Elektroničko mjerenje senzibiliteta zubi s ireverzibilnim pulpitisom

Kljajić, Anica

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:436455

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository

Sveučilište u Zagrebu
Stomatološki fakultet

Anica Kljajić

ELEKTRONIČKO MJERENJE SENZIBILITETA ZUBI S IREVERZIBILNIM PULPITISOM

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

Rad je ostvaren u: Dom zdravlja *Zagreb – Centar*

Mentor rada: dr. sc. Jurica Matijević, doc., Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Irena Prgomet, profesor hrvatskog jezika i književnosti
Lektor engleskog jezika: Karlo Krznarić, profesor engleskog jezika i književnosti

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:
1. _____
2. _____
3. _____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 41 stranica
3 tablica
4 slika
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

Velika hvala mentoru doc. dr. sc. Jurici Matijeviću na pomoći i vodstvu pri izradi ovog rada.

Veliku zahvalnost iskazujem djelatnicima Doma zdravlja *Zagreb – Centar* na susretljivosti i razumijevanju.

Najviše zahvaljujem svim svojim bližnjima na bezuvjetnoj podršci i požrtvovnosti koji su mi omogućili ugodno i kvalitetno školovanje. Bez vas sve ovo do sada ostvareno ne bi bilo moguće.

Elektroničko mjerenje senzibiliteta zubi s ireverzibilnim pulpitisom

Sažetak

Svrha je ovog rada bila istražiti referentne vrijednosti odgovora pulpe kod ireverzibilnog pulpitisa na podražaj uzrokovan električnom strujom. Devetnaest sudionika, koji su se javili u hitnu stomatološku službu Doma zdravlja *Zagreb – Centar* sa simptomima i dijagnozom ireverzibilnog pulpitisa, sudjelovalo je u istraživanju. Uključeni su svi zubi u obje čeljusti.
Nakon objašnjenja postupka i potpisanog informiranog pristanka zubi su izolirani vaterolicama i posušeni zrakom iz pustera. Na ciljani zub nanesen je *TENS gel* (Dahlhausen, Njemačka) i prislonjena je elektroda uređaja. Sudionici su pritiskom na dugme zaustavili električni impuls nakon što su osjetili bilo kakav podražaj. Mjerenje se ponovilo 3 puta, a podatci zapisali u za to prilagođenu tablicu. Dobiveni podatci analizirani su pomoću *SPSS Statistics for Windows*, ver. 17.0. (*SPSS Inc*., Chicago, Ill., SAD). Rezultati su pokazali kako je moguće odrediti prag podražljivosti zubne pulpe u uvjetima ireverzibilnog pulpitisa. Srednji prag gornjih molara iznosi 42,92 μA, donjih molara 38,79 μA, a donjih kanina i premolara 20,42 μA. Kod nekroze pulpe vrijednosti su iznad 250 μA.

Ključne riječi: zubna pulpa, električni test, ireverzibilni pulpitis

Electronic measurement of tooth sensitivity with ireversible pulpitis

Summary

The purpose of this study was to explore the range of threshold responses of dental pulp with irreversible pulpitis to stimulation caused by electric current. Nineteen participants, who came to an emergency Community health center with symptoms and diagnosis of irreversible pulpitis, participated in the study. All teeth in both jaws were included.

After the procedure was explained and the participants signed informed consent forms, the teeth were isolated using cotton rolls and dried with compressed air. Medical conductive *TENS gel* (Dahlhausen, Njemačka) was placed on the target teeth and the electrode of the device was clamped. The participants were instructed to stop further increase of the electrical impulse when they felt any type of stimulus. The device VitaliScan vs-02 (E-lab, Zagreb Hrvatska) was used. The measurement was repeated 3 times and was written in the appropriate table. The obtained data were analysed using SPSS 17.0. (SPSS Inc., Chicago, Ill., USA). The results showed that it is possible to measure threshold stimulus of dental pulp in irreversible pulpitis. The mean thresholds for the maxillary molars are 42,92 μA, lower molars 38,79 μA, lower cannines and premolares 20,42 μA. In pulp necrosis the values are above 250 μA.

Key words: dental pulp, electric pulp test, irreversible pulpitis

SADRŽAJ

1. UVOD.....1
2. UPALA.....4
2.1. Akutni upalni proces.....5
2.1.1. Upalni medijatori.....5
2.1.2. Upalni eksudat.....6
2.1.3. Krvožilni odgovor na upalu.....6
2.1.4. Bol.....7
2.2. Kronični upalni proces.....8
3. KLINIČKA KLASIFIKACIJA.....9
3.1. Reverzibilni pulpitis.....10
3.2. Ireverzibilni pulpitis.....10
3.2.1. Akutni ireverzibilni pulpitis.....10
3.2.2. Kronični ireverzibilni pulpitis.....11
3.2.3. Hiperplastični pulpitis (polip pulpe).....11
3.2.4. Interna resorpcija.....12
3.2.5. Nekroza pulpe.....12
3.3. Terapija ireverzibilnog pulpitisa.....13
4. TEST VITALITETA.....15
4.1. Test hladnoćom.....16
4.2. Test toplinom.....16
4.3. Električni test.....17
4.4. Laser doppler flowmertija (DLF).....17
4.5. Pulsna oksimetrija.....18
4.6. Direktna stimulacija dentina (test kaviteta).....19
5. MATERIJALI I METODE.....20
6. REZULTATI.....24
7. RASPRAVA.....27
8. ZAKLJUČAK.....32
9. LITERATURA.....34
10. ŽIVOTOPIS.....40

Popis skraćenica

ET – električni test

LDF (engl. *Laser doppler flowmerty)* – laser dopler flowmetrija

MTA – mineral trioksidni agregat

mL – mililitar, mjerna jedinica za volumen

mm – milimetar, mjerna jedinica za duljinu

% – postotak, način izražavanja broja kao razmjernog dijela na 100

°C – Celzijev stupanj, mjerna jedinica za temperaturu

nm – nanometar, mjerna jedinica za duljinu

s – sekunda, mjerna jedinica za vrijeme

µA – mikroamper, mjera za jakost struje

TENS gel (engl. T*ranscutaneous electrical nerve stimulation gel)* – vodljivi gel za transkutanu električnu stimulaciju živca

SPSS (engl. *Statistical package for the social sciences)* – Statistički paket za društvene znanosti

ms – milisekunda, mjerna jedinica za vrijeme

t – t-test

df – broj stupnjeva slobode

p vrijednost – oznaka razine vjerojatnosti

COMT gen (engl. *Catechol-O-methyltransferase gene*) – gen za katehol-O-metiltransferazu

µA s^{-1} – mikroamper puta sekunda na minus prvu, mjerna jedinica za brzinu povećanja struje

1. UVOD

Prije svakog endodontskog liječenja potrebno je analizirati i interpretirati informacije prikupljene anamnezom, kliničkim pregledom, radiološkim testovima, testovima vitaliteta i senzibiliteta kako bi se postavila dijagnoza i započelo s odgovarajućom terapijom (1). Ispravno postavljena dijagnoza predstavlja prvi korak i temelj uspješnog liječenja (2, 3). Dijagnostički postupci koji omogućuju i/ili olakšavaju procjenu stanja pulpnog tkiva trebali bi biti neinvazivni, objektivni, bezbolni, pouzdani, standardizirani, lako izvedivi, precizni i jeftini (4, 5, 6). Zbog zasićenosti caklinom i dentinom ne mogu se direktno ispitati vitalitet i senzibilitet pulpe, stoga se koriste indirektni postupci (7, 8).
Zbog dostupnosti i jednostavnosti najčešće korišteni testovi za procjenu stanja pulpe upravo su testovi senzibiliteta: električni test (ET), termički testovi i test direktne stimulacije dentina (test kaviteta) (9, 10). Kod termičkih testova pulpa je indirektno (preko površine zuba) stimulirana zbog pomaka tekućine u dentinskim tubulusima uslijed promjene temperature, a u slučaju ET-a električni impulsi stimuliraju mijelinizirana A-delta vlakna (1, 7, 11). Nemijelizirana C vlakna nisu podražena jer imaju veći prag podražljivosti (12). Oni ne pokazuju izravno je li pulpno tkivo vitalno (krvna opskrba) ili nekrotično te u tom smislu imaju manju dijagnostičku vrijednost od testova vitaliteta poput laserske dopler flowmetrije (LDF). Dostupnost i jednostavnost te razmjerno visoka senzitivnost testova senzibiliteta, posebno kada ih se kombinira, čine ih klinički značajnim dijagnostičkim alatima (4, 13, 14, 15).

Termički testovi senzibiliteta kvalitativni su testovi, a ishod je pozitivan ili negativan ovisno o pacijentovu odgovoru. Lažno negativan rezultat termičkog testa može biti posljedica smanjenja pulpnog prostora u koronarnom dijelu pulpe zbog odlaganja sekundarnog i tercijarnog dentina (16). Stoga se u literaturi navodi da je ET, gdje su živčana vlakna direktno stimulirana, učinkovitiji od termičkog testa kod starijih ljudi čiji dentinski tubulusi postaju sklerozirani te je smanjen volumen i protok tekućine unutar dentinskih tubulusa (2, 4).

Naime, smatra se da električna i termička stimulacija putem različitih mehanizama dovode do depolarizacije pulpnih živčanih vlakana i osjećaja boli, koji detektiramo kao i odgovor na stimulus (4). Prema podatcima iz literature, test hladnoćom ima veću osjetljivost od testa toplinom, a kombinacija testa hladnoće i ET-a dijagnostički je preciznija. Međutim, prema hidrodinamskoj teoriji postavlja se pitanje primjene ET-a nakon testa hladnoćom (4, 13, 14). Naime, djelovanjem testa hladnoće živčano tkivo se ponaša kao mehanoreceptor. Zbog promjene volumena dentinske tekućine dolazi do njezinog pomaka unutar tubulusa i

podražena su A-delta vlakna te je zub u tom refrakternom razdoblju u tzv. hipotermičkoj anesteziji, tj. manje osjetljiv na električni stimulus (1, 4).

Klinička dijagnoza upalnih bolesti pulpe kod kojih ne postoji mogućnost cijeljenja niti onda kada je iritans uklonjen naziva se ireverzibilni pulpitis (17, 18). Nastaje širenjem infekcije dentinskim tubulusima (18). Postojanje simptoma kao što sto su spontana, oštra bol ili bol prilikom hladnih i toplih podražaja javlja se kod akutnih bolesti pulpnog tkiva. Nepostojanje simptoma unatoč dubokom karijesu, koji je zahvatio pulpnu komoru, ili povremeno javljanje simptoma umjerenog karaktera odlika je kroničnih bolesti pulpnog tkiva (1, 17). S obzirom na postojanje ili nepostojanje simptoma, ireverzibilni pulpitis dijeli se na simptomatski i asimptomatski (17). U nastojanju da se očuva vitalitet zuba, posebno je klinički važno prepoznati stanje reverzibilnog pulpitisa kao i vitalne pulpe kod zuba sa suženim pulpnim prostorom, koji pokazuju lažno negativan odgovor na testove senzibiliteta.

Svrha je ovog rada dobiti uvid u brojčane vrijednosti električnog podražaja pulpe u mikroamperima (μA) kao i ponovljivost mjerenja te ovisnost rezultata o dobi i spolu kod ireverzibilnog pulpitisa. Pri ireverzibilnim upalnim promjenama dolazi do modulacije senzoričkog odgovora. Ta bi se razlika, u odnosu na zdrave zube iste skupine iz iste čeljusti, mogla koristiti kao dijagnostički kriterij. Referentne brojčane vrijednosti mogle bi pomoći lakšoj dijagnostici i uz ostale metode ubrzati određivanje zuba uzročnika u nejasnim slučajevima. U kontekstu nastojanja očuvanja vitaliteta pulpe, brojčane vrijednosti mogu klinički poslužiti za procjenu reverzibilnosti/ireverzibilnosti upale pulpe i odrediti klinički tijek liječenja zuba, a s ciljem očuvanja vitaliteta pulpe kod reverzibilnog pulpitisa. Na temelju dobivenih rezultata kod zuba zahvaćenih ireverzibilnim pulpitisom mogla bi se procijeniti učinkovitost ET-a kao dijagnostičke metode.

2. UPALA

Upala je obrambeni mehanizam kojim se pokušava ukloniti noksa, a karakterizira ju odstranjivanje oštećenog tkiva kako bi se stvorio preduvjet za cijeljenje pulpe, odnosno pulpno-dentinskog kompleksa (19, 20). Upala pulpe uključuje nekoliko bioloških procesa koji se mogu promatrati na makroskopskoj, mikroskopskoj i molekularnoj razini. Makroskopske promjene vidljive su u promjenama krvožilnog sustava (vazodilatacija). Povećani broj imunoloških stanica promatra se na mikroskopskoj, a oslobađanje višestrukih upalnih biomolekula na molekularnoj razini. Procjena težine upale nužna je za predviđanje uspjeha kliničkog liječenja i održavanja pulpe vitalnom.

2.1. Akutni upalni proces

Zubna pulpa osjetljiva je na vanjske faktore kao što su: mikrobiološke, mehaničke, kemijske, termičke i fizikalne iritacije (20). Glavni uzročnici iritacije zubne pulpe i periradikularnih tkiva su mikroorganizmi koji se nalaze u karijesu cakline i dentina. Iritacija pulpe dovodi do aktivacije bioloških sustava i oslobađanja upalnih medijatora koji kontroliraju upalu (21). Često se opisuje da je primarna regulatorna molekula kod pokretanja akutnog upalnog odgovora interleukin 8 jer njegova povišena razina može pojačati odgovor pulpe na upalu (20).

2.1.1. Upalni medijatori

Svaki medijator ima specifičnu ulogu u upalnoj reakciji, a mogu biti egzogenog (bakterijskog ili kemijskog karaktera) ili endogenog podrijetla. Prvi medijator koji se oslobađa je histamin (22). Histamin uzrokuje povećanu vaskularnu permeabilnost i vazodilataciju te doprinosi jačanju upale (21). Ostali se medijatori stvaraju dolaskom leukocita na mjesto oštećenja (22). Dolaskom mastocita do upaljenog dijela pulpe te mehaničkim oštećenjem ili reakcijom antigen-protutijelo dolazi do njihovog raspada i oslobađanja medijatora upale (21). Upalni medijatori su: vazoaktivni amini, histamin i serotonin, fibrinolitički sustav, trombocitni aktivirajući faktor, kininski sustav, sustav komplementa, metaboliti arahidonske kiseline (prostaglandini i leukotrieni), dušični oksid, neuropeptidi i drugi. Ostali medijatori su: slobodni kisikovi radikali, sadržaj lizosomalnih granula fagocita, citokini tipa 1 (interleukin 1, interleukin 12) i faktor nekroze tumora. Citokini potiču snažni imunološki odgovor, posebno fagocitozu (10, 22). Neutrofili

fagocitiraju bakterije i nekrotično tkivo, potom se raspadaju i nastaje mješavina nekrotičnog sadržaja s bakterijama, mrtvim neutrofilima i makrofagima koju nazivamo gnoj. On se nastavlja stvarati sve dok postoji infekcija i očuvane obrambene snage organizma (22).

2.1.2. Upalni eksudat

Postoje različite vrste upalnog eksudata. Serozni eksudat povezan je s blagom upalom. Tekućina je prozirna s niskim sadržajem proteina i stanica. Fibrinski eksudat bogat je proteinima, osobito fibrinogenom pa se takav eksudat, kad uđe u tkivo uslijed stvaranja fibrina, zgrušava. Gnojni ili purulentni eksudat bogat je neutrofilima i klinički se prepoznaje kao viskozna, difuzna ili dobro ograničena nakupina sadržaja u tkivu. Eksudat, osim što razrjeđuje toksine bakterija, sadrži antitijela i molekule komplementa, koji su važni u upalnom odgovoru (21).

2.1.3. Krvožilni odgovor na upalu

Upalni medijatori povećavaju lokalni protok krvi (vazodilatacija) i permeabilnost kapilara što doprinosi jačanju upale i pojavi glavnih znakova upale. Glavni znakovi akutnog upalnog odgovora su *rubor* (crvenilo), *dolor* (bol), *calor* (toplina), tumor (oteklina) i *functio laesa* (gubitak ili smanjenje funkcije). Crvenilo i toplina nastaju zbog povećanog krvnog protoka, a oticanje zbog povećane permeabilnosti krvnih žila. Prvo nastupa kratko razdoblje vazokonstrikcije, a zatim se arteriole dilatiraju i mikrocirkulacijski sustav postaje do 10 puta više prokrvljen. Vazodilatacija je posljedica opuštanja glatkog mišićnog sloja arteriola i sfinktera prekapilara. Otvaraju se kapilare, a postkapilarne venule dilatiraju se zbog većeg volumena krvi (21).

Povećana vaskularna permeabilnost posljedica je vazodilatacije, ali i kontrakcije stanica endotela čime se stanice razmaknu. Povećana vaskularna permeabilnost izazvana je i destrukcijom endotelnih stanica koja može biti na razini kapilara, arteriola i venula. Zbog povećanog izlaska tekućine i zadržavanja krvnih stanica u krvnim žilama javlja se povećana viskoznost krvi (hemokoncentracija). Stoga je povećan otpor krvnom protoku što povećava hidrostatski tlak u venulama i kapilarama. Kako se krvni protok smanjuje, dolazi do potpune stagnacije, tzv. vaskularne staze. Vaskularna staza razvije se nakon 15 – 20 minuta u blagoj upali, a u težoj upali može nastati i za nekoliko minuta (21).

2.1.4. Bol

Fenomen boli uzrokovan je pobuđivanjem nociceptora od strane bradikinina, lokalne acidoze, kisikovih radikala i povišenog krvnog tlaka nastalog zbog edema. Prostaglandin je najjači medijator upale i uzrokuje vazodilataciju, a zajedno s leukotrijenom B4 uzrokuje preosjetljivost receptora za bol (hiperalgeziju) (23). Pulpa na različite iritacije uglavnom reagira prvom fazom upale, hiperemijom, što onda dovodi do povećanja intrapulpnog tlaka. Budući da je zubna pulpa okružena tvrdim dentinskim zubnim tkivom, svako povećanje intrapulpnog tlaka dovodi do pritiska na živčane završetke, odnosno receptore, koji prenose podražaje mijeliniziranim i nemijeliniziranim živčanim vlaknima.

Do središnjeg živčanog sustava impulsi se prenose primarnim aferentnim neuronom *N. trigeminusa*, što predstavlja početak tzv. pulpno-refleksnog luka, koji se završava u postcentralnom girusu kore velikog mozga (24). Sekundarna A-delta vlakna putuju do talamusa direktno tzv. neospinotalamičkim putem te se zbog toga bol naziva brzom boli. Sekundarna C vlakna putuju paleospinotalamičkim putem koji prolazi retikularnom formacijom. Zbog dužeg puta i vremena da stigne u talamus bol se naziva sporom boli. Vlakna drugog neurona daju i kolaterale koje završavaju u retikularnoj supstanci preko koje se odvija kontrola arterijskog tlaka. Kada vlakna drugog neurona preko svoje kolaterale daju retikularnoj formaciji informaciju o povišenju intrapulpnog tlaka u zubu, nakon registracije i obrade te informacije, dolazi do učinka povratnog impulsa preko simpatičkog motoričkog puta. Simpatički motorički put nosi vazokonstrikcijske impulse za krvne žile pulpe. Time se želi smanjiti povišeni intrapulpni tlak nastao uslijed hiperemije pulpe. Međutim, ako se ne ukloni uzrok koji je doveo do početnog upalnog odgovora, odnosno hiperemije, nakon nekoliko pokušaja povratnog impulsa, glatke mišićne stanice gube sposobnost kontrakcije zbog nakupljanja upalnih produkata, pada pH te gubitka izvora energije. Krvne žile pulpe ponovno se dilatiraju i nastaje hiperemija. Ovoga je puta ireverzibilnog karaktera te predstavlja početak klasičnog upalnog odgovora popraćenog eksudacijom, edemom, ekstravazacijom te purulentnim sadržajem, odnosno pulpitisom (25).

2.2. Kronični upalni proces

Dva su načina na koji se kronični upalni proces može razviti (22). Može nastati nakon akutne upale kada uzročnik nije jako virulentan i ako je u pulpi prisutna dostatna vaskularizacija (26). Drugi je način razvitka, iako nema prethodnog upalnog odgovora, zbog niske toksičnosti mikroorganizma koji nije bio sposoban izazvati akutni upalni odgovor. Za razliku od akutne upale gdje prevladavaju promjene u krvožilnom sustavu, u kroničnoj upali prevladava celularni odgovor. Glavne stanice u kroničnoj upali su T-limfociti i makrofagi. Događa se proliferacija fibroblasta i krvožilnih elemenata, infiltracija limfocita, makrofaga i plazma stanica. Oštećeni parenhimi organa često se zamjenjuju fibroznim tkivom. Minimalna bol ili odsutnost boli pogoduju tome da ovakve upale mogu proći nezapaženo dugo vremena (22).

3. KLINIČKA KLASIFIKACIJA

Prema kliničkoj podjeli pulpitise dijelimo na reverzibilne i ireverzibilne koji se dalje dijele na akutne, subakutne, kronične, hiperplastični pulpitis, internu resorpciju i nekrozu pulpe (21). Pojmovi reverzibilni i ireverzibilni pulpitis kliničaru označavaju hoće li održati pulpu vitalnom ili će je ukloniti (20). S obzirom na proširenost procesa, upala pulpe može se podijeliti na *pulpitis partialis* (*coronaris*) i *pulpitis totalis* (*radicularis*). Prema trajanju može biti akutna ili kronična. Ovisno o tome je li pulpna komora otvorena ili ne, razlikujemo *pulpitis aperta* i *pulpitis clausa.* Prema karakteru može biti serozna ili gnojna (27).

3.1. Reverzibilni pulpitis

Reverzibilni pulpitis predstavlja uglavnom asimptomatsku blagu upalu pulpe. Bol se nikada ne javlja spontano. Tek primijenjeni podražaj izaziva brz i oštar odgovor pulpe u vidu preosjetljivosti. Taj odgovor prestaje odmah nakon što se ukloni podražaj koji ga je uzrokovao. Uzroci reverzibilnog pulpitisa mogu biti: početni karijesni procesi, erozije, atricija, frakture cakline, parodontni zahvati, ispuni bez podloge i drugo. Terapijom se treba ukloniti uzrok kako bi se pulpa vratila u svoje normalno stanje. Ako se uzrok ne ukloni, hiperemija pulpe može uznapredovati i prijeći u ireverzibilni pulpitis te na kraju u nekrozu pulpe. Klinički se reverzibilni pulpitis može razlikovati od ireverzibilnog na dva načina. Kod ireverzibilnog pulpitisa bol se javlja spontano, a na termički (hladan) podražaj bol ne prestaje odmah nakon uklanjanja već je produženog karaktera (26, 28).

3.2. Ireverzibilni pulpitis

Glavna je značajka ireverzibilnog pulpitisa da se unatoč uklanjanju uzroka pulpa ne može održati vitalnom. Etiološki može biti izazvan mikroorganizmima (infektivni) i čimbenicima neinfektivne etiologije (sterilni). Uglavnom je bez simptoma ili s blagim simptomima, uz pojavu spontane boli. Aplikacija toplog ili hladnog dovodi do produžene boli.

3.2.1. Akutni ireverzibilni pulpitis

Ovaj oblik pulpitisa karakteriziran je spontanom, intermitentnom ili kontinuiranom boli. Osim spontano, bol se može javiti i na podražaj, ali neće prestati njegovim uklanjanjem.

Također, može postojati produženi odgovor na hladno koji se može olakšati toplinom i obrnuto. Produljeni odgovor može biti istodobno na toplo i na hladno. Ovisno o stupnju upale bol može biti umjerena do vrlo jaka, po karakteru oštra ili tupa, lokalizirana ili prenesena, konstantna ili s prekidima. Bol se može širiti i u okolnu orofacijalnu regiju (iradirajuća bol). Patohistološki se radi o hiperemičnim promjenama pulpe koja s vremenom dovode do sve većeg oštećenja kapilara, povećane eksudacije s porastom intrapulpnog tlaka koji kompromitira pulpnu cirkulaciju. Zbog toga sve veća ekstravazacija eritrocita i leukocita oštećuje sve pulpne stanice. Raspadom odumrlih stanica oslobađaju se proteolitički enzimi koji dovode do autolize i lize okolnih stanica te stvaranja gnoja, čime upala iz seroznog prelazi u gnojni oblik.

Radiološki se akutni pulpitis ne može dokazati jer su patološke promjene u ovoj fazi ograničene na pulpu, ali rendgenska snimka može biti od velike koristi ukazujući na duboke karijesne lezije, opsežne ispune ili kalcificirajuće promjene.

3.2.2. Kronični ireverzibilni pulpitis

Kod kroničnog ireverzibilnog pulpitisa ne dolazi do većih eksudativnih promjena i porasta pulpnog tlaka koji pritišće živčane okončine te zbog toga nema boli. Kronični pulpitis se može javiti od samog početka djelovanja iritansa ili ga pulpa neutralizira svojim obrambenim mehanizmima. Može nastati i kao posljedica akutnog ireverzibilnog pulpitisa. Kod ovog oblika pulpitisa nastala je ravnoteža između obrambenih mehanizama u pulpi i drenaže, odnosno apsorpcije upalnog eksudata.

3.2.3. Hiperplastični pulpitis (polip pulpe)

Ovaj oblik pulpitisa posljedica je dugotrajne kronične iritacije niskog intenziteta uz očuvanje obrambenih mehanizama pulpe (28). Ono što je odgovorno za stvaranje polipa pulpe je obilna prokrvljenost mlade pulpe, drenaža kavitetom i proliferacija tkiva (21). Hiperplastični pulpitis izgleda kao crvena, lividna karfiolasta tvorba koja izrasta iz pulpe i oko karijesne lezije. Ako polip perzistira duže vrijeme, može doći do urastanja epitelnih stanica oralne sluznice u njegov površinski dio. Ponekad se može javiti prolazna bol tijekom žvakanja, ali najčešće je bez simptoma (28). Uglavnom se javlja kod djece i adolescenata, a dijagnostiku

olakšava činjenica da klinički i rendgenološki uočavamo karijesom eksponiranu pulpnu komoricu. Terapija se sastoji od uklanjanja polipnog pulpnog tkiva skalpelom ili ekskavatorom i ekstirpacije pulpnog tkiva (21).

3.2.4. Interna resorpcija

Interna resorpcija bezbolno je patološko stanje pulpnog tkiva kod kojeg dolazi do intenzivne proliferacije klastičnih stanica u krvi koje razaraju dentin, a često i cement zuba. Najčešće je posljedica traume zuba. U većini slučaja je asimptomatska, a bolovi se javljaju tek kada zbog resorpcije dođe do perforacije korijena, a tada je najčešće prekasno za bilo kakvu terapiju, osim za ekstrakciju zuba (28). U uznapredovalom stadiju, kada resorpcija zahvati krunu zuba, može se vidjeti ružičasta mrlja koja prosijava kroz krunu zuba. Ona predstavlja granulacijsko tkivo koje prosijava kroz caklinu (21). Može se dijagnosticirati pomoću rendgenske snimke u vidu prosvjetljenja (radiolucencija) (28).

3.2.5. Nekroza pulpe

Napredovanjem ireverzibilnog pulpitisa nastaje nekroza pulpe. Pulpna nekroza je kliničko stanje smrti pulpe, a označava odumiranje pulpnog tkiva bez prisutnosti bakterija (27). Razlikujemo potpunu nekrozu, kod koje je pulpno tkivo u potpunosti odumrlo, i djelomičnu, kod koje postoje vitalni dijelovi pulpe unutar endodontskog prostora zuba. Nekroza pulpe može biti posljedica neliječene upale pulpe ili traume zuba (28). Povećanjem tlaka neliječenim akutnim ili kroničnim pulpitisom dolazi do nakupljanja viška tkivne tekućine, koja se ne može dovoljno apsorbirati u venule, ali se može drenirati limfom (29). Napredovanjem upale limfna drenaža ne odgovara filtraciji tkivne tekućine i nastaje kolaps venske i limfne drenaže te posljedično tome likvefakcijska nekroza (21). Likvefakcijska nekroza nastaje uslijed djelovanja proteolitičkih enzima koji pulpu pretvaraju u mekanu, vlažnu masu (27). Kao posljedica traumatskih ozljeda, poremećene ili prekinute cirkulacije nastaje ishemična nekroza pulpe. Najčešće je asimptomatska sve dok se nekrotični materijal preko apeksnog otvora ne proširi u kost. Zubi s nekrotičnom pulpom ne reagiraju na podražaje testom vitaliteta te su osjetljivi na perkusiju i palpaciju ako postoji periapikalni proces (21). Ponekad jedini simptom može biti diskoloracija zuba.

3.3. Terapija ireverzibilnog pulpitisa

Terapija bilo kojeg oblika ireverzibilnog pulpitisa isključivo je endodontska (28). Cilj je takve terapije reducirati broj mikroorganizama jer dugotrajna upala, nastala zbog postojeće infekcije, onemogućuje cijeljenje (30, 20). Kod totalnog pulpitisa upalom je zahvaćen cijeli endodontski prostor, a kod parcijalnog pulpitisa radikularni dio ostaje vitalan što otvara mogućnost razmišljanja o održavanju pulpe vitalnom i provođenja manje invazivne endodoncije – *Endolight*.

Prednosti takve endodoncije su:

- održavanje pulpe vitalnom kako bi se spriječili periradikularni procesi
- očuvanje imunoloških funkcija i strukture zuba
- smanjenje boli i nelagode tijekom zahvata
- pojednostavljeno liječenje i izbjegavanje komplikacija povezanih s teškom anatomijom korijenskog kanala
- ušteda vremena i smanjenje troškova pacijenta.

Kada postoji vitalno pulpno tkivo, ono se može zadržati, oporaviti i izliječiti. Da bi to bilo moguće, upaljeno/nekrotično tkivo mora se ukloniti. Takav pristup imao bi gore navedene prednosti. Dakle, takva terapija (koronarna pulpotomija) primjenjuje se ako nema dugotrajnog krvarenja pulpe na ulazima u korijenske kanale. Pulpa se kod trajnih zubi prekriva mineralno trioksidnim agregatom (MTA), nakon čega slijedi restauracija krune zuba. Ako jedan ili više otvora pulpe krvare i nakon primjene 2 mL 2-postotnog natrijevog hipoklorita, površinska pulpotomija se može napraviti, ali je potrebno ukloniti više upaljenog tkiva iz kanala, oko 3 – 4 mm od radiološkog otvora. Ako krvarenje nakon toga prestane, korijenski se kanal napuni do vitalnog tkiva gutaperkom i zabrtvi pri toj radnoj dužini. Ako se krvarenje nastavi, potrebno je izvesti potpunu pulpotomiju kako bi se upaljeno pulpno tkivo uklonilo iz korijenskog kanala (20). Mnogi su liječnici dentalne medicine u nedoumici kada primijeniti antibiotsku terapiju kod ireverzibilnog pulpitisa. Ona je indicirana samo onda kada postoji infekcija koja se sistemno širi, primjerice limfadenitis ili trizmus. Praksa propisivanja antibiotika usko je povezana s neznanjem ili ih mnogi kliničari propisuju zbog smanjenja boli. Antibiotici ne ublažavaju bol kod simptomatskog ireverzibilnog pulpitisa. U istraživanju koje su proveli Agnihotry i suradnici čak 39,3 % sudionika bi propisalo antibiotike u terapiji ireverzibilnog pulpitisa bez znakova sistemske infekcije (31). Takvi su podatci zabrinjavajući

jer se nepotrebno propisuju antibiotici doprinoseći time razvoju bakterija otpornih na lijekove (31).

4. TEST VITALITETA

Testovi vitaliteta i senzibiliteta osnovne su dijagnostičke metode u procjeni vitalnosti pulpe (32). Testovi senzibiliteta neizravno upućuju na vitalitet zubne pulpe i obuhvaćaju test hladnoćom, test toplinom, ET i direktnu stimulaciju dentina. LDF i pulsna oksimetrija su pravi testovi vitaliteta jer predmnijevaju potvrdu vaskulariziranosti pulpnog tkiva. Test hladnoćom najjednostavniji je test dostupan kliničarima, stoga bi trebao biti primarno dijagnostičko sredstvo određivanja senzibiliteta a tim indirektno i vitaliteta pulpe. ET pokazuje nisku senzitivnost i visoku specifičnost, zato se smatra relativno pouzdanim za utvrđivanje vitalnosti pulpnog tkiva dok je test toplinom najmanje pouzdan test. LDF i pulsna oksimetrija mjere protok i saturaciju kisika u krvi i zahtjevaju skupu i kompliciranu opremu, što ih čini teško izvedivima u ambulantnim uvjetima (33).

Nekoliko je studija procjenjivalo točnost metoda za ispitivanje senzibiliteta pulpe. Test hladnoćom i ET privukli su najviše pažnje (14). Odabir testa temelji se na simptomima pacijenta i pouzdanosti testa te bi se trebalo koristiti onim testom koji uzrokuje simptome na koje se pacijent žali (27).

4.1. Test hladnoćom

Testovi hladnoćom mogu sadržavati obični led, led ugljičnog dioksida (CO_2 ili suhi led na –70 °C) i rashlađivač (etilenklorid, diklordifluorometan na –40 °C). Najmanju učinkovitost pokazuje običan led (34). Rashlađivač u spreju smatra se najprikladnijim. Prema istraživanju hladni test s tetrafluoroetanom pravilno identificira nekrozu pulpe u 81 % zuba (osjetljivost) i vitalnost pulpe u 92 % (specifičnost) (14, 27). Prije primjene testa, potrebno je posušiti zub zrakom iz pustera i izolirati vaterolicama, a nakon toga se na zub prisloni vatica s nasprejanim ledom. Ova vrsta ispitivanja učinkovitija je na prednjim nego na stražnjim zubima. Zdrava pulpa reagira oštrim i kratkim odgovorom koji prestaje odmah nakon prestanka djelovanja podražaja, a intenzivnim i produženim odgovorom kod ireverzibilnog pulpitisa. Nekrotična pulpa ne daje nikakav odgovor. Lažno negativni odgovor javlja se kod kalcificiranih kanala, a lažno pozitivni ako se dodirne gingiva ili susjedni zdravi zub (27).

4.2. Test toplinom

Ovaj test najmanje je pouzdan i u kliničkoj praksi se ne koristi, osim kada je glavni simptom preosjetljivost na toplinu, a ne znamo koji je zub uzročnik. Najbolji i najjednostavniji način primjene ovog testa je gumica za poliranje koja rotiranjem stvara trenje na zubu i posljedično tome toplinu. Može se koristiti i vruća voda ili zagrijana gutaperka na labijalnu plohu zuba koja je prije toga izolirana vazelinom (14). Optimalna temperatura je 65 °C (21). Zub se zagrijava do pojave boli, a kratka i oštra bol upućuje na vitalitet zuba. Pojava jake bolne reakcije može nas navesti na razmišljanje o totalnom gnojnom pulpitisu (27, 35). Općenito se može reći da je preosjetljivost na hladno znak hiperemije, a preosjetljivost na toplo znak potpune gnojne upale (34). Kombinirajući test toplinom s testom hladnoće povećava se specifičnost testova u odnosu na rezultate ispitivanja svakog testa posebno, dok se senzitivnost smanjuje (14).

4.3. Električni test

Za električno testiranje senzibiliteta koriste se uređaji, vitalometri koji stvaraju struju visoke frekvencije. To su monopolarni uređaji pri kojima struja teče iz sonde (elektrode) na zub i preko druge elektrode natrag u uređaj. Što se više pomičemo distalno u zubnom luku, potrebna je jača struja. Jačina struje postupno se povećava dok pacijent ne osjeti senzaciju koja se opisuje kao bockanje, probadanje ili vrućina (27, 35). Pozitivan odgovor na podražaj strujom upućuje na vitalno tkivo, a negativan na nekrozu pulpe (14). Prije početka testiranja potrebno je očistiti, osušiti i izolirati zub (27, 35). Prema istraživanju Gopikrishna i suradnika, ET je ispravno dijagnosticirao nekrozu pulpe u 71 % slučaja (senzitivnost) i vitalnost pulpe u 92 % slučaja (specifičnost). Takav rezultat daje mu veliki značaj u svakodnevnoj kliničkoj praksi i mogućnost procjene stanja pulpe prije utvrđivanja plana liječenja. Klinički značaj može se povećati kombinacijom s testom hladnoće. ET tako povećava svoju specifičnost na 96 %, a senzitivnost se značajnije ne mijenja (14).

4.4. Laser doppler flowmertija (DLF)

Vaskularna opskrba je najtočniji pokazatelj vitalnosti pulpe, a upravo DLF procjenjuje protok krvi u krvnim žilama pulpe (34, 36). DLF ima visoku specifičnost i senzitivnost, što ga čini najpouzdanijim testom, uz pulsnu oksimetriju, u dijagnosticiranju vitalnosti pulpe (14). Uređaj radi na temelju laserske zrake koja prolazi zubom i interferira s crvenim krvnim

zrncima koja se gibaju, zrake se odbijaju od njih, detektiraju u sondi te procesuiraju kao signal (34). Izolacija zuba prije mjerenja od presudne je važnosti za dobivanje točnog signala. Ako se zub ne izolira, laserska zraka može se raspršiti po cijeloj usnoj šupljini djelujući na signal. Ponekad unatoč adekvatnoj izolaciji zuba dobiveni rezultati ne označavaju nužno pulpalni protok krvi jer je moguća interferencija signala iz okolnog parodontnog tkiva (37). Uspješan je u dijagnostici ortodontskih pomaka ili traumatskih zuba koji su izgubili inervaciju, ali imaju očuvan vaskularni protok. Budući da ovaj test ne daje štetne podražaje, prestrašeni i ogorčeni pacijenti prihvaćaju ga više nego ostale dijagnostičke metode (36). Nedostatak je otežano provođenje u ambulantnim uvjetima. Drugo, metoda je korisna samo kad se pulpa nalazi znatno iznad ruba gingive, a rezultati govore isključivo o vaskularizaciji pulpe. Zahtjeva skupu i tehnički osjetljivu opremu (14).

4.5. Pulsna oksimetrija

Pulsnom oksimetrijom mjeri se zasićenost kapilarne krvi kisikom na temelju različitog apsorpcijskog spektra. Određuje se relativni udio oksihemoglobina i deoksihemoglobina u određenom uzorku (34, 38). Oksimetar djeluje po principu Beerova zakona prema kojemu se može izračunati nepoznata koncentracija tekućine (hemoglobina) koja se otapa u otapalu (krvi) pomoću svjetlosti koju apsorbira otopljena tvar. Dvije fotodiode smještene unutar sonde proizvode svjetlost od 660 nm (crvena) i 900 – 9400 nm (infracrvena) za mjerenje apsorpcije. Fotodetektor i mikroprocesor mjere promjene u količini apsorbirane crvene i infracrvene svjetlosti. Zbog promjena arterijske krvi kod svakog otkucaja srca oksimetar zanemaruje apsorpciju svjetlosti iz konstantnog okolnog vezivnog tkiva i na taj način mjeri samo arterijski kisik. Prikupljene informacije pretvaraju se u digitalne signale koje obrađuje računalo. Zatim se prikazuje numerička procjena zasićenosti hemoglobina kisikom. Dobiveni rezultati izraženi su u postotcima. Čimbenici pacijenta kao što su niska periferna perfuzija, pojačane venske pulsacije, poremećaji hemoglobina i tjelesni pokreti doprinijet će pogrešnom ili odgođenom očitanju. Uz to, smetnje u prijenosu infracrvenog snopa uzrokovane lakovima na noktima, intenzivna boja tkiva (poput žutice ili duboke pigmentacije kože) i intravenske boje predstavljaju izvor grešaka (38).

4.6. Direktna stimulacija dentina (test kaviteta)

Senzibilitet pulpe i procjena njenog vitaliteta nakon iritacije eksponiranog dentina provodi se preparacijom kaviteta ili prelaskom oštre sonde po dnu kaviteta (21, 39). Pacijenta se ispituje osjeća li bol. U slučaju vitalne pulpe izaziva se bolna reakcija kada svrdlo/oštra sonda dotaknu dentin. Izostanak odgovora nije toliko značajan kao što je pozitivan odgovor (37). Zbog invazivnosti i moguće tjeskobe, koju može stvoriti kod pacijenta, općenito se izbjegava tehnika direktne stimulacije. Također, malo je literature koja govori o njegovoj učinkovitosti, stoga se uzima u obzir kada se rezultati ostalih testova smatraju nepouzdanim (39).

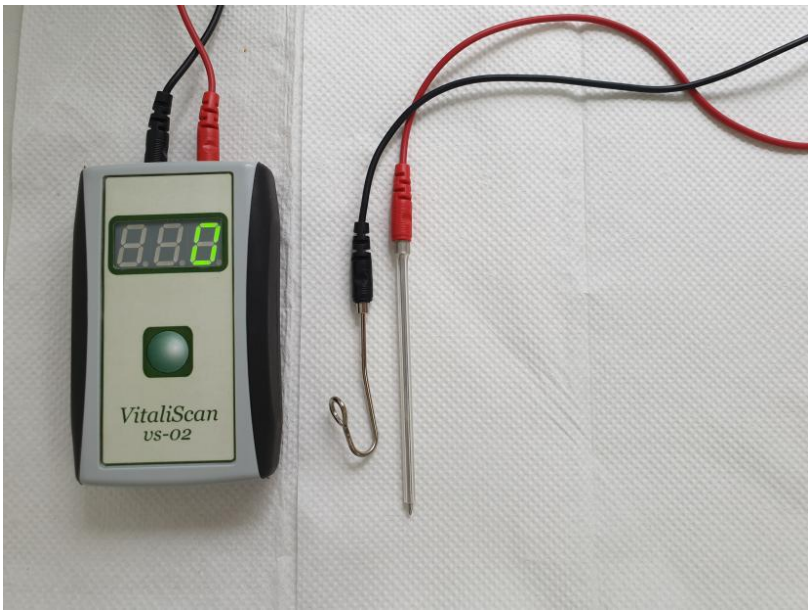
5. MATERIJALI I METODE

Prije početka istraživanja, zatraženo je odobrenje Etičkog povjerenstva Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Etičkog povjerenstva Doma zdravlja *Zagreb – Centar*. U periodu od veljače 2019. godine do svibnja 2019. godine provedeno je istraživanje u hitnoj stomatološkoj službi Doma zdravlja *Zagreb – Centar* (Runjaninova 5). Sudjelovao je 31 ispitanik u dobi od 22 do 65 godina. U obradu je uključeno 19 ispitanika, 10 pripadnica ženskog spola i 9 pripadnika muškog spola.

Prije provođenja električnog testa senzibiliteta, sudionici su pročitali i potpisali informirani pristanak u kojem su se upoznali s postupkom i ciljevima istraživanja. Odabir sudionika temeljio se na anamnezi koja je uključivala simptome ireverzibilnog pulpitisa i odgovarajućoj rendgenskoj snimci (prisutnost dubokih karijesnih lezija, ispuna i periapikalne radiolucencije). Najčešći su simptomi bili spontana i pulsirajuća bol, edem, nemogućnost točne lokalizacije boli, učestalo korištenje analgetika i eventualna potreba hlađenja zahvaćenog područja.

U istraživanju su uključeni svi zubi, osim endodontski liječenih ili punjenih, onih koji su imali potvrđenu dijagnozu nekroze pulpe, onih kojima je nedostajala cijela kruna zuba, koji su imali krunicu ili cijelu krunu u amalgamu (2, 13). Sudionici s posebnim potrebama, kao i oni koji su uzimali analgetike, narkotike i alkohol nisu mogli sudjelovati u istraživanju zbog mogućnosti interferencije s ET-om (39, 40). Kontraindicirano je korištenje električnog testa na sudionicima s pacemakerom (18). Woolley i suradnici ustanovili su da kod životinja struja magnitude 5 – 20 μA može omesti djelovanje pacemakera (41).

Nakon objašnjenja postupka koji će se provoditi na sudioniku, zub je izoliran svitcima staničevine i posušen 5 s zrakom iz pustera. Korišten je monopolarni uređaj *VitaliScan vs-02* (*E-lab*, Zagreb, Hrvatska) koji ima mjernu elektrodu i kukicu koja se postavlja na donju usnu ispitanika. Da bi se uspješno podražila živčana vlakna pulpe, strujni krug mora biti zatvoren između usne ispitanika i elektrode koja je naslonjena na zub. Ako ispitivač ne nosi rukavice, može doći do pogrešnih rezultata zbog dodira njegovih prstiju s obrazom ispitanika. Na taj se način ometa strujni krug pa je važno da se ispitivanje obavezno provodi u rukavicama (18). Brojčane su vrijednosti izražene u μA, a raspon je od 0 do 250 μA. Postoji brzi način rada (21 s) i spori način (33 s) koji se razlikuju u vremenu potrebnom za dostizanje maksimalne struje. S obzirom na to da su mogući potencijalni bolovi, korišten je brzi način rada kako bi se ispitivanje provelo u najkraćem mogućem vremenu.



Slika 1. Uređaj *Vitali Scan vs-02* (*E-lab*, Zagreb, Hrvatska).



Slika 2. *TENS gel* (Dahlhausen, Njemačka).

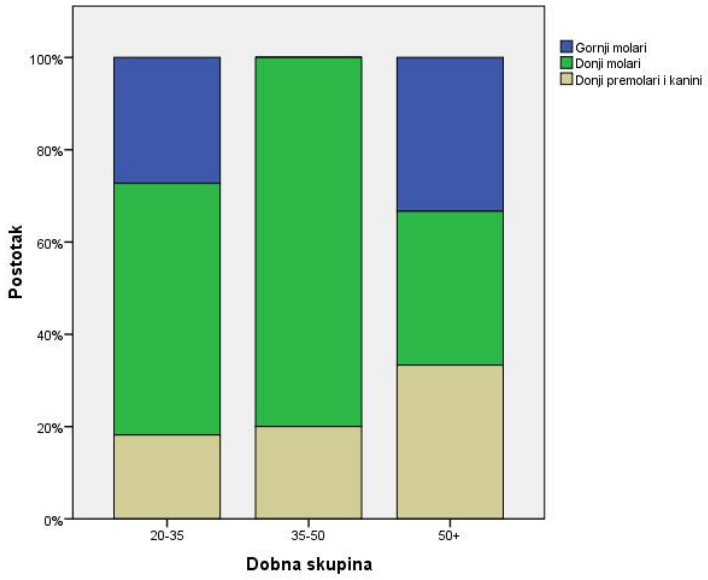
Prije početka postupka na elektrodu je nanesen *TENS gel* (Dahlhausen, Njemačka) koji omogućuje izolaciju zuba od okoline. Studije su pokazale da *K-Y gel*, natrijev karbonat i pasta koja sadrži peroksid daju najbolje rezultate testiranja (2). Elektroda je postavljena na bukalnu plohu zuba, njegovu incizalnu trećinu, a kod molara na meziobukalnu kvržicu. Najbolje mjesto postavljanja elektrode ovisi o vrsti zuba, njegovom položaju, spolu i dobi (39). Elektroda bi trebala biti na mjestu najveće količine A-delta živčanih vlakana i najtanjem

dijelu cakline i dentina (2, 9, 39, 42). Kod mladih ljudi to je područje pulpnih rogova, a kod starijih u cervikalnoj trećini krune zuba (2). Prednji zubi se testiraju na incizalnom bridu dok stražnji zubi imaju veću osjetljivost na impuls u području srednje trećine krune zuba (2, 9, 39, 42). Kad su sudionici osjetili podražaj nalik struji, peckanju ili bilo kakvu nelagodu, pritiskom na aktivacijsko dugme uređaja, zaustavili bi postupak. Postoje i drukčiji uređaji koji sadrže metalnu elektrodu koja se nalazi u ruci ispitanika (18). Takve elektrode imaju prednost jer pacijenti kontroliraju kada će se zaustaviti provođenje električnog impulsa. Čim pritisnu metalni dio elektrode, strujni krug se odmah prekida. Dostignuta vrijednost struje očita se na ekranu uređaja. Nakon očitavanja i upisivanja brojčane vrijednosti u za to predviđenu tablicu, mjerenje se ponavljalo još 2 puta.

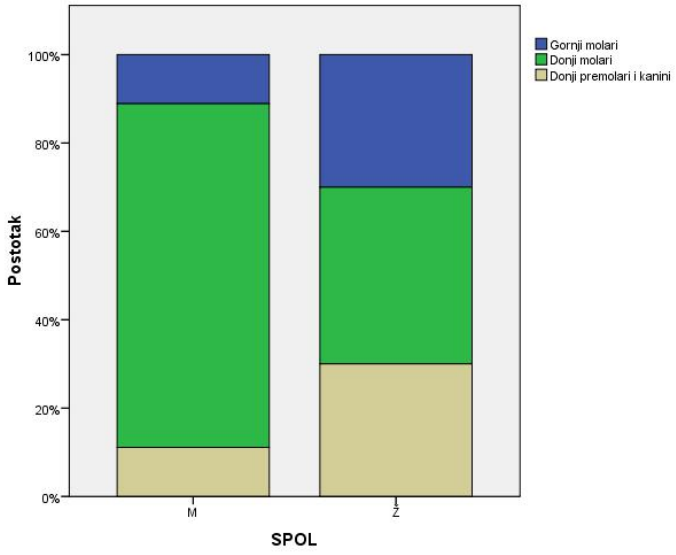
Rezultati mjerenja uneseni su u *Microsoft Excel* (*Microsoft Corp.*, Redmond, Washington, SAD) datoteku i obrađeni *SPSS 17.0* (*IBM Corp*, Armonk, New York, SAD) programom za statističku obradu podataka. Korištene su metode deskriptivne statistike, a s obzirom na normalnost, distribucije i metode parametrijske statističke analize – student t-test za zavisne i nezavisne uzorke.

6. REZULTATI

Slika 3. prikazuje distribuciju skupina testiranih zuba po dobi, a slika 4. prikazuje distribuciju prema spolu.



Slika 3. Distribucija skupina testiranih zuba po dobnim skupinama.



Slika 4. Distribucija skupina testiranih zubi po spolu.

Na razini cijelog uzorka nije bilo statistički značajne razlike između rezultata 1., 2. i 3. mjerenja (student t-test za zavisne uzorke: 1. i 2. mjerenje t = –0,426, df = 18, p = 0,625; 1. i 3. mjerenje: t = 0,215, df = 18, p = 0,832; 2. i 3. mjerenje: t = 0,635, df = 18, p = 0,534).

Na razini pojedinih grupa zuba također nije bilo statistički značajnih razlika između rezultata 1., 2. i 3. mjerenja. Gornji molari: student t-test za zavisne uzorke: 1. i 2. mjerenje t = 0,797, df = 3, p = 0,484; 1. i 3. mjerenje: t = 1,020, df = 3, p = 0,383; 2. i 3. mjerenje: t = 1,030, df = 3, p = 0,379. Donji molari student t-test za zavisne uzorke: 1. i 2. mjerenje t = –0,931, df = 10, p = 0,374; 1. i 3. mjerenje: t = –0,850, df = 10, p = 0,415; 2. i 3. mjerenje: t = –0,553, df = 10, p = 0,593. Donji premolari i kanini student t-test za zavisne uzorke: 1. i 2. mjerenje t = –1,369, df = 3, p = 0,265; 1. i 3. mjerenje: t = –0,350, df = 3, p = 0,750; 2. i 3. mjerenje: t = 2,475, df = 3, p = 0,090.

Nije bilo statistički značajne razlike između spolova po pitanju prosječnih vrijednosti rezultata mjerenja (student t-test za nezavisne uzorke: t = 0,678, df = 17, p = 0,507).

U tablicama 1., 2. i 3. prikazani su deskriptivni parametri pojedinih skupina zubi.

Tablica 1. Deskriptivni parametri gornjih molara.

	N	Minimum	Maksimum	Prosjek (μA)	Standardna pogreška
Prosječna vrijednost	4	20,67	64,00	42,92	9,37

Tablica 2. Deskriptivni parametri donjih molara.

	N	Minimum	Maksimum	Prosjek (μA)	Standardna pogreška
Prosječna vrijednost	11	14,33	84,67	38,79	20,47

Tablica 3. Deskriptivni parametri donjih premolara i kanina.

	N	Minimum	Maksimum	Prosjek (μA)	Standardna pogreška
Prosječna vrijednost	4	15,00	24,67	20,42	2,04

7. RASPRAVA

Jedini siguran način određivanja stanja zubne pulpe je histološka analiza, ali u kliničkoj praksi ovo nije primjenjivo zbog čega se koriste termički i električni testovi senzibiliteta (27, 35). Metoda električnog ispitivanja senzibiliteta pulpe starija je i od radiografskih metoda (4). Senzibilitet u ovom slučaju predstavlja odgovor na primijenjeni podražaj električnom strujom.

U studijama o procjeni sposobnosti ET-a za utvrđivanje vitalnosti pulpe, u obzir se uzima procjena senzitivnost i specifičnosti kao neovisni parametri u prevalenciji bolesti. To je istina u teoriji jer je populacija na kojoj se radila procjena homogena. U kliničkoj praksi, suprotno popularnom mišljenju, senzitivnost i specifičnost nisu isti za populaciju koja se ispituje (43). Senzitivnost je broj stvarnih pozitivnih testova podijeljen s ukupnim brojem oboljele pulpe. Specifičnost je broj stvarnih negativnih testova podijeljen s ukupnim brojem zdrave pulpe. Ostale su mjere previđene vrijednosti u omjeru vjerojatnosti. Pozitivno predviđena vjerojatnost stvaran je broj pozitivnih testova podijeljen s ukupnim brojem pozitivnih testova. Negativno predviđena vjerojatnost broj je negativnih testova podijeljen s ukupnim brojem negativnih testova. Omjer vjerojatnosti kombinira senzitivnost i specifičnost te navodi koliko puta su vjerojatniji određeni rezultati testa kod pacijenata s bolešću nego kod onih koji bez bolesti. Pozitivan omjer vjerojatnosti jednak je vjerojatnost pozitivnog rezultata kod bolesnika s bolešću (senzitivnost/1-specifičnost). Omjer negativne vjerojatnost jednak je vjerojatnosti negativnog testa kod bolesnika s bolešću (1-senzitivnost/specifičnost) (14). Otkriveno je da senzitivnost raste s težinom upale, a specifičnost opada (43).

Karakteristika je ET-a numerička vrijednost jakosti struje vidljiva na ekranu uređaja (10). Dobivene vrijednosti mogu se uspoređivati s prethodnim mjerenjima što daje mogućnost testiranja ponovljivosti ispitivanja. Može se odrediti interval praga za određene grupe zubi zahvaćene ireverzibilnim pulpitisom (1, 15, 44). Na taj bi se način ET mogao standardizirati i testirati njegova reproduktibilnost (10). Budući da se radi o egzaktnim vrijednostima u μA, postoji pretpostavka za valjanu usporedbu. Unatoč činjenici relativno maloga broja ispitanika uključenog u ovu kliničku studiju, ponovljivost mjerenja i normalnost distribucije upućuju na mogućnost predvidljivosti rezultata i indiciran je nastavak istraživanja na većem broju ispitanika.

Ispitivanjem reproduktibilnosti ET-a moraju se uzeti u obzir mnogobrojni čimbenici koji mogu utjecati na odgovor električnog podražaja (10). Faktori povezani s uređajem podrazumijevaju tehničke probleme nemogućnosti zatvaranja strujnog kruga ili pražnjenja baterije uređaja. Kada napon baterije padne na 4 volta, izlazni napon se ne povećava, a

povećavaju se brojevi na zaslonu uređaja. U takvim slučajevima ispitivač može misliti kako uređaj radi ispravno (4). Vrsta ET-a također ima utjecaja na rezultate. Uglavnom se u kliničkom radu koriste uređaji s konstantnim naponom. Bilo da uređaji mjere napon ili struju njihova stimulacija intradentalnih pulpnih završetaka je slična (45). Pritisak na elektrodu i njen položaj na zub bitni su zbog pravilnog zatvaranja strujnog kruga (4, 10). Najbolji odgovor dobit će se postavljanjem elektrode na mjestu maksimalne koncentracije A-delta vlakna, što je kod mladih ljudi rog pulpe, a kod starijih cervikalna trećina krune zuba (2). Površina zuba i vrh elektrode ne bi smjeli biti suhi jer bi se električna struja raspršila duž površine zuba, stoga je odabir sredstva bitan za provedbu električnih impulsa (4, 45). Otkriveno je da različiti mediji stvaraju različitu provodljivost kroz krunu zuba. To ukazuje da primjena ET-a s medijem lošije provodljivosti može dati lažno negativne rezultate, posebno kod parcijalnog pulpitisa. Sredstvo ne bi trebalo biti u tekućem stanju zbog mogućnosti dodira sa zubnim mesom kako bi se prevenirali lažno pozitivni rezultati (45). Dostupna sredstva su na vodenoj ili petrolejskoj bazi, a moguća je primjena i zubne paste. Pojedini autori zaključuju da su bolja sredstva na bazi vode, dok se drugi opredjeljuju za one na petrolejskoj bazi. Treći smatraju da nema statistički bitne razlike između njih, ali treba se voditi računa da debljina medija ne prelazi 0,5 mm i da se položaj elektrode na zubu ne mijenja tijekom ispitivanja (4, 45). *TENS gel* (Dahlhausen, Njemačka) se kao vodljivo sredstvo pokazao prikladnim zbog uklanjanja problema nedostatnog kontakta elektrode sa zubom kao i izbjegavanja kontakta s gingivom i lažno pozitivnih rezultata (10, 39).

Faktori vezani uz pacijenta obuhvaćaju debljinu cakline i dentina, veličinu pulpne komore, reakciju parodontnog ligamenta, smjer pružanja dentinskih tubulusa i količinu senzornih A vlakana (10, 12, 39). Prvenstveno se debljina cakline smatrala ključnom, međutim debljina dentina je ta koja određuje dimenziju zuba. Iako dentin ne posjeduje toliki električni otpor kao caklina, deblji dentin može povećati vrijeme koje je potrebno struji kako bi stimulirala živčane završetke (45). Općenito je prihvaćeno da tanja caklina i dentin znače manji prag podražljivosti. Caklina ima veći električni otpor zbog pukotina, karijesa i restauracija, a električni otpor dentina ovisan je o toku struje duž dentinskih tubulusa, što je protok kraći, niži je električni otpor (12). Prisutnost karijesa, restauracija krune zuba i puknuća zuba mogu dati neispravne rezultate. Parodontološki zubi imaju niži prag podražljivosti (4). Nedostatak suhog radnog polja, mentalno stanje i subjektivni doživljaj pacijenta također treba uzeti u obzir (10). Da bi se navedeni faktori smanjili na minimum, napravljeni su uređaji koji primjenjuju gotovo jednaku silu na elektrodu prilikom svakog mjerenja kao i oni uređaji koji automatski prekidaju strujni krug kada pacijent registrira struju (10, 46). Pacijentu treba

vremena da svjesno prekine električni krug, stoga se na taj način smanjuje odgođeno vrijeme reagiranja na podražaj strujom koje kod klasičnih uređaja iznosi 347,8 ms (46). Bitno je napomenuti da zbog načina mjerenja pojačavanjem jakosti struje, a ne napona, na uređaj *VitaliScan* ne bi trebali djelovati faktori debljine dentina i prisutnosti velikih restauracija, osim ako nisu u bliskom kontaktu s elektrodom, što je i potvrđeno rezultatima.

Osim navedenih postoje i mnoge druge varijable koje utječu na pouzdanost i upotrebu ET-a. Jedna od njih je i razlika među spolovima. Kod žena se može zabilježiti znatno niži prag podražljivosti. To se može objasniti time da muškarci imaju veći promjer krune i deblji dentin što rezultira višim pragom, ali i time da žene općenito pokazuju niže pragove električne boli i toleranciju boli od muškaraca (45). Psihosocijalni, genetski mehanizmi i kronična bol mogu imati ulogu u razlikama u odgovoru na bol. Depresija i anksioznost utječu na niži električni prag. Polimorfizam COMT gena utječe na bol putem katekolaminskih i opioidnih mehanizama. Katekolamini podražuju periferne nociceptore, C i A-delta vlakana. Oba podražaja, i hladni i električni, izazivaju akutnu bol (32).

Na percepciju boli, odnosno reakciju tijekom ispitivanja ET-om utječe i brzina kojom se povećava intenzitet primijenjene struje. Smatra se da sporije povećanje intenziteta struje daje točnije i preciznije rezultate. Sporije povećanje izbjegava i nepotrebnu nelagodu. Iz tih razloga, stopa povećanja struje u našoj studiji bila je 1 $\mu A\ s^{-1}$ (10).

Sudionici su ovog istraživanja pacijenti između 20 i 65 godina, a zubi uključeni u studiju zahvaćeni su ireverzibilnim pulpitisom. S obzirom na to da su ispitanici različitih dobnih skupina, rezultati su reprezentativniji. U odgovoru na podražaj prednjih i stražnjih zuba utvrđeno je da su pragovi podražaja viši za zube smještene distalnije u zubnom luku. Statistički značajnih razlika između muškaraca i žena nije bilo. Uočen je nešto brži odgovor na električni podražaj mandibularnih molara, odnosno niže vrijednosti praga u odnosu na gornje molare. Kod standardnih uređaja radi se o debljini cakline, međutim u slučaju ispitivanog uređaja može se raditi o većoj struji potrebnoj za senzoričku aktivaciju gornjih zubi zbog voluminoznije radikularne pulpe gornjih zubi i u skladu s tim veće vodljivosti (39).

Prema mnogim studijama, lažno pozitivni i lažno negativni odgovori testa senzibiliteta nisu rijetki, s češćom pojavnošću lažno negativnih odgovora (1, 44, 47). Kod patoloških promjena pulpe lažno pozitivni rezultati češći su kod testa hladnoćom nego kod ET-a jer se sposobnost izazivanja reakcije na temperaturne promjene gubi puno prije za hladne nego za električne stimulanse (1). Traumatizirani i nezreli zubi kod kojih nije završena apeksogeneza pokazuju lažno negativne rezultate (7, 10). Smatra se da potpuni razvoj *plexus Raschkow* završava 5

godina nakon erupcije zuba, odnosno mijelinizirana A-delta vlakna kao primarni nociceptori koji reagiraju na električne podražaje (40). Nadalje, osobe koje su podvrgnute ortodontskim terapijama i ortognatnim operacijama pokazuju lažno negativne rezultate (7, 10). Ortodontske sile povećavaju prag odgovora na ET što može potrajati i do 9 mjeseci nakon prestanka ortodontske terapije (40). Takvi zubi imaju trajni ili privremeni gubitak senzoričke funkcije dok je vitalnost zuba očuvana (1). Lažno pozitivne rezultate pokazuje nekroza pulpe, neodgovarajuća izoliranost zuba koja dovodi struju u dodir s gingivnim, parodontnim tkivima ili restauracijama zuba, vlažna gangrena, kalcificirani zubi, anksiozni i mlađi pacijenti (1, 47). Lažno pozitivni rezultati češći su kod testa hladnoćom nego kod ET-a, što je u skladu s progresivnim napretkom upalnog stanja i nekroze. Kod uznapredovalih upalnih bolesti sposobnost izazivanja reakcije na temperaturne promjene gubi se puno prije za hladne nego za električne stimulanse (1).

Prema dostupnoj literaturi ne može se utvrditi jaka korelacija između stvarne granične vrijednosti ET-a i stanja pulpe (10). Rezultati istraživanja ukazuju na mogućnost određivanja praga podražaja oboljele zubne pulpe te moguće usporedbe s rezultatima zdravih zubnih pulpi i definiranja te korelacije.

8. ZAKLJUČAK

U okviru ovog istraživanja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- Moguće je odrediti prag podražljivosti zubne pulpe u uvjetima ireverzibilnog pulpitisa (gornji molari 42,92 μA, donji molari 38,79 μA, donji kanini i premolari 20,42 μA). Kod nekroze pulpe vrijednosti su iznad 250 μA.
- Nisu postojale statistički značajne razlike između ponavljanih mjerenja, što govori u prilog ponovljivosti i pouzdanosti mjerenja navedenim uređajem.
- Nisu postojale statistički značajne razlike zuba s ireverzibilnim pulpitisom na ET-u prema dobi i spolu, što ukazuje na neovisnost rezultata o spolnom dimorfizmu kao i prisutnosti različite debljine dentina i/ili prisutnosti ispuna.

9. LITERATURA

1. Jafarzadeh H, Abbott PV. Review of pulp sensibility tests. Part I: general information and thermal tests. Int Endod J. 2010 Sep;43(9):738-62.

2. Levin LG. Pulp and periradicular testing. J Endod. 2013 Mar;39(3 Suppl):S13-9.

3. Farid H, Khan FR, Pasha L, Shinwari MS. Are pulp sensibility tests still sensible? J Ayub Med Coll Abbottabad. 2015 Oct-Dec;27(4):874-7.

4. Jafarzadeh H, Abbott PV. Review of pulp sensibility tests. Part II: electric pulp tests and test cavities. Int Endod J. 2010 Nov;43(11):945-58.

5. Villa-Chávez CE, Patiño-Marín N, Loyola-Rodríguez JP, Zavala-Alonso NV, Martínez-Castañón GA, Medina-Solís CE. Predictive values of thermal and electrical dental pulp tests: a clinical study. J Endod. 2013 Aug;39(8):965-9.

6. Dastmalchi N, Jafarzadeh H, Moradi S. Comparison of the efficacy of a custom-made pulse oximeter probe with digital electric pulp tester, cold spray, and rubber cup for assessing pulp vitality. J Endod. 2012 Sep;38(9):1182-6.

7. Weisleder R, Yamauchi S, Caplan DJ, Trope M, Teixeira FB. The validity of pulp testing: a clinical study. J Am Dent Assoc. 2009 Aug;140(8):1013-7.

8. Khoshbin E, Soheilifar S, Donyavi Z, Shahsavand N. Evaluation of Sensibility Threshold of Dental Pulp to Electric Pulp Test (EPT) in the Teeth under Fixed Orthodontic Treatment with 0.014 and 0.012 Initial NiTi Archwire. J Clin Diagn Res. 2019 Jan;13(1):16-9.

9. Gopikrishna V, Pradeep G, Venkateshbabu N. Assessment of pulp vitality: a review. Int J Paediatr Dent. 2009 Jan;19(1):3-15.

10. Šimović M, Pavušek I, Ivanišević Malčić A, Jukić S, Prpić Mehičić G, Matijević J. Electric pulp test threshold responses in healthy incisors, canines, premolars and molars. Aust Endod J. 2018 Apr;44(1):54-9.

11. Bargale SD, Davangere Padmanabh SK. Appropriate electrode placement site of electric pulp tester for the premolars: a clinical study. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2015 Apr-Jun;33(2):138-42.

12. Chunhacheevachaloke E, Ajcharanukul O. Effects of conducting media and gender on an electric pulp test. Int Endod J. 2016 Mar;49(3):237-44.

13. Jespersen JJ, Hellstein J, Williamson A, Johnson WT, Qian F. Evaluation of dental pulp sensibility tests in a clinical setting. J Endod. 2014 Mar;40(3):351-4.

14. Mejàre IA, Axelsson S, Davidson T, Frisk F, Hakeberg M, Kvist T, et al. Diagnosis of the condition of the dental pulp: a systematic review. Int Endod J. 2012 Jul;45(7):597-613.

15. Mainkar A, Kim SG. Diagnostic Accuracy of 5 Dental Pulp Tests: A Systematic Review and Meta-analysis. J Endod. 2018 May;44(5):694-702.

16. Klarić E. Anamneza i dijagnostički postupci u endodonciji. In: Jukić Krmek S, Baraba A, Klarić E, Marović D, Matijević J. Pretklinička endodoncija. 1 izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2017.

17. Hargreaves KM, Berman LH. Cohen's pathways of the Pulp. 11th ed. St Louis: Mosby; 2015.

18. Ingle JI, Heithersay GS, Hartwell GR et al. Endodontic diagnostic procedures. In: Ingle JI, Bakland LK, editors. Endodontics. 5th ed. London: BC Decker Inc; 2002. p.156-7;212-3.

19. Park SH, Ye L, Love RM, Farges JC, Yumoto H. Inflammation of the Dental Pulp. Mediators Inflamm. 2015;2015:980196.

20. Zanini M, Meyer E, Simon S. Pulp Inflammation Diagnosis from Clinical to Inflammatory Mediators: A Systematic Review. J Endod. 2017 Jul;43(7):1033-51.

21. Torabinejad M, Walton RE. Endodoncija. Načela i praksa. Prijevod 4. izdanja. Zagreb: Naklada Slap; 2009.

22. Trowbridge HO, Emling RC. Inflammation: a review of the process. 5th ed. Illinois: Quintessence Publishing Co; 1997.

23. Guyton AC, Hall JE. Medicinska fiziologija. 11 izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2006.

24. Bagatin M, Virag M. Maksilofacijalna kirurgija. Zagreb: Školska knjiga; 1991.

25. Cohen S, Burns RC. Pathways of the pulp. 8th ed. St Louis London Philadelphia Sydney: CV Mosby Co; 2002.

26. Pandurić V, Majdandžić M. Pulpitisi i periapikalne patoze. Sonda. 2008; 16:69-73.

27. Njemirovskij Z, i sur. Klinička endodoncija. Zagreb: Globus; 1987.

28. Pelivan I. Klinička klasifikacija pulpnih bolesti. Sonda Online 2002;4. Available at: http://sonda.sfzg.hr/index_files/tekstovi/s/KLINICKA%20KLASIFIKACIJA%20PULPNIH%20BOLESTI.pdf Accessed March 21st 2012.

29. Donaldson LF. Understanding pulpitis. J Physiol. 2006 May 15;573(Pt 1):2-3.

30. Wolters WJ, Duncan HF, Tomson PL, Karim IE, McKenna G, Dorri M, et al. Minimally invasive endodontics: a new diagnostic system for assessing pulpitis and subsequent treatment needs. Int Endod J. 2017 Sep;50(9):825-9.

31. Agnihotry A, Gill KS, Stevenson Iii RG, Fedorowicz Z, Kumar V, Sprakel J, et al. Irreversible Pulpitis - A Source of Antibiotic Over-Prescription? Braz Dent J. 2019 Jul; 22;30(4):374-9.

32. Mladenović I, Krunić J, Supić G, Kozomara R, Bokonjić D, Stojanović N, et al. Pulp Sensitivity: Influence of Sex, Psychosocial Variables, COMT Gene, and Chronic Facial Pain. J Endod. 2018 May;44(5):717-21.e1.

33. Balevi B. Cold pulp testing is the simplest and most accurate of all dental pulp sensibility tests. Evid Based Dent. 2019 Mar;20(1):22-3.

34. Jurić H. Dječja dentalna medicina. Jastrebarsko: Naklada Slap; 2015.

35. Pashley DH. Dynamics of the pulpo-dentin complex. Crit Rev Oral Biol Med. 1996;7:104-33.

36. Jafarzadeh H. Laser Doppler flowmetry in endodontics: a review. Int Endod J.2009 Jun;42(6):476-90.

37. Todea, C., Canjau, S., Miron, M., Vitez, B., & Noditi, G. Laser Doppler flowmetry evaluation of the microcirculation in dentistry. InTech. 2016; 203-29.

38. Arun, A., Mythri, H., & Chachapan, D. Pulp vitality tests-an overview on comparison of sensitivity and vitality. Indian J Oral Sci. 2015 May;6(2):41-6.

39. Gandy SR. The use of pulse oximetry in dentistry. J Am Dent Assoc. 1995 Sep;126(9):1274-78.

40. Udoye CI, Jafarzadeh H, Okechi UC, Aguwa EN. Appropriate electrode placement site for electric pulp testing of anterior teeth in Nigerian adults: a clinical study. J Oral Sci. 2010 Jun;52(2):287-92.

41. Woolley LH, Woodworth J, Dobbs JL. A preliminary evaluation of the effects of electrical pulp testers on dogs with artificial pacemakers. J Am Dent Assoc. 1974 Nov;89(5):1099-101.

42. Lin J, Chandler NP. Electric pulp testing: a review. Int Endod J. 2008 May;41(5):365-74.

43. Chen E, Abbott PV. Dental pulp testing: a review. Int J Dent. 2009;2009:365785.

44. Mejàre IA, Bergenholtz G, Petersson K, Tranæus S. Estimates of sensitivity and specificity of electric pulp testing depend on pulp disease spectrum: a modelling study. Int Endod J. 2015 Jan;48(1):74-8.

45. Tian SY, Tang L, Zheng CY. Electrode Placing Sites affect Pulp Vitality Test of Human Incisors and Premolars. Chin J Dent Res. 2017;20(4):225-30.

46. Abd-Elmeguid A, Yu DC. Dental pulp neurophysiology: part 2. Current diagnostic tests to assess pulp vitality. J Can Dent Assoc. 2009 Mar;75(2):139-43.

47. Kalhoro FA, Rajput F, Sangi L. Selecting the appropriate electrode placement-site for electrical pulp testing of molar teeth. J Pak Dent Assoc. 2011 July-Sep;20(3):135-8.

10. ŽIVOTOPIS

Anica Kljajić rođena je 9. lipnja 1994. godine u Slavonskom Brodu. Osnovnu i srednju školu pohađala je u rodnom gradu. Nakon srednje škole upisuje studij dentalne medicine na Stomatološkom fakultetu u Zagrebu. Volontirala je godinu dana u udruzi *Igra* organizirajući igru djeci u KBC-u *Sestre milosrdnice*, kako bi im uljepšala bolničke dane. Aktivna je članica studentskih sekcija *Oralna kirurgija* i *Dječja i preventivna dentalna medicina*. Održala je predavanje na temu *Rijetke lokalne komplikacije anestezije u dentalnoj medicini* na 2. Simpoziju studenata dentalne medicine Stomatološkog fakulteta. Na 3. i 4. Simpoziju studenata dentalne medicine održala je radionicu *Primjena PRF-a u dentalnoj medicini.* Osim radionice, na 4. Simpoziju održava i predavanje *Poremećaj prehrane: suradnja stomatologa i psihijatra.* Tijekom studija pisala je članke za stomatološki studentski časopis *Sonda*, asistirala je u privatnoj ordinaciji i radila promocije za *Oral B.* U 2018./2019. ak. god. prijavljuje se natječaj za dodjelu Rektorove nagrade. Sudionica je na radionicama: *Eptamed-Ekvilibriodoncija* i *ICON-rješenje za bijele mrlje*.

Objavljeni radovi:

Kandić I, Kljajić A, Gabrić D. Rijetke lokalne komplikacije anestezije u dentalnoj medicini. Sonda. 2018;35:31-34.

Kandić I, Kljajić A, Morelato L, Gabrić D. Sistemne komplikacije lokalnih anestetika u dentalnoj medicini. Sonda. 2019;37;60-64.