

Primjena dentalnih lasera u nekirurškoj parodontološkoj terapiji

Petani, Petra

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:948668>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb School of Dental Medicine Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Petra Petani

**PRIMJENA DENTALNIH LASERA U
NEKIRURŠKOJ PARODONTOLOŠKOJ
TERAPIJI**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2021.

Rad je ostvaren na Zavodu za parodontologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Mentor rada: doc. dr. sc. Domagoj Vražić, Zavod za parodontologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Andrea Orehovec, mag. educ. philol. croat.

Lektor engleskog jezika: Irena Rukavina, prof.

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. _____
2. _____
3. _____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 37 stranica

0 tablica

0 slika

1 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

Zahvaljujem svom dragom mentoru, doc. dr. sc. Domagoju Vražiću, na pomoći i suradnji prilikom pisanja ovoga rada, ali i za vrijeme studiranja.

Posebno želim zahvaliti svojim roditeljima, mami Mariji i tati Mladenu, koji su uvijek uz mene i koji su me tijekom svih šest godina studiranja poticali i ohrabivali. Hvala i cijeloj mojoj obitelji na neizmjerne podršci i ljubavi.

Hvala mojim prijateljicama: Dori, Tonki, Strugi, Lari, Anni i Antei koje su mi uljepšale studiranje i koje su uvijek bile tu uz mene. Hvala i svim mojim prijateljima, dragim kolegama i Zuboricama zbog kojih su mi studentski dani ostali u najljepšem sjećanju.

Veliko hvala najdražim doktoricama Sonji i Valentini te mojim „kokama iz Krajiške“ koje su mi postale druga obitelj i velika podrška u svemu.

Hvala mojim najdražim animatorima koji su mi uljepšali ljeta za vrijeme studiranja i veliko hvala Mariji koja me potaknula na to da postanem bolja verzija sebe.

Hvala i mojim najboljim grupama na faksu koje su mi omogućile bezbrižno i lijepo provedene trenutke na fakultetu uz mnogo smijeha, ali i marljivog rada.

Želim zahvaliti i svim djelatnicima Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Hvala teti Ireni, Mateju i Marku na savjetima i pomoći.

Hvala Ti!

Sažetak

PRIMJENA DENTALNIH LASERA U NEKIRURŠKOJ PARODONTOLOŠKOJ TERAPIJI

Parodontitis je kronična upalna bolest povezana s biofilmom koju karakterizira progresivna destrukcija potpornog aparata zuba. S vremenom dolazi do gubitka zubi i narušavanja žvačne i estetske funkcije što negativno utječe na kvalitetu života pojedinca i njegovo opće zdravstveno stanje. Zbog velike prevalencije predstavlja ozbiljan javnozdravstveni problem.

Temeljni je cilj parodontološke terapije eliminacija etioloških uzročnih čimbenika parodontne bolesti s površine korijena kako bi se ponovno omogućilo uspostavljanje zdravlja parodonta. Nekirurška parodontološka terapija uključuje mehaničku instrumentaciju kontaminirane površine korijena i primjenu kemijskih antimikrobnih i antiinfektivnih sredstava.

Dentalni laseri koriste se kao pomoćno terapijsko sredstvo u sklopu nekirurške parodontološke terapije ili kao alternativa klasičnoj mehaničkoj instrumentaciji kontaminirane površine korijena. U odnosu na samostalnu mehaničku instrumentaciju, dodatna primjena lasera nakon provedene inicijalne parodontološke terapije doprinosi poboljšanju kliničkih parametara, posebice kad se radi o umjerenom i teškom obliku parodontitisa.

Dentalni laseri mogu se primjenjivati i kao izvor svjetlosti u sklopu antimikrobne fotodinamske terapije. Terapijski je učinak eliminacija patogenih mikroorganizama bez neželjenih posljedica na organizam i razvoja bakterijske rezistencije, a temelji se na fotokemijskoj reakciji koja uključuje izvor svjetlosti, fotoaktivator i molekularni kisik.

Ključne riječi: dentalni laseri; parodontitis; nekirurška parodontološka terapija; antimikrobna fotodinamska terapija

Summary

THE USE OF DENTAL LASERS IN NON-SURGICAL PERIODONTAL THERAPY

Periodontitis is a chronic inflammatory disease associated with biofilm characterized by progressive destruction of the supporting apparatus of the tooth. Gradually, it results in a loss of teeth and impaired masticatory and aesthetic function, which negatively affects the quality of life of an individual and their general health. Due to its high prevalence, it is a serious public health issue.

The main goal of periodontal therapy is to eliminate the etiological causative factors of periodontal disease from the root surface in order to re-establish periodontal health. Non-surgical periodontal therapy involves a mechanical instrumentation of the contaminated root surface and the application of chemical antimicrobial and anti-infective agents.

Dental lasers are used as an adjunct to non-surgical periodontal therapy or as an alternative to the classical mechanical instrumentation of a contaminated root surface. Compared with mechanical instrumentation alone, the additional use of lasers after the initial periodontal therapy contributes to the improvement of clinical parameters, especially in the case of moderate and severe periodontitis.

Dental lasers can also be used as a light source in antimicrobial photodynamic therapy. The therapeutic effect is the elimination of pathogenic microorganisms without adverse effects on the organism and the development of bacterial resistance. It is based on a photochemical reaction involving a light source, photoactivator and molecular oxygen.

Key words: dental lasers; parodontitis; non-surgical periodontal therapy; antimicrobial photodynamic therapy

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PRIMJENA LASERA U NEKIRURŠKOJ PARODONTOLOŠKOJ TERAPIJI.....	4
2.1. Građa potpornog aparata zuba	5
2.2. Nova klasifikacija parodontnih bolesti i stanja	7
2.3. Ciljevi liječenja parodontitisa	8
2.4. Tijek parodontološke terapije.....	9
2.5. Nekirurška parodontološka terapija	11
2.6. Stvaranje i emisija laserske zrake	14
2.7. Karakteristike laserske zrake	15
2.8. Izlazne jedinice i način isporuke laserske zrake	16
2.9. Karakteristike laserske terapije	16
2.9.1. Dubina penetracije laserske zrake u tkivo	16
2.9.2. Ablacija tkiva	17
2.9.3. Termičke nuspojave i hemostaza	18
2.9.4. Antimikrobni učinak lasera	18
2.9.5. Fotobiomodulacija.....	19
2.10. Dentalni laseri u nekirurškoj parodontološkoj terapiji.....	19
2.10.1. Diodni laseri	20
2.10.2. Erbijum laseri	20
2.10.3. Nd:YAG laseri.....	21
2.10.4. CO ₂ laseri	22
2.11. Osnovni protokol nekirurške parodontološke laserske terapije	23
2.12. Antimikrobna fotodinamska parodontna terapija	23
2.12.1. Fotodinamska terapija	23
2.12.2. Mehanizmi fotodinamske reakcije	24
2.12.3. Fotodinamska terapija u liječenju parodontnih bolesti.....	24

2.13. Cijeljenje i regeneracija tkiva u nekirurškoj parodontološkoj terapiji (LANAP)....	25
3. RASPRAVA	27
4. ZAKLJUČAK	31
5. LITERATURA	33
6. ŽIVOTOPIS	36

Popis skraćenica

CO₂ – ugljikov dioksid

DNK – deoksiribonukleinska kiselina

Er, Cr:YSGG – Erbium, Chromium-doped:Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet laser

Er:YAG – Erbium-doped:Yttrium-Aluminium-Garnet laser

FDIS – engl. full mouth disinfection, hrv. dezinfekcija cijelih usta

FMT – engl. full mouth therapy, hrv. terapija cijelih usta

Hz – herc

LANAP – engl. Laser Assisted New Attachment Procedure, hrv. novi postupak pričvršćivanja
uz pomoć lasera

mm – milimetar

Nd:YAG – Neodymium-doped:Yttrium-Aluminium-Garnet laser

nm – nanometar

PDL – parodontni ligament

W – vat

1. UVOD

Zahvaljujući tehnološkom napretku sve se više mijenja način na koji pacijenti percipiraju dentalne zahvate. Smanjuje se vrijeme koje pacijent provodi u ordinacijama dentalne medicine te zahvati postaju sve ugodniji i bezbolniji. Dentalni laseri predstavljaju jedan takav tehnološki iskorak. Svoj učinak ostvaruju na mekim i tvrdim tkivima pa se primjenjuju u gotovo svim područjima dentalne medicine. U restaurativnoj dentalnoj medicini koriste se za preparaciju kaviteta, izbjeljivanje zubi te u terapiji zubne preosjetljivosti. U endodociji se primjenjuju u svrhu dezinfekcije korijenskog kanala, a široku primjenu našli su u području oralne kirurgije i parodontologije (1).

Upotreba lasera u dentalnoj medicini započinje njihovim predstavljanjem 1960. godine. Danas njihova primjena u području parodontologije postaje sve učestalija (2).

Kliničari teže novim terapijskim mogućnostima u liječenju parodontnih i periimplantantnih bolesti. S obzirom na to da u razvijenim zemljama svijeta prevladava starija populacija koja uz terapiju bolesti parodonta često zahtijeva i terapiju nekih drugih kroničnih bolesti poput dijabetesa, kardiovaskularnih bolesti i kronične bolesti bubrega, u središtu se pozornosti nalazi koncepcija minimalno invazivne terapije (3).

Struganje i poliranje korjenova, u sklopu nekirurške parodontološke terapije, primjer je minimalno invazivnog konzervativnog zahvata koji eliminira uzročne čimbenike parodontne bolesti s površine korijena, a može rezultirati poboljšanjem kliničkih ishoda kao što su smanjenje krvarenja prilikom sondiranja i smanjenje dubine sondiranja (4). Međutim očekivani terapijski ishod može izostati ako se radi o umjerenom i teškom obliku parodontitisa ili kao posljedica zaostalog subgingivalnog kamenca nakon provedene zatvorene mehaničke instrumentacije. U tim se slučajevima može provesti kirurška parodontološka terapija s ciljem eliminacije preostalih etioloških čimbenika kako bi se omogućilo cijeljenje oštećenog parodontnog tkiva. Kirurški postupak svrstava se u invazivne zahvate, a klasična nekirurška terapija do danas nije rezultirala idealnim terapijskih ishodima u takvim slučajevima, stoga se različitim antimikrobnim sredstvima nastojalo doći do očekivanih rezultata (2, 3). Cijeljenje i regeneracija tkiva koji se postižu klasičnom mehaničkom instrumentacijom, neovisno o tome je li primijenjena nekirurška ili kirurška parodontološka terapija, dosegli su svoj vrhunac. Kako bi se terapijski ishodi poboljšali, javila se potreba za učinkovitijim metodama dekontaminacije oboljelog područja. Primjena dentalnih lasera u te svrhe djeluje obećavajuće. Od njih se očekuje da u upaljenom i oštećenom području tkiva potaknu brže cijeljenje i regeneraciju debridmanom i dekontaminacijom oboljelog područja te aktiviranjem ili preoblikovanjem staničnog metabolizma okolnog tkiva (5).

Zahvaljujući brojnim objavljenim osnovnim i kliničkim ispitivanjima diodnih lasera, *Erbium-doped:Yttrium-Aluminium-Garnet* (Er:YAG), *Neodymium-doped:Yttrium-Aluminium-Garnet* (Nd:YAG) i ugljikov dioksidnog (CO₂) lasera, dolazi do porasta njihove primjene u terapiji parodontnih i periimplantantnih bolesti. Laseri velike snage, kao i antimikrobna fotodinamska terapija, mogu se smatrati novim terapijskim modalitetom za debridman i pripremu oboljelog mjesta (5). Laseri male snage primjenjuju se za staničnu stimulaciju i/ili aktivaciju antimikrobnih sredstava nakon provedene zatvorene mehaničke instrumentacije (3). Za bolje razumijevanje zbivanja u tkivima potrebno je samu bolest, ali i mehanizme i zakonitosti fototerapije, sagledati na molekularnoj razini (5).

Svrha je ovog rada prema dostupnoj literaturi prikazati prednosti i nedostatke laserske primjene u parodontologiji te usporediti lasersku primjenu sa samostalno provedenom klasičnom parodontološkom terapijom.

2. PRIMJENA LASERA U NEKIRURŠKOJ PARODONTOLOŠKOJ TERAPIJI

2.1. Građa potpornog aparata zuba

Potporni aparat zuba ili parodont predstavlja skladnu cjelinu raznovrsnih tvrdih i mekih tkiva koja omogućava svakodnevno i nesmetano odvijanje žvačne funkcije. Sačinjavaju ga gingiva, cement, parodontni ligament i alveolarna kost. Ta razvojna, biološka i funkcijska cjelina podložna je promjenama tijekom godina zbog fiziološkog procesa starenja, ali i zbog različitih utjecaja kojima je izložena usna šupljina. Vlakna parodontnog ligamenta smještena u parodontnoj pukotini predstavljaju sponu između površine zuba i zubne alveole, sidreći tako svaki pojedini zub, što ujedno predstavlja i jednu od temeljnih funkcija parodonta uz održavanje integriteta mastikatorne sluznice usne šupljine (4, 6, 7).

Sluznica usne šupljine sastoji se od mastikatorne sluznice koja uključuje gingivu i sluznicu tvrdog nepca, specijalizirane sluznice dorzalne strane jezika te alveolarne mukoze. Gingiva predstavlja najdistalniji dio parodonta i proteže se od mukogingivalnog spojišta prema koronalno. Marginalna gingiva završava u području zubnih vratova. Uz zubna tkiva prijanja spojnim epitelom čiji je produkt epitelni pričvrstak koji predstavlja vezu sa zubnom površinom. Spojni epitel proteže se oko 2 milimetra (mm) u korono-apikalnom smjeru i okružuje zubni vrat.

U nepčanom području gingiva postaje dio nepomične i keratinizirane sluznice nepca. Razlikujemo slobodnu i pričvrсну gingivu. Slobodna gingiva u stanju parodontnog zdravlja koraljnoružičaste je boje, mat izgleda površine te čvrste konzistencije. Tvore je gingivalna tkiva vestibularno i oralno od zuba te interdentalna gingiva odnosno interdentalne papile. Slobodni gingivalni rub obično zaobljava stvarajući pritom sulkus između površine zuba i gingive.

Pričvrсна gingiva pruža se od gingivalne brazde do mukogingivalnog spojišta. Koraljnoružičaste je boje i često reljefne naborane površine izgleda kore naranče. Čvrsto je priljubljena uz cement i alveolarnu kost. Debela je i keratinizirana, što joj pruža zaštitu od različitih iritansa kojima je svakodnevno izložena usna šupljina (4).

Parodontni ligament (PDL) meko je vezivno tkivo smješteno u prostoru oko zuba koji se naziva parodontna pukotina. U koronalnom smjeru nastavlja se u *laminu propriu* gingive od koje je odijeljen snopovima vlakana alveolarnog grebena. Spaja cement korijena s *laminom durom* i alveolarnom kosti. Sastoji se od vlakana vezivnog tkiva, stanica, krvnih žila i živčanih stanica te osnovne tvari. Temeljna uloga parodontnog ligamenta jest resorpcija i preraspodjela sila nastalih za vrijeme žvačne funkcije i ostalih kontaktnih kretnji među

zubima. Sile se prenose na alveolarni nastavak te dalje na alveolarnu kost. PDL je također odgovoran i za pomičnost zuba čiji je stupanj određen kvalitetom i dimenzijama PDL-a. PDL se sastoji od snopova kolagenih vlakana koji se s jedne strane hvataju na kost, a s druge strane na cement korijena zuba. Ta vlakna nazivaju se još i Sharpeyeva. Za stvaranje i pregradnju vlakana odgovorne su vretenaste stanice zvane fibroblasti, dok su od ostalih stanica prisutni još i cementoblasti, osteoblasti te u trenutcima aktivne resorpcije kosti i osteoklasti. PDL je jako dobro inerviran i vaskulariziran (4,6).

Cement je mineralizirano tvrdo zubno tkivo koje prekriva dentin korijena, a ponekad i manje dijelove krune zuba. Jako je sličan koštanom tkivu izuzevši činjenicu da ne posjeduje vaskularizaciju i inervaciju. Odlaze se za vrijeme cijelog života. Sastoji se od kolagenih vlakana uronjenih u organski matriks, a anorgansku komponentu čini hidroksiapatit kojeg ima nešto više nego u koštanom tkivu. Glavna je uloga cementa sidrenje vlakana parodontnog ligamenta te reparacija oštećene površine korijena. Razlikuju se četiri vrste cementa, a to su: acelularni nevlaknati, acelularni cement s ekstrinzičnim vlaknima, celularni cement s intrinzičnim vlaknima i celularni cement s mješovitim vlaknima. Fibroblasti i cementoblasti sudjeluju u stvaranju cementa. Fibroblasti PDL-a stvaraju acelularni cement s ekstrinzičnim vlaknima, dok cementoblasti stvaraju celularni cement s intrinzičnim vlaknima i dio celularnog cementa s mješovitim vlaknima. Nakon stvaranja cementa cementoblasti koji ostaju zarobljeni u matriksu postaju cementociti. Acelularni cement s ekstrinzičnim vlaknima najviše je odgovoran za sidrenje zuba unutar njegove alveole, a nalazi se u vratnoj trećini svih zuba mliječne i trajne denticije. Uz njega ulogu sidrenja zuba u manjoj mjeri ima i celularni cement s mješovitim vlaknima (4, 6, 7).

Alveolarni nastavak dio je maksile i mandibule koji tvori zubne alveole. Sukladno s formiranjem i rastom zuba razvija se i alveolarni nastavak, a gubitkom zuba dolazi do njegove resorpcije. Zajedno s ostalim nabrojanim tkivom čini pričvrtni aparat zuba. Vanjska kompaktna kost prekriva alveolarni nastavak. Na mjestu ulaska u alveolu alveolarni rub prelazi u *lamina cribiformis*, odnosno pravu alveolarnu kost koja tvori alveolarni zid bogat brojnim otvorima, takozvanim Volkmannovim kanalima, kroz koje prolaze krvne žile i živci. Na unutrašnjoj strani koštanog zida alveole nalazi se sidrena kost, odnosno onaj sloj kosti gdje se sidre Sharpeyeva vlakna. Kompakta je okružena spužvastom kosti koja ispunjava većinu interdentalnih pregrada. Kao odgovor na funkciju žvačnog aparata alveolarna se kost neprestalno resorbira i pregrađuje. Koštane se trabekule resorbiraju i preoblikuju, a kortikalna kost razgrađuje, nakon čega ju nadomješta novonastala kost. Visokospecijalizirane stanice za

koštanu resorpciju nazivaju se osteoklasti, a nastaju najvjerojatnije od monocita iz krvi. Otpuštanjem kiselih spojeva pada pH i dolazi do otapanja anorganskog dijela koštane strukture. Organske komponente uklanjaju enzimi i osteoklasti procesom fagocitoze. Remodelacija trabekularne kosti započinje resorpcijom površine kosti, a kratko vrijeme nakon resorpcije i aktivnosti osteoklasta na scenu stupaju osteoblasti koji započinju odlagati novu kost (4, 6, 7).

U zdravom parodontu stalno se odvija razgradnja i izgradnja svih tkiva osim cementa, takozvani *turnover*. Točnije postoji mogućnost prilagodbe na različite intenzitete opterećenja prilikom žvakanja, ali i mogućnosti prilagodbe i obrane tkiva u slučaju infekcije koja nije izričito vezana uz imunološki sustav. Zdravo tkivo ima veću sposobnost obrane i u trenutku kada opterećenje tkiva postane veće od mogućnosti reaktivne prilagodbe na novonastale uvjete nastupa bolesti, odnosno, u ovom slučaju, parodontitis. Brzinom *turnovera* upravljaju različiti medijatori, u prvom redu citokini (4).

2.2. Nova klasifikacija parodontnih bolesti i stanja

Parodontitis je kronična inflamatorna bolest usko povezana s biofilmom koju karakterizira progresivno razaranje potpornog aparata zuba. Multifaktorijalne je etiologije (6). Primarnim etiološkim faktorom razvoja ove bolesti smatraju se parodontopatogeni mikroorganizmi prisutni u subgingivalnim naslagama na površini korijena zuba, no u etiologiji nastanka parodontitisa ključni su čimbenici vezani uz domaćina kao što su, primjerice, genetski određena imunološka obrana te opći sindromi i bolesti koji utječu na pojavu i tijek parodontitisa. Isto su tako važne navike i općenito održavanje zdravlja te vođenje brige o usnoj šupljini, pri čemu se bitno naglašava nepogodna navika pušenja duhanskog dima. Osim toga ulogu u nastanku bolesti imaju i socioekonomsko okruženje te psihički napor i stres koji utječu na imunološki sustav. Glavne su karakteristike parodontitisa klinički gubitak pričvrstka, radiološki vidljiv gubitak kosti, prisutnost parodontnih džepova te krvarenje gingive (4,6).

Prema međunarodno priznatoj klasifikaciji iz 1999. godine parodontitis se dijeli na kronični, agresivni i parodontitis kao manifestacija sistemskih bolesti te na nekrotizirajuće parodontne bolesti i parodontne apscese. Iako je klasifikacija bila u redovitoj uporabi dugi niz godina, javila se potreba za njezinom revizijom zbog nelogičnosti u podjeli. Da bi dva oblika parodontitisa bila klasificirana kao zasebna, moraju se razlikovati patohistološki i etiološki.

Međutim prema trenutačnim spoznajama ne postoje dokazi koji bi podupirali razliku između kroničnog i agresivnog oblika parodontitisa pa su oni prema novoj klasifikaciji iz 2017. godine grupirani u zajedničku kategoriju pod nazivom parodontitis. Preostale su dvije kategorije klasifikacije parodontnih bolesti nekrotizirajući parodontitis te parodontitis kao manifestacija sistemske bolesti. Dogovoreno je da će se parodontitis sustavno opisivati putem stadija i razreda. Stadij određuje početno stanje bolesti i složenost potrebnog terapijskog postupka. Sustav razreda donosi dodatne informacije o biološkim karakteristikama bolesti analizom povijesti bolesti s obzirom na stupanj progresije, procjenu rizika za daljnje napredovanje bolesti u slučaju lošeg ishoda liječenja, procjenu rizika za negativan učinak terapije ili same bolesti na sistemsko zdravlje pacijenta. Sustav stadija ima četiri kategorije, označene brojevima od 1 do 4, i određuje se pomoću nekoliko varijabli. To su: gubitak kliničkog pričvrstka, količina i postotak gubitka kosti, dubina sondiranja, prisutnost i opseg angularnih koštanih defekata te zahvaćenost račvišta korjenova, pomičnost zuba i gubitak zuba zbog parodontitisa. Sustav razreda uključuje tri razine. Razred A predstavlja niski rizik, razred B umjereni rizik i razred C visoki rizik za napredovanje bolesti. Uz to sustav razreda obuhvaća i čimbenike vezane uz progresiju same bolesti, opće zdravstveno stanje i ostale rizične čimbenike kao što su pušenje i dijabetes. Prema tome sustav razreda omogućuje da se individualne pojedinosti o zdravstvenom stanju i navikama pacijenta uključe u postavljanje konačne dijagnoze. Nekrotizirajuće parodontne bolesti dijele se na nekrotizirajući gingivitis, parodontitis i stomatitis, a klasifikacija parodontnih bolesti kao manifestacija sistemske bolesti treba biti utemeljena na primarnoj sistemskoj bolesti klasificiranoj prema međunarodnim standardima (8, 9).

2.3. Ciljevi liječenja parodontitisa

Osnovni cilj terapije parodontitisa jest potpuno izlječenje, a zatim i regeneracija svih narušenih struktura potpornog aparata zuba. Unatoč težnji, nažalost, nije moguće postići potpunu regeneraciju tkiva nakon provedene terapije kao što je slučaj u terapiji gingivitisa, pri čemu nema gubitka pričvrstka. Terapija se prema tome smatra uspješnom s obzirom na realne ishode koje možemo očekivati, a to su reparacija tkiva, zaustavljanje daljnjeg gubitka pričvrstka te eliminacija ili redukcija klinički vidljivog upalnog procesa. Ostali ciljevi liječenja su, primjerice, poboljšanje funkcije i estetike plastičnim zahvatima, poboljšanje kontura gingive i koštanog tkiva u svrhu olakšavanja provedbe oralne higijene, stabilizacija

pomičnih i nadomještanje izgubljenih zubi, augmentacija alveolarnog nastavka te funkcionalno liječenje (4, 6).

2.4. Tijek parodontološke terapije

Princip liječenja parodontnih bolesti doista je jednostavan, a temelji se na čišćenju zubi i zubnih korjenova. Kako su parodontne bolesti uzrokovane parodontopatogenim mikroorganizmima, liječenje mora primarno imati antimikrobnu narav. Redukcija i eliminacija uzročnika u pravilu se postiže mehaničkom terapijom zahvaćenog zuba, a ponekad je potrebno uključiti i medikamentozno adjuvantno liječenje, bilo sistemsko bilo lokalno (6).

Tijek liječenja parodontnih bolesti ovisi o vrsti, težini i proširenosti bolesti, a može se podijeliti u nekoliko faza. Međutim detalji provedbe terapije ovise i o naklonosti kliničara određenoj vrsti liječenja, željama i financijskim mogućnostima pacijenta, njegovom stupnju motivacije i stavu te životnoj dobi (6).

Pretfaza, poznata i kao faza 0 ili sistemska faza, temelji se na prikupljanju podataka o pacijentu s ciljem zaštite medicinskog osoblja, ali i samog pacijenta. Potrebno je uzeti detaljnu opće medicinsku i stomatološku anamnezu i postaviti privremenu dijagnozu. Cilj je ove faze eliminacija sistemskih stanja i ostalih čimbenika rizika koji bi mogli utjecati na terapijski ishod. Jako je važno na vrijeme prepoznati pacijente teško oboljele od kardiovaskularnih, plućnih, bubrežnih, endokrinoloških i psihičkih bolesti te pacijente oslabljenog imunološkog sustava. S obzirom na to da pušenje i dijabetes predstavljaju dva najveća faktora rizika za razvoj parodontnih bolesti, također je potrebno provjeriti taj podatak za vrijeme uzimanja anamneze. Na taj se način štiti pacijent, ali i sam stomatolog, a to se prije svega odnosi na zaštitu od infektivnih bolesti. Isto je tako svakog pacijenta potrebno smatrati potencijalno oboljelim i pridržavati se osnovnih zaštitnih mjera. Ova faza uključuje i provedbu inicijalne terapije I odnosno supragingivalno uklanjanje zubnih naslaga. Procjenjuje se i stupanj provedbe oralne higijene te podučava pacijenta pravilnoj primjeni sredstava potrebnih za adekvatno održavanje oralnog zdravlja. Vrlo je važno da se pacijentu u ovoj fazi pruže sve bitne informacije o samoj bolesti, naglasi važnost provedbe oralne higijene i značaj njegovog doprinosa konačnom ishodu liječenja. Mnogi pacijenti, koji boluju od parodontitisa, često nisu svjesni svoje bolesti i javljaju se liječniku tek pri akutnim simptomima upale i boli. Takvi se slučajevi smatraju hitnim stanjima u parodontologiji i zahtijevaju trenutno

zbrinjavanje. To su, primjerice, nekrotizirajući gingivitis/parodontitis, parodontni apsces, akutni gnojni džepovi i tako dalje. Prethodno je potrebno uzeti kratku anamnezu i provesti klinički i rendgenski pregled. Anamneza je vrlo bitna prije provedbe bilo kakvih intervencija kako bi se na vrijeme prepoznali rizični pacijenti kojima je, primjerice, potrebno ordinirati antibiotsku profilaksu ili modificirati zahvat. Pretfaza se u pravilu provodi uvijek na isti način za sve pacijente (4, 6).

Faza 1, poznata i kao nekirurška, kauzalna, antimikrobna ili antiinfektivna, sljedeća je u nizu. Naziv antiinfektivna terapija koristi se jer je glavni cilj eliminacija ili smanjenje broja parodontopatogenih mikroorganizama iz džepa i okolnog tkiva. S druge strane naziv antimikrobna koristi se jer se mehaničkoj instrumentaciji može dodati i učinkovito antimikrobno sredstvo kako bi se stvorili uvjeti za postizanje konačnog cilja, a to je cijeljenje parodonta. Nakon pretfaze u kojoj su uklonjeni plak i supragingivalni zubni kamenac, i nakon što pacijent poboljša provedbu oralne higijene, dolazi do smanjenja upale i otoka tkiva. Tek je tada moguće postaviti konačnu dijagnozu na temelju određenih kliničkih parametara kao što su dubina sondiranja i gubitak pričvrstka te definirati plan terapije. Učestalo se koristi i naziv nekirurška terapija jer se faza temelji na uklanjanju subgingivalnih zubnih naslaga zatvorenim poliranjem korjenova, to jest provedbi inicijale terapije 2. Faza 1 liječenja smatra se „zlatnim standardom“ i nju nadopunjuje parodontna kirurgija odnosno faza 2 liječenja koja omogućuje otvoreno „čišćenje“ korjenova pod kontrolom oka. U pravilu faza 1 dovodi do dobrih rezultata kod početnih oblika parodontitisa, a kod umjerenih i uznapredovalih oblika parodontitisa postoje ograničenja. Nakon što je provedena faza 1 liječenja, potrebno je pacijenta naručiti na ponovni pregled nakon 8 tjedana i napraviti reevaluaciju odnosno procjenu slučaja. Ukoliko rezultati liječenja nisu zadovoljavajući, utoliko se može dodatno izvršiti zatvorena mehanička instrumentacija površine korijena. U slučaju zaostajanja dubokih džepova, zahvaćenosti furkacija ili prisustva unutar koštanih defekta potrebno je provesti kirurški oblik terapije ili fazu 2 liječenja. Prema tome primarni je cilj parodontne kirurgije uklanjanje inficiranog džepa koji je perzistirao nakon provedene zatvorene instrumentacije, dok je sekundarni cilj korekcija defekta gingive i kosti čime se pacijentu olakšava provođenje oralne higijene. Pri odabiru kirurškog ili nekirurškog oblika liječenja treba uzeti u obzir i pacijentove želje te stupanj motivacije (6).

Faza 3 naziva se još i preventivna, antiinfektivna i „doživotna“. To je faza održavanja, odnosno *recalla* koja započinje svršetkom provedbe parodontološke terapije i traje čitavog života. Dugoročni uspjeh terapije najviše ovisi o ovoj fazi čiji su ciljevi održavanje zdravlja

usne šupljine, prevencija nastanka parodontnih bolesti, prevencija ponovne infekcije rezidualnih džepova te prevencija nastanka karijesa. Ciljevi se postižu redovitim naručivanjem pacijenata na preglede te reevaluacijom, motiviranjem i opetovanim informiranjem pacijenta o provedbi oralne higijene, površinskim uklanjanjem zubnih naslaga, dubinskih uklanjanjem zubnih naslaga u slučaju prisustva infekcije te topikalnom fluoridacijom (6).

2.5. Nekirurška parodontološka terapija

S obzirom na tijek liječenja parodontnih bolesti nekirurška parodontološka terapija smatra se fazom 1 i „zlatnim standardom“ među terapijskim postupcima liječenja početnog i umjerenog oblika parodontitisa. Temeljni cilj klasične nekirurške terapije jest eliminacija parodontopatogenih mikroorganizama iz parodontnog džepa i okolnog tkiva te postizanje čiste, glatke i biokompatibilne površine korijena zuba. Tijekom terapije vrši se mehanička instrumentacija kontaminirane površine korijena, odnosno zatvoreno struganje i poliranje korijena posebno dizajniranim instrumentima, te dodatna primjena lokalnih lijekova (antibiotici, antiseptici), a u teškim oblicima bolesti i primjena sistemskih antibiotika kako bi se kemijski djelovalo na nedostupnim i mehanički neobrađenim područjima (6).

Struganje je postupak kojim se uklanja plak i kamenac sa zubne strukture, dok se poliranje odnosi na uklanjanje omekšalog cementa nakon čega površina korijena ostaje tvrda i zaglađena. Kod nekirurškog pristupa instrumentaciji površina korijena nije vidljiva golim okom, odnosno kliničar ne pomiče gingivalno tkivo u svrhu prikazivanja oboljelog tkiva (4).

Postupak čišćenja zuba odnosno debridement započinje supragingivalnim struganjem kojim se uklanja kamenac smješten iznad razine gingive te uklanjaju odstojeći ispuni, ako postoje. Svrha je postupka uklanjanje biofilma iz gingivalnog džepa kako bi se spriječilo daljnje uništenje parodontnog tkiva i zaustavila upala gingive. Sam postupak može se vršiti ručnim ili strojnim instrumentima nakon čega slijedi obrada površine zuba gubicama i četkicama te pastom za poliranje. Supragingivalnu instrumentaciju moguće je provesti u jednom posjetu. Nakon toga slijedi postupak subgingivalne zatvorene instrumentacije prije čega je poželjna primjena lokalnog anestetika kako bi pacijentu zahvat bio što ugodniji i bezbolniji. Također je potrebna i procjena stupnja oštećenja parodontnih struktura u sva četiri kvadranta te stvaranje terapijskog plana u vidu određivanja broja zubi koji će se instrumentirati tijekom jedne posjete. Iako se definicijom struganje i poliranje razlikuje, ta se dva postupka odvijaju

istovremeno te je teško odrediti kad jedan postupak završava, a drugi započinje. Nakon uklanjanja mekih i tvrdih naslaga s površine korijena uklanjaju se i omekšali cement te dio dentina. Njih odnosi rezni brid instrumenta (4, 6).

Instrumenti za struganje i poliranje površine korijena mogu se podijeliti na ručne, ultrazvučne i zvučne, rotirajuće, recipročne te laserske (4).

Temeljni instrument ručne instrumentacije korjenova je kireta. Ona se koristi za *scaling* odnosno odstranjivanje plaka i zubnog kamenca, subgingivalno čišćenje i poliranje korjenova te za kiretažu mekog tkiva. Posebno je konstruirana kako bi njome bilo moguće pristupiti teško dostupnim i oku nevidljivim mjestima oko površine korijena. Sastoji se od tri osnovna dijela: drške, vrata i radnog dijela oštrice koja je najčešće izrađena od nehrđajućeg čelika, karbidnog čelika ili karbidnog volframa. Kirete se mogu podijeliti u dvije skupine: univerzalne i specijalne. Univerzalne kirete dvostrano su nabrušene, dok specijalne kirete imaju oštricu samo s jedne strane. Također postoji razlika u kutu koji zatvaraju krajnji dio drške i radni završetak. Kod univerzalnih kireta taj kut iznosi 90 stupnjeva, dok kod specijalnih kireta iznosi 70 stupnjeva. Najčešće su u uporabi specijalne kirete po Graceyju. Na tržištu se nalaze u obliku potpunog i skraćenog seta. Potpuni set sastoji se od sedam obostranih instrumenata, dok se skraćeni set sastoji od četiri obostrana instrumenta. U skraćenom setu kirete su označene bojom. Gracey 5/6, žute boje, koristi se za instrumentaciju sjekutića i očnjaka. Gracey 7/8, sive boje, koristi se za instrumentaciju bukalnih i oralnih ploha pretkutnjaka i kutnjaka. Gracey 11/12, crvene boje, koristi se za instrumentaciju mezijalnih ploha pretkutnjaka i kutnjaka, dok se Gracey 13/14, plave boje, koristi za instrumentaciju distalnih ploha navedenih zubi. Postoje i specijalne Gracey kirete kao što su: After-five, Mini-five, Rigid i Curvette. One se koriste u posebnim situacijama, primjerice, kada su prisutni uski i duboki džepovi, distalni džepovi, kada pacijent otežano otvara usta itd. (4, 6).

Strojni instrumenti koji se najčešće koriste za supragingivalno i subgingivalno čišćenje zubi mogu se podijeliti na zvučne i ultrazvučne.

Zvučni instrumenti izumljeni su tijekom 60-ih godina 20. stoljeća. Rade na principu komprimiranog zraka i stvaraju vibracije od 6000 do 9000 herca (Hz) s amplitudom vrha 1000 mikrometara. Plak i kamenac uklanjaju se lupkanjem vrha radnog nastavka.

Ultrazvučni instrumenti mogu se podijeliti na magnetostriktivne i piezoelektrične. Magnetostriktivni instrumenti osmišljeni su 50-ih godina 20. stoljeća. Pokreće ih metalna

pločica i feritni umetak koji čine „živu jezgru“ stvarajući alterirajuće elektromagnetsko polje što dovodi do kontrakcije ili ekspanzije željezne jezgre. Kod Piezoelektričnih instrumenata vibracije stvaraju promjene u dimenzijama kvarcnog kristala uslijed prolaska izmjenične struje. Vibracije se prenose na vrh instrumenta koji ima amplitudu između 13 i 72 mikrometara, dok frekvencija iznosi između 20000 i 45000 Hz. Plak i kamenac uklanjaju se strugajućim ili tuckajućim pokretima vrha. Kod primjene ultrazvučnih instrumenata treba osigurati adekvatno vodeno hlađenje kako se ne bi oštetilo zubno tkivo, ali i pregrijao sam instrument. Ultrazvučni instrumenti kontraindicirani su kod pacijenata s infektivnim bolestima te kod pacijenata s pacemakerom. Također postoji opasnost od bakterijemije, stoga se kod rizičnih pacijenata mora provesti profilaksa prema zadanim smjernicama. Primjena ultrazvučnih instrumenata kontraindicirana je na krunicama i svim ostalim cementiranim oblicima restauracija (4, 6, 10).

Nakon što je postavljena konačna dijagnoza i plan terapije kreće postupak liječenja. Ovisno o skupini zuba i morfološkim osobitostima odabire se odgovarajući ručni instrument (kireta) koji se može kombinirati s ultrazvučnim instrumentom. Kirete se drže modificiranim hvatom olovke kako bi kliničar lakše kontrolirao pokrete pri izvođenju terapijskog postupka. Vrlo je bitno pravilno postaviti radni kraj oštrice prema zubnoj površini kako bi se postigao željeni učinak. Naličje oštrice mora biti paralelno s površinom korijena te u laganom kontaktu s njom. Također je jako bitno osigurati stabilno uporište za prst, po mogućnosti što bliže površini koju je potrebno instrumentirati. Osigurano uporište omogućuje dobru angulaciju kirete i mogućnost prenošenja sile na instrument rotacijom podlaktice i ručnog zgloba. Nakon što se instrument pravilno uvede u prostor džepa prema plohi zuba koju je potrebno obraditi, hvat instrumenta postaje sve snažniji i sila na površinu korijena postaje sve veća. Oštrica se pokreće u koronalnom smjeru čvrstim pokretima dok površina korijena ne bude glatka i tvrda. Provjera se vrši parodontnom sondom, no valja naglasiti da je potpuno uklanjanje svih subgingivalnih naslaga nemoguće te je stoga potrebna redovita kontrola terapijskih ishoda. Nakon provedene kauzalne terapije trebalo bi doći do smanjenja dubine sondiranja, nestanka gingivitisa, smanjenja mobilnosti zuba te do poboljšanja kontrole plaka. Ukoliko se klinički parametri ne poboljšavaju i upala perzistira, utoliko je potrebno isplanirati daljnji tijek terapije koji ide u smjeru parodontalne kirurgije. Vrlo bitno je i kontinuirano i dobro provođenje oralne higijene te konstantna edukacija pacijenata uz pružanje svih potrebnih informacija. FMT, *full mouth therapy*, naziv je za antimikrobnu i antiinfektivnu terapiju cijele usne šupljine. Temelji se na činjenici da nije dovoljno samo mehanički ukloniti naslage s površine

korijena, već djelovati i na ostale prisutne mikroorganizme koji se nalaze u parodontnim džepovima i cijeloj usnoj šupljini kako bi se spriječila pojava rezidulanih džepova. FMT koristi pristup FDIS, *full mouth disinfection*, odnosno dezinfekcije cijele usne šupljine. Prvi korak FMT-a jest produljena higijenska faza dok pacijent ne dosegne zadovoljavajuću razinu oralne higijene, odnosno dok se plak indeks i krvarenje prilikom sondiranja ne smanje na 15%. Naglasak je na odgovarajućoj tehnici četkanja zubi i čišćenju jezika. Od farmakoloških sredstava pacijent koristi klorheksidinske preparate barem dan ili dva prije instrumentacije površine korjenova. Farmakomehaničku zatvorenu terapiju džepova poželjno je provesti unutar 24 sata nakon čega je pacijenta potrebno redovito kontrolirati u svrhu procjene stupnja oralne higijene (4).

2.6. Stvaranje i emisija laserske zrake

Laser je uređaj koji kontrolira način na koji pobuđeni atomi otpuštaju fotone. Izraz dolazi od engleskog pojma, *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, što se na hrvatskom jeziku prevodi kao pojačavanje svjetlosti pomoću stimulirane emisije zračenja (1).

Rad laserskih uređaja temelji se na Einsteinovoj kvantnoj teoriji radijacijske hipoteze. Prema teoriji elektroni su u elektronskom omotaču oko atomske jezgre obično smješteni na putanjama bliže jezgri koja je niže energije i apsorpcijom vanjske energije mogu se premjestiti na višu energetska razinu. Ta viša energetska razina nestabilna je i elektron se vraća u stabilno stanje, a pritom se apsorbirana energija spontano oslobađa u obliku fotona (1).

Sistem za pobuđivanje unutar lasera služi kao početni izvor energije da bi započela emisija fotona. Najčešće se radi o električnom izvoru energije, no može se koristiti i kemijska ili optička energija (1). Laserski izvor energije proizvodi foton unutar optičkog rezonatora koji se spontano emitira. Foton iz optičkog rezonatora ulazi u interakciju s molekulama medija uzrokujući skok elektrona s niže na višu energetska razinu. Elektron se vraća na nižu energetska razinu oslobađajući pritom još jedan foton. Prema tome jedan spontano emitirani foton u interakciji s medijem uzrokuje oslobađanje 2 fotona. Stimulirani fotoni dalje mogu ući u interakciju s drugim molekulama medija što posljedično dovodi do eksponencijalnog porasta broja identičnih fotona koje karakterizira ista frekvencija i smjer gibanja unutar zajedničke faze kroz prostor i vrijeme. Takva skupina fotona čini koherentnu, kolimiranu, monokromatsku lasersku zraku (11).

Da bi proizveli zraku svjetlosti, laseri koriste nekoliko osnovnih sastavnica. To su optički rezonator, aktivni medij i sistem za pobuđivanje koji služi kao početni izvor energije. Medij se nalazi unutar rezonatora i može biti u čvrstom, tekućem ili plinovitom stanju. Dentalni su laseri imenovani prema vrsti medija (1).

Optički rezonator sadrži medij i dva paralelna zrcala postavljena na suprotnim krajevima kućišta. Jedno je zrcalo potpuno reflektirajuće, a drugo djelomično, što omogućuje izlazak laserske zrake iz rezonatora. Potpuno reflektirajuće zrcalo reflektira sve fotone natrag u medij, dok djelomično reflektirajuće zrcalo reflektira većinu fotona omogućujući drugima prolazak kroz njega. Na taj se način formira laserska zraka. Nakon što je laserska zraka stvorena, napušta optički rezonator i prolazi kroz konvergentni sustav leća koje fokusiraju zraku u žarišnu točku odnosno u područje ograničene površine gdje se želi djelovati laserom (11, 12).

2.7. Karakteristike laserske zrake

Emitirana laserska zraka razlikuje se obične svjetlosti. Tri su ključne razlikovne karakteristike. Laserska zraka opisuje se kao monokromatska, koherentna i kolimirana. Pojam monokromatska podrazumijeva emisiju zračenja samo jedne frekvencije, odnosno samo jedne valne duljine, koja je karakteristično obilježje pojedine vrste lasera. Ona ovisi o vrsti medija unutar optičkog rezonatora, a određena je količinom oslobođene energije za vrijeme povratka elektrona u osnovno energetska stanje. Koherentnost označava prostorni i vremenski smještaj valnih duljina unutar iste faze, dok kolimiranost označava paralelnost zraka unutar snopa. Zrake unutar snopa svjetlosti žarulje nisu paralelne i divergiraju, što posljedično dovodi do smanjenja intenziteta porastom udaljenosti (13). Valna duljina lasera također određuje stupanj rasipanja, prodiranje u tkivo i količinu energije koju tkivo apsorbira. Laser s minimalnim rasipanjem mnogo je precizniji te se više energije prenosi na tkiva, stoga se koristi za rezanje. S druge strane laser s većim rasipanjem pogodniji je za koagulaciju tkiva. Za učinak lasera na tkivo također je bitno i vrijeme ekspozicije pa se, prema tome, razlikuju kontinuirani i pulsni način rada lasera. Kontinuirani način rada označava neprekinutu isporuku zračenja tijekom određenog vremena, dok pulsni način rada označava nekontinuiranu isporuku zračenja, odnosno isporuku veće količine laserske energije samo za vrijeme trajanja impulsa. Pulsni način rada sprječava dublju penetraciju zrake u tkiva i minimalizira toplinski učinak (1).

2.8. Izlazne jedinice i način isporuke laserske zrake

Snop laserskih zraka treba biti precizno dostavljen do željenog mjesta. Dva najčešće korištena sustava isporuke laserske zrake su isporuka fleksibilnim šupljim vodom ili cijevi koja ima unutarnji zrcalni završetak te fiberoptičkom niti različitog promjera. Način prijenosa laserske zrake od mjesta nastanka do mjesta primjene određen je vrstom prijenosnika. Razlikujemo kontaktne i beskontaktne prijenosnike. Svi klasični stomatološki instrumenta koriste kontaktan način rada koji operateru pruža određenu sigurnost i taktilni osjet, dok beskontaktni način rada zahtijeva veću pozornost operatera kako ne bi došlo do neželjene interakcije s tkivom. Za vrijeme beskontaktnog načina primjene lasera zraka je usmjerena nekoliko mm od cilja. Laserske zrake nevidljivog dijela spektra uvijek imaju dodatak pilot zrake koja je usmjerena duž aksijalne osi vlakna ili cijevi olakšavajući operateru izvedbu zahvata. I kod jednog i drugog načina prijenosa sustav leća unutar laserskog uređaja usmjerava snop zraka u žarišnu točku (13).

2.9. Karakteristike laserske terapije

2.9.1. Dubina penetracije laserske zrake u tkivo

Laserska zraka svjetlosti može imati četiri različite vrste interakcija s biološkim tkivom ovisno o njegovim optičkim svojstvima. Može doći do apsorpcije, transmisije, refleksije ili disperzije svjetlosti. Transmisija označava direktni prijenos laserske energije kroz ciljano tkivo bez utjecaja na njega. Refleksija je odbijanje snopa emitiranih zraka od površine tkiva bez utjecaja na njega. Ovaj oblik interakcije može biti potencijalno opasan ako se reflektirana zraka usmjeri na nenamjerno područje, primjerice oko, gdje može izazvati neželjene posljedice. Kod rasipanja ili disperzije, kao oblika interakcije, raspršena je energija puno manja od prvobitno emitirane pa izostaje željeni terapijski učinak. Zbog prijenosa topline rasipanje može prouzročiti neželjeni učinak na okolno tkivo u vidu termičkih oštećenja (13).

Najznačajniji oblik intrakcije, o kojem najviše ovisi učinkovitost lasera, jest apsorpcija odnosno dubina penetracije laserske zrake u tkivo (5). Stupanj apsorpcije ovisi o načinu emisije i valnoj duljini laserske svjetlosti te o prisutnosti kromofora u ciljanom tkivu (13). Kromofori su tkivne komponente koje privlače lasersku svjetlost. U biološkim tkivima to su voda, hidroksiapatit te pigmenti hemoglobin i melanin. Meko tkivo pretežito se sastoji od vode koja predstavlja glavni kromofor. Tvrdo zubno tkivo i kost sadrže visoki udio minerala

hidroksiapatita i manji udio vode, dok je u prisutnosti karijesnih lezija smanjen udio minerala, a povećan udio vode. Upalno granulacijsko tkivo dobro je prokrvljeno i sadrži bakterije koje su često dobro pigmentirane. U tom slučaju tkivni kromofori su pigmenti hemoglobin i melanin (11).

Kromofori apsorbiraju lasersku svjetlost određene valne duljine. Generalno vrijedi pravilo da pigmentirano tkivo bolje apsorbira lasersko zračenje manje valne duljine (od 500 do 1000 nanometara (nm)) dok voda i hidroksiapatit prvenstveno apsorbiraju zračenja veće valne duljine. Sukladno tome odabire se vrsta lasera karakteristične valne duljine svjetlosti kako bi se ostvario željeni terapijski učinak na tkiva (13).

Apsorpcija je usko povezana i s vrijednošću koeficijenta apsorpcije u vodi. Niži apsorpcijski koeficijent u vodi ukazuje na dublji prodor laserske zrake u tkivo.

Lasere možemo podijeliti u dvije skupine s obzirom na dubinu prodora zrake u tkivo: dubokopenetrirajući i površinski apsorbirajući laseri. Predstavnicima prve skupine su *Neodymium-doped: Yttrium-Aluminium-Garnet* (Nd:YAG) i diodni laseri, a predstavnicima druge skupine ugljikov dioksidni (CO₂), *Erbium-doped: Yttrium-Aluminium-Garnet* (Er:YAG) i *Chromium-doped: Yttrium Scandium-Gallium-Garnet* (Er, Cr:YSGG) laseri (5).

2.9.2. Ablacija tkiva

Dentalni laseri koji se koriste u terapiji parodontnih i periimplantantnih bolesti mogu se podijeliti u tri skupine: laseri za ablaciju mekog tkiva, laseri za ablaciju tvrdog i mekog tkiva te niskoenergetski laseri za biomodulaciju. CO₂, diodni i Nd:YAG laseri pripadaju skupini lasera za ablaciju mekog tkiva. Erbijum laseri upotrebljavaju se za ablaciju tvrdog i mekog tkiva, a niskoenergetski diodni laseri ostvaruju biomodulacijski učinak na tkiva (3).

Laserska zraka djeluje na tkivo na nekoliko načina. Fototermalni efekt osnovni je način djelovanja većine dentalnih lasera. Nakon apsorpcije laserske zrake energija se pretvara u toplinu i dolazi do evaporacije odnosno uklanjanja mekog tkiva. Na taj način djeluju CO₂ i erbijum laseri. Međutim pri radu s diodnim i Nd:YAG laserima dio emitirane svjetlosti pretvara se u toplinu refrakcijom ili difuznom refleksijom na vršku instrumenta. Taj sekundarni termalni efekt na zagrijanom vršku instrumenta omogućuje rezanje mekog tkiva. Prema tome koaguacija i evaporacija ostvarene su kontaktom zagrijanog vrška s ciljanim tkivom, a ne samom laserskom energijom (5).

Za ablaciju tvrdog tkiva upotrebljavaju se erbijum laseri. Pretpostavka je da se učinak ostvaruje termomehaničkim efektom. Interakcija laserske zrake i tvrdih zubnih tkiva rezultira isparavanjem molekula vode koje okružuju kristalne strukture. Posljedično dolazi do porasta tlaka unutar tkiva i nastanka mikroeksplozija koje vode do mehaničkog raspada tkiva. Ablatirana površina pokazuje mikrostrukturalni izgled s minimalnim termičkim promjenama (5, 13).

2.9.3. Termičke nuspojave i hemostaza

Ablacija tkiva fototermalnim efektom može biti popraćena različitim stupnjevima termičkih oštećenja. Nd:YAG laser, kao dubokopenetrirajući tip lasera, uzrokuje nastanak relativno debelog koagulacijskog sloja na površini ozračenog tkiva što dovodi do snažnog hemostatskog učinka. Prema tome Nd:YAG laser učinkovit je u ablaciji potencijalno hemoragičnog tkiva. CO₂ laser površinsko je apsorbirajući tip lasera koji vrlo malo prodire u tkivo. Sukladno tome stvara relativno tanak koagulacijski sloj u ozračenom području. Kako je ablacija uzrokovana oslobađanjem topline koja se ne rasipa, vrlo lako dolazi do karbonizacije ozračenih površina tkiva.

Među svim dentalnim laserima Er:YAG laser pokazuje najviši stupanj apsorpcije u vodi što minimalizira termički učinak na okolna tkiva za vrijeme primjene. Nd:YAG i CO₂ laseri uzrokuju velike termičke promjene na tvrdim zubnim tkivima u vidu karbonizacije, otapanja i ponovnog očvršćivanja tkiva. Diodni laser uglavnom ne djeluje na cement korijena, ali u prisutnosti krvi uzrokuje njegovu karbonizaciju (5).

2.9.4. Antimikrobni učinak lasera

Većina dentalnih lasera može izazvati uništenje ili deaktivaciju bakterijskih mikroorganizama fototermalnim efektom. Smatra se da antimikrobni učinak laserske terapije, u vidu održavanja operativnog polja dekontaminiranim, pospješuje postoperativno cijeljenje. S obzirom na to da Nd:YAG laser pokazuje selektivnu apsorpciju u pigmentima, postoji uvjerenje da bi mogao biti učinkovit u uništenju pigmentiranih bakterija kao što je *Porphyromonas gingivalis*, a koja je povezana s nastankom parodontnih bolesti. Laseri pokazuju i sposobnost deaktivacije bakterijskih endotoksina. Navedeni antimikrobni učinci laserske terapije mogu dodatno pospješiti cijeljenje u odnosu na samostalno provedenu konvencionalnu mehaničku terapiju.

Smatra se da bi lasersko ozračivanje površine korijena moglo spriječiti kolonizaciju bakterija i time pridonijeti terapiji i održavanju parodontnih džepova. Također se istražuje i potencijalni učinak laserske terapije u prevenciji nastanka bakterijemije za vrijeme parodontološke terapije (5).

2.9.5. Fotobiomodulacija

Fotobiomodulacija još je jedna zanimljiva karakteristika laserske terapije. Predstavlja biostimulaciju tkiva i stanica laserskim zračenjem (5). Pretpostavlja se da apsorpcijom laserske svjetlosti započinje fotokemijska reakcija unutar stanica te dolazi do kemijskih i metaboličkih promjena u tkivu. Posljedično dolazi do povećane proliferacije fibroblasta i bržeg cijeljenja rane. Međutim događanja na staničnoj razini još uvijek nisu do kraja razjašnjena (3, 5).

U procesu reparacije ili regeneracije parodontnih tkiva, fotobiomodulacija može omogućiti brže i povoljnije cijeljenje rane u odnosu na konvencionalnu mehaničku terapiju, a zamijećeno je i smanjenje upale i bolnih senzacija (5).

Ovisno o razini primijenjene energije, lasersku terapiju dijelimo na niskoenergetsku i visokoenergetsku. Visokoenergetska laserska terapija obično se primjenjuje u svrhu ablacije patološki promijenjenog tkiva i održavanja radnog polja aseptičkim, što u konačnici dovodi do poboljšanja cijeljenja i regeneracije tkiva. Niskoenergetska laserska terapija stimulira stanice i tkiva, bez izazivanja ireverzibilnih promjena, dovodeći do bržeg cijeljenja parodontnog tkiva. Prema tome fotobiomodulacija provodi se laserima niske energije. Visokoenergetska i niskoenergetska laserska terapija mogu biti provedene istovremeno jer za vrijeme visokoenergetske laserske terapije dio energije prodire ili se raspršuje u okolno tkivo. Fototermalni efekt proizveden visokoenergetskom terapijom također može djelovati biostimulativno na tkiva i pospješiti cijeljenje (12).

2.10. Dentalni laseri u nekirurškoj parodontološkoj terapiji

Uporaba dentalnih lasera u sklopu nekirurške parodontološke terapije djeluje obećavajuće u procesu dekontaminacije parodontnih džepova i površine korijena zahvaljujući njihovom ablativnom i antimikrobnom učinku. Primjenjuju se kao pomoćna terapija ili kao alternativa klasičnoj mehaničkoj instrumentaciji (5).

2.10.1. Diodni laseri

Diodni laser ime je dobio po čvrstom aktivnom mediju kojeg sačinjava poluprovodljivi kristal nastao kombinacijom aluminijske ili indijske, galijne i arsenske. Na krajevima optičkog rezonatora nalaze se zrcala, a izvor početne energije električna je struja. Valne duljine koje se primjenjuju u dentalnoj medicini kreću se između 800 i 980 nm. Isporuka laserske energije vrši se fiberoptičkim nitima u kontinuiranim valovima ili impulsima te kontaktnim ili beskontaktnim načinom. Pigmentirano tkivo apsorbira valne duljine diodnih lasera te zrake prodiru duboko u tkivo. Tvrda zubna tkiva minimalno apsorbiraju lasersku energiju što omogućuje sigurno izvođenje zahvata na mekim tkivima u neposrednoj blizini zuba. Kontinuirani način emisije laserske energije može dovesti do brzog porasta temperature tkiva te se preporuča korištenje sustava za vodeno hlađenje (13).

Diodni laseri vrlo su praktični za izvođenje kirurških zahvata zbog manje veličine instrumenta. Djeluju na meka tkiva i primjenjuju se za rezanje i koagulaciju gingive i sluznice usne šupljine (13).

Zbog ablativnog učinka na meka tkiva i baktericidnog učinka na parodontopatogene bakterije, diodni laseri primjenjuju se u sklopu nekirurške parodontološke terapije. Brojna istraživanja idu u prilog primjeni diodnih lasera kao pomoćne terapije. U kombinaciji s klasičnom mehaničkom terapijom dolazi do značajnijeg poboljšanja kliničkih parametara kao što su smanjenje dubine sondiranja i krvarenja prilikom sondiranja (5).

Diodnim laserima niske energije provodi se oblik terapije nazvan fotobiomodulacija. Prema provedenim istraživanjima nekirurška parodontološka terapija u kombinaciji s fotobiomodulacijom dovodi do boljih kliničkih ishoda, a fotobiomodulacija doprinosi bržoj reparaciji ili regeneraciji tkiva i smanjenju operativne i postoperativne boli. S obzirom na to da su istraživanja rađena na maloj skupini ispitanika te određeni parametri nisu standardizirani, rezultate treba razmatrati s oprezom (3).

2.10.2. Erbijum laseri

Erbijum lasere čine Erbium-doped:Yttrium-Aluminium-Garnet (Er:YAG) i Erbium, Chromium-doped:Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet (Er, Cr:YSGG). Valna duljina Er:YAG lasera je 2940 nm, a Er, Cr:YSGG 2780 nm što odgovara infracrvenom području spektra (13).

Laserska energija prenosi se u obliku impulsa kontaktnim ili beskontaktnim načinom rada (3). Voda i hidroksilna skupina hidroksilapatita u visokoj mjeri apsorbiraju zračenja navedenih valnih duljina pa, prema tome, erbijum laseri efikasno djeluju na tvrda i meka tkiva.

Erbijum laseri koriste se za uklanjanje karijesne lezije. Interakcija laserske zrake i tvrdih zubnih tkiva rezultira isparavanjem vode koja okružuje kristalnu strukturu uzrokujući veliku volumnu ekspanziju koja dovodi do „eksplozije“ i uklanjanja okolnog materijala. Kako karijesom zahvaćeno tkivo sadrži veći udio vode, ono ima veću prednost u interakciji s laserskom zrakom od okolnog zdravog tkiva koje ostaje sačuvano za vrijeme preparacije kaviteta. Zdrava površina cakline može se dodatno površinski obraditi laserom prije unosa restorativnog materijala (13).

Ova skupina lasera također se primjenjuje u nekirurškoj parodontološkoj terapiji kao pomoćna terapija ili kao alternativa klasičnoj mehaničkoj instrumentaciji. Erbijum laseri pokazali su se djelotvornima u uklanjanju subgingivalnog kamenca, pritom ne uzrokujući termička oštećenja površine korijena. To je ostvareno reakcijom laserske zrake s molekulama vode koje okružuju kristalnu strukturu tvrdih zubnih tkiva i nalaze se u sastavu zubnog kamenca (5). S obzirom na to da kamenac sadrži sličan udio vode kao i cement korijena, postoji opasnost od njegovog prekomjernog uklanjanja (3).

2.10.3. Nd:YAG laseri

Nd:YAG pulsni je laser karakteristične valne duljine 1064 nm što odgovara infracrvenom dijelu elektomagnetskog spektra. Aktivni medij u čvrstom je stanju, a se sastoji od iona neodimija i kristala itrij aluminijevog granata. Laserska svjetlost može biti prenesena kroz fleksibilno fiberoptičko vlakno i isporučena intraoralno pomoću ručnog nastavka. Kontaktnim načinom rada kliničar ima bolju kontrolu i taktilni osjet (13). S obzirom na valnu duljinu laserska se svjetlost dobro apsorbira u upaljenom području, a transmitira kroz vodu što objašnjava duboku penetraciju u zdravo meko tkivo (3).

Zahvaljujući tankom i fleksibilnom fiberoptičkom sustavu isporuke uglavnom se primjenjuje u terapiji parodontnih džepova kao pomoćna metoda nakon provedene mehaničke instrumentacije ručnim ili ultrazvučnim instrumentima. Debridement mekog tkiva efikasnije se provodi laserom nego klasičnim instrumentima. Nd:YAG laser može dekontaminirati parodontni džep i izazvati evaporaciju epitelnog ruba džepa bez uzrokovanja nekroze i

karbonizacije temeljnog vezivnog tkiva. S obzirom na valnu duljinu laserska svjetlost koju isporučuju Nd:YAG laseri dobro se apsorbira u pigmentiranom tkivu. Kako su neke parodontopatogene bakterije bogate pigmentima, Nd:YAG laseri mogu djelovati baktericidno na takvu skupinu mikroorganizama. Gianelli i suradnici izvijestili su o postojanju parodontopatogenih bakterija unutar stanica smještenih izvan epitela džepa unatoč provedenoj mehaničkoj terapiji. Nd:YAG i diodni laseri pokazali su učinkovitost u eliminaciji tih zaostalih mikroorganizama nakon provedene konvencionalne terapije (5).

Što se tiče učinka Nd:YAG lasera na tvrda zubna tkiva, oni ne mogu efikasno ukloniti subgingivalni kamenac i ukoliko se nepravilno upotrebljavaju, utoliko mogu izazvati termička oštećenja površine korijena. To se posebice odnosi na produljenu primjenu veće količine energije laserskog zračenja koja može izazvati i oštećenja mekih tkiva zbog prekomjernog nakupljanja topline, što može imati negativan utjecaj na postoperativno cijeljenje rane. Međutim njihova klinička primjena u terapiji parodontnih džepova smatra se sigurnom ako se poštuju odgovarajući klinički parametri (5).

2.10.4. CO₂ laseri

CO₂ laser plinski je laser valne duljine 10600 nm. Aktivni medij mješavina je plinova s ugljikovim dioksidom (13). Za razliku od ostalih dentalnih lasera, valnu duljinu CO₂ lasera najviše apsorbiraju minerali hidroksiapatita i kalcijevog fosfata pa se tijekom parodontoloških zahvata na mekim tkivima treba izbjegavati izravan kontakt s tvrdim zubnim tkivima kako ne bi došlo do njihovog oštećenja. Dubina penetracije zrake u meka tkiva iznimno je plitka, a isporuka laserske energije može biti kontinuirana ili pulsna. Laserska zraka usmjerena je na tkivo bez izravnog kontakta pa se za vođenje zrake u područje parodontnog džepa koristi dodatna oprema (3).

Ne preporuča se primjena visokoenergetskih CO₂ lasera ili u kontinuiranom načinu rada direktno na površini korijena zuba. U kontaktu sa zubnim kamencem ili cementom korijena vrlo brzo dolazi do karbonizacije kao oblika termičkog oštećenja. Međutim njihovom primjenom na kontaminiranoj površini korijena pulsni načinom rada ili pri niskim energijama može nastati pogodan baktericidan učinak te kondicioniranje površine korijena (5).

2.11. Osnovni protokol nekirurške parodontološke laserske terapije

Nakon pravilno postavljene dijagnoze kliničar započinje terapijski postupak. Osnovni protokol nekirurške parodontološke laserske terapije uključuje nekoliko koraka. Nakon aplikacije lokalnog anestetika započinje se s inicijalnim laserskim ozračivanjem u svrhu uklanjanja epitelnog pričvrstka, redukcije broja mikroorganizama i prevencije bakterijemije. Pri radu s Nd:YAG i diodnim laserima treba biti na oprezu i izbjegavati produljeni kontakt laserske zrake s površinom korijena ili subgingivalnim kamencem zbog čega neki kliničari preporučaju njegovo prethodno uklanjanje. Sljedeći je korak uklanjanje subgingivalnog kamenca bilo klasičnom instrumentacijom bilo pomoću erbijum lasera kojima se također može istodobno vršiti inicijalno ozračivanje i uklanjanje naslaga. Nakon toga slijedi lasersko ozračivanje u svrhu dekontaminacije parodontnog džepa i redukcije broja bakterija te lasersko ozračivanje u svrhu koagulacije krvi u sulkularnoj tekućini na ulazu u džep. Nakon provedenog postupka pacijentu je potrebno dati upute o provođenju oralne higijene (3).

2.12. Antimikrobna fotodinamska parodontna terapija

2.12.1. Fotodinamska terapija

Fotodinamska terapija neinvazivan je oblik liječenja i primjenjuje se u mnogim granama medicine. Temelji se na sistemske ili lokalnoj primjeni fotoaktivatora koji se taloži u patološki promijenjenom tkivu (14). Fotoaktivator je boja čije molekule apsorbiraju svjetlost određene valne duljine, a apsorbirana energija dalje potiče kemijske reakcije u stanicama i tkivima (15).

Ovaj terapijski modalitet primjenjuje se i u parodontologiji kao dodatak nekirurškoj terapiji parodontnih i perimplantatnih bolesti. Antimikrobna fotodinamska terapija temelji se na kombiniranoj primjeni niskoenergetskog lasera i fotoaktivatora. Najčešće korištene boje, toluidinsko i metilenska modriilo, aktiviraju se valnim duljinama vidljivog dijela spektra, dok se indocijaninska zelena boja aktivira valnim duljinama infracrvenog dijela spektra (1).

Boja se unosi u parodontni džep i aktivira izvorom svjetlosti. Fotoaktivator vezan za bakterije uz prisustvo molekularnog kisika aktivira se svjetlošću određene valne duljine i dolazi do stvaranja atomarnog kisika i slobodnih radikala. Oni djeluju citotoksično na mikroorganizme, odnosno uzrokuju oštećenje deoksiribonukleinske kiseline (DNK) i stanične membrane (16).

2.12.2. Mehanizmi fotodinamske reakcije

Dva su glavna mehanizma fotodinamske reakcije i oba započinju na sličan način. Nakon što se fotoinicijator posvijetli, dolazi do njegovog pobuđivanja i prelazi u više energetska stanje. Iz tog se stanja može vratiti u osnovno energetska stanje uz emisiju fluorescencije ili prijeći u stabilniji oblik, takozvano *triplet* stanje.

Fotoinicijator u *triplet* stanju može ući u dvije različite vrste interakcija s biološkim molekulama što predstavlja ta dva mehanizma fotodinamske reakcije. U prvom tipu reakcije fotoinicijator spaja se s molekulama lipida, proteina ili ugljikohidrata pri čemu nastaju slobodni radikali. Ti slobodni radikali vrlo su reaktivni i u kontaktu s molekularnim kisikom nastaju slobodni kisikovi radikali. Nizom kaskadnih reakcija dolazi do uništenja ciljanih stanica zbog oksidativnog stresa.

U drugom tipu reakcije fotoaktivator reagira s molekularnim kisikom pri čemu nastaje atomarni kisik, na engleskom jeziku poznat pod nazivom *singlet oxygen*. Učinkovitost terapije uglavnom se prepisuje ovom tipu reakcije, međutim prevladavanje jednog ili drugog tipa reakcije ovisi o mnogim čimbenicima poput koncentracije kisika, pH tkiva i sl. Kako se kisik vremenom troši, počinje prevladavati prvi tip reakcije. Visokoreaktivni atomarni kisik uzrokuje oštećenje biomolekula u ozračenom području (16).

2.12.3. Fotodinamska terapija u liječenju parodontnih bolesti

Tradicionalnom nekirurškom parodontološkom terapijom eliminiraju se uzročnici upale te dolazi do cijeljenja tkiva. Međutim ishodi terapije ne moraju uvijek biti uspješni. Na uspjeh utječe dubina džepova, ali i morfologija korjenova zubi zahvaćenih parodontitisom. Područje furkacije kutnjaka teško je dostupno mehaničkoj instrumentaciji, a distalniji smještaj u zubnom luku predstavlja dodatnu otežavajuću okolnost.

Nekolicina provedenih kliničkih studija navodi prednosti uporabe fotodinamske terapije u kombinaciji s klasičnom u vidu smanjenja parodontopatogena i poboljšanja kliničkih parametara kao što su smanjenje dubine sondiranja, smanjenje krvarenja prilikom sondiranja te kliničkog dobitka pričvrška. Bolji ishodi uočeni su nakon nekoliko uzastopnih provedbi fotodinamske terapije (3).

2.13. Cijeljenje i regeneracija tkiva u nekirurškoj parodontološkoj terapiji (LANAP)

Nekoliko kliničkih studija iznosi učinkovitost primjene visokoenergetskih lasera u sklopu nekirurške parodontološke terapije. Međutim do danas je objavljeno jako malo histoloških podataka koji se odnose na cijeljenje i regeneraciju tkiva nakon primjene lasera. Oni se uglavnom odnose samo na primjenu Nd:YAG lasera u sklopu procedure pod nazivom LANAP što je akronim na engleskom jeziku *Laser Assisted New Attachment Procedure* (5). LANAP je minimalno invazivni kirurški postupak koji podrazumijeva jednu seriju laserskog tretmana. Tri su svrhe uporabe Nd:YAG lasera: uklanjanje epitela džepa, eliminacija parodontopatogenih mikroorganizama te postizanje hemostaze. Fotobiomodulacija nastaje kao pozitivni popratni efekt. Brojna klička istraživanja bilježe terapijski uspjeh LANAP protokola u vidu smanjenja dubine sondiranja i poboljšanja kliničke razine pričvrstka (4).

LANAP ima poseban protokol čiji su temelj postavili inovatori Gregg i McCarthy. Pojedinačni laserski tretman izvodi se s Nd:YAG slobodnim pulsirajućim laserom valne duljine 1064 nm. Indikacija za provođenjem tretmana jest prisutnost parodontnog džepa od 4 i više mm, a postupak se provodi u jednom nasuprotnom kvadrantu ili u dva nasuprotna kvadranta. Prije zahvata pacijent se anestezira kako bi se omogućio pravilan, a ujedno i bezbolan pristup instrumenta u područje džepa. Vrh optičkog vlakna postavlja se paralelno s površinom korijena kako bi uklonio epitel džepa u korono-apikalnom smjeru. Kod prvog ulaska laserske zrake u operativno područje, laserska energija iznosi 4 wata (W), a slobodni pulsirajući način rada od 100 milisekundi zaslužan je za uklanjanje nezdravog epitelog obruba. Prvi ulazak laserske zrake rezultira uklanjanjem kalcificiranog plaka s površine korijena, a zahvaljujući selektivnoj fototermolizi uklanja se samo upalom zahvaćeni oboljeli epitel džepa, štedeći pritom zdrava tkiva. Pri drugom ulasku laserske svjetlosti u područje tretiranog džepa mijenjaju se laserski parametri. Energija i dalje iznosi 4 W, a pulsirajući način rada mijenja se na 650 milisekundi impulsa što omogućuje stvaranje fibrinskog ugruška koji štiti džep od detritusa i stvara okruženje pogodno za cijeljenje tkiva. Džep se zatvara kompresijom gingivalnog tkiva uz površinu korijena preko stvorenog fibrinskog ugruška. Nakon zahvata nema potrebe za postavljanjem šavova ili korištenjem kirurškog ljepila, a eventualno se mogu splintirati zubi drugog stupnja mobilnosti. Nakon provedenog protokola ključno je uspostavljanje pravilnih interokluzijskih odnosa kako bi se prilagodio stupanj opterećenja prilikom žvačne funkcije. Nakon zahvata pacijentu se daju postoperativne upute koje vrijede i za ostale kirurške zahvate te se naglašava važnost pravilnog održavanja oralne higijene. Kontrolni pregledi provode se u intervalima od 1 tjedan, mjesec dana i nakon toga

svaka 3 mjeseca. LANAP omogućuje dobro predviđanje regeneracije što se pripisuje njegovom selektivnom učinku samo na oboljela tkiva, baktericidnom djelovanju na pigmentirane bakterije i termalnom učinku koji rezultira stvaranjem fibrinskog ugruška. Fibrilni ugrušak djeluje i kao barijera koja ograničava pomicanje epitela prema apikalno. Epitel u konačnici cijeli zahvaljujući aktivaciji pluripotentnih stanica parodontnog ligamenta. U usporedbi s klasičnim metodama parodontne kirurgije, LANAP nudi minimalno invazivan pristup pa ga pacijenti bolje prihvaćaju. Nakon zahvata postoji manja mogućnost nastanka recesija i pojave preosjetljivosti te omogućuje brže cijeljenje i regeneraciju tkiva. Prema tome LANAP je pomno razrađen terapijski protokol koji uz baktericidan i detoksikacijski učinak nastoji djelovati na etiologiju parodontne bolesti. Kako brojne činjenice idu u prilog sve učestalijoj primjeni opisanog protokola, buduća istraživanja bit će još temeljitija što će u skoroj budućnosti osigurati sigurno provođenje zahvata bez straha od neželjenih komplikacija (17).

Temeljem brojnih kliničkih istraživanja provedenih na ljudima mogu se uočiti bit i glavna ideja uvođenja dentalnih lasera u terapiju parodontnih bolesti. Oni se prvobitno primjenjuju kao dodatan oblik terapije i gotovo ne pokazuju značajnije prednosti u odnosu na samostalno provedenu nekirušku terapiju (3, 5).

Nekoliko osnovnih zaključaka može se donijeti na temelju preglednog članka C. M. Cobbea iz 2000. godine. Prvo, većina studija koja uspoređuje primjenu lasera s klasičnom terapijom parodontitisa osmišljena je tako da pokaže superiornost. Brojna randomizirana kontrolna ispitivanja uspoređuju samo dva ili tri tretmana, tražeći statistički značajnu razliku ili jednakost terapijskog učinka. Ukoliko između dva tretmana ne postoje značajne razlike, utoliko se rezultati često znaju pogrešno interpretirati i dva terapijska modaliteta automatski proglasiti ekvivalentnima. Gunsolley i suradnici zaključili su da je za parodontne regeneracijske studije značajno poboljšanje od 20 posto nakon provedene terapije. Drugo, kada se koriste kao pomoćna terapija, laseri gotovo ne predstavljaju značajnu razliku u konačnom terapijskom ishodu. Treće, ne postoje dokazi da laseri imaju sposobnost „sterilizirati“ područje parodontnog džepa. Četvrto, s obzirom na to da nema dokaza da smeđe odnosno crno pigmentirane bakterije doista proizvode pigmente u parodontnom džepu, pretpostavka da određena valna duljina lasera selektivno uništava bakterije još uvijek ostaje pod upitnikom. Peto, nema dokaza da laserski tretman, izuzevši LANAP, rezultira regeneracijom izgubljenog parodontnog tkiva. Šesto, kombinacija tretiranih mjesta iz dvije LANAP studije iznosi histološki dokaz koštane regeneracije i pokazuje pozitivan rezultat na 9 od 16 primjeraka odnosno 56 posto (5).

LANAP protokol temelji se na primjeni impulsnog Nd:YAG lasera, a kontrola zbivanja unutar tkiva kontrolira se promjenom laserskih parametara na zadane vrijednosti. Kako se u parodontologiji sve više stavlja naglasak na regeneraciju, a sve manje na resektivne zahvate, razvoj manje invazivnih, a učinkovitih metoda nikad nije bio značajniji. Pacijenti jako teško prihvaćaju potrebu za pravim kirurškim zahvatom zbog straha od, primjerice, boli i oticanja, dok s druge strane nekiruška parodontološka terapija ne rješava problem u potpunosti. Regeneracija se u pravom smislu riječi odnosi na stvaranje novog cementa, kosti i parodontnog ligamenta. Brojna istraživanja idu u prilog LANAP-u kao protokolu koji gotovo dovodi do potpune regeneracije tkiva. Yukna i suradnici proveli su jednu od najznačajnijih studija histološke analize te prvi dokazali i objavili pozitivan terapijski ishod LANAP-a u usporedbi s klasičnom parodontnom kirurgijom. Histološki dokazi pokazuju regeneraciju na svim mjestima tretiranim LANAP-om u usporedbi s kontrolnim mjestima gdje nije bilo

znakova regeneracije. Nevins i suradnici proučavali su proces cijeljenja na histološkoj razini nakon primjene LANAP-a u terapiji unutarkošanih defekata. Zabilježili su izvanredne rezultate u slučajevima teških oblika parodontitisa. S druge strane znanstvenici se zalažu za temeljitiju provjeru dokaza prije uvođenja LANAP-a u svakodnevnu primjenu. Još uvijek ne postoje studije koje bi potvrdile činjenicu da LANAP ima mogućnost detekcije i razlikovanja zdravog i bolesnog tkiva. Behdin i suradnici proveli su sustavni pregled i metaanalize o učinkovitosti laserske primjene u parodontološkoj terapiji i pritom nisu uspjeli iznijeti zaključak da LANAP daje bolje rezultate u odnosu na tradicionalnu terapiju. Shah i suradnici došli su do zaključka da LANAP ne daje bolje rezultate u usporedbi s konvencionalnom terapijom u slučajevima početnog oblika parodontitisa. Prema tome klinička uporaba Nd:YAG lasera u sklopu LANAP-a još uvijek ima ograničene dokaze i nalazi se u početnim fazama istraživanja te su kontinuirana istraživanja nužna za otvaranje novih mogućnosti regeneracije parodonta (17).

Što se tiče isplativosti samog postupka, bilo vremenske bilo financijske, treba razmotriti i druge terapijske mogućnosti. Umjesto primjene lasera nakon mehaničke instrumentacije korjenova moguća je kratkotrajna primjena sistemskih antibiotika. Studija Sgolastre i suradnika uspoređivala je terapijske ishode nakon samostalno provedene klasične terapije s terapijskim ishodima nakon provedene klasične terapije u kombinaciji sa sistemskom primjenom amoksicilina i metronidazola. Rezultati metaanalize pokazali su statistički značajan dobitak pričvstka od 0,21 mm te smanjenje dubine sondiranja za 0,43 mm. Sustavni pregled Zandbergena i suradnika uključivao je 28 kliničkih ispitivanja koja su uspoređivala samostalno struganje i poliranje korijenova sa struganjem i poliranjem korijenova u kombinaciji s primjenom sustavnih antibiotika amoksicilina i metronidazola. Analiza mjesta s početnom dubinom sondiranja u iznosu 4 - 6 mm rezultirala je smanjenjem dubine sondiranja u iznosu od 1,47 mm i dobitak kliničke razine pričvstka od 1,31 mm. Mjesta s početno izmjerenom dubinom sondiranja većom od 7 mm prosječno su se smanjila za 3,72 mm, a razina kliničkog pričvrstka povećala se za 2,66 mm. Ukupno smanjenje krvarenja pri sondiranju iznosilo je 65 posto. Navedeni pregledni radovi pokazuju prednosti primjene sistemske antibiotske terapije približno jednake onima nakon primjene lasera (5).

Različite vrste lasera dostupne su u dentalnoj medicini preko 25 godina. Ipak kvaliteta kliničkih studija na ljudima, uz nekoliko iznimki, može biti oštro osuđena iz dobrih razloga. Financijski teret provođenja kliničkih ispitivanja na ljudima koja uključuju velik broj

ispitanika poveći je pa postaje očito da je približno jedna polovica kliničkih istraživanja na ljudima zakinuta za broj uključenih subjekata što onda dovodi u pitanje same rezultate.

Nadalje velika raznolikost u dizajnu istraživanja i načinu iznošenja rezultata, razlike u duljini trajanja istraživanja te korištenje različitih laserskih parametara i valnih duljina ograničili su broj objavljenih metaanaliza.

Laseri će svoje mjesto primjene naći i u budućnosti pa bi se prednosti primjene trebale determinirati vrlo precizno i jasno kako nekvalitetni i nedovoljno jasni podatci ne bi izložili kliničara i pacijenta riziku (5).

Uz primjenu lasera u području dentalne medicine javila se i potreba za kontinuiranim edukacija kliničara i usavršavanjem teoretskog znanja o laserskoj tehnologiji. Osnove fizike i oblici interakcije laserske zrake s različitim tkivima od jednakog su značaja kao i manualna spretnost kliničara (18).

U stručnoj literaturi mogu se pronaći podatci o primjeni lasera u području dentalne medicine temeljeni na brojnim kliničkim ispitivanjima provedenih u posljednjih 25 godina. Okosnica studija njihova je primjena u terapiji parodontitisa kao oblika monoterapije ili kao pomoćnog terapijskog sredstva nakon provedene inicijale terapije, pospješujući cijeljenje i tkivnu regeneraciju, posebice u slučajevima umjerenog do teškog oblika parodontitisa. Zahvaljujući tome uvođenje diodnih, Er:YAG, Nd:YAG i CO₂ lasera u liječenju parodontnih i periimplantantnih bolesti postaje sve učestalije. Laseri velike snage koriste se kao pomoćno sredstvo u nekirurškoj parodontološkoj terapiji i za minimalno invazivne kirurške zahvate. Laseri male snage potiču staničnu stimulaciju i/ili aktivaciju antimikrobnih sredstava nakon provedene zatvorene mehaničke instrumentacije. Međutim još uvijek je nedovoljan broj prikazanih slučajeva i prisutnih nejasnoća u tijeku provođenja kliničkih studija da bi se primjena lasera uvrstila u regularni protokol terapije parodontitisa. Ovisno o vrsti lasera, cijena samog uređaja i potrebnih edukacija koje kliničar mora proći kako bi započeo s laserskom primjenom predstavlja poprilično veliku investiciju. Osim toga i cijena samog tretmana raste u odnosu na samostalno provedenu konvencionalnu terapiju, što si ne mogu priuštiti svi pacijenti, a sama dobrobit laserske primjene još uvijek nije dovoljno izražena da bi se pacijentu naglasila značajna razlika između tretmana s primjenom laserskih uređaja i tretmana bez njihove primjene. S obzirom na sve navedeno, kliničar ima slobodu odabira vrste terapije koju želi pružiti pacijentu, ovisno o njegovim željama i mogućnostima.

5. LITERATURA

1. Green J, Weiss A, Stern A. Lasers and radiofrequency devices in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2011;55(3):585-97.
2. Sumra N, Kulshrestha R, Umale V, Chandurkar K. Lasers in non-surgical periodontal treatment - a review. *J Cosmet Laser Ther.* 2019;21(5):255-61.
3. Mizutani K, Aoki A, Coluzzi D, Yukna R, Wang CY, Pavlic V, et al. Lasers in minimally invasive periodontal and peri-implant therapy. *Periodontol 2000.* 2016;71(1):185-212.
4. Lindhe J, Lang NP, Karring T, Berglundh T, urednici. *Clinical periodontology and implant dentistry.* 5. ed. Oxford: Blackwell Munksgaard; 2008.
5. Aoki A, Mizutani K, Schwarz F, Sculean A, Yukna RA, Takasaki AA, et al. Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy. *Periodontol 2000.* 2015;68(1):217-69.
6. Wolf HF, Rateitschak EM, Rateitschak KH. *Parodontologija.* Jastrebarsko: Nakl. Slap; 2009.
7. Brkić H i sur. *Biologija i morfologija ljudskih zuba.* Jastrebarsko: Naklada Slap, 2016.
8. Caton J, Armitage G, Berglundh T, et al. A new classification scheme for periodontal and periimplant diseases and conditions – Introduction and key changes from the 1999 classification. *J Clin Periodontol.* 2018;45(Suppl 20):S1–S8.
9. Papapanou PN, Sanz M, et al. Periodontitis: Consensus report of Workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol.* 2018;45(Suppl 20):S162–S170.
10. Hernichel-Gorbach E. Subgingivalni Scaling u okviru zahvata na biofilmu. *Quintessence Int hrvatski* 2008;10:921-42.
11. Wigdor H. Basic physics of laser interaction with vital tissue. *Alpha Omegan.* 2008;101(3):127-32.
12. Ratz JL. Laser physics. *Clin Dermatol.* 1995;13(1):11-20.
13. Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin North Am.* 2004;48(4):751-70.
14. Kwiatkowski S, Knap B, Przystupski D, Saczko J, Kędziarska E, Knap-Czop K, et al. Photodynamic therapy - mechanisms, photosensitizers and combinations. *Biomed Pharmacother.* 2018;106:1098-107.
15. Slot DE, Kranendonk AA, Paraskevas S, Van der Weijden F. The effect of a pulsed Nd:YAG laser in non-surgical periodontal therapy. *J Periodontol.* 2009;80(7):1041-56.

16. Katsikanis F, Strakas D, Vouros I. The application of antimicrobial photodynamic therapy (aPDT, 670 nm) and diode laser (940 nm) as adjunctive approach in the conventional cause-related treatment of chronic periodontal disease: a randomized controlled split-mouth clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2020;24(5):1821-7.
17. Jha A, Gupta V, Adinarayan R. LANAP, Periodontics and Beyond: A Review. *J Lasers Med Sci.* 2018;9(2):76-81.
18. Cavalcanti TM, Almeida-Barros RQ de, Catão MHC de V, Feitosa APA, Lins RDAU. Knowledge of the physical properties and interaction of laser with biological tissue in dentistry. *An Bras Dermatol.* 2011;86(5):955–60.

Petra Petani rođena je 13. lipnja 1996. godine u Zadru. Nakon završene osnovne škole 2011. godine upisuje Gimnaziju Jurja Barakovića u Zadru gdje s odličnim uspjehom maturira 2015. godine. Iste godine upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Od prve godine studija aktivna je članica pjevačkog zbora Zubor, a od četvrte godine sudjeluje u vodstvu preventivnog projekta Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod nazivom Zubić. Na petoj godini studija postaje članica udruge StEPP.

Tijekom studija bila je student demonstrator iz kolegija Pretklinička restaurativna dentalna medicina te kolegija Morfologija zubi s dentalnom antropologijom.

Akadske godine 2017./2018. i 2018./2019. osvojila je Rektorovu nagradu za društveno koristan rad u akademskoj i široj zajednici.

Od četvrte godine studija asistira u privatnoj ordinaciji dentalne medicine.