

Mehanička i kemijska dekontaminacija površine implantata

Crnić, Tin

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:127:641383>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Tin Crnić

**MEHANIČKA I KEMIJSKA
DEKONTAMINACIJA POVRŠINE
IMPLANTATA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

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: Mirna Varlandy-Supek, prof. engleskog jezika i fonetike

Lektor engleskog jezika: Mirna Varlandy-Supek, prof. engleskog jezika i fonetike

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. _____
2. _____
3. _____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 42 stranica

0 slika

0 tablica

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 se svome mentoru, doc.dr.sc. Domagoju Vražiću na susretljivosti, ljubaznosti, vremenu i trudu prilikom izrade ovog diplomskog rada. Također mu se zahvaljujem na bezbrojnim savjetima koji su mi uvelike pomogli u ostvarivanju mojih ciljeva, ali i otvaranju pogleda prema budućnosti.

Beskrajno sam zahvalan svim svojim profesorima na svom predanom znanju te također upravi fakulteta na pristupačnosti, pomoći i razumijevanju za sve moje vannastavne aktivnosti kroz brojne projekte i rad u Europskoj udruzi studenata dentalne medicine.

Veliku zahvalu iskazujem i svim svojim prijateljima, koji su mi bili velika potpora tijekom studija.

I na kraju, najveću zaslugu za sve što sam postigao pripisujem svojim roditeljima i bratu koji su mi bili najveća potpora u svim mojim teškim i sretnim trenucima.

MEHANIČKA I KEMIJSKA DEKONTAMINACIJA POVRŠINE IMPLANTATA

Sažetak

Dentalni implantati su biokompatibilni i aloplastični materijali koji se u stomatologiji koriste u terapiji potpuno ili djelomično bezubih pacijenata. Zbog svoje hrapavije površine, pogodniji su za stvaranje biofilma. Sazrijevanja biofilma na površini implantata klinički se očituje pojavom periimplantatnog mukozitisa ili periimplantitisa.

Progresija upale također je i u korelaciji s anatomskom građom periimplantatnog tkiva, koje je različito od parodontnog tkiva zdravog zuba, ali isto tako ima i sličnosti s njim. Kako bismo spriječili daljnju progresiju upale, odnosno destrukciju periimplantatnog tkivate omogućili reosteointegraciju implantata, potrebno je napraviti dekontaminaciju površine implantata, što možemo napraviti koristeći različita kemijska i mehanička sredstva. Kontrolu infekcije radimo mehaničkim čišćenjem, za što se mogu koristiti kirete, zvučni i ultrazvučni instrumenti, pjeskare, turbinski strojni instrumenti (dijamanta svrdla) te mikromotorski strojni instrumenti (titanske četke). Kemijsko djelovanje može se podijeliti na antiadhezivno, antimikrobno, antipatogeno te sredstvo koje odstranjuje plak.

Za dekontaminaciju površine implantata može se koristiti 3 % vodikovog peroksid, klorheksidin, antibiotici te kiseline kao što su citrična kiselina i 35 % ortofosforna kiselina. Postoje i druga sredstva koja se koriste u parodontologiji u svrhu terapije periimplantitisa, a to su mnogobrojni laseri, koji su dostupni na tržištu, ali u ovom radu osvrt će biti na Er:YAG laseru (*erbium-doped yttrium aluminium garnet laser*) i antimikrobnoj fotodinamskoj terapiji (aPDT).

Ključne riječi: biofilm; mikrobiološka flora; periimplantatni mukozitis; periimplantitis; dekontaminacija implantološke površine; mehaničko čišćenje; kemijska sredstva;

MECHANICAL AND CHEMICAL DECONTAMINATION OF IMPLANT SURFACES

Summary

Dental implants are biocompatible and alloplastic materials used in dentistry for the treatment of completely or partially edentulous patients. Their rough surfaces are suitable for the formulation of a biofilm. Maturation of the biofilm on the implant surface is clinically manifested by the appearance of either peri-implant mucositis or peri-implantitis.

The progression of the inflammation also correlates with the anatomical structure of the periimplant tissue, which is different from the periodontal tissue of a tooth, but also has its similarities. To prevent further progression of the inflammation and the destruction of the periimplant tissue as well as to enable the re-osseointegration of the implant, it is necessary to decontaminate the implant surface, which can be done by using various chemical and mechanical agents. The infection control can be done by mechanical cleaning, for which we can use curettes, sonic and ultrasonic instruments, air-powder abrasive instruments, turbine machine instruments (diamond drills), and micro motor machine instruments (titanium brushes). Chemical action can be divided into antiadhesive, antimicrobial, antipathogenic and plaque remover.

For decontamination of implant surfaces we can use 3 % hydrogen peroxide, chlorhexidine, antibiotics and acids such as citric acid and 35 % phosphoric acid. There are other agents used in periodontology for the treatment of periimplantitis, and these include many lasers that are available in the market. However, in this paper Er:YAG laser (erbium-doped yttrium aluminium garnet laser) and antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) will be reviewed.

Key words: biofilm; microbiological flora; peri-implant mucositis; peri-implantitis; decontamination of the implant surface; mechanical cleaning; chemical agents;

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. DENTALNI IMPLANTATI.....	5
2.1. Vrste implantata prema materijalu.....	6
2.2. Površina implantata.....	6
2.2.1. Obradena/ glatka površina implantata.....	6
2.2.2. Modificirana površina implantata.....	7
2.2.2.1. Ispjeskarena površina implantata.....	7
2.2.2.2. Površina obradena titanom u plazmi (TPS).....	7
2.2.2.3. Kiselinsko jetkanje površine implantata.....	7
2.2.2.4. Kombinacija pjeskarene i najetkane površine implantata.....	7
2.2.2.5. Anodizirana površina.....	8
2.2.2.6. Površina prekrivena hidroksiapatitom (HA).....	8
3. ANATOMIJA PARODONTNOG I PERIIMPLANTATNOG TKIVA.....	9
4. BIOFILM.....	11
4.1. Stvaranje biofilma.....	12
5. MEHANIČKA DEKONTAMINACIJA POVRŠINE IMPLANTATA.....	14
5.1. Kirete.....	15
5.2. Zvučni i ultrazvučni instrumenti.....	16
5.3. Subgingivne pjeskare.....	17
5.4. Titanske četke.....	17
5.5. Svrkla.....	18
6. KEMIJSKA DEKONTAMINACIJA POVRŠINE IMPLANTATA.....	20
6.1. Citrična kiselina.....	21
6.2. Klorheksidin.....	22
6.3. Vodikov peroksid (H ₂ O ₂).....	22
6.4. 35 % fosforna kiselina.....	23
6.5. Antibiotici.....	23
7. OSTALE METODE DEKONTAMINACIJE POVRŠINE IMPLANTATA.....	25
7.1. Er:YAG laser.....	26
7.2. Antimikrobna fotodinamska terapija (aPDT).....	26
8. RASPRAVA.....	28

9. ZAKLJUČAK.....	31
10. LITERATURA.....	33
11. ŽIVOTOPIS.....	41

Popis skraćenica

Al₂O₃ - aluminij oksid

aPDT - antimikrobna fotodinamska terapija

BIC - engl. *bone-to-implant contact*, hrv. kontakt kosti i implantata

BOP - engl. *bleeding on probing*, hrv. indeks krvarenja pri sondiranju

CaPO₄ - kalcijev fosfat

CCS - caklinsko cementno spojište

CHX - engl. *Chlorhexidine*, hrv. klorheksidin

CIST - engl. *cummulative interceptive supportive therapy*, hrv. kumulativna intrareceptivna potporna terapija

CO₂ - ugljikov dioksid

CPC - engl. *cetylpyridinium chloride*, hrv. cetilpiridinijev klorid

DNK - deoksiribonukleinska kiselina

EDTA - engl. *Ethylendiaminetetraacetic*, hrv. etilendiamintetraoctena kiselina

Er:YAG - *erbium-doped yttrium aluminium garnet laser*

H₂O₂ - vodik peroksid

H₂SO₄ - sumporna kiselina

HA - hidroskiapatit

HCl - klorovodična kiselina

HIV- virus humane imunodeficijencije

HNO₃ - dušična kiselina

LPS - lipopolisaharid

mm - milimetar

MRSA - meticilin rezistentan *Staphylococcus aureus*

PDL - parodontni ligament

Ti - Titan

Ti6 Al4 V - titanij aluminij vanadij

TiO₂ - titanij dioksid

TPS - engl. *titanium plasma sprayed*, hrv. titan u plazmi

Zr - cirkonij

Ugradnja implantata je procedura kojom se nadomještaju prirodni zubi kod bezubih i parcijalno bezubih pacijenata. Površine implantata imaju drugačija fizička svojstva od površine zuba te predstavljaju novu površinu za kolonizaciju bakterija (1).

Postavom implantata u usnu šupljinu, hidrofobne molekule i makromolekule se adsorbiraju na površinu i stvaraju pelikulu na koju se adheriraju bakterije te počinje proces stvaranja biofilma. Biofilm čini konglomerat bakterija koji se nalazi u kontaktu s nekom površinom, na koju se bakterije pričvršćuju nizom dinamičkih i pravilnih procesa. Glavni utjecaj na mikrobiološku floru oko implantata ima mikrobna flora koja se nalazi na preostaloj denticiji u usnoj šupljini (1, 2).

Implantološka površina svojom će građom utjecati na kvalitativno i kvantitativno formiranje biofilma. Hrapavije površine akumulirat će više plaka od implantata koji imaju gladu površinu (3).

Anatomska građa periimplantatnog tkiva razlikuje se od anatomske građe parodontnog tkiva, ali također sadržava i neke sličnosti. Upravo zbog svoje razlike u građi, kod periimplantitisa vidimo drugačije karakteristike od lezija kod parodontitisa.

Ranim nakupljanjem biofilma i kolonizacijom bakterija, na gingivi oko zuba i na sluznici oko implantata nastat će upalna lezija, odnosno infiltracija leukocita u vezivnom tkivu. Lezije će se nalaziti u marginalnom dijelu mekog tkiva, ali s povećanim trajanjem perioda nakupljanja biofilma i akumulacije bakterija, lezija će u periimplantatnoj mukozi progredirati "apikalno", odnosno širit će se više nego na gingivi zuba. Broj fibroblasta oko implantata manji je nego u odgovarajućem dijelu gingive kod zuba, stoga je adekvatna reparacija od lezije znatno smanjena stvaranjem kolagena i matriksa. Važno je također napomenuti da odgovor periimplantne mukoze na dugotrajnu izloženost biofilma nije u korelaciji s implantološkim sustavom (1).

Gubitak implantata u prvom je redu povezan s periimplantnom infekcijom (4). Periimplantne infekcije mogu se podijeliti na one koje zahvaćaju samo meka tkiva pa govorimo o periimplantatnom mukozitisu, dok kod onih gdje je došlo do gubitka kosti, govorimo o periimplantitisu (5).

Periimplantatni mukozitis klinički se očituje krvarenjem i oticanjem, kao što je slučaj i kod gingivitisa, međutim znakovi upale mogu biti maskirani zbog morfologije periimplantatne mukoze te nedostatka prijenosa svjetlosti kroz metal implantata. Stoga kako bismo potvrdili periimplantatni mukozitis, gingivalni indeks (krvarenje pri sondiranju - BOP), treba biti pozitivan.

Za razliku od periimplantatnog mukozita, periimplantitis je kliničko stanje gdje je, osim upale periimplantatne mukoze, pozitivan BOP te je radiološki vidljiv gubitak kosti oko implantata.

Periimplantatni mukozitis i periimplantitis predstavljaju uobičajene bolesti, čija je prevalencija između 25 % i 45 % (1).

Kako bismo uklonili upalu i ostvarili cijeljenje, odnosno osteingraciju oko implantata koji je zahvaćen periimplantitisom, potrebna je dekontaminacija površine implantata (6).

U kliničkoj praksi postoje terapijski protokoli, odnosno kumulativna interceptivna potporna terapija (CIST), koja se sastoji od terapijskih paketa koji se primjenjuju ovisno o kliničkoj slici (7).

Mehaničko čišćenje mora biti uključeno u svim slučajevima periimplantatne bolesti te se ono smatra zlatnim standardom u parodontalnom liječenju, gdje i sam pacijent igra važnu ulogu pravilnom upotrebom sredstva za oralnu higijenu. Zbog navoja koji su prisutni na implantatima, uklanjanje kamenca, odnosno naslaga može biti otežano te prilikom nekirurške instrumentacije postoji rizik da se naslage odvoje i zaostanu u sluznici. Iz tog se razloga preporuča da se instrumentacija radi do ruba mukoze (1).

Za nekiruršku instrumentaciju možemo koristiti ručne, turbinske i mikromotorne strojne instrumente, subgingivne pjeskare, zvučne i ultrazvučne strojne instrumente (1,7). Periimplantitis mukozitis može se liječiti manje opsežnim mjerama, odnosno nekirurškom parodontološkom terapijom i pacijentovim pridržavanjem uputa o oralnoj higijeni, što će pokazati dobre rezultate. S druge strane, kod većih lezija, odnosno kod periimplantitisa, gdje su prisutni duboki džepovi te gubitak kosti, kirurška terapija predstavlja terapijsku mogućnost u kojoj možemo pristupiti površini implantata (8).

Kod periimplantitisa nekirurška terapija nije se pokazala dostatnom kod liječenja (9). Mehaničko čišćenje možemo raditi ručnim instrumentima koji daju bolju taktilnu senzaciju te također smanjuju stvaranje kontaminiranog aerosola. S druge strane, ultrazvučni i zvučni instrumenti manje su osjetljivi na tehniku rada terapeuta te je utrošak vremena prilikom rada s ultrazvučnim i zvučnim instrumentima manji u usporedbi s ručnim (1).

Kako bismo smanjili broj bakterija, uz mehaničku dekontaminaciju trebali bismo provesti i kemijsku obradu implantološke površine (10). Kooperativnom odlukom je odlučeno da bi nakon mehaničke obrade dekontaminirane površine implantata, trebala slijediti kemijska dekontaminacija. Kemijsku dekontaminaciju možemo raditi tako da lokalno primijenimo klorheksidinski gel različitih koncentracija, vodikov peroksid (H_2O_2), antibiotik, citričnu kiselinu ili 35 % fosforu kiselinu (11). Važno je napomenuti kako je re-osteointegracija moguća ukoliko se implantološka površina dekontaminira, međutim, Renvart i skupina suradnika su dokazali kako uspješna dekontaminacija ovisi o karakteristikama implantološke površine, ali i o načinu provođenja dekontaminacije (12).

Liječenje se također ne smije ograničiti na sistemska primjena antimikrobnih lijekova jer ona nije učinkovita u liječenju periimplantitisa, već se mora kombinirati s mehaničkim uklanjanjem biofilma s površine implantata (1).

Za dekontaminaciju površina implantata možemo koristiti i lasere, kao što su Er:YAG laser (*erbium-doped yttrium aluminium garnet laser*) ili antimikrobnu fotodinamsku terapiju (aPDT) (11).

Svrha rada je prema dostupnoj literaturi istražiti sredstva za dekontaminaciju površine implantata, njihov utjecaj na površinu implantata te njihova djelotvornost.

2. DENTALNI IMPLANTATI

Dentalni implantati su biokompatibilni i aloplastični materijali koji se ugrađuju kod pacijenata kod kojih je došlo do gubitka zuba te su trenutno jedino fiksno rješenje kod pacijenata kod kojih protetska sanacija u obliku mosta nije moguća. Oni se mogu ugraditi endosealno ili subperiostalno u kost s ciljem fiksne protetske sanacije ili stabilizacije mobilne proteze (13).

2.1. Vrste implantata prema materijalu

Većina dentalnih implantata koji se koriste su izrađena od čistog titana (Ti) ili od titanske legure od kojih se najčešće koristi titanij aluminij vanadij (Ti6 Al4 V) od čega je 90 % titan, 6 % aluminij, koji povećava modul elastičnosti te smanjuje težinu implantata i 4 % vanadij, koji povećava čvrstoću implantata i smanjuje toplinsku provodljivost. Međutim, dentalni implantati također mogu biti napravljeni i od cirkonija (Zr) koji se mogu koristiti kod pacijenata koji su alergični na titan te su estetski superiorniji u odnosu na dentalne implantate izrađene od titana. Jedina negativna stavka kod implantata koji su izrađeni od cirkonija jest ta što ti implantati dolaze kao jednodijelni implantati (13).

2.2. Površina implantata

Na tržištu postoje različito obrađene površine implantata. Smatra se da implantati kod kojih je nahrapavljena površina imaju bolju osteointegraciju jer takva površina olakšava migraciju osteogenih stanica i *de novo* formiranje kosti oko implantološke površine. Dentalni implantati koji se najčešće koriste su oni napravljeni od titana ili od titanske legure. Takva vrsta materijala čini implantat laganim te ima visoku otpornost na koroziju i nizak modul elastičnosti. Titanijev dioksid (TiO₂) nastaje kada implantat napravljen od titana ili od titanske legure dođe u kontakt s kisikom iz zraka te čini važan spoj na površini implantata, koji mu omogućuje biokompatibilnost, otpornost na koroziju i osteointegraciju. Kemijski sastav implantološke površine uvelike ovisi o tretiranju površine implantata prilikom njegove izrade pa tako nju može djelovati termička obrada, mehanička obrada, jetkanje, premazivanje ili sterilizacija. Prilikom navedenih procesa na površini implantata mogu se pojaviti tragovi metala, iona, lubrikanta i deterdženta, koji mogu utjecati na biokompatibilnost implantata (13).

2.2.1 Obradena/glatka površina implantata

Takva se vrsta implantata prije često koristila, međutim danas se više primjenjuju grubi površinski implantati zbog bolje stabilizacije i veće površine (13).

2.2.2. Modificirana površina implantata

Kako bi se postiglo poboljšanje karakteristika površine implantata, one se mogu obrađivati aditivnim metodama, kao što s hidroksiapatitni premaz, prskanje plazmom ili sa subtraktivnim metodama, kao što su jetkanje ili pjeskarenje (13).

2.2.2.1. Ispjeskarena površina implantata

Za povećanje hrapavosti površine, koriste se sredstva kao što su aluminijev oksid (Al_2O_3), titanijev dioksid (TiO_2) i kalcijev fosfat. Pjeskarenjem površine poboljšat ćemo kontakt kosti s implantatom (BIC), ali i površinu pogodnu za dobru osteogenezu, koja će omogućiti i diferencijaciju i proliferaciju osteoblasta oko implantološke površine.

Međutim, takvim oblikom obrade ostaci materijala za pjeskarenje zaostaju na površini implantata, a dolazi i do gubitka metalnih tvari. Također, pjeskarenjem implantata površina nije jednako obrađena. Implantati se mogu obraditi i kalcijevim fosfatom kojim se pjeskari površina implantata, nakon čega slijedi uklanjanje zaostalog kalcijevog fosfata (CaPO_4) i završno čišćenje (13).

2.2.2.2. Površina obrađena titanom u plazmi (TPS)

Ovakom obradom implantološke površine dolazi do povećanje ukupne mikroskopske površine za 10 puta. Za ovakvu vrstu obrade koristi se rastopljeni metal na bazi titana, koji će dovesti do nepravilnih oblika i veličina pora i pukotina. Prilikom implantacije implantata postoji mogućnost odvajanja titana, što je jedan od nedostataka ovakvog oblika obrade (13).

2.2.2.3. Kiselinsko jetkanje površine implantata

Kod ove vrste obrade, koriste se kupelji na bazi klorovodične kiseline (HCl), dušične kiseline (HNO_3) i sumporne kiseline (H_2SO_4). Neki proizvođači koriste i tehniku dvostrukog jetkanja (engl. *dual acid-etch*) kako bi poboljšali BIC postotak implantata i vrijednost obrtnog momenta.

2.2.2.4. Kombinacija pjeskarene i najetkane površine implantata

Ovakvom vrstom obrade, dobiva se na makrostrukturi, pomoću pjeskarenja i na mikrostrukturi pomoću jetkanja. Ovako obrađena površina pokazala je visoki postotak BIC-a i visoku vrijednost obrtnog momenta. Također je zamijećen visok stupanj oseointegracije, dobra osteokonduktivna svojstva, ali i veliki potencijal u proliferaciji stanica.

2.2.2.5. Anodizirana površina

Ovakva površina implantata pokazala je poboljšanu staničnu proliferaciju te nije citotoksična. Kako bismo dobili ovakvu površinu na implantatu, na titansku se površinu uronjenu u elektrolit primjenjuje napon, što će dovesti do stvaranje mikropora različitog promjera.

2.2.2.6. Površina prekrivena hidroksiapatitom (HA)

Površina prekrivena hidroksiapatitom slična je TPS implantatima po svojoj funkcionalnoj površini i hrapavosti. Ovakva vrsta implantata pokazala se boljom u odnosu na TPS implantate zbog ubrzanog stvaranja kosti oko implantata te je veza koja se stvara između implantata koji je prekriven s hidroksiapatitom i kosti superiorna u odnosu na TPS implantate. Implantati prekriveni hidroksiapatitom otporniji su na koroziju, imaju povećanu hrapavost i površinu, pokazali su povećanu početnu stabilnost te brže zarastanje kosti. Klinički su ovakve vrsta obrade implantološke površine pokazale visoku stopu uspješnosti u kostima niske gustoće. Međutim, iako ima niz prednosti, ovakva vrsta premaza može pucati, ljuštiti se ili se sastrugati prilikom implantacije te ukoliko je implantat izložen oralnom okruženju, dolazi do povećanog nakupljanja plaka na njegovoj površini (13).

3. ANATOMIJA PARODONTNOG I PERIIMPLANTATNOG TKIVA

Klinički zdrava mukoza grebena i periimplantna mukoza imaju čvrstu konzistenciju i ružičastu boju (1). Mukoza grebena i periimplantna mukoza razlikuju se, ali imaju i neke zajedničke osobine.

Mukoza alveolarnog nastavka debljine je 2 - 4 milimetara (mm) i sastoji se od keratiniziranog epitela, vezivnog tkiva bogatog vaskularnim strukturama, kolagenim vlaknima i fibroblastima. Mukoza grebena proteže se od mukogingivalnog spojišta (*linea girlandiformis*) do zubnog vrata gdje pomoću spojnog epitela tvori epitelni pričvrstak (7). Spojni epitel je okrenut prema kruni zuba s kojom je povezan putem hemidezmosoma i unutarnjom bazalnom membranom, odnosno s hemidezmosom i vanjskom bazalnom laminom s vezivnim tkivom te završava na caklinsko cementnom spojištu (CCS). Epitel je duljine 2 mm, dok je vezivno tkivo koje je pričvršćeno za površinu korijena putem vezivnog pričvrstka duljine 1 mm. Kolagena vlakna parodontnog ligamenta (PDL) postavljena su okomito na površinu zuba, a potječu iz cementa. Opskrba krvlju potječe iz supreperiostalnih krvnih žila i vaskularnog pleksusa parodontnog ligamenta. (1). Keratinizirani oralni epitel, kao i kod mukoze grebena, prekriva i vanjsku površinu periimplantne mukoze koja se na marginalnom kraju spaja sa spojnim epitelom okrenutom prema implantatu. Spojni epitel se kod implantata naziva membranski epitel. Membranski epitel je, kao i spojni epitel, pričvršćen hemidezmosomima za površinu zuba/implantata, a kolagena vlakna usmjerena su paralelno s površinom implantata i potječu iz periosta te se ne mogu učvrstiti za materijal od kojeg je izrađen implantat. Područje koje se nalazi blizu implantata sadrži više fibroblasta, koji tvore i održavaju pričvrstak vezivnog tkiva između titanske površine implantata i vezivnog tkiva, dok u lateralnim dijelovima od implantata ima više kolagena i vaskularnih struktura, ali manje fibroblasta. S obzirom na to da kod implantata ne postoji parodontni ligament, koji putem vaskularnog pleksusa parodontnog ligamenta dovodi krv do zuba, opskrba krvlju kod implantata dolazi samo iz supraperiostalnih krvnih žila (1).

Biofilm je konglomerat mikroorganizama koji je ireverzibilno vezan na neku površinu, uklopljen u ekstracelularni, polisaharidni matriks. Sastoji se od bakterijskih kolonija koje čine 15 - 20 % ukupnog volumena biofilma i od ekstracelularnog matriksa koji čini 50 - 90 % sastava biofilma (14,15).

Biofilm može činiti zajednica od jedne ili više vrste bakterija, međutim karakteristično je da čak i biofilm koji tvori jedna bakterijska vrsta, pokazuje fenotipsku genetičku heterogenost, koja nastaje kao odgovor bakterije na mikrokolišne čimbenike (16).

Biofilm se može vezati za razne površine, pa ih tako možemo, osim u usnoj šupljini, pronaći u industrijskim i vodovodnim cijevima, na medicinskoj opremi, u prirodnim vodenim sustavima, odnosno na svakoj površini uronjenoj u prirodni vodeni sustav. Bakterijski biofilm pronađen je u uvjetima ekstremne hladnoće antarktičkih mora, u termalnim vodama i u uvjetima visoke kiselosti. Idealni uvjeti za kolonizaciju mikroorganizama i stvaranje biofilma je vlažan medij te tvrda površina, posebice hidrofobna i hrapava, koja povećava broj adheriranih mikroorganizama (1, 17 - 20).

Supragingivni biofilm nakuplja se na kliničkoj kruni zuba, a subgingivni u području sulkusa ili džepa te se mikrobnim sastavom razlikuje od supragingivnog biofilma.

Površina usne šupljine stalno se obnavlja ljuštenjem, što sprečava nakupljanje velikih masa mikroorganizama, međutim, zubne se površine ne mogu ljuštiti te su stoga prikladne za nakupljanje bakterijskih naslaga. Bakterije nakupljene na tvrdim oralnim površinama primarni su uzrok nastanka karijesa, gingivitisa, parodontitisa i periimplantitisa. Antimikrobni agensi nisu djelotvorni u sprječavanju daljnjeg rasta biofilma, već je potrebna mehanička obrada, koja će dovesti do nestajanja kliničkih znakova upale. Stoga je stalno mehaničko odstranjivanje svih bakterijskih naslaga s površina na kojima ne dolazi do eksfolijacije, glavno sredstvo za sprječavanja bolesti tvrdih zubnih tkiva, parodonta i periimplantna tkiva (1).

4.1. Stvaranje biofilma

Nastajanje i formiranje početnog biofilma slično je na svim materijalima. Bakterije imaju svojstvo prijanjanja na tvrde površine koje se sastoji od međudjelovanja između površina koje koloniziraju i ambijentalne fluidne sredine. Neposredno nakon čišćenja tvrdih površina u usnoj šupljini ili stavljanje supstrata u medij usne šupljine, dolazi do stvaranja pelikule, koja mijenja naboj i slobodnu energiju površine i pridonosi bakterijskoj adheziji. Bakterije se na različite načine adheriraju za tvrde površine pa tako postoje bakterije koje imaju ekstracelularne polimerne tvari i fimbrije, dok neke bakterije zahtijevaju produženu izloženost kako bi se čvrsto vezale za površinu (1, 17). Na glikoproteinski sloj, odnosno pelikulu, prvo se adheriraju gram

pozitivni fakultativni koki i štapičaste bakterije, nakon čega na receptorima tih organizama slijedi kolonizacija drugih bakterija, u čemu sudjeluju strogo anaerobne gram-negativne bakterije, dok se istodobno umnožavaju primarne bakterije koje stvaraju kolonije. Pripijanje bakterija na tvrde zubne površine događa se reverzibilnom i ireverzibilnom adhezijom, odnosno kod reverzibilne adhezije bakterije slabije prijanjaju u odnosu na ireverzibilno stanje, kod kojeg bakterije čvršće prijanjaju za površinu. Adhezija za tvrde površine odvija se zahvaljujući površinskim molekulama na pelikuli, koje se nazivaju adhezini, prije svega streptokoki i anktinomicete. Umnožavanjem bakterija nastaju kolonije koje stvaraju izvanstanične polisaharide, odnosno dekstrani koji služe kao skladište energije (1, 7).

Osim dekstrana, fruktani (levani), koji nastaju iz sukroze sintezom, također služe kao skladište energije. Mutan koji je prisutan u biofilmu, ekvivalent je kolagenu vezivnog tkiva te čini kostur u matriksu biofilma. Navedeni polimerni ugljikohidrati, zajedno s glukonom, odgovorni su promjenu pričvršćivanja bakterije plaka iz reverzibilnog u ireverzibilno. U matriksu biofilma također je prisutna mala količina lipida, koja se nalazi u ekstracelularnim mjehurićima (1). Sazrijevanjem biofilma dolazi do stvaranja cirkulacijskog sustava u kojem mikroorganizmi izmjenjuju metaboličke produkte, faktore otpornosti i virulencije, čime biofilm postaje cjelovit organizam (7).

Hrapava površina je pogodnija za bakterijsku adheziju jer se na takvim površinama smične sile smanjuju, a ukupna površina je veća na grubljim površinama (17). Osim toga, fizikalna i kemijska svojstva površine također igraju veliku ulogu u adheziji bakterija pa će tako bakterije prije adherirati na hidrofobnu, nepolarnu površinu (21).

Ukoliko je površina nekog materijala izložena djelovanju vodenog medija, ona ubrzo postaje prekrivena polimerima iz tog medija, čime dolazi do kemijske interakcije koja će pozitivno djelovati na stvaranje mikrobnih kolonija (22).

Rast bakterijskih kolonija nastaje ponajviše zbog povećane adhezije mikroorganizama i sinteze ekstracelularnog matriksa koje sintetiziraju bakterije te se on razlikuje od biofilma do biofilma. Bakterije supragingivnog biofilma dobivaju hranjive proizvode koji su otopljeni u slini, dok se u parodontnom džepu hranjive tvari dobivaju iz parodontnih tkiva i krvi. Bakterije koje su pronađene u parodontnim džepovima proizvode hidrolitičke enzime, koji mogu rastaviti makromolekule u peptide i aminokiseline, ali i sudjeluju u destrukciji parodontnih tkiva (1).

5. MEHANIČKA DEKONTAMINACIJA POVRŠINE IMPLANTATA

Mehanička obrada kontaminirane implantološke površine ima za cilj ukloniti biofilm, smanjiti bakterijsku adheziju, kako bi se eliminirali toksini s površine, ukloniti upalu periimplantatnog tkiva i omogućiti re-osteointegraciju (6, 23, 24).

Glavna poteškoća u mehaničkoj dekontaminaciji implantata jest instrumentacija implantata ispod sluznice te morfološki izgled implantata, koji ima brojne navoje različita izgleda. Prilikom takve instrumentacije, postoji veliki rizik od odvajanje naslaga i njihovo zaostajanje u sluznici (1).

S mehaničkom instrumentacijom nije nam samo cilj ukloniti biofilm i kamenac, već i paziti da ne dođe do oštećenja implantološke površine. Ukoliko dođe do oštećenja implantološke površine, bit će otežana naknadna proliferacija stanica mekog i tvrdog tkiva, kao i moguća ponovna rekolonizacija bakterijskog biofilma. Poznato je da će stanice koje stvaraju kost i bakterije imati veći afinitet prema površinama koje su hrapavije, međutim fibroblasti i epitelne stanice imaju veći afinitet prema glatkim površinama (25, 26).

5.1. Kirete

Kirete su instrumenti koji se koriste za mehaničku parodontalnu profilaksu i liječenje. O uspješnosti provedene terapije, ovisi oblik instrumenta koji koristimo, njegova oština, ali naravno, i manualna spretnost terapeuta (7).

Instrumenti koje koristimo za mehaničku dekontaminaciju implantata trebali bi biti što manje štetni za površinu implantata, biti učinkoviti i pokazati trajnost (27).

Preporučljiva je uporaba plastičnih kireta ili onih napravljenih od karbonskih vlakana jer one, za razliku od konvencionalnih čeličnih kireta, ne uzrokuju velika oštećenja na površini implantata (1, 28).

Uporaba plastičnih kireta ili kireta od karbonskih vlakana uz pridržavanje uputa o oralnoj higijeni pacijenta, klinički je pokazala dobre rezultate (29).

Plastične kirete se preporučuju za mehaničku obradu implantološke površine jer kao takve u usporedbi s kiretama napravljenih od nehrđajućeg čelika i od titanijskih legura, uzrokuju najmanje oštećenja na implantološkoj površini (27).

In vitro studijom, dokazano je da suproliferacija i prijanjanje fibroblasta na površinu obrađenu s plastičnim kiretama isti kao i kod neobrađene površine implantata u pogledu površinske kompatibilnosti sa stabilizacijom fibroblasta (30). Plastične kirete su nedjelotvorne za uklanjanje tvrdih naslaga, odnosno kamenca s površine implantata te također mogu uzrokovati vertikalna mikrooštećenja na abutmentu (27, 31).

Alternativa plastičnim kiretama su kireta napravljene od karbonskih vlakna, koje su pokazale

dobre kliničke rezultate te ne uzrokuju velika oštećenja na površini implantata, međutim, na mjestima na kojima je rađena instrumentacija, kirete izrađene od karbonskih vlakana za sobom su ostavile tragove naslaga, koje nastaju i od plastičnih kireta, a koje za sobom ostavljaju tragove u obliku slomljenih čestica (32, 33).

Kirete od nehrđajućeg čelika za sobom ostavljaju hrapavu teksturu tretirane implantološke površine. Takve vrste kireta utjecat će na adheziju stanica na površinu implantata, što se pripisuje kemijskoj izmjeni na implantološkoj površini jer se smatra da nehrđajući čelik može dovesti do promjene u oksidativnom sloju površine, što može povećavati mogućnost korozije i utjecaja na biološku površinu (30).

Uspoređujući kirete od nehrđajućeg čelika, plastične i one od titana, dokazano je da kirete od nehrđajućeg čelika ostavljaju tragove na implantološkoj površini uklanjajući dosta tvari s površine, titanske kirete gotovo i ne ostavljaju tragove iza sebe uklanjajući malo tvari, dok plastične nisu napravile nikakve modifikacije na implantološkoj površini, što ih čini adekvatnima za uporabu i obradu implantološke površine (34).

Uspješno uklanjanje kamenca na implantatu uspješno ćemo provesti pomoću teflonske kirete na glatkoj implantološkoj površini, a da pritom ne izazovemo oštećenje implantata prilikom instrumentacije. Kod implantata koji imaju obrađenu površinu ručna će instrumentacija biti otežana, međutim, svakako se preporuča da se kod mehaničke dekontaminacije implantološke površine kiretama koriste plastične ili teflonske kirete, jer neće napraviti oštećenje na površini implantata (35, 36).

5.2. Zvučni i ultrazvučni strojni instrumenti

Zvučni i ultrazvučni strojni instrumenti mogu se koristiti kao alternativa za ručnu instrumentaciju. Utrošak vremena je manji prilikom uporabe zvučnih i ultrazvučnih instrumenata u usporedbi s ručnim instrumentima te su manje osjetljivi na tehniku rada. Međutim, uporabom zvučnih i ultrazvučnih instrumenata smanjuje se taktilni podražaj te se stvara kontaminirani aerosol.

Zvučni strojni instrumenti pomoću komprimiranog zraka rade vibraciju na vršku instrumenta, frekvencije 2 000 - 6 000 Hz, dok s druge strane ultrazvučni instrumenti postižu frekvencije koje iznose 18 000 - 45 000 Hz, tako što pretvaraju električnu struju u mehaničku energiju u obliku visokofrekventnih vibracija vrha instrumenta. Ultrazvučni instrumenti mogu biti piezoelektrični, kod kojih radni vrh radi linearne pokrete i magnetostriktivni, kod kojih instrument radi eliptične vibracije vrha. Također postoje i ultrazvučni instrumenti koji imaju frekvenciju od 25 kHz te se hlade vodenim medijem koji sadržava čestice za poliranje različitih

veličina. Ovaj se sustav preporuča za liječenje parodontitisa ili periimplantitisa (1).

Uporaba metalnih instrumenata, kireta, zvučnih i ultrazvučnih instrumenata s metalnim vrhom za obradu implantološke površine uzrokovat će oštećenja na implantološkoj površini, što će olakšati stvaranje biofilma i kamenca pa kao takva ova sredstva nisu preporučena za mehaničku dekontaminaciju implantološke površine. Za mehaničku dekontaminaciju preporuča se uporaba nemetalnih instrumenata kako nebi došlo do oštećenja na površini implantata (37).

5.3. Subgingivne pjeskare

Kao alternativa u dekontaminaciji implantoloških površina uvedene su pjeskare kao instrumenti izbora (38).

Korištenje praška na bazi glicina ili natrijevog bikarbonata polučilo je uspješne rezultate u dekontaminaciji implantološke površine, pritom ne uzrokujući oštećenja na površini implantata, ali se prednost daje prahu na bazi glicina, jer je dokazano manje abrazivno djelovanje na implantološku površinu u usporedbi s pijeskom na bazi natrijevog bikarbonata (39, 40).

Kod liječenja periimplantitisa i perimplantnog mukozitisa cilj je ukloniti upalu, a to ćemo postići uklanjanjem biofilma s površine implantata. Novija istraživanja pokazala su da će uporabom pjeskare doći do značajnijeg smanjenja BOP-a nego kod mehaničke obrade kiretom, ultrazvučnim uređajem ili Er:YAG laserom, koji nisu toliko učinkoviti pri uklanjanju naslaga s implantoloških površina. Međutim, uporabom pjeskara nije dokazana statistički značajna razlika u dubini sondiranja u usporedbi s drugim tehnikama mehaničke dekontaminacije. Pjeskarenje se pokazalo kao djelotvorna metoda za dekontaminaciju implantoloških površina i metoda izbora kod periimplantnog mukozitisa te se smatra kako može poboljšati nekiruršku terapiju periimplantitisa. Dokazano je da pjeskarenjem neće doći do stvaranja emfizema, što ovu tehniku čini sigurnom za dekontaminaciju implantoloških površina u ustima pacijenata (40).

5.4. Titanske četke

Pojavom novih instrumenata na tržištu, lakše možemo provesti dekontaminaciju implantološke površine. Među njima je titanska četka koja na sebi ima čekinje s osnovom od nehrđajućeg čelika (41).

Titanske četke se koriste tako da se postave na nasadni instrument, a njihova fleksibilnost omogućuje im da obrade implantološku površinu na teško dostupnim mjestima, odnosno na mjestima koja predstavljaju izazov za uobičajenu ručnu instrumentaciju (42).

Prilikom obrade implantološke površine one ne uzrokuju značajne promjene na površini implantata te su se također pokazale učinkovitijima u dekontaminaciji implantološke površine u usporedbi s kiretama (43).

Važno je istaknuti kako je proces dekontaminacije implantata s titanskim četkama brz, čime smanjujemo mogući mišićni umor zbog dugotrajno otvorenih usta pacijenata. U istraživanju koje su proveli Yin-Zhe An i suradnici, istaknuli su kako se rotirajuće titanske četke smatraju jednostavnima, učinkovitima i brzima u odnosu na druge konvencionalne instrumente koji se koriste za dekontaminaciju implantoloških površina (44).

Prema istraživanju koje su proveli Cha J. i skupina suradnika, četkice od titana i pjeskare pokazale su se kao jedine efikasne u dekontaminaciji implantoloških površina na teško dostupnim mjestima (45).

5.5. Svrkla

Za dekontaminaciju implantoloških površina preporuča se uporaba nemetalnih instrumenata i pjeskara jer će njihovom upotrebom ostati očuvan integritet površine implantata. Metalni instrumenti i svrdla su indicirani samo ukoliko je potrebno ukloniti površinski sloj s implantata (37).

U periimplantatnoj kirurgiji cilj je spriječiti daljnju progresiju upale i postići održivo mjesto na implantatu za pacijenta, a to će se napraviti na način da se zaglade i očiste površine implantata koronarno od kosti. Stoga se na ohrapvljene površine implantata, kao što su implantati kojima je površina prekrivena hidroksiapatitom (HA implantati), preporuča implantoplastika dijamantrnim svrdlima i polirerima kako bi dobila glatka površina implantata. Implantoplastika je indicirana samo u resektivnoj kirurgiji, dok se u regenerativnoj ne preporuča jer bi u regenerativnoj takav zahvat mogao imati negativni učinak na regeneraciju kosti (28).

Implantoplastikom ćemo postići potpunu dekontaminaciju implantološke površine, ali ono ima i svoje negativne strane. Prilikom implantoplastike uklanja se dio implantata, čime može doći do slabljenja njegove strukture, stvara se toplina, oštećuje se implantat te dolazi do taloženja čestica implantata u kirurškom polju. Međutim, pravilnim odabirom svrdala i adekvatnim vodenim hlađenjem spriječit ćemo stvaranje velike topline (46).

O zabrinutosti zbog slabljenja implantatne strukture ne govori se često jer je količina površine koja se treba ukloniti jako mala. Schwartz (2011.) i Romeo (2007.) dokazali su u svojim istraživanjima da depoziti implantata koji zaostaju u kirurškom polju klinički nisu pokazali štetan utjecaj (47, 48).

Implantoplastika će ukloniti mikro i makro hrapavosti na implantatu, međutim takav oblik

terapije ponekad je i poželjan kako bismo spriječili daljnju kolonizaciju bakterija (49).

6. KEMIJSKA DEKONTAMINACIJA POVRŠINE IMPLANTATA

Kemijska dekontaminacija implantoloških površina podrazumijeva lokalnu upotrebu antimikrobnih sredstva kao što su klorheksidin (CHX), primjenu antibiotika, citrične kiseline, vodikovog peroksida, 35 % fosforne kiseline (11).

Biofilm štiti bakterije od antimikrobnih sredstava, stoga sama kemijska dekontaminacija implantoloških površina bez prethodno mehanički obrađene površine neće imati previše utjecaja na kontaminiranu površinu (1).

Istraživanja su pokazala kako mehanička dekontaminacija zajedno s kemijskom dekontaminacijom pokazuje bolje kliničke i mikrobiološke parametre. Iz tog razloga sama nekirurška terapija trebala bi ostati ograničena samo na periimplantitis mukozitis (9, 50, 51).

U slučaju periimplantitisa, parodontološka kirurgija potrebna je kako bismo u potpunosti uklonili granulacijsko tkivo te imali pristup implantatu radi provođenja dekontaminacije (52).

Kako bi bolje podnijeli mehanička opterećenja, danas gotovo svi implantati imaju hrapavu površinu na područjima gdje se očekuje oseointegracija. Mehanička dekontaminacija bez kemijske dekontaminacije ne može ukloniti sve bakterije s površine implantata, stoga je preporučena upotreba kemijskih agensa kako bi bolje dekontaminirali implantološku površinu (53).

Zajedničkim djelovanjem, odnosno, mehaničkom i kemijskom dekontaminacijom doći će do re-osteointegracije, što je jedan od ciljeva terapije (54).

6.1. Citrična kiselina

Upotreba 40 % citrične kiseline s pH 1 u trajanju od 30 - 60 sekundi, a u svrhu dekontaminacije površine implantata, pokazala se učinkovitom pri sprečavanju daljnjeg rasta bakterija na HA implantatima. Kliničke aplikacije sredstva s niskim pH mogu štetno djelovati na periimplantatno tkivo te ukoliko ga se ostavi da djeluje duže vrijeme, može utjecati na spoj HA s tijelom implantata (11).

Primjenom citrične kiseline na površine HA implantata u trajanju od 30 - 60 sekundi, uklonit će se lipopolisaharidi (LPS) bez promjene na površini implantata. Ovakvom vrstom terapije, dekontaminirat će se HA implantat te će se stvoriti biološki prihvatljivo mjesto za proliferaciju ljudskog gingivnog fibroblasta. Smatralo se da je mehanizam djelovanja citrične kiseline na površini implantata demineralizacija površinskog sloja HA implantata, međutim do toga ne dolazi na kontaminiranoj površini implantata i na implantatima napravljenima od legura titana (55).

6.2. Klorheksidin

Klorheksidin (CHX) je antiseptik iz skupine bigvanida te je najzastupljeniji od svih antiseptika kao dezinficijens i prezervans koji nalazimo u preparatima za pranje ruku i preparatima za higijenu oralne šupljine. Djelotvoran je protiv *Candida albicans* te se također rabi za eradikaciju kliconoštva *Staphylococcus Aureus* (meticilin rezistentan *Staphylococcus aureus* - MRSA). Ima baktericidno djelovanje tako što radi denaturaciju proteina te se reverzibilno veže za oralna tkiva, čime postiže produljeno djelovanje. Najbolje djeluje na gram-pozitivne bakterije, a nešto slabije na gram-negativne bakterije i gljivice, ali ne djeluje na bacile tuberkuloze, spore i virus herpesa (56).

Uporaba klorheksidina za dekontaminaciju implantoloških površina pokazala se neučinkovitom (11).

U istraživanju koje je 2012. provela Yvonne Catherina Maria de Waal i skupina suradnika, dokazano je da zajedničkom primjenom 0.12 % CHX i 0.05 % cetilpiridinijevog klorida (CPC) dolazi do smanjenja broja bakterija na površini implantata, međutim klinički se pokazala neučinkovitom jer nije imala utjecaja na smanjenja krvarenja, dubine džepova i supuracije (57). Istraživanje je također pokazalo da uporabom 2 % CHX neće doći do poboljšanja kliničkih, radioloških i mikrobioloških rezultata u usporedbi s 0.12 % CHX i 0.05 % CPC. Uporaba CHX-a nakon mehaničke dekontaminacije pokazuje bolje rezultate što se tiče smanjenja broja bakterija na površini implantata nego kada se mehanička dekontaminacija radi sama, bez CHX, međutim uporaba CHX nema kliničkog značaja (58).

CHX je pokazao citotoksično djelovanje na stanice koje sudjeluju u zacjeljivanju rane te se stoga treba koristiti oprezno kod otvorenih rana (59).

Mehanička, nekirurška instrumentacija pokazala se uspješnom kod periimplantitisa mukozitisa, a dodatna primjena vodica za ispiranje usta s antimikrobnim djelovanjem poboljšala je ishod mehaničke terapije u periimplantitisu mukozitis. Kod periimplantitisa, kirurška terapija pokazala se učinkovitijom te je kod periimplantitisa dodatna primjena klorheksidina imala samo ograničene učinke na kliničke i mikrobiološke parametre (9).

6.3. Vodikov peroksid (H₂O₂)

Vodikov peroksid (H₂O₂) nastaje djelovanjem sumporne kiseline na barijev peroksid. Tkivnom katalazom vodikov peroksid brzo se razgrađuje na vodu i atomarni kisik, pri čemu se razvija snažan, kratkotrajan antiseptički učinak. On djeluje na gljivice, viruse, uključujući viruse hepatitisa B, C i HIV, vegetativne oblike gram-pozitivnih i gram-negativnih oblika te na bakterijske spore. Velika količina oslobođenog atomarnog kisika u kontaktu sa slinom, krvlju

ili gnojem dovodi do stvaranje kisikove pjene, koja i mehanički čisti površinu na koju djeluje (56).

3 % vodikov peroksid primijenjen u trajanju od 1 minute pokazao se učinkovitim u smanjenju broja Escherichia Coli LPS (55). U istraživanju koje su proveli Homayouni A. i skupina suradnika iz 2019. godine dokazano je da će H₂O₂ efikasno dekontaminirati površinu od titana te da na njoj neće napraviti velike štete (60).

6.4. 35 % fosforna kiselina

U istraživanju koje je 2017. godine proveo Diederik F. M. Hentenaar sa skupinom suradnika dokazano je da primjena 35 % fosforne kiselina nakon mehaničke obrade površine pokazuje bolje rezultate nego kada se dekontaminacija radi isključivo mehanički, međutim, nakon 3 mjeseca nije pokazala klinički značajne rezultate.

Kiseline s niskim pH pokazuju snažan baktericidni učinak te je iz tog razloga 35 % fosforna kiselina odabrana kao sredstvo za dekontaminaciju površine implantata, a i čini se da 35 % fosforna kiselina ne oštećuje površinu implantata od titana. S obzirom na to da 35 % fosforna kiselina dolazi u gelu, lako se primjenjuje te se smanjuje mogućnost dodirivanja okolne kosti i tkiva. Nedostatak primjene gela jest to da je teži protok do dubljih dijelova grubih površina implantata te je iz tog razloga opravdano trljanje malom četkom prilikom procesa dekontaminacije (61).

Potrebno je napomenuti kako sredstva s niskim pH, kao što su citrična kiselina i fosforna kiselina, mogu dovesti do nekroze parodontalnih tkiva (1).

6.5. Antibiotici

U liječenju periimplantnih lezija, uz mehaničku dekontaminaciju, dodatna uporaba lokalno ili sistemno primijenjenog antibiotika pokazala je dobre kliničke rezultate, odnosno smanjenje BOP-a i dubine sondiranja (9).

Jong-Bin Lee i skupina suradnika 2019. godine dokazali su kako se minociklin ne može ukloniti vodom s površine implantata zbog njegove hidrofobnosti. Ostatak lokalnih sredstva za isporuku lijeka na površini implantata može ometati re-osteointegraciju te biti mjesto za akumulaciju bakterija.

Minociklin i periociklin primjenjuju se lokalno u terapiji parodontitisa i periimplantitisa. Minociklin hidroklorid polagano se oslobađa, dok se njegov supstrat razgrađuje, a periociklin se apsorbira fiziološki. Periociklin je hidrofilan i biokompatibilan te su stoga rizici za nastanak nuspojava smanjeni, jer se nakon određenog perioda uklanja s površine implantata.

Minociklin sadrži alginat i hitozan. S obzirom da u sebi ima organske tvari, on se može otopiti jedino u razrijeđenim kiselinskim otopinama čiji je pH ispod 6.0. Hitozan u polimernom obliku teško se apsorbira te se ne može fiziološki ukloniti, pa iz tog razloga može ostati neaktivan na implantološkoj površini (62).

Sve veća uporaba antibiotika dovodi do sve većih problema, kao što su sljedeće nuspojave: alergije uzrokovane penicilinom, prelazak tetraciklina u kosti i zube, glavobolje, vrtoglavice, metalni okus, intolerancija alkohola uzrokovana metronidazolom. Zbog neprikladnog i prekomjernog propisivanja antibiotika te dodavanja antibiotika u stočnu hranu, nastaju sojevi bakterija rezistentnih na antibiotike (63).

7. OSTALE METODE DEKONTAMINACIJE POVRŠINE IMPLANTATA

Recentna istraživanja dokazala su učinkovitost primjene lasera u svrhu dekontaminacije površine implantata. Neki od njih su Er:YAG laser te antimikrobna fotodinamska terapija (11). Laseri su sposobni ukloniti plak i kamenac s površina te uzrokuju mali mehanički stres za okolna tkiva (1).

7.1. Er:YAG laser

Oni su sposobni učinkovito ukloniti kamenac s površina, a to postižu tako da zračenjem apsorbiraju vodu i organske komponente bioloških tkiva te dolazi do porasta temperature, isparavanje vode, a stvaranjem unutarnjeg pritiska unutar naslaga kamenca dolazi do odvajanja kamenca s površina (1).

U pilot studiji provedenoj 2004. Schwartz i skupina suradnika dokazali su kako je ER:YAG laser pokazao klinički bolje rezultate u pogledu smanjenje BOP-a u odnosu na implantate koji su tretirani s plastičnim kiretama i antiseptikom, 0.2 % klorheksidin diglukonata (64).

Zbog protoka krvi kroz tkiva smanjen je rizik od pregrijavanja okolnih tkiva uporabom Er:YAG lasera.

Pokazao se kao učinkovitije sredstvo u usporedbi s diodnim laserom, te prilikom svoje primjene ne uzrokuje promjene na površini implantata. Dokazano je da ovaj sustav sa 100 % efikasnošću uklanjanja sve bakterije na gruboj implantološkoj površini. Njegova uporaba se pokazala učinkovitom i sigurnom (65).

7.2. Antimikrobna fotodinamska terapija (aPDT)

Antimikrobna fotodinamska terapija jest neinvazivna terapija u parodontologiji, a glavna joj je svrha uklanjanje bakterija, bakterijskih endotoksina, virusa, gljivica i protoza.

Kod aPDT-a prednost je ta što se agens na koji mikroorganizimi ne stvaraju rezistenciju primjenjuje lokalno, što ne uzrokuje nepoželjne reakcije organizma te se postupak može ponavljati sve dok ne dobijemo željene rezultate, a da pritom nemamo štetne posljedice (63). Djelovanje se temelji na fotoaktivatoru, izvoru svjetla i molekularnom kisiku. Fotoaktivator se veže za bakterijsku stjenku te nakon upotrebe svjetla lasera, dolazi do oslobađanja citotoksičnog molekularnog kisika koji uništava bakterije (11, 66).

Antimikrobna fotodinamska terapijadovodi do uništenja deoksiribonukleinske kiseline (DNK) i oštećenja citoplazmatske membrane, zbog čega dolazi do inaktivacije membranskih transportnih sustava ili izlaska staničnog sadržaja (67).

S obzirom na to da fotoaktivator može penetrirati kroz epitel u vezivo, on može djelovati na mikroorganizme i njihove produkte koji prođu epitelnu barijeru i koloniziraju se u vezivnom

tkivu (68).

Antimikrobna fotodinamska terapija djelotvorna je potporna terapija mehaničkoj terapiji, koja dovodi do smanjena obligatnih anaeroba i poboljšanja kliničkih parametara, međutim, bez prethodne mehaničke obrade, aPDT-a, ne dovodi do značajnih rezultata (63).

Ugradnja implantata kao terapije za izgubljene zube pokazala se učinkovitom terapijom te se iz tog razloga danas sve više radi kod pacijenata s bezubom i djelomično bezubom čeljusti. S obzirom na sve veću popularnost terapije implantatima, zabilježen je i niz komplikacija, među kojima su najčešći upala periimplantatnog tkiva, odnosno periimplantatni mukozitis i periimplantitis.

Glavni uzročnik nastanka periimplantatne upale su bakterija, odnosno biofilm koji se stvara na površini implantata. Prema Teughels W. i skupini suradnika, kod implantata s hrapavom površinom ostvaruje se bolja oseointegracija, međutim, istraživanja nam također govore kako su hrapave površine pogodne za akumulaciju biofilma (3).

Kako bismo ponovno ostvarili osteointegraciju i uklonili upalu u periimplantnom tkivu, potrebna je dekontaminacija implantološke površine.

Nekirurška terapija u kojoj je rađena samo mehanička dekontaminacija pokazala se nedostatnom u terapiji periimplantitisa, dok je u kombinaciji s antimikrobnim sredstvima pokazala nešto bolje kliničke rezultate, ali oni nisu zadovoljavajući. Iz tog se razloga mehanička dekontaminacija i nekirurške terapije preporučaju samo u slučajevima perimplantatnog mukozitisa (5).

Kod kirurškog pristupa, odnosno u terapiji periimplantitisa, mehanička i kemijska dekontaminacija obično se udružuju sa sistemskom antibiotskom terapijom. (52, 69, 70).

U istraživanju provedenom 2011. godine Mombelli i Décaillet dokazali su kako antibiotska terapija s metronidazolom i amoksicilinom zajedno pokazuju dobre rezultate u uklanjanju širokog spektra bakterija koje uzrokuju periimplantitis (71).

Prema pregledima in vitro studija, niti jedno kemijsko sredstvo nije se pokazalo učinkovitijim od drugih (72). Međutim, kod implantata koji su prekriveni hidroksiapatitom, citrična kiselina pokazala se učinkovitom te možemo ustvrditi da je ona u tom slučaju sredstvo izbora. S druge strane, upotreba klorheksidina pokazala se neučinkovitom (6, 73).

Pjeskarenje implantoloških površina s pijeskom na bazi natrijeva bikarbonata abrazivnije je u usporedbi s pijeskom na bazi glicina. Schwartz i suradnici dokazali su kako je uporaba pjeskare s pijeskom od glicina kroz 3, 6 i 12 mjeseci pokazala značajnije smanjenje BOP-a u usporedbi s mehaničkom i antiseptičkom obradom površine (39, 40).

Dostupna literatura nam govori kako antimikrobna terapije bez prethodne mehaničke dekontaminacije neće imati značajan učinak (1).

Za mehaničku dekontaminaciju implantološke površine trebalo bi se služiti instrumentima koji su mekši od titana, odnosno koji su od materijala od kojeg je građen implantat, jer oni ne oštećuju površinu implantata, za razliku od metalnih i ultrazvučnih instrumenata s metalnim

vrhom (74).

Studija koju je provela Karring sa suradnicima, dokazala je kako sama mehanička dekontaminacija pomoću ultrazvučnog uređaja ili kireta od karbonskih vlakna nije dovoljna u džepovima dubine ≥ 5 mm, stoga treba imati na umu da sama mehanička dekontaminacija, upotrebom kireta od karbonskih vlakana ili ultrazvučnim uređajem nije dostatna za terapiju periimplantitisa (50).

Renvert i skupina suradnika u svom su istraživanju istaknuli kako dodatna antiseptična terapija u džepovima manjim od 4 mm nije pokazala značajnije kliničke rezultate, ali je to pokazala u džepovima većim od 5 mm.

U istom istraživanju, dokazano je kako dodatna primjena minociklina uz mehaničku dekontaminaciju pokazuje bolje rezultate nego u skupini kod koje je uz mehaničku dekontaminaciju korišten i antiseptik (klorheksidin) (75).

Schwarz i skupina suradnika dokazali su kako uporaba plastičnih kireta u kombinaciji s 0.2 % klorheksidinom može dovesti do statistički značajnih poboljšanja BOP-a, dubine džepa, i kliničke razine pričvrstka unutar 6 mjeseci (76).

Uporaba Er:YAG lasera može poboljšati kliničke parametre unutar 6 mjeseci, ali ostaje upitno može li se njegov učinak održati kroz dulji period (77).

U pregledu literature Subramana 2012. godine, nađeno je da laser u kombinaciji s klorheksidinom ili fiziološkom otopinom postiže veći postotak re-oseointegracije (6).

Antimikrobna fotodinamska terapija pokazala se kao moguća alternativa u dekontaminaciji implantoloških površina. Primjenom aPDT-a značajno se smanjuje broj bakterija na implantološkim površinama, zamijećeno je smanjenje BOP-a i upale, međutim, potrebno je još kliničkih studija kako bi se dokazala njena učinkovitost (6, 78).

S obzirom na to da nemamo veliki broj studija provedenih na ljudima, stvarni utjecaj različitih tehnika dekontaminacije i dalje je nepoznat. Istraživanja nam govore kako su implantati koji imaju glatkije površine manje pogođeni periimplantitisom u usporedbi s onima koji su grubo obrađeni (79).

Pjeskare su se pokazale učinkovitima u dekontaminaciji površina implantata, međutim, treba koristiti pijesak čije čestice najmanje oštećuju površinu implantata. Ultrazvučni i zvučni instrumenti manje umaraju ruku terapeuta u usporedbi s kiretama, međutim, prilikom njihove uporabe dolazi do širenja infektivnog aerosola u okolinu. Titanske četke također su se pokazale učinkovitima u dekontaminaciji implantoloških površina te se zbog svoje fleksibilnosti mogu rabiti na teško dostupnim mjestima.

Citrična i fosforna kiselina, iako su pokazale dobre rezultate, valja rabiti s oprezom jer mogu dovesti do oštećenja periimplantatna tkiva. Vodikov peroksid pokazao se učinkovitim u dekontaminaciji površine implantata, što se pripisuje njegovom kemijskom, ali i mehaničkom djelovanju, koje nastaje zbog stvaranja kisikove pjene.

Lokalna i sistemska primjena antibiotika dovest će do poboljšanja kliničkih parametara. Kod lokalno primijenjenog antibiotika moramo imati na umu da određeni antibiotici dolaze sa supstratom koji može ostati na površine implantata te mogu biti predilecijsko mjesto za nakupljanje biofilma i mogu ometati osteointegraciju.

Alternativne metode dekontaminacije površine implantata, kao što su Er:YAG laser i antimikrobna fotodinamska terapija, pokazale su dobre rezultate.

S obzirom na veliki broj nuspojava te pojave rezistentnosti bakterija na antibiotike, antimikrobna fotodinamska terapija pokazuje se kao dobra alternativa.

1. Lindhe J, Lang NP, Karring T. Klinička parodontologija i dentalna implantologija. 5. izd. editor. Zagreb: Nakladni zavod Globus; 2010. 1340 p.
2. Prathapachandran J, Suresh N. Management of peri-implantitis. *Dent Res J.* 2012;9(5):516–21.
3. Teughels W, Van Assche N, Sliepen I, Quirynen M. Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(2):68-81.
4. Valderrama P, Wilson TG. Detoxification of implant surfaces affected by peri-implant disease: An overview of surgical methods. *Int J Dent.* [Internet]. 2013 [cited 2020 April 10]. [about 9 p.]. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/ijd/2013/740680/>.
5. Froum SJ, Rosen PS. A proposed classification for peri-implantitis. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2012;32(5):532-40.
6. Subramani K., Wismeijer D. Decontamination of Titanium Implant Surface and Re-Osseointegration to Treat Peri-Implantitis: A Literature Review. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet]. 2012 [cited 2020 April 10]; 27(5): [about 11 p.]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23057016/>.
7. Wolf H.F, Rateitschak-Plüss, Rateitschak K.H. Parodontologija: Stomatološki atlas. 3. izd. Plančak D. Zagreb: Naklada Slap; 2009. 536 p.
8. Suarez F, Monje A, Galindo-Moreno P, Wang HL. Implant surface detoxification: a comprehensive review. *Implant Dent.* 2013;22(5):465-73.
9. Renvert S, Roos-Jansaker AM, Claffey. Non-surgical treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis: a literature review. *J Clin Periodontol* 2008;35(8):305-15.
10. Gattani D, Ansari ST. Peri-implant Diseases: Pathogenesis and Treatment. *Int J Clin Implant Dent.* 2010;2(1):23-30.
11. Mellado-Valero A, Buitrago-Vera P, Solá-Ruiz MF, Ferrer-García JC. Decontamination of dental implant surface in peri-implantitis treatment: A literature review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2013;18(6):869–76.
12. Renvert S, Polyzois I, Maguire R. Re-osseointegration on previously contaminated surfaces: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20(4):216-27.
13. Singh AV. *Clinical Implantology.* New Delhi: Elsevier; 2013. 689 p.
14. Flemming H-C, Wingender J, Griegbe, Mayer C. Physico-chemical properties of biofilms. In: Evans LV, editor. *Biofilms: recent advances in their study and control.* Amsterdam: Harwood Academic Publishers; 2000. 19–34.
15. Flemming HC, Neu TR, Wozniak DJ. The EPS matrix: the "house of biofilm cells". *J Bacteriol.* 2007;189(22):7945-7.

16. Stewart PS, Franklin MJ. Physiological heterogeneity in biofilms. *Nat Rev Microbiol.* 2008;6(3):199-210.
17. Donlan RM. Biofilms: Microbial Life on Surfaces. *Emerg Infect Dis.* [Internet]. 2002 [cited 2020 May 15]; 8(9):[about 9 p.]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12194761/>.
18. Yang SJ, Oh HM, Chung S, Cho JC. *Antarcticimonas flava* gen. nov., sp. nov., isolated from Antarctic coastal seawater. *J Microbiol.* 2009;47(5):517-23.
19. Jones DS, Tobler DJ, Schaperdoth I, Mainiero M, Macalady JL. Community structure of subsurface biofilms in the thermal sulfidic caves of Acquasanta Terme, Italy. *Appl Environ Microbiol.* 2010;76(17): 5902-10.
20. Campos VL, Escalante G, Yañez J, Zaror CA, Mondaca MA. Isolation of arsenite-oxidizing bacteria from a natural biofilm associated to volcanic rocks of Atacama Desert, Chile. *J Basic Microbiol.* 2009;49 (1):93-7.
21. Fletcher M, Loeb GI. Influence of Substratum Characteristics on the Attachment of a Marine Pseudomonad to Solid Surfaces. *Appl Environ Microbiol.* 1979;37(1):67-72.
22. Loeb GI, Neihof RA. Marine Conditioning Films. In: Baier RE. *Applied Chemistry at Protein Interfaces.* 1975. p. 319–35.
23. Subramani K, Wismeijer D. Decontamination of titanium implant surface and re-osseointegration to treat peri-implantitis: a literature review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(5):1043–54.
23. Jepsen S, Berglundh T, Genco R, Aass AM, Demirel K, Derks J, et al. Primary prevention of peri-implantitis: Managing peri-implant mucositis. *J Clin Periodontol.* 2015;42(16):152–7.
24. Koo KT, Khoury F, Keeve PL, et al. Implant Surface Decontamination by Surgical Treatment of Periimplantitis: A Literature Review. *Implant Dent.* 2019;28(2):173–6.
25. Louropoulou A, Slot DE, Van der Weijden F. Influence of mechanical instruments on the biocompatibility of titanium dental implants surfaces: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2015;30:578-87.
26. Jie C, Wang T, Yinfei P, Zhihui T, Huanxin M. Influence on proliferation and adhesion of human gingival fibroblasts from different titanium surface decontamination treatments: An in vitro study. *Arch Oral Biol.* 2018;87:204-10.
27. Curylofo F de A, Barbosa LA, Roselino AL, Fais LMG, Vaz LG. instrumentation of dental implants: a literature review. *Rev. Sul-bras. Odontol.* [Internet]; 2013 [cited 2020 Apr 20]; 10(1): [about 6p.]. Available from: <http://revodonto.bvsalud.org/pdf/rsbo/v10n1/a14v10n1.pdf>.

28. Jovanovic SA. Diagnosis and Treatment of Periimplant Complications. In: Newman MG, Takei HH, Carranza FA. Carranza's Clinical Periodontology. 9th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Co; 2002. p. 931-42.
29. Schwarz F, Schmucker A, Becker J. Efficacy of alternative or adjunctive measures to conventional treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis: a systematic review and meta-analysis. *Int J Implant Dent.* 2015;1(22):1-34.
30. Dmytyk JJ, Fox SC, Moriarty JD. The Effects of Scaling Titanium Implant Surfaces With Metal and Plastic Instruments on Cell Attachment. *J Periodontol.* 1990;61(8):491-6.
31. McCollum J, O'Neal RB, Brennan WA, Van Dyke TE, Horner JA. The Effect of Titanium Implant Abutment Surface Irregularities on Plaque Accumulation In Vivo. *J Periodontol.* 1992;63(10):802-5.
32. Speelman JA, Collaert B, Klinge B. Evaluation of different methods to clean titanium abutments. A scanning electron microscopic study. *Clin Oral Implants Res.* 1992;3(3):120-7.
33. Rühling A, Kocher T, Kreuzsch J, Plagmann HC. Treatment of subgingival implant surfaces with Teflon-coated sonic and ultrasonic scaler tips and various implant curettes. An in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 1994;5(1):19-29.
34. Mengel R, Buns CE, Mengel C, Flores-de-Jacoby L. An in vitro study of the treatment of implant surfaces with different instruments. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1998;13(1):91-6.
35. Bassir SH, Karimbux N, Mordini L, Parra C, Shapurian T, Levi PA., Ausenda F, Bonino F, Natto ZS, Alharthi S, Ogata Y, Bui M, Hur Y, Lee SS, Acosta P, DeVitre R. Peri-implantitis: Diagnosis, Treatment, and Prevention: Case 3: Professional Plaque Control Around Implants. In: Karimbux N, Weber HP, editors. *Clinical Cases in Implant Dentistry.* 1st ed. Wiley Blackwell; 2016. p. 395-463.
36. Gehrke SA, Boligon J, Shibli JA. Evaluation of the Cleaning and Alterations in Titanium Surfaces with Different Mechanical Instruments Using an Artificial Calculus. *Oral Heal Dent Manag.* 2014;13(4):6.
37. Louropoulou A, Slot DE, Van der Weijden FA. Titanium surface alterations following the use of different mechanical instruments: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(6):643-58.
38. Schwarz F, Becker K, Bastendorf K-D, Cardaropoli D, Chatfield C, Dunn I, et al. Recommendations on the clinical application of air polishing for the management of peri-implant mucositis and peri-implantitis. *Quintessence Int.* 2016;47(4):293-6.
39. Schwarz F, Ferrari D, Popovski K, Hartig B, Becker J. Influence of different air-abrasive powders on cell viability at biologically contaminated titanium dental implants surfaces. *J*

Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater. 2009;88(1):83-91.

40. Schwarz F, Becker K, Renvert S. Efficacy of air polishing for the non-surgical treatment of peri-implant diseases: A systematic review. *Journal of Clinical Periodontology*. 2015;42(10):951-9.

41. De Tapia B, Valles C, Ribeiro-Amaral T, Mor C, Herrera D, Sanz M, et al. The adjunctive effect of a titanium brush in implant surface decontamination at peri-implantitis surgical regenerative interventions: A randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol*. 2019;46(5):586–96.

42. Froum S. A new tool in the fight against peri-implant disease. *Perio-Implant Advisory* [Internet]. 2013 [cited 2020 May 27]. [about 7p.]. Available from:

<https://www.perioimplantadvisory.com/clinical-tips/surgical-techniques/article/16411838/a-new-tool-in-the-fight-against-periimplant-disease>

43. John G, Becker J, Schwarz F. Rotating titanium brush for plaque removal from rough titanium surfaces - an in vitro study. *Clin Oral Implants Res*. 2014;25(7):838-42.

44. An YZ, Lee JH, Heo YK, Lee JS, Jung UW, Choi SH. Surgical treatment of severe peri-implantitis using a round titanium brush for implant surface decontamination: A case report with clinical reentry. *J Oral Implantol*. 2017;43(3):218-25.

45. Cha JK, Paeng K, Jung UW, Choi SH, Sanz M, Sanz-Martín I. The effect of five mechanical instrumentation protocols on implant surface topography and roughness: A scanning electron microscope and confocal laser scanning microscope analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2019;30(6):578–87.

46. Sharon E, Shapira L, Wilensky A, Abu-hatoum R, Smidt A. Efficiency and thermal changes during implantoplasty in relation to bur type. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2013;15(2):292-6.

47. Schwarz F, Sahm N, Iglhaut G, Becker J. Impact of the method of surface debridement and decontamination on the clinical outcome following combined surgical therapy of peri-implantitis: a randomized controlled clinical study. *J Clin Periodontol* 2011;38(3):276–84.

48. Romeo E, Lops D, Chiapasco M, Ghisolfi M, Vogel G. Therapy of peri-implantitis with resective surgery. A 3-year clinical trial on rough screw-shaped oral implants. Part II: radiographic outcome. *Clin Oral Implants Res* 2007;18(2):179-87.

49. Meier RM, Pfammatter C, Zitzmann NU, Filippi A, Kuhl S. Surface quality after implantoplasty. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2012;122(9):714-9.

50. Karring ES, Stravropoulos A, Ellegaard B, Karring T. Treatment of peri-implantitis by the vector system. *Clin Oral Implants Res*. 2005;16(3):288-93.

51. Salvi GE, Persson GR, Heitz-Mayfield LJ, Frei M, Lang NP. Adjunctive local antibiotic

therapy in the treatment of peri-implantitis II: clinical and radiographic outcomes. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18(3):281-5.

52. Maximo MB, de Mendonca AC, Renata Santos V, Figueiredo LC, Feres M, Duarte PM. Short-term clinical and microbiological evaluations of peri-implant diseases before and after mechanical anti-infective therapies. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20(1):99-108.

53. Mombelli A. Microbiology and antimicrobial therapy of peri-implantitis. *Periodontol* 2000. 2002;28(1):177-89.

54. Lindhe J, Meyle J. Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol.* 2008;35:282-5.

55. Zabtotsky MH, Diedrich DL, Meffert RM. Detoxification of endotoxin–contaminated titanium and hydroxyapatite–coated surfaces utilizing various chemotherapeutic and mechanical modalities. *Implant Dent.* 1992;1(2):154-8.

56. Linčir I. i suradnice. *Farmakologija za stomatologe*. 3.izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2011. 465 p.

57. De Waal YCM, Raghoobar GM, Huddleston Slater JJR, Meijer HJA, Winkel EG, Van Winkelhoff AJ. Implant decontamination during surgical peri-implantitis treatment: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Clin Periodontol.* 2013;40(2):186-95.

58. De Waal YCM, Raghoobar GM, Meijer HJA, Winkel EG, van Winkelhoff AJ. Implant decontamination with 2% chlorhexidine during surgical peri-implantitis treatment: A randomized, double-blind, controlled trial. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(9):1015-23.

59. Wiedmer D, Petersen FC, Lönn-Stensrud J, Tiainen H. Antibacterial effect of hydrogen peroxide-titanium dioxide suspensions in the decontamination of rough titanium surfaces. *Biofouling.* 2017;33(6):451-9.

60. Homayouni A, Bahador A, Moharrami M, Pourhajibagher M, Rasouli-Ghahroudi AA, Alikhasi M. Effect of 5 Popular Disinfection Methods on Microflora of Laboratory: Customized Implant Abutments. *Implant Dent.* 2019;28(5):437-46.

61. Hentenaar DFM, De Waal YCM, Strooker H, Meijer HJA, Van Winkelhoff A-J, Raghoobar GM. Implant decontamination with phosphoric acid during surgical peri-implantitis treatment: a RCT. *Int J Implant Dent.* [Internet]. 2017 [cited 2020 May 28];3(1): [about 9 p.]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5514004/>

62. Lee J Bin, Kweon HHI, Cho HJ, Kim CS, Kim YT. Characteristics of local delivery agents for treating peri-implantitis on dental implant surfaces: A preclinical study. *J Oral Implantol.* 2019;45(2):116-26.

63. Veličan S. Antimikrobna fotodinamska terapija u parodontologiji [master's thesis]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2017. 32. p.
64. Schwarz F, Sculean A, Rothamel D, Schwenzer K, Georg T, Becker J. Clinical evaluation of an Er:YAG laser for nonsurgical treatment of peri-implantitis: a pilot study. *Clin Oral Implants Res.* 2004;16(1):44-52.
65. Nikitas A. Er:YAG and Diode Lasers in Treatment of Peri-Implantitis—A Case Report. *J Clin Diagnostic Res.* 2019;13(1):8-10.
66. Sharman WM, Allen CM, Van Lier JE. Photodynamic therapeutics: Basic principles and clinical applications. *Drug Discovery Today.* 1999;4(11):507-17.
67. Singh H, Khurana H, Singh H, Singh M. Photodynamic therapy: Truly a marriage between a drug and a light. *Muller J Med Sci Res.* 2014;5(1):48-55.
68. Kömerik N, Wilson M, Poole S. The effect of photodynamic action on two virulence factors of gram-negative bacteria. *Photochem Photobiol.* 2000;72(5):676-80.
69. Heitz-Mayfield LJA, Salvi G. E, Mombelli A, Faddy M, Lang NP. On behalf of the Implant Complication Research Group. Anti-infective surgical therapy of peri-implantitis. A 12-month prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(2):205-10.
70. Leonhardt A, Dahlen G, Renvert S. Five-year clinical, microbiological, and radiological outcome following treatment of peri-implantitis in man. *J Periodontol.* 2003;74(10):1415-22.
71. Mombelli A, D'Acquillo F. The characteristics of biofilms in peri-implant disease. *J Clin Periodontol.* 2011;38(11):203-13.
72. Claffey N, Clarke E, Polyzois I, Renvert S. Surgical treatment of peri-implantitis. *J Clin Periodontol.* 2008;35(8):316-32.
73. Sánchez-García MÁA, Gay-Escoda C. Peri-implantitis. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2004;9:63-74.
74. Matarasso S, Quaremba G, Coraggio F, Vaia E, Cafiero C, Lang NP. Maintenance of implants: An in vitro study of titanium implant surface modifications subsequent to the application of different prophylaxis procedures. *Clin Oral Implants Res.* 1996;7(1):64-72.
75. Renvert S, Lessem J, Dahlen G, Renvert H, Lindahl C. Mechanical and repeated antimicrobial therapy using a local drug delivery system in the treatment of peri implantitis: A randomized clinical trial. *J Periodontol.* 2008;79(5):836-44.
76. Schwarz F, Sculean A, Bieling K, Ferrari D, Rothamel D, Becker J. Two year clinical results following treatment of peri-implantitis lesions using a nanocrystalline hydroxyapatite or a natural bone mineral in combination with a collagen membrane. *J Clin Periodontol.* 2008;35(1):80-7.

77. Schwarz F, Bieling K, Bonsmann M, Latz T, Becker J. Nonsurgical treatment of moderate and advanced peri-implantitis lesions: A controlled clinical study. *Clin Oral Invest.* 2006;10(4):279-88.
78. Marotti J, Tortamano P, Cai S, Ribeiro MS, Franco JE, de Campos TT. Decontamination of dental implant surfaces by means of photodynamic therapy. *Lasers Med Sci.* 2013;28(1):303-9.
79. Renvert S, Polyzois I, Claffey N. How do implant surface characteristics influence peri-implant disease? *J Clin Periodontol.* 2011;38(11):214-2.

Tin Crnić rođen je 23.1.1995. u Zagrebu, završio je II Gimnaziju u Zagrebu te 2014. upisuje Stomatološki fakultet u Zagrebu. Tijekom studija bio je aktivan član Udruge studenata dentalne medicine sudjelujući u njenim projektima, bio je član organizacijskog odbora EVP Zagreb, voditelj projekta EDSA Summer Camp Dubrovnik te aktivni član studentskih sekcija za parodontologiju. Na 1., 2., 3., i 4. Simpoziju studenata dentalne medicine aktivno sudjeluje kao predavač i voditelj radionice pod temom Antimikrobna fotodinamska terapija. Godine 2017. dolazi na europsku scenu gdje u Europskoj udruzi studenata dentalne medicine (EDSA) godine 2017. postaje dužnosnik EVP-a (European Visiting Programme), 2018. njezin glavni tajnik, a 2019. postaje predsjednikom iste. Na stomatološkom fakultetu u Zagrebu obnašao je dužnost demonstratora na Zavodu za parodontologiju te na Zavodu za morfologiju i dentalnu antropologiju. Nagrađen je Rektorovom nagradom za društveno koristan rad u akademskoj i široj zajednici u akademskoj godini 2017./2018. Godine 2018. dobiva priznanje za volonterski rad na "Projektu za promociju oralnog zdravlja slijepih i slabovidnih osoba" te 2019. dobiva priznanje za izniman doprinos u razvijanju međunarodne suradnje studenata dentalne medicine. Krajem 2019. postaje članom radne grupe europske regionalne organizacije svjetske stomatološke organizacije, "Liberal Dental Practice in Europe". Tijekom studija Tin Crnić sudjelovao je i na brojnim međunarodnim skupovima.