Endodontsko liječenje mliječnih zuba

Jemrić, Zrinka

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Dental Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:422317

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-24**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository

Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Zrinka Jemrić

ENDODONTSKO LIJEČENJE MLIJEČNIH ZUBA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2021.

Rad je ostvaren na Zavodu za dječju i preventivnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentor rada: izv. prof. dr. sc. Dubravka Negovetić-Vranić, Zavod za dječju i preventivnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Livija Reškovac, mag. edu. phil. et mag. edu. philol. croat.

Lektor engleskog jezika: Vlasta Biter, prof. hrvatskoga i engleskoga jezika i književnosti

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. _____

2. _____

3. _____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 38 stranica

CD

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora diplomskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihovog podrijetla.

Zahvala

Posebno se zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Dubravki Negovetić-Vranić na pomoći i savjetima tijekom izrade diplomskog rada.

Hvala mojim roditeljima, obitelji i prijateljima na podršci i ljubavi koju su mi pružili za vrijeme studiranja. Hvala i svima ostalima koji su mi pomogli doći do cilja.

Najveća hvala dobrom Bogu na svemu što mi je darovao.

ENDODONTSKO LIJEČENJE MLIJEČNIH ZUBA

Sažetak

Endodoncija mliječnih zuba uključuje liječenja njihove pulpe i periapikalnih tkiva. Ona se razlikuje od liječenja trajnih zuba jer se i sami mliječni zubi od trajnih razlikuju histologijom i morfologijom. Mliječni su zubi u usnoj šupljini prisutni od oko 6. mjeseca do 12. godine života. Za to ih se vrijeme nastoji očuvati i omogućiti njihovu fiziološku eksfolijaciju kako bi se razvoj čeljusti i nicanje njihovih trajnih nasljednika mogli normalno odvijati. Ako se sumnja na potrebu za endodontskim liječenjem, najprije se uzima anamnezu, provodi klinički pregled i dodatne metode testiranja poput testova vitaliteta i rendgenskog snimanja. Na temelju dobivenih informacija odlučuje se o planu terapije. Mogući terapijski postupci su indirektno ili direktno prekrivanje pulpe, pulpotomija ili pulpektomija. Cilj im je očuvati vitalitet zuba kada je moguće, a ako to nije moguće ili je zub već avitalan, nastoji ga se sačuvati zbog njegove funkcije i značaja u usnoj šupljini. Nakon završena endodontskoga liječenja, zub se trajno restaurira. U endodonciji mliječnih zuba koriste se mnogi materijali među kojima najraznovrsniju primjenu ima kalcijev hidroksid. Osim njega, kod pulpotomije se za fiksaciju preostale pulpe još koriste formokrezol i glutaraldehid, iako sve rjeđe. U istu svrhu koriste se i željezov sulfat, mineral trioksid agregat te nefarmakološke metode poput elektrokoagulacije i lasera. Između posjeta se koriste antiseptički ulošci (*solutio Chlumsky*) ili pasta kalcijeva hidroksida. Za punjenje kanala kod pulpektomije koriste se resorptivne paste, a najboljom se smatra pasta kalcijeva hidroksida i jodoforma.

Ključne riječi: mliječni zubi; endodoncija; liječenje pulpe; pulpotomija; pulpektomija; kalcijev hidroksid

ENDODONTIC TREATMENT OF PRIMARY TEETH

Summary

Endodontic treatment of primary teeth consists of treating pulp and periapical tissue pathologies. It differs from treating permanent teeth, because they are different in histology and morphology. Primary teeth are present in the oral cavity from around the age of 6 months until 12 years of age. During that time, we try to preserve them and enable their natural exfoliation, so that normal development of the jaw and eruption of permanent successors can take place. If we suspect a need for endodontic treatment, we first have to take the patient's medical history, perform a clinical exam and do additional testing methods, like vitality testing and radiography. Possible treatments include indirect or direct pulp capping, pulpotomy and pulpectomy. Their goal is to keep the tooth vital if possible, and if it is not possible or the tooth is already avital, we try to preserve it for its function and importance in the oral cavity. After completing the endodontic treatment, the tooth is restored permanently. Many materials are used in the endodontics of primary teeth, among which calcium hydroxide is the most widespread. Other than that, formocresol and glutaraldehyde are used for the fixation of pulp tissue during pulpotomy. We use ferric sulphate for the same purpose, mineral trioxide aggregate and non-pharmacological methods like electrocoagulation and lasers. Between appointments we use antiseptic dressings (*solutio Chlumsky*) or calcium hydroxide paste. Resorbable pastes are used for filling a root canal in pulpectomy, and a paste of calcium hydroxide and iodoform seems to work best.

Keywords: primary teeth; endodontics; pulp therapy; pulpotomy; pulpectomy; calcium hydroxide

SADRŽAJ

1. UVOD....1
   1.1. Razvoj zubnih tkiva....2
   1.2. Sastav i histologija zubnih tkiva....5
      1.2.1. Caklina....5
      1.2.2. Dentin....5
      1.2.3. Cement....6
      1.2.4. Zubna pulpa....6
   1.3. Posebnosti mliječnih zuba u odnosu na trajne zube....9
   1.4. Nicanje zuba....10
      1.4.1. Faze nicanja....10
      1.4.2. Redoslijed nicanja....11
2. POSTUPCI I MATERIJALI U ENDODONCIJI MLIJEČNIH ZUBA....12
   2.1. Dijagnostički postupci....13
      2.1.1. Klasifikacija bolesti pulpe....13
         2.1.1.1. Zdrava pulpa....13
         2.1.1.2. Reverzibilni pulpitis....13
         2.1.1.3. Ireverzibilni pulpitis....13
         2.1.1.4. Nekroza pulpe....14
      2.1.2. Anamneza i klinički pregled....14
      2.1.3. Dodatne dijagnostičke metode....15
         2.1.3.1. Termičko testiranje pulpe....15
         2.1.3.2. Električno testiranje pulpe....16
         2.1.3.3. Laser Doppler flowmetrija....16
         2.1.3.4. Transiluminacija....16
         2.1.3.5. Rendgensko snimanje zuba....17
   2.2. Terapijski postupci....17
      2.2.1. Indirektno prekrivanje pulpe....17
      2.2.2. Direktno prekrivanje pulpe....18
      2.2.3. Vitalna pulpotomija....19
      2.2.4. Devitalizacijska pulpotomija....21
      2.2.5. Mortalna pulpotomija....21

2.2.6. Pulpektomija....22
2.3. Materijali u endodonciji mliječnih zuba....24
2.3.1. Formokrezol i paraformaldehid....24
2.3.2. Glutaraldehid....25
2.3.3. Klorfenol i fenolkamfor....25
2.3.4. Željezov sulfat....25
2.3.5. Kalcijev hidroksid....26
2.3.6. Mineral trioksid agregat....27
2.3.7. Sredstva za ispiranje korijenskih kanala kod pulpektomije....28
2.3.7.1. Natrijev hipoklorit....28
2.3.7.2. Klorheksidin....28
2.3.7.3. Etilendiamintetraoctena kiselina....28
2.3.8. Sredstva za punjenje korijenskih kanala kod pulpektomije....29
2.3.8.1. Cink oksid-eugenol pasta....29
2.3.8.2. Pasta kalcijeva hidroksida....29
2.3.8.3. Jodoform pasta....29
2.3.8.4. Pasta kalcijeva hidroksida i jodoforma....29
3. RASPRAVA....30
4. ZAKLJUČAK....32
5. LITERATURA....34
6. ŽIVOTOPIS....37

Popis skraćenica

a. – lat. *arteria* (arterija)

Ca^{2+} – kalcijev ion

$CaCO_3$ – kalcijev karbonat

$Ca(OH)_2$ – kalcijev hidroksid

CHX – klorheksidin

EDTA – etilendiamintetraoctena kiselina

$Fe_2(SO_4)_3$ – željezov sulfat

MTA – mineral trioksid agregat

n. – lat. *nervus* (živac)

NaOCl – natrijev hipoklorit

OH^- – hidroksilni ion

RTG – rendgen

SIC – staklenoionomerni cement

v. – lat. *vena* (vena)

ZOE – cink oksid-eugenol

1. UVOD

Endodoncija je grana stomatologije koja se bavi dijagnostikom i liječenjem bolesti pulpe i periapikalnih tkiva. Glavni cilj endodontskoga liječenja mliječnih zuba je njihovo očuvanje u zubnome nizu dok ne dođe do prirodne eksfolijacije. Također se nastoji očuvati vitalitet zuba, ali to nije uvijek moguće niti je nužno. Kada je mliječni zubni niz cjelovit, omogućen je normalan rast i razvoj čeljusti te su osigurana mjesta za pravilno nicanje trajnih nasljednika. Rani gubitak mliječnih zuba dovodi do problema s funkcijom usne šupljine uključujući probleme s govorom, gutanjem, žvakanjem i disanjem. Isto tako, negativno djeluje na psihološki razvoj djeteta (1).

Osnovna stomatološka bolest i u današnje je vrijeme karijes. Njegovim brzim napredovanjem kroz tvrda zubna tkiva mliječnih zuba dolazi do oštećenja pulpe koje može rezultirati gubitkom zuba i oštećenjem trajnoga nasljednika. Zato je nužno reagirati na vrijeme i spriječiti da dođe do toga. Rjeđe se potreba za endodontskim liječenjem mliječnih zuba javlja zbog traumatske ozljede (1).

Ovisno o stanju pulpe, metode izbora u liječenju mliječnih zuba su pulpotomija (uklanjanje dijela pulpe) ili pulpektomija (uklanjanje cijele pulpe). U širemu se smislu ovdje spominje i indirektno prekrivanje pulpe kao metodu liječenja pulpe iako nije eksponirana. Endodoncija kod djece predstavlja izazov već zbog same građe usne šupljine. Usnice su kratke, predvorje usne šupljine je plitko, a nabori sluznice naglašeniji su nego u odrasloj dobi. Izazov je još veći kada se uzme u obzir činjenica da djeca imaju ograničenu razinu strpljenja i suradnje (1).

Svrha je ovoga rada objasniti posebnosti građe mliječnih zuba i opisati provođenje dijagnostičkih i terapijskih postupaka te značajke materijala koji se koriste u endodonciji mliječnih zuba.

1.1. Razvoj zubnih tkiva

Razvoj zubnih tkiva naziva se odontogeneza. Ona započinje oko 4. tjedna intrauterinoga života djeteta razvijanjem osnova mliječnih zuba. Osnove trajnih zuba pojavljuju se oko 12. tjedna intrauterinoga života. Odontogeneza podrazumijeva interakciju epitela i ektomezenhimalnoga tkiva, pri čemu stanice prolaze faze inicijacije, proliferacije, histodiferencijacije i morfodiferencijacije te dolazi do apozicije i kalcifikacije (mineralizacije) zubnih tkiva. Prvo se formira kruna zuba, a zatim se paralelno s nicanjem zuba odvija i završava razvoj korijena.

Odontogeneza završava oko 20. godine života, završetkom razvoja korijena trećega trajnog kutnjaka (1, 2).

Primitivna usna šupljina (*stomodeum*) u 4. tjednu intrauterinoga života obložena je pločastim epitelom ektodermalnoga podrijetla. Ispod njega se nalazi ektomezenhimalno tkivo čije stanice su u to područje migrirale iz neuralnoga grebena. Odontogeneza počinje fazom inicijacije kada oko 5. tjedna stanice ektomezenhima kondenziraju u središnjoj liniji grebena. Istovremeno, stanice epitela u tome području proliferiraju, pa epitel zadeblja i invaginira u podležeći ektomezenhim. Na taj način do 6. tjedna nastaju dvije epitelne ploče, tj. dva primarna zubna grebena oblika potkove, po jedan u svakoj čeljusti. Do 7. tjedna svaki se greben daljnjom proliferacijom stanica podijeli na vestibularnu i dentalnu laminu. Iz vestibularne lamine razvit će se predvorje usne šupljine, dok će se iz dentalne lamine (definitivna zubnoga grebena) razviti zametci zuba (1, 2).

Proliferacijom stanica dentalne lamine u svakoj se čeljusti do 8. tjedna oblikuje po deset zubnih zametaka, koji čine osnovu za razvoj mliječnih zuba. Ovo se razdoblje zove faza proliferacije, a za zubne zametke kaže se da su u stadiju pupoljka jer izgledom podsjećaju na okruglaste pupoljke. Sačinjeni su od slabo diferenciranih epitelnih stanica i okruženi zbijenim stanicama ektomezenhima. Svi se pupoljci ne razvijaju istodobno. Prvo će se pojaviti medijalno u donjoj čeljusti, a zatim u gornjoj čeljusti i distalno (1, 3, 4).

Do 11. tjedna stanice i dalje proliferiraju, na način da unutrašnja površina zubnoga zametka invaginira. Zbog karakteristična izgleda nalik kapi, kaže se da je zametak u stadiju kape. Počinje histodiferencijacija i javlja se razlika između stanica epitela koje čine konkavnu i konveksnu stijenku kape. Konveksni (vanjski) sloj građen je od kubičnih stanica, a konkavni (unutrašnji) sloj građen je od cilindričnih stanica. Nazivaju se vanjskim i unutrašnjim caklinskim epitelom. Između tih dvaju slojeva nalazi se tzv. *zvjezdolika mrežica* građena od zvjezdolikih stanica koje sintetiziraju mukopolisaharide. Oni navlače vodu i na taj način povećavaju volumen izvanstanične mase. Cijela ta epitelna komponenta zubnoga zametka zove se caklinski organ. Stanice ektomezenhima također proliferiraju i u konkavitetu caklinskoga organa tvore zubnu papilu, a oko njega zubnu vrećicu (folikul) iz koje će se razviti potporne strukture zuba (1, 2, 3, 4).

Rubovi kape sve više rastu daljnjim razvojem zametka tako da zametak poprima zvonast oblik i kaže se kako se nalazi u stadiju zvona. Mjesto prelaska vanjskoga u unutrašnji caklinski epitel naziva se cervikalna petlja. Ona će nakon formiranja krune biti odgovorna za rast i formiranje

korijena. Do 14. tjedna raspada se zubni greben i caklinski organ gubi vezu s oralnim epitelom. Diferencijacijom stanica unutrašnjega caklinskoga epitela nastaju preameloblasti, a iz perifernoga sloja stanica zubne papile preodontoblasti. Histodiferencijacija se ne događa istovremeno u svim dijelovima zubnoga zametka. Najprije se diferenciraju stanice u području budućih vrškova kvržica i incizalnih bridova, a proces zatim napreduje prema cervikalnoj petlji. Počinju se uočavati konture krune zuba, stoga se ovaj proces naziva morfodiferencijacija. Stanice cervikalne petlje zadržat će sposobnost proliferacije sve dok se ne završi rast korijena (1, 2).

Oko 18. tjedna počinje stvaranje tvrdih zubnih tkiva. Završava se proces histodiferencijacije, čime nastaju ameloblasti i odontoblasti. Te stanice više nemaju sposobnost proliferacije i spremne su za vršenje svoje genetski predodređene funkcije – amelogenezu (tvorbu cakline) i dentinogenezu (tvorbu dentina). Kao i diferencijacija stanica, stvaranje tvrdih zubnih tkiva počinje na vrhovima kvržica i incizalnim bridovima te napreduje prema cervikalno. Odontoblasti u područje uz ameloblaste izluče sloj predentina – nemineralizirana dentina građena od osnovne tvari i kolagenih vlakana. Kada predentin počne mineralizirati, ameloblasti uz njega odlože sloj djelomično mineralizirane organske matrice, buduće zrele cakline. Na taj se način formira osnova caklinsko-dentinskoga spojišta. Odontoblasti će se nakon odlaganja i mineralizacije prvoga sloja dentina (dentinskoga ogrtača) postupno povlačiti prema zubnoj papili odlažući sloj po sloj predentina koji zatim mineralizira. Povlačenjem odontoblasta u predentinu zaostaju njihovi citoplazmatski produžeci (Tomesova vlakna) oko kojih se formiraju dentinski tubulusi. Dentin nastao za vrijeme odontogeneze naziva se primarni dentin, za razliku od sekundarnoga, koji nastaje tijekom cijeloga života, i tercijarnoga koji nastaje kao odgovor na patološke promjene ili štetne podražaje. Ameloblasti se tijekom lučenja caklinskoga matriksa također udaljavaju od caklinsko-dentinskoga spojišta, povlačeći se prema vanjskomu caklinskom epitelu. Svaki put kada matriks postigne debljinu od 50 nm, ameloblasti luče ione kalcija i fosfata te se formiraju kristali hidroksiapatita. Kristali rastu zrenjem cakline, a smanjuje se udio vode i organskih tvari. Na kraju se ameloblasti spajaju s vanjskim caklinskim epitelom, čime nastaje reducirani caklinski epitel koji za vrijeme nicanja štiti caklinu i razgrađuje kolagena vlakna iznad krune zuba. Nakon nicanja zuba se površinski sloj cakline stabilizira precipitacijom iona iz sline (1, 2, 3).

Nakon što su se formirale konture anatomske krune zuba, počinje razvoj korijena (apeksogeneza). Stanice cervikalne petlje proliferiraju prema apikalno i tvore Hertwigovu epitelnu ovojnicu. Njezine stanice potiču diferencijaciju priležećih stanica zubne papile u

odontoblaste koji uz ovojnicu luče prvi sloj predentina korijena. Tada se Hertwigova ovojnica raspada, a stanice zubne vrećice koje dođu u kontakt s predentinom diferenciraju se u cementoblaste i počinju lučiti precement (cementoid). Slično kao i u području krune, odontoblasti i cementoblasti odlažu slojeve organske tvari koja zatim mineralizira, a stanice se povlače dalje od cementno-dentinske granice. Taj se proces nastavlja sve do potpuna formiranja korijena. Tijekom razvoja korijena razvijaju se i potporna tkiva zuba. Razvoj korijena mliječnih zuba završava oko godinu i pol nakon njihova nicanja. Trajnim su zubima nakon nicanja potrebne dvije do tri godine za završetak rasta korijena (1, 2, 4).

Usporedno s formiranjem tvrdih zubnih tkiva razvija se i zubna pulpa. Ona nastaje iz mezenhimalnih stanica zubne papile. Kada odontoblasti odlože prvi sloj dentina, zubna papila postaje zubna pulpa. Dio mezenhimalnih stanica diferencira se u fibroblaste koji luče kolagena vlakna i osnovnu tvar pulpe. U ranome stadiju zvona male krvne žile urastaju u područje pulpe i ona postaje prokrvljena. Tada i živčana vlakna ulaze u pulpu iako tek za vrijeme nicanja dolazi do pojave osjetne inervacije (1, 2).

1.2. Sastav i histologija zubnih tkiva

1.2.1. Caklina

Caklina je tkivo koje prekriva anatomsku krunu zuba. Zrela caklina sadrži 96 % anorganske tvari (kalcijeva hidroksiapatita), 3 % vode i tek 1 % organske tvari. To znači da je ne samo najtvrđe zubno tkivo nego i najtvrđe tkivo cijeloga ljudskog organizma. Građu cakline čine caklinske prizme koje izgledom podsjećaju na ključanice, a sačinjene su od kristala hidroksiapatita. Budući da za vrijeme odontogeneze dolazi do odumiranja ameloblasta, caklina nema sposobnost regeneracije. Najdeblja se caklina nalazi na vrhovima kvržica i incizalnim bridovima, a stanjuje se prema vratu zuba. Gustoća joj je najveća na površini zuba gdje se uočava aprizmatska caklina i smanjuje se prema caklinsko-dentinskome spojištu (2, 3).

1.2.2. Dentin

Najveći dio zuba izgrađuje dentin, tkivo koje se pruža duž krune i korijena te omeđuje prostor u središtu zuba koji ispunja zubna pulpa. Građen je od 67 % anorganske tvari, 21 % organske

tvari i 12 % vode. Sastav dentina mijenja se tijekom života zbog progresivne fiziološke mineralizacije. Zbog svoje mekoće, dentin sprečava pucanje izrazito tvrde cakline prilikom djelovanja žvačnih sila. Osnovne stanice dentina su odontoblasti. Njihova se tijela nalaze u perifernome dijelu pulpe, a nastavci protežu cijelom debljinom dentina smješteni u dentinskim tubulusima gdje se nalazi i nešto tkivne tekućine. Sve dok je pulpa vitalna, postoji kontinuirano odlaganje novoga dentina, pa se između odontoblasta i mineraliziranoga dentina uvijek nalazi sloj novostvorenoga predentina. Razlikuju se intertubulusni i peritubulusni dentin. Intertubulusni dentin nastaje mineralizacijom predentina, a peritubulusni nastaje mineralizacijom intratubulusnih proteina i polisaharida. Peritubulusni dentin je jače mineraliziran, a starenjem se njegova debljina povećava na račun sužavanja tubulusa, čak i do njihova potpuna zatvaranja (skleroze) (2, 3).

1.2.3. Cement

Cement je mineralizirano vezivo koje pokriva dentin u području korijena zuba. Sačinjen je od 65 % anorganske tvari, 25 % organske tvari i 10 % vode. On zajedno s alveolarnom kosti, parodontnim vlaknima i gingivom čini potporni sustav zuba, tj. parodont. Cement je najdeblji u području apeksa i furkacija, a najtanji u cervikalnome dijelu zuba. Proizvode ga cementoblasti tijekom cijeloga života, pa je mineralizirani cement uvijek pokriven slojem nemineraliziranoga precementa. Cementoblasti se prilikom spora odlaganja precementa povlače, a precement mineralizira bez ulaganja stanica i tako nastaje acelularni cement. On obično pokriva čitav korijen zuba. Ako se precement odlaže ubrzano, u njega se ugrađuju stanice i postaju cementociti. Smješteni su u lakunama i imaju znatno slabiju staničnu aktivnost nego cementoblasti. Nakon mineralizacije takvoga precementa nastaje celularni cement koji pokriva apikalnu trećinu korijena i interradikularno područje. Odlaganjem cementa također dolazi do ugrađivanja vezivnih vlakana u njegovu masu. Ta vlakna proizvode fibroblasti parodonta i zovu se Sharpeyeva vlakna, a pomoću njih cement ostvaruje vezu s alveolarnom kosti (2, 3).

1.2.4. Zubna pulpa

Zubna pulpa je rahlo vezivno tkivo koje ispunjava pulpni prostor zuba. Okružena je dentinom s kojim čini jedinstven tkivni kompleks. Zbog kontinuirana odlaganja dentina, pulpni se prostor zuba tijekom života progresivno smanjuje. Pulpa se može podijeliti na krunsku i korijensku.

Krunska je pulpa smještena u pulpnoj komorici čiji oblik prati vanjsku morfologiju krune zuba, pa se tako u području kvržica nalaze rogovi pulpe. Korijenska pulpa ispunjava korijenske kanale, koji se nastavljaju na pulpnu komoricu, a na vrhu korijena završavaju apikalnim otvorom. Anatomija korijenskih kanala može znatno varirati, te se tako u jednome korijenu ponekad može naći više glavnih kanala ili uz glavni kanal mogu postojati lateralni i akcesorni kanalići (2, 5).

Funkcije pulpe su raznolike. Već za vrijeme odontogeneze pulpa ima indukcijsku ulogu jer sudjeluje u inicijaciji i razvoju dentina, što dovodi do formiranja cakline. Unutrašnji caklinski epitel potiče diferencijaciju odontoblasta, a odontoblasti i dentin potiču stvaranje cakline. Pulpa također ima formativnu ulogu jer se u njoj nalaze odontoblasti, stanice koje formiraju dentin. Najprije stvaraju i luče matriks, a zatim u njega transportiraju anorganske tvari istovremeno stvarajući uvjete koji će omogućiti mineralizaciju. Funkcija pulpe je i nutritivna jer vitalna pulpa opskrbljuje dentin hranjivim tvarima putem krvnih žila i odontoblasta. Te hranjive tvari ujedno su nužne i za očuvanje integriteta same pulpe. Pulpa ima i sposobnost obrane. Kao odgovor na oštećenja poput karijesa, traume, atricije i drugih, odontoblasti stvaraju novi dentin. Podražaji poput bakterijskih toksina mogu izazvati obrambene imunološke reakcije u pulpi. Zahvaljujući inervaciji pulpe, ona ima i osjetnu ulogu. Radi se o osjetu boli, a neka istraživanja upućuju na to da pulpa može prenijeti i osjet dodira i temperature (5, 6).

Histološki se razlikuju četiri zone pulpe. Od periferije prema središtu, to su zona odontoblasta, zona siromašna stanicama (Weilova zona), zona bogata stanicama i središnja zona pulpe. U zoni odontoblasta nalaze se tijela odontoblasta, nešto kapilara i živčanih vlakana. U Weilovoj zoni također postoje kapilare i živčana vlakna. U zoni bogatoj stanicama mnogo je fibroblasta i nediferenciranih stanica. U središnjoj zoni nalaze se brojne i raznolike stanice, krvne i limfne žile, živčani ogranci, kolagena vlakna tip I i III, a sve ih u jedinstvenu cjelinu povezuje osnovna tvar sačinjena od glikozaminoglikana, hondroitin-sulfata, sijalomucina, glikogena, vode i hijaluronske kiseline. U pulpi se ponekad nalaze i pulpni kamenci, kalcificirane tvorbe koje mogu biti slobodne unutar pulpe, prirasle uz dentin ili potpuno okružene dentinom, no ne uzrokuju bolne simptome (2, 6).

Visokospecijalizirane stanice pulpe koje proizvode dentin su odontoblasti. Njihova se tijela nalaze u istoimenoj zoni, a njihovi nastavci (Tomesova vlakna) protežu se duž dentina smještenih u dentinskim tubulusima. Odontoblasti su veći i cilindrična oblika u području krune zuba. Prema apikalno se njihov broj smanjuje i mijenja oblik, te su u apikalnoj trećini korijena spljošteni. Morfologija je u skladu s njihovom aktivnosti, pa veće stanice imaju bolje razvijen

sintetizirajući aparat i sintetiziraju više matriksa. Najbrojnije stanice pulpe su fibroblasti. Najviše ih je u koronarnoj pulpi, a uloga im je proizvoditi osnovnu tvar i kolagena vlakna. U mladoj su pulpi veći i aktivniji, a starenjem postaju manje aktivne stanice vretenasta oblika. Tada se zovu fibrociti. U pulpi se nalaze i matične stanice, nediferencirane mezenhimske stanice, koje se pod utjecajem molekula poput koštanih morfogenetskih proteina i transformirajućega faktora rasta β mogu diferencirati u odontoblaste ako dođe do smrti postojećih odontoblasta. Oko 8 % svih stanica pulpe čine obrambene stanice. Tu se ubrajaju nediferencirane mezenhimske stanice jer se, osim u odontoblaste, mogu pretvoriti u makrofage ili fibroblaste. Nediferencirane stanice oko krvnih žila svrstavaju se u fiksne ili pokretne histiocite. Iz mastocita koji migriraju iz krvnih žila nastaju makrofagi. Kod upale se nalaze limfociti i plazma stanice, a pri pojavi mikroapscesa prisutni su neutrofili (2, 5, 6).

Zrela pulpa je bogato prokrvljena. U pulpni prostor kroz apikalni otvor ulaze arteriole, ogranci *arteriae (a.) alveolaris inferior*, *a. alveolaris superior posterior* ili *a. infraorbitalis*. Kada uđu u korijenski kanal, putuju prema kruni zuba i promjer im se postupno smanjuje. Opsežno se granaju i prilikom formiranja kapilarne mreže gube mišićnu stijenku. Neposredno prije formiranja mreže, mišićna vlakna tvore prekapilarni sfinkter koji ima simpatičku inervaciju i regulira krvni tlak i protok. Najopsežnije kapilarno grananje uočava se u subodontoblastičkome području, a neke kapilare protežu se i između odontoblasta. Izmjena prehrambenih i otpadnih tvari vrši se preko kapilara. Od kapilarne mreže odlaze venule koje odvode krv tako da teku prema apikalnome otvoru, izlaze kroz njega i ulijevaju se posteriorno u *venu (v.) maxillaris* kroz *plexus pterygoideus* ili anteriorno u *v. facialis*. Na periferiji pulpe počinju male slijepe limfne žile čija je stijenka porozna zahvaljujući čemu lako odvode upalni eksudat i transudat te celularni debris. Te se male žile naposljetku spajaju i kao jedna ili dvije veće limfne žile izlaze kroz apikalni otvor. Na kraju se ulijevaju u *v. subclaviu* ili *v. jugularis internu* (5, 6).

Glavna osjetna inervacija pulpe dolazi od druge i treće grane *nervusa (n.) trigeminusa – n. maxillarisa* i *n. mandibularisa*. Ogranci tih živaca ulaze kroz apikalni otvor u pulpni prostor te se granaju i daju mijelinizirane i nemijelinizirane aksone. Nemijelinizirana C vlakna nalaze se uglavnom u središtu pulpe oko stijenki krvnih žila. Promjera su manjega od jednoga µm, sporo provode impulse i nastaje tupa difuzna bol. Mijelinizirana A vlakna prenose oštru, jaku, dobro lokaliziranu bol. Većinom su to Aδ vlakna promjera 1 – 6 µm, a samo je oko 1 – 5 % brzo provodećih Aβ vlakana promjera 6 – 12 µm. Pred kraj svoga tijeka sva vlakna gube mijelinsku ovojnicu i završavaju u Weilovoj zoni kao subodontoblastički *plexus Raschkow* ili između odontoblasta kao interodontoblastički *plexus Bradlow*. Neki ogranci ulaze i u dentinske

tubuluse, ali ne tvore sinapse s odontoblastičkim nastavcima. Simpatička inervacija pulpe dolazi iz T1 i u određenoj mjeri iz C8 ili T2 preko gornjega cervikalnoga ganglija. Ogranci tih živaca također ulaze u pulpu kroz apikalni otvor i kontroliraju prekapilarne sfinktere, a time i tlak i raspodjelu krvi. Smatra se kako parasimpatička inervacija u pulpi ne postoji (2, 5, 6).

1.3. Posebnosti mliječnih zuba u odnosu na trajne zube

Osnovne razlike mliječne i trajne denticije:

1) Mliječni zubi su mliječno bijele boje s plavkastim odsjajem, a trajni zubi imaju više žutih, smeđih i sivih tonova zbog transparentnije cakline i prosijavanja dentina.
2) Mliječni zubi imaju tanju caklinu i dentin. Caklina mliječnih zuba debela je 0,5 – 1 mm, a caklina trajnih zuba 2,5 mm.
3) Caklina mliječnih zuba slabije je mineralizirana i propusnija te sklona atriciji.
4) Mliječni zubi su u svim dimenzijama manji od svojih trajnih nasljednika. Iznimka su mliječni kutnjaci koji su u mezio-distalnome promjeru veći od trajnih pretkutnjaka.
5) Krune mliječnih zuba kraće su i šire u svojim proporcijama nego krune trajnih zuba. Imaju gomoljast izgled zbog naglašenijega *cinguluma basale*. Krune novoizniklih mliječnih zuba imaju zašiljenije kvržice nego trajni zubi.
6) Okluzalne plohe mliječnih kutnjaka sužene su u vestibulo-oralnome smjeru jer vestibularna i oralna ploha više konvergiraju prema okluzalno.
7) Aproksimalne plohe mliječnih zuba ravne su i široke.
8) Korijeni mliječnih zuba gracilniji su i uži od trajnih. Korijeni mliječnih kutnjaka izrazito su divergentni. Trupovi korijena su kratki, pa je račvište korijena vrlo blizu vratu zuba.
9) Korijenski kanali mliječnih zuba su uski i imaju više lateralnih i akcesornih kanalića.
10) Pulpne komorice mliječnih zuba su voluminoznije. Rogovi pulpe izraženiji su i smješteni bliže caklini, posebno mezijalni rogovi pulpe mliječnih kutnjaka.
11) Mliječni zubi slabije su vezani za kost od trajnih.
12) U mliječnoj denticiji postoje fiziološke dijasteme.
13) Zubni lukovi mliječne denticije su polukružna oblika. U trajnoj denticiji gornji zubni luk ima oblik poluelipse, a donji parabole.
14) U položaju maksimalne interkuspidacije distalne plohe drugih mliječnih kutnjaka završavaju u istoj ravnini koja se zove ekvidistalna ravnina. Kod potpune trajne denticije

distalna ploha posljednjega donjeg kutnjaka nalazi se mezijalno u odnosu na distalnu plohu posljednjega gornjeg kutnjaka ako se radi o neutrookluziji.

15) Potpuna mliječna denticija ima 20 zuba, a trajna 32 zuba. U mliječnoj denticiji nema pretkutnjaka i trećih kutnjaka (1, 2).

1.4. Nicanje zuba

Nicanje zuba složen je proces koji uključuje kretanje zuba, u najvećoj mjeri u aksijalnome smjeru od mjesta gdje se razvijao u kosti do kontakta s antagonistom, tj. do njegove funkcionalne pozicije u usnoj šupljini (4). Za nicanje trajnih zuba nužna je prethodna resorpcija korijena mliječnih zuba koju vrši posebno resorptivno tkivo nazvano resorptivni organ. To je dobro vaskularizirano tkivo koje na rubovima sadrži odontoklaste, stanice koje su gotovo identične osteoklastima i imaju sposobnost razgraditi tvrda zubna tkiva. Pulpa ostaje vitalna sve dok resorpcija ne dosegne caklinsko-cementno spojište. Resorpcija započinje nekoliko godina prije nego će mliječni zub biti zamijenjen trajnim. Ako nedostaje zametak trajnoga zuba, mliječni zub može persistirati na svome mjestu ili resorpcija postoji, ali je dugotrajnija (2). Proces resorpcije uvijek se izmjenjuje s procesom reparacije, a ako reparacija nadvlada resorpciju, dolazi do ankiloze mliječnoga zuba (1).

1.4.1. Faze nicanja

U procesu nicanja zuba razlikuju se tri faze: preeruptivna, eruptivna i posteruptivna (1).

Preeruptivna faza je razdoblje od početka stvaranja krune zuba do njezina izbijanja kroz sluznicu usne šupljine. Zubni zametak kreće se kroz kost *bodily* pomakom, pri čemu se na strani tlaka iznad krune zuba odvija resorpcija kosti koju vrše osteoklasti, a sa suprotne strane apozicija kosti koju vrše osteoblasti. Taj se stadij zove intraosealni. Nakon njega slijedi stadij mukozne penetracije gdje zub probija oralnu sluznicu. Prije nicanja je caklina zuba pokrivena reduciranim caklinskim epitelom koji će uz nešto stanica oralnoga epitela formirati Nasmythovu membranu. Tijekom nicanja njezine stanice iznad krune zuba proliferiraju i tvore epitelni čvor. Središnje stanice čvora nekrotiziraju i tvore erupcijski kanal odvojen epitelom od okolnoga veziva. Zato prilikom nicanja zuba nema krvarenja. Od ostataka epitelnih stanica

čvora nastaje spojni epitel. Zub obično probija sluznicu kada se razvije polovina do tri četvrtine njegova korijena (1, 4).

Eruptivnu (prefunkcionalnu) fazu obilježava kretanje zuba od pojave u usnoj šupljini do kontakta s antagonistom. Traje nekoliko mjeseci i za to se vrijeme zub pomiče u svima trima ravninama, ali i dalje najviše aksijalno. Sluznica neposredno prije izbijanja zuba zadeblja i na mjestu gdje će izbiti vrh kvržice ili incizalni brid javlja se bijelo područje ishemije. Nicanje je najbrže nakon što zub probije sluznicu, a kasnije usporava (1).

Posteruptivna faza (funkcionalna, postokluzijska) traje sve dok je zub u ustima. Rast čeljusti i alveolarnih nastavaka uzrokuje vertikalne, transverzalne i mezijalne pomake zuba sve do odrasle dobi. Nakon toga se zbog raznih funkcionalnih odnosa zubi i dalje pomiču cijeloga života (1, 4).

1.4.2. Redoslijed nicanja

Većina djece rađa se bezuba. Iznimka su djeca koja već pri rođenju imaju prisutne tzv. *natalne zube* ili kada zubi niknu tijekom prvoga mjeseca života pa se zovu neonatalni. U najvećemu broju slučajeva prvi zub niče u dobi od oko 6 mjeseci. Uglavnom je to donji središnji mliječni sjekutić. Time počinje razdoblje mliječne denticije. Nedugo nakon toga, u dobi oko 6 – 8 mjeseci, niče i ostatak mliječnih sjekutića. Zatim niču prvi kutnjaci (12 – 16 mjeseci), očnjaci (16 – 20 mjeseci) i kao posljednji mliječni zubi niču drugi kutnjaci u dobi oko 2,5 – 3 godine. Tada je mliječna denticija kompletna (1, 2).

Nicanjem prvoga trajnog zuba oko 6. i 7. godine starosti počinje razdoblje mješovite denticije. Taj zub je obično prvi trajni kutnjak ili donji središnji trajni sjekutić. Nakon njih niču bočni sjekutići (7. i 8. godina). U periodu oko 9. – 12. godine niču očnjaci, prvi i drugi pretkutnjaci. U donjoj čeljusti niču tim redoslijedom, dok u gornjoj čeljusti najprije niče prvi pretkutnjak, zatim drugi pretkutnjak i na kraju očnjak. Drugi trajni kutnjaci niču oko 11. – 13. godine (1, 2).

Ispadanjem posljednjega mliječnog zuba završava se razdoblje mješovite i počinje razdoblje trajne denticije. Najčešće zadnji ispadne drugi mliječni kutnjak ili ponekad gornji mliječni očnjak oko 11. i 12. godine. Trajna denticija upotpunjava se nicanjem trećega kutnjaka ako on postoji. Treći kutnjaci (umnjaci) izrazito su varijabilni. U prosjeku niču oko 17. – 21. godine, iako ponekad ne niknu ili njihovi zametci uopće ne postoje (1, 2).

2. POSTUPCI I MATERIJALI U ENDODONCIJI MLIJEČNIH ZUBA

2.1. Dijagnostički postupci

2.1.1. Klasifikacija bolesti pulpe

2.1.1.1. Zdrava pulpa

Kada mu je pulpa zdrava, zub je klinički bez simptoma. Normalno reagira na testove vitaliteta. Na rendgenskoj (RTG) snimci nema znakova patološkoga procesa. Pri kontaktu s toplinom, bol se javlja s kašnjenjem i intenzitet boli raste porastom temperature. Na hladni podražaj javlja se trenutačna reakcija čiji intenzitet nakon toga opada (5).

2.1.1.2. Reverzibilni pulpitis

Blaga upala pulpe naziva se reverzibilni pulpitis ili hiperemija, što označava pojačanu prokrvljenost. Ako se ukloni uzrok (početni karijes, erozija, atricija, fraktura cakline), pulpa će se oporaviti, ali ako stanje potraje, nastaju ireverzibilne promjene. Kontakt s vrućom ili hladnom tekućinom i hranom izaziva trenutačnu oštru bol, koja nestaje uklanjanjem podražaja. Nema spontanih bolova. Test hladnoćom daje rezultat vitalne pulpe. Potreban je manji podražaj električnim testom kako bi se izazvala reakcija pulpe. Perkutorni nalaz je negativan (5, 7, 8).

2.1.1.3. Ireverzibilni pulpitis

Ireverzibilni pulpitis je jaka upala pulpe koja često nastaje iz reverzibilnoga pulpitisa. Nakon uklanjanja uzroka nema oporavka pulpe, već ona brže ili sporije postaje nekrotična. Patohistološki se uočava hiperemija, eksudacija, infiltracija upalnim stanicama i odumiranje odontoblasta. Kod gnojnoga pulpitisa prisutan je apsces s bakterijama. Ireverzibilni pulpitis može biti akutni i kronični (1, 5, 7).

Akutni pulpitisi dijele se na serozne i gnojne. Obje vrste karakterizira jaka, spontana, iradirajuća bol koja se pojačava noću i u ležećemu položaju. Kako bol jača, sve ju je teže lokalizirati, za razliku od boli uzrokovane periapikalnim procesom. Za gnojni pulpitis karakteristično je da se bol pojačava apliciranjem topline i olakšava apliciranjem hladnoće. Perkusija je bolna ako se upala proširila na parodontni ligament (1, 5, 7).

Kronični pulpitis nastaje kada su prisutni uzročnici slabije virulencije, a pulpa dobro vaskularizirana. Obično je asimptomatski. Kod testova hladnoćom ili toplinom nema reakcije. Ako se upala proširi u periapeks, perkusija je bolna (1, 7).

Hiperplastični pulpitis posebna je vrsta ireverzibilnoga pulpitisa. Zbog kronične upale dolazi do hipertrofije pulpe koja se širi kroz otvorenu pulpnu komoricu i ispunja karijesom destruiranu krunu zuba. Time nastaje tzv. *polip pulpe*, karfiolasta izraslina vezivnoga tkiva pokrivenoga epitelom. Javlja se kod dobro prokrvljene pulpe mliječnih i mladih trajnih zuba. Zub je najčešće bez simptoma, ali dodir na polip može uzrokovati bol. Ako pulpna komorica nije otvorena, granulacijsko tkivo buja unutar pulpne komorice ili korijenskoga kanala, resorbira tvrda tkiva i nastaje tzv. *pulpom* (1, 5, 7).

2.1.1.4. Nekroza pulpe

Pojam nekroze pulpe označava raspadanje pulpnoga tkiva bez prisutnosti bakterija. Može nastati iz neliječena pulpitisa ili kada zbog traume dođe do prekida vaskularizacije i inervacije zuba. Asimpomatska je, a simptomi se javljaju kada se upala proširi na periapikalno tkivo. Tada je zub osjetljiv na perkusiju. Testovi hladnoćom i toplinom ne izazivaju reakciju. Prvi znak nekroze može biti diskoloracija zuba (1, 7).

Ako se pulpa raspada uz prisutnost bakterija, radi se o gangreni. Produkti gangrenoznoga raspada su voda, masne tvari, sumporovodik, indol, skatol, kadaverin i putrescin zbog kojih se javlja neugodan miris (7).

2.1.2. Anamneza i klinički pregled

Anamneza je za stomatologa prvi korak upoznavanja s pacijentom i njegovim zdravstvenim stanjem. Kod djece do 18. godine starosti uzima se heteroanamneza, što znači da informacije o djetetu daje roditelj ili skrbnik koji dolazi kao pratnja. Anamneza se uzima usmeno ili uz pomoć tiskanih obrazaca koje pacijent (tj. njegova pratnja) popunjava, a zatim se zajedno pregledavaju. Prije svega se uzimaju biografski i demografski podatci o pacijentu. Nakon toga se mora utvrditi razlog dolaska, tj. glavna pritužba. Trebaju se dobiti podatci o lokalizaciji boli, njezinoj jačini (na skali 1 – 10), trajanju boli te provocirajućim i olakšavajućim čimbenicima. Zatim slijedi uzimanje medicinske i stomatološke anamneze (1, 9, 10).

Kod medicinske anamneze postavljaju se pitanja o općemu zdravlju djeteta: njegovim bolestima i drugim stanjima, lijekovima koje koristi, alergijama. Pojedine infektivne i kronične bolesti mogu ugroziti opće zdravlje djeteta prilikom liječenja patologija pulpe, pa je endodontski tretman kontraindiciran kod imunokompromitiranih pacijenata, malignih bolesti, kroničnih bubrežnih bolesti, anemije srpastih stanica i dijabetesa tipa 1. Lijekovi poput

kortikosteroida i imunosupresiva mogu interferirati s ishodom endodontskoga liječenja. Također je važno znati ima li pacijent povećan rizik za nastanak infektivnoga endokarditisa te, u skladu s tim, po potrebi provesti antibiotsku profilaksu. Uzimanje stomatološke anamneze podrazumijeva pitanja o prethodnim posjetima stomatologu i zahvatima (preventivnim, restaurativnim, endodontskim, kirurškim i drugim), traumama, nošenju ortodontskih naprava, eventualnim negativnim iskustvima pacijenta kod stomatologa te zračenju u području glave i vrata (1, 9).

Klinički pregled čine ekstraoralni i intraoralni pregled. Ekstraoralnim se pregledom procjenjuje izgled i boja kože, postojanje asimetrije, otoka ili fistule te stanje regionalnih limfnih čvorova i temporomandibularnih zglobova. Tijekom razgovora procjenjuje se ponašanje djeteta, njegova kooperativnost i postojanje ili odsutnost anksioznosti (1, 9).

Intraoralnim pregledom utvrđuje se stanje denticije i mekih tkiva te se pomaže stomatološkim ogledalom i sondom. Procjenjuje se postoje li odstupanja od normalnoga nalaza u boji, veličini, izgledu površine i konzistenciji tkiva. Pregledavaju se svi zubi, a ne samo onaj na koji se pacijent žali. Laganim pritiskom prsta palpira se alveolarni greben u području apeksa korijena i procjenjuje konzistencija tkiva te osjetljivost na pritisak. Bol, fluktuacija ili otvrdnuće tkiva upućuju na postojanje upalnoga procesa. Treba imati na umu da se iznad mliječnih zuba mogu palpirati tvrda izbočenja gdje se nalaze trajni nasljednici. Pritiskom prsta ili kuckanjem drške instrumenta o okluzalnu plohu ili incizalni brid zuba provodi se test perkusije. Uvijek se provodi i na zdravome zubu koji služi kao kontrola. Bol upućuje na širenje upale u periapikalno područje iako kod kroničnih procesa bol može izostati. Procjenjuje se i mobilnost zuba. Kod procjene pomičnosti treba uzeti u obzir dob pacijenta i vrijeme fiziološke eksfolijacije zuba. Na kraju se pregledava okluzija (1, 9).

2.1.3. Dodatne dijagnostičke metode

2.1.3.1. Termičko testiranje pulpe

Za testiranje hladnoćom koristi se snijeg ugljičnoga dioksida, diklordifluormetan, etilen klorid ili štapići leda. Uvijek se mora testirati i zdrav zub kao kontrola. Izvor hladnoće stavlja se na incizalni brid ili vrh kvržice zuba. Kod zdrave pulpe ili reverzibilnoga pulpitisa javlja se kratka, oštra bol. Intenzivna produžena bol upućuje na ireverzibilni pulpitis, a izostanak odgovora upućuje na nekrozu pulpe. Lažno negativan nalaz može se javiti kod kalcificiranih korijenskih

kanala, nezavršena rasta korijena ili šoka pulpe zbog traume. Lažno pozitivan nalaz dobit će se ako se slučajno podraži susjedni zdrav zub ili gingiva (5, 9).

Test toplinom provodi se pomoću zagrijane gutaperke, vrhom zagrijana instrumenta ili trenjem gumicom za poliranje. Zagrijani se predmet stavlja na vestibularnu plohu zuba izolirana vaterolicama i vazelinom. Također se testira i zdravi kontrolni zub. Nakon primjene topline, postupno se povećava temperatura dok se ne javi bol. Kao i kod testa hladnoćom, kratka oštra bol upućuje na vitalnu pulpu, no ona ne mora nužno biti zdrava. Test toplinom ne provodi se često jer je najmanje pouzdan. Može biti koristan kada pacijent osjeća preosjetljivost na toplo, ali ne može identificirati zub uzročnik (5, 9).

2.1.3.2. Električno testiranje pulpe

Električno testiranje pulpe vrši se pomoću električnih pulpnih testera, posebnih uređaja koji proizvode električnu struju visoke frekvencije. Kao kontrola, uvijek se testira i zdravi zub. Elektroda uređaja stavlja se na vestibularnu ili oralnu plohu zuba i postupno povećava nivo električne struje dok ju pacijent ne osjeti. Obično se taj osjećaj opisuje kao bockanje, probadanje ili vrućina. Ako je pulpa nekrotična, reakcija će izostati. Hiperemična pulpa reagirat će na slabije podražaje nego zdrava pulpa, a na još slabije kada je prisutan ireverzibilni pulpitis. U oko 10 – 20 % slučajeva prilikom električnoga testiranja javljaju se lažno pozitivni ili lažno negativni rezultati (1, 5).

2.1.3.3. Laser Doppler flowmetrija

Za razliku od termičkih i električnih testova koji procjenjuju isključivo živčanu opskrbu pulpe, laser Doppler flowmetrija daje informacije o vaskularizaciji pulpe. Uređaj radi na temelju laserske zrake koja se usmjerava na površinu zuba i prolazi kroz caklinske prizme i dentinske tubuluse sve do pulpe. U pulpnim će se kapilarama zraka reflektirati od eritrocita, detektirati u sondi i procesuirati kao signal. Time se dobiva informacija o protoku krvi u pulpi. Laser Doppler flowmetrija ima visoku osjetljivost i specifičnost te se smatra najboljom metodom za određivanje vitalnosti pulpnoga tkiva i proširenosti upale ako ona postoji (1, 8).

2.1.3.4. Transiluminacija

Kao pomoć u dijagnostici aproksimalnih karijesa, infrakcija te fraktura krune i korijena mogu se koristiti posebna fiberoptička svjetla koja se stavljaju uz vrat zuba i pomiču preko površine zuba. Ako postoji fraktura, vidi se crna frakturna linija, a dentin s druge strane linije bit će taman (9, 11).

2.1.3.5. Rendgensko snimanje zuba

Ako se sumnja na bolest pulpe mliječnoga zuba, prije početka terapije potrebno je analizirati RTG snimku zuba. To se radi tek nakon uzimanja anamneze, kliničkoga pregleda i kliničkih testova. Najbolje je učiniti retroalveolarnu snimku jer ona daje uvid u stanje krune, korijena i periapeksa. Normalan RTG nalaz podrazumijeva caklinu kao tkivo najveće radioopaktnosti, dentin i cement kao nešto transparentnija tkiva, a pulpnu komoricu i korijenske kanale kao područja najveće transparencije. Oko površine korijena zuba treba biti vidljiva linija transparencije koja predstavlja parodontni ligament, a oko nje kontinuirana radioopaktna linija koja čini alveolu zuba i zove se *lamina dura*. U slučaju mliječnih zuba vidljiv je i zametak trajnoga nasljednika. Na RTG se snimci promatra postoji li karijes i koliko je lezija blizu pulpne komorice, postoje li kalcifikacije u pulpnome prostoru, interna ili eksterna resorpcija korijena, zahvaćenost furkacija kod višekorijenskih zuba, obliterirani korijenski kanali te promjene u periapikalnome području koje upućuju na postojanje upale poput transparencije ili prekida u kontinuitetu *lamine dure*. Također je nužno utvrditi poziciju zametka trajnoga zuba i postoji li patološki proces koji ga potencijalno ugrožava (1, 5, 8).

2.2. Terapijski postupci

2.2.1. Indirektno prekrivanje pulpe

Indirektno prekrivanje pulpe koristi se u terapiji dubokih karijesnih lezija gdje prilikom uklanjanja karijesom promijenjena dentina postoji opasnost od eksponiranja pulpe. Cilj ovoga postupka je očuvati vitalitet zuba. Provodi se tako da se ukloni sav karijesni dentin, osim na parapulpnoj stijenci kaviteta gdje se uklanja samo vanjski sloj dentina koji je demineraliziran i inficiran, a ostavlja se demineralizirani neinficirani unutarnji sloj. U njemu će zaostati mala količina bakterija i njihovih produkata, ali će se hermetičkim zatvaranjem eliminirati dotok supstrata potrebnoga za metabolizam bakterija i one neće preživjeti. Dokazano je da već samo uklanjanje inficiranoga dentina bez upotrebe medikamenata blagotvorno djeluje na pulpno tkivo jer smanjuje količinu bakterija i njihovih toksina koji iritiraju pulpu. Nužno je ukloniti sav karijesni dentin s bočnih stijenki kaviteta jer takav dentin ima slabu sposobnost adhezije na stomatološke materijale i može onemogućiti dobro brtvljenje. Zatim se kavitet dezinficira 1 %-tnim natrijevim hipokloritom (NaOCl) ili 2 %-tnim klorheksidin (CHX) diglukonatom. Dno

kaviteta prekriva se biokompatibilnim materijalom poput kalcijeva hidroksida ($Ca(OH)_2$) koji će potaknuti remineralizaciju razmekšala dentina, stvoriti uvjete za proizvodnju reparatorna dentina i zaštititi pulpu od daljnjih štetnih podražaja. Preko njega se može staviti zaštitni sloj cink oksid-eugenol (ZOE) paste i trajni ispun. Ako je destrukcija krune opsežna, može se izraditi krunica. Umjesto $Ca(OH)_2$ može se koristiti i staklenoionomerni cement (SIC). Istraživanja su pokazala kako $Ca(OH)_2$ i SIC postižu jednako dobre rezultate i da je za uspješan ishod terapije mnogo važnije dobro koronarno brtvljenje (1, 12, 13, 14, 15, 16).

Postupak indirektnoga prekrivanja pulpe može se koristiti u sklopu tzv. *postupne ekskavacije* (*stepwise excavation*). Tijekom više posjeta se postupno čisti karijesni dentin ostavljajući sloj neinficirana dentina uz pulpu. Između posjeta stavljaju se ulošci $Ca(OH)_2$ koji reduciraju količinu kariogenih bakterija, pomažu remineralizaciji i pulpi daju vremena za oporavak i obranu. Ova je metoda uklanjanja karijesa dobra za djecu jer ju psihološki dobro podnose (15, 17).

Uspješnost indirektnoga prekrivanja pulpe je visoka (74 – 99 %). Uspjehom se smatra zub bez simptoma upale (osjetljivost, bol, otok) i bez patoloških promjena na RTG snimci (1). Kontraindikacije za indirektno prekrivanje su eksponirana pulpa, spontani bolovi, osjetljivost na perkusiju, povećana mobilnost zuba, resorpcija korijena te patološke promjene vidljive na RTG snimci (8).

2.2.2. Direktno prekrivanje pulpe

Direktno prekrivanje pulpe terapijski je postupak gdje se na eksponiranu pulpu stavlja medikament s ciljem očuvanja vitalnosti zuba. U pravilu je kontraindiciran za mliječne zube zbog visoke stope neuspjeha. Patološke promjere u pulpi mliječnoga zuba vrlo brzo napreduju i sposobnost oporavka takve pulpe je ograničena. Nakon direktnoga prekrivanja upala obično perzistira te dovodi do interne resorpcije korijena i nekroze pulpe (1, 11).

Spominje se i mogućnost direktnoga prekrivanja pulpe na mliječnim zubima koji prethodno nisu pokazivali znakove upale ako je pulpa jatrogeno točkasto (< 1 mm) otvorena, bez prisutnosti karijesa. Preporuča se dezinficirati kavitet te za prekrivanje koristiti $Ca(OH)_2$, mineral trioksid agregat (MTA) ili Biodentin (1, 11, 14, 16).

2.2.3. Vitalna pulpotomija

Pulpotomija ili amputacija pulpe mliječnoga zuba najčešći je zahvat u dječjoj stomatologiji. Njime se uklanja upalno promijenjena koronarna pulpa i čuva radikularna pulpa. Pulpotomija je alternativa direktnomu prekrivanju pulpe koje se nastoji izbjeći jer na mliječnim zubima često rezultira neuspjehom. Najčešće se radi potpuna (cervikalna) pulpotomija gdje se uklanja koronarna pulpa sve do ulaza u korijenske kanale. Druga je mogućnost djelomična pulpotomija kojom se uklanja samo 1 – 2 mm pulpnoga tkiva na mjestu ekspozicije (1, 18, 19).

Indikacija za vitalnu pulpotomiju su zubi sa zdravom pulpom ili reverzibilnim pulpitisom na kojima je došlo do eksponiranja pulpe uslijed traume ili ekskavacije karijesa. Indikacija su također zubi s karijesom eksponiranom pulpom čija radikularna pulpa ne pokazuje znakove upale. Zna se kako upala najčešće počinje u koronarnoj pulpi i vremenom se širi prema apeksu. Cilj je pulpotomije ukloniti upaljenu koronarnu pulpu kako bi se očuvala vitalna radikularna pulpa te omogućili očuvanje i fiziološka eksfolijacija mliječnoga zuba. Kontraindikacije za pulpotomiju su spontani bolovi, fistula, patološka mobilnost zuba, interna i eksterna resorpcija, osjetljivost na perkusiju i palpaciju, patološke promjene na rendgenskoj snimci i nemogućnost uspostavljanja hemostaze na mjestu amputacije (1, 8). Vitalna pulpotomija brza je i učinkovita metoda visoke uspješnosti (80 – 90 %), s minimalnim rizikom za komplikacije tijekom i nakon terapije. Njezini su nedostatci potreba osiguravanja suhoga radnog polja i anesteziranja zuba što može biti problem kod nekooperativnih pacijenata (17).

Prvi je korak vitalne pulpotomije anestezirati zub. Ako postoji karijesna lezija, mora ju se u potpunosti ukloniti. Nakon toga se sterilnim dijamantnim svrdlom uz vodeno hlađenje uklanja krov pulpne komorice i tkivo pulpe do ulaza u korijenske kanale, pri čemu se mora paziti da se ne perforira dno pulpne komorice. Za početak se može ukloniti samo 1 – 2 mm pulpnoga tkiva (djelomična pulpotomija), ali ako se ne uspostavi hemostaza, mora se ukloniti i ostatak koronarne pulpe. Za uklanjanje pulpnoga tkiva može se koristiti i sterilno čelično svrdlo ili oštri ekskavator. Zub je uvijek potrebno izolirati koferdamom ili, ako to nije moguće, vaterolicama (1, 16, 17).

Kavitet se ispire fiziološkom otopinom i tijekom pet minuta zaustavlja se krvarenje sterilnom vaticom natopljenom u fiziološku otopinu. Nakon toga je potrebno fiksirati površinu preostale pulpe. To se može učiniti vaticom natopljenom u otopinu formokrezola ili 2 %-tnu otopinu glutaraldehida jer se upotreba formokrezola u današnje vrijeme polako napušta zbog potencijalne štetnosti. Primjena formokrezola na pulpu traje jednu minutu, a primjena

glutaraldehida 10 minuta. Nakon uklanjanja vatice postavlja se ZOE kao zaštitna podloga i preko njega trajni ispun (1, 11, 17).

Danas se prednost daje biokompatibilnim preparatima poput $Ca(OH)_2$ i MTA. Pri korištenju $Ca(OH)_2$, najprije se krvarenje zaustavlja vaticom natopljenom u fiziološku otopinu. Zatim se osuši kavitet i na pulpu se stavi $Ca(OH)_2$ u debljini od jednoga milimetra. Preko toga se stavlja podloga od ZOE i trajni ispun. Prilikom korištenja MTA nije potrebno zaustaviti krvarenje nakon ispiranja fiziološkom otopinom. Aplicira ga se na ulaze u korijenske kanale i prekriva vlažnom sterilnom vaticom, prethodno natopljenom u fiziološku otopinu jer MTA tijekom stvrdnjavanja zahtijeva vlagu. Postavlja se SIC kao privremeni ispun i kavitet se otvara najranije nakon 6 sati zato što MTA treba 4 – 6 sati za stvrdnjavanje u vlažnu mediju. Nakon stvrdnjavanja, na MTA se postavlja ZOE podlogu i trajni ispun (1, 5, 13).

Nakon preparacije i ispiranja kaviteta fiziološkom otopinom, krvarenje je također moguće zaustaviti 15,5 %-tnom otopinom željezova sulfata ($Fe_2(SO_4)_3$) u trajanju od 15 sekundi. Kavitet se zatim ispere i osuši sterilnom vaticom, stavi se zaštitna podloga od ZOE i trajni ispun (1, 11).

Pulpno tkivo preostalo nakon pulpotomije moguće je obraditi i nefarmakološkim metodama. Jedna od njih je elektrokoagulacija. Nakon zaustavljanja krvarenja vaticom natopljenom u fiziološku otopinu, kavitet se osuši blagim mlazom zraka. Elektroda uređaja za koagulaciju postavlja se 1 – 2 mm iznad ulaza u korijenski kanal u trajanju od jedne sekunde. Postupak se može ponoviti do tri puta po kanalu. Nastaje koagulacijska nekroza, a tkivo postaje suho i smeđecrne boje te tvori granicu između vitalna radikularnoga tkiva i zaštitne podloge. Druga je nefarmakološka metoda korištenje lasera. Nakon ispiranja i sušenja kaviteta, koagulira se pulpno tkivo CO_2 laserom u trajanju od jedne sekunde ili erbium laserom najduže 10 sekundi. Nakon elektrokoagulacije ili koagulacije laserom postupak se završava postavljanjem podloge od ZOE i izradom trajnoga ispuna (1, 20).

Uspjeh terapije podrazumijeva odsutnost kliničkih znakova i simptoma upale, kao i urednu RTG snimku zuba. Ako su prisutni bol, oteklina, crvenilo, patološka mobilnost zuba, fistula ili radiološki vidljiva interna resorpcija korijena te interradikularna i periradikularna transparencija, terapija se smatra neuspješnom (1).

2.2.4. Devitalizacijska pulpotomija

Ako je indicirana pulpotomija vitalnoga zuba, ali se zbog nekooperativnosti pacijenta ne može primijeniti lokalna anestezija, najčešće se provodi postupak devitalizacijske pulpotomije. Iako se ona u svijetu sve više napušta, kod nas je česta metoda izbora, neovisno o kooperativnosti pacijenta, jer je relativno jednostavna, brza i učinkovita. Njezini su nedostatci upotreba agresivnih sredstava (zbog čega se smatra nebiološkim postupkom) i potreba za više od jednoga posjeta stomatologu za liječenje pojedinoga zuba (1, 17).

Devitalizacijska pulpotomija zahtijeva najmanje dva posjeta stomatologu. U prvome se posjetu uklanja karijesna lezija i pristupa se pulpnoj komorici. Što je trepanacijski otvor veći, veća je šansa uspješnosti zahvata. Na eksponiranu pulpu aplicira se devitalizacijska pasta temeljena na paraformaldehidu (Toxavit, Depulpin, Caustinerf forte). U sastavu paste može biti i lokalni anestetik za ublažavanje boli poput lidokaina. Pasta se pokriva sterilnom vaticom i kavitet se privremeno zatvara ZOE cementom na 7 – 14 dana (1, 16, 19).

U drugome se posjetu turbinskim svrdlom uz vodeno hlađenje uklanja koronarna pulpa do ulaza u korijenske kanale. Ako postoji sumnja da je tijekom rada došlo do kontaminacije kaviteta (npr. slinom), može se na sedam dana postaviti antiseptički uložak na bazi fenolkamfora (*solutio Chlumsky*) ili paraklorfenola (Cresophene). Ako se smatra da nije potreban, taj se korak može i preskočiti. Zatim se fiksira radikularna pulpa sredstvom za mumifikaciju na bazi jodoforma (Jodoform pasta, Kri-pasta, Maisto pasta) ili paraformaldehida (Caustinerf deciduous). Umjesto toga može se aplicirati ZOE cement ili pasta. Postupak se završava postavljanjem podloge i trajne restauracije (1, 17).

2.2.5. Mortalna pulpotomija

Kod avitalnih mliječnih zuba poželjno je u potpunosti ukloniti nekrotično tkivo iz pulpnoga prostora (napraviti pulpektomiju), obraditi i napuniti korijenske kanale te restaurirati krunu zuba. Međutim, to je složen postupak koji zahtijeva više posjeta stomatologu i potpunu suradnju pacijenta. Kako bi se izbjegla ekstrakcija mliječnoga zuba i da bi se on do prirodne eksfolijacije zadržao kao čuvar mjesta za trajnoga nasljednika, provodi se postupak mortalne pulpotomije. Indikacija za ovaj postupak su zubi s avitalnom pulpom kod kojih nije došlo do širenja infekcije u periapikalna tkiva (1, 17).

U prvome se posjetu uklanja karijes, otvara pulpna komorica i u cijelosti uklanja koronarna pulpa do ulaza u korijenske kanale. Zatim se kavitet dezinficira 1,5 – 3 %-tnom otopinom NaOCl-a, na vaticu se postavlja antiseptički uložak na bazi fenolkamfora ili paraklorfenola i privremeno ga se zatvara. Nakon 7 – 14 dana slijedi drugi posjet (1, 17).

Ako izostanu simptomi poput bolova i oticanja, u drugome se posjetu uklanja antiseptički uložak i na radikularnu se pulpu stavlja sredstvo za mumifikaciju, tj. fiksaciju preostaloga tkiva. Zub se opskrbljuje trajnim ispunom ili krunicom (1).

2.2.6. Pulpektomija

Pulpektomija je terapijski postupak uklanjanja pulpnoga tkiva u cijelosti, što znači da se odstranjuje i koronarna i radikularna pulpa. Ona se na mliječnim zubima zbog svoje složenosti relativno rijetko izvodi. Za provođenje cijeloga postupka potrebno je više posjeta stomatologu, pacijent mora biti iznimno spreman surađivati, zahvat podrazumijeva davanje lokalne anestezije i mora se imati RTG snimka kako bi se vidio odnos mliječnoga zuba i njegova trajnoga nasljednika. Cilj je pulpektomije ukloniti nekrotično ili ireverzibilno upaljeno tkivo iz pulpne komorice i korijenskih kanala, eliminirati infekciju i hermetički napuniti kanal kako bi se spriječio daljnji prodor bakterija te restaurirao i očuvao mliječni zub do prirodne eksfolijacije (1, 16, 17).

Indikacije za pulpektomiju mliječnih zuba su zubi s nekrozom i gangrenom pulpe te zubi s ireverzibilnim pulpitisom koji je zahvatio i radikularnu pulpu. Oni će se obično prepoznati prilikom pulpotomije kada se nakon uklanjanja koronarne pulpe ne može uspostaviti hemostaza, što upućuje na ireverzibilnu upalu tkiva. Pulpektomija je također indicirana za zube gdje postoje spontani bolovi i kod interne resorpcije koja nije perforirala korijen. Kontraindikacije su nemogućnost restauriranja zuba nakon endodontskoga liječenja, resorpcija više od jedne trećine korijena, interna resorpcija koja je perforirala korijen, perforacija dna pulpne komorice, prisutnost odontogene ili folikularne ciste i velik gubitak kosti s gubitkom normalna parodontnoga pričvrstka (1, 8, 21).

Prvi je korak pulpektomije uklanjanje karijesne lezije (ako ona postoji) i trepanacija zuba, tj. izrada pristupnoga kaviteta za endodontsko liječenje. Sjekutići i očnjaci trepaniraju se na oralnoj plohi, samo iznimno s labijalne strane ako su diskolorirani. U odnosu na trajne zube, kavitet treba proširiti više prema incizalnome bridu da bi se što izravnije endodontskim

instrumentom ušlo u kanal. Pristupni kavitet mliječnih kutnjaka izrađuje se na okluzalnoj plohi zuba i istoga je oblika kao kod trajnih kutnjaka. Koronarna se pulpa uklanja kao kod vitalne pulpotomije, a radikularna pulpa se pažljivo ekstirpira, pazeći na gracilne korijene i tanko dno pulpne komorice u području furkacije korijena (1, 19).

Radna se dužina određuje prema preoperativnoj RTG snimci tako da se skrati za 2 – 3 mm u odnosu na duljinu na snimci. Kod mliječnih zuba upotreba elektroničkih *apeks lokatora* nije pouzdana jer fiziološka resorpcija korijena može dovesti do formiranja dodatnih komunikacija s parodontnim tkivom u bilo kojemu dijelu korijena. Instrumentacija se provodi strugačima i proširivačima minimalne veličine 30 ili 35, pažljivo i uz obilno ispiranje 1 – 5 %-tnim NaOCl-om ili 2 %-tnim CHX diglukonatom. Instrumentacija je kontraindicirana preko apeksa zbog mogućnosti oštećenja trajnoga zametka i širenja upalnoga procesa izvan korijena. Nije preporučljivo koristiti Gates-Glidden i Peeso svrdla te zvučne i ultrazvučne uređaje za obradu kanala jer je zbog zavijenosti korijena povećan rizik perforacije. Dobro je koristiti nikal-titanske instrumente zbog njihove fleksibilnosti. Za irigaciju se najčešće koristi NaOCl jer osim antiseptičkoga djelovanja ima sposobnost otopiti nekrotično tkivo te tako isprati kanal i pomoći pri čišćenju lateralnih i akcesornih kanalića koji se ne mogu očistiti mehanički. Po završetku instrumentacije, za završnu se irigaciju koristi etilendiamintetraoctena kiselina (EDTA) jer veže kalcijeve (Ca^{2+}) ione i uklanja sloj koji nakon instrumentacije zaostaje na zidovima korijenskoga kanala, a NaOCl ga nema sposobnost ukloniti. Kemomehanička obrada kanala bi se trebala završiti tijekom prvoga posjeta (1, 8, 16, 21)

Nakon obrade je neizbježno da u kanalu zaostane određeni broj bakterija zbog čega se preferira liječenje zuba u barem dvama posjetima. Između posjeta se na ulaze u korijenske kanale postavlja sredstvo za dezinfekciju, najčešće pasta $Ca(OH)_2$ koja također djeluje protuupalno. Prekrije ju se sterilnom vaticom i kao privremeni ispun stavlja se ZOE ili SIC. Rjeđe se kao međuposjetni uložak koriste otopine na bazi fenola, paraklorfenolkamfora i formaldehida (1, 16, 21).

Ako je kemomehanička obrada kanala adekvatno provedena, obično se nakon dva do tri posjeta postignu uvjeti za punjenje korijenskih kanala. Ono je moguće ako su nakon ispiranja i sušenja korijenski kanali bez eksudata i ako je pacijent bez simptoma. Materijal za punjenje mora se resorbirati jer ne smije ometati proces fiziološke resorpcije korijena mliječnoga zuba i nicanje trajnoga nasljednika. Danas se koriste ZOE pasta, nestvrdnjavajući $Ca(OH)_2$, jodoform pasta te pasta $Ca(OH)_2$ i jodoforma. U korijenski se kanal unose pomoću aplikatora, lentulo spirale, pluggera ili potiskivanjem vaticom (1, 17, 21).

Nakon završetka punjenja kanala mora se napraviti RTG snimka zuba i procijeniti kvaliteta punjenja. Ako su kanali zadovoljavajuće napunjeni, na dno pulpne komorice stavlja se SIC i trajno restaurira zub. Nakon šest mjeseci napravit će se kontrolna RTG snimka na kojoj ne bi trebalo biti patoloških resorpcija te periradikularnih ili interradikularnih transparencija (1, 21).

2.3. Materijali u endodonciji mliječnih zuba

2.3.1. Formokrezol i paraformaldehid

Otopina formokrezola sadrži 35 % krezola i 19 % formalina (vodene otopine formaldehida) u destiliranoj vodi i glicerinu. Naziva se Buckleyeva formula i u dječjoj se stomatologiji koristi u razrjeđenju 1 : 5 kao mumifikacijsko sredstvo kod pulpotomije mliječnih zuba. Unatoč velikoj uspješnosti (55 – 98 %), danas se sve manje koristi zbog potencijalno štetna djelovanja (1, 22, 23).

Prilikom kontakta s pulpom, formokrezol uzrokuje fiksaciju tkiva bez reparacije i formiranja dentinskoga mostića. Formaldehid se veže za bjelančevine i taloži ih (mumificira). Ispod sloja mumificiranoga tkiva se vitalno tkivo zamjenjuje granulacijskim tkivom iz periapikalnoga područja. Formaldehid ujedno djeluje snažno baktericidno, virucidno i fungicidno te uništava spore. Antiseptičkom učinku pridonosi i krezol. On je metilni derivat fenola koji u usporedbi s fenolom ima manju toksičnost i poboljšana baktericidna svojstva (1, 22).

Paraformaldehid (paraform) nastaje ukuhavanjem otopine formaldehida. Nalazi se u sastavu devitalizacijskih i mumifikacijskih pasti. U kontaktu s tkivom pulpe on oslobađa formaldehid u plinovitome stanju koji dovodi do koagulacije staničnih membrana i pulpa postupno fibrozira (1, 22).

Formaldehid ne bi trebao doći u kontakt s kožom i sluznicama jer ih izrazito podražuje. Osim toga, Međunarodna agencija za istraživanje raka je 2004. godine klasificirala formaldehid kao kancerogen za ljude. Navela je njegovu povezanost s nazofaringealnim karcinomom, karcinomom nosne šupljine i paranazalnih sinusa te moguću povezanost s nastankom leukemije. Međutim, doze formokrezola korištene u pulpotomiji vrlo su niske: 0,02 – 0,1 mg u usporedbi s dopuštenom dnevnom dozom 1,5 – 14 mg koju preporuča Svjetska zdravstvena organizacija. Zato se smatra da formokrezol u dječjoj stomatologiji nije kancerogen. Unatoč tomu, u današnje se vrijeme sve više napušta njegova upotreba (1, 22, 23).

2.3.2. Glutaraldehid

Zbog potencijalno štetnih učinaka formokrezola, kao alternativa za fiksaciju pulpnoga tkiva pojavio se glutaraldehid. U sastavu mumifikacijskih pasti koristi se 2 %-tna otopina glutaraldehida koja fiksira površinu pulpnoga tkiva, a ostatak pulpe ostaje vitalan. Vremenom se fiksirano tkivo nadomješta vezivom. Iako se znatno manje apsorbira u organizam i nešto manje podražuje tkivo od formokrezola, glutaraldehid se ipak ne smatra njegovom adekvatnom zamjenom zbog podjednake citotoksičnosti i mutagenosti (1, 20, 22).

2.3.3. Klorfenol i fenolkamfor

Klorfenol nastaje zamjenom vodika klorom u molekuli fenola. Djeluje kao protoplazmatski otrov i oslobađa klor, što mu u usporedbi s fenolom osigurava manju toksičnost i daje izrazito jak i brz antimikrobni učinak. Od triju izomera (orto-, meta- i paraklorfenola), najjači učinak ima paraklorfenol. On se koristi u 1 %-tnoj koncentraciji kao međuposjetni antiseptički uložak u pulpotomiji i pulpektomiji mliječnih zuba (22, 24).

Miješanjem fenola i kamfora u omjeru 30 : 70 nastaje otopina fenolkamfora. Ona je depo-anestetik gdje kamfor veže fenol i postupno ga otpušta u malim količinama. Djeluje baktericidno i anestetički. U stomatologiji se kao međuposjetni antiseptički uložak koristi tzv. *solutio Chlumsky* koji sadrži 60 % kamfora, 30 % fenola i 10 % etanola (22).

2.3.4. Željezov sulfat

$Fe_2(SO_4)_3$ lokalni je hemostatik čija se 15,5 %-tna otopina koristi u postupku pulpotomije za uspostavljanje hemostaze i očuvanje vitaliteta radikularne pulpe. Prilikom kontakta s tkivom pulpe, ioni željeza s proteinima iz krvi stvaraju komplekse koji mehanički zatvaraju krvne žile i zaustavljaju krvarenje. Time se također prevenira stvaranje ugruška što smanjuje rizik za nastanak upale i interne resorpcije korijena (25, 26).

Uspješnost pulpotomije s $Fe_2(SO_4)_3$ je visoka (67 – 96 %). Istraživanja koja su klinički i radiološki procjenjivala njezine rezultate pokazala su podjednak ishod kao kod pulpotomije s formokrezolom. Najčešći je razlog neuspjeha pojava interne resorpcije korijena. Budući da željezov sulfat nije toksičan i nema štetne učinke na organizam poput formokrezola, predstavlja dobar izbor u liječenju pulpe mliječnih zuba (1, 20, 26).

2.3.5. Kalcijev hidroksid

$Ca(OH)_2$ je jedan od najpopularnijih materijala u endodontskoj terapiji. U endodonciji mliječnih zuba koristi se najčešće za indirektno prekrivanje pulpe, očuvanje vitalnosti radikularne pulpe kod pulpotomije, punjenje kanala nakon pulpektomije ili kao međuposjetni uložak. Na tržištu se nalazi u obliku jednokomponentnih pasti koje se ne stvrdnjavaju i dvokomponentnih pasti (cemenata) koje se stvrdnjavaju. Ako se koristi jednokomponentna pasta (Calasept, Calcipulpe), preporuča se izraditi privremeni ispun i ona se koristi samo kao privremeno terapijsko sredstvo jer je kemijski nestabilna i vremenom se resorbira. Kod cementa (Life, Alkaliner) to nije slučaj, pa se povrh njega može napraviti trajna restauracija (13, 17, 27).

$Ca(OH)_2$ ima izrazito visok pH (oko 11,5 – 12,5) pa djeluje baktericidno, a ta lužnatost ujedno neutralizira kisele proizvode metabolizma bakterija poput mliječne kiseline i sprečava daljnju demineralizaciju tvrdih zubnih tkiva. Antimikrobno djelovanje posljedica je otpuštanja hidroksilnih (OH^-) iona koji oštećuju deoksiribonukleinsku kiselinu bakterija i denaturiraju proteine njihove stanične membrane. $Ca(OH)_2$ također sprečava rast bakterija, fizički zauzimajući prostor gdje bi inače one rasle i širile se (13, 22, 28).

U dodiru s vitalnim tkivom pulpe, $Ca(OH)_2$ disocira na Ca^{2+} i OH^- ione. OH^- ioni uzrokuju kemijsko oštećenje pulpe te u njezinu površinskome sloju dolazi do koagulacijske nekroze zbog koje nastaje blag upalni odgovor i iritacija pulpe, ograničeni na sloj tkiva ispod nekroze. Ostatak pulpnoga je tkiva vitalan i bez znakova upale. Idućih nekoliko dana u upaljeno područje migriraju upalne i vaskularne stanice, stvara se kolagen i proliferiraju fibroblasti, endotelne i mezenhimalne stanice. Nakon 7 – 10 dana diferenciraju se stanice slične odontoblastima, sekretorne stanice koje stvaraju mineralizirano tkivo, tj. reparatorni dentinski mostić. Ca^{2+} ioni potiču taloženje kalcijeva karbonata ($CaCO_3$) u oštećeno područje i time pomažu inicijaciji mineralizacije jer globuli $CaCO_3$ djeluju kao jezgre kalcifikacije. Ca^{2+} ioni ujedno smanjuju propusnost kapilara, pa se smanjuje količina tekućine i raste koncentracija Ca^{2+} iona u području mineralizacije, što pospješuje mineralizaciju. Nakon 30 dana više nema znakova upale ni nekrotičnoga pulpnog tkiva. Šezdeset dana nakon primjene $Ca(OH)_2$ dentinski mostić dosegne određenu debljinu i prestaje rasti. U formiranome dentinu se histološki uočavaju tunelski defekti ispunjeni malim krvnim žilama i inkluzijama stanica. Oni predstavljaju put bakterijama iz usne šupljine u pulpu, pa je izrazito važno dobro brtvljenje kaviteta kako se to ne bi dogodilo (8, 13, 18, 22).

Točan mehanizam stvaranja dentinskoga mostića nije u potpunosti razjašnjen. Moguće je da $Ca(OH)_2$ potiče lučenje transformirajućega faktora rasta β1, te β2, 4 i 7 koji imaju ulogu u sintezi kolagena i diferencijaciji stanica pulpe u odontoblaste. Isto tako, potiče lučenje faktora rasta fibroblasta, faktora rasta nalik na inzulin i sijaloproteina (13).

Mane $Ca(OH)_2$ su slaba adehzija na tvrda zubna tkiva, slabo brtvljenje i velika topljivost u vodi. To znači da je za uspjeh terapije ključno dobro brtvljenje ispuna jer će se u slučaju rubnoga propuštanja $Ca(OH)_2$ ispod ispuna otopiti (13, 14). Kod pulpotomije s $Ca(OH)_2$, najčešći je razlog neuspjeha nastanak interne resorpcije korijena iako se smatra da ona ne nastaje zbog samoga $Ca(OH)_2$, nego zbog formiranja ugruška što dovodi do izostanka cijeljenja i razvoja upale (20).

2.3.6. Mineral trioksid agregat

MTA jedan je od novijih materijala koji se koristi u endodonciji. Dostupan je u obliku praška čiju osnovu čine trikalcijev silikat, dikalcijev silikat, trikalcijev aluminat, kalcijev sulfat dihidrat, tetrakalcijev aluminoferat i bizmutov oksid za poboljšanje radiokontrastnosti. Postoje bijeli i sivi MTA. Jedina razlika u sastavu je tetrakalcijev aluminoferat, koji zbog željeza može uzrokovati diskoloraciju zuba i nema ga u bijelome MTA (8, 13, 22).

Prašak MTA miješa se sa sterilnom vodom u omjeru 3 : 1, a glavni proizvod reakcije je $Ca(OH)_2$ zbog čega MTA ima brojna svojstva slična preparatima $Ca(OH)_2$: biokompatibilan je, ima visok pH (nakon miješanja 10,2, a nakon tri sata 12,5), djeluje antibakterijski, uzrokuje blagu iritaciju pulpe i time inducira stvaranje dentina. U endodonciji mliječnih zuba može se koristiti za indirektno prekrivanje pulpe te u postupcima pulpotomije i pulpektomije kao i $Ca(OH)_2$ (1, 13, 27).

Za razliku od $Ca(OH)_2$, MTA je nakon miješanja tvrđe konzistencije i zahtjevniji za rukovanje. Hidrofilan je i u vlažnome se mediju stvrdnjava za 3 – 4 sata (prema nekim izvorima za 4 – 6 sati). Ne zahtijeva apsolutno suho radno polje, ali zbog prisutnosti vlage nakon postavljanja, nije moguće izraditi definitivni ispun u istome posjetu. Neresorptivan je, slabo topljiv u vodi i posjeduje određenu sposobnost brtvljenja (1, 8, 13, 22).

Zbog brojnih dobrih svojstava, MTA se preporuča kao kvalitetno sredstvo za endodonciju mliječnih zuba. Noviji preparati također pokazuju bolja svojstva u vidu poboljšane

konzistencije i kraćega vremena stvrdnjavanja (oko 15 minuta). Glavno ograničenje korištenju MTA predstavlja njegova visoka cijena (1, 13, 26).

2.3.7. Sredstva za ispiranje korijenskih kanala kod pulpektomije

2.3.7.1. Natrijev hipoklorit

NaOCl je najčešće korišteno sredstvo za ispiranje korijenskih kanala. Dolazi u koncentracijama 0,5 – 5,25 %, a u endodonciji mliječnih zuba preporuča se korištenje 1 %-tne koncentracije. Djeluje antimikrobno, podmazuje kanal, pomaže njegovo ispiranje i razgrađuje nekrotično tkivo, a pri većim koncentracijama (5,25 %) i vitalno tkivo. Biokompatibilnost mu je obrnuto proporcionalna koncentraciji, pa veće koncentracije mogu biti izrazito toksične i dovesti do nekroze vitalnoga tkiva (1, 5, 29).

Hipokloriti mogu nadražiti sluznicu te ih treba dobro isprati ako s njom dođu u kontakt (22). NaOCl izbjeljuje tkanine, pa se treba biti oprezan kako ne bi došao u dodir s pacijentovom odjećom. Prednost je što je jeftin i lako dostupan (5, 29).

2.3.7.2. Klorheksidin

Za ispiranje kanala koristi se i CHX koji karakterizira dobar antimikrobni učinak, produženo djelovanje i niska toksičnost. Dvopostotni CHX ima sličan antibakterijski učinak kao 5,25 %-tni NaOCl, a djeluje i na *Enterococcus faecalis*. Nedostatak je što ne otapa nekrotično tkivo. Najčešće se koristi CHX diglukonat koji ima fiziološki pH i topljiv je u vodi (5, 29). Kombinacija CHX i NaOCl pokazala se djelotvornijom u eliminaciji mikroorganizama nego korištenje samo jednoga od tih sredstava (24).

2.3.7.3. Etilendiamintetraoctena kiselina

Kao dekalcificirajuće sredstvo koristi se 17 %-tna EDTA. Ona nema antimikrobna svojstva i ne djeluje na organsko tkivo, ali ima sposobnost vezati Ca^{2+} ione i ukloniti anorgansku komponentu zaostaloga sloja koji nakon instrumentacije ostaje na stijenkama korijenskoga kanala i priječi vezanje punila. Koristi se kao zadnji korak u ispiranju kanala nakon njihove obrade (1, 9).

2.3.8. Sredstva za punjenje korijenskih kanala kod pulpektomije

Materijal za punjenje korijenskih kanala mliječnih zuba mora biti resorptivan i ne smije remetiti fiziološku resorpciju mliječnoga korijena i nicanje trajnoga nasljednika. Idealan materijal resorbirao bi se sličnom brzinom kao i korijen mliječnoga zuba, brzo bi se resorbirao iz periapeksa ako je slučajno tamo potisnut, lako bi se unosio u kanal i lako vadio iz njega. Također bi dobro adherirao na zidove kanala, bio radioopaktan i dimenzijski stabilan, imao antiseptična svojstva i ne bojio zub. Naravno, takav materijal zasada ne postoji. Punjenje gutaperkom kontraindicirano je za mliječne zube, osim u slučajevima kada nedostaje trajni nasljednik pa se mliječni zub želi što duže sačuvati u usnoj šupljini (1, 21).

2.3.8.1. Cink oksid-eugenol pasta

ZOE pasta je jedno od prvih korištenih punila za korijenske kanale mliječnih zuba. Slabo se resorbira iz kanala i periapikalnoga područja, što je problem jer zbog svoje tvrdoće može oštetiti trajni zametak. Miješa se bez katalizatora radi lakšega rukovanja. Posjeduje bolja antibakterijska svojstva od pasti koje sadrže jodoform, ali im je toksičnost jednaka (1, 21).

2.3.8.2. Pasta kalcijeva hidroksida

$Ca(OH)_2$ koji se koristi u endodonciji građen je od praha $Ca(OH)_2$, vehikuluma i radioopaktnoga sredstva (barijeva sulfata, bizmuta ili spojeva koji sadrže jod ili brom). Razlikuju se tri vrste vehikuluma (vodeni, viskozni i masni) koji utječu na brzinu resorpcije materijala. Kada je vehikulum voda, pasta se prebrzo resorbira i potrebno je ponoviti liječenje. Viskozni vehikulum sporije se resorbira, a masni najsporije što ga čini najboljim izborom za punjenje kanala (1, 21).

2.3.8.3. Jodoform pasta

Jodoform pasta ima dobra antiseptička svojstva, brzo se resorbira i nema neželjene učinke na zametak trajnoga nasljednika. Ako se potisne u periapeks, brzo se zamijeni normalnim tkivom. Može uzrokovati žuto obojenje zuba i ponekad se resorbira iz korijenskoga kanala (1, 21).

2.3.8.4. Pasta kalcijeva hidroksida i jodoforma

Smatra se da je pasta $Ca(OH)_2$ i jodoforma idealan materijal za punjenje korijenskih kanala mliječnih zuba. Resorbira se nešto brže nego korijen mliječnoga zuba, nije toksična i ne djeluje štetno na zametak trajnoga zuba. Lako se koristi i radioopaktna je (1, 21).

3. RASPRAVA

Donijeti odluku o metodi liječenja pulpe mliječnoga zuba složen je postupak. Izbor metode ne ovisi samo o stanju pulpe iako je to velik čimbenik u donošenju odluke. Također se u obzir mora uzeti stanje okolnih tkiva, opće zdravlje djeteta i njegova kooperativna sposobnost, motiviranost roditelja za liječenje zuba te mogućnost restauracije zuba i njegova važnost u usnoj šupljini. Prije početka terapije nužno je provesti dijagnostičke postupke poput uzimanja anamneze, kliničkoga pregleda, kliničkih testova i analize RTG snimke. Klinički testovi čak i za iskusna kliničara predstavljaju izazov jer se prilikom testiranja mliječnih zuba ponekad dobivaju nejasni rezultati. Na temelju svih dobivenih informacija odabire se plan terapije koji se zatim predstavlja roditelju ili skrbniku djeteta. Tek kada se dobije njegova suglasnost, započinje provođenje terapijskoga postupka.

U endodonciji mliječnih zuba, kao i općenito u stomatologiji, teži se manje invazivnim terapijskim postupcima. Indirektno prekrivanje pulpe, kao najmanje invazivan postupak njezina liječenja, u užemu smislu ne pripada u endodontske metode. Kada se radi s eksponiranom pulpom, najmanje invazivna metoda je direktno prekrivanje pulpe. Nju većina stomatologa izbjegava zbog visoke stope neuspjeha iako postoje oni koji smatraju kako joj i u mliječnoj denticiji treba dati šansu. Postupak koji se najčešće provodi u liječenju pulpe mliječnih zuba je vitalna pulpotomija. Stomatolozi ju preferiraju jer je relativno jednostavna za provođenje, učinkovita i uspješna. Ovisno o stanju pulpe i osobinama pacijenta, odluka može biti i devitalizacijska ili mortalna pulpotomija. Najradikalnija terapijska metoda u endodonciji mliječnih zuba je pulpektomija. Iako se nastoji izbjeći jer je zahtjevna za provođenje, ona je metoda izbora za avitalne zube koji bi u protivnome morali biti ekstrahirani.

U prošlosti su se materijali u stomatologiji obično birali prema učinkovitosti. Tako je dugi niz godina formokrezol bio materijal izbora za vitalnu pulpotomiju, a neki ga stomatolozi i danas koriste. Moderna stomatologija sve više u obzir uzima potencijalnu štetnost određenih sastojaka, pa postoji pomak prema korištenju biokompatibilnih materijala. Danas se $Ca(OH)_2$ smatra zlatnim standardom u terapiji bolesti pulpe, ne samo zbog svoje biokompatibilnosti nego i zbog dobrih rezultata. Budući da ni on nije savršen, i dalje se teži otkrivanju novih, boljih materijala. Tako se na tržištu pojavio MTA, čija su svojstva znatno bolja, ali njegova visoka cijena često stvara prepreku korištenju, kao što je to uglavnom slučaj kod novijih proizvoda.

4. ZAKLJUČAK

Važnost mliječnih zuba neupitna je kada se govori o normalnome razvoju djeteta. Nažalost, ljudi često misle da mliječnim zubima ne treba posvećivati previše pažnje jer će ionako u usnoj šupljini biti prisutni kratko vrijeme. To je potpuno pogrešno. Ranim gubitkom mliječnih zuba dolazi do poremećaja funkcije i razvoja usne šupljine, što se može izrazito negativno odraziti na život djeteta.

Stomatolozi trebaju educirati ljude o važnosti zdravlja mliječnih zuba. Kada dođe do pojave bolesti, treba se ozbiljno shvatiti liječenje i očuvanje svakoga pojedinog zuba. Dijagnostički i terapijski postupci liječenja moraju se savjesno provoditi, a stomatolozi se trebaju usavršavati i učiti o novim metodama liječenja i materijalima kako bi se pacijentima mogla pružiti najbolja moguća pomoć.

5. LITERATURA

1. Jurić H. Dječja dentalna medicina. Zagreb: Naklada Slap; 2015.
2. Brkić H, Dumančić J, Savić Pavičin I, Vodanović M. Biologija i morfologija ljudskih zuba. Jastrebarsko: Naklada Slap; 2016.
3. Šutalo J i sur. Patologija i terapija tvrdih zubnih tkiva. Zagreb: Naklada Zadro; 1994.
4. Soldo M, Meštrović S, Njemirovskij V. Razvoj zuba i potpornih struktura. Sonda. 2010;20:40-3.
5. Torabinejad M, Walton RE. Endodoncija: Načela i praksa. 4. izd. Zagreb: Naklada Slap; 2009.
6. Kranjčić J, Pandurić V. Histologija zubne pulpe. Sonda. 2008;16:35-8.
7. Majdandžić M, Pandurić V. Pulpitisi i periradikularne patoze. Sonda. 2008;16:69-73.
8. Garg N, Garg A. Textbook of Endodontics. 2nd ed. New Delhi: Jaypee Brothers; 2010.
9. Jukić Krmek S, Baraba A, Klarić E, Marović D, Matijević J. Pretklinička endodoncija. Zagreb: Medicinska naklada; 2017.
10. Soldo M, Simeon P. Anamneza – restaurativna stomatologija i endodoncija. Sonda. 2008;9(16):26-7.
11. Gulabivala K, Ng YL. Endodontics. 4th ed. Edinburgh etc: Elsevier Ltd; 2014.
12. Koshy S, Love RM. Endodontic treatment in the primary dentition. Aust Endod J. 2004;30(2):59-68.
13. Tarle Z i sur. Restaurativna dentalna medicina. Zagreb: Medicinska naklada; 2019.
14. Boutsiouki C, Frankenberger R, Krämer N. Relative effectiveness of direct and indirect pulp capping in the primary dentition. Eur Arch Paediatr Dent. 2018;19(5):297-309.
15. Hayashi M, Fujitani M, Yamaki C, Momoi Y. Ways of enhancing pulp preservation by stepwise excavation--a systematic review. J Dent. 2011;39(2):95-107.
16. Carrotte PV, Waterhouse PJ. A clinical guide to endodontics--update part 2. Br Dent J. 2009;206(3):133-9.
17. Jurić H. Endodontski postupci u pedodonciji. Sonda. 2003;7:54-7.
18. Tronstad L. Clinical Endodontics: A Textbook. 2nd ed. Stuttgart etc: Thieme; 2003.
19. Llewelyn DR; Faculty of Dental Surgery, Royal College of Surgeons. UK National Clinical Guidelines in Paediatric Dentistry. The pulp treatment of the primary dentition. Int J Paediatr Dent. 2000;10(3):248-52.
20. Srinivasan V, Patchett CL, Waterhouse PJ. Is there life after Buckley's Formocresol? Part I -- a narrative review of alternative interventions and materials. Int J Paediatr Dent. 2006;16(2):117-27.

21. Batinjan G, Cupek K, Jurić H. Terapija avitalnih mliječnih zuba. Sonda. 2011;12(22):40-7.
22. Linčir I i sur. Farmakologija za stomatologe. 3. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2011.
23. 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(3):199-206.
24. Buneta Jurić LJ, Jurić H, Tambić Andrašević A, Škaljac G, Miletić Karlović I, Anić I. Antimikrobni učinak različitih medikamentoznih uložaka tijekom endodontskog liječenja. Acta Stomatol Croat. 2006;40:12-19.
25. Nuvvula S, Bandi M, Mallineni SK. Efficacy of ferric sulphate as a pulpotomy medicament in primary molars: an evidence based approach. Eur Arch Paediatr Dent. 2018;19(6):439-447.
26. Asgary S, Shirvani A, Fazlyab M. MTA and ferric sulfate in pulpotomy outcomes of primary molars: a systematic review and meta-analysis. J Clin Pediatr Dent. 2014;39(1):1-8.
27. Mehulić K i sur. Dentalni materijali. Zagreb: Medicinska naklada; 2017.
28. Kljajić R, Dujmenović L, Galić N. Medikamenti u endodonciji. Sonda. 2013;14(25):56-61.
29. Opačak I, Medvedec I, Prpić-Mehičić G. Sredstva za ispiranje korijenskih kanala. Sonda. 2019;19:58-62.

6. ŽIVOTOPIS

Zrinka Jemrić rođena je 30. rujna 1994. godine u Osijeku. U Osijeku je završila Osnovnu školu *Retfala* te osnovnu Glazbenu školu Franje Kuhača. Pohađala je Isusovačku klasičnu gimnaziju s pravom javnosti u Osijeku. Nakon završetka srednje škole upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Za vrijeme studiranja sudjelovala je u organizaciji studentskoga projekta *Dentakl*. Završila je iTOP Curaprox tečaj i StEPP edukaciju *ABC hitnih stanja*.