односу на узраст (хи-квадрат=0,314; DF=2; $p=0,855$).

5.5. УПИТНИК ЗАДОВОЉСТВА

Табела 17. Дистрибуција испитаника по питању комфора: Функционални чувар простора је комфоран и дете се брзо прилагодило?

Комфор	3Д штампа		Глодалица	
	n	%	n	%
Потпуно се не слажем	0	0	0	0
Делимично се не слажем	0	0	0	0
Неутралан	0	0	0	0
Делимично се слажем	0	0	5	38
Потпуно се слажем	15	100	8	62
Укупно	15	100	13	100

У односу на степен задовољства за комфор, најчешћи степен задовољства код испитаника са 3Д штампаним чуварима и код испитаника са чуварима креираним глодалицом био је потпуно се слажем (100% према 62%, респективно). Постоји статистички значајна разлика у степену задовољства за комфор у односу на постављени тип чувара ($U=60,0$; $p=0,009$) (Табела 17).

Табела 18. Дистрибуција испитаника на питање за одржавање: Функционални чувар простора је једноставан за одржавање оралне хигијене?

Одржавање	3Д штампа		Глодалица	
	n	%	n	%
Потпуно се не слажем	0	0	0	0
Делимично се не слажем	0	0	0	0
Неутралан	0	0	0	0
Делимично се слажем	0	0	0	0
Потпуно се слажем	15	100	13	100
Укупно	15	100	13	100

У односу на степен задовољства за одржавање, степен задовољства свих испитаника са 3Д штампаним чуварима и код испитаника са чуварима креираним глодалицом био је потпуно се слажем (по 100%) (Табела 18).

Табела 19. Дистрибуција испитаника по питању функционалности: Функционални чувар простора је омогућио обострано жвакање

Функционалност	3Д штампа		Глодалица	
	n	%	n	%
6 Потпуно се не слажем	0	0	0	0
Делимично се не слажем	0	0	0	0
Неутралан	2	13	2	15
Делимично се слажем	1	7	5	15
Потпуно се слажем	12	80	9	69
Укупно	15	100	13	100

У односу на степен задовољства за функционалност, најчешћи степен задовољства код испитаника са 3Д штампаним чуварима и код испитаника са чуварима 4 реираним глодалицом био је потпуно се слажем (80% према 69%, респективно). Не постоји статистички значајна разлика у степену задовољства за функционалност у односу на постављени тип чувара ($U=88,0$; $p=0,564$) (Табела 19).

Табела 20. Дистрибуција испитаника по питању нелагодности: Функционални чувар простора је омогућио обострано жвакање?

Нелагодност	3Д штампа		Глодалица	
	n	%	n	%
6 Потпуно се не слажем	0	0	0	0
Делимично се не слажем	0	0	0	0
Неутралан	0	0	0	0
Делимично се слажем	0	0	1	8
Потпуно се слажем	15	100	12	92
Укупно	15	100	13	100

У односу на степен задовољства за нелагодност, најчешћи степен задовољства код испитаника са 3Д штампаним чуварима и код испитаника са чуварима 4 реираним глодалицом био је потпуно се слажем (100% према 92%, респективно). Не постоји статистички значајна разлика у степену задовољства за нелагодност у односу на постављени тип чувара ($U=90,0$; $p=0,283$) (Табела 20).

Табела 21. Дистрибуција испитаника по питању естетике: Функционални чувар простора има добар дизајн и естетски је прихватљив?

Естетика	3Д штампа		Глодалица	
	n	%	n	%
6 Потпуно се не слажем	0	0	0	0
Делимично се не слажем	0	0	0	0
Неутралан	6	40	0	0
Делимично се слажем	4	27	0	0
Потпуно се слажем	5	33	13	100
Укупно	15	100	13	100

У односу на степен задовољства за естетику, најчешћи степен задовољства код испитаника са 3Д штампаним чуварима био је неутралан (40%), док је код испитаника са чуварима креираним глодалицом био потпуно се слажем (100%) (Табела 21). Постоји статистички значајна разлика у степену задовољства за естетику у односу на постављени тип чувара ($U=32,5$; $p<0,001$).

6. ДИСКУСИЈА

Постављање чувара простора не представља само пасивни механички поступак у стоматолошкој пракси, већ има суштинску улогу као активни биомеханички стимуланс у правилном расту и развоју. У фази интензивног орофацијалног развоја, када је сваки зуб важан за одржање стабилности и хармоније зубног лука, превремени губитак млечног молара може имати дубоке последице. Оваква ситуација често покреће серију компензационих промена у усној дупљи које, ако се не коригују на време, доводе до трајних ортодонских и функционалних поремећаја (Yoshida et al. 2009; Kumari and Kumari 2006; Coughi et al. 1998).

Наиме, у одсуству чувара простора, суседни зуби — пре свега први стални молар и млечни молари у близини екстракционог поља — имају тенденцију миграције ка празном простору (Hoffding and Kisling 1978). Овај процес се одвија релативно брзо, с обзиром на густину кости и активну ерупцију осталих зуба у периоду раста. Истовремено, антагонисти могу еруптирати у празан простор вертикално или под углом, што додатно ремети оклузалне односе. Услед тога настаје тескоба у зубном луку, долази до ротација зуба наследника, као и до њихове ретенције или ерупције ван зубног низа (Tunison et al. 2008).

Такве промене значајно отежавају каснији раст вилица и утичу на формирање правилне оклузије. У многим случајевима, ови поремећаји захтевају дуготрајну и комплексну ортодонску терапију у адолесцентном периоду, која укључује не само ношење фиксних апарата, већ често и мултидисциплинарни сарадњу (Kisling and Høffding 1979). Дакле, једна наизглед „једноставна“ последица попут губитка млечног зуба у раном узрасту може имати каскадни ефекат на целокупан орофацијални развој (Alexander et al. 2015; Ahmad et al. 2018; Johnsen 1980).

Ове промене се рефлектују и на положај главе, што даље може довести до поремећаја у положају кичменог стуба. На тај начин, иницијална промена у усној дупљи покреће низ биомеханичких адаптација које имају потенцијал да се развију у функционалне поремећаје. Деца код којих је дошло до таквих промена често развијају неправилно држање, што се може манифестовати као померање рамена унапред, неправилан положај главе, асиметрија у мишићном тону и укупна нестабилност постуралне равнотеже (Augustine et al. 2022).

Поред ових постуралних последица, превремени губитак зуба може значајно утицати и на функцију жвакања. Са губитком једног или више млечних молара, долази до смањене ефикасности жвакања и промене у обрасцима исхране. Ово преоптерећује преостале зубе и мишиће одговорне за жвакање, као што су *m. masseter*, *m. temporalis* и *m. pterygoideus*, што може довести до бола и замора мишића. Продужена неуравнотежена активност жвакања може створити хронични напор, што често остаје препознато, али има значајан утицај на дете (Saber et al. 2018).

Губитак континуитета у зубном луку нарушава природну равнотежу сила које делују током загрижаја. У нормалним условима, ове силе су симетрично распоређене и подржавају стабилност и правилан развој вилица. Када се ова равнотежа наруши, јављају се поремећаји оклузије, који могу резултирати развојем ортодонских неправилности, и потребом за сложеним третманом у каснијем узрасту. Поред тога, поремећена оклузија утиче и на мишићни тонус, не само у пределу лица, већ и у врату и горњем делу тела, што додатно компликује клиничку слику (Khanna et al. 2021).

У циљу спречавања наведених компликација и очувања правилног развоја орофацијалног система, од суштинског значаја је рана интервенција и примена превентивних мера. Управо ту улогу имају апарати за одржавање простора, који надокнађују изгубљену функцију и структуру услед превременог губитка зуба. Како

потребе пацијената постају све сложеније, а доступне технологије све напредније, отвара се простор за развој нових типова чувара простора који превазилазе ограничења класичних решења.

Ова студија имала је за циљ да детаљно истражи ефикасност и клиничку применљивост једног иновативног решења у домену превентивне ортодонције – функционалних чувара простора дизајнираних и израђених уз помоћ савремене *CAD/CAM* технологије. Иновативни функционални чувари простора показали су изузетне биомеханичке перформансе, што је најјасније било евидентирано кроз мерења максималне силе загрижаја. Ова мерења су вршена како на страни где је чувар простора био постављен, тако и на супротној, здравој страни, што је омогућило директно поређење и процену утицаја уређаја на жвачну функцију. Резултати су показали да није било значајне разлике у оклузалној сили између две стране, што указује на то да применом функционалних чувара простора није нарушена физиолошка равнотежа. Ова конзистентност у функцији потврђује стабилност и ефикасност ових уређаја у очувању нормалне функције загрижаја код деце током критичних периода раста и развоја (Nedeljkovic et al. 2025). Посебно је важно нагласити да није утврђена статистички значајна разлика у перформансама између чувара простора израђених адитивном методом (3Д штампом) и оних добијених суптрактивном методом (глодањем). Ови налази снажно подржавају интеграцију напредних *CAD/CAM* технологија у дечју стоматолошку праксу, јер обе технологије омогућавају висок степен прецизности и персонализације, што је од суштинске важности. Ови резултати су у складу са подацима претходних истраживања који указују на важност очувања снаге загрижаја као једног од индикатора очуване оралне функције у педијатријској популацији (Kamegai et al. 2005; Owais et al. 2013).

Одржање функције жвакања код деце која имају губитак једног или више млечних зуба је изузетно важно, јер директно утиче на начин исхране, нутритивни статус и опште здравствено стање. Наиме, познато је да смањена ефикасност жвакања често доводи до неповољних навика у исхрани, односно преферирања мекше, термички обрађене и индустријски прерађене хране. Такви нутритивни избори обично подразумевају мањи унос влакана, витамина и минерала, а већи унос масти и шећера, што дугорочно може довести до појаве гојазности, кардиоваскуларних обољења и метаболичких поремећаја. Истраживања су потврдила постојање позитивне корелације између ефикасности жвакања и уноса есенцијалних нутријената као што су влакна, витамини Ц и Е, магнезијума и калцијума (Cicvaric et al. 2023). Из тог разлога, улога функционалних чувара простора превазилази пуку механичку замену изгубљеног зуба – они представљају значајан терапијски алат у очувању нормалне функције жвакања и тиме подржавају здрав раст и развој детета.

Полазећи од ових сазнања, примена дигитално дизајнираних и прецизно израђених функционалних чувара простора представља важан напредак у савременој дечјој стоматологији. Ови уређаји не само што обезбеђују стабилност зубног лука и подржавају правилан раст сталних зуба, већ имају и кључну улогу у очувању основних функција као што су жвакање, гутање и говор. Такво мултифункционално деловање позитивно утиче и на целокупан психосоцијални развој детета. Са једне стране, чувари простора физички спречавају померање суседних и супротних зуба, чиме се одржава правилна дужина и висина зубног лука. Са друге стране, савремени апарати, посебно они израђени индивидуално уз помоћ *CAD/CAM* технологије, могу укључивати и додатне функционалне елементе који стимулишу нормално жвакање и артикулацију. На тај начин, они не служе само као пасивни чувари простора за ерупцију сталног зуба, већ

активно доприносе стабилизацији оклузалних односа, развоју алвеоларног гребена и јасноћи говора (Nedeljkovic et al. 2025).

Практична вредност оваквог свеобухватног приступа потврђена је и у оквиру наше студије. Циљ је био да се процени утицај различитих типова чувара простора – израђених 3Д штампом и глодањем – на ефикасност жвакања. Резултати су показали да се функционална способност жвакања значајно побољшала већ две недеље након цементирања, што указује на рану адаптацију пацијената. То побољшање може се приписати самом дизајну чувара: структура апарата прецизно налаже на носећи зуб, док круна преузима улогу у жвакању и долази у контакт са суседним зубом, омогућавајући равномерну дистрибуцију сила. Оваква конструкција подржава природан образац жвакања, који је од пресудне важности за очување здравих прехрамбених и физиолошких навика, уз минималну нелагодност током употребе (Nedeljkovic et al. 2025). Такође, важно је напоменути да очување просторне оријентације има и позитиван психолошки ефекат на дете. Задржавањем функционалне способности жвакања и естетике, дете се осећа сигурније у социјалним интеракцијама, што доприноси његовом психо-социјалном развоју. Овај аспект често остаје запостављен у клиничкој пракси, али је изузетно важан, посебно у осетљивом периоду предшколског и раног школског узраста.

Имајући у виду све наведене функционалне и психолошке захтеве, у оквиру ове студије примењене су две различите врсте материјала за израду функционалних чувара простора – метал добијен адитивном 3Д технологијом штампе и глодање композитног материјал. Циљ је био да се упореде њихова клиничка понашања, биомеханичка стабилност и практичне предности у свакодневной стоматолошкој пракси.

Резултати указују на супериорне карактеристике функционалних чувара простора израђених адитивном методом 3Д штампе метала, у поређењу са техником глодања композитног материјала клинички гледано на један, три и шест месеци. Иако су композити широко доступни и релативно економични, у клиничкој пракси показују бројна ограничења. Њихова подложност хабању под утицајем оклузалних сила, склоност ка лому, као и деформацијама изазваним термичким променама и дуготрајним механичким оптерећењем, могу негативно утицати на дуготрајност и стабилност уређаја. Последице, такви уређаји захтевају учесталије контроле, адаптације или замену, што оптерећује и здравствени систем и пацијенте.

Супротно томе, метални чувари простора добијени 3Д штампом – прецизним ласерским синтерованем биокompatibilних легура показали су изузетне механичке и клиничке карактеристике. Одликују се високом чврстоћом, отпорношћу на фрактуру и дуготрајном стабилношћу у оралном окружењу, без значајне промене облика или функције током времена. Њихова способност да се прецизно прилагоде индивидуалној анатомији пацијента омогућава бољу ретенцију и стабилност уређаја, што је од посебног значаја у условима растуће вилице и сложене оклузије у педијатријској популацији.

Примена 3Д штампаних металних чувара простора не само да подиже стандард превентивне ортодонтске терапије већ и значајно утиче на укупну економичност терапије. Због своје издржљивости, смањује се потреба за поновљеним интервенцијама, чиме се умањују трошкови лечења и унапређује сарадња пацијента. Према томе, ова технологија представља не само технолошки напредно, већ и клинички оправдано решење, које се са разлогом намеће као нови стандард у савременој дечјој стоматологији и ортодонцији. Један од најважнијих аспеката који чини метал изузетно погодним за израду функционалних чувара простора јесте његова висока механичка чврстоћа и отпорност на хабање. У поређењу са композитним материјалима, метални чувари

простора могу поднети константна оптерећења током жвакања која се јављају током дужег временског периода без опасности од пуцања, деформације или губитка функције (Pillai et al. 2021; Alyami 2024). Ова карактеристика је од изузетне важности у дечјој стоматологији јер функционални чувари простора морају издржати комплексне силе жвакања које се јављају током раста и развоја детета, све до потпуне ерупције зуба наследника.

Ове налазе додатно поткрепљују истраживања која се баве применом напредних технологија у дечјој стоматологији (Khanna et al. 2021). У оквиру једног таквог истраживања, примењена је иновативна технологија 3Д штампе за дизајн и производњу *Band and Loop* чувара простора, прилагођених захтевима савремене клиничке праксе. Резултати су показали јасну супериорност 3Д штампаних апарата у погледу клиничке издржљивости, стабилности и отпорности на механичке и биолошке утицаје у поређењу са конвенционалним решењима.

Осим механичке издржљивости, важна предност јесте могућност потпуне персонализације. *CAD/CAM* технологија омогућава дигитално скенирање усне дупље и прецизну израду 3Д модела, што резултира савршено прилагођеним уређајем који идеално одговара анатомским карактеристикама сваког детета. Ова прецизност у изради доприноси бољој ретенцији уређаја, смањује покретљивост и ризик од расцементирања, као и потенцијал за настанак иритација меких ткива услед акумулације плака. Поред тога, боља прилагодљивост смањује и осећај нелагодности код малишана, што директно утиче на бољу сарадњу пацијента и успешност терапије, што је показано упитником задовољства деце и њихових родитеља.

Такође, захваљујући дигиталној природи процеса израде, у случају потребе за заменом или поправком чувара простора, дигитални модел се може брзо поново искористити, чиме се значајно скраћује време производње и смањују додатни трошкови повезани са класичним узимањем отисака и ручном израдом апарата. Овај аспект је од посебног значаја у раду са децом, код којих је време лечења често ограничено, а ношење мање комфорних апарата може бити изазов.

Како потребе пацијената постају све сложеније, а технолошке могућности напредују, јавља се потреба за развојем нових типова чувара простора који превазилазе ограничења класичних решења. Један од аспеката који све више добија на значају у том контексту јесте естетика. Иако метал остаје стандард због своје чврстоће, биокompatibilности и отпорности на корозију, његов изглед може бити естетски неприхватљив у осетљивим регијама усне шупљине. Иако је раније била маргинализована у дечјој стоматологији, естетика данас постаје важан критеријум у избору терапијског приступа, посебно код деце старијег узраста и њихових родитеља.

Са развојем композитних и влакнима ојачаних материјала, као и применом *CAD/CAM* технологије, омогућена је израда индивидуализованих чувара простора који боље одговарају боји и анатомији пацијента. Ови апарати су мање упадљиви и често естетски прихватљивији. Ипак, упркос визуелним предностима, композити показују извесне клиничке недостатке. У нашој студији, утврђено је да је композитни материјал, и поред добре естетске прихватљивости, био склон лому током функције. Овај налаз указује на потребу за даљим побољшањем механичких својстава или редизајном апарата који би естетику комбиновали са већом структурном стабилношћу (Soni 2017).

Недавна истраживања све више потврђују ефикасност иновативних материјала и савремених дигиталних технологија у различитим областима стоматолошке праксе (Tahayeri et al. 2018; Wendler et al. 2020). Посебно се издвајају цирконијумске надокнаде, које обједињују изузетну отпорност на механичке утицаје – попут лома и хабања – са

високим естетским потенцијалом. Захваљујући својој природној боји и минималној видљивости у усној дупљи, оне омогућавају постизање изузетно природног изгледа, што их чини веома пожељним у естетски захтевним случајевима. Осим визуелне предности, цирконијум се одликује и високом биокompatibilношћу, као и врло ниским потенцијалом за иритацију меког ткива. Ове особине су од посебног значаја код осетљивих пацијената, нарочито у дечјој популацији, где је толеранција на материјале често смањена, а захтеви за удобност већи.

Паралелно са тим, убрзани развој дигиталне стоматологије довео је до шире примене 3Д штампаних конструкција од биосензитивних полимера. Ови материјали се истичу великом флексибилношћу, прилагодљивом естетиком и удобним ношењем, што омогућава висок ниво персонализације (Ticha et al. 2024; Cesar et al. 2024; Skorulska et al. 2021). Управо због тога они постају све пожељнији избор и у дечјој стоматологији, где сарадња и визуелни утисак имају кључну улогу у прихватању терапије.

Истовремено, нанокомпозитни материјали све више заузимају важно место у стоматолошкој протетици. Захваљујући унапређеној отпорности на фрактуру и абразију, као и способности да дугорочно одрже естетски и функционални квалитет, нанокомпозити се све чешће користе као алтернатива класичним металним компонентама. Ово је нарочито значајно у случајевима где су естетски захтеви пацијената пресудни у доношењу терапијске одлуке (Kawajiri et al. 2024; Ilie 2020; Li et al. 2025). Још један важан материјал који добија на значају у дигиталној стоматологији је *PEEK* (*Polyetheretherketone*). Овај термостабилни полимер поседује изузетна механичка својства – отпоран је на савијање, замор материјала и температурне осцилације – што га чини изузетно погодним за дуготрајну клиничку примену (Soares Machado et al. 2022). Његова боја, слична природној боји зуба, заједно са одличном биокompatibilношћу, доприноси лакшем прихватању од стране пацијената и смањује ризик од нежељених реакција. Додатна предност *PEEK*-а је његова ниска специфична тежина и модул еластичности сличан дентину, што омогућава равномерну расподелу жвакаћих сила и смањује механички стрес на околна ткива. Осим тога, отпорност на хемијске агенсе и минимална апсорпција влаге смањују ризик од настанка бактеријског биофилма и инфламације, што је посебно значајно у условима нарушене оралне хигијене (Jagade et al. 2025; Guo et al. 2020; Emam et al. 2023).

Поред тога, новији развој у области дигитално дизајнираних надокнада укључује примену хибридних материјала. Ови сложени системи комбинују више компоненти – као што су керамика и смоле, или металне основе прекривене естетским премазима – у циљу обједињавања предности различитих материјала. Хибридни системи омогућавају спајање високе механичке издржљивости са изузетном естетиком, што их чини посебно погодним за примену у видљивим регионима усне дупље. У овим зонама визуелни изглед игра кључну улогу у прихватању терапије, нарочито код деце и њихових родитеља (Kamegai et al. 2005; Owais et al. 2013).

Поред избора самих материјала, све већи значај у савременој стоматологији има и њихова површинска обрада. Развој нанотехнолошких премаза за металне компоненте омогућио је побољшање визуелних својстава материјала, смањење рефлексије светлости, као и редукцију адхезије биофилма, што позитивно утиче и на естетику и на хигијенску стабилност апарата (Guo et al. 2024; Ielo et al. 2021). Ови премази омогућавају да се сачувају механичке предности метала, а истовремено се постиже виши степен естетске прихватљивости, што је посебно важно у фронталним регијама усне дупље, где је визуелни утисак од пресудног значаја. Додатни напредак представља и увођење биосензитивних премаза и материјала са антимикробним својствима. Ове иновације

имају за циљ да смање ризик од инфламаторних реакција и појаве секундарног каријеса, чиме се значајно доприноси дугорочном успеху стоматолошке терапије. Спој антимикробне заштите, естетике и функционалне стабилности представља нови стандард у развоју биоматеријала намењених модерној стоматолошкој пракси.

У светлу савремених иновација у области дигиталне стоматологије, континуирано и систематско улагање у истраживање и развој *CAD/CAM* технологија у дечјој стоматологији представља фундаментални предуслов за унапређење клиничке праксе. Неопходно је спровођење компаративних студија које би обухватиле различите материјале, дизајне и производне технике, узимајући у обзир параметре као што су механичка издржљивост, биокompatibilност, функционалност, естетски ефекат, као и дугорочни клинички исходи у реалним условима стоматолошке праксе. Овакви истраживачки приступи омогућавају идентификацију оптималних решења која најбоље одговарају специфичним потребама педијатријских пацијената.

Поред технолошког развоја, изузетно значајан фактор представља и професионална едукација стоматолога, с обзиром на све већу имплементацију дигиталних алата у свакодневни рад. Стручњаци морају поседовати напредне компетенције у коришћењу *CAD/CAM*. Ово подразумева дубоко разумевање индикација за примену различитих типова функционалних чувара простора, као и критичку процену њихових предности и ограничења. Самим тим, стоматолози ће бити у позицији да прецизно прилагоде терапијске планове индивидуалним потребама пацијената, што ће резултирати побољшаним клиничким исходима.

Унапређење ове области захтева и мултидисциплинарни приступ како би се омогућиће унапређење процеса дизајна, израде и примене функционалних чувара простора, као и брже и ефикасније усвајање иновативних решења у клиничкој пракси.

Неопходна је и адекватна едукација родитеља и самих пацијената, са циљем повећања свести о значају правилне неге и сарадње у процесу лечења. Ово ће директно утицати на бољу прихватљивост терапијских уређаја, смањење компликација и дугорочну успешност интервенција. Поред техничких и клиничких аспеката, изузетно је важно обезбедити активније и систематичније укључивање родитеља у процес доношења терапијских одлука у дечјој стоматологији (Kaklamanos et al. 2023). Ово укључује пружање свеобухватних и јасних информација о доступним материјалима, као и о њиховим предностима и ограничењима у смислу очекиваног трајања, естетског изгледа, биокompatibilности и утицаја на орално здравље детета. Родитељима треба детаљно објаснити и разлике у цени, као и могуће економске импликације сваког избора, што им омогућава да донесу потпуно информисану одлуку у сарадњи са стоматологом.

Таква интеракција и партнерски однос између стоматолога, родитеља и детета повећавају степен поверења и уважавања терапијских препорука, што директно доприноси већем нивоу прихватања предложеног третмана. Истовремено, информисани родитељи су спремнији да активно учествују у праћењу и одржавању хигијене уста и апарата, као и да реагују на евентуалне проблеме током лечења. Ова сарадња значајно унапређује дугорочне клиничке исходе, смањује ризик од компликација и доприноси успостављању позитивног односа детета према стоматолошкој нези и здрављу уопште (Koaban et al. 2024; Gera et al. 2023).

Укључивање родитеља на овај начин такође пружа могућност за едукацију и подизање свести о значају превентивних мера, што је од кључног значаја за постизање одрживих резултата у педијатријској стоматологији. У том контексту, развој мултимедијалних алата и информативних материјала прилагођених родитељима може бити додатни

значајан корак ка побољшању комуникације и подршке у процесу лечења (Mladenovic 2024).

Са интеграцијом дигиталне технологије у превентивну и деју стоматологију, чувари простора дизајнирани помоћу *CAD/CAM* система све више постају стандард уместо изузетка. Примена ових савремених решења значајно унапређује искуство малих пацијената, смањујући непријатности које прате класичне процедуре узимања отисака и употребу конвенционалних материјала. Прецизност дигиталног дизајна смањује ризик од грешака у изради и потребу за додатним интервенцијама, што позитивно утиче на сарадњу детета и помаже у смањењу страха од стоматолошког третмана. Овакво искуство у стоматолошкој ординацији доприноси формирању позитивног става према оралном здрављу од најранијег узраста.

Осим непосредних клиничких предности, овакав приступ има и шире превентивне импликације. Наиме, функционални чувари простора дизајнирани *CAD/CAM* технологијом не само да обезбеђују очување простора за ницање сталних зуба, већ доприносе правилној оклузији, естетици и ефикасној функцији жвакања. Тиме се поставља темељ за здрав осмех и стабилан орално-функционални развој, што има позитиван одјек на целокупно здравље детета. Као део савремене дејје стоматолошке праксе, овај приступ представља важан корак ка побољшању квалитета живота младих пацијената, као и ка смањењу потребе за комплекснијим и скупљим терапијским процедурама у каснијем животном добу.

7. ЗАКЉУЧАК

На основу резултата ове докторске дисертације изведени су следећи закључци:

- Функционални чувари простора произведени адитивним методама (3Д штампом) показали су супериорне резултате у поређењу са онима који су израђени супракативним приступом (глодањем) композитних материјала, проценом клиничке одрживости на 1, 3 и 6 месеци.
- Функционални чувари простора израђени 3Д штампом и глодањем нису показале значајне разлике у мерењу максималне силе загрижаја.
- Ефикасности жвакања двобојном гумом за жвакање такође није показала разлику код обе групе чувара. није показала статистички значајне разлике између ових двају метода производње.
- Степен задовољства пацијената и родитеља применом функционалног чувара простора је веома висок, што се приписује не само функционалним предностима самог апарата већ и комфору током ношења.
- Функционални чувари простора израђени *CAD/CAM* дигиталним процесом омогућавају бољу контролу у дизајну, скраћено време израде и бољу адаптацију апарата у усној шупљини, што представља значајан корак напред у савременој стоматолошкој пракси код деце.

8. ЛИТЕРАТУРА

1. Ahmad AJ, Parekh S, Ashley PF. Methods of space maintenance for premature loss of a primary molar: a review. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2018;19(5):311-320.
2. Albadri S, Stevens C L. *Paediatric dentistry for the general dental practitioner*. Springer; 2021.
3. ¹ Alexander S, Askari M, Lewis P. The premature loss of primary first molars: space loss to molar occlusal relationships and facial patterns. *The Angle Orthodontist*. 2015;85(2):218–223
4. ¹ Alexander S, Askari M, Lewis P. The premature loss of primary first molars: space loss to molar occlusal relationships and facial patterns. *The Angle Orthodontist*. 2015;85(2):218-223
5. Alyami MH. The Applications of 3D-Printing Technology in Prosthodontics: A Review of the Current Literature. *Cureus*. 2024;16(9):e68501.
6. ³ Augustine C, Gujjari A, Paul N, Neelan S, Swamy R. Prosthetic rehabilitation and its effect on head posture. *Cureus* 2022;14(4):e24630.
7. Beloica D, Vulovic M, Carevic M et al. *Dečja stomatologija Praktikum*. Stomatološki fakultet u Beogradu, Beograd; 2010.
8. ¹ Cameron A, Widmer R, Hall R. *Handbook of pediatric dentistry*. Edinburgh [i 7 pozostających]: Mosby/Elsevier; 2017.
9. ² Campobasso A, Battista G, Lo Muzio E, Colombo S, Paglia M, Federici Canova F, Gianolio A, Beretta M. New 3D printed polymers in orthodontics: a scoping review. *Eur J Paediatr Dent*. 2023;24(3):224-228.
10. Caron T, Decup F, Grosogeat B, Chacun D. The relevance of intraoral scanner (IOS) for periodontal diagnosis: A scoping review. *J Dent*. 2025;160:105824.
11. ¹ Casamassimo P. *Pediatric dentistry*. St. Louis: Elsevier/Sanders; 2013.
12. Cesar PF, Miranda RBP, Santos KF, Scherrer SS, Zhang Y. Recent advances in dental zirconia: 15 years of material and processing evolution. *Dent Mater*. 2024;40(5):824-836.
13. ² Cicvaric O, Grzic R, Simunovic Erpusina M, Simonc-Kocijan S, Bakarcic D, Ivancic Jokic N. Association of Masticatory Efficiency and Reduced Number of Antagonistic Contacts Due to Extraction, Changing Dentition or Malocclusion in Children. *Dent J (Basel)*. 2023;11(3):64.
14. ¹ Cuoghi O, Bertoz F, De Mendonca M, Santos E. Loss of space and dental arch length after the loss of the lower first primary molar: a longitudinal study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 1998;22(2):117–120
15. ² Dai J, Li P, Spintzyk S, Liu C, Xu S. Influence of additive manufacturing method and build angle on the accuracy of 3D-printed palatal plates. *J Dent*. 2023;132:104449.

16. ³ Eggimann AK, Badura L, Zehnder R, Koemeda M, Buser R, Schimmel M. A Comparison of Oral Function in Older In- and Outpatients: An Observational Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2024;21(8):995.
17. Emam M, Arafa AM. Stress distribution and fracture resistance of green reprocessed polyetheretherketone (PEEK) single implant crown restorations compared to unprocessed PEEK and Zirconia: an in-vitro study. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):275.
18. Gera A, Pullisaar H, Cattaneo PM, Gera S, Vandeyska-Radunovic V, Cornelis MA. Stability, survival, and patient satisfaction with CAD/CAM versus conventional multistranded fixed retainers in orthodontic patients: a 6-month follow-up of a two-centre randomized controlled clinical trial. *Eur J Orthod*. 2023 Feb;45(1):58-67.
19. ⁵ Goenka P, Sarawgi A, Marwah N, Gumber P, Dutta S. Simple fixed functional space maintainer. *Int J Clin Pe- diatr Dent*. 2014;7:225-8.
20. ² Graf S, Vasudavan S, Wilmes B. CAD-CAM design and 3-dimensional printing of mini-implant retained orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018;154(6):877-882.
21. ¹ Guo H, Wang Y, Zhao Y et al. Computer-aided design of polyetheretherketone for application to removable pediatric space maintainers. *BMC Oral Health* 2020; 20:201
22. Guo H, Wang Y, Zhao Y, Liu H. Computer-aided design of polyetheretherketone for application to removable pediatric space maintainers. *BMC Oral Health*. 2020 Jul 10;20(1):201. doi: 10.1186/s12903-020-01184-6. PMID: 32650758; PMCID: PMC7353737.
23. Guo J, Wang P, Li Y, Liu Y, Ye Y, Chen Y, Kankala RK, Tong F. Advances in hybridized nanoarchitectures for improved oro-dental health. *J Nanobiotechnology*. 2024;22(1):469
24. ⁵ Gurcan A, Koruyucu M, Kuru S, Sepet E, Seymen F. Ef- fects of Fixed and Removable Space Maintainers on Dental Plaque and DMFT/dft Values. *Odovtos - Interna- tional Journal of Dental Sciences*. 2020;;274-284.
25. ¹ Hoffding J, Kisling E. Premature loss of the primary teeth: part I, its overall effect on occlusion and space in the permanent dentition. *J Dent Child* 1978; 45:279–283
26. Ielo I, Giacobello F, Sfamini S, Rando G, Galletta M, Trovato V, Rosace G, Plutino MR. Nanostructured Surface Finishing and Coatings: Functional Properties and Applications. *Materials (Basel)*. 2021;14(11):2733.
27. Ilie N. Spatial Distribution of the Micro-Mechanical Properties in High-Translucent CAD/CAM Resin-Composite Blocks. *Materials (Basel)*. 2020;13(15):3352.
28. Ilie N. Spatial Distribution of the Micro-Mechanical Properties in High-Translucent CAD/CAM Resin-Composite Blocks. *Materials (Basel)*. 2020;13(15):3352.

29. Jangade M, Sharma R, Sudharson NA, Jain R, Sahu SK, Dani A. Evaluation of marginal accuracy of polyetheretherketone and zirconia copings fabricated using computer-aided design/computer-aided manufacturing technique: An in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2025;25(1):95-101.
30. ¹ Johnsen D. Space observation following loss of the mandibular first primary molars in mixed dentition. *ASDC Journal of Dentistry for Children* 1980;47(1):24–27
31. Jurić H. Dječja Dentalna Medicina. Jastrebarsko: Naklada Slap; 2015.
32. Kklamanos EG, Makrygiannakis MA, Athanasiou AE. Oral Health-Related Quality of Life throughout Treatment with Clear Aligners in Comparison to Conventional Metal Fixed Orthodontic Appliances: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(4):3537.
33. ¹ Kalia G, Tandon S, Bhupali NR, Rathore A, Mathur R, Rathore K. Speech evaluation in children with missing anterior teeth and after prosthetic rehabilitation with fixed functional space maintainer. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2018;36:391-5.
34. ² Kamegai T, Tatsuki T, Nagano H, Mitsuhashi H, Kumeta J, Tatsuki Y, Kamegai T, Inaba D. A determination of bite force in northern Japanese children. *Eur J Orthod.* 2005;27(1):53-7.
35. Kawajiri Y, Ikeda H, Nagamatsu Y, Masaki C, Hosokawa R, Shimizu H. PICN Nanocomposite as Dental CAD/CAM Block Comparable to Human Tooth in Terms of Hardness and Flexural Modulus. *Materials (Basel).* 2021;14(5):1182.
36. Kawajiri Y, Ikeda H, Nagamatsu Y, Masaki C, Hosokawa R, Shimizu H. PICN Nanocomposite as Dental CAD/CAM Block Comparable to Human Tooth in Terms of Hardness and Flexural Modulus. *Materials (Basel).* 2021;14(5):1182.
37. ⁵ Kawara M, Komiyama O, Kimoto S, Kobayashi N, Kobayashi K, Nemoto K. Distortion behavior of heat-activated acrylic denture-base resin in conventional and long, low-temperature processing methods. *J Dent Res.* 1998;77:1446-53
38. Khanna S, Rao D, Panwar S, Pawar B, Ameen S. 3D Printed band and loop space maintainer: a digital game changer in preventive orthodontics, *J. Clin. Pediatr. Dent.* 2021;45(3):147–151.
39. ¹ Kisling E, Høffding J. Premature loss of primary teeth: Part V, treatment planning with due respect to the significance of drifting patterns. *ASDC Journal of Dentistry for Children* 1979;46(4):300–306
40. Koaban A, Al-Harbi SK, Al-Shehri AZ, Al-Shamri BS, Aburazizah MF, Al-Qahtani GH, Al-Wusaybie LH, Alkhalifa LB, Al-Saad MM, Al-Nehab AA, Al-Halimi FM. Current Trends in Pediatric Orthodontics: A Comprehensive Review. *Cureus.* 2024;16(9):e68537.

41. ¹ Kumari P, Kumari R. Loss of space and changes in the dental arch after premature loss of the lower primary molar: a longitudinal study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2006;24(2):90–96
42. Lee JH. Fully digital workflow for the fabrication of a tooth-colored space maintainer for a young patient. *J Esthet Restor Dent*. 2023;35(4):561-566.
43. Li C, Wang G, Wang S, Shen W, Zhang Y, Kang J, Xiao Z. Fluorapatite Glass-Ceramics in Dentistry: Synthesis, Properties, Forming Technology, Applications, Challenges, and Future Perspectives. *Materials (Basel)*. 2025;18(4):804.
44. Li C, Wang G, Wang S, Shen W, Zhang Y, Kang J, Xiao Z. Fluorapatite Glass-Ceramics in Dentistry: Synthesis, Properties, Forming Technology, Applications, Challenges, and Future Perspectives. *Materials (Basel)*. 2025;18(4):804.
45. ² Maldonado P, Dönmez MB, Güven ME, Schimmel M, Revilla-León M, Çakmak G, Yilmaz B. Digital analysis of fabrication accuracy and fit in additively and subtractively manufactured implant-supported fixed complete dentures. *J Dent*. 2024;150:105332.
46. Micovic D, Mayinger F, Bauer S, Roos M, Eichberger M, Stawarczyk B. Is the high-performance thermoplastic polyetheretherketone indicated as a clasp material for removable dental prostheses? *Clin Oral Investig*. 2021;25(5):2859-2866.
47. Mladenovic R, Janjic V. Dentistry in the Digital Age: Exploring Human–Computer Creativity in Dental Education and Practice. In: Geroimenko, V. (eds) *Human-Computer Creativity*. Springer Series on Cultural Computing. Springer, Cham. 2025.
48. Mladenovic R. AI-Powered and “Augmented” Dentistry: Applications, Implications and Limitations. In: Geroimenko, V. (eds) *Augmented Reality and Artificial Intelligence*. Springer Series on Cultural Computing. Springer, Cham. 2023.
49. Mladenovic R. *Pedodoncija praktika*. Fakultet medicinskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kuća Štampe, Beograd 2024.
50. ⁶ Mladenovic R. The Usage of Augmented Reality in Dental Education. In: Geroimenko, V. (eds) *Augmented Reality in Education*. Springer Series on Cultural Computing. Springer, Cham. 2020.
51. ¹ Mohammad Z, Cheruku SR, Penmetcha S, Bagalkotkar A, Kumari S. A novel approach to regain anterior space using modified 2 by 3 fixed appliance: a report of two cases. *J Clin Diagn Res*. 2015;9:23-5.
52. ² Morón-Conejo B, Berrendero S, Salido MP, Zarauz C, Pradíes G. Accuracy of surgical guides manufactured with four different 3D printers. A comparative in vitro study. *J Dent*. 2024;148:105226.
53. Mukai S, Mukai E, Santos-Junior JA, Shibli JA, Faveri M, Giro G. Assessment of the reproducibility and precision of milling and 3D printing surgical guides. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):1.

54. Nedeljkovic A, Milosavljevic M, Mladenovic K, Janjic V, Schimmel M, Mladenovic R. Clinical outcomes of novel CAD/CAM-designed functional space maintainers produced via additive and subtractive methods: A randomized controlled trial. *J Dent.* 2025;155:105608.
55. Nedeljkovic A, Petrovic M, Andjelic B. Space maintenance of premature primary tooth loss - an overview, *Exp. Appl. Biomed. Res.* (2023) <https://doi.org/10.2478/sjccr-2022-0009>. Ahead of Print.
56. Negreiros WM, Sun TC, Jain S, Finkelman M, Gallucci GO, Hamilton A. Precision of complete-arch digital implant scans using photogrammetry and intra-oral scanning. An in vivo cross-over study: Complete-Arch Implant Scans: Photogrammetry vs IOS. *J Dent.* 2025:105928.
57. Owais AI, Shaweesh M, Abu Alhaija ES. Maximum occusal bite force for children in different dentition stages. *Eur J Orthod.* 2013;35(4):427-33.
58. Parate KP, Naranje N, Vishnani R, Paul P. Polyetheretherketone Material in Dentistry. *Cureus.* 2023;15(10):e46485.
59. Pillai S, Upadhyay A, Khayambashi P, Farooq I, Sabri H, Tarar M, Lee KT, Harb I, Zhou S, Wang Y, Tran SD. Dental 3D-Printing: Transferring Art from the Laboratories to the Clinics. *Polymers (Basel).* 2021;13(1):157.
60. Qudeimat MA, Sasa IS. Clinical success and longevity of band and loop compared to crown and loop space maintainers. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2015;16(5):391-6.
61. Ralph E. McDonald, DDS, MS, LLD, David R. Avery, DDS, MSD and Jeffrey A. Dean, DDS, MSD. *McDonald and Avery Dentistry for the Child and Adolescent; 9e 9th Edition; 2010*
62. Ramakrishnan M, Dhanalakshmi R, Subramanian EMG. Survival rate of different fixed posterior space maintainers used in Paediatric Dentistry - A systematic review. *Saudi Dent J.* 2019;31(2):165-172.
63. Saber A, Altoukhi D, Horaib M, El-Housseiny A, Alamoudi N, Sabbagh H. Consequences of early extraction of compromised first permanent molar: a systematic review. *BMC. Oral Health* 2018;18(1):59.
64. Sánchez-Riofrío D, Viñas MJ, Ustrell-Torrent JM. CBCT and CAD-CAM technology to design a minimally invasive maxillary expander. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):303.
65. Setia V, Pandit IK, Srivastava N, Gugnani N, Sekhon HK. Space maintainers in dentistry: past to present. *J Clin Diagn Res.* 2013;7(10):2402-5.
66. Shenoy A, Maiti S, Nallaswamy D, Srinivasan M. A double-blind randomized crossover trial comparing the esthetic outcomes of CAD-CAM provisional restorations fabricated using CBCT and IOS acquisition methods. *J Dent.* 2025;153:105545.

67. ¹ Simon T, Nwabueze I, Oueis H, Stenger J. Space maintenance in the primary and mixed dentitions. *J Mich Dent Assoc.* 2012;94(1):38-40.
68. Skorulska A, Piszko P, Rybak Z, Szymonowicz M, Dobrzyński M. Review on Polymer, Ceramic and Composite Materials for CAD/CAM Indirect Restorations in Dentistry- Application, Mechanical Characteristics and Comparison. *Materials (Basel).* 2021;14(7):1592.
69. Soares Machado P, Cadore Rodrigues AC, Chaves ET, Susin AH, Valandro LF, Pereira GKR, Rippe MP. Surface Treatments and Adhesives Used to Increase the Bond Strength Between Polyetheretherketone and Resin-based Dental Materials: A Scoping Review. *J Adhes Dent.* 2022;24:233-245.
70. Soni HK. Application of CAD-CAM for Fabrication of Metal-Free Band and Loop Space Maintainer. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(2):ZD14-ZD16.
71. ¹ Srivastava N, Grover J, Panthri P. Space maintenance with an innovative “tube and loop” space maintainer (Nikhil appliance)[J]. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2016;9(1):86.
72. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, Ferracane JL, Bertassoni LE. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent Mater.* 2018;34(2):192-200.
73. Tichá D, Tomášik J, Oravcová L, Thurzo A. Three-Dimensionally-Printed Polymer and Composite Materials for Dental Applications with Focus on Orthodontics. *Polymers (Basel).* 2024;16(22):3151.
74. Tran MN, Bui AH, Le LH, Huynh TT, Phan PD, Tran TL, Le NT, Nguyen TT, Le HV, Lam DP, Lam QV, Pham TL, Pham AT, Pham VK. Utilization of magnification devices in Vietnam's dental practice and education: an online survey. *BMC Oral Health.* 2025;25(1):929.
75. ⁵ Tunc E, Bayrak S, Tuloglu N, Egilmez T, Isci D. Evaluation of Survival of different fixed space maintainers. *Pediatr. Dent.* 2012;34(4):97-102
76. ¹ Tunison W, Flores-Mir C, ElBadrawy H, Nassar U, El-Bialy T, Dental arch space changes following premature loss of primary first molars: a systematic review. *Pediatric Dentistry* 2008;30(4): 297–302
77. Tunison W, Flores-Mir C, ElBadrawy H, Nassar U, ElBialy T, Dental arch space changes following premature loss of primary first molars: a systematic review. *Pediatric Dentistry* 2008;30(4): 297-302
78. Unkovskiy A, Diken Türksayar AA, Beuer F, Li P, Bomze D, Yassine J, Schmidt F. Influence of 3D-printed, milled and pressed lithium disilicate on the bond strength to two resin cements: an in vitro study. *J Dent.* 202;157:105747.
79. Watt E, Ahmad A, Adamji R, Katsimpali A, Ashley P, Noar J. Space maintainers in the primary and mixed dentition - a clinical guide. *Br Dent J.* 2018 Aug 24;225(4):293-298. doi: 10.1038/sj.bdj.2018.650. Erratum in: *Br Dent J.* 2018;225(6):555.

80. Wendler M, Kaizer MR, Belli R, Lohbauer U, Zhang Y. Sliding contact wear and subsurface damage of CAD/CAM materials against zirconia. *Dent Mater.* 2020;36(3):387-401.
81. Wu K, Liu F, Lüchtenborg J, Altmann B, Zhu P, Wang F, Wu Z, Li P. Evaluation of microbial adhesion on 3D-printed zirconia surfaces: Effects of printing angle and layer thickness. *J Dent.* 2025;160:105855.
82. ³Yoshida M, Kikutani T, Okada G, Kawamura T, Kimura M, Akagawa Y. The effect of tooth loss on body balance control among community-dwelling elderly persons. *Int. J. Prosthodont.* 2009;22(2):136–139.
83. Youssef M, Tatakis DN, Demko C, Schincaglia GP. Knowledge and use of digital technologies in periodontal practices in the United States: A survey study. *J Periodontol.* 2025 Apr 10. doi: 10.1002/JPER.24-0306. Epub ahead of print.

ИЗВОР СЛИКА

Слика 1, 2 и 5. Осмислио и израдио Раша Младеновић

Слике 3, 4, 6-14. Аутори Андрија Недељковић и Раша Младеновић

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Андрија Недељковић је дипломирани доктор стоматологије са богатим академским и професионалним искуством у области стоматологије и денталне технологије. Средњу медицинску школу „Сестре Нинковић“ завршио је као зубни техничар, чиме је поставио темеље за даље стручно усавршавање у овој области.

Медицински факултет Универзитета у Нишу, смер стоматологија, уписао је 2015. године, а дипломирао 2020. године. Током основних студија, показао је изражено интересовање за наставу и истраживачки рад, те је од 2018. до 2020. године био ангажован као демонстратор на предмету Болести зуба.

Након завршених основних студија, уписао је докторске студије на Медицинском факултету у Крагујевцу, на истраживачком подручју Истраживања у стоматологији, где се фокусира на савремене приступе и иновације у денталној науци.

Професионално искуство обухвата рад као стручни сарадник у фармацеутској компанији *Vemax Farma*, као и клинички рад у стоматолошкој ординацији *Dental centar Nedeljković*, где је стекао значајно искуство у раду са пацијентима и примени савремених терапијских метода.

Од 2023. године је сувласник и оснивач *Connect Dental Lab*, модерне зуботехничке лабораторије, чиме је додатно проширио своје деловање у области денталне индустрије, комбиновањем клиничке праксе, технологије и предузетништва.

БИБЛИОГРАФИЈА

1. **Nedeljkovic A**, Milosavljevic M, Mladenovic K, Janjic V, Schimmel M, Mladenovic R. Clinical outcomes of novel CAD/CAM-designed functional space maintainers produced via additive and subtractive methods: A randomized controlled trial. J Dent. 2025;155:105608 **M21a+ IF 5.5 (2024)**
2. **Mladenovic R, Nedeljkovic A**, Vujacic L, Stevanovic M, Djordjevic V, Pajic S, Mladenovic K. A Personalized 3D-Printed CAD/CAM Functional Space Maintainer Following the Premature Loss of a Primary First Molar in a Five-Year-Old Child. Reports. 2025; 8(3):125. **M22 IF 0.6 (2024)**
3. **Nedeljkovic A**, Petrovic M, Andjelic B, Space maintenance of premature primary tooth loss - an overview, Exp. Appl. Biomed. Res. (2023) <https://doi.org/10.2478/sjecr-2022-0009>. Ahead of Print. **M51**
4. **Kostić M, Nedeljković A**, Igić M, Gligorijević N, Kocić K. Facial symmetry in subjects with full dental arches. Acta Facultatis Medicae Naissensis. 2021;38(2):171-6. doi: 10.5937/afmnai38-28868 **M51**

**ИЗЈАВА АУТОРА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

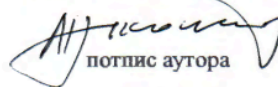
Изјављујем да су штампана и електронска верзија докторске дисертације под насловом:

**ИНОВАТИВНИ ФУНКЦИОНАЛНИ ЧУВАРИ ПРОСТОРА ЗАСНОВАНИ НА
CAD/CAM ТЕХНОЛОГИЈИ**

истоветне.

У Крагујевцу, 26.6.2025. године,

Андрија Недељковић



потпис аутора

ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Изјављујем да докторска дисертација под насловом:

ИНОВАТИВНИ ФУНКЦИОНАЛНИ ЧУВАРИ ПРОСТОРА ЗАСНОВАНИ НА CAD/CAM ТЕХНОЛОГИЈИ

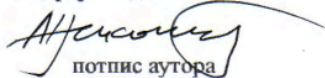
представља оригинално ауторско дело настало као резултат сопственог истраживачког рада.

Овом Изјавом такође потврђујем:

- да сам једини аутор наведене докторске дисертације,
- да у наведеној докторској дисертацији нисам извршио/ла повреду ауторског нити другог права интелектуалне својине других лица,

У Крагујевцу, 26.6.2025. године,

Андрија Недељковић



потпис аутора

ИЗЈАВА АУТОРА О ИСКОРИШЋАВАЊУ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ја, Андрија Недељковић,

☒ дозвољавам

☐ не дозвољавам

Универзитетској библиотеци у Крагујевцу да начини два трајна умножена примерка у електронској форми докторске дисертације под насловом:

ИНОВАТИВНИ ФУНКЦИОНАЛНИ ЧУВАРИ ПРОСТОРА ЗАСНОВАНИ НА CAD/CAM ТЕХНОЛОГИЈИ

и то у целини, као и да по један примерак тако умножене докторске дисертације учини трајно доступним јавности путем дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу и централног репозиторијума надлежног министарства, тако да припадници јавности могу начинити трајне умножене примерке у електронској форми наведене докторске дисертације путем *преузимања*.

Овом Изјавом такође

☒ дозвољавам

☐ не дозвољавам¹

припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од следећих *Creative Commons* лиценци:

1) Ауторство

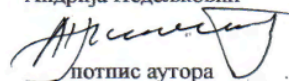
2) Ауторство - делити под истим условима

¹ Уколико аутор изабере да не дозволи припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци, то не искључује право припадника јавности да наведену докторску дисертацију користе у складу са одредбама Закона о ауторском и сродним правима.

- 3) Ауторство - без прерада
- 4) Ауторство - некомерцијално
- 5) Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима
- ☒ 6) Ауторство - некомерцијално - без прерада²

У Крагујевцу, 26.6.2025. године,

Андрија Недељковић



потпис аутора

² Молимо ауторе који су изабрали да дозволе припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци да заокруже једну од понуђених лиценци. Детаљан садржај наведених лиценци доступан је на: <http://creativecommons.org.rs/>

ИНОВАТИВНИ ФУНКЦИОНАЛНИ ЧУВАРИ ПРОСТОРА ЗАСНОВАНИ НА CAD/CAM ТЕХНОЛОГИЈИ

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

- | | | |
|---|---|----------------|
| 1 | sciendo.com
Internet | 498 words — 3% |
| 2 | Andrija Nedeljkovic, Marko Milosavljevic, Kristina Mladenovic, Vladimir Janjic, Martin Schimmel, Rasa Mladenovic. "Clinical Outcomes of Novel CAD/CAM-Designed Functional Space Maintainers Produced via Additive and Subtractive Methods: A randomized controlled trial", Journal of Dentistry, 2025
Crossref | 322 words — 2% |
| 3 | Rasa Mladenovic, Andrija Nedeljkovic, Ljiljana Vujacic, Marko Stevanovic et al. "A Personalized 3D-Printed CAD/CAM Functional Space Maintainer Following the Premature Loss of a Primary First Molar in a Five-Year-Old Child", Reports, 2025
Crossref | 155 words — 1% |
| 4 | nardus.mpn.gov.rs
Internet | 151 words — 1% |
| 5 | intapi.sciendo.com
Internet | 124 words — 1% |
| 6 | starisajt.pr.ac.rs
Internet | 108 words — 1% |

EXCLUDE QUOTES	OFF	EXCLUDE SOURCES	< 1%
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY	OFF	EXCLUDE MATCHES	< 9 WORDS