

УНИВЕРЗИТЕТ „Св. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ – СКОПЈЕ
СТОМАТОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ



Јасна Симоноска

**КОМПАРАЦИЈА НА РАЗЛИЧНИ МЕТОДИ НА ВИТАЛНА
ПУЛПОТОМИЈА КАЈ МЛЕЧНИ ЗАБИ**

- МАГИСТЕРСКИ ТРУД -

Скопје, 2019.

УНИВЕРЗИТЕТ „Св. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ – СКОПЈЕ
СТОМАТОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ



Јасна Симоноска

**КОМПАРАЦИЈА НА РАЗЛИЧНИ МЕТОДИ НА ВИТАЛНА
ПУЛПОТОМИЈА КАЈ МЛЕЧНИ ЗАБИ**

- МАГИСТЕРСКИ ТРУД -

Ментор проф. д-р Елизабета Ѓоргиевска

Коментор проф. д-р Александар Димков

Скопје, 2019.

Голема благодарност ѝ должам пред сè на мојата менторка проф. д-р Елизабета Ѓоргиевска за корисните забелешки, научните упатства и зборовите на поддршка во секој сегмент на мојата стручна и научна надградба.

Чувствувам длабока и топла благодарност кон проф. д-р Александар Димков за несебичната помош и неговото сесрдно и безрезервно залагање во целиот тек на изработката на овој труд.

Благодарам на сите деца – испитаници и на нивните родители, кои активно учествуваа во текот на испитувањето.

Едно големо благодарам на колегите од Клиниката за детска и превентивна стоматологија за поддршката и трпението.

На целото семејство, кое ме поддржуваше со љубов, трпение и разбирање – му изразувам огромна благодаарност.

СОДРЖИНА

Апстракт

Abstract

1. ВОВЕД	
2. ПРЕГЛЕД ОД ЛИТЕРАТУРАТА	
2.1. АНАТОМИЈА НА МЛЕЧНИ ЗАБИ	
2.2. ПУЛПОТОМИЈА НА МЛЕЧНИ ЗАБИ	
2.3. ВИТАЛНА ПУЛПНА ТЕРАПИЈА (ВПТ)	
2.4. ДИЈАГНОЗА НА ЗАБОЛУВАЊА НА ПУЛПАТА	
2.5. СРЕДСТВА ЗА ПУЛПОТОМИЈА	
2.5.1. Calcium hydroxide Ca(OH) ₂	
2.5.1.1. Механизам на дејство	
2.5.2. Минерал триоксид агрегатот (МТА)	
2.5.3. Разлики помеѓу калциум хидроксид и МТА	
2.6. ЛАСЕР ВО ПУЛПОТОМИЈА	
3. ЦЕЛ НА ИСПИТУВАЊЕТО	
4. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ	
4.1. МАТЕРИЈАЛ	
4.2. МЕТОДИ	
4.2.1. Метод на изведување на витална пулпотомија	
4.2.1.1. Конвенционална метода	
4.2.1.2. Метода со ласер	
5. РЕЗУЛТАТИ	
5.1. КЛИНИЧКИ ПАРАМЕТРИ	
5.2. РЕНТГЕН ПАРАМЕТРИ	
6. ДИСКУСИЈА	
7. ЗАКЛУЧОЦИ	
КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	

КОМПАРАЦИЈА НА РАЗЛИЧНИ МЕТОДИ НА ВИТАЛНА ПУЛПОТОМИЈА КАЈ МЛЕЧНИ ЗАБИ

АПСТРАКТ

Потребата од превенција на кариесот, широката и сеопфатна примена на флуоридите и другите реминерализирачки средства, како и минимално инванзивното лекување на забите, се услов без кој не се може во современата стоматологија. Основна цел на лекувањето на пулпата на млечните заби се постапките на пулпотомија и пулпектомија.

Пулпотомијата на млечните заби претставува метода за ендодонтски третман, која се карактеризира со зачувување на виталитетот на пулпата во асимптоматска состојба, сè до физиолошка ексфолијација. Таа може да биде витална и мортална.

Виталната пулпотомија е единствена постапка на хируршка ампулација на коронарниот дел од експонираната витална пулпа, која обично се користи како средство за зачувување на виталноста и функцијата на преостанатиот радикуларен дел од пулпата.

Основната цел на трудот беше споредбата на ефектите од примената на два различни методолошки пристапи кон витална пулпотомија на млечни молари - конвенционален ендодонтски третман и пулпотомија со ласер; потоа, споредба на ефектите од примена на средството калциум хидроксид ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), наспроти средството минерал триоксид агрегат (МТА); анализа и компарација на клиничките и радиографските промени на пулпотомираните заби во тек на утврдениот временски период како и утврдување на степенот на ефикасност кај различните методи на витална пулпотомија на млечни молари.

Една од поновите модификации на виталната пулпотомија кај млечните заби претставува пулпотомијата со употреба на ласерот. При користење на ласерот во пулпотомија на млечните заби, во допир со виталната пулпа ласерското зрачење го зголемува создавањето на калцифицирани нодули во фибробластите на денталната пулпа и ја зголемува активноста на алкалната фосфатаза, стимулирајќи го производство на колаген и остеокалцин.

Во истражувањето беа анализирани 40 млечни молари од кои 20 беа третирани со конвенционална и 20 заба третирани со ласерска метода на витална пулпотомија. Беа употребени два пулпотомиски агенси - Ca(OH)₂ и МТА.

Ca(OH)₂ е алкален препарат (pH=11.5) и предизвикува зона на влажна некроза од страната на апликација. Надвор од зоната на некротата, Ca(OH)₂ индуцира помал степен на инфламаторен одговор од страна на пулпата, со што се стимулира создавање на дентинскиот мост. Во период од шест до осум недели, се предвидува формирање на дентински мост во подрачјето надвор од поставениот Ca(OH)₂.

МТА, исто како и калциум хидроксидот е алкален (pH=12.5), во првите 24 часа, а потоа неутрален; биокомпактибилен, биоактивен и биоиндуктивен материјал. Овие својства доведуваат до формирање на хидроксилапатит на местото на апликација.

Во студијата беа испитувани и следени клиничките параметри како симптоми на болка, чувствителност на перкусија, оток, фистула и патолошка мобилност. Забите кај кои не се покажаа знаци на радикуларно просветлување, интерна и екстерна коренска ресорпција, проширување на периодонталниот лигамент, беа клучни РТГ параметри за успешноста на ендодонтската терапија.

Добиените резултати покажаа дека нема статистички значајна разлика меѓу двата пулпотомиски агенси - Ca(OH)₂ и МТА, па според тоа и двата можат да се користат како алтернативни агенси за пулпотомија кај млечните заби. Се смета дека стапката на успешност на пулпотомијата со Ca(OH)₂ е слична на онаа со МТА. Комбинацијата на пулпотомија со ласер и употреба на средството МТА даде најдобри резултати во однос на сите испитувани клинички и радиографски критериуми и во сите анализирани периоди. МТА се смета за поефикасен од Ca(OH)₂, меѓутоа, доколку цената е проблем бидејќи третираните заби ќе се заменат со нови, трајни заби, Ca(OH)₂ може да биде материјал на избор.

Клучни зборови: *витална пулпотомија, млечни заби, калциум хидроксид, МТА, ласер.*

COMPARASION OF DIFFERENT METHODS OF PULPOTOMY IN DECIDUOUS TEETH

ABSTRACT

The need for caries prevention, the widespread and comprehensive use of fluoride and other remineralisers, as well as minimally invasive dental treatment, are condition that cannot be met in modern dentistry. The main purpose of the treatment of primary teeth pulp is pulpotomy and pulpectomy procedures.

Pulpotomy of primary teeth is a method of endodontic treatment, characterized by preserving the pulp vitality in an asymptomatic condition, up to physiological exfoliation. It can be vital and mortal.

The vital pulpotomy is the only procedure of surgical amputation of the coronary part of the exposed vital pulp, commonly used as a method of preserving the vitality and function of the remaining radial pulp.

The main aim of this paper was to compare the effects of applying two different methodological approaches towards vital pulpotomy of deciduous teeth - conventional endodontic treatment and laser pulpotomy; thereafter, a comparison of the effects of the application of calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), versus mineral trioxide aggregate (MTA); analysis and comparison of clinical and radiographic changes of pulpotomized teeth over a defined period as well as determination of the degree of efficiency of different methods of vital pulpotomy of primary teeth.

One of the more recent modifications to vital pulpotomy in the milk teeth is laser pulpotomy. When using the laser in pulpotomy of the primary teeth, in contact with the vital pulp laser irradiation increases the production of calcified nodules in the fibroblasts of the dental pulp and increases the activity of alkaline phosphatase, stimulating collagen and osteocalcin production.

The study analyzed 40 primary molars, 20 teeth treated with conventional and 20 teeth treated with the method of laser pulpotomy. In the analyzing process, two pulpotomic agents - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and MTA have been used.

Ca(OH)₂ is an alkaline preparation (pH = 11.5) and causes a zone of wet necrosis on the application side. Outside the necrosis zone, Ca(OH)₂ induces a lower degree of inflammatory response by the pulp, thereby stimulating the formation of the dentin bridge. For a period of six to eight weeks, the formation of a dentin bridge is foreseen in the area outside the posted Ca(OH)₂.

MTA, as well as calcium hydroxide, is alkaline (pH = 12.5) within 24 hours and then turns to neutral, but it's biocompatible, bioactive and bio-inductive. These features lead to the formation of hydroxylapatite at the site of application.

The study examined and monitored clinical parameters such as pain symptoms, percussion sensitivity, swelling, fistula and pathological mobility. Teeth that showed no signs of radicular illumination, internal and external root resorption, extension of the periodontal ligament were key RTG parameters for the success of endodontic therapy.

The achieved results showed that there was no statistically significant difference between the two pulpotomy agents - Ca(OH)₂ and MTA, and therefore both can be used as alternative pulpotomy agents in the primary teeth.

It has been considered that success rate of pulpotomy with Ca(OH)₂ is similar with MTA. The combination of laser pulpotomy and the use of MTA gave the best results in all clinical and radiographic criterias examined and in all analyzed periods. The mineral trioxide aggregate is considered more efficient than calcium hydroxide, however, if the cost is a problem as the treated teeth will be replaced with new, permanent teeth, the calcium hydroxide may be the material of choice.

Key words: *vital pulpotomy, deciduous teeth, Calcium Hydroxide, MTA, Laser*

1. ВОВЕД

Современиот стоматолошки пристап кај млади пациенти се базира како кон превентивата, така и кон спроведувањето на соодветни тераписки постапки со употреба на современи методи, техники, опрема и средства.

Превенцијата на кариесот со широка и сеопфатна примена на флуоридите и другите реминерализирачки средства, како и минимално инвазивното лекување на забите се *conditio sine qua non* на современата стоматологија.

За жал и покрај напредокот во превенцијата на денталниот кариес и зголемувањето на свеста за важноста за зачувување на млечната дентиција, евидентно е дека кариес-екстракција-пломба индексот (КЕП) и понатаму е висок и сеуште многу заби се губат предвременно¹. Основни причини за предвременно губење на забите кај децата се или денталниот кариес или денталната траума².

Ова може да доведе до појава на естетски, фонетски и функционални проблеми, проблеми со социјализација на детето, како и до појава на малоклузии кои можат да бидат минливи и трајни. Затоа, одржувањето на интегритетот и здравјето на забите и оралните ткива е примарна цел на третманот на пулпата¹.

2. ПРЕГЛЕД ОД ЛИТЕРАТУРАТА

2.1. АНАТОМИЈА НА МЛЕЧНИ ЗАБИ

Млечните заби (*dentes decidui*) се нарекуваат уште и први или привремени заби. Секој млечен заб има свој одреден функционален период, после кој доаѓа до ресорпција на неговиот корен/корени, негова ексфолијација и природна замена со трајниот заб.

Основни карактеристики на млечните заби во однос на трајните заби се: млечно-бела боја, послаба минерализација, изразен цингулум, потенок слој на емајл и дентин, поширока пулпна комора со пулпно ткиво поблиску до дентинот и повисоко поставени пулпни рогови.

По дефиниција емајлот (*substantia adamantina*) е тврдо дентално ткиво коешто во физиолошки околности ги прекрива деловите од забот кои се изложени и видливи во усната празнина. Емајлот е најтврдо ткиво во организмот поради високиот процент на минерализираност, и има клинички сјајна и мазна површина.

Под електронски микроскоп се забележува голема набраност на површината, па така се разликуваат Пикерилони линии, Ретциусови пруги, мали вдлабнувања, јамички и фисури.

Гледано под светлосен микроскоп емајловата призма е основна градбена единка на емајлот, додека гледано под електронски микроскоп емајловите призми се составени од кристали на калциум-хидроксилапатит.

Дентинот (*substantia eburnea*) е цврсто дентално ткиво коешто во коронарниот дел на забот е прекриено со емајл, а во радикуларниот дел со

цемент. Тој е целосно аваскуларен, а по цврстина се наоѓа меѓу емајлот, цементот и коската.

Анорганскиот дел го сочинува калциум-фосфатот во хидроксилапатитот, а органскиот дел претежно го сочинуваат т.н. влакнеста структура, аморфната маса на мукополисахариди, а во помала количина - цитрати.

Основни градбени единици на дентинот се:

- одонтобласти,
- дентински тубули,
- периодонтобластичен простор,
- перитубуларен дентин,
- интертубуларен дентин и предентин.

Цементот (*substantia ossea*) е минерализирано ткиво кое го покрива коренот на забот. По градба е сличен на коската, но за разлика од неа е невакуларизиран. Од анорганскиот дел најзастапен е хидроксилапатитот, а од органскиот присутен е протеински карбохидратен комплекс во форма на колагени влакна.

Пулпата (*pulpa dentis*) е богато прокрвено и инервирано сврзно ткиво од мезодермално потекло. На напречен пресек на забот, во пулпата се забележува слој на одонтобласти којшто е сместен на периферијата на пулпата на забот наречен Веилова зона (бесклеточен фиброзен слој) и зона богата со клетки (фибробласти, недиференцирани клетки и клетки од имунолошкиот систем). Пулпата на млечните заби има висок потенцијал на репарација којшто се објаснува со големата клеточна активност и добрата васкуларизација на пулпното ткиво на тие заби.

Близината на заболувањето или траумата до пулпното ткиво може да доведе до пулпитис или пак некроза на пулпата. Секогаш кога е тоа возможно и изводливо, со денталниот третман треба да се обидеме да ја одржиме пулпата витална, што е особено важно кај младите трајни заби. Одржувањето на виталитетот на пулпата доведува до поволен развој на односот коронка – корен, апикално затворање и формирање на секундарен радикуларен дентин³ Сепак,

кога настануваат ирреверзибилни промени на пулпата или некроза на пулпата, авиталните терапевтски процедури се дозволени за да се ублажат симптомите и да се овозможи одржување на функционалноста на забот во денталниот лак.

2.2. ПУЛПОТОМИЈА НА МЛЕЧНИ ЗАБИ

Основна цел на лекувањето на пулпата на млечните заби - постапките на пулпотомија и пулпектомија, е задржување на забите во устата и сочувување на забниот низ, избегнувајќи нивно предвременно екстрахирање, како и овозможување на правовремена смена на млечната со трајна дентиција, без непотребни компликации.

Според Ranly⁴ пулпотомијата на млечните заби се одвива во 3 правци: девитализација (мумификација, каутеризација), зачувување - конзервирање (минимална девитализација, не индуктивна) и регенерација (индуктивна, репаративна). *Девитализација* (уништување на виталното ткиво), се изведува со препарати за девитализација: формокрезол и електрокаутеризација. *Зачувување*, максимално задржување на виталното ткиво без индукција односно создавање на репаративен дентин, и се изведува со третманот на глутаралдехид и феросулфат. Сепак идеалниот третман при пулпотомија треба да ја задржи радикуларната пулпа здрава, витална и целосно затворена во дентинската комора обложена со одонтобластите. *Регенерацијата* претставува стимулирање на дентинскиот мост, и многу долго Са(ОН)₂ беше избор на медикамент за процесот на регенерација⁴

Сè поголемиот напредок на индустријата на медикаменти кои се користат во регенеративната стоматологија, оди во насока на нивна подобрена биокompatibilност и биоиндуктивност, што доведува до зачувување, конзервација но и регенерација на преостанатото пулпно ткиво⁵. Со тоа современата регенеративна стоматологија влегува во ерата на терапија на пулпата каде што нејзиното заздравување ќе биде водечки принцип⁴.

2.3. ВИТАЛНА ПУЛПНА ТЕРАПИЈА (ВПТ)

Виталната пулпна терапија (ВПТ) е биолошки и конзервативен принцип на лекување на пулпата, со цел зачувување на виталитетот и функционалноста на коронарното или радикуларното пулпно ткиво кај виталните млечни заби. Целта на лекувањето по експонирање на пулпата, е да се овозможи заздравување на пулпното ткиво и да се олесни формирање на репаративен дентин, со цел да се зачува виталноста и здравјето на пулпата⁶. Виталната пулпна терапија треба секогаш да се примени кога е дијагностицирана витална пулпа. ВПТ вклучува отстранување на локалните иританси и поставување на протективен материјал директно или индиректно на пулпата⁷. Третманот мора да биде проследен со добро запечатена реставрација, за да се намали протекувањето на бактериите од надворешната средина кон дентинот. Оваа метода се изведува кај лекување на заби со реверзибилни пулпни заболувања со цел поттикнување на развојот на коренот, апикално затворање на корените и остварување на комплетна терапија на коренскиот канал^{6,8,9,10}.

Постојат одредени контроверзности во рамките на студиите за ВПТ во поглед на критериумите за проценка и пулпниот статус за време на третманот, оптималните техники и исходот од лекувањето^{6,8,10}. Во научните кругови не постои консензус околу тераписката техника, ниту пак идентични дијагностички индикации кај лекувањето на пулпините заболувања на млечни заби^{6,8,10}. За жал, во литературата нема достапни подолгорочни податоци за исходот и стапката на успешност на ВПТ⁷. Најчесто нотирани неповолни резултати се секундарна инфекција од преостанати бактерии или пак наплив на нови бактерии кои продираат во дентинот преку маргините на реставрацијата. Освен правилното поставување на реставрацијата која штити од продор на бактерии, строго се препорачува употреба на кофердам како и асептични услови на работа. Присуството на микроорганизми со последователна инфекција, големината на кариозно зафатената пулпа, времето на траење на изведувањето на ВПТ, крајната локација и квалитетот на формираниот дентински мост, видот на употребуваниот материјал, применетата техника, се критериуми кои го детерминираат успехот, и играат голема улога во одредувањето на прогнозата на

ВПТ^{11,12,13,14}. Треба да се направи разлика помеѓу неуспехот предизвикан од несоодветна пулпна терапија и неправилно поставена реставрација¹⁵. Постојат одредени ограничувања во одредувањето на долгорочниот успех на ВПТ кај млечните заби, како што се проблеми со редовни контроли на пациентите и неможноста за одредување на успехот базиран на соодветни хистолошки анализи¹⁰. Секој терапевт треба внимателно да донесе одлука за најдобрата терапевска опција за третман врз основа на историјата на пациентот, клинички/радиографски наоди, долгорочната прогноза и способноста за репарирање на денталниот комплекс¹⁶.

Според Американската дентална асоцијација (ADA) главни клинички и радиографски критериуми кои се показатели за успешен третман се:

- Одржување на виталноста на пулпата
- Минимални воспалителни реакции на пулпа
- Формирање на континуиран слој на репаративен дентин
- Отсуство на постоперативни знаци или симптоми на термичка или периапикална чувствителност, како болка или оток
- Отсуство на радиграфска видливост на интерна или екстерна коренска ресорпција
- Периапикално и/или интерно просветлување
- Неправилна калцификација
- Продолжување на растот на коренот односно апексогенеза кај заби со незавршен раст на коренот¹⁶.

2.4. ДИЈАГНОЗА НА ЗАБОЛУВАЊА НА ПУЛПАТА

Поставувањето на точна дијагноза на заболувањата на пулпата е клучот на успешна понатамошна терапија.

Остварувањето на горекажаните критериуми може да биде посебен предизвик особено кај децата кои се со сиромашна анамнеза. Децата или не пријавуваат дентална болка поради стравот од понатамошниот третман, или даваат хиперсензитивен одговор поради анксиозноста од посетата на

стоматолог. Помалите деца можат да имаат излекуван парулис поврзан со кариес на раното детство, а сепак да не пријавуваат постоење на болка во минатото¹⁷. Многу е битно анамнестички, од детето пациент или од родителот да се дознае историјата и видот на болката. Деталната анамнеза и темелна клиничка како и неопходна радиографска проценка (загризна и периапикална ртг снимка), кај млечните заби со голема кариозна лезија, ќе бидат од огромна помош при одредување на пулпниот статус и степенот на зафатеност (инволвираноста) на пулпата. Термичките и електро тестовите на пулпата ретко се употребуваат кај млечната дентиција поради неверодостојноста на резултатите^{17,18}. Она што се добива како одговор при спроведување на овие тестови е болката, а доколку таа се предизвика намерно, може уште повеќе да го исплаши детето и да влијае врз идната соработка.

Доколку анамнестички се добие податок на спонтанна болка или болка која го буди детето во текот на ноќта нè асоцира на ирверзибилен пулпитис и мртов заб. За такви заби ВПТ не е индицирана. Од друга страна пак, податоците од анамнезата за болка која е провоцирана од некои дразби, претставува одреден проблем во толкувањето. Болка која се јавува при цваќање, може да биде резултат од притисокот на храната врз големата кариозна лезија, додека пак перкуторна болка е застрашувачки знак. За да ја утврдиме перкуторната болка, ја ставаме рачката од сондата на сомнителниот заб за детето да гризне на неа. Доколку забележиме знаци на непријатност на лицето на детето, значи дека се работи за перкуторна болка, и тогаш забот е контраиндициран за витална пулпна терапија. Болката на благо, ладно и топло што е со кратко времетраење, не е контраиндикација за витална пулпна терапија, но сепак треба да ни биде забележано во листата на податоци¹⁹.

Доколку анамнестички се добијат податоци за болка која престанува со престанок на дејството на дразбите, станува збор за реверзибилен пулпит¹⁷. Со клиничко проследување на таквите заби, се гледа голема кариозна лезија или пак темна сенка што потекнува од кариес на апроксималните површини. Овие заби не се чувствителни на перкусија и не покажуваат знаци на патолошка мобилност. Радиографски се гледа кариес блиску до пулпата и отсуство на периапикално просветлување и промени во бифуркацијата на забот. Кај забите со реверзибилен пулпит постои воспаление ограничено на суперфицијалните

слоеве на коронарната пулпа. Овие заби се добри кандидати за лекување со техниките на витална пулпна терапија. Болката која што се јавува од кариес на апроксималните површини како и гингивална болка од собирање храна во интерденталните простори, треба да се разликува од болка од пулпно потекло. Анамнестички податоци за спонтана, мачна и константна болка укажуваат на напредната пулпна дегенерација или иреверзибилен пулпит. Таквите заби може да предизвикаат болен одговор на тестот на перкусија. Клинички, освен големи кариозни лезии, може да дојде до отекување на меките ткива и црвенило околу заболениот заб доколку се појави некроза на пулпата. Треба да се испалпира мукобукалниот набор околу забот на кој е присутна голема кариозна лезија или заб со траума. Присуство на оток, парулис или патолошка мобилност е знак за некроза на пулпата. Со рендгенографија на забите со дегенерација на пулпата или иреверзибилен пулпит, најчесто се гледа длабока кариозна лезија која се простира до пулпата, како и губиток на коскена маса во пределот на бифуркацијата или перапикалниот простор. При анализа на загризна РТГ снимка, треба да се обрати внимание на пределот на фуркацијата кај млечните заби и треба внимателно да се процени секое проширување на просторот на периодонталниот лигамент (периодонциумот) или постоење на патолошката деструкција на коската¹⁸. Ако е можно, треба да се направи компарацијата со забите од контралатералната страна. Сите патолошки промени на дегенеративната пулпа кај млечни молари можат да се видат во пределот на фуркацијата пред да се забележат периапикално. Иако за правилна и комплетна дијагноза најдобра е периапикалната радиографија, загризната радиографија најчесто е единствената возможна интраорална варијанта кај деца и кај пациенти кои не соработуваат. Забите со дегенерација на пулпата или иреверзибилен пулпит се санираат со користење на невитални пулпни тераписки техники².

Со прелиминарните податоци од анамнезата и клиничките испитувања, треба да се утврди дали пулпата на млечните заби е нормална (здрава), реверзибилно воспалена, неповратно воспалена или некротична. Ако се утврди дека пулпата е витална и реверзибилно воспалена, индицирани се техниките на витална пулпна терапија како индиректно прекривање на пулпата и пулпотомија. Ако се утврди дека пулпата е неповратно воспалена или

некротична би било соодветно да се изврши пулпектомија или екстракција на забот¹⁹.

Зачувувањето на примарната дентиција е неопходно за одржување на должината на лакот, естетиката, мастикацијата, говорот и спречување на абнормални навики¹⁷. Бидејќи дебелината на емајлот и дентинот кај млечните заби е помала, забниот кариес прогредира и ја зафаќа многу почесто пулпата. Таквите заби со коронарно воспалени витални пулпи, како и сложената анатомска градба на коренските канали на млечните заби, близината на зачетокот на трајниот заб и потешкотиите во пронаоѓање на соодветен материјал за полнење на коренските канали компатибилен со физиолошката ресорпција на коренот може да бидат третирани со методите на виталната пулпна терапија^{19,20}. Најчесто користен третман за задржување на кариозно зафатени млечни молари во устата на кои им е потребна екстракција, е пулпотомијата²¹

Пулпотомијата на млечните заби може да се дефинира “како ампутација на зафатениот и инфициран коронарен дел од денталната пулпа, зачувувајќи ја виталноста и функцијата на целата или на дел од преостанатата радикуларна пулпа²². Оваа дефиниција се темели на образложението дека радикуларното пулпно ткиво може да биде здраво или способно за заздравување после хируршката ампутација на зафатената или инфицирана коронарна пулпа²³. Пулпотомијата претставува конзервативна терапија која се спроведува за да се отстрани инфламираното коронарно пулпно ткиво, проследена со примена на ефикасен и биокомпатибилен бактерициден лек којшто го поттикнува ткивото во каналите на коренот да остане витално¹.

Според Американската дентална асоцијација (ADA) главни индикации за пулпотомија на млечни заби се:

- Експозиција на пулпата при третман на кариес кај нормална пулпа или реверзибилен пулпитис;
- Трауматска експозиција на пулпата;
- Проценка на радикуларното пулпно ткиво кое треба да е витално, без супурација, некроза или продолжена хеморагија која не може да запре со памучен тампон повеќе минути и
- Немање радиографски знаци на инфекција и/или патолошка ресорпција.

2.5. СРЕДСТВА ЗА ПУЛПОТОМИЈА

Формокрезолот (FC) за прв пат е претставен од Buckleу²⁴, во 1904 и важеше за “златен стандард” - најпопуларен и најмногу префериран медикамент во пулпотомијата кај млечните заби. Благодарение на неговите бактериостатски и фиксативни својства, тој е најчесто користено средство за пулпотомија со огромна стапка на успех. Иако е составен од формалдехид (кој е мутаген и канцероген) и крезол (каустичен агенс), нема докази дека неговата системска дистрибуција може да предизвика патолошки промени локално или системски²⁴. За прв пат е употребен во 1930 год. од Sweet, кој пријавил стапка на успех од 97%. Комплетно го фиксира и мумифицира пулпното ткиво, но неговата употребата кај пулпотомииите според некои автори, предизвика загриженост поради воспалителниот одговор на пулпата, појава на зона на некроза во близина на лезијата, цитотоксичност, системски нарушувања, можна мутагеност и канцерогеност како и изменет имунолошки одговор²⁵

Ова ги навело научните кругови да бараат побиокompatibilни алтернативи во форма на $\text{Ca}(\text{OH})_2$, МТА, ласерско зрачење и други.

2.5.1. Calcium hydroxide $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Calcium hydroxide $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - е добро познат бидејќи претставува еден од првите материјали користени за пулпотомијата. Calcium hydroxide беше претставен во стоматологијата во 1921 г., кога Hermann го демонстрирал формирањето на дентинскиот мост врз експонирана пулпа. Денес ова средство се смета за „златен стандард“ при директно прекривање на пулпата²⁶. Со неговата употребата како медикамент за дезинфекција на коренскиот канален систем се подобрува исходот на ендодонтскиот третман^{27,28}. Интраканално, калциум хидроксидот се употребува за редуцирање и елиминирање на бактериите лоцирани во каналниот коренски систем и за превенција на нивна пролиферација помеѓу фазите во ендодонтскиот третман^{27,28,29}. Првпат е употребен од страна на Nygren во 1838 г., која го употребила при третман на „fistula dentalis“, додека пак Codman (1851) бил првиот што се обидел да ја зачува

експонираната забна пулпа. Според Свек (1989) калциум хидроксидот станал широко познат во триесеттите години на дваесетиот век преку пионерската работа на Hermann (1936) и воведувањето на овој материјал во Соединетите Американски Држави³⁰. Клиничките индикации за употребата на овој медикамент континуирано се зголемуваа, и денес се смета за најдобар лек кој индуцира таложеење на тврдото дентално ткиво и промовира заздравување на виталната пулпа и периапикалните ткива³⁰.

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ е бел прав, без мирис со молекуларна тежина од 74.08. Материјалот е хемиски класифициран како силна база со висока рН вредност (12,5) и е само малку растворлив во вода со растворливост од 1,2 g / l, на температура од 25°C³⁰. Разградувањето на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ на калциум (Ca^{2+}) и хидроксилни (OH^-) јони резултира со зголемување на локалната рН вредноста. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ има бактерицидно дејство и мора да биде во директен контакт со бактериите и да им делува летално^{31,32}. Asgary и Kamrani го тестирале $\text{Ca}(\text{OH})_2$ против *Pseudomonas aeruginosa*, *E faecalis*, *Staphylococcus aureus*, и *Escherichia coli* и откриле дека го инхибира растот на овие бактерии³³.

2.5.1.1. Механизам на дејство

Антимикробна активност

Антимикробната активност на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ е поврзана со ослободување на хидроксилни јони во водна средина (Siqueira 2001)³⁴. Хидроксилните јони се високо оксидантни слободни радикали кои покажуваат екстремна реактивност со неколку биомолекули. Оваа реактивност е висока и недискриминирачка, така што овие слободни радикали ретко дифундираат подалеку од местата на генерирање (Siqueira & Lopes 1999)³⁴. Леталните ефекти на хидроксилните јони врз бактериските клетки веројатно се должат на следниве механизми (Siqueira & Lopes 1999):

- Оштетување на бактериската цитоплазматска мембрана;
- Денатурација на протеините;
- Оштетување на DNA³⁴

Минерализирачка активност

Калциум хидроксидот предизвикува формирање на калцифицирана бариера кога се користи како средство за прекривање на пулпата и во случаи на апексификација. Поради високата рН вредност на чистиот калциум хидроксид, во пулпата, до длабочина до 2мм се создава површинскиот слој на некроза. Надвор од овој слој, се гледа само благ воспалителен одговор, и доколку оперативното поле е без бактерии при апликација на материјалот, може да се формира тврдо ткиво ²⁸.

Во литературата, калциум хидроксидот наоѓа широка примена и тоа како како интраканален лек, ендодонтски запечатувач, агенс за препокривање на пулпата, средство за апексификација, кај средство за пулпотомија и при употреба кај влажни канали³⁵. Тој поседува голем број предности како што се: бактерицидно и бактериостатско дејство, заздравување и обновување на пулпното ткиво, стимулација на фибробластите поради високата рН вредност, неутрализација на ниската рН вредност, ја запира внатрешната (интерна) ресорпција, евтин и лесен за употреба³⁶. Сепак, калциум хидроксидот има и одредени недостатоци. Тие се: во некои случаи не ја стимулира дентиногенезата, го стимулира репаративниот дентин, содејствува со ресорпцијата на млечните заби, може да се раствори после една година со раствор од кавозур, може да се разградува за време на нагризување со киселина, се разградува со флексијата на забите, не атхерира со дентинот или смолестата реставрација.³⁷.

Во виталната пулпотомиска терапија се користи во две форми: тврда - салицилат естерски цемент (цементи на салицилат естер) и паста (водена суспензија)³⁸. Предностите на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ се неговите одлични антибактериски својства и способноста за создавање на репаративен дентински мост кога е нанесен на пулпното ткиво³⁹. Некои недостатоци на $\text{Ca}(\text{OH})_2$, како продукцијата на дентински мост кој содржи бројни дефекти и порозности, недостаток на адхезивен квалитет, растворање со тек на времето и неможност да се обезбеди долгорочно запечатување против микропропустливоста, може да претставуваат причина за неговата неспособност да го сузбие воспалението. Меѓутоа, во повеќето студии на ВПТ со $\text{Ca}(\text{OH})_2$, дентинските дефекти не се честа појава и како што дентинскиот мост станува подебел, квалитетот на репаративниот дентин се подобрува и како што дентинскиот мост станува подебел, квалитетот

на репаративниот дентин се подобрува^{14,40,41,42}. Stanley¹² сугерира дека интерната ресорпција и појавата на дистрофични калцификати кои се гледаат после ВПТ, како и појава на зона на облитерација и коагулациона некроза на површинските слоеви кон репаративниот дентин, се продукти на ниската-pH вредност, како што е во случаите при апликација на Dycal (DeTrey Dentsply, Skarpnack, Sweden)¹².

Високата pH вредност на Ca(OH)₂, предизвикува иритација на пулпното ткиво, со што се стимулира репарирањето на дентинот преку ослободување на биоактивни молекули како BMP коскениот морфоген протеин и TGF-β1 трансформирачкиот фактор на раст - бета еден^{43,44}

Трансформирачкиот фактор на раст - бета (TGF-β) и коскено морфогенетскиот протеин (BMP) играат фундаментална улога во регулирањето на коскената органогенеза преку активирање на рецепторите серин треонин киназа⁴⁴.

Овие биоактивни молекули се главните индуктивни фактори кои во директен или индиректен контакт со пулпното ткиво го формираат репаративниот дентин, чија дебелина зависи од дозата на биолошкиот агенс⁴⁵

2.5.2. Минерал триоксид агрегатот (МТА)

Минерал триоксид агрегатот (МТА), успешно се употребува како средство за прекривање на пулпата кај пулпотомирани млечни молари и претставува соодветна замена на формокрезолот⁴⁶.

МТА беше развиен и претставен во 1993 год. од Лома Линда Универзитетот во Калифорниа, САД, како материјал за дефинитивно канално полнење, и одобрен од страна на Управата за храна и лекови на САД за апликација во третман на хумани заби во 1998 година^{47,48,49,50,51}.

Во 1995, Torabinejad⁵² и соработниците го опишуваат МТА како биокомпатибилен материјал и соодветно средство за пулпотомија кој поттикнува создавање на дентински мост⁵².

Во литературата постојат голем број трудови во кои МТА покажува висока стапка на успех што се должи на неговите својства како што се создавање на антибактериска средина со неговата алкална рН вредност, формирање на калциум хидроксид кој ослободува калциумови јони за клеточно приврзување како и пролиферација и модулација на производството на цитокини⁵³. Тоа ја поттикнува диференцијацијата и миграцијата на клетките за производство на тврди ткива, што резултира со формирање на хидроксилапатит на површината на МТА која обезбедува биолошко запечатување⁵³.

МТА е во основа механичка мешавина од три состојки во прав: портланд цемент (75%), бизмут оксид (20%) кои се рендген - контрастни и гипс (5%)⁵⁴. Патентируваниот производ се состои од калциум оксид (50-75% тежински) и силициум оксид (15-20%), кои заедно сочинуваат 70-95% од цементот. По мешањето на овие состојки: трикалциум силикат, дикалциум силикат и трикалциум алуминат, се добива тетракалциум алуминоферит⁵⁵. Постојат два комерцијални типови на МТА - сив и бел, а разликата е во присуството на железо во сивиот, кое понатаму ја формира тетракалциумалумино-феритната фаза. Поради отсуството на оксиди на железо во белиот МТА, е избегната оваа фаза⁵⁶.

По хидратација на правот, се формира колоиден гел, кој е составен од кристали на калциум оксид со аморфна структура. Биокompatибилноста на МТА се должи на формирањето на Ca(OH)_2 во реакциските продукти⁵⁷. Како резултат на тоа, многу од предностите на МТА се споредуваат со тие на Ca(OH)_2 , вклучувајќи ја високата алкална рН, антибактериските и биокompatибилни својства, радиографската видливост и способноста да стимулира ослободување на биоактивни протеини во денталниот матрикс.^{57,58}.

Табела 1. Состав на МТА

Состав	Прашок %
Трикалциум силикат	66,1%
Дикалциум силикат	8,4%
Трикалциум алуминат	2,0%
Тетракалциумалуминоферит	/
Калциум сулфат	/
Бизмут оксид	14%
Калциум оксид	8%
Силикон оксид	0,5%
Алуминиум оксид	1%

МТА пастата се подготвува со мешање на МТА прав со стерилна вода во однос 3 : 1 (3 дела прав со 1 дел вода). За да се постигне оптимална мешавина на материјалот, производителите препорачуваат мешање 0,33 г. вода со 1 г. МТА. Оваа мешавина треба да биде покриена со навлажнето памучно тампонче за да се спречи дехидратација на мешавината. За оптимално стврднување на МТА производителите препорачуваат поставување на влажни памучни тампони во кавумот на пулпата кусо време пред примена на МТА⁵.

МТА е хидрофилен материјал кој бара влага. Присуството на влага за време на поставувањето ја подобрува силата на свиткување на поставениот МТА⁵⁹. Затоа, се препорачува да се постави влажно памучно тампонче врз МТА во првата посета, кое ќе се замени со постојана реставрација во втората посета. Долгото време на стврднување на МТА е едно од неговите недостатоци.

Веднаш по мешањето, МТА има рН вредност од 10.2. По 3 часа од поставување на МТА, рН вредноста се зголемува на 12,5.⁵¹ рН вредноста на поставената МТА е речиси слична на рН вредноста на калциум хидроксид. Sluyk

и соработниците ⁶⁰, сугерираат дека времето на мешање треба да биде пократко од 4 минути.

Со скен електронска микроскопија (SEM) и со микроанализа со електронска сонда се одредија разликите помеѓу (GMTA) - сивиот и (WMTA) - белиот минерал триоксид агрегат, кои се пред сè, во концентрациите на Al₂O₃, MgO и FeO⁶¹.

Табела 2. Хемиски состав на МТА

Хемиски состав	Сива МТА (wt%)	Бела МТА (wt%)
Калциум оксид (CaO)	40,45	44,23
Силициум диоксид (SiO ₂)	17,00	21,20
Бизмут триоксид (Bi ₂ O ₃)	15,90	16,13
Алуминиум оксид (Al ₂ O ₃)	4,26	1,92
Магнезиум оксид (MgO)	3,10	1,35
Сулфур триоксид (SO ₃)	0,51	0,53
Хлор (Cl)	0,43	0,43
Железен оксид (FeO)	4,39	0,40
Фосфор пентоксид (P ₂ O ₅)	0,18	0,21
Титаниум диоксид (TiO ₂)	0,06	0,11
Јаглородна киселина (H ₂ CO ₃)	13,72	14,49

Torabinejad и сор.⁵⁹ во 1995 година го утврдуваат времето на стврднување на сивиот МТА кое изнесува околу 2 часа и 45 минути (± 5 минути). Слично истражување е направено во 2006 година од Islam и сор., кои, констатираат почетно време на стврднување околу 2 часа и 55 минути за сивиот и 2 часа и 20 минути за белиот МТА⁵⁹.

Al-Hezaimi и сор.⁶² докажале дека МТА има антибактериски ефект, особено против *Enterococcus faecalis* и *Streptococcus sanguis*. Но, според Torabinejad *et al.*, МТА не покажува антимикуробно дејство кон анаеробните бактерии. Но, затоа со сигурност е докажан неговиот антимикуробен ефект врз факултативно анаеробните бактерии⁶³.

2.5.3. Разлики помеѓу калциум хидроксид и МТА

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ е алкален препарат ($\text{pH}=11.5$) и предизвикува зона на влажна некроза од страната на апликација⁶⁴. Надвор од зоната на некрозата, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ индуцира помал степен на инфламаторен одговор од страна на пулпата, со што се стимулира создавање на дентинскиот мост¹⁸. Во период од шест до осум недели, се предвидува формирање на дентински мост во подрачјето надвор од поставениот $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Хистолошката анализа на дентинскиот мост формиран со $\text{Ca}(\text{OH})_2$ покажува неколку тунел-дефекти кои комуницираат со пулпата под нив⁶⁵. Тоа обично резултира со повторна пулпна инфламација и некроза за една до две години⁶⁵. МТА исто како и калциум хидроксидот е алкален ($\text{pH}=12.5$), биокомпактибилен, биоактивен и биоиндуктивен материјал⁵⁴. Тоа доведува до формирање на хидроксилапатит на местото на апликација⁵⁴. Во споредба со $\text{Ca}(\text{OH})_2$, формируваниот дентинскиот мост од страна на МТА е подебел и побрзо покажува супериорен структурален интегритет^{18,66,67}. Постои значително помало воспаление на пулпното ткиво како одговор на МТА⁶⁸. Степенот на успех на МТА, со клинички и радиографски иследувања се движи помеѓу 96% и 100%^{52,69,70,71}. Хистолошката евалуација на пулпотомијата со МТА покажува формирање на дентински мост, нормално пулпно ткиво без воспалителни инфилтрати и континуирано формирање на секундарен дентин². Покрај тоа, МТА ја намалува пулпната инфламација, и покажува сигнификантно помала токсичност и некроза на пулпата, во споредба со $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ^{11,72,73}. Негативните аспекти на МТА се: продолженото време на стврднување од приближно 2 h и 45 мин. и потешкотии во ракувањето со прашок-течноста од МТА споредено со формулацијата на паста од $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Исто така, присуството на железо во сивата форма на МТА може да предизвика пребојување на забот¹⁴. Забележани се дисколорации и кај белата форма на МТА како резултат на хемиска интерреакција на бизмут оксидот со дентинскиот колаген^{74,75}.

2.6. ЛАСЕР ВО ПУЛПОТОМИЈА

Една од поновите модификации на виталната пулпотомија кај млечните заби претставува употребата на ласерот.

Примената на ласерот во детската стоматологија претставува алтернатива, понекогаш надополнување, или пак ги заменува традиционалните техники кај различните третмански процедури на меките и тврдите ткива.

„Ласер“ е кратенка од Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Се однесува на кој било уред кој создава и насочува тесен, фокусиран зрак светлина чии фотони се кохерентни. Кај ласерот, атомите или молекулите на ласерскиот медиум - било како рубин или гранат во форма на кристал, било како гас или течност - се "напумпуваат", така што поголемиот дел од нив се со повисоки нивоа на енергија отколку во првичната состојба.

Како што атомите се испуштаат во брза верижна реакција, крајниот резултат е нагол изблик на кохерентна светлина. Овој процес се нарекува "стимулирана емисија". Алберт Ајнштајн за прв пат ја споменал можноста за стимулирана емисија во еден труд од 1917 година, откако претходната година го свртел своето внимание од теоријата за релативитетот кон интеракцијата на материјата и радијацијата и начинот на кој тие можат да постигнат термална рамнотежа. Ајнштајн развил подобрена фундаментална статистичка теорија за топлина, усвојувајќи го квантумот на енергијата. Затоа се смета дека коренот на сета оваа технолошка иновација – Ласер, лежи во фундаменталното истражување на физиката⁷⁶.

Првиот ласер за работа беше откриен од Theodore Maiman во Хјуз истражувачка лабораторија во 1960⁷⁷. CO₂ ласерот беше дизајниран во 1964 од Patel во Бел лабораториите и беше воведен во оралната хирургија за отстранување на мекоткивна лезија во осумдесеттите години од дваесеттиот век (1980ти)^{78,79,80}. Употребата на ласерот во пулпотомијата за првпат беше објавена од страна на Shoji во 1985 година, кој користел CO₂ ласер⁸¹.

Во 1987г. Неодиум-итриум алуминиум гарнет (Nd-YAG) ласерот беше специјално дизајниран за дентални процедури, а покасно во 1990 г. веќе беше и одобрен од Администрацијата за храна и лекови^{82,83}.

При користење на ласерот во пулпотомија на млечните заби, во допир со виталната пулпа, ласерското зрачење го зголемува создавањето на калцифицирани нодули во фибробластите на денталната пулпа и ја зголемува активноста на алкалната фосфатаза, стимулирајќи го производство на колаген и остеокалцин. Ласерското зрачење создава суперфицијална зона на коагулациона некроза која останува компатибилна со основното ткиво и ја изолира пулпата од медикаментот⁸⁴.

Иако првенствено ласерот беше употребуван за мекоткивна процедура, со откривање на новата генерација на ласери, денес е широко користен и кај цврстите дентални ткива. Ласерот при третман на тврдите ткива претставува ефикасна алтернатива за конвенционалните инструменти (турбина и коленик), со што се обезбедува подобро работно поле за клиничарот и подобар исход од третманот. Се избегнуваат острите дентални инструменти, звукот на турбината и вибрациите, што е од особена важност во педодонцијата⁸⁵. Современите ласери наоѓаат примена во дијагнозата, превенцијата, и третманот на денталниот кариес како и во минимално инвазивната процедура⁸⁶. Американската Академија на Детски Стоматолози препорачува рационална употреба на ласерите за различни орални процедури кај новороденчињата, децата и адолесцентите.

Ласерската светлина е единечна бранова монохроматска светлина која се продуцира со стимулирање на синтетички материјал⁸⁷. За инцизија, сечење и аблација, се користи светлосна енергија која има континуирана и униформна емисија, од светлосните комори до целното ткиво⁸⁵. Постои активен медиум (гас или кристал или полупроводник) кој при стимулирање произведува фотони на енергија. За различни ласери брановата должина е уникатна и ги одредува клиничките апликации⁸⁸.

Во оралните и цврстите дентални ткива присутни се хромофори и светлосно апсорбирачки пигменти кои се одговорни за апсорпција на ласерската енергија со одредена бранова должина^{89,90,91}. Кога ласерската енергија ќе се аплицира на целното ткиво, иницира фототермална реакција која предизвикува

создавање на топлина и растење на температурата во самото ткиво⁹². Температура од околу 60°C предизвикува коагулација на протеините во самото ткиво⁷⁹. Кога температурата расте на околу 100°C, предизвикува испарување на молекулите на водата и мекоткивна аблација⁷⁹. Температура од околу 200°C е задолжителна за тврдо ткивни процедури⁹¹.

Ласерско ткивната интеракција зависи од брановата должина, видот на ткивото, моќноста (инцидентната енергија) и времето. Кога ефектот врз ткивото е аблативен (во суштина фототермички), директен и примарен, таквите ласери се нарекуваат “тврди” . Алтернативно, кога ефектот врз ткивото не е директен, туку секундарен (есенцијално биостимулаторно дејство, интермедијатно дејство), таквите ласери се нарекуваат “меки”. Исто така оваа група на ласери може да се нарекуваат Low - level lasers (ласери со ниско ниво), Low-level laser therapy LLT (ласерска терапија со ниско ниво), Low power laser therapy LPLT (ласерска терапија со ниска моќност), ладни ласери, биостимулирачки ласери, биорегулирачки ласери, фотобиомодулирачки, фотомедицински, медицински ласери, терапевтски ласери, нетоплински ласери, ласери со низок интензитет и ниско реактивни ласери⁹³.

Значителен увид во ефектите од брановата должина на LLLT е добиен од работата на Каги, која во период од 7,9,10 години спровела детално истражување со употреба на култури на клетки од различни типови. Нејзината работа обезбеди акционен спектар за био-стимулација со рангирање на синтеза на ДНК во клетките на Хела и за размножување на бактерии и колонии на квасец. Овој спектар покажува бранови должини во сина (404 и 454nm), црвена (620nm) и во скоро инфрацрвена (760 и 830nm) бранова должина. Според нејзините зборови “... може да се заклучи дека зрачењето со монохроматска видлива светлина во сините, црвените и далеку црвените спектри, може да ги подобри метаболичките процеси во клетката “⁹⁴

Кога ласерскиот зрак ќе го погоди целното ткиво, се јавуваат четири типа на интеракција:

- Апсорбција на ласерската светлина;
- Трансмисија на ласерската светлина;

- Рефлексија на ласерската светлина;
- Расејување (дисперзија) на ласерската светлина.

Интеракцијата зависи од оптичките својства на целното ткиво и брановата должина на ласерската светлина.

Апсорбција

Хромофорите присутни во целното ткиво се одговорни за апсорпција на ласерскиот зрак (светлина)^{89,90,91}. Различната должина на ласерската светлина има различен коефициент на апсорбција од тврдите и мекоткивни компонентни како минерали, вода, крвни елементи и пигменти. Ласерските зраци со пократка бранова должина (меѓу 500 и 1000nm), подобро се апсорбираат од крвните елементи и пигментните ткива, за разлика од оние со подолга бранова должина кои имаат поголем афинитет кон кристалите на хидроксилапатитот и молекулите на водата ⁸².

Трансмисија

Трансмисијата на ласерскиот зрак може да помине низ целното ткиво без да предизвика некаков ефект, и ова својство зависи од брановата должината на ласерскиот зрак. Ербиум ласерите и CO₂ ласерите се добро апсорбирани од ткивните течности, додека ласерската енергија од Аргон и Nd-YAG ласерите се пренесува на соседното ткиво кога ќе дојде во допир со ткивните течности⁹².

Рефлексија

Ласерскиот зрак може да се рефлектира од целното ткиво без да предизвика некаков ефект врз ткивото. Оваа ненамерна рефлексија може да биде опасна за очите. Сепак, ова својство на ласерот се користи за кариес детекција со мерење на звучноста на забната структура.

Дисперзија (Расејување) на ласерската светлина

Расејувањето на ласерската светлина резултира со пренос на топлина и оштетување на ткивото во непосредна близина на целната област. Ова ја намалува можноста за поволен клинички исход. Сепак, ова својство е од корист кога клиничарот настојува успешно да третира афтозен улкус⁸².

Вообичаено користени ласери во стоматологијата се: диодниот ласер, Nd:YAG ласерите, Er:YAG, CO₂, Er-Cr:YSGG, Ho:YAG ласерите. Тие се употребуваат за мекоткивни и тврдоткивни процедури во оралната празнина и орофацијалниот предел, за препарација на кавитети, детекција на кариес, бондирање на реставрациите, чистење на коренскиот канал, во периодонталната хирургија, третманот на периимплантитис како и во максилофацијалната хирургија⁸⁶.

Слика 1. Ефекти на ласерот врз ткивата



Nd:YAG ласерите имаат бранова должина од 1064 nm, со пулсирачки мод и се употребуваат за аблација или инцизија на мекоткивната лезија и отстранување на почетен кариес⁹².

CO₂ ласерот има 10600 nm со континуиран мод. Има лимитирана пенетрација од 0.03–0.1 mm во ткивото и е индициран за меко-ткивна инцизија, аблација, деепителизација и периодонтална хирургија⁹².

Er: YAG и Er-Cr: YSGG ласерите имаат бранова должина од 2940 и 2780 nm, и се користат првенствено во ендодонцијата за коренска канална препарација и отстранување на кариес.

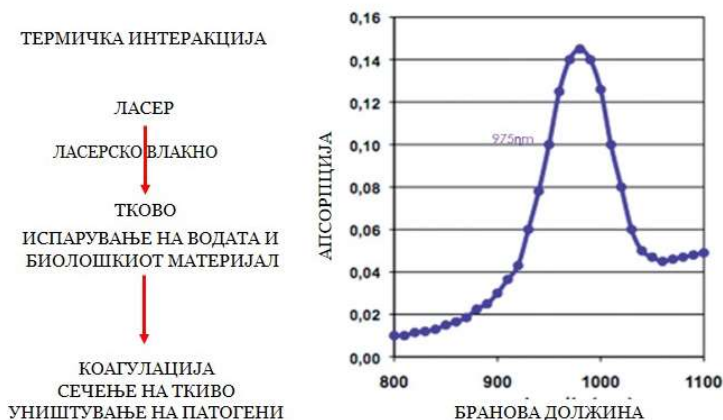
Како резултат на широка употреба на различни видови ласери во ендодонцијата како и терапевтските придобивки што ги нудат вклучувајќи ја и

хемостазата, стерилизацијата и забрзаното заздравување на пулпната рана, ласерско зрачење претставува ветувачка алтернатива на традиционалните фармакотерапевтски пристапи⁹⁵. Ласерот најчесто се користи поради својата сигурност, разновидност и практичност, заедно со неговата удобност и едноставно ракување⁹⁶.

Ласерскиот зрак, како и радиофреквентната енергија, можат да се употребат за да го претворат електромагнетното зрачење во топлинско. Основната интеракција на ткивото на ласерското и радиофреквентното дејство е речиси иста, особено кога се споредуваат во клиничката употреба. Топлотниот ефект од ласерското зрачење може да се користи при мала моќност за изведување на терапевтски и фотоактивни дејствија.

Топлинска интеракција Ако ласерскиот зрак се пренесува низ тенко стаклено влакно, на излезната површина на влакното се создава екстремна густина на моќност. Ткивата што главно содржат вода, посилно го апсорбираат ласерското зрачење и создаваат топлина. Водата од ткивото ќе кондензира за кратко време, а биолошкиот материјал од ткивото испарува. Овој ефект се користи за коагулација и пресекување на ткивото, како и за убивање на патогените микроорганизми. За постигнување на најдобар ефект потребно е да се употребуваат бранови, кои добро се апсорбираат во вода – LaserHF единицата која користи бранова должина од 975 nm, со максимална апсорпција.

Слика 2. Интеракција на диодниот ласер со бранова должина од 975 nm со ткивото



Диоден Ласер

Во поново време диодните ласери сè повеќе се користат. Тие се галиум-арсенид ласери со бранова должина околу 904 nm и најчесто се користат во меко ткивните процедури. Тој е погоден за користење во многу стоматолошки процедури како: хирургија на меките ткива, периодонтална терапија на џебови, пери-имплантитис, потоа во ендодонцијата за дезинфекција на коренскиот канал како и во белење на забите^{97,98}. Диодниот ласер содржи цврст активен медиум составен од кристали на полупроводници како што се алуминиум или иридиум, галиум и арсен. Диодите се достапни со бранова должина од 635, 670, 810, 830, 980 nm, кој работи во близина на инфрацрвен спектрален регион. Зракот од диодниот ласер најмногу се апсорбира од пигментните ткива кои содржат хемоглобин, меланин, хромосфери на колаген, додека пак покажува помала апсорпција од тврдите дентални ткива. Оваа бранова должина овозможува селективна активност и е индицирана за сечење, кондензација, коагулација на крвта, киретажа, хемостаза и оралнохируршки интервенции на меко ткиво ^{99,100,101}.

Слика 3. Диоден ласер

LaserHF[®]



Моќноста која нормално се користи во стоматологијата се движи од неколку mW (аналгезија и биостимулација), па се до 10 W. Диодните ласери користат зраци со континуиран и пулсирачки бранов режим пратејќи ја ајнштајновата теорија на стимулирана емисија. Континуиран режим се користи во хируршките процедури и пулпотомија, а пулсирачки во френулекттомија,

периодонталната терапевска процедура и дезинфекција на коренски канали. Времетраењето на пулсот се движи од 0,1 ms до континуиран, со програмабилни фреквенции од 1000Hz, а системот за пренос на зракот се изведува преку оптичко флексибилно влакно во опсег од 200 до 600 μm (320 μm). Ласерската енергија од 4,0 J/cm² која се испорачува преку оптички влакна со дијаметар од 0,5 mm, во допир со пулпното ткиво со вкупна енергија на едно место, одговара на експозиција од 2 минути и 31 секунда^{21,59}.

Од клиничка гледна точка, диодниот ласер покажа дека е особено корисен благодарение на одредени карактеристики:

- Потполна стерилизација;
- Исклучително ја намалува потребата од анестезија;
- Одлична контрола на хемостазата главно, поради, високата апсорпција во хемоглобинот;
- Вообичаено без потреба од сутури;
- Го редуцираат оштетувањето на околотото ткиво во текот на процедурите, резултирајќи со подобро заздравување и подобри постоперативни симптоми^{102,103,100,101}.

3. ЦЕЛ НА ИСПИТУВАЊЕТО

Основната цел на трудот е утврдување на ефикасноста на различните методи на витална пулпотомија кај млечните заби. Од ова произлегуваат специфичните цели на трудот:

- споредба на ефектите од примената на два различни методолошки пристапи кон витална пулпотомија на млечни молари - конвенционален ендодонтски третман и пулпотомија со ласер;
- споредба на ефектите од примената на CaOH₂ наспроти МТА;
- анализа и компарација на клиничките и радиографските промени на пулпотомираните заби во тек на утврдениот временски период;
- утврдување на степенот на ефикасноста кај различните методи на витална пулпотомија на млечни молари.

4. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

4.1. Материјал

Во испитувањето се користени следните материјали:

- Минерален триоксиден агрегат - МТА – BIO MTA®, (PPH CERKAMED Wojciech Pawlowski 37-450 Stalowa Wola, Poland)
- Калциум хидроксид - Ca(OH)₂ – Calcident 450® (Willman & Pein GmbH, Barmstedt/Hamburg, Germany)

4.2. Методи

Студија беше спроведена на 40 млечни молари кај 37 деца на возраст од 4-9 години од двата пола.

Испитувањето беше спроведено на Клиниката за детска и превентивна стоматологија при Универзитетски стоматолошки клинички центар „Св. Пантелејмон“ – Скопје, а испитаниците беа избрани по случаен избор од евиденцијата на пациентите од истата клиника.

Етичко одобрение е добиено од одборот за институционална етика и беше добиена писмена согласност од сите пациенти кои беа запознаени со процедурата и ефектите од третманот пред да се вклучат во студијата и кои доброволно учествуваат во истражувањето.

Критериуми за вклучување :

Клинички критериуми

- Нема спонтана болка;
- Нема оток;
- Нема чувствителност на перкусија;
- Нема патолошка мобилност;
- Крварењето од пулпата да запре за 5 мин.

Радиографски критериуми

- Заби без интеррадикуларно просветлување
- Без загуба на lamina dura и проширен простор на периодонтален лигамент
- Без физиолошка ресорпција на коренот повеќе од една третина.

Критериуми за исклучување

- Млечни катници со оток или фистула.
- Заби кои не можат да се реставрираат.
- Заби со назначена осетливост на перкусији.
- Заби со прекумерна подвижност.
- Заби со просветлување во фуркацијата или периапикалната област.
- Заби со спонтана болка, особено во текот на ноќта.
- Заби со некротична пулпа.
- Заби во фаза на ексфолијација.
- Родители / Пациенти кои не сакаат да бидат дел од студијата.
- Секаков вид на медицинска историја која е контраиндицирана за третман на витална пулпотомија.

Пациентите беа поделени во две групи:

Кај пациентите од првата група беше спроведен конвенционален ендодонтски третман, додека кај пациентите од втората група, третман со диоден ласер.

Прва група – 20 млечни молари - конвенционален метод на витална пулпотомија со употреба на локална или спроводна анестезија и стерилен борер:

Прва подгрупа – апликација на Ca(OH)₂ ;

Втора подгрупа – апликација на МТА.

Втора група – 20 млечни молари - пулпотомија со ласер

Прва подгрупа – апликација на Ca(OH)₂ ;

Втора подгрупа – апликација на МТА.

4.2.1. Метод на изведување на витална пулпотомија

4.2.1.1. Конвенционална метода

Виталната пулпотомија е едносеансна метода и беше спроведена според еднаков клинички протокол за сите заби. Постапката на пулпотомија беше изведена под стриктно асептичен протокол со локална анестезија. Како анестетик беше користен Scandonest 2% со вазоконстриктор (Mepivacaine HCl. 2% Levonordefrin 1:20,000 Injection, USP, Septodont, France). Со претходно обезболување на местото со површинска анестезија – лидокаин (Lidokain Belupo® 100mg/ml spray lidocaine, Hrvatska). Во зависност од регијата беше аплицирана плексус или спроводна анестезија. По апликацијата на локалната анестезија и изолацијата со кофердам или OptraGate (во зависност од условите), поголемиот дел од кариесот беше отстранет, со што беше спречено понатамашно навлегување на инфицираниот debris во пулпната комора. Беше извршена проценка на локацијата на пулпните рогови и пулпната комора која беше отворена со спојување на пулпните рогови со користење на дијамантски и

карбидни борери на високо туражен насаднен инструмент. По отворањето на пулпната комора, со остар српест инструмент – ескаватор, или пак со No.4 или No.6 стерилен челичен борер со поспора брзина, беше отстранет коронарниот дел од пулпата. При користењето на челичниот борер, се водеше сметка борерот да се движи со исфрлувачки движења нанадвор од пулпното ткиво, притоа внимавајќи да не се допре дното, фуркацијата и каналните отвори. Со препарирањето, целиот кров од пулпата беше отстранет, така што се доби директен пристап и прегледност во каналниот отвор. Потоа пулпната комора се плакнеше со физиолошки раствор. Постампутационото крварење беше контролирано со притисок со стерилно памучно тампонче натопено во физиолошки раствор и поставено на ампутираните корени околу 5 мин. Беше направена проверка за крварењето. Доколку хеморагијата сè уште перзистираше, забот беше исклучен од студијата, а доколку крварењето беше успешно контролирано се продолжуваше со апликација на медикаментот во зависност од испитуваната група. Децата беа повикувани на контролни прегледи по еден, три и шест месеци.

На родителите им беше даван совет да пријават постоперативни симптоми или непријатност. Проценката на направените реставрации на пулпотомираните млечни молари беше спроведена врз база на контролни прегледи под нормални клинички услови, а проценките се темелеа на претходно утврдените критериуми - маргиналната дисколорација, анатомска форма, маргиналниот интегритет.

Во првата група, прва подгрупа беше аплициран $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Над него беше аплициран глас јономер цемент.

Во првата група, втора подгрупа како пулпотомиско средство беше употребен тенок слој од МТА. Потоа беше аплициран слој од цинкоксид еугенол паста со кој се исполнуваше пулпната комора. Врз ЦОЕ пастата беше поставен глас јономер цемент.

Слика 4. Конвенционална метода - постапка



4.2.1.2. Метода со ласер

Кај ендодонтскиот третман со диоден ласер чекорите за изведување на виталната пулпотомија беа идентични со првата група, по што следуваше отстранување на пулпата до нивото на влезот во каналите со употреба на високоенергетски диоден ласер (LaserHF, H&W, GmbH Co, Germany) со бранова должина од 975nm, јачина од 2W во континуиран режим, со дебелина на оптичкото флексибилно влакно од 320-400 μm . Ласерскиот зрак беше

аплициран врз коронарната пулпа во траење од околу 10 секунди и оддалеченост од 2мм од радикуларната пулпа, до постигнување на комплетна хемостаза. Доколку беше потребно дополнително отстранување на пулпното ткиво (аблација), се администрираа повеќекратни последователни апликации на ласерскиот зрак. Формираниот карбонизиран слој на влезот во коренскиот канал кој може да се јави поради аплицирање на неколку последователни ласерски зраци за комплетно отстранување на пулпното ткиво, треба да се отстрани со иригација со 3% H₂O₂ и 5,25% NaOCl. Во тек на работата со ласер на пациентот, на операторот и на асистентот им беа давани заштитни очила.

И оваа група е поделена како и претходната во две подгрупи, при што третманот беше спроведен според претходно опишаниот протокол од првата група. После процесот на отстранување на пулпното ткиво, веднаш се контролира хемостазата, и веднаш се аплицира одреден пулпотомиски агенс.

Во втора група, прва подгрупа по извршената пулпотомија со ласер како пулпотомиско средство се користеше Ca(OH)₂, додека пак во втора група- втора подгрупа како пулпотомиско средство се употреби тенок слој од МТА. Потоа беше аплициран слој од цинкоксид еугенол паста со која се исполнуваше пулпната комора. Врз ЦОЕ пастата беше поставен глас јономер цемент.

Врз обете методи се правеа реставрации кои беа спроведени со композитен материјал (Tetric EvoCeram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein).

Децата беа повикувани на 1, 3 и 6 месеци за следење на резултатите. Во тие посети, пулпотомизираните заби се сметаа за успешно третирани доколку немаа некои од клиничките параметри како симптоми на болка, осетливост на перкусија, оток, фистула и патолошка мобилност. Забите кои не покажаа знаци на радикуларно просветлување, интерна и екстерна коренска ресорпција, проширување на периодонталниот лигамент беа клучни ртг параметри за успешна ендодонтска терапија.

Слика 5. Метода со ласер - постапка



5. РЕЗУЛТАТИ

Во истражувањето беа анализирани 40 млечни молари од кои 20 заба беа третирани со конвенционална и 20 заба третирани со ласерска метода на витална пулпотомија. Беа употребени два пулпотомиски агенси - Ca(OH)_2 и МТА, при што беа испитувани и следени клиничките и РТГ параметрите во текот на шест месеци и тоа во првиот, третиот и шестиот месец.

5.1. Клинички параметри

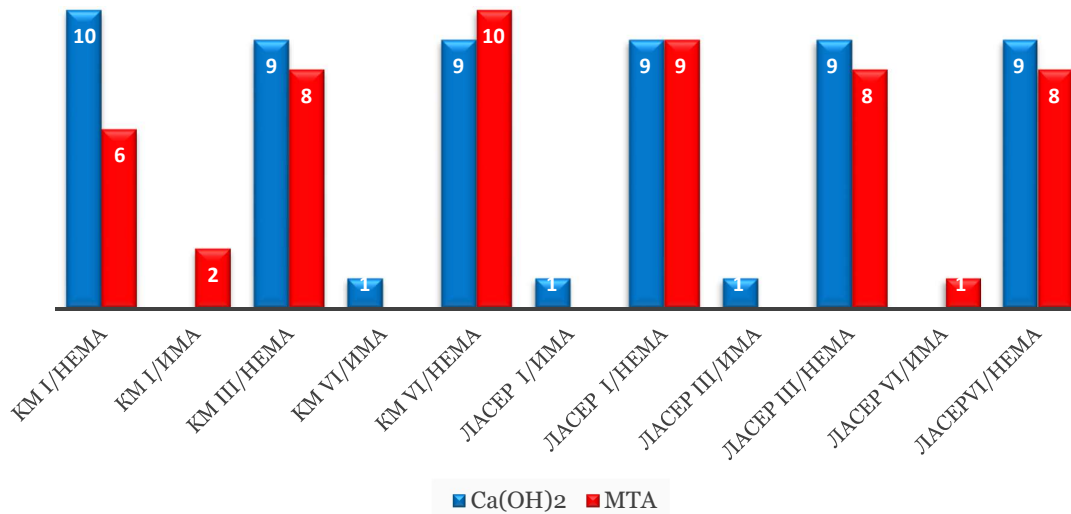
Табела 3. Приказ на статус на болка

статус болка	конвенционална метода						Ласер					
	I месец		III месец		VI месец		I месец		III месец		VI месец	
	Има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема
Ca(OH)_2		10		9	1	9	1	9	1	9		9
МТА	2	6		8		10		9		8	1	8

*има/присутна

*нема/отсутна

Графикон 1 Приказ на статус на болка



Кај забите третираны со конвенционална метода и со Ca(OH)₂, во третиот месец еден испитаник не се појавува на контрола, додека пак кај истата метода со МТА во I и III месец, двајца испитаници не се појавуваат на контролен преглед.

При конвенционалната метода со Ca(OH)₂, болката не е регистрирана кај првата и втората контролна посета. Кај еден пациент (10,0%), се регистрира болка при контролата во VI месец.

Кај методата со ласер и употреба на средството Ca(OH)₂, болка е регистрирана кај еден пациент (10,0%) во првиот и третиот месец, а кај 9 не е регистрирана. Во шестиот месец кај сите девет пациенти не е регистрирана болка.

При конвенционалната метода со средството МТА, регистрирана е болка кај два пациенти (25,0%) во првиот месец. Кај осум пациенти во третиот и кај 10 пациенти во шестиот месец не е регистрирана болка.

При употреба на ласер методата во комбинација со средството МТА, болка се регистрира кај еден пациент во шестиот месец (11,1%), додека кај 8 пациенти не е регистрирана болка (88,9%) Во првиот и третиот месец кај 9 односно кај 8 пациенти не се регистрира болка (таб. 3 и граф. 1). Во текот на истражувањето

еден пациент не се појавува воопшто на контролен преглед од групата на ласер методата, а во третиот месец еден испитаник не се јавува на контрола.

Фистула не е присутна при конвенционалната и ласер методата со употреба на двете средства - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и МТА во текот на сите контроли. (таб 4. и граф. 2).

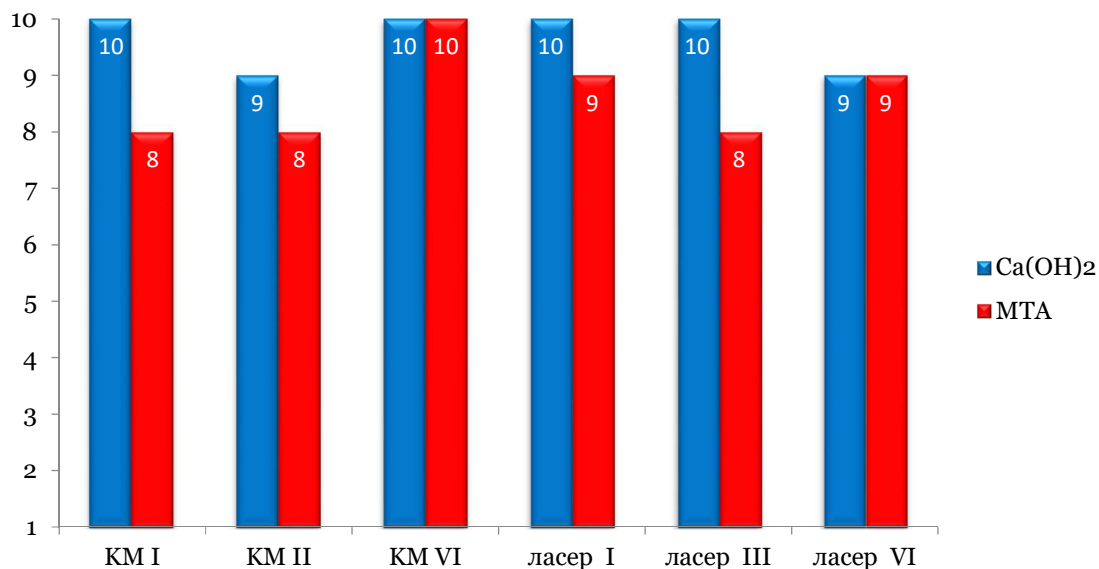
Табела 4. Приказ на статус на фистула

статус на фистула	конвенционална метода						ласер					
	I месец		III месец		VI месец		I месец		III месец		VI месец	
	Има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема
Ca(OH)₂		10		9		10		10		10		9
MTA		8		8		10		9		8		9

*има/присутна

*нема/отсутна

Графикон 2 Приказ на статус на на фистула



Оток не е регистриран при конвенционалната метода со $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ниту во првиот ниту во шестиот месец. Во третиот месец се регистрира оток единствено кај еден пациент (11.1%).

Оток не е регистриран и при ласер методата со употреба на $\text{Ca}(\text{OH})_2$, како во првиот така и во третиот месец, но во шестиот месец, оток се регистрира кај еден пациент (11.1%) (таб 5. и граф 3.).

И со конвенционалната и со ласер методата со апликацијата на МТА, не се регистрира присуство на оток (таб 5 .и граф. 3).

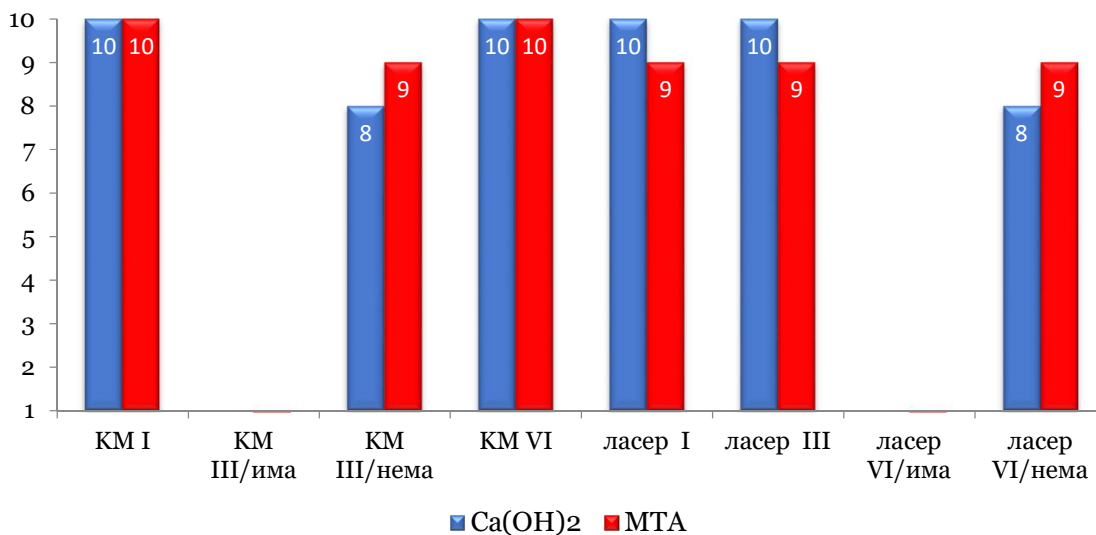
Табела 5. Приказ на статус на оток

статус на оток	конвенционална метода						Ласер					
	I месец		III месец		VI месец		I месец		III месец		VI месец	
	има	нема	има	нема	има	нема	Има	нема	има	нема	има	Нема
$\text{Ca}(\text{OH})_2$		10	1	8		10		10		10	1	8
МТА		8		8		10		9		8		9

*има/присутна

*нема/отсутна

Графикон 3 Приказ на статус на оток



Мобилност на забот/ите при конвенционалната метода со $\text{Ca}(\text{OH})_2$, не е присутна кај 10 односно 9 пациенти во првиот односно третиот месец од периодот на испитување, како и кај 9 пациенти во шестиот месец. Мобилност е регистрирана само кај еден пациент (10.0%) во шестиот месец.

Мобилност на забот/ите при ласер метода со употреба на Ca(OH)_2 не е регистрирана во првиот и шестиот месец кај 10 односно 9 примероци. Во третиот месец не се регистрира мобилност кај 9 пациенти, а кај еден (10.0%) е присутна. (таб. 6 и граф. 4).

Мобилност не е регистрирана со конвенционалната и ласер методата со употреба на средството МТА. (таб. 6 и граф. 4)

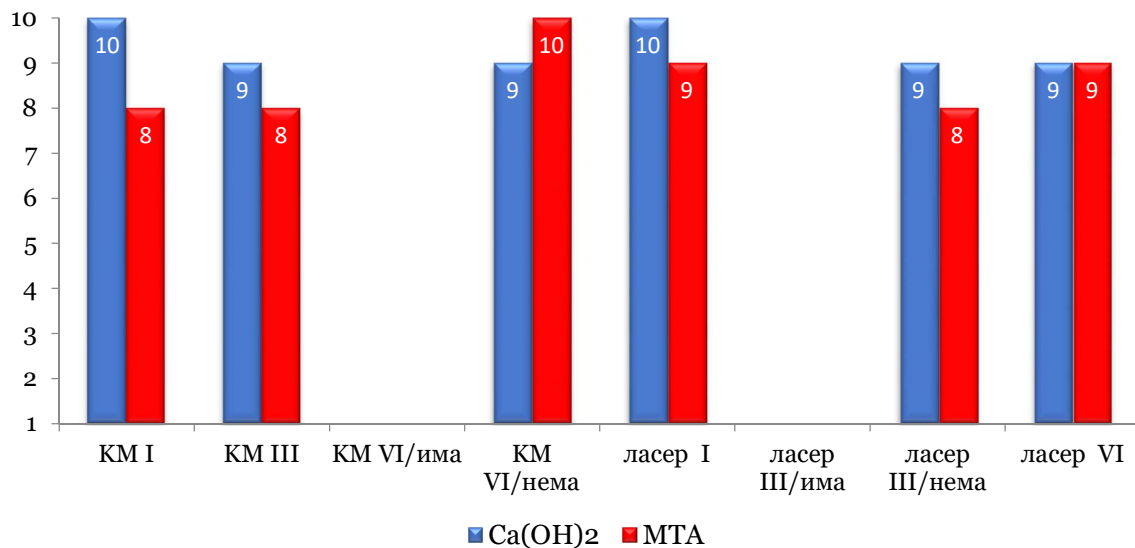
Табела 6. Приказ на статус на мобилност

статус на мобилност	конвенционална метода						Ласер					
	I месец		III месец		VI месец		I месец		III месец		VI месец	
	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	Нема
Ca(OH)_2		10		9	1	9		10	1	9		9
МТА		8		8		10		9		8		9

*има/присутна

*нема/отсутна

Графикон 4. Приказ на статус на мобилност



5.2. Рендген параметри

При конвенционалната методата со употреба на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ не се регистрира предвремена ексфолијација во првиот и третиот месец, но во шестиот месец таа е присутна кај еден пациент (10.0%).

При ласер методата со $\text{Ca}(\text{OH})_2$, не се регистрира предвремена ексфолијација во првиот и шестиот месец. Во третиот месец присутна е предвремена ексфолијација кај еден пациент (10.0%). И со конвенционалната и со ласер методата со употреба на средството МТА не беше регистрирана предвремена ексфолијација (таб. 7 и граф. 5).

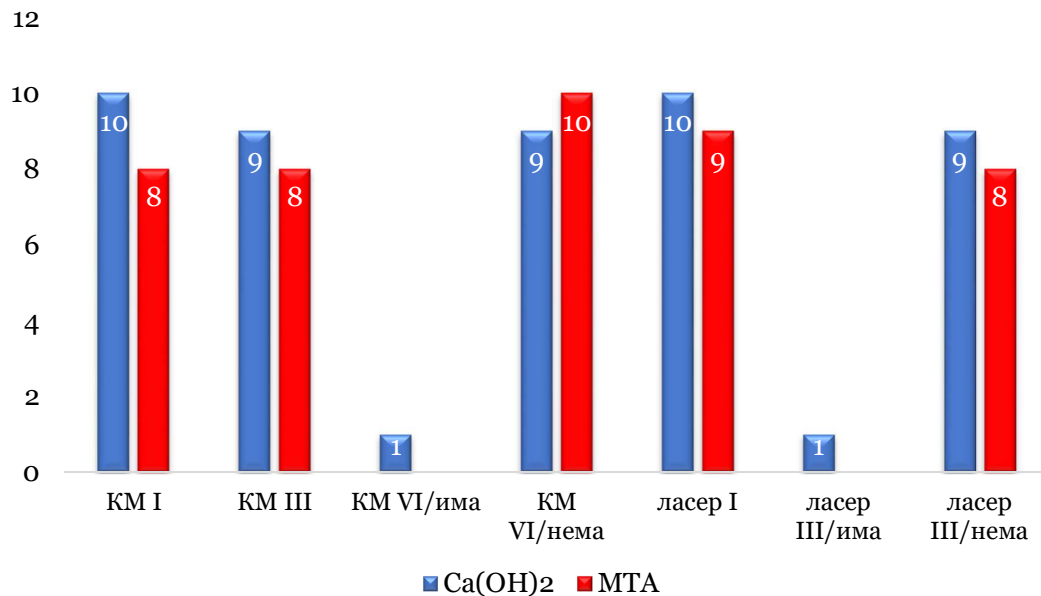
Табела 7. Приказ на статус на предвремена ексофилијација

статус на предвремена ексофилијација	конвенционална метода						ласер					
	I месец		III месец		VI месец		I месец		III месец		VI месец	
	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	Нема
$\text{Ca}(\text{OH})_2$		10		9	1	9		10	1	9		9
МТА		8		8		10		9		8		9

*има/присутна

*нема/отсутна

Графикон 5. Приказ на статус на предвремена ексофилијација



Проширување на периодонталниот лигамент не се регистрира со употреба на конвенционалната методата и употреба на средството Ca(OH)₂, ниту во првиот, ниту во третиот месец, додека во шестиот месец тоа е присутно само кај еден пациент (10.0%)

При ласер методата со Ca(OH)₂ не се регистрира проширување на периодонталниот лигамент во првиот месец кај ниту еден пациент. Во третиот и во шестиот месец кај еден (10.0%) односно (11.1%) пациент се регистрира проширување на периодонталниот лигамент (таб. 8 и граф. 6).

При конвенционалната метода со MTA не се регистрира проширување на периодонталниот лигамент во првиот месец. Во третиот месец кај двајца (25.0%) и во шестиот месец кај двајца пациенти (20.0%), се регистрира проширување на периодонталниот лигамент (таб. 8 и граф. 6).

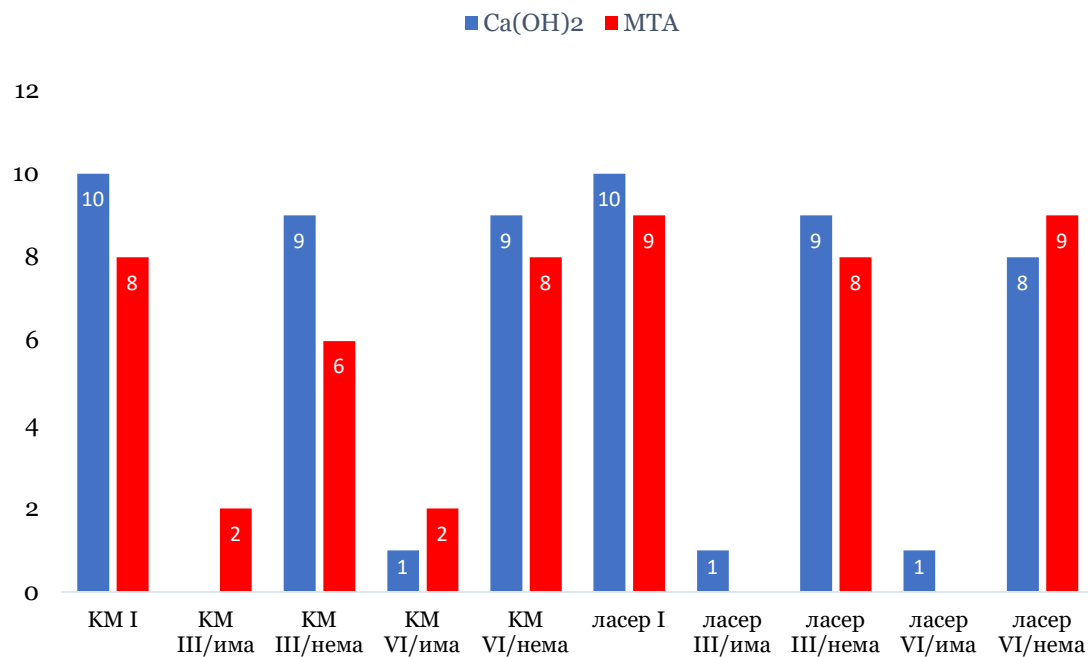
Табела 8. Приказ на проширување на перидонталниот лигамент

проширување на перидонталниот лигамент	конвенционална метода						Ласер					
	I месец		III месец		VI месец		I месец		III месец		VI месец	
	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	Нема
Ca(OH)₂		10		9	1	9		10	1	9	1	8
MTA		8	2	6	2	8		9		8		9

*има/присутна

*нема/отсутна

Графикон 6. Приказ на проширување на перидонталниот лигамент



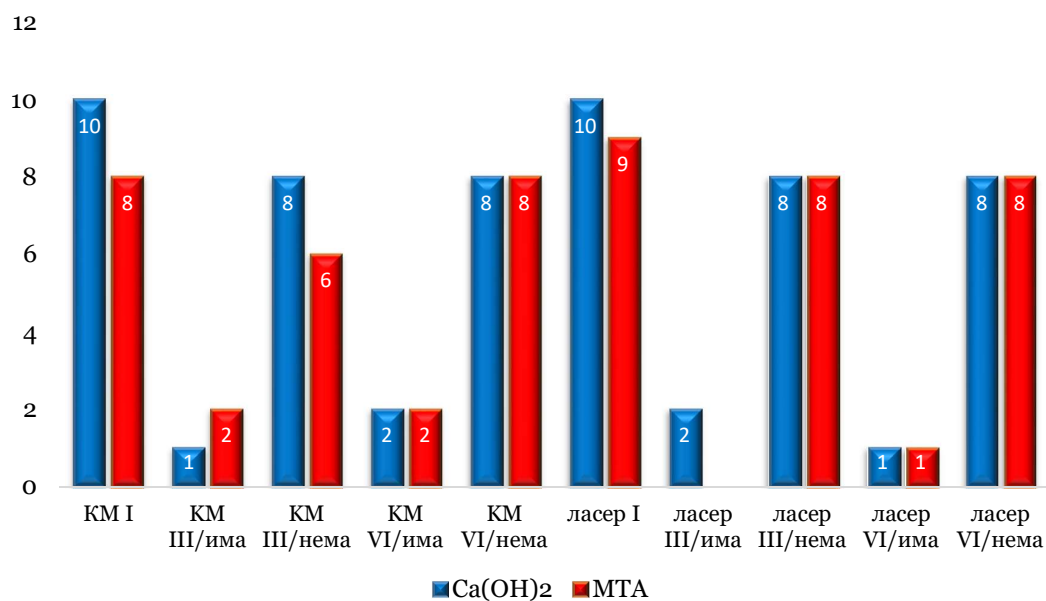
Табела 9. Приказ на статус на интерна/екстерна ресорпција

статус на интерна/ екстерна ресорпција	конвенционална метода						Ласер					
	I месец		III месец		VI месец		I месец		III месец		VI месец	
	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	Нема
Ca(OH)₂		10	1	8	2	8		10	2	8	1	8
МТА		8	2	6	2	8		9		8	1	8

*има/присутна

*нема/отсутна

Графикон 7. Приказ на статус на интерна/екстерна ресорпција



Присуство на **интерна/екстерна ресорпција** при конвенционалната методата со средството Ca(OH)₂ не се регистрира во првиот месец кај ниту еден пациент. Во третиот месец таа е регистрирана кај еден пациент (11.1%), а во шестиот месец кај двајца пациенти (20.0%).

Со употреба на ласер методата со средството Ca(OH)₂, не се регистрира интерна/екстерна ресорпција во првиот месец. Во третиот месец присутна е кај двајца пациенти (20.0%), а во шестиот месец кај еден пациент (11.1%).

Кај конвенционалната метода со средството МТА, ресорпцијата не е регистрирана во првиот месец, додека пак во третиот и шестиот месец е регистрирана кај двајца пациенти (25.0%) односно (20.0%).

При ласер методата со МТА не се регистрира интерна/екстерна ресорпција во првиот и третиот месец, додека пак во шестиот месец присутна е кај еден пациент (11.1%). (таб. 9 и граф. 7).

Појава на **периапикално просветлување** и употреба на конвенционалната метода со средството $\text{Ca}(\text{OH})_2$, се регистрира во третиот кај еден пациент (11.1%) и во шестиот месец, исто така кај еден пациент (10.0%).

При ласер методата со $\text{Ca}(\text{OH})_2$ не се регистрира периапикално просветлување во првиот и шестиот месец, а во третиот се регистрира кај еден пациент (10.0%).(таб. 10 и граф. 8)

При конвенционалната методата со МТА не се регистрира периапикално просветлување во првиот и третиот месец додека во шестиот месец се регистрира кај двајца пациенти (20.0%).

При ласер методата со МТА не се регистрира периапикално просветлување (таб. 10 и граф. 8).

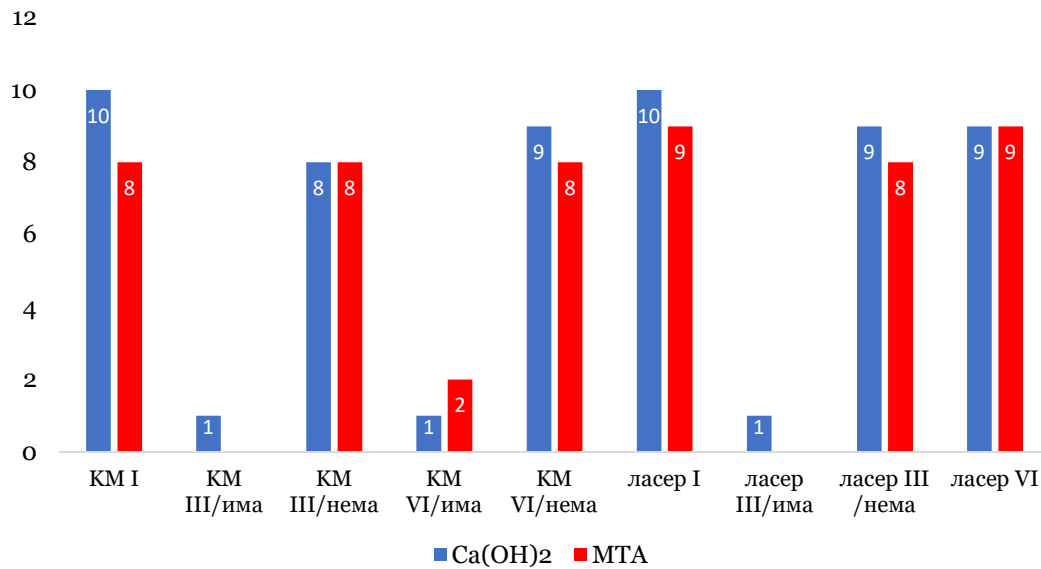
Табела 10. Приказ на периапикално просветлување

статус на периапикално просветлување	конвенционална метода						Ласер					
	I месец		III месец		VI месец		I месец		III месец		VI месец	
	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	нема	има	Нема
$\text{Ca}(\text{OH})_2$		10	1	8	1	9		10	1	9		9
МТА		8		8	2	8		9		8		9

*има/присутна

*нема/отсутна

Графикон 8. Приказ на периапикално просветлување



Периапикално просветлување е забележано кај сите групи, освен кај групата на лазер со MTA.

Добиените пропорционални вредности во интервали од еден, три и шест месеци беа споредувани со Fisher exact p, one-tailed тест. Статистичкото значење беше пресметано за $p < 0.05$.

Табела 11. Приказ на конвенционалниот метод со двете средства за пулпотомија

време	конвенционален/ Ca(OH) ₂		конвенционален / MTA		P
	успех	Неуспех	успех	неуспех	
I месец	10/100%	0	8/80%	2/20%	0,2368*
III месец	8/80%	2/20%	8/80%	2/20%	0.7090*
VI месец	7/70%	3/30%	8/80%	2/20%	0.5000*

* Fisher exact p, one-tailed; $p < 0.05$

Во првиот месец по 20 заби од секоја група беа достапни за проценка. Конвенционалната метода со $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и МТА, во првиот месец појави стапка на успех од 100% односно 80%, без статистички значајна разлика ($p = 0,2368$). Во третиот месец по 20 заби од секоја група беа достапни за проценка.

Конвенционалната метода со средството $\text{Ca}(\text{OH})_2$ покажа успех од 80%, во однос на средството МТА кое што покажа ист успех од 80%. Разликата е статистички не сигнификантна ($p = 0,7090$).

Во шестиот месец по 20 заби од секоја група беа достапни за проценка. Кај конвенционалниот метод со средството $\text{Ca}(\text{OH})_2$ успешноста е 70%, а со средството МТА е 80%, т.е. нотирани се неуспех кај тројца пациенти со средството $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и кај двајца пациенти со средството МТА. При споредувањето на конвенционалниот метод со двата материјали во трите анализирани периода, не беше забележана статистички сигнификантна разлика ($p > 0.05$) (таб. 11)

Во првиот месец кај ласер методата 19 заби беа достапни за проценка. Ласерскиот третман на пулпотомија со употреба на двете средства, и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и МТА, по анализа на резултатите, дадоа стапка на успех од 90% односно 100%, без статистички сигнификантна разлика ($p = 0,5263$).

Во третиот месец кај ласер методата 19 заби беа достапни за проценка. Анализите на добиените резултати од третиот месец покажаа дека ласер методата со средството $\text{Ca}(\text{OH})_2$, покажа успех од 80% во однос на третманот со средството МТА коешто покажа успех од 100%. Разликата не е статистички сигнификантна ($p = 0,316$).

Во шестиот месец кај ласер методата 19 заби беа достапни за проценка. Анализата на резултатите од шестиот месец по спроведениот третман со методата на ласер и употребата на средството $\text{Ca}(\text{OH})_2$ дадоа стапка на успех од 70%, додека пак употребеното средство МТА покажа стапка на успех од 77,8%.

При споредувањето на ласерскиот метод со двата материјали во трите интервали не се регистрираше статистички сигнификантна разлика ($p > 0.05$). (таб. 12)

Табела 12. Приказ на ласерскиот метод со двата пулпотомиски агенци

Време	ласер / Ca(OH) ₂		ласер / МТА		P
	успех	неуспех	успех	неуспех	
I месец	9/90%	1/10%	9/100%	0	0,5263*
III месец	8/80%	2/20%	9/100%	0	0.2632*
VI месец	7/ 70%	3/30%	7/77.8%	2/22.2%	0.5557*

* Fisher exact p, one-tailed; p < 0.05

Слика 6. Конвенционална метода со Ca(OH)₂



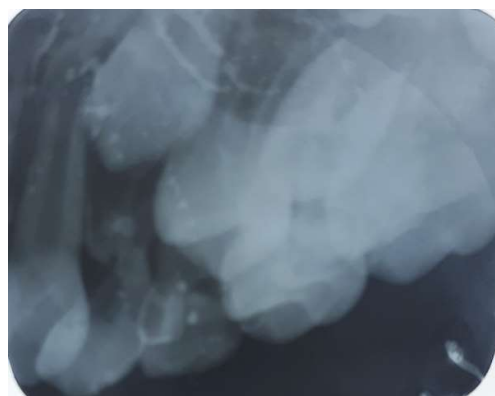
пред



прв месец

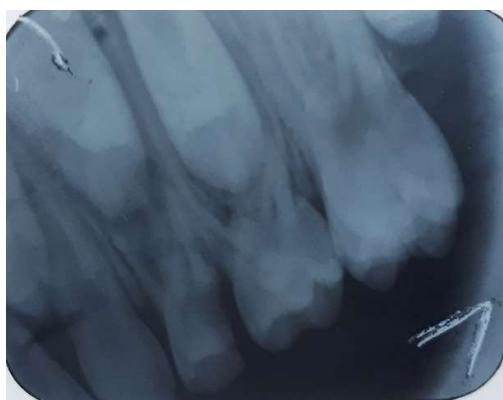


трет месец



шести месец

Слика 7. Конвенционална метода со МТА



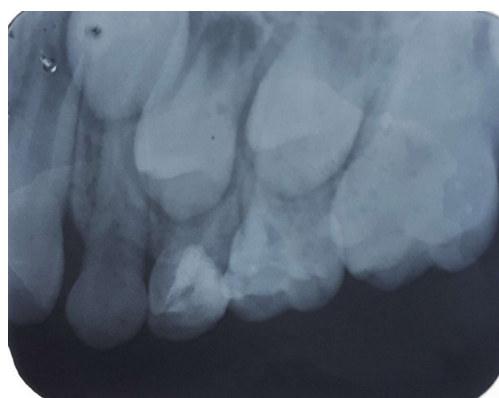
пред



прв месец

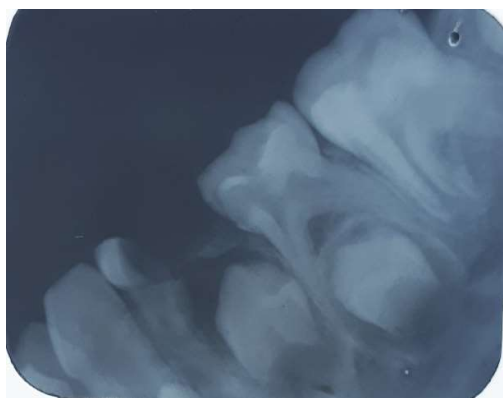


трет месец



шести месец

Слика 8. Метода со ласер со $\text{Ca}(\text{OH})_2$



пред



прв месец



трет месец



шести месец

Слика 9. Метода со ласер со МТА



пред



прв месец



трет месец



шести месец

6. ДИСКУСИЈА

Виталната пулпотомија е најчесто прифатена клиничка процедура за третирање на млечни заби во случаи кога коронарниот дел од пулпата е експониран при отстранување на денталниот кариес или траума. Основна цел на пулпотомијата на кариозни млечни заби е зачувување на нивната виталност до природната ексфолијација, со отстранување на инфицираниот коронарен дел од пулпата и зачувување на преостанатиот неинфициран радикуларен дел од пулпата.

Селекцијата на забите во овој труд беше направена според критериумите предложени од Fuks¹⁰⁴, кој што вклучува заби со големи кариозни лезии кои можат да се надоградат, без спонтанa болка, со најмалку 2/3 присутна должина на коренот без знаци на интерна и екстерна коренска ресорпција, и со лесно контролирана хеморагијата од ампутираната пулпа^{105,106}.

Интерна ресорпција беше забележана кај сите групи. Бројот на заби кај кои се забележа интерна ресорпција се зголемуваше од првиот до шестиот месец. Исто така беше забележана и екстерна ресорпција кај пациент од групата на ласер методата со употреба на средството калциум хидроксид. Забот имаше целосна ресорпција на дисталниот корен веќе на втората контрола, но немаше знаци на мобилност и се задржа во усната празнина до крајот на иследувањето т.е. до шестиот месец. Овој наод е споредлив со следниве студии. Во студиите на Yadav и сор. каде што се компарираат феросулфатот, електрокаутерот и ласерот, забележана е интерна ресорпција кај сите групи во периодот на обсервација, односно после 9 месеци на следење¹.

Huth и сор. пријавиле 4% неуспех, односно појава на интерна ресорпција во период од 24 месеци.¹⁰⁷

Од пребараните бази на податоци за пулпотомијата како метод на лечење на млечни заби, најчесто користено средство за пулпотомија е формокрезолот.

Формокрезолот, со децении е лек на избор при третман на пулпотомирани млечни заби поради леснотијата на користење и високата стапка на клинички успех¹⁰⁸. И покрај широката употреба, тој поседува потенцијален токсичен, мутаген и канцероген ризик-ефект кај луѓето, бидејќи се апсорбира системски и ја зголемува преваленцата на хипопластични и/или хипоинерализирачки дефекти, како и некротични промени на ткивата¹⁰⁹. Од друга страна и ласерот и МТА покажуваат висока стапка на клинички успех при пулпотомијата на млечните заби, во споредба со формокрезолот^{110,111}.

Анализите на целокупните добиени резултати во трудот, покажаа дека не постои статистички значајна разлика помеѓу испитуваните групите. Ова е во согласност со наодите на Нугар и сор. кои ги оцениле клиничките и радиографските знаци на МТА и форморезолот на пулпотомизираниите млечни молари и заклучиле дека нема статистички значајни разлики меѓу нив¹¹⁰.

Секојдневниот напредок во ласерската технологија ги прави ласерите попривлечни во ендодонтскиот третман каде што можат да се користат како додаток или како алтернативен метод во традиционалните ендодонтски процедури. Ласерскиот третман има предност при контрола на крварењето, стерилизацијата и стимулирачките ефекти врз клетките на забната пулпа.⁹⁶

Shoji *et al.* демонстрирале контролата на крварењето од пулпата при витална пулпотомија со употреба на CO₂ ласер од ≥ 3 цули⁸¹. Saltzman *et al.*, докажале дека пулпотомија со диоден ласер и запечатување со МТА, може да биде прифатлива алтернатива на конвенционалната пулпототомија со форморезол. Тие заклучиле дека не постојат статистички значајни разлики помеѓу двете групи во однос на успешноста базирана на радиографски критериуми¹¹². Nuth *et al.*, откриле дека пулпотомијата со Er:YAG ласерот има вкупна стапка на успех од 78%, која е незначително помала во однос на формокрезолот (85%) по 2-годишна студија¹⁰⁷.

Спротивно на тоа, Liu забележал клинички успех од 97% како и радиографски успех од 94.1% при пулпотомијата со користење на Nd: YAG laser од 2W¹¹³.

Стапката на успех на ласерската пулпотомија во нашата студија е во корелација со резултатите од гореспоменатите студии.

Sun и Tuner предложиле користење на LLLT со бранова должина од 780–890 nm и енергија од 2-3 J/cm², под континуиран режим и со моќност од 100mW, во времетраење од околу 10 секунди и со растојание од 2-4 мм помеѓу ласерскиот зрак и пулпното ткиво ¹¹⁴.

За разлика од гореспоменатите, нашата студија беше спроведена со користење на диоден ласер од 2W во континуиран пулсирачки режим, со бранова должина од 975 nm и оптичко флексибилно влакно во опсег од 320-400 μ m.

Во истражувањата на Niranjani и сор., кај забите третирани со ласер и биодентин, биле забележани болка и оток во период од 6 месечно иследување, додека кај забите третирани со МТА не биле забележани абнормални клинички и радиографски наоди, со стапка на успех од 100% ¹¹⁵.

Pescheck и сор. ја оцениле пулпотомијата кај млечни заби со LLLT и заклучиле дека тоа може да биде поволен метод на пулпотомија заради забрзаното заздравување на пулпната рана, регенерација и зајакнување на имунитетот¹¹⁶.

Постапката на лекување на забите кај децата со ласер е корисна од повеќе аспекти. Таа пред сè помалку стресна за детето, подобро прифатена од родителите, времето на задржување во ординација е покусо и има далеку подобра релација меѓу пациентот и докторот¹¹⁷. Кога ласерот се користи во хируршките процедури и пулпотомија на млечните заби, децата стануваат посоработливи и со тоа се подобрува исходот од самиот третман ⁹². Неговата употреба за детекција на кариес, раното дијагностицирање на истиот, препарација на кавитет, и минимални орално хируршки процедури кај малите пациенти, се очекува да стане „златен стандард“ во секојдневната педодонтска пракса ¹¹⁸.

Стопроцентниот клинички успех на ласерската пулпотомија во нашата студија може да се припише на нејзината неинвазивна и нефармацевтска природа на техниката, на ефикасната контрола врз ефектот на крвавење, деконтаминација и стерилизација, со истовремено зачувување на виталноста на

радикуларната пулпа. Ласерското зрачење го зголемува создавањето на калцифицирани нодули во фибробластите на денталната пулпа и ја зголемува активноста на алкалната фосфатаза, стимулирајќи го производство на колаген и остеокалцин. Со тоа се добива побрзо заздравување на пулпната рана, што не ја засегаа ниту инфламаторната функција на моноцитите и ендотелните клетки ниту нивната адхезија⁸⁴.

Во современата стоматологија, употребата на регенеративни материјали како што се смрзната сушена коска, коскено морфогенетски протеин, остеоген протеин и минерален триоксиден агрегат (МТА), го привлекоа вниманието на многу стоматолози^{47,70}. Меѓу регенеративните материјали, МТА се смета за идеален материјал со многу висока стапка на успех која се движи во опсег од 97% -100%¹¹⁹. Според истражувањето на Kabaktchieva *et al.*, виталната пулпотомија кај млечни заби третирани со МТА претставува сигурна биолошка постапка и може да се препорача во секојдневната клиничка пракса⁵. Биокompatibilноста на МТА се должи на неговата одлична способност за запечатување, адхезија и регенерација на клетките како и поради неговата рН вредност за која е докажано дека е 11 - 12 дури и по 72 дена. Тој поседува и антимикуробни ефекти против некои факултативни бактерии^{62,63,120}. Својството за запечатување на МТА се должи на неговата експанзија и контракција кои што се многу слични со дентинот. Тоа резултира со висока отпорност на маргинална микропропустливост и бактериска миграција во коренскиот канален систем и претставува еден од клучните фактори кои го подобруваат клиничкиот успех^{121,122}. Сепак долгото време на врзување и високата цена во споредба со формокрезолот (FC) и феросулфат (FS), па и со калциум хидроксидот Ca(OH)₂ го ограничуваат нивното користење во секојдневната педодонтска пракса².

Во оваа студија, само во групата каде што е употребен ласер и аплициран МТА, не се забележува појава на периапикално просветлување, додека во останатите групи просветлувањето постои. Патолошкото интеррадикуларно просветлување може да се препише на присуството и брзото ширење на бактериите и нивните токсини од воспалението кај млечните заби кои брзо стигаат во пределот на бифуркацијата преку коренските канали кои обично се тенки, порозни и пропустливи кај млечните катници, како и поради истекувањето на пулпотомискиот агенс. Во однос на интеррадикуларното

просветлување, Huth и сор. пријавиле неуспех од 6%, 13.2% и 27%, во период од 2, 3 и 5 години¹⁰⁷.

Во својата студија Lin споредува неколку материјали за пулпотомија на млечни заби и тоа: формокрезол (FC), ферик сулфат (FS), калциум хидроксид, МТА и ласерската терапија со употреба на Bayesian мрежата за мета анализи. Резултатот претставуваше сооднос на клиничките и радиографските неуспеси во период од 18 до 24 месеци. Според мета-анализата направена по периодот на иследување, формокрезолот, феросулфатот и МТА покажаа подобри клинички и радиографски резултати од калциум хидроксидот и ласерската терапија коишто беа статистички сигнификантни¹²³. Ова е во спротивност на нашата студија која покажа стапка на успех од 100% единствено кај ласерската метода на пулпотомија со употреба на средството МТА.

Калциум хидроксид е широко користен материјал во ендодонтскиот третман поради неговата висока алкалност и бактерицидните својства. Тоа е материјал кој е лесно достапен и едноставен за подготовка. Калциум хидроксид сè уште е материјал на избор кој наоѓа широка примена во ендодонцијата.

Имплементирањето и усовршувањето на техниките на витална пулпотомија кај млечните заби кај пациенти од 4 до 9 годишна возраст нè претставуваше вистински предизвик, а воедно и огромно задоволство во однос на остварување на квалитетен пристап во давањето на професионални услуги, унапредување на техниките во детската стоматологија и употребата на современи денгални материјали.

Техниките на виталната пулпотомија успешно беа прифатени од самите пациенти и нивните родители. Интервенциите се одвиваа безболно и во една сеанса, а пациентите веднаш, при првата посета добива комплетно saniран заб, со што се избегна повеќесеансното лекување на истиот заб, а со тоа се намали и бројот на посетите во ординацијата. Се овозможи подобрување на начинот на третман на воспалена пулпа на млечни молари кај пациентите на возраст од 4-9 години, а со тоа и остварување на значителен напредок кај ендодонтскиот третман на оваа категорија на пациенти.

7. ЗАКЛУЧОЦИ

- Оваа студија покажа висока стапка на успех кај витална пулпотомија на млечни заби третирано со $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и МТА во периодот на спроведување на анализите.
- Не постои статистички значајна разлика меѓу двата пулпотомиски агенси $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и МТА, и според тоа истите можат да се користат како алтернативни агенси за пулпотомија кај млечните заби.
- Средството минерал триоксид агрегат се смета за поефикасно од калциум хидроксидот кога е потребно одржување на долгорочна виталност на пулпата по изведената витална пулпотомија кај млечни заби, без разлика на спроведениот метод.
- Комбинацијата на пулпотомија со ласер и употреба на средството МТА даде најдобри резултати во однос на сите испитувани клинички и радиографски критериуми и во сите анализирани периоди.
- Со оглед на цената на средството минерал триоксид агрегат, која е с□уште висока, како и поради фактот дека млечните третирано заби ќе се заменат со нови, трајни заби, калциум хидроксидот сепак може да биде материјал на избор.
- За успешно изведена виталната пулпотомија мора точно придружување до протоколот на работа.
- Резултатите на оваа студија кои укажуваат на поволните ефекти на ласерот и МТА треба да се потврдат во поопсежна и подолгорочна студија.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. Yadav P, Indushekar KR, Saraf BG, Sheoran N, Sardana D. Comparative evaluation of ferric sulfate, electrosurgical and diode laser on human primary molars pulpotomy: an “in-vivo” study. *Laser Ther.* 2014 Mar; 23(1):41–47. doi: 10.5978/islsm.14-OR-05
2. Ritwik P. A Review of pulp therapy for primary and immature permanent teeth. *J Calif Dent Assoc* 2013 August;41(8):585-95.
3. Caplan DJ, Cai J, Yin G, White BA. Root canal filled versus nonroot canal filled teeth: A retrospective comparison of survival times. *J Public Health Dent.* 2005; 65:90-6.
4. Ranly DM. Pulpotomy therapy in primary teeth: New modalities for old rationales. *Pediatr Dent.* 1994;16:403–9.
5. Kabaktchieva R, Gateva N. Vital pulpotomy in primary teeth with mineral trioxide aggregate (MTA) *Journal of IMAB - Annual Proceeding (Scientific Papers)* 2009 Book 2.
6. Aguilar P, Linsuwanont P. Vital pulp therapy in vital permanent teeth with cariously exposed pulp: A systematic review. *J Endod.* 2011;37:581–7.
7. Hargreaves KM, Cohen S, Berman LH. *Cohen's Pathways of the Pulp.* 10th ed. St. Louis: Mosby Year Book; 2011. 992 p.
8. Bergenholtz G, Spångberg L. Controversies in endodontics. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004;15:99–114.
9. Cohenca N, Paranjpe A, Berg J. Vital pulp therapy. *Dent Clin North Am.* 2013;57:59–73.
10. Ward J. Vital pulp therapy in cariously exposed permanent teeth and its limitations. *Aust Endod J.* 2002;28:29–37.
11. Nair PN, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with Mineral Trioxide Aggregate: A randomized controlled trial. *Int Endod J.* 2008 Feb;41(2):128-50.
12. Stanley HR. Pulp capping: Conserving the dental pulp — Can it be done?. Is it worth it. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1989;68:628–39.
13. Barthel CR, Rosenkranz B, Leuenberg A, Roulet JF. Pulp capping of carious exposures: Treatment outcome after 5 and 10 years: A retrospective study. *J Endod.* 2000;26:525–8.

14. Aljandan B, AlHassan H, Saghah A, Rasheed M, Ali AA. The effectiveness of using different pulp-capping agents on the healing response of the pulp. *Indian J Dent Res.* 2012;23:633–7.
15. Bjørndal L, Mjör IA. Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 4: Dental caries — Characteristics of lesions and pulpal reactions. *Quintessence Int.* 2001;32:717–36.
16. Akhlaghi N & Khademi A. Outcomes of vital pulp therapy in permanent teeth with different medicaments based on review of the literature. *Dent Res J (Isfahan).* 2015 Sep-Oct;12(5):406-17.
17. Fuks AB, Eidelman E. Pulp therapy in primary dentition. *Curr Opin Dent.* 1991;1(5):556–63.
18. Waterhouse PJ, Whitworth JM, Camp JH, Fuks AB. Pediatric endodontics: endodontic treatment for the primary and young permanent dentition, in: Hargreaves KM, Cohen S, editors. *Pathways of the Pulp*, 10th ed., Mosby Elsevier, 2011. pages 808-57.
19. Seale NS1, Coll JA. Vital pulp therapy for the primary dentition. *Gen Dent.* 2010 May-Jun;58(3):194-200.
20. Farooq NS, Coll JA, Kuwabara A, Shelto P. Success rates of formocresol pulpotomy and indirect pulp therapy in the treatment of deep dental caries in primary teeth. *Pediatr Dent.* 2000;22:278-286.
21. Olatosi OO, Sote EO, Orenuga OO. Effect of mineral trioxide aggregate and formocresol pulpotomy on vital primary teeth: a clinical and radiographic study. *Niger J Clin Pract.* 2015;18(2):292–96.
22. <http://www.aapd.org/searcharticles/article.asp> <http://www.aapd.org/searcharticles/article.asp>
23. Fuks AB. Pulp therapy for the primary and young permanent dentitions. *Dent Clin North Am.* 2000 44:571-96.
24. Buckley JP. The chemistry of pulp decomposition with a rational treatment for this condition and its sequelae. *Am J Dent.* 1904;3:764- 71.
25. Sweet CA. Procedure for treatment of exposed pulp of deciduous teeth. *J Am Dent Assoc* 1930;17:1150-4.
26. Hilton TJ. Keys to clinical success with pulp capping: A review of the literature. *Oper Dent* 2009; 34(5):615-625
27. Kontakiotis EG, Tsatsoulis IN, Papanakou SI, Tzanetakis GN. Effect of 2% chlorhexidine gel mixed with calcium hydroxide as an intracanal medication on sealing ability of permanent root canal filling: a 6-month follow-up. *J Endod* 2008.; 34(7):866-870
28. Mohammadi Z, Dummer PMH. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J* 2011;44(8):697-730
29. Kim SK, Kim YO. Influence of calcium hydroxide intracanal medication on apical seal. *Int Endod J* 2002;35(7):623-628
30. Fava LR, Saunders WP. Review Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. *Int. Endod. J.* 1999;32(4):257-282.
31. Ballal V, Kundabala M, Acharya S, Ballal M. Antimicrobial action of calcium hydroxide, chlorhexidine and their combination on endodontic pathogens. *Aust Dent J.* 2007;52(2):118–121

32. Pallotta RC, Ribeiro MS, de Lima Machado ME. Determination of the minimum inhibitory concentration of four medicaments used as intracanal medication. *Aust Endod J.* 2007;33(3):107–111.
33. Asgary S, Kamrani FA. Antibacterial effects of five different root canal sealing materials. *J Oral Sci.* 2008;50(4):469–474. 28
34. Siqueira JF Jr, Lopes HP. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *Int Endod J.* 1999. Sep;32(5):361-9. 29.
35. Mustafa M, Saujanya KP, Jain D, Shetty S, Arun A, Uppin L, Kadri M. Role of calcium hydroxide in endodontics : A review. *GJMEDPH* 2012;1(1):66-67
36. Arendorf TM, Walker DM. The prevalence and intraoral distribution of *Candida albicans* in man. *Arch Oral Biol* 1980;25(1):1–10.
37. Ashkenaz P. One-visit endodontics: a preliminary report. *Dental Survey* 1979;55(1):62–9
38. Dammaschke T, Leidinger J, Schäfer E. Long-term evaluation of direct pulp capping - Treatment outcomes over an average period of 6.1 years. *Clin Oral Investig* 2010;14:559-67.
39. Sawicki L, Pameijer CH, Emerich K, Adamowicz-Klepalska B. Histological evaluation of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide in direct pulp capping of human immature permanent teeth. *Am J Dent* 2008;21:262-6.
40. Hörsted-Bindslev P, Vilkinis V, Sidlauskas A. Direct capping of human pulps with a dentin bonding system or with calcium hydroxide cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:591-600
41. Eskandarizadeh A, Parirokh M, Eslami B, Asgary S, Eghbal MJ. A Comparative Study between Mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide as pulp capping agents in dog's teeth. *Dent Res J (Isfahan)* 2006;2:1-9.
42. Dominguez MS, Witherspoon DE, Gutmann JL, Opperman LA. Histological and scanning electron microscopy assessment of various vital pulp-therapy materials. *J Endod* 2003;29:324-33
43. Graham L, Cooper PR, Cassidy N, Nor JE, Sloan AJ, Smith AJ. The effect of calcium hydroxide on solubilisation of bio-active dentine matrix components. *Biomaterials* 2006;27(14):2865-73
44. Rahman MdS, Akhtar N, Jamil MH, Banik RS, Asaduzzaman SM. GF- β /BMP signaling and other molecular events: regulation of osteoblastogenesis and bone formation; *Bone Res.* 2015; 3: 15005. doi: 10.1038/boneres.2015.5
45. Ranly DM, Garcia-Godoy F. Current and potential pulp therapies for primary and young permanent teeth. *J Dent* 2000;28:153-61.
46. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review-Part I: Chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod* 2010. Jan;36(1):16-27. doi: 10.1016/j.joen.2009.09.006.
47. Agamy HA, Bakry NS, Mounir MMF, Avery DR.: Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulpcapping agents in pulpotomized primary teeth. *Pediatr Dent* 2004; 26: 302–309

48. Farsi N, Alamoudi N, Khalid Balto K, Mushayt A. Success of mineral trioxide aggregate in pulpotomized primary molars. *J Clin Pediatr Dent* 2005; 29(4): 307-312.
49. Schwarz R, Mauger M, Clement D, Walker W. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *JADA* 1999; 130: 967-975
50. Srinivasan V, Patchett CL, Waterhouse PJ. Is there life after Buckley's formocresol? Part I - a Narrative Review of Alternative Interactions and materials. *Int J Ped Dent* 2006; 16: 117-127
51. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR.: Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995; 21: 349-353
52. Holan G, Eidelman E, Fuks AB. Long-term evaluation of pulpotomy in primary molars using mineral trioxide aggregate or formocresol. *Pediatr Dent*. 2005;27:129-36
53. Nicola I. Is mineral trioxide aggregate more effective than formocresol for primary molar pulpotomy? *EBD*. 2007;8:11-2.
54. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physiochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2005;31(2):97-100.
55. Torabinejad M, White DJ. Tooth filling material and use. US Patent Number 5,769,638. 1995.
56. Camilleri J. The chemical composition of mineral trioxide aggregate. *J Conserv Dent*. 2008;11(4):141-43.
57. Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: A review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J* 2006;39:747-54.
58. Camilleri J. Characterization of hydration products of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2008;41:408-17
59. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1999;25:197-205.
60. Sluyk SR, Moon PC, Hartwell GR. Evaluation of setting properties and retention characteristics of Mineral Trioxide Aggregate when used as a furcation perforation repair material. *J Endod* 1998;24:768-71.
61. Asgary S, Parirokh M, Egbbal MJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005;31:101-3.
62. Al-Hezaimi K, Al-Shalan TA, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Antibacterial effect of two mineral trioxide aggregate (MTA) preparations against *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus sanguis* in vitro. *J Endod* 2006;32:1053-6
63. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J Endod* 1995;21:403-6.
64. Seltzer S, Bender IB. The dental pulp, Philadelphia: 3rd ed. Lippincott, 1984.
65. Cox CF, Bergenholtz G, Heys DR, Syed SA, Fitzgerald M, Heys RJ. Pulp-capping of dental pulp mechanically exposed to oral microflora: a 1-to-2-year observation of wound healing in the monkey. *J Oral Pathol* 14:156-68,1985.

66. Whitherspoon DE. Vital pulp therapy with new materials: New directions and treatment perspectives- permanent teeth. *J Endod* 2008;34:S25-8.
67. Parirokh M, Ttorabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review- part III: Clinical applications, Drawbacks and mechanism of action. *J Endod* 2010;36:400-13.
68. Salako N, Joseph B, Ritwik P, Salonen, John P, Junaid TA. Comparison of bioactive glass, mineral trioxide aggregate, ferric sulphate and formocresol as pulpotomy agents in rat molar. *Dent Traumatol* 2003;19:314-20.
69. Erdem AP, Guven Y, Balli B, et al. Success rates of mineral trioxide aggregate, ferric sulfate, and formocresol pulpotomies : a 24-month study. *Pediatr Dent* 2011; 33:165-70.
70. Doyle TL, Casas MJ, Kenny DJ, Judd PL. Mineral trioxide aggregate produces superior outcomes in vital primary molar pulpotomy. *Pediatr Dent* 2010;32:41-7.
71. Eidelman E, Holan G, Fuks AB. Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. *Pediatr Dent* 2001;23:15-8.
72. Aeinehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar AS. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: A preliminary report. *Int Endod J* 2003;36:225-31.
73. Jabbarifar E, Razavi SM, Ahmadi N. Histopathologic responses of dog's dental pulp to mineral trioxide aggregate, bio active glass, formocresol, hydroxyapatite. *Dent Res J (Isfahan)* 2007;4:83-7.
74. Marciano MA, Costa RM, Camilleri J, Mondelli RF, Guimarães BM, Duarte MA. Assessment of color stability of white mineral trioxide aggregate angelus and bismuth oxide in contact with tooth structure. *J Endod* 2014;40:1235-40.
75. Asgary S, Eghbal MJ, Parirokh M, Ghoddusi J, Kheirieh S, Brink F. Comparison of mineral trioxide aggregate's composition with Portland cements and a new endodontic cement. *J Endod* 2009;35:243-50.
76. Galui S, Pal S, Mahata S, Saha S, Sarkar S. Laser and its use in pediatric dentistry: A review of literature and a recent update. *Int J Pedod Rehabil* 2019;4:1-5
77. Maiman TH. Stimulated optical radiation in ruby lasers. *Nature* 1960;187:493
78. Gross AJ, Herrmann TR. History of lasers. *World J Urol* 2007;25:217-20
79. Frame JW. Carbon dioxide laser surgery for benign oral lesions. *Br Dent J* 1985;158:125-8
80. Coluzzi DJ. Lasers in dentistry. *Compend Contin Educ Dent* 2005;26:429-35
81. Shoji S, Nakamura M, Horiuchi H. Histopathological changes in dental pulps irradiated by CO₂ laser: a preliminary report on laser pulpotomy. *J Endod.* 1985;11:773-80
82. Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: Science and instruments. *Dent Clin North Am* 2004;48:751-70.
83. Myers TD, Myers WD, Stone RM. First soft tissue study utilizing a pulsed Nd: YAG dental laser. *Northwest Dent* 1989;68:14-7.

84. Gupta G, Rana V, Srivastava N, Chandna P. Laser Pulpotomy—An Effective Alternative to Conventional Techniques: A 12 Months Clinicoradiographic Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2015;8(1):18-21.
85. Straussa R, Jonesb G, Wojtkowskic D. A comparison of postoperative pain parameters between CO2 laser and scalpel biopsies. *J Oral Laser Appl* 2006;8:39-42.
86. Boj J. The future of laser pediatric dentistry. *J Oral Laser Appl* 2005;5:173-7.
87. Nazemisalman B, Farsadeghi M, Sokhansanj M. Types of lasers and their applications in pediatric dentistry. *J Lasers Med Sci* 2015;6:96-101.
88. Aoki A, Mizutani K, Takasaki AA, Sasaki KM, Nagai S, Schwarz F, *et al.* Current status of clinical laser applications in periodontal therapy. *Gen Dent* 2008;56:674-87
89. Fashbinder DJ. Dental laser technology. *Compend Contin Educ Dent* 2008;29:452-9.
90. Green J, Weiss A, Stern A. Lasers and radiofrequency devices in dentistry. *Dent Clin North Am* 2011;55:585-97.
91. Martens LC. Laser physics and a review of laser applications in dentistry for children. *Eur Arch Paediatr Dent* 2011;12:61-7.
92. Marwah N. *Text Book of Pediatric Dentistry.* 3rd ed. India: Jaypee Brothers Medical Publishers 2014. 1134 p.
93. Goyal M, Makkar S, Pasricha S. Low Level Laser Therapy in Dentistry. *Int J Laser Dent* 2013;3(3):82-88
94. Karu T. Photobiology of low-power laser effects. *Health Phys.* 1989 May;56(5):691-704
95. Mareddy A, Mallikarjun SB, Shetty PV, Rao VVN, Chandru TP. Histological evaluation of diode laser pulpotomy in dogs. *J Oral Laser Appl.* 2010;10:7–16.
96. Maturo P, Perugia C, Docimo R. Versatility of an 810 nm diode laser in paediatric dentistry. *Int J Clin Dent.* 2013;6(2):161–72.
97. Pick RM, Powell GL. Lasers in dentistry: Soft-tissue procedures. *Dent. Clin. North Am.* 1993;31:281-297.
98. Gutknecht N. *Proceedings of the 1st International Workshop of Evidence Based Dentistry on Lasers in Dentistry.* UK: Quintessence Publishing, 2007
99. Stabholz A, Zeltser R, Sela M, Peretz B, Moshonov J, Ziskind D, Stabholz A. The use of lasers in dentistry: principles of operation and clinical applications. *Compen. Contin. Educ. Dent.* 2004;24:935-948.
100. Nelson JS, Berns MW. Basic laser physics and tissue interactions. *Contemp. Dermatol* 1998; 2: 3-10
101. Goharkhay K, Moritz A, Wilder-Smith P, Schoop U, Kluger W, Jakolitsch S, Sperr W. Effects on oral soft tissue produced by a diode laser in vitro. *Lasers Surg. Med.* 1999;25:401-406.
102. Crippa R, Barone M, Benedicenti S. *Laser a diodi in odontoiatria.* Italy: Edi-Ermes, 2008.
103. Maggioni M, Attanasio T, Scarpelli F. *I Laser in Odontoiatria.* Italy: Piccin, 2009.

104. Fuks AB, Papagiannoulis L. Pulpotomy in primary teeth: review of the literature according to standardized criteria. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2006;7:64–71.
105. Golpayegani MV, Ansari G, Tadayon N, Shams SH, Mir M. Low-level laser therapy for pulpotomy treatment of primary molars. *J Dent.* 2009;6:168–74.
106. Ibricevic H, al-Jame Q. Ferric sulfate as pulpotomy agent in primary teeth: twenty month clinical follow-up. *J Clin Pediatr Dent.* 2000;24:269–72.
107. Huth KC, Paschos E, Hajek-Al-Khatat N, Hollweck R, Crispin A, Hickel R, Folwaczny M. Effectiveness of 4 pulpotomy techniques—randomized controlled trial. *J Dent Res.* 2005;84:1144-48
108. Patchett CL, Srinivasan V, Waterhouse PJ. Is there life after Buckley's formocresol? Part II - Development of a protocol for the management of extensive caries in the primary molar. *Int J Paediatr Dent.* 2006;16:199–206.
109. Cortés O, Fernández J, Boj JR, Canalda C. Effect of formaldehyde on rat liver in doses used in pulpotomies. *J Clin Pediatr Dent.* 2007;31:181–84.
110. Hugar SM, Deshpande SD. Comparative investigation of clinical/radiographical signs of mineral trioxide aggregate and formocresol pulpotomies on primary molars. *Contemp Clin Dent.* 2010;1:146–51.
111. Sonmez D, Sari S, Cetinba T. A Comparison of four pulpotomy techniques in primary molars: a long-term follow-up. *J Endod.* 2008;34:950–55.
112. Saltzman B, Sigal M, Clokie C, Rukavina J, Titley K, Kulkarni GV. Assessment of a novel alternative to conventional formocresol-zinc oxide eugenol pulpotomy for the treatment of pulpally involved human primary teeth: diode laser-mineral trioxide aggregate pulpotomy. *Int J Paediatr Dent.* 2005;15:437–47.
113. Liu JF. Effects of Nd:YAG laser pulpotomy on human primary molars. *J Endod.* 2006;32:404–07.
114. Sun G, Tuner J. Low-level laser therapy in dentistry. *Dent Clin North Am* 2004;48(4):1061–76.
115. Niranjani K, Prasad MG, Vasa AA, Divya G, Thakur MS, Saujanya K. Clinical evaluation of success of primary teeth pulpotomy using mineral trioxide aggregate, laser and biodentine™- an in vivo study. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(4): 35–37.
116. Pescheck A, Pescheck B, Moritz A. Pulpotomy of primary molars with the use of a carbon dioxide laser: results of a long-term in vivo study. *J Oral Laser Application.* 2002;2(3):165–69.
117. Boj JR, Poirier C, Espasa E, Hernandez M, Espanya A. Lower lip mucocele treated with an erbium laser. *Pediatr Dent* 2009;31:249-52.
118. Ramazani N, Poureslami H, Ahmadi R, Ramazani M. Early childhood caries and the role of pediatricians in its prevention. *Iran J Pediatr Soc* 2010;22:11-25.
119. K.S. Uloopi, C. Vinay, A. Ratnaditya, A. Satya Gopal, K.J.N. Mrudula, and R. Chandrasekhar Rao. Clinical Evaluation of Low Level Diode Laser Application For Primary Teeth Pulpotomy; *J Clin Diagn Res.* 2016 Jan;10(1):67–70.

120. Huang MT, Mason JC, Birdsey GM, Amsellem V, Gerwin N, Haskard DO, et al. Endothelial intercellular adhesion molecule (ICAM)-2 regulates angiogenesis. *Blood*. 2005;106:1636–43.
121. Caruso S, Dinoi T, Marzo G, Campanella V, et al. Clinical and radiographic evaluation of biodentine versus calcium hydroxide in primary teeth pulpotomies: a retrospective study. *BMC Oral Health*. 2018;18(1):54. doi: 10.1186/s12903-018-0522-6.
122. Markovic D, Zivojinovic V, Vucetic M. Evaluation of three pulpotomy medicaments in primary teeth. *Eur J Paediatr Dent*. 2005 Sep;6(3):133-8.
123. Lin PY, et al. Primary molar pulpotomy: A systematic review and network meta-analysis. *Journal of Dentistry*. 2014
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2014.02.001>.