

UNIVERZITET U BEOGRADU
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Ivan N. Arsić

**UTICAJ ORTODONTSKE EKSTRUZIJE
ZUBA NA ALVEOLARNU KOST I ŠIRINU
ZONE FIKSIRANE GINGIVE**

Doktorska disertacija

Beograd, 2022.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF DENTAL MEDICINE

Ivan N. Arsić

**THE INFLUENCE OF THE ORTHODONTIC
TOOTH EXTRUSION ON THE ALVEOLAR
BONE AND THE WIDTH OF THE
ATTACHED GINGIVA**

Doctoral dissertation

Belgrade, 2022.

Mentor: prof. dr Nenad Nedeljković,
Članovi komisije: prof. dr Branislav Glišić
 doc. dr Zorana Stamenković
 prof. dr Nataša Nikolić Jakoba
 doc. dr Predrag Janošević

Datum odbrane:

U procesu nastanka ove doktorske disertacije, veliku zahvalnost dugujem svom mentoru, Prof. dr Nenadu Nedeljkoviću sa Klinike za ortopediju vilica, Stomatološkog fakulteta u Beogradu, za sveobuhvatnu pomoć, posvećenost, strpljenje i ogroman trud koji je uložio u kreiranje okolnosti da ova teza ugleda svetlost dana.

Zahvaljujem se Prof. dr Branislavu Glišiću sa Klinike za ortopediju vilica, Stomatološkog fakulteta u Beogradu, koji je svojim ogromnim znanjem i iskustvom uvek davao pravovremene smernice u oblikovanju teme i pisanju disertacije.

Zahvalio bih se i Prof. dr Zoranu Aleksiću sa Klinike za parodontologiju i oralnu medicinu, Stomatološkog fakulteta u Beogradu kao jednom od inicijatora u izboru teme za ovo istraživanje.

Veliku zahvalnost dugujem dr Miroslavu Dragoviću sa Instituta za statistiku, Stomatološkog fakulteta u Beogradu, za ogroman trud uloženi u statističku analizu i davanje korisnih ideja i smernica za unapređenje ove disertacije.

Zahvaljujem se doc. dr. Zorani Stamenković sa Klinike za ortopediju vilica, Stomatološkog fakulteta u Beogradu, prof. dr Nataši Nikolić Jakoba sa Klinike za parodontologiju i oralnu medicinu, Stomatološkog fakulteta u Beogradu i doc. dr Predragu Janoševiću sa Klinike za dentalnu medicinu, Odeljenje ortopedija vilica, Medicinskog fakulteta u Nišu na korisnim savetima i predlozima u pisanju ove disertacije.

Ogromnu zahvalnost dugujem svojoj supruzi i porodici na pomoći i razumevanju tokom izrade ove disertacije i posvećujem je njima.

UTICAJ ORTODONTSKE EKSTRUZIJE ZUBA NA ALVEOLARNU KOST I ŠIRINU ZONE FIKSIRANE GINGIVE

Sažetak

Uvod:

Metod ortodontske ekstruzije zuba predstavlja pomeranje zuba u vertikalnom pravcu, u smeru nicanja zuba, pomoću ortodontskih aparata. Može se postići različitim mehanizmima, a najefikasnija je primena fiksnih ortodontskih aparata.

Ekstruzivno pomeranje zuba je nezaobilazni deo terapije fiksnim ortodontskim aparatima. Primenom tehnike pravog luka u fiksnoj ortodonciji, u početnim fazama, gde se vrši nivelacija tankim nitiolnim lukovima, uvek je prisutna i vertikalna komponenta ortodontske sile.

Terapija gubitka zuba i mekih tkiva, kao i resorpcija alveolarnog grebena, u savremenoj stomatologiji, zahteva multidisciplinarni pristup. Primena ortodontskih sila na zub, u zavisnosti od pravca delovanja, može stimulisati augmentaciju koštanog tegmenta i okolnih mekih tkiva.

Reakcija paradontalnih tkiva, udružena sa promenama na gingivi, u sklopu ortodontskog pomeranja zuba, sve više je predmet istraživanja. Ključni faktor, koji omogućava osteoplastnu aktivnost i stvaranje nove kosti, kao i gingive, tokom ortodontske ekstruzije zuba, je periodontalni ligament koji obuhvata koren zuba. Objavljene su studije koje pokazuju da dolazi do pomeranja gingive u pravcu dejstva ortodontske sile tokom ekstruzije, intruzije i rotacije. Johal i sar. navode kontroverzu u literaturi o ulozi ortodontskog tretmana na nastanak gingivalnih recesija ukoliko se zub pomera van alveolarne kosti. Lin i sar. opisuju formiranje izgubljene interdentalne papile multidisciplinarnim pristupom uz ortodontsku ekstruziju. Kajiyama i sar. su pokazali i pomak mukogingivalne linije, ivice slobodne gingive i dna gingivalnog sulkusa u koronarnom pravcu prilikom ekstruzije zuba ortodontskim aparatima. Dannan i sar. navode pomeranje granice pokretne i nepokretne sluzokože kao i ivice slobodne gingive u apikalnom smeru kod ortodontske intruzije zuba.

Ortodontska ekstruzija zuba koji imaju lošu prognozu, koja za rezultat ima uvećanje koštanog tegmenta i visine alveolarnog grebena, se opisuje kao metoda koja prethodi ugradnji zubnog implanta. Oikarinen i sar. ukazuju na neophodnost augmentacije mekih i čvrstih tkiva pre terapije zubnim implantima. Ortodontskom ekstruzijom se rastežu vlakna periodontalnog ligamenta i očekuje stimulacija diferenciranja fibroblasta u osteoblaste, kao i osteoplastne aktivnosti i produkcije nove kosti. U skladu sa tim, opisana je i metoda razvoja regije za ugradnju implanta (*eng.* Implant Site Development - ISD). Bach i sar. navode mogućnost redukcije dubine izolovanih paradontalnih džepova ortodontskom ekstruzijom zuba. Zachrisson B. i Brindis i sar. navode da se, ortodontskom ekstruzijom zuba, i u frontalnoj i u bočnoj regiji, može značajno poboljšati stanje gingive i alveolarne kosti, estetika kao i oseointegracija pojedinačnih zubnih implanta.

Ciljevi:

- Ispitati efekat ortodontske ekstruzije zuba na dimenziju interdentalnog septuma i visinu i debljinu vestibularne i oralne lamele alveolarne kosti,
- Ispitati efekat ortodontske ekstruzije zuba na širinu zone fiksirane gingive, položaj mukogingivalne linije i dimenzije interdentalnih papilla.

Materijal i metod:

Istraživanje je obuhvatilo 28 pacijenata, starijih od 19 godina, koji su se javili na Kliniku za ortopediju vilica Stomatološkog fakulteta u Beogradu zbog terapije ortodontskih nepravilnosti. Pacijenti su podeljeni u 2 grupe.

Prvu (eksperimentalnu) grupu je činilo 15 pacijenata, kod kojih je indicovana ortodontska ekstruzija sekutića ili očnjaka, u gornjoj ili donjoj vilici, fiksnim ortodontskim aparatom i to tehnikom pravog luka. Indikacije za ekstruziju su: dentoalveolarni otvoren zagrižaj, visoko postavljen očnjak i infrapozicija zuba. Ukupan broj ispitanih ekstrudiranih zuba je 36, od kojih je 11 ekstrudirano uz ekstrakciju distalnog agoniste (ekstruzija očnjaka nakon indicovane i obavljene ekstrakcije prvih premolara).

Drugu (kontrolnu) grupu je činilo 13 pacijenata, kod kojih je indicovana terapija fiksnim ortodontskim aparatom, ali ortodontski tretman nije započeo odmah po donošenju plana terapije, već nakon 12 do 18 meseci. Naime, 10% svih pacijenata koji su dođu na Kliniku za ortopediju vilica, po prijemu, prikupljenim anamnestičkim podacima, analizi studijskih modela i Rtg dijagnostici se, iz različitih razloga, ne pojave odmah, već nakon više meseci kako bi otpočeli sa terapijom. Ukupan broj ispitivanih zuba je 36.

Svim pacijentima, uključenim u studiju, je dostavljen formular o saglasnosti o učešću sa osnovnim informacijama o istraživanju (dostavljen u prilogu).

Iz istraživanja su isključeni pacijenti sa obolelim parodontcijumom i parodontalnim džepovima u frontalnoj regiji, kao i pacijenti alergični na jod.

Radiološko ispitivanje svih pacijenata, je obavljeno na ortopantomografskom rendgen aparatu u CBCT tehnici, čija je jedna od osnovnih karakteristika redukcija doze zračenja u odnosu na konvencionalne ortopantomografske metode, i to:

- ortopantomogram i profilni teleradiogram glave, kod pacijenata obe grupe, po prijemu na Kliniku za ortopediju vilica i prvom pregledu,
- kod pacijenata prve grupe, urađena su dva 3D snimka najmanjeg polja, visoke rezolucije u regiji zuba koji je trebalo da bude ekstrudiran i to: prvo radiografisanje po donošenju plana terapije, a drugo radiografisanje nakon završetka terapije fiksnim ortodontskim aparatima (nakon 12 do 18 meseci),
- kod pacijenata druge grupe, urađena su dva 3D snimka najmanjeg polja, visoke rezolucije u indicovanoj regiji, i to: prvo radiografisanje po donošenju plana terapije, a drugo radiografisanje pre postavke fiksnog ortodontskog aparata, u slučaju da je proteklo najmanje 12 meseci, zbog promena koje mogu nastati na zubima i parodontalnim tkivima u toku navedenog perioda.

Kod pacijenata obe grupe, na radiogramima, mereno je sledeće:

- dužina zuba (L) i rastojanje od centra otpora do osnovne ravni vilice u kojoj se zub nalazi (CO/SpP ili CO/MP),
- iznos ekstruzije zuba u milimetrima (VP),
- rastojanje od vrha bukalne i oralne lamele do gleđno cementne granice (BL/GC i OL/GC)
- visina i širina i bukalne i oralne lamele alveolarne kosti oko ispitivanih zuba (BL, OL, BL1, BL3, OL1 i OL3), na završnom i inicijalnom radiogramu, kao i dobijena razlika.
- visina mezijalnog i distalnog interdentalnog septuma oko ispitivanih zuba (IDSm i IDSd)

Gingivomorfometrijska merenja su izvedena u eksperimentalnoj grupi u regiji zuba koji će se ekstrudirati u dva navrata, prvi put pre početka ortodontske terapije i drugi put nakon uklanjanja fiksnog ortodontskog aparata. Mekotkivni parametri su mereni na ekstrudiranim zubima i na susednim mezijalnim ili distalnim zubima (agonistima). Zubi eksperimentalne grupe na kojima su izvedena mekotkivna merenja su podeljeni u 2 grupe, ekstrudirane zube (sa izmerenim vertikalnim pomakom – VP) i susedne zube – agoniste, koji se nisu ekstrudirali u toku ortodontske terapije.

Ukupan broj zuba u kontrolnoj grupi na kojima su izvršena gingivomorfometrijska merenja je 66. Ukupan broj ekstrudiranih zuba eksperimentalne grupe sa registrovanim vertikalnim pomakom je 24, a ukupan broj neekstrudiranih zuba agonista u okviru eksperimentalne grupe je 30.

Merenje je:

- najkraće rastojanje od vrha kvrčice ili incizalne ivice zuba koji je predviđen za ekstruziju do mukogingivalne linije – **MGLZ** (mukogingivalna linija-zub),
- najkraće rastojanje od ivice slobodne gingive zuba koji je predviđen za ekstruziju kao i dva susedna zuba (mezijalno i distalno), do mukogingivalne linije – **KG** (širina zone keratinizovane gingive),
- najkraće rastojanje od vrha mezijalne i distalne papile zuba koji je predviđen za ekstruziju, do mukogingivalne linije – **MP** (mezijalna papila), **DP** (distalna papila),
- dubina gingivalnog sulkusa na mestu merenja KG – **DS**.

Širina zone fiksirane gingive (**FG**) se izračunavala na sledeći način:

$$FG=KG-DS$$

Promena položaja mukogingivalne linije je detektovana na sledeći način:

- Ako je $VP-\Delta MGLZ < 0$, mukogingivalna linija se pomerila apikalno,
- Ako je $VP-\Delta MGLZ = 0$, mukogingivalna linija se nije pomerila,
- Ako je $VP-\Delta MGLZ > 0$, mukogingivalna linija se pomerila koronarno.

Statistička analiza dobijenih podataka izvršena je uz pomoć softverskog paketa SPSS verzija 26.0, (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Srednja vrednost i standardna devijacija korišćeni su za opis numeričkih varijabli. Za analizu razlike između kontrolne i eksperimentalne grupe korišćen je *Mann-Whitney*, shodno podacima dobijenim posle testiranja normalnosti raspodele podataka korišćenjem *One-Sample Kolmogorov-Smirnov* testa. Univarijantna i multivarijantna regresiona analiza urađena je u cilju izdvajanja nezavisnih prediktora razlika u odnosu na vertikalno pomeranje zuba kao zavisne varijable. Rezultati su smatrani statistički značajnim ukoliko je *p* vrednost bila manja od 0.05.

Rezultati:

Ispitivanjem efekata ortodontske ekstruzije na parodontcijum, u eksperimentalnoj grupi dobijeni su sledeći rezultati:

- Statistički značajno skraćenje dužine zuba
- Povećanje visine bukalne i oralne alveolarne kosti
- Povećanje visine mezijalnog i distalnog interdentalnog septuma
- Promena debljine bukalne i oralne alveolarne kosti
- Povećanje rastojanja od ruba bukalne i oralne lamele do gledno cementne granice
- Promena položaja mukogingivalne linije, najčešće ka koronarno
- Povećanje širine zone keratinizovane i fiksirane gingive
- Nema statistički značajnog uticaja na dubinu gingivalnog sulkusa i visinu interdentalnih papilla.

Zaključak:

Ortodontska ekstruzija zuba ima pozitivan efekat na parodontcijum u posmatranoj regiji. Efekat ortodontske sile, usmerene u vertikalnom pravcu i ka koronarno, kroz uzdužnu osovinu zuba, odražava se i na okolnu alveolarnu kost i okolna meka oralna tkiva.

Ključne reči: ortodontska ekstruzija, forsirana erupcija, CBCT, alveolarna kost, pripojna gingiva

Naučna oblast: Ortopedija vilica, parodontologija i radiologija

Uža naučna oblast: Ortopedija vilica

THE INFLUENCE OF THE ORTHODONTIC TOOTH EXTRUSION ON THE ALVEOLAR BONE AND THE WIDTH OF THE ATTACHED GINGIVA

Abstract

Introduction:

The method of orthodontic tooth extrusion is the movement of the tooth in the vertical direction, in the direction of tooth eruption, using orthodontic appliances. It can be achieved by various mechanisms, and the most efficient is the use of fixed orthodontic appliances.

Extrusion tooth movement is, most often, an unavoidable part of therapy with fixed appliances. By applying the straight archwire technique in fixed orthodontics, in the initial stages, where leveling with thin nitinol arches is performed, the vertical component of orthodontic force is always present.

Tooth and soft tissue loss, as well as alveolar ridge resorption, in modern dentistry, requires a multidisciplinary approach. The application of orthodontic forces on the tooth, depending on the direction of action, can stimulate the augmentation of the bone segment and the surrounding soft tissues.

The reaction of periodontal tissues, associated with changes in the gingiva, as part of orthodontic tooth displacement, is increasingly the subject of research. The key factor, which enables osteoblastic activity and the formation of new bone, as well as gingiva, during orthodontic tooth extrusion, is the periodontal ligament that supports the root of the tooth. Studies have been published showing that gingiva movement is present, in the direction of orthodontic force during extrusion, intrusion, and rotation. Johal et al. cite controversy in the literature on the role of orthodontic treatment in the occurrence of gingival recessions if the tooth moves outside the alveolar bone. Lin et al. describe the formation of missing interdental papilla by a multidisciplinary approach with orthodontic extrusion. Kajiyama et al. also showed a shift of the mucogingival line, the margin of the free gingiva and the bottom of the gingival sulcus in the coronary direction during tooth extrusion with orthodontic appliances. Dannan et al. state that there is a movement of the mucogingival junction as well as the margins of the free gingiva in the apical direction during orthodontic tooth intrusion.

Orthodontic extrusion of a tooth with a poor prognosis, which results in an increase in bone levels and alveolar ridge height, is described as a method that precedes dental implant placement. Oikarinen et al. indicate the need for augmentation of soft and hard tissues before dental implant therapy. Orthodontic extrusion stretches the periodontal ligament fibers and stimulates fibroblasts differentiation into osteoblasts, as well as osteoblast activity and new bone production. Accordingly, the method of development of the region for implant placement (Implant Site Development - ISD) is described. Bach et al. state the possibility of reducing the depth of isolated periodontal pockets by orthodontic tooth extrusion. Zachrisson B. and Brindis et al. state that orthodontic extrusion of teeth, both in the frontal and lateral regions, may significantly improve the condition of the gingiva and alveolar bone, aesthetics and osseointegration of individual dental implants.

Aims (Objectives):

- To examine the effect of orthodontic tooth extrusion on the dimension of the interdental septum and the height and thickness of the vestibular and oral plate of the alveolar bone,
- To examine the effect of orthodontic tooth extrusion on the width of the attached gingiva, the position of the mucogingival line and the dimensions of the interdental papillae.

Material and method:

This research included 28 patients, older than 19, who came to the Clinic for Orthodontics of the Faculty of Dental Medicine in Belgrade for the treatment of orthodontic anomalies. Patients were divided into 2 groups.

The first (experimental) group consisted of 15 patients, in whom orthodontic extrusion of incisors or canines was indicated, in the upper or lower jaw, with a fixed orthodontic appliance using the straight wire technique. Indications for extrusion are: dentoalveolar open bite and infraposition of the teeth. The total number of examined extruded teeth was 36, of which 11 were extruded with distal agonist extraction (canine extrusion after indicated and performed extraction of the first premolars).

The second (control) group consisted of 13 patients, in whom therapy with a fixed orthodontic appliance was indicated, but orthodontic treatment did not begin immediately after the therapy plan was presented, but after 12 to 18 months. Namely, 10% of all patients who come to the Clinic for Orthodontics, after clinical examination, collected anamnestic data, analysis of study models and X-ray diagnostics, for various reasons, do not appear immediately, but after several months to begin with the therapy. The total number of examined teeth in this group is 36.

All patients included in the study were provided with a participation consent form with basic research information (attached).

Patients with periodontal disease and periodontal pockets in the frontal region, and patients allergic to iodine were excluded from the study.

Radiological examination of all patients was performed on an orthopantomographic X-ray machine in the CBCT technique. One of the basic characteristics is the reduction of radiation dose in relation to conventional orthopantomographic methods, as follows:

- orthopantomogram and profile telerradiogram of the head, in patients of both groups, after admission to the Clinic for Orthodontics and the first examination,

- in patients of the first group, two 3D images of the smallest field, high resolution in the region of the tooth to be extruded, were made: the first radiograph after the treatment plan was presented, and the second radiograph after treatment (after 12 to 18 months of therapy with fixed orthodontic appliances),

- in patients of the second group, two 3D images of the smallest field, high resolution in the indicated region, were made: the first radiography after the treatment plan was presented, and the second radiography before the installation of a fixed orthodontic appliance, if at least 12 months have passed, because of the possible changes that may occur on teeth and periodontal tissues during the specified period.

In patients of both groups, the following measurements on radiographs were performed:

- tooth length (L) and distance from the center of resistance to the basal plane of the jaw in which the tooth is located (CO / SpP or CO / MP),
- amount of tooth extrusion in millimeters (VP),
- distance from the top of the buccal and oral lamella to the enamel-cement boundary (BL / GC and OL / GC)
- height and width of both buccal and oral lamellae of alveolar bone around the examined teeth (BL, OL, BL1, BL3, OL1 and OL3), on the final and initial radiogram, as well as the obtained difference.
- height of the mesial and distal interdental septum around the examined teeth (IDSm and IDSd)

Gingivomorphometric measurements were performed in an experimental group, in the region of the tooth that will be extruded, twice, the first time before the start of orthodontic therapy and the second time after the removal of the fixed orthodontic appliance. Soft tissue parameters were measured on extruded teeth and adjacent mesial or distal teeth (agonists). The teeth of the experimental group on which soft tissue measurements were performed were divided into 2 groups, extruded teeth (with measured vertical displacement - VP) and neighboring teeth - agonists, which were not extruded during orthodontic therapy.

The total number of teeth in the control group on which gingivomorphometric measurements were performed is 66. The total number of extruded teeth with registered vertical displacement is 24, and the total number of non-extruded agonist teeth within the experimental group is 30.

The following parameters were measured:

- the shortest distance from the tip of the cusp or incisal edge of the tooth intended for extrusion to the mucogingival line - MGLZ (mucogingival line - tooth),
- the shortest distance from the edge of the free gingiva of the tooth intended for extrusion as well as two adjacent teeth (mesial and distal), to the mucogingival line - KG (width of the keratinized gingival zone),
- the shortest distance from the tip of the mesial and distal papilla of the tooth intended for extrusion, to the mucogingival line - MP (mesial papilla), DP (distal papilla),
- depth of gingival sulcus at the site of KG measurement - DS.

The width of the fixed gingival zone (FG) was calculated as follows:

$$FG = KG - DS$$

The change in the position of the mucogingival line was detected as follows:

- If $VP - \Delta MGLZ < 0$, the mucogingival line has moved apically,
- If $VP - \Delta MGLZ = 0$, the mucogingival line has not moved,
- If $VP - \Delta MGLZ > 0$, the mucogingival line has moved coronally.

Statistical analysis of the obtained data was performed using the software package SPSS version 26.0, (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Mean and standard deviation were used to describe the numerical variables. *Mann-Whitney* was used to analyze the difference between the control and experimental groups according to the data obtained after testing the normality of the data distribution using the *One-Sample Kolmogorov-Smirnov* test. Univariate and multivariate regression analysis was performed in order to single out independent predictors of differences in relation to the vertical displacement of the tooth as a dependent variable. The results were considered statistically significant if the p value was less than 0.05.

Results:

By examining the effects of orthodontic extrusion on the periodontium, the following results were obtained in the experimental group:

- Statistically significant shortening of tooth length

- Increased height of buccal and oral alveolar bone
- Increase in the height of the mesial and distal interdental septum
- Change in the thickness of the buccal and oral alveolar bone
- Increasing the distance from the edge of the buccal and oral lamella to the enamel-cement boundary
- Change in the position of the mucogingival line, most often towards the coronary
- Increasing the width of the keratinized and fixed gingival zone
- There is no statistically significant effect on the depth of the gingival sulcus and the height of the interdental papillae.

Conclusion:

Orthodontic tooth extrusion has a positive effect on the periodontium in the observed region. The effect of orthodontic force, directed in the vertical direction and towards the coronary, through the longitudinal axis of the tooth, effects the surrounding alveolar bone and the surrounding soft oral tissues.

Key words: orthodontic extrusion, forced eruption, CBCT, alveolar bone, attached gingiva

Scientific field: Orthodontics, Periodontology and Radiology

Narrow scientific field: Orthodontics

SADRŽAJ

1	Uvod	2
	1. 1. Anatomija parodontijuma	2
	1. 1. 1. Gingiva	3
	1. 1. 1. 1. Slobodna gingiva	3
	1. 1. 1. 2. Interdentalna gingiva	3
	1. 1. 1. 3. Fiksirana/pripojna gingiva	3
	1. 1. 2. Alveolarna kost	4
	1. 1. 3. Periodoncijum	5
	1. 1. 4. Cement korena zuba	7
	1. 2. Ortodontska pomeranja zuba	7
	1. 2. 1. Oblici ortodontskog pomeranja zuba	9
	1. 2. 1. 1. Ortodontska ekstruzija zuba	12
	1. 3. Cone Beam kompjuterizovana tomografija (CBCT)	16
2	Ciljevi	20
3	Materijal i metod	21
4	Rezultati	33
	4. 1. Rezultati koštanih i dentalnih parametara	33
	4. 2. Rezultati mekotkivnih parametara	44
5	Diskusija	53
6	Zaključci	66
7	Literatura	67

1. UVOD

Ortodontski tretman se zasniva na činjenici da primenom sila na zub dolazi do pomeranja istog, što dalje, posredstvom periodontalnog ligament (PDL), dovodi do reakcije koštanog tkiva u vidu resorpcije u regijama kompresije PDL i apozicije nove kosti u regijama istezanja PDL. Osnovu ortodontskog pomeranja zuba karakteriše remodelovanje tkiva.

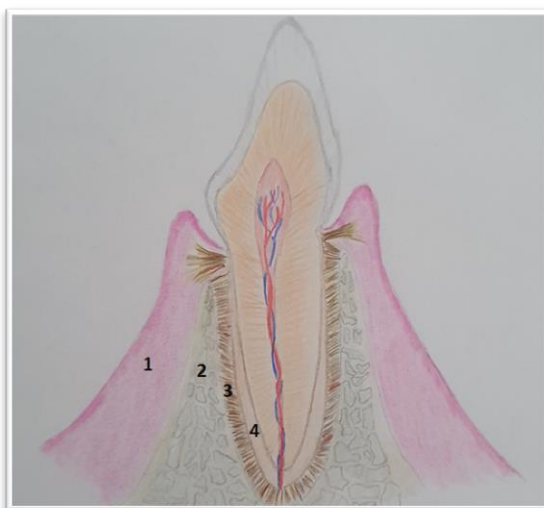
Ortodontsko pomeranje zuba je rezultat dinamičkih promena u obliku i sastavu kosti i mekih tkiva oko zuba uključenih u terapiju.

U suštini, zub se, zajedno sa svojim potpornim aparatom kreće kroz kost, dok zubna čašica migrira. Dejstvom sile na zube moguće je promeniti šemu apozicije i resorpcije kosti i na udaljenim regijama, naročito na maksilarnim suturama, kao i na površinama kosti na obe strane temporomandibularnih zglobova. Takođe, zahvaljujući primeni miniimplantata u savremenoj ortodontskoj praksi, omogućen je uticaj na rast u predelu maksilarnih sutura i kondila mandibule.

Na osnovu gorenavedenog može se izvesti zaključak da je pomeranje zuba u sklopu ortodontskog tretmana rezultat odgovora periodontalnog ligament, kao i odgovor zona rasta udaljenih od denticije (1).

1. 1. Anatomija parodontijuma

Parodontijum, ili potporni aparat zuba, predstavlja funkcionalni kompleks tkiva koji čine gingiva, alveolarna kost, periodoncijum i cement korena zuba (Slika 1.1). Njegova osnovna funkcija jeste da učvrsti zub u alveoli, obezbeđujući istovremeno prenos i amortizaciju pritiska u toku mastikacije.



Slika 1.1. Šematski prikaz potpornog aparata zuba (1 - gingiva; 2 – alveolarna kost; 3 – periodoncijum; 4 – cement)

1. 1. 1. Gingiva

Gingiva predstavlja deo oralne mukoze koji obuhvata zub u predelu cementnogledne granice, prekriva deo korena zuba i deo alveolarnog grebena. Njena osnovna uloga se ogleda u očuvanju zdravlja dubljih parodontalnih tkiva (2–4). Naime, oralni epitel gingive predstavlja prvu liniju odbrane parodonticijuma, kao mehanička barijera, a i zahvaljujući prisustvu određenih ćelijskih elemenata koji učestvuju u specifičnoj i nespecifičnoj odbrani tkiva. Preko nerava i nervnih završetaka u krznu gingive, omogućena je senzorna uloga (reakcija na termičke i mehaničke nadražaje, kao i na pojavu patološkog procesa). Obnavljanje i biodegradacija kolagenih vlakana krzna gingive (formativna funkcija) se odvija pod kontrolom fibroblasta koji se nalaze duž kolagenih vlakana. Nutritivna funkcija gingive se ostvaruje preko dentogingivalnog pleksusa (arterijski krvni sudovi) (5). Anatomotopografski se deli na slobodnu, fiksiranu/pripojnu i interdentalnu gingivu (2) (Slika 1.2).

1.1.1.1. Slobodna gingiva

Slobodna gingiva, kao deo gingive koji nije pripojen za zub, u koronarno-apikalnom smeru se pruža od ivice gingive do zamišljene horizontalne ravni koja prolazi kroz koronarni kraj pripojnog epitela, tj. dno gingivalnog sulkusa (Slika 1.2). U mezio-distalnom pravcu, slobodna gingiva se nalazi između zamišljenih vertikalnih ravni koje prolaze kroz vestibulodistalni i vestibulomezijalni brid dva susedna zuba. Unutrašnja površina slobodne gingive sa gleđi krunice zuba formira gingivalni sulkus. Dubina gingivalnog sulkusa se klinički određuje sondiranjem parodontalnom sondom, a predstavlja rastojanje od ivice slobodne gingive do koronarnog kraja pripojnog epitela (2,3).

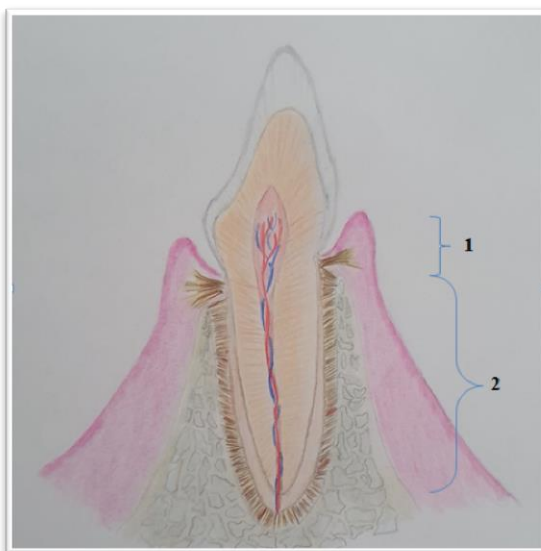
1.1.1.2. Interdentalna gingiva

Interdentalna gingiva je deo gingive koji se u meziodistalnom pravcu kontinuirano nastavlja na slobodnu gingivu, a u koronarno-apikalnom pravcu prelazi u pripojnu gingivu. Ispunjava prostor između dva susedna zuba i, zajedno sa slobodnom gingivom, obrazuje kragu koja obuhvata vrat zuba. Čine je vestibularna i oralna papilla koje se međusobno spajaju u regiji interdentalnog prostora, ispod kontaktne tačke (2,6).

1.1.1.3. Fiksirana/pripojna gingiva

Fiksirana gingiva predstavlja deo gingive koji se čvrsto pripaja za cement korena zuba (preko kolagenih vlakana) i za alveolarnu kost (preko periosta). U regiji svih zuba gornje i donje vilice sa vestibularne strane, kao i u regiji donjih zuba oralno, fiksirana gingiva se pruža od apikalne granice slobodne gingive do mukogingivalne linije (Slika 1.2). U regiji

gornjih zuba sa oralne strane, fiksirana gingiva se bez jasne granice nastavlja na sluzokožu tvrdog nepca. Širina fiksirane gingive je od velikog značaja za etiopatogneznu i prognozu oboljenja parodontijuma, kao i za izradu plana terapije. Takođe, utiče na dubinu vestibuluma (povećava dubinu i, samim tim, obezbeđuje povoljne uslove za održavanje adekvatne oralne higijene). Širina fiksirane gingive je individualna karakteristika (razlikuje se od osobe do osobe), a ujedno se razlikuje i u različitim regijama vilica kod jedne osobe (najveća je u regiji sekutića, a najuža u regiji prvih premolara u obe vilice).



Slika 1.2. Šematski prikaz keratinizovane gingive (1-slobodna gingiva, 2-fiksirana gingiva)

Pojam širine fiksirane gingive treba razlikovati od pojma širine keratinizovane gingive koji predstavlja zbirnu vrednost širine slobodne i fiksirane gingive (2,7).

1.1.2. Alveolarna kost

Alveolarna kost je deo gornje (processus alveolaris maxillae) i donje vilice (pars alveolaris mandibulae) u kojem su smešteni korenovi zuba. Razvija se nicanjem i rastom zuba, a resorbuje nakon njihovog gubitka. Osnovu alveolarne kosti čini sunderasta kost (spongioza) u kojoj se nalaze alveolarne čašice (alveolae dentis). Sunderasta kost se nalazi sa vestibularne i oralne strane, između korenova zuba i kompakte (sa izuzetkom gornje vilice sa palatinalne strane), kao i u interdentalnim i interradičularnim septumima višekorenih zuba, između dva sloja kompakte. Spongiozu prekriva kompaktna kost na kojoj se, na površini prema usnoj duplji, uočavaju izbočenja koja odgovaraju korenovima zuba (juga alveolaria). Tanak sloj kompaktne kosti prekriva i zid alveola ("prava alveolarna kost"). U radiologiji se ona naziva "lamina dura" i uočava se kao tanka bela linija koja prati oblik korena zuba. U pravu alveolarnu kost su usađeni završeci osnovnih kolagenih vlakana, tzv. Šarpejeva vlakna. Ostali deo alveolarne kosti, sunderasta kost i kompaktna kost koja je oblaže prema usnoj

duplji i vestibulumu, naziva se potporna alveolarna kost. Rastojanje od cementnogledne granice do ivice kosti se označava kao limbus alveolaris i prosečno iznosi oko 2 mm (2,6).

Alveolarna kost pruža potporu zubima prilikom različitih opterećenja i ima značajnu ulogu u fiksaciji i amortizaciji pritiska koji se formira pod dejstvom okluzalnih sila. Amortizacija okluzalnih sila se obezbeđuje direktnim prihvatanjem pritiska koji se prenosi preko periodontalnih vlakana i hidrodinamskim mehanizmom (utiskivanjem intersticijalne tečnosti u međusržne prostore). Pod uticajem sila koje deluju na zub dolazi do konstantnih preformacija u kosti. Naime, na mestu gde dolazi do kompresije PDL zuba javlja se resorpcija kosti, dok će u delu periodontalnog prostora u kom je izraženo istežanje periodontalnih vlakana doći do apozicije kosti (8,9). Međutim, ukoliko sile koje deluju na zub prevazilaze mogućnosti funkcionalne adaptacije kosti, doći će do resorpcije kosti koja neće biti praćena stvaranjem nove kosti. Ova sposobnost remodelacije kosti iskorišćena je u ortodontskoj terapiji nepravilnosti zuba i vilica (2,8,10).

1.1.3. Periodoncijum

Periodoncijum je tkivo koje se nalazi između korena zuba i alveolarne kosti, u periodontalnom prostoru (spatium periodontale). Sastoji se od periodontalnih vlakana, krvnih i limfnih sudova, nerava i nervnih završetaka, različitih ćelija i ekstracelularne supstance. Ima potpornu, senzornu, nutritivnu, formativnu i zaštitnu funkciju. Osnovna uloga periodoncijuma jeste učvršćivanje i potpora zuba, kao i amortizacija pritiska koji deluje na zub u funkciji. U amortizaciji pritiska najviše učestvuju periodontalna vlakna, a pored njih i vaskularni i hemodinamski mehanizam, mehanizam rezilijencije i oblik alveole (2,6).

Periodontalna vlakna se dele na osnovna kolagena vlakna, ostala kolagena vlakna, elastična vlakna i acidorezistentna (oksalanska) vlakna (11–13). Najveći deo periodontalnog prostora popunjavaju osnovna kolagena vlakna. Ona nisu elastična i talasasto se pružaju od korena do kosti. Njihovi završeci, poznati kao Šarpejeva vlakna, račvaju se i ulaze oko 200 do 300 µm u cement korena zuba, odnosno pravu alveolarnu kost. Osnovna kolagena vlakna se dele u dve velike grupe: gingivalnu (koronarni deo periodoncijuma, koronarno od limbusa alveole i pretežno u samoj gingivi) i alveolarnu grupu (u alveolarnoj čašici). Vlakna gingivalne grupe pružaju potporu pripojnom epitelu, priljubljujući slobodnu i interdentalnu gingivu uz površinu zuba. Ona se suprotstavljaju intruziji zuba. Transseptalna i cirkularna vlakna, iz ove grupe, sprečavaju zabijanje hrane u dublja tkiva periodoncijuma i doprinose fiksaciji zuba (2,14).

Periodontalna vlakna alveolarne grupe (Slika 1.3) se dele na vlakna alveolarnog grebena, horizontalna vlakna, kosa vlakna, apikalna i interradičularna vlakna (kod višekorenih zuba). Ova grupa vlakana, pored uloge u fiksaciji zuba u alveoli, suprotstavlja se intruziji i horizontalnom pomeranju, odnosno naginjanju, zuba. Kosa vlakna onemogućavaju rotaciju zuba i pružaju otpor dejstvu vertikalnog pritiska. Zajedno sa apikalnim i interradičularnim vlaknima suprotstavljaju se vađenju zuba iz alveole. Kosa osnovna kolagena vlakna drže zub u čašici poput visećeg mosta. Pod dejstvom sile koja vertikalno deluje na zub, vlakna se istežu i ispravljaju. Na mestima gde su usidrena u kost, sila pritiska prelazi u silu vuče koja stimuliše apoziciju kosti pojačavajući njenu strukturu (2,6).



Slika 1.3. Šematski prikaz snopova kolagenih periodontalnih vlakana, 1 – vlakna alveolarnog grebena, 2 – horizontalna, 3 – kosa, 4 – apikalna i 5 – interradičularna vlakna

Ostala kolagena vlakna se nalaze oko osnovnih kolagenih vlakana, tanja su i nisu grupisana u snopove. Elastična i acidorezistentna vlakna se nalaze oko krvnih i limfnih sudova i nerava i štite ih od traume. U periodoncijumu se nalaze brojne ćelije (fibroblasti, osteoblasti, osteoklasti, cementoblasti, cementoklasti, mastociti i ćelije bele krvne loze) čija je uloga da obnove i zaštite periodoncijum, okolnu alveolarnu kost i cement korena zuba (12–14).

Vaskularni mehanizam se ostvaruje zahvaljujući prisustvu velikog broja krvnih i limfnih sudova i od posebnog je značaja kada na zub deluju iznenadne jake sile kraćeg trajanja.

U periodoncijumu je prisutna znatna količina tkivne tečnosti koja se pod dejstvom vertikalnih okluzalnih sila, zajedno sa tečnošću iz krvnih i limfnih sudova, istiskuje u okolne koštanosržne prostore, ublažavajući delovanje pritiska na zub (3,5).

Usled karakterističnog oblika alveole (oblik peščanog sata), sprečeno je utiskivanje zuba ka dnu zubne čašice.

Zahvaljujući rezilijentnosti periodoncijuma, zub se nakon prestanka dejstva sile ponovo vraća u fiziološki položaj.

U periodoncijumu su smeštena brojna nervna vlakna i nervni završeci, preko kojih se primaju i prenose osećaji dodira, pritiska, bola i sl. Percepcija pritiska je omogućena prisustvom proprioceptora.

Zbog dobre prokrvljenosti, periodoncijum predstavlja važan izvor ishrane svih delova potpornog aparata zuba, naročito cementa korena zuba (starenjem popuno preuzima ovu ulogu od pulpe) (2–5).

1.1.4. Cement korena zuba

Cement korena zuba je specifično mineralizovano zubno tkivo koje se prostire od gleđi do vrha korena zuba, prekrivajući spoljašnju površinu anatomskog korena zuba. Osnovna uloga cementa je da obezbedi sidrenje Šarpejevih vlakana, tim putem ostvarujući vezu zuba sa alveolarnom kosti (15,16). Zahvaljujući aktivnosti cementoblasta, cementoklasta, osteoblasta i osteoklasta, cement učestvuje u održavanju konstantne širine periodontalnog prostora. Stalnim formiranjem i slaganjem novih slojeva cementa nadoknađuje se deo zubne gleđi koji se, tokom života, gubi usled abrazije ili atricije i čuva fiziološka visina zagrižaja. Takođe, na ovaj način se omogućava fiziološko - mezijalno pomeranje zuba, kao i pomeranje zuba u toku ortodontske terapije (2,3,6).

1.2. Ortodontska pomeranja zuba

Struktura kosti može se menjati na tri načina: osteogenezom, modelovanjem i remodelovanjem kosti. Osteogeneza se dešava u toku embrionalnog razvoja, ranih stadijuma rasta, kao i u toku zarastanja. Modelovanje, kao oblik promene koštanog tkiva predstavlja rast kosti na već postojećoj koštanoj osnovi i od značaja je za normalan rast i razvoj kraniofacijalnih struktura, kao i za promenu oblika i veličine alveolarne kosti prilikom pomeranja zuba. Remodelovanje kosti predstavlja jedini fiziološki reparatorni mehanizam za održavanje strukturalnog integriteta kosti. Uključuje niz procesa na ćelijskom nivou koji se odvijaju ciklično u toku života. Ciklus remodelovanja prolazi kroz četiri faze: aktivacija, resorpcija, faza preokreta i formativna faza. Faza aktivacije podrazumeva regrutaciju i aktivaciju osteoklasta. Prati je faza resorpcije koštanog tkiva koja se u toku sledeće faze zaustavlja. Tada otpočinje poslednja, formativna, faza u toku koje osteoblasti stvaraju novo koštano tkivo na mestu prethodno resorbovane kosti.

U koštanom tkivu postoji dinamička interakcija između osteoblasta i osteoklasta, kao nosilaca procesa formiranja i resorpcije kosti. Pored uloge u formiranju kosti, osteoblasti imaju ulogu i u regrutaciji i aktivaciji prekursora osteoklasta. Posrednik u komunikaciji između osteoklasta i osteoblasta je član superfamilije tumor nekrosis faktora označen kao RANKL (receptor activator of nuclear factor κ B ligand), čije vezivanje za receptor RANK na nezrelim prekursorima osteoklasta, u prisustvu faktora stimulacije kolonizacije makrofaga (macrophage CSF), dovodi do diferencijacije zrelih aktivnih osteoklasta, te posledične resorpcije kosti. Na površini osteoblasta prisutan je i osteoprotegerin (OPG) koji deluje kao kompetitivni mamac inhibitor za RANKL. Vezivanjem RANKL za OPG dolazi do inhibicije osteoklastogeneze čime se smanjuje resorpcija kosti. RANKL i OPG su detektovani u periodontalnim ćelijama (17). Ono što je od značaja za ortodonciju, promene u pritisku u

mikrookruženju zubne čašice dovode do produkcije RANKL i OPG kao modulatornih proteina, te posledične remodelacije kosti.

“Doktor medicine može da primeni hiljadu lekova u lečenju svojih pacijenata, ali ortodont koristi samo jedan modalitet: silu.” Bez obzira na to koji “hardver” koristi (vrste žica, opruge, bravice ili aparate), on mu služi samo kao alat koji će ostvariti potrebnu silu, ili seriju sila (18).

Ortodontska terapija zavisi od reakcije zuba i svih struktura lica, uopšte, na primenu blage, a kontinuirane, sile (1). Primenom slabe sile dolazi do smanjenja protoka krvi kroz delimično komprimovani ligament, što dovodi do promene u hemijskom sastavu okoline. Monociti u oblasti periodontalnog ligamenta se stimulišu da proizvode osteoklaste. Nakon 36 do 72 sata od početka primene sile pojavljuju se prvi osteoklasti, koji deluju na susednu laminu duru, uklanjajući kost u procesu formiranja frontalne resorpcije. Na ovaj način počinje pomeranje zuba. Nasuprot tome, ukoliko su sile dovoljno jake da u potpunosti zatvore krvne sudove, zaustavljajući dotok krvi u odgovarajuću oblast unutar periodontalnog ligamenta, doći će do razvoja sterilne nekroze pre nego što se ćelije stimulišu da razviju osteoklaste, te posledičnog gubitka svih ćelija. Ova oblast se, zbog svog histološkog izgleda, naziva hijalina zona. U ovakvim slučajevima, remodelacija kosti se odvija pod uticajem ćelija poreklom iz susednih neoštećenih oblasti. Naime, neposredno u susedstvu nekrotične kosti dolazi do diferencijacije osteoklasta i resorpcije kosti (tzv. podminirajuća resorpcija). Zbog svega navedenog, kao rezultat primene jakih sila dolazi do kašnjenja u pokretanju zuba. Međutim, u kliničkoj praksi, čak i primenom slabih sila, dolazi do pojave manjih avaskularnih oblasti u periodontalnom ligamentu, te se pomeranje zuba zaustavlja dok se ove oblasti ne otklone podminirajućom resorpcijom.

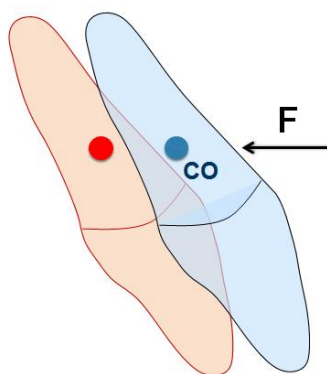
Optimalna jačina sile za ortodontsko pomeranje zuba treba da bude dovoljno velika da delimično, ali ne kompletno, zatvori krvne sudove u periodontalnom ligamentu. I količina sile usmerena na zub i oblast periodontalnog ligamenta preko koga je ta sila raspoređena su takođe od važnosti. Reakcija periodontalnog ligamenta se ne određuje samo silom, već prema sili po jedinici površine. Pošto se raspodela sile unutar ligamenta, kao i pritiska, razlikuje kod različitih tipova pomeranja zuba, potrebno je izvršiti specifikaciju tipa kretanja zuba kao i količinu sile u diskusiji o optimalnim nivoima sile za ortodontske ciljeve.

Optimalni intenzitet sile za ortodontsko pomeranje zuba:

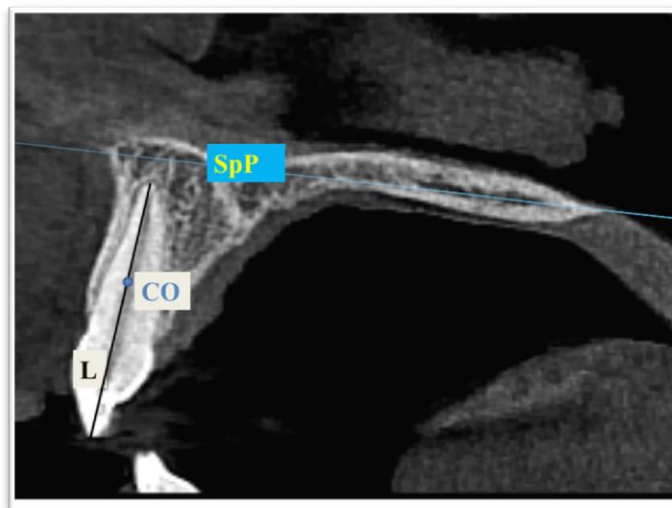
a) Inklinacija	50-75 g
b) Translacija	100-150 g
c) Uspravljanje korena	75-125 g
d) Rotacija	50-75 g
e) Ekstruzija	50-75 g
f) Intruzija	15-25 g

1.2.1. Oblici ortodontskog pomeranja zuba

Ukoliko se zub posmatra kao slobodno telo u prostoru, njegova masa je koncentrisana u jednoj tački. Ukoliko na takvo telo deluje sila pvcem koji prolazi kroz centar mase, tada će se svaka tačka na datom telu kretati u smeru dejstva sile. Ovakav vid pomeranja se naziva *translacija*. U ortodonciji se ovaj oblik pomeranja zuba naziva i *bodily pomeranje* (Slika 1.4). Ukoliko se tačka dejstva sile udaljava od centra mase, kretanje predstavlja kombinaciju linearnog i angularnog. Međutim, zub ne može da se posmatra kao slobodno telo, jer je ograničen periodontalnim ligamentom i ostalim strukturama koje čine potporni aparat zuba. Dakle, zub posmatramo kao telo vezano oprugama (18). Analog centru mase za zub *in vivo* predstavlja centar otpora. Kako se bravice postavljaju na krunicu zuba, mogućnosti usmeravanja sile tako da deluje kroz centar otpora zuba su ograničene. Tačan položaj centra otpora zuba (Slika 1.5) određen je oblikom, dužinom i brojem korenova zuba, kao i potpornim aparatom zuba i nivoom alveolarne kosti (19).

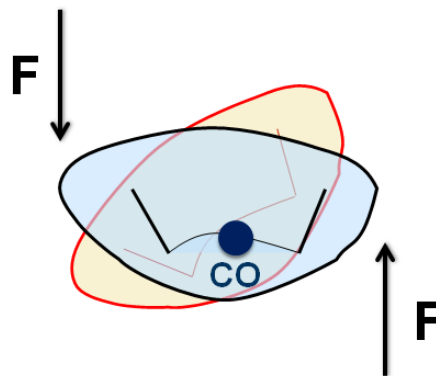


Slika 1.4. Šematski prikaz *bodily* pomeranja zuba. Sila F deluje kroz centar otpora zuba (CO)



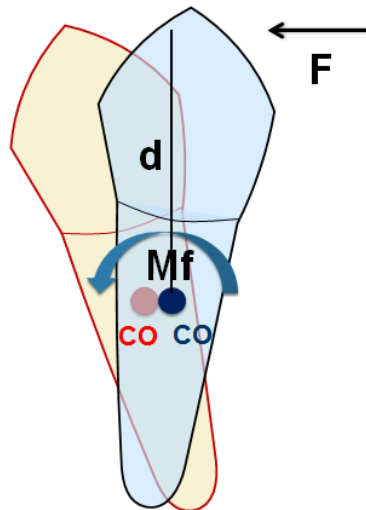
Slika 1.5. Centar otpora zuba (CO) na sagitalnom preseku CBCT radiograma

U slučaju da sila ne deluje na zub kroz centar otpora, ona dovodi do njegove rotacije. Tom prilikom se tačke na telu ne kreću u istom smeru. Težnja tela da se rotira pod dejstvom sile koja ne deluje u centru otpora opisuje se kao *moment sile*. Pomeranje zuba do kog dolazi pod dejstvom sila koje ne deluju kroz centar otpora zuba predstavlja kombinaciju rotacije i translacije. Kada se telo/zub rotira, centar otpora se pomera u pravcu dejstva sile, a samo telo se rotira oko centra rotacije koji se nalazi na različitim mestima u zavisnosti od tačke dejstva sile i njene udaljenosti od centra otpora. Centar rotacije se može približiti centru otpora, ali se skoro nikada ne poklapa sa njim (19).



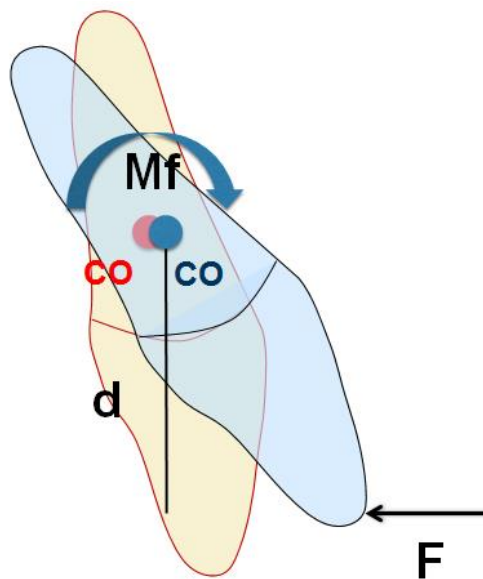
Slika 1.6. Šematski prikaz rotacije zuba oko uzdužne osovine pod dejstvom sprega sila, CO – centar otpora

U okviru ortodontske terapije, sile koje deluju na bravicu nikada ne prolaze kroz centar otpora zuba u sve tri ravni. Pod njihovim dejstvom zub se rotira, dok se centar otpora pomera u pravcu dejstva sile. U donosu na smer rotacije, u ortodonciji razlikujemo tri vida pomeranja zuba. Rotiranje zuba oko uzdužne osovine se opisuje kao **rotacija**, ili *pomeranje zuba prvog reda* (Slika 1.6). Rotiranje zuba oko vestibulo-oralne ose označava se kao **angulacija** (*pomeranje zuba drugog reda*) (Slika 1.7), dok je rotiranje zuba oko mezio-distalne osovine označeno kao **inklinacija** (*pomeranje zuba trećeg reda*) (Slika 1.8).



Slika 1.7. Šematski prikaz rotacije zuba (*angulacija*) oko vestibulo – oralne ose pod dejstvom sile F, CO – centar otpora, Mf – moment sile u obrnutom smeru od kazaljke na satu, d – krak sile

U cilju porevođenja centra otpora u centar rotacije, u ortodonciji se primenjuje “*couple*” (*spreng*) sila. Pod ovim pojmom podrazumeva se par jednakih, a suprotnih sila, paralelnih pravaca, koje deluju na telo (Slika 1.6). U kliničkoj praksi, pod dejstvom ovakvih sila na “*edgewise*” bravicu u bilo kojoj ravni, centar otpora ne može da se pomeri u bilo kom pravcu i zub će se uvek rotirati oko njega. Centar otpora je uvek isti bez obzira na lokaciju bravice na zubu, kao i na bilo kakvu inklinaciju ili angulaciju koje su definisane preskripcijom bravice (19).



Slika 1.8. Šematski prikaz rotacije zuba (*inklinacija*) oko mezio – distalne ose pod dejstvom sile F, CO – centar otpora, Mf – moment sile u smeru kazaljke na satu, d – krak sile

1.2.1.1. Ortodonska ekstruzija zuba

Ortodonska ekstruzija zuba (ortodontski forsirana ekstruzija, ortodontski forsirana erupcija) podrazumeva pomeranje zuba pomoću ortodontskih aparata u koronarnom pravcu, tj. u smeru nicanja zuba, koje za cilj ima modifikaciju položaja zuba i/ili indukciju promene okolnog koštanog i mekog tkiva (20). Pomeranje zuba se može postići različitim mehanizmima, a najefikasnija je primena fiksnih ortodontskih aparata. Ekstruzivno pomeranje zuba je, najčešće, nezaobilazni deo terapije fiksnim aparatima. Primenom tehnike pravog luka u fiksnoj ortodonciji, u početnim fazama, kada se vrši nivelacija tankim titinolskim lukovima, uvek je prisutna i vertikalna komponenta ortodontske sile (21).

Primena ortodontskih sila na zub, u zavisnosti od pravca delovanja, može stimulisati augmentaciju koštanog tegmenta i okolnih mekih tkiva. Reakcija parodontalnih tkiva, udružena sa promenama na gingivi, u sklopu ortodontskog pomeranja zuba, sve više je predmet istraživanja. Ključni faktor koji omogućava osteoplastnu aktivnost i stvaranje nove kosti, kao i gingive, tokom ortodontske ekstruzije zuba, je periodontalni ligament koji obuhvata koren zuba i koji je "usidren" u okolnu kost (21). Kost se konstantno menja pod uticajem okolnih tkiva. Naime, ukoliko dođe do istežanja periodontalnih vlakana, ona stimulišu osteoplastnu aktivnost i posledičnu apoziciju kosti u regijama u kojima su pripojena. Znajući te činjenice, izvesno je da se periodontalnim ligamentom može manipulirati primenom kontrolisanih pokreta zuba, u cilju postizanja predvidivog biološkog odgovora (22,23). Ortodonska ekstruzija, kao vid nehirurške terapije, zasnovan na biološkim mehanizmima, može se smatrati vrednom neinvazivnom procedurom kojom se postigne augmentacija kosti. Prema analizi literature, sprovedenoj od strane Conserva i sar., ortodonska ekstruzija, kao terapijski metod, nema usaglašene kliničke protokole (24). U prilog tome govori i studija Somara i sar., u koju je, od 491 pregledanog rada, uvršteno 6 radova koji su zadovoljili kriterijume u pogledu tehnike, primenjene sile, brzine ekstruzije i dobijene kosti (25).

U modernoj stomatologiji, nadoknada izgubljenih zuba zubnim implantima predstavlja rutinsku proceduru. Međutim, nakon ekstrakcije zuba, najčešće dolazi do vertikalne i horizontalne redukcije volumena alveolarne kosti. Stoga je veoma često neophodno pre, u toku ili nakon ugradnje zubnog implanta, sprovesti neku od terapijskih opcija za tkivni "menadžment", tj. za povećanje volumena mekih i čvrstih tkiva u zoni implanta (26,27).

Danas, ortodonska ekstrakcija predstavlja jedinu nehiruršku terapijsku proceduru za uvećanje volumena parodontalnih tkiva koje prethodi forsiranom gubitku zuba koji ima lošu prognozu. U suštini je neinvazivna metoda i bazirana je na činjenici da postoji odgovor parodontcijuma na ortodonsko pomeranje zuba. Indikovana je kada je neophodno izvaditi zub sa lošom prognozom i nadoknaditi ga zubnim implantom (28). Čini je ortodonska ekstruzija kompromitovanog zuba, do samog ruba alveolarne čašice kako bi se postiglo popunjavanje alveole novim koštanim tkivom i razvoj okolnih mekih tkiva. Ovo ekstremno ortodonsko pomeranje zuba ima za cilj da augmentira tkiva u sva tri pravca i da obezbedi optimalne uslove za ugradnju zubnog implanta nakon ekstrakcije zuba sa lošom prognozom (23). Iako je efikasnost metode prezentovana u mnogim studijama, do danas nema konsenzusa o njenoj kliničkoj implementaciji (20,29).

Brown 1972. godine opisuje primenu ortodontske ekstruzije u terapiji infrakoštanih defekata. Studija je predstavila indukciju rasta periodontalnog ligamenta koji će ispuniti

infrakoštani defekt kao alternativu hirurškoj terapiji istih (30). Heithersay 1973. godine predlaže primenu ortodonske ekstruzije u terapiji fraktura zuba u srednjoj trećini korena (31). Svrha istraživanja je bila da se proceni mogućnost endodontskog lečenja zuba sa transverzalnom frakturom korena u srednjoj trećini, tako što bi se preostali deo korena zuba pomerio koronarnije. Ingber primenjuje tehniku ortodonske ekstruzije u cilju postizanja ferul efekta (postojanje dentinskog zida, supragingivalno i cirkumferentno) na zubima koji su sa lošom prognozom i tom prilikom dolazi do zaključka da zajedno sa ekstruzijom zuba dolazi do pomeranja kosti i gingive u koronarnom pravcu (32,33). Inspirisani ovim istraživanjima Salama M. i Salama H. predlažu primenu ortodonske ekstruzije u cilju poboljšanja morfoloških i bioloških karakteristika koštanih i mekih tkiva na mestu ugradnje implantata, rukovodeći se maksimumom “beznadežan zub nije beskoristan zub” (28).

Pontoriero i sar. predlažu tehniku “rapidne ekstruzije sa fiberotomijom”, koja podrazumeva primenu ortodonske ekstruzije u kombinaciji sa presecanjem suprakrestalnih gingivalnih vlakana jednom nedeljno, čime bi se eliminisao preveliki stres na kost i smanjio gubitak kosti (34). Kasnije, Kozlovsky sa sar. predlaže modifikaciju ove metode u smislu sprovođenja fiberotomije i obrade korena svake dve nedelje (35). Od tada se termin “rapidne ekstruzije” vezuje za ortodonsku ekstruziju sa fiberotomijom. Međutim, fiberotomija nije neophodna da se postigne ubrzana ekstruzija. Malmgren sa sar. je opisao tehniku ubrzane ortodonske ekstruzije bez primene fiberotomije, navodeći da se primenom jakih sila i izbegavanjem sprovođenja perioda intermedijatne stabilizacije zuba može izbeći remodelacija kosti. U cilju obezbeđivanja postignutih rezultata, autori preporučuju da se fiberotomija sprovede kada se dostigne željena ekstruzija, a neposredno pre početka perioda stabilizacije rezultata (36).

S druge strane, ukoliko se želi izbeći gubitak koštanog i mekog tkiva u okolini ekstrudiranog zuba, ne preporučuje se fiberotomija, kao ni primena jakih sila (24,37,38)

Indikacije za primenu ortodonske ekstruzije su:

- 1) Tretman zuba koji su u infrapoziciji ili impaktirani
- 2) Ekspoziranje subgingivalnog dela zuba u cilju lakše restauracije postojećeg oštećenja (subgingivalni karijes, kosa fraktura krunice i korena zuba i sl.)
- 3) Tretman kosih paradontalnih džepova (redukcija infrakoštanog defekta i poboljšanje prognoze)
- 4) Modifikacija mekog tkiva oko zuba u cilju korekcije neadekvatnog zenita gingive, ili papile između dva susedna zuba, odnosno zuba i implantata
- 5) Razvoj regije za ugradnju implantata (Implant site development), tj. priprema mesta za inserciju implanta zuba koji nije moguće restaurirati. (20)

Osnovne kontraindikacije su:

- 1) Vertikalna fraktura zuba
- 2) Ankilozna zuba
- 3) Uznapredovale unutrašnje, ili spoljašnje, resorpcije korena zuba
- 4) Nelečena periapikalna zapaljenja
- 5) Teška sistemska oboljenja koja utiču na metabolizam kosti i/ili kolagena (npr. diabetes mellitus).

Analizirajući dostupne podatke iz literature Gonzales – Martin sa sar. 2020. godine predlaže podelu na (Tabela 1.1):

- Ortodontsku ekstruziju sa fiberotomijom i bez perioda intermitentne stabilizacije
- Ortodontsku ekstruziju bez fiberotomije i bez perioda intermitentne stabilizacije
- Ortodontsku ekstruziju bez fiberotomije sa periodima intermitentne stabilizacije (20).

Tabela 1. 1. Vrste ortodontskih tretmana koji uključuju ortodontsku ekstruziju

TIP OE	INDIKACIJE	CILJ	PROTOKOL
OE sa fiberotomijom, bez IS	Eksponiranje submarginalnih zubnih struktura zbog lakše restauracije	Ekstruzija zuba bez modifikacije periodontalnih tkiva	Ortodontski forsirana ekstruzija zuba primenom jakih sila, uz presecanje suprakrestalnih periodontalnih vlakana i obradu korena zuba, bez perioda intermitentne stabilizacije
OE bez fiberotomije i IS	<ul style="list-style-type: none"> • Modifikacija mekih tkiva • Implant site development 	Ekstruzija zuba bez pomeranja gingive, uz minimalne ili bez promena koštanog tkiva	Ortodontski forsirana ekstruzija zuba primenom jakih sila, bez presecanja suprakrestalnih periodontalnih vlakana, ili bez perioda intermitentne stabilizacije
OE bez fiberotomije, sa IS	<ul style="list-style-type: none"> • Impaktirani zubi • Tretman infrakoštanih parodontalnih džepova • Modifikacija mekih tkiva • Implant site development 	Ekstruzija zuba uz pomeranje i mekog i koštanog tkiva	Ortodontski forsirana ekstruzija zuba primenom slabih sila, bez presecanja suprakrestalnih periodontalnih vlakana, uz periode intermitentne stabilizacije

OE – ortodontska ekstruzija, IS – intermitentna stabilizacija

Ortodontska ekstruzija sa fiberotomijom i bez intermitentne stabilizacije (IS) predstavlja alternativu hirurškom produženju kliničke krune. Procedura je indicovana u slučaju potrebe za restorativnim tretmanom subgingivalnih ili subkrestalnih površina zuba i ima za cilj eksponiranje navedenih površina. Podrazumeva primenu jakih ortodontskih sila, uz presecanje suprakrestalnih gingivalnih vlakana i obradu korena zuba, a bez perioda intermitentne stabilizacije. Presecanje gingivalnih vlakana i obrada korena zuba se može izvesti na početku ortodontskog tretmana, ili na svake dve nedelje u toku trajanja terapije. Na ovaj način se sprečava ponovna insercija vlakana za cement korena zuba i krestalnu kost. Izbegavanjem perioda intermitentne stabilizacije takođe se onemogućava reorganizacija vlakana, kao i apozicija nove kosti (20).

Ortodontska ekstruzija bez fiberotomije i perioda intermitentne stabilizacije izvodi se u slučajevima kada je potrebna modifikacija mekih tkiva, kao i za potrebe razvoja mesta za ugradnju implantata kada nivo kosti nije kritičan. Podrazumeva primenu jakih ortodontskih sila i česte ortodontske aktivacije (36). Promene u smislu apozicije kosti su teoretski moguće iako se ne primenjuju periodi intermitentne stabilizacije, te su neophodne česte kontrole i eventualne modifikacije protokola. Takođe, usled brze ekstruzije bez presecanja gingivalnih vlakana, postoji mogućnost da dođe do delimične ili potpune everzije sulkusnog epitela. Ovo stanje može klinički izgledati kao zapaljenje, usled intenzivno crvene prebojenosti epitela u regiji ekstrudiranog zuba. Na pravu dijagnozu upućuje dubina sondiranja koja u slučaju evertiranog epitela iznosi nula ili je minimalna. U tom slučaju, inflamacija koja perzistira ili trauma (npr. agresivno četkanje zuba) nose rizik od nastanka trajne gingivalne recesije. Da bi se ovo izbeglo, neophodna je adekvatna nega i stabilizacija zuba nakon dostignutog željenog nivoa ekstruzije. Period stabilizacije rezultata nakon terapije je duži u odnosu na ostale varijante ekstruzije, jer ne uključuje presecanje gingivalnih vlakana, kao ni periode povremene stabilizacije (20).

Ortodontska ekstruzija bez fiberotomije, a sa periodima intermitentne stabilizacije podrazumeva primenu slabih ortodontskih sila uz ređe ortodontske aktivacije. Povremeni periodi stabilizacije rezultata omogućavaju reorganizaciju vlakana i apoziciju nove kosti. U zavisnosti od željenog terapijskog efekta, vertikalna ekstruzija ne mora da prati uzdužnu osovinu zuba (npr. impaktiran zub, formiranje mesta za ugradnju implantata) (39,40). Ovakav pristup je indikovano za ekstruziju impaktiranih zuba, u slučajevima kada je potrebna priprema mesta za ugradnju implantata gde je nivo kosti kritičan, kao i za poboljšanje periodontalnog statusa zuba sa lokalizovanim defektima alveolarne kosti i recesijom papile (20,40,41). Kada god je to izvodljivo, ovakav vid ortodontske ekstruzije zuba predstavlja dobru, minimalno invazivnu, alternativu hirurškoj pripremi mesta za ugradnju implantata (kao što je vertikalna i horizontalna augmentacija kosti i mekih tkiva pomoću hirurški vođenih regenerativnih procedura uz primenu autologne kosti/mekih tkiva, ili njihovih zamenika). Prema podacima iz literature, opšte je prihvaćeno da se ovakvim pristupom postiže pomeranje zuba i okolnog koštanog i mekog tkiva za otprilike 0,5 - 1 mm mesečno (42). Ipak, dužina tretmana zavisi od lokalnih anatomskih faktora (morfologija i dužina korena, gustina kosti i sl), kao i od krajnjeg cilja terapije (20).

Ukoliko se ortodontska ekstruzija zuba izvodi u estetskoj zoni, biomehanika se mora uskladiti sa anatomskim karakteristikama premaksile. ISD i vertikalna augmentacija papile ekstruzijom zuba predstavlja veći izazov u frontalnoj nego u bočnoj regiji. Bočni zubi su najčešće uspravljeni, sa vertikalnom aksijalnom inklinacijom. Frontalni gornji zubi su najčešće u prokliniranom položaju u odnosu na vertikalnu osu. Ugao proklinacije se određuje kefalometrijskim analizama. Pomeranje frontalnih zuba u koronarnom pravcu proizvodi i moment sile u smeru kazaljke na satu. Efekat ovakvog momenta sile je pomeranje vrha korena zuba vestibularno, sa mogućnošću perforacije apeksnog dela labijalnog alveolarnog korteksa. U literaturi se nalaze podaci o debljini bukalne alveolarne kosti u frontu gornje vilice koja je u proseku 0,5 – 1 mm čak i 10 mm apikalno od gleđno cementne granice (43,44). Stoga, što je veća proklinacija prednjih zuba, veći je i rizik od perforacije i veća je potreba da se biomehanički suprotstavi momentu sile na apeksu zuba. Autori se slažu da je neophodno obratiti pažnju na aksijalnu inklinaciju frontalnih zuba pre planiranja ortodontske ekstruzije. Izborom adekvatnog ortodontskog aparata i biomehanike sprečava se eventualna pojava perforacije ili dehiscencije labijalnog korteksa.

U mnogim objavljenim publikacijama, navodi se visoka učestalost fenestracija kao posledica ortodontske ekstruzije. Ovaj neželjeni efekat je najverovatnije posledica nekontrolisanog momenta sile koje se javlja na apeksu zuba (22,32,33,45).

Kontrola momenta sile i torca se može izvesti na nekoliko načina. Upotreba bravica sa negativnim torkom u slotu, u kombinaciji sa četvrtastim žičanim lukovima je jedan od njih. Kontrola se može postići i savijanjem vertikalnih omči na četvrtastim lukovima, ili tehnikom bez korišćenja bravica, preko zubno nošenih fiksnih privremenih kruna (23).

Dizajn ortodontskih bravica u tehnici pravog luka je takav da svaka bravica ima sadržanu informaciju u slotu za svaki zub pojedinačno. Informacije se odnose na angulaciju (tip), inklinaciju (tork) i udaljenost slota od baze bravice. Andrews je popularizovao ovakav pristup u ortodontskoj terapiji (46). Korišćenjem bravica sa visokim vrednostima negativnog torca, na frontalnim zubima maksile, u kombinaciji sa maksimalnim dimenzijama četvrtastog žičanog luka za izabrani slot, naglašava se palatinalni tork korena, tj. pomeranje apeksa zuba prema palatumu.

Drugi način za kontrolu torca čini individualno izvijanje omči na četvrtastom luku. Jedna od mogućnosti je savijanje vertikalnih "T" omči, najčešće od β -titanijumske žice. Osim što obezbeđuju vertikalnu aktivaciju u koronarnom pravcu, ujedno i pružaju mogućnost kontrole torca zuba koji se ekstrudira. Mana ove metode je što iziskuje dodatno vreme za izvijanje ovih komplikovanih omči i potencijalno ugrožen komfor za pacijenta zbog oblika i veličine omči. Međutim, ukoliko se pravilno i pažljivo oblikuju, pacijenti ih dobro podnose.

Treći način je bez korišćenja bravica, uz koncept da vektor ekstruzivne sile prolazi kroz uzdužnu osovinu zuba i kroz centar otpora. To se može postići izradom privremenih kruna preko kojih se aplikuje sila, za razliku od upotrebe bravica koje se lepe na labijalnu površinu zuba.

Razumevši gorenavedene principe, može se zaključiti da postoji razlika između jednostavnog pomeranja zuba i ortodontske ekstruzije. Pravilna upotreba neke od inovativnih ortodontskih naprava omogućava predvidiv funkcionalni i estetski ishod terapije.

1.3. Cone Beam kompjuterizovana tomografija (CBCT)

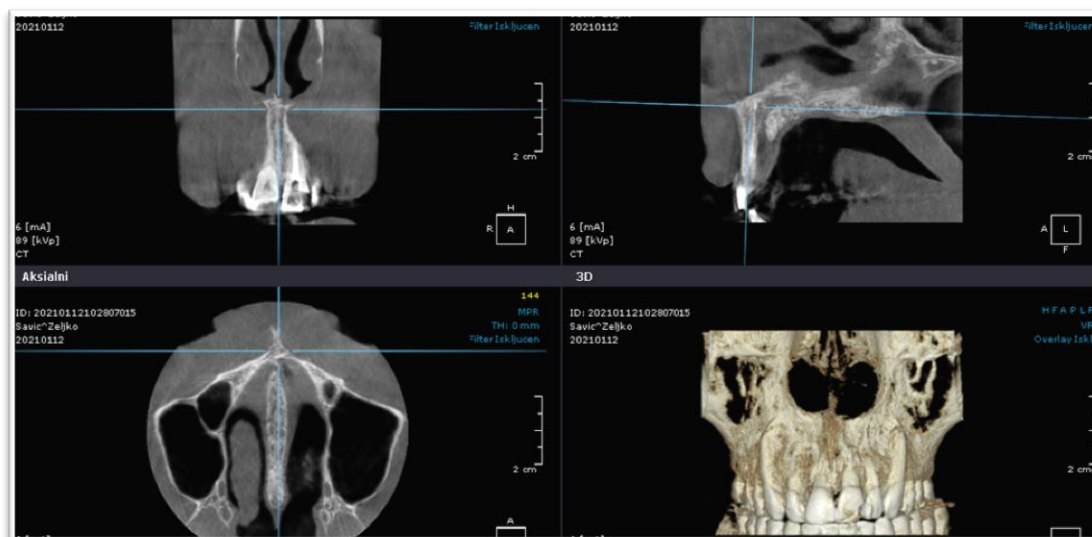
U cilju postavljanja tačne ortodontske dijagnoze neophodno je utvrditi i analizirati interakciju između denticije i okolnih kraniofacijalnih struktura i utvrditi listu problema koja će usloviti stvaranje adekvatnog plana terapije (47). Većina informacija se dobija na osnovu ortodontskog kliničkog pregleda, fotografija pacijenta, analize studijskih modela i dvodimenzionalnih radiograma. Međutim, ove konvencionalne metode nisu u mogućnosti da u potpunosti oslikaju malokluziju, kao i kraniofacijalne strukture u tri dimenzije, što može dovesti do postavljanja nepotpune, ili čak netačne, dijagnoze. Napredak tehnologije, u smislu digitalizacije (fotografije, digitalni kartoni, modeli), "cone beam" kompjuterizovane tomografije i intraoralnog skeniranja, doprineo je i poboljšanju samog procesa postavljanja ortodontske dijagnoze. Digitalne tehnologije su brzo prihvaćene u ortodontici zahvaljujući

svojoj tačnosti, brzini primene i mogućnosti reprodukcije. Osnovna prednost jeste mogućnost individualizacije celokupnog tretmana.

Dvodimenzionalna radiografija je nedovoljno precizna kada je reč o prikazivanju kraniofacijalnih struktura, što je uslovalo primenu trodimenzionalnih radiografskih procedura u ortodontskoj dijagnostici (Slika 1.9.). Ovaj vid snimanja omogućio je ortodontu vizualizaciju kraniofacijalnog kompleksa iz različitih uglova, uz fokus na određene strukture – zube, kost, ili meka tkiva (47). Prednosti *cone beam* kompjuterizovane tomografije (CBCT, eng. - Cone Beam Computed Tomography) metode radiografisanja u odnosu na konvencionalne 2D metode su sledeće:

- Tačniji prikaz kraniofacijalnih struktura
- Precizniji radiografski podaci
- Strukture su vidljive u svom pravom obliku i na tačnoj poziciji
- Nepostojanje grešaka u radiografskoj projekciji
- Bez uvećanja i distorzije struktura
- Olakšana identifikacija obeležja
- Superponiranje sa 3D fotografijama lica
- Mogućnost tačnog poređenja nekoliko CBCT snimaka istog pacijenta (48).

CBCT je indikovano u slučajevima kada se na osnovu dvodimenzionalnih radiograma ne može postaviti tačna dijagnoza. U ortodontici se primenjuje u slučajevima kada postoje impaktirani zubi (najčešća indikacija), rasep nepca, prekobrojni zubi, resorbovani korenovi zuba i sl. I pored činjenice da je CBCT veoma korisno dijagnostičko sredstvo, neophodan je oprez zbog količine zračenja kojoj je pacijent izložen.



Slika 1.9. CBCT prikaz gornje vilice, u gornjem levom uglu frontalni, u gornjem desnom sagitalni i donjem levom aksijalni presek. U donjem desnom uglu je 3D prikaz.

U ortodontskoj kliničkoj praksi primena CBCT je indikovana u sledećim slučajevima:

- Anomalije zuba (oligodoncija, prekobrojni zubi, impaktirani zubi, transpozicija zuba)
- Anomalije kraniofacijalnog kompleksa (kraniofacijalni sindromi, uključujući rascap usne i nepca, malokluzije II klase drugog odeljenja)
- Ortodontski tretman koji uključuje funkcionalnu ortodonciju (fiksni ili mobilni funkcionalni aparati), protokoli koji uključuju primenu samoligirajućih sistema bez vađenja zuba, vađenje stalnih zuba, multipli ortodontski miniimplanti (TAD - Temporary anchorage devices) i ortognata hirurgija
- Opstrukcije disajnih puteva (disanje na usta, hrkanje, opstruktivna apneja pri spavanju)
- Malokluzije II klase 1. odeljenja sa mandibularnom retrognatijom, malokluzije III klase sa mandibularnom prognatijom i/ili maksilarnom hipoplazijom
- Tretman koji uključuje primenu headgear aparata, Delerove maske, Lip bumper aparata
- Slučajevi skloni resorpciji korenova zuba, intruzija/ekstruzija
- Uznaredovala parodontopatija (49).

Polje snimanja (FOV = Field Of View) predstavlja predloženu sliku anatomskih struktura glave i vrata pacijenta koja će obezbediti maksimalnu količinu potrebnih informacija za dijagnostiku, uz izlaganje pacijenta najnižoj mogućoj dozi zračenja (50). Veličina polja se kreće od 4 x 4 cm, do 20 x 20 cm. U ortodonciji se primenjuju male i srednje veličine polja (FOV = 4 x 4 i 10 x 10), dok se za vizualizaciju temporomandibularnog zgloba i kefalometriju primenjuju velika polja (FOV > 10 x 10 cm) (51).

Scarfe i Farman su objavili kategorizaciju različitih CBCT sistema prema visini polja:

- Kraniofacijalna regija: visina > 15 cm (prostire se od najviše tačke na glavi do najniže tačke na ivici mandibule)
- Maksilofacijalna regija: 10 - 15 cm visine (od tačke Nasion do najniže tačke na ivici mandibule)
- Regija između lukova: 7 – 10 cm (prostire se od donje nazalne konhe do mandibule)
- Pojedinačan luk/vilica: 5 – 7 cm (samo mandibularni i maksilarni luk)
- Lokalizovana regija od interesa: visina ≤ 5 cm (1 – 2 zuba sa okolnom kosti, temporomandibularni zglobovi) (49).

CBCT može da zameni većinu radiografskih metoda koje se primenjuju u ortodonciji, kao što su ortopantomografija i profilni telerendgen snimci. Tehnološki napredak je uticao na smanjenje nivoa zračenja i vremena ekspozicije, neophodnog za dijagnostički validan CBCT snimak, dok je kvalitet slike značajno povećan. CBCT softver poseduje funkcije koje mogu biti od koristi za postavljanje ortodontske dijagnoze. Moguće je, iako ne u potpunosti, rekonstruisati panoramski radiogram, kao i kefalometrijski prikaz. Takođe, omogućen je prikaz ugla kranijalne baze, a to merenje je teže izvesti pomou konvencionalnih

kefalometrijskih radiograma. 3D kefalometrijske analize predstavljaju budućnost ortodontske dijagnostike i ortognate hirurgije. Predviđa se da će veštačka inteligencija imati potencijal da iskoristi CBCT podatke za 3D analize, što će omogućiti da one postanu rutina u procesu ostavljanja dijagnoze (52).

2. CILJEVI

Ciljevi ovog istraživanja su definisani na sledeći način:

- Ispitati efekat ortodontske ekstruzije zuba na dimenziju interdentalnog septuma i visinu i debljinu bukalne i oralne lamele alveolarne kosti,
- Ispitati efekat ortodontske ekstruzije zuba na širinu zone fiksirane gingive, položaj mukogingivalne linije i dimenzije interdentalnih papila.

3. MATERIJAL I METOD

U studiju je inicijalno bilo uključeno 45 pacijenata, starijih od 19 godina, koji su se javili na Kliniku za ortopediju vilica Stomatološkog fakulteta u Beogradu zbog terapije ortodontskih nepravilnosti. Pacijenti su podeljeni u 2 grupe.

Prvu (eksperimentalnu) grupu je činilo 25 pacijenata, kod kojih je indicovana ortodonska ekstruzija sekutića ili očnjaka, u gornjoj ili donjoj vilici, fiksnim ortodontskim aparatom i to tehnikom pravog luka (Slika 3.1). Indikacije za ekstruziju su: dentoalveolarni otvoren zagrižaj, visoko postavljen očnjak i infrapozicija zuba. Iz eksperimentalne grupe je, tokom istraživanja, isključeno 5 pacijenata zbog ispunjavanja nekog od kriterijuma za isključivanje iz studije (endodontski tretman zuba koji se ekstrudiraju u toku ortodontske terapije, subgingivalni zubni ispuni, navika pušenja cigareta, loša oralna higijena i zdravlje parodontcijuma, alergija na jod zbog primene Lugolovog rastvora). Konačan broj ispitanika u ovoj grupi bio je 20 (6 muškog i 14 ženskog pola). Ukupan broj ispitanih ekstrudiranih zuba je 36, od kojih je 11 ekstrudirano uz ekstrakciju distalnog agoniste (ekstruzija očnjaka nakon indicovane i obavljene ekstrakcije prvih premolara).



Slika 3.1. Gornji i donji standardni fiksni ortodontski aparat (tehnika pravog luka) u pripremljenoj fazi pred ortodontsku ekstruziju zuba 23 koji je u infrapoziciji

Kontrolni pregledi kod pacijenata eksperimentalne grupe su zakazivani na 4 nedelje. Intenzitet ekstruzivne ortodontske sile je meren dinamometrom (Slika 3.2) i bio je ≤ 50 g u svim slučajevima (Slika 3.3).



Slika 3.2. Dinamometar za merenje intenziteta ortodontske sile



Slika 3.3. Merenje intenziteta ekstruzivne sile pomoću dinamometra (registrovanje sile koju proizvodi defleksija nitinolskog žičanog luka u slotu bravice na očnjaku koji je u infrapoziciji, $F=50$ g)

Drugu (kontrolnu) grupu je činilo 20 pacijenata, kod kojih je indikovana terapija fiksnim ortodontskim aparatom ali ortodontski tretman nije započeo odmah po donošenju plana terapije, već nakon 12 do 18 meseci. Naime, 10% svih pacijenata koji dođu na Kliniku za ortopediju vilica, po prijemu, prikupljenim anamnestičkim podacima, analizi studijskih modela i Rtg dijagnostici se ne pojave odmah, već nakon više meseci kako bi otpočeli sa terapijom. Iz kontrolne grupe isključeno je 7 pacijenata zbog patoloških promena na parodontijumu u ispitivanoj regiji ili neodazivanja na kontrolni pregled i izradu završnih

merjenja. Konačan broj ispitanika u ovoj grupi bio je 13 (3 muškog i 10 ženskog pola). Ukupan broj ispitivanih zuba bio je 36.

Svi pacijenti uključeni u studiju su potpisali formular o saglasnosti o učešću sa osnovnim informacijama o istraživanju (Prilog 1 i Prilog 2).

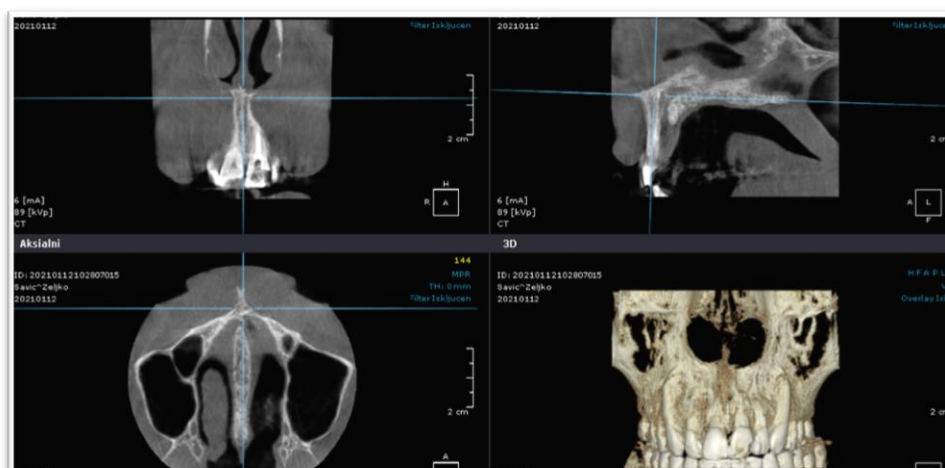
Radiološko ispitivanje svih pacijenata je obavljeno na ortopantomografskom rendgen aparatu primenom CBCT metode (Soredex 3D SCANORA sistem, *Soredex, Tuusula, Finland*), čija je jedna od osnovnih karakteristika redukcija doze zračenja u odnosu na konvencionalne ortopantomografske metode, i to:

- ortopantomogram i profilni teleradiogram glave, kod pacijenata obe grupe, po prijemu na Klinikum za ortopediju vilica i prvom pregledu,

- kod pacijenata eksperimentalne grupe, načinjena su dva 3D snimka M polja (80x100 mm), visoke rezolucije (veličina vokseli 0.1 x 0.1 x 0.1 mm) u regiji zuba koji treba da bude ekstrudiran i to: prvo radiografisanje po prezentovanju plana terapije a drugo radiografisanje nakon barem 6 meseci po završetku terapije fiksnim ortodontskim aparatima (kako bi promene nastale formiranjem mladog koštanog tkiva bile radiološki uočljive (53)),

- kod pacijenata kontrolne grupe, načinjena su dva 3D snimka M polja (80x100 mm), visoke rezolucije (veličina vokseli 0.1 x 0.1 x 0.1 mm) u indikovanoj regiji, i to: prvo radiografisanje po donošenju plana terapije a drugo radiografisanje pre postavke fiksnog ortodontskog aparata, u slučaju da je proteklo najmanje 12 meseci, zbog promena koje mogu nastati na zubima i parodontalnim tkivima u toku navedenog perioda.

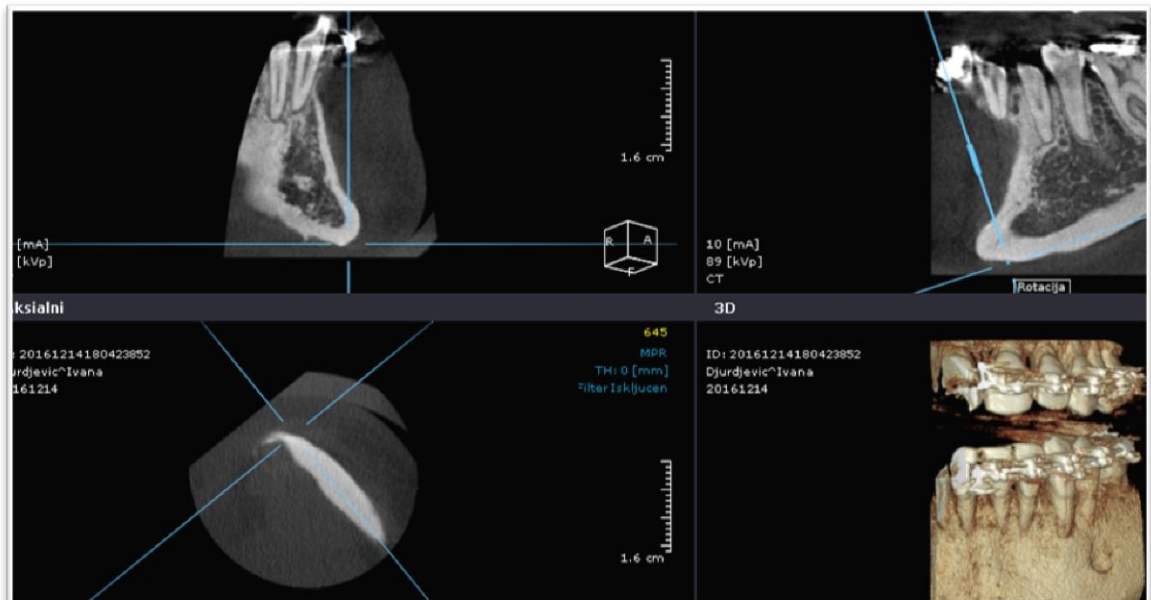
Zbog preciznosti merjenja, bilo je neophodno izvršiti identičnu prostornu orijentaciju inicijalnog i finalnog CBCT radiograma. Medijalna sagitalna ravan je projektovana tako da prolazi kroz intermaksilarnu suturu, a transverzalna ravan je definisana tako da se poklapa sa osnovnom ravni gornje (SpP) (Slika 3.4) ili donje vilice (MP) (Slika 3.5 i 3.6) u zavisnosti od lokalizacije ispitivanog zuba.



Slika 3.4. Orijehtacija CBCT radiograma u medijalnoj sagitalnoj i transverzalnoj ravni kada su ispitivani zubi u gornjoj vilici (gore levo – frontalni, gore desno sagitalni, dole levo aksijalni presek, dole desno – 3D prikaz gornje vilice)



Slika 3.5. Orijehtacija CBCT volumena u medijalnoj sagitalnoj ravni kada su ispitivani zubi u donjoj vilici, frontalni presek na kome se medijalna ravan poklapa sa simfizom mandibule



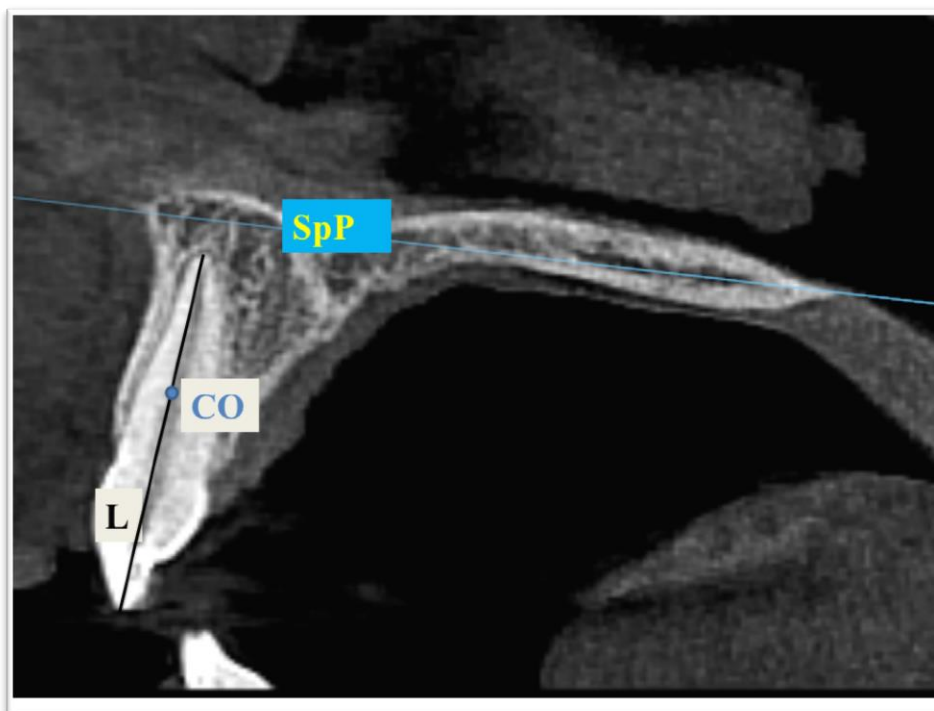
Slika 3.6. Orijehtacija CBCT volumena u transverzalnoj ravni kada su ispitivani zubi u donjoj vilici, transverzalna ravan definisana tako da bude paralelna sa osnovnom ravni donje vilice (MP). Na slici se uočavaju frontalni, sagitalni i aksijalni presek, kao i 3D prikaz ispitivanog polja

Merenja na CBCT presecima su izvedena u softveru OnDemand3D Project Viewer Limited Database, version 1.0.0.1, Cybermed, Seoul, South Korea.

Istraživanje je u celosti izvedeno uz saglasnost Etičkog odbora Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu (br. 36/4).

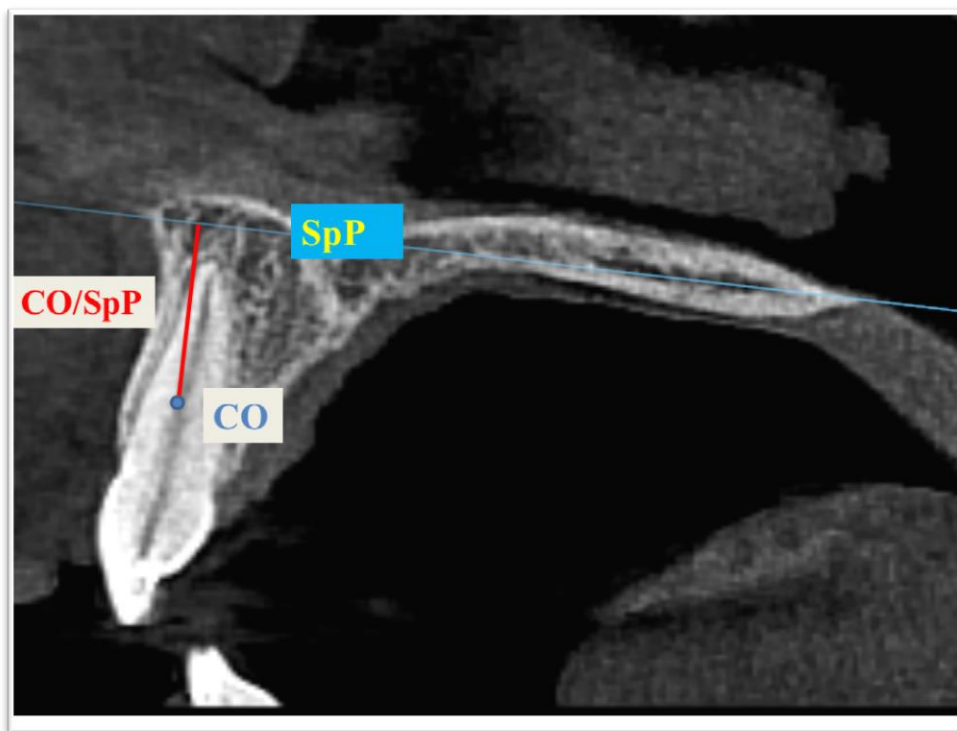
Kod pacijenata obe grupe, na inicijalnim i završnim CBCT radiogramima mereni su sledeći dentalni i koštani parametri:

1. Ukupna dužina zuba, merena od vrha korena do incizalne ivice/kvržice zuba, u sagitalnoj projekciji – **L** (Slika 3.7);
2. Procenjeni centar otpora zuba kao tačka koja se nalazi na uzdužnoj osovini zuba, u sagitalnoj projekciji, na spoju gingivalne i srednje trećine dužine korena zuba merene od alveolarnog ruba do apeksa – **CO** (Slika 3.7) (54)



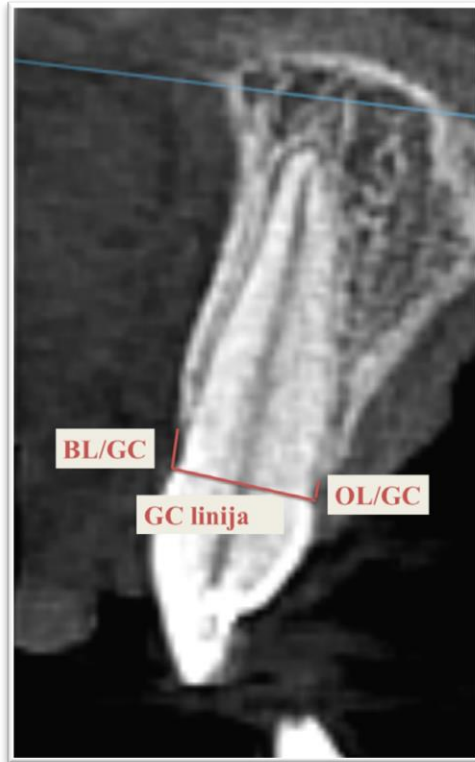
Slika 3.7. Određivanje dužine zuba (L) i procenjenog centra otpora zuba (CO) na sagitalnom preseku CBCT radiograma, SpP – osnovna ravan gornje vilice

3. Najkraće rastojanje od centra otpora gornjih frontalnih zuba do osnovne ravni gornje vilice – **CO/SpP** (osnovna ravan gornje vilice **SpP** je definisana prednjom i zadnjom nosnom bodljom, i normalna je u odnosu na sagitalnu ravan koja prolazi kroz intermaksilarnu suturu) (Slika 3.8)
4. Najkraće rastojanje od centra otpora donjih frontalnih zuba do osnovne ravni donje vilice – **CO/MP** (osnovna ravan donje vilice **MP** je određena spojem simfize i korpusa mandibule napred i najnižom tačkom ugla mandibule pozadi, i normalna je na sagitalnu ravan)



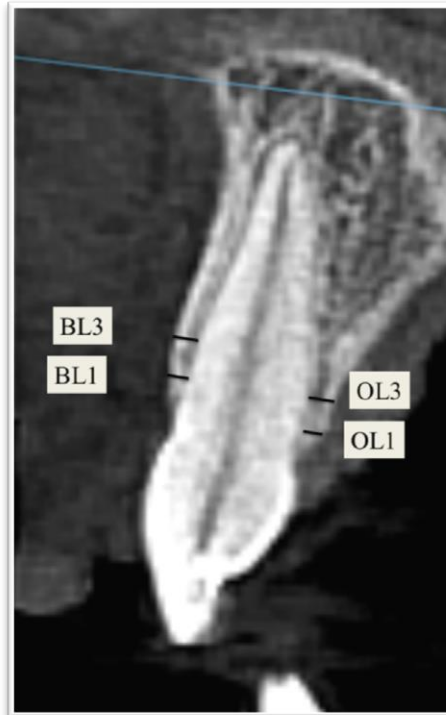
Slika 3.8. Određivanje najkraćeg rastojanja procenjenog centra otpora zuba (CO) do osnovne ravni gornje vilice (SpP) na sagitalnom preseku CBCT radiograma

5. Vertikalni pomak zuba, tj. iznos ekstruzije zuba kao razlika završnog i inicijalnog izmerenog rastojanja centra otpora zuba do SpP ili MP ravni ($\Delta\text{CO/SpP}$ ili $\Delta\text{CO/MP}$) – VP
6. Najkraće rastojanje od gledno-cementne granice zuba do vrha bukalne i oralne lamele – **BL/GC** i **OL/GC** (Slika 3.9)



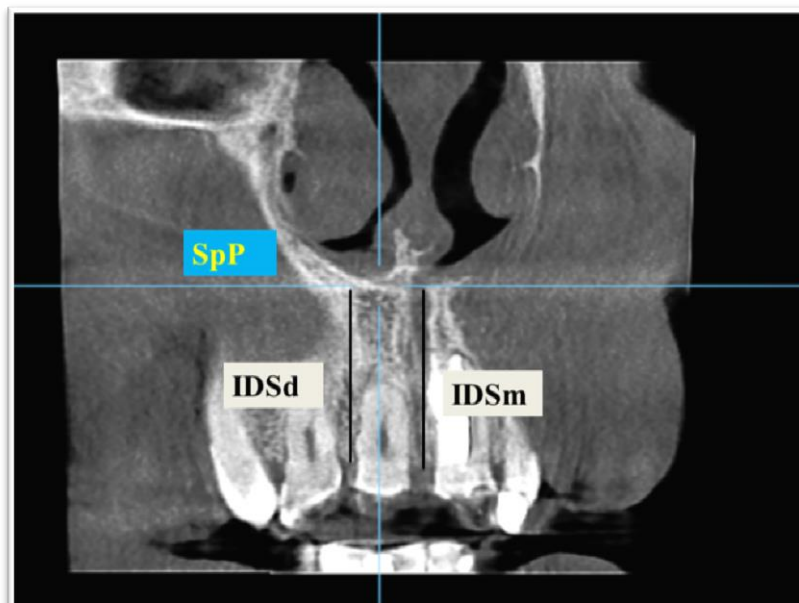
Slika 3.9. Određivanje gleđno cementne granice (GC linija) i rastojanje vrha bukalne i oralne lamele do GC linije (BL/GC i OL/GC) na sagitalnom preseku CBCT radiograma

7. Promena vertikalne dimenzije bukalne i oralne lamele je izračunata kao razlika vertikalnog pomaka zuba (VP) i promene rastojanja vrha bukalne ili oralne lamele od gleđno-cementne granice ($\Delta\text{BL/GC}$ i $\Delta\text{OL/GC}$) na završnom i početnom radiogramu, prema formulama $\Delta\text{BL}=\text{VP} - \Delta\text{BL/GC}$ i $\Delta\text{OL}=\text{VP} - \Delta\text{OL/GC}$
8. Širina bukalne i oralne lamele, merena na dva nivoa, na 1 i 3 mm apikalno od vrha bukalne i oralne lamele, u sagitalnoj projekciji – **BL1**, **BL3**, **OL1** i **OL3** (Slika 3.10)



Slika 3.10. Određivanje širine bukalne i oralne lamele na nivoima 1 i 3 mm apikalno od vrha bukalne i oralne lamele (BL1, BL3, OL1 i OL3) na sagitalnom preseku CBCT radiograma

9. Visina interdentalnog septuma, merena od vrha interdentalnog septuma do osnovne ravni gornje ili donje vilice, mezijalno i distalno od posmatranog zuba, u frontalnoj projekciji – **IDS_m** (mezijalni) i **IDS_d** (distalni) (Slika 3.11);



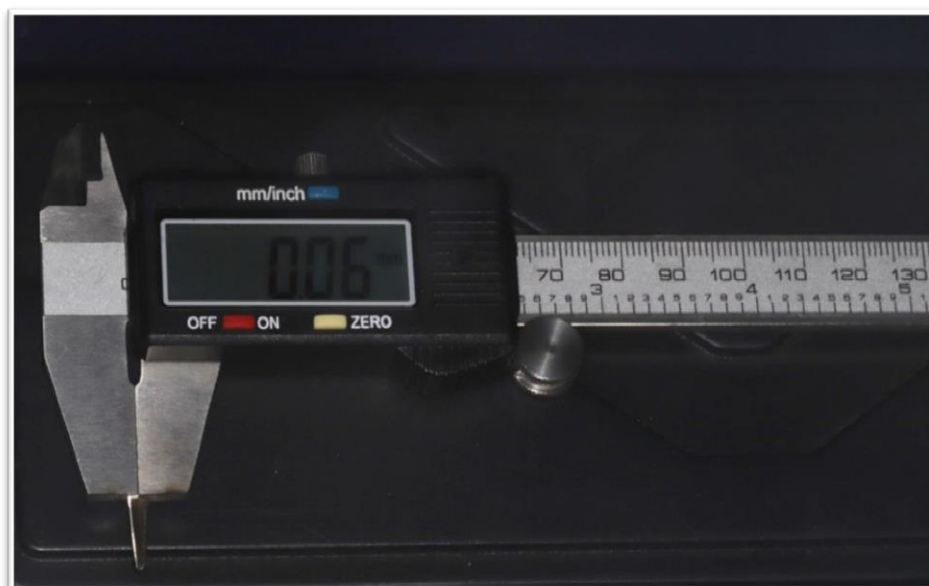
Slika 3.11. Određivanje visine mezijalnog (IDS_m) i distalnog (IDS_d) interdentalnog septuma na frontalnom preseku CBCT radiograma

Gingivomorfometrijska merenja su izvedena u eksperimentalnoj grupi u regiji zuba koji će se ekstrudirati u dva navrata, prvi put pre početka ortodontske terapije i drugi put nakon uklanjanja fiksnog ortodontskog aparata. Mekotkivni parmetri su mereni na ekstrudiranim zubima i na susednim mezijalnim ili distalnim zubima (agonistima). Zubi eksperimentalne grupe na kojima su izvedena mekotkivna merenja su podeljeni u 2 grupe, ekstrudirane zube (sa izmerenim vertikalnim pomakom – VP) i susedne zube – agoniste, koji se nisu ekstrudirali u toku ortodontske terapije.

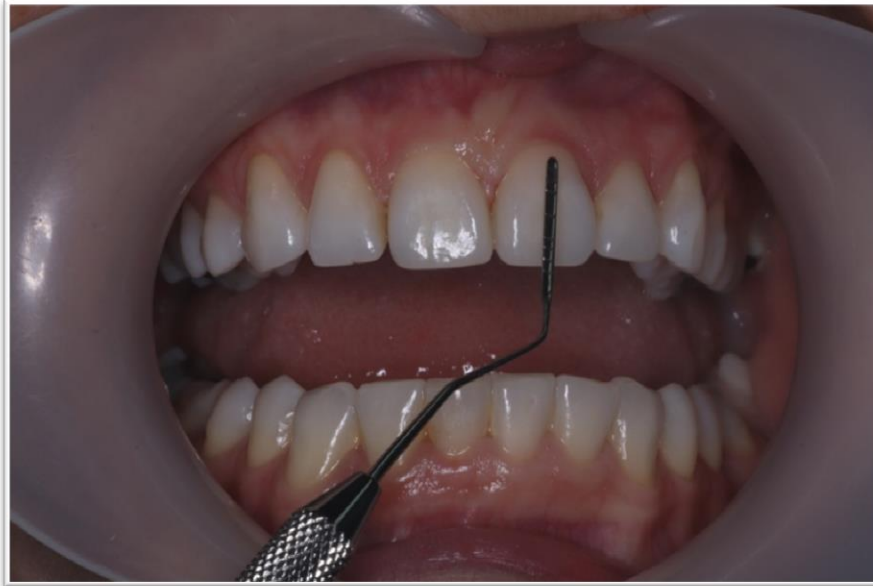
Ukupan broj zuba u kontrolnoj grupi na kojima su izvršena gingivomorfometrijska merenja je 66. Ukupan broj ekstrudiranih zuba sa registrovanim vertikalnim pomakom je 24, a ukupan broj neekstrudiranih zuba agonista u okviru eksperimentalne grupe je 30.

Iako je prvobitno bilo ukupno 36 zuba sa registrovanim vertikalnim pomakom, iz ovog dela studije je isključeno 12 zuba zbog prisustva dentalnog plaka, gingivitisa, subgingivalnih konkremenata i parodontalnih džepova.

Kod pacijenata kontrolne grupe, ova merenja su takođe izvršena dva puta i to prvi put pri prvom javljanju na Kliniku za ortopediju vilica a drugi put pred postavljanje fiksnog ortodontskog aparata. Merenja su vršena u regiji gornjih ili donjih frontalnih zuba pomoću lenjira sa klizačem (nonijus sa preciznošću merenja 0,01 mm, Slika 3.12) i graduisane parodontalne sonde sa podeocima od po 0,5 mm (Slika 3.13).



Slika 3.12. Lenjir sa nonijusom



Slika 3.13. Graduisana parodontalna sonda

Mereni su sledeći mekotkivni parametri:

1. Najkraće rastojanje od vrha kvržice ili incizalne ivice zuba do mukogingivalne linije – **MGLZ** (Slika 3.14). Mukogingivalna linija je određena vizuelnom metodom pomoću Lugolovog jodnog rastvora. Pacijenti su najpre ispirali usta 10% Lugolovim rastvorom, čime se jasno obojila pokretna sluzokoža zbog prisustva glikogena, kisele fosfataze i nespecifične esteraze. Keratinizovana gingiva nema glikogen u sastavu površinskih slojeva pa zato i izostaje pozitivna jodna reakcija i ne prebojava se (55). Stoga se pomoću Lugolovog rastvora jasno uočava mukogingivalna linija, odnosno granica između alveolarne mukoze i keratinizovane gingive (56–58);



Slika 3.14. Merenje najkraćeg rastojanja od incizalne ivice/kvržice zuba do mukogingivalne linije (MGLZ)

2. Najkraće rastojanje od ivice slobodne gingive zuba koji je predviđen za ekstruziju, kao i dva susedna zuba (mezijalno i distalno), do mukogingivalne linije – **KG** (širina keratinizovane gingive) (Slika 3.15);



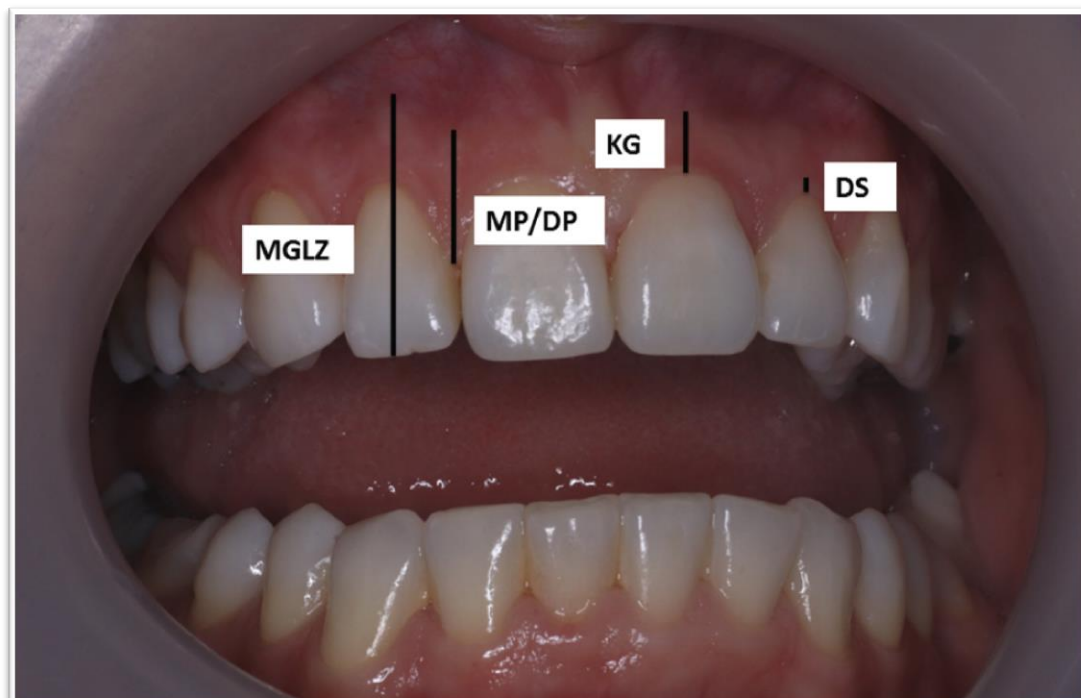
Slika 3.15. Određivanje širine keratinizovane gingive (KG)

3. Najkraće rastojanje od vrha mezijalne i distalne papile zuba koji je predviđen za ekstruziju, do mukogingivalne linije – **MP** (mezijalna papila) i **DP** (distalna papila);
4. Dubina gingivalnog sulkusa, vestibularno na sredini meziodistalnog promera krunice zuba – **DS** (Slika 3.16).



Slika 3.16. Određivanje dubine gingivalnog sulkusa parodontalnom sondom

5. Širina zone fiksirane gingive (**FG**) je izračunata na sledeći način: $FG = KG - DS$ (Slika 3.17).



Slika 3.17. Definisiranje merenja mekotkivnih parametara (MGLZ – mukogingivalna linija - zub; MP/DP – visina mezijalne/distalne papile; KG – širina zone keratinizovane gingive; DS – dubina gingivalnog sulkusa)

6. Promena položaja mukogingivalne linije je detektovana na ekstrudiranim zubima na sledeći način: Ako je $VP-\Delta MGLZ < 0$, mukogingivalna linija se pomerila apikalno, ako je $VP-\Delta MGLZ = 0$, mukogingivalna linija se nije pomerila, ako je $VP-\Delta MGLZ > 0$, mukogingivalna linija se pomerila koronarno (VP je parametar vertikalnog pomaka zuba).

Statistička analiza dobijenih podataka izvršena je uz pomoć softverskog paketa SPSS verzija 26.0, (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Srednja vrednost i standardna devijacija korišćeni su za opis numeričkih varijabli. Za analizu razlike između kontrolne i eksperimentalne grupe korišćen je *Mann-Whitney*, shodno podacima dobijenim posle testiranja normalnosti raspodele podataka korišćenjem *One-Sample Kolmogorov-Smirnov* testa. Univarijantna i multivarijantna regresiona analiza urađena je u cilju izdvajanja nezavisnih prediktora razlika u odnosu na vertikalno pomeranje zuba kao zavisne varijable. Rezultati su smatrani statistički značajnim ukoliko je p vrednost bila manja od 0.05.

4. REZULTATI

Nakon prikupljanja dobijenih vrednosti izmerenih koštanih, dentalnih i mekotkivnih parametara i obavljanja statističke analize, rezultati su podeljeni u dve celine. Prvu celinu čine rezultati koštanih i dentalnih, a drugu celinu čine rezultati mekotkivnih parametara.

4.1. Rezultati koštanih i dentalnih parametara

Merenja su obavljena na ukupno 72 zuba, 36 eksperimentalne i 36 kontrolne grupe. Eksperimentalnu grupu je činio konačan broj od 20 ispitanika (6 muškog i 14 ženskog pola). Kontrolnu grupu je činio konačni broj od 13 ispitanika (3 muškog i 10 ženskog pola).

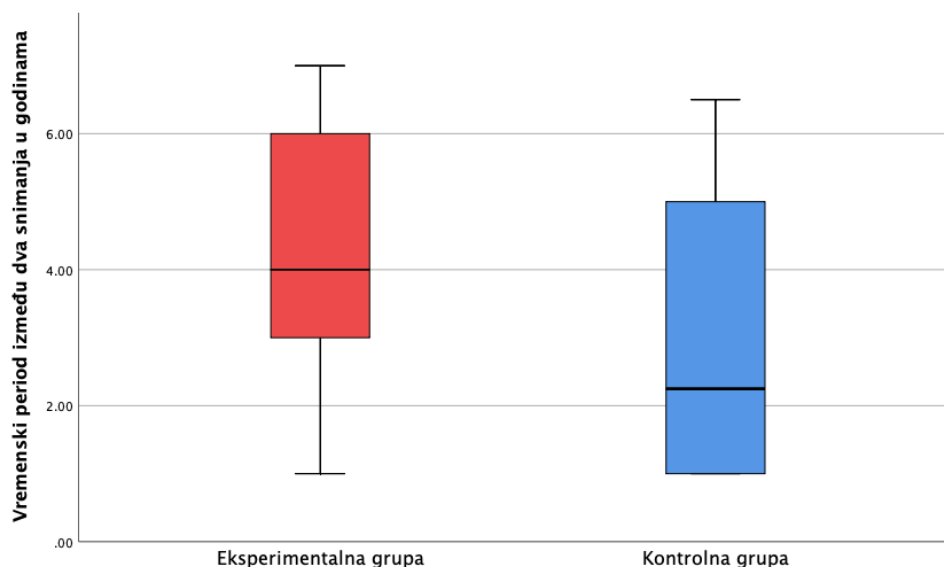
Rezultati statistički obrađenih podataka su prikazani u formi MEAN±SD (MEAN – srednja vrednost, SD – standardna devijacija).

Godine starosti pacijenata, u trenutku uključivanja u istraživanje, iznosile su 23,78±4,03 godine za eksperimentalnu i 23,08±2,95 za kontrolnu grupu. Nije utvrđena statistički značajna razlika starosti pacijenata u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi ($p=0,946$).

Vremenski period protekao između izvođenja dva CBCT radiografisanja kod pacijenata eksperimentalne grupe iznosio je 4,13±1,81 godinu. Kod pacijenata kontrolne grupe, ovaj vremenski interval je iznosio 2,82±2,03 godine (Tabela 4.1.1 i Grafikon 4.1.1).

Tabela 4.1.1. Broj ispitivanih zuba, starost pacijenata i vremenski period između početnog i završnog merenja, izražen u godinama, u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi

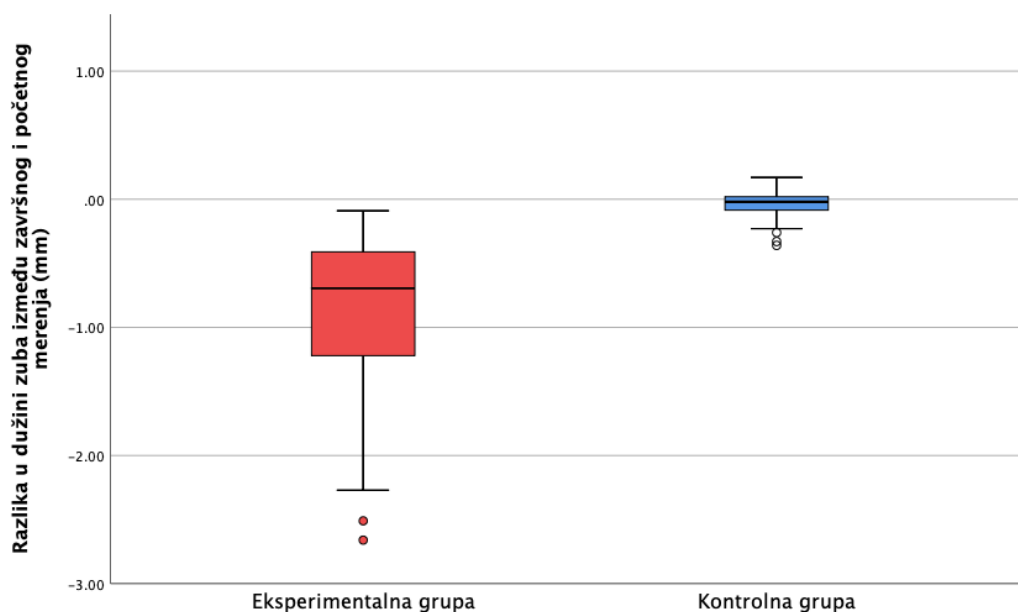
Grupa	Broj zuba	Starost pacijenta (god.)	Vreme između početnog i završnog merenja (god.)
Eksperimentalna	36	23,78 ± 4,03	4,13 ± 1,81
Kontrolna	36	23,08 ± 2,95	2,82 ± 2,03



Grafikon 4.1.1. Vremenski period između dva snimanja u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, izražen u godinama

- Razlike u dužini zuba između početnog i završnog merenja -

Kod obe grupe ispitanika, izmerene su vrednosti dužine ispitivanih zuba (L). Nakon statističke obrade podataka, razlike u dužini zuba (ΔL) na završnom i inicijalnom radiogramu, dobijene su vrednosti $-0,89 \pm 0,67$ mm u okviru eksperimentalne grupe. Promena dužine ispitivanih zuba kontrolne grupe na završnim radiogramima je iznosila $-0,04 \pm 0,12$ mm (Tabela 4.1.2. i Grafikon 4.1.2). Poredeći promenu dužine zuba u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, utvrđena je statistički značajna razlika izmerenih vrednosti ($p=0,000$).



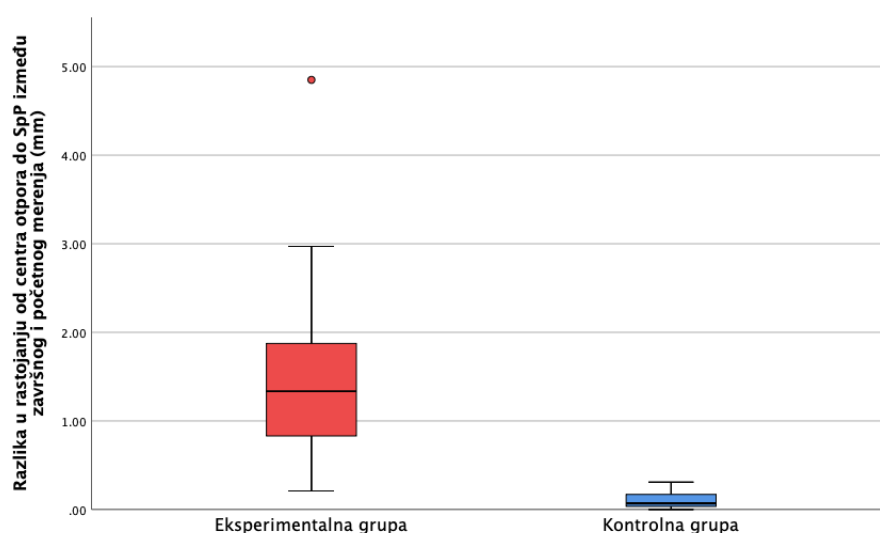
Grafikon 4.1.2. Razlika u dužini zuba između završnog i početnog merenja u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, izražen u milimetrima

- Vertikalni pomak zuba -

Za svaki ispitivan zub, izmereno je najkraće rastojanje od određenog centra otpora zuba (CO) do referentne ravni vilice u kojoj se zub nalazi (SpP – spinae planum ili MP – mandibulae planum). Izračunavanjem razlike dobijenih vrednosti na finalnom i inicijalnom radiogramu, dobijen je parametar VP – vertikalni pomak zuba u koronarnom pravcu, koji je označen i kao parametar ekstruzije zuba (Tabela 4.1.2. i Grafikon 4.1.3).

Vrednosti VP za zube eksperimentalne grupe iznosile su $1,46 \pm 0,9$ mm sa maksimalnom vrednošću 4,85 mm i minimalnom vrednošću 0,21 mm.

Kod zuba u okviru kontrolne grupe, vertikalni pomak (VP) iznosio je $0,1 \pm 0,08$ mm. Očekivano, utvrđena je statistički značajna razlika vertikalnog pomaka između navedenih grupa ($p=0,000$).



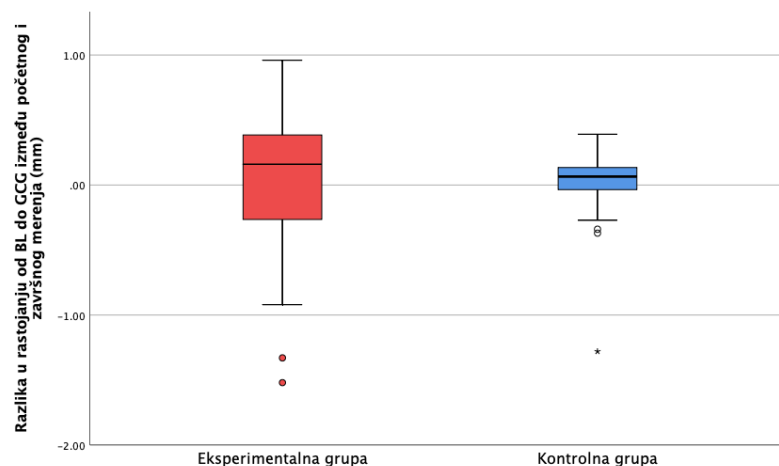
Grafikon 4.1.3. Razlika u rastojanju od centra otpora do SpP/MP između završnog i početnog merenja u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, izražena u milimetrima

- Udaljenost vrha bukalne lamele od gleđno-cementne granice -

Sledeći parametar koji je bio meren je udaljenost vrha bukalne lamele posmatranog zuba do gleđno cementne granice u vertikalnom pravcu (BL/GC). Izračunata je razlika izmerenih vrednosti na završnom i početnom radiogramu (Tabela 4.1.2. i Grafikon 4.1.4). Promena ove vrednosti je na zubima eksperimentalne grupe iznosila $0,01 \pm 0,58$ mm, uz maksimalnu vrednost 0,96 mm i minimalnu vrednost -1,52 mm.

U okviru kontrolne grupe, razlika (Δ BL/GC) na finalnom i inicijalnom merenju iznosila je $0,01 \pm 0,28$ mm. Maksimalna vrednost je iznosila 0,39 mm a minimalna -1,28 mm.

Promena rastojanja od vrha bukalne lamele alveolarne kosti do gleđno cementne granice ispitivanog zuba se nije statistički značajno razlikovala u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi ($p=0,154$).



Grafikon 4.1.4. Razlika u rastojanju od BL do GCG između početnog i završnog merenja u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, izražena u milimetrima

- Udaljenost vrha oralne lamele od gledno-cementne granice -

Promena nivoa vrha oralne lamele je takođe izračunata promenom rastojanja od gledno cementne granice posmatranog zuba na 2 radiograma (OL/GC). Na ekstrudiranim zubima u okviru eksperimentalne grupe, $\Delta OL/GC$ (promena rastojanja vrha oralne lamele do gledno cementne granice u vertikalnom pravcu) je iznosila $-0,23 \pm 0,88$ mm. Minimalna zabeležena vrednost je bila $-3,53$ mm a maksimalna $0,63$ mm.

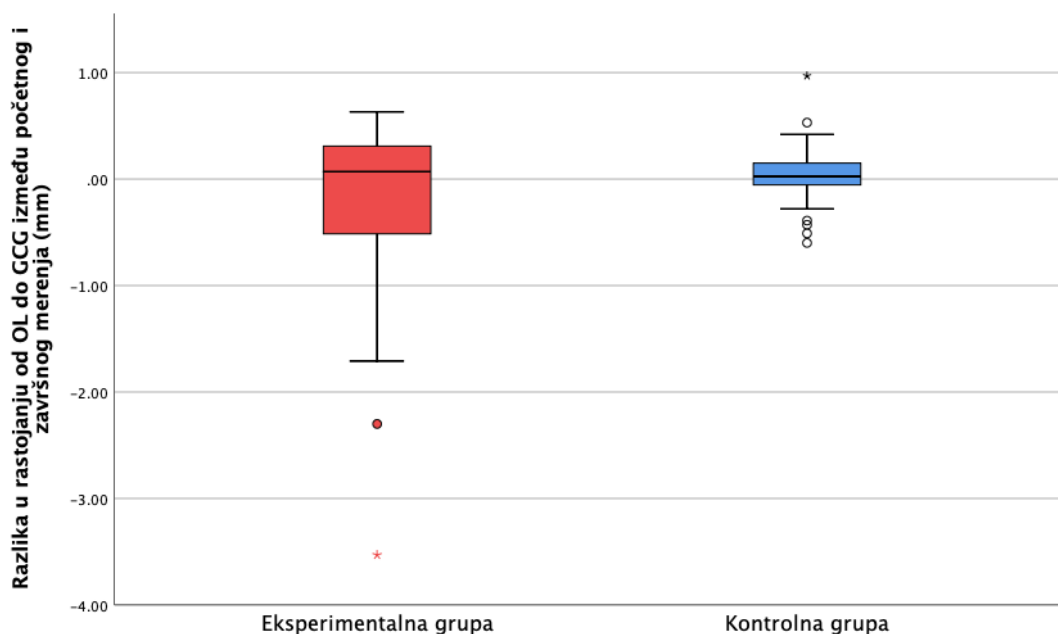
Kod pacijenata kontrolne grupe, na posmatranim zubima $\Delta OL/GC$ je iznosila $0,02 \pm 0,29$ mm. Minimalna zabeležena vrednost je bila $-0,6$ mm a maksimalna $0,97$ mm (Tabela 4.1.2. i Grafikon 4.1.5).

Promena rastojanja od vrha oralne lamele alveolarne kosti do gledno cementne granice ispitivanog zuba se nije statistički značajno razlikovala u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi ($p=0,714$).

Tabela 4.1.2. Promena dužine, vertikalni pomak zuba, promena rastojanja vrha bukalne, odnosno oralne lamele od gledno cementne granice između dva merenja, u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi

Grupa	Promena dužine ispitivanih zuba (ΔL , mm) *	Vertikalni pomak zuba - VP (mm) *	$\Delta BL/GC$ (mm)	$\Delta OL/GC$ (mm)
Eksperimentalna	$-0,89 \pm 0,67$	$1,46 \pm 0,9$	$0,01 \pm 0,58$	$-0,23 \pm 0,88$
Kontrolna	$-0,04 \pm 0,12$	$0,1 \pm 0,08$	$0,01 \pm 0,28$	$0,02 \pm 0,29$
Statistička značajnost	$p=0,000^*$	$p=0,000^*$	$p=0,154$	$p=0,714$

* - parametar se statistički značajno razlikuje između grupa



Grafikon 4.1.5. Razlika u rastojanju od OL do GCG između početnog i završnog merenja u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, izražena u milimetrima

- Debljina bukalne i oralne alveolarne kosti -

Horizontalni promer, tj. debljina bukalne i oralne alveolarne kosti je merena na dva nivoa. Merenje je izvršeno na sagitalnom preseku zuba na radiogramu, i to na nivoima 1 mm i 3 mm apikalnije od vrha bukalne/oralne lamele (BL1, BL3, OL1 i OL3). Rezultati dobijeni analizom statističkih podataka u okviru eksperimentalne grupe su prikazani u tabeli (*Tabela 4.1.3*).

Tabela 4.1.3. Debljina bukalne i oralne alveolarne kosti u eksperimentalnoj grupi,

Eksperimentalna grupa	MEAN ± SD (mm)	MAX (mm)	MIN (mm)
ΔBL1 *	-0,12 ± 0,25	0,76	-0,53
ΔBL3	0,01 ± 0,29	0,94	-0,60
ΔOL1	0,02 ± 0,32	1,15	-0,53
ΔOL3	0,13 ± 0,63	1,85	-0,92

* - parametar se statistički značajno razlikuje između grupa

U okviru kontrolne grupe, promena debljine bukalne i oralne lamele, na oba nivoa merenja na završnom i početnom radiogramu, prikazana je u tabeli (*Tabela 4.1.4*).

Tabela 4.1.4. Debljina bukalne i oralne alveolarne kosti u kontrolnoj grupi

Kontrolna grupa	MEAN±SD (mm)	MAX (mm)	MIN (mm)
Δ BL1 *	0,01±0,08	0,18	-0,15
Δ BL3	0,02±0,14	0,52	-0,20
Δ OL1	0,01±0,13	0,29	-0,35
Δ OL3	-0,06±0,26	0,38	-1,07

* - parametar se statistički značajno razlikuje između grupa

Statistički značajna razlika izmerenih vrednosti u obe grupe je potvrđena kod promene debljine bukalne lamele merene na nivou od 1 mm - Δ BL1 ($p=0,000$). Nije bilo statistički značajne razlike u izmerenim vrednostima Δ BL3, Δ OL1 i Δ OL3 u kontrolnoj i eksperimentalnoj grupi.

- Promena visine mezijalnog i distalnog interdentalnog septuma -

Promene na nivou alveolarne kosti oko posmatranih zuba su uočene i interdentalno. Izmerene su promene nivoa interdentalnih septuma, mezijalno i distalno.

U okviru eksperimentalne grupe, na ekstrudiranim zubima, promena visine mezijalnog interdentalnog septuma (Δ IDS_m) je iznosila 1,06±1,03 mm. Maksimalna zabeležena vrednost je 3,66 mm a minimalna -0,65 mm.

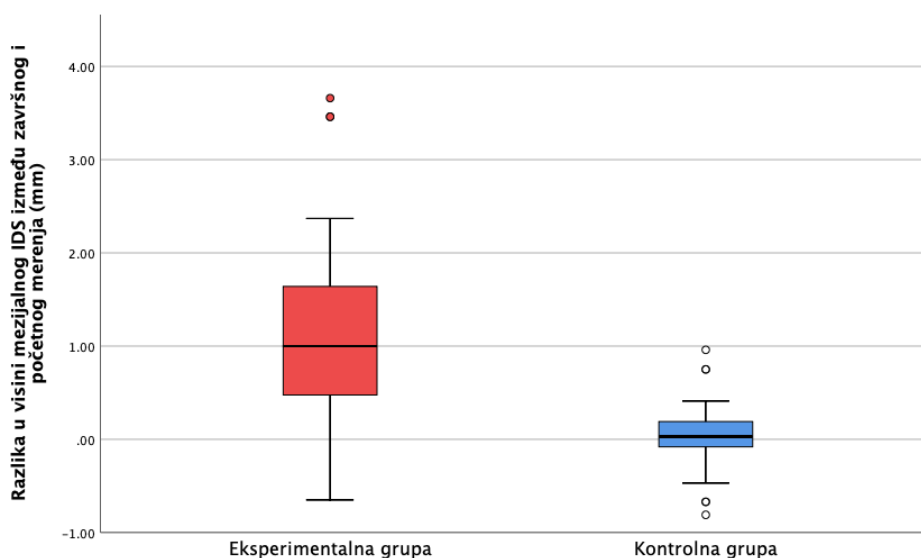
Na zubima kontrolne grupe, prosečna vrednost promene visine mezijalnog interdentalnog septuma bila je 0,03±0,36 mm. Maksimalna zabeležena vrednost je 0,96 mm a minimalna -0,81 mm (Tabela 4.1.5. i Grafikon 4.1.6).

Tabela 4.1.5. Promena visine mezijalnog interdentalnog septuma (Δ IDS_m)

Grupa	Δ IDS _m (mm) *	max	min
Eksperimentalna	1,06±1,03	3,66	-0,65
Kontrolna	0,03±0,36	0,96	-0,81
Statistička značajnost	$p=0,000$		

* - parametar se statistički značajno razlikuje između grupa

Utvrđena je statistički značajna razlika u promeni vertikalne dimenzije mezijalnog interdentalnog septuma u obe grupe ($p=0,000$).

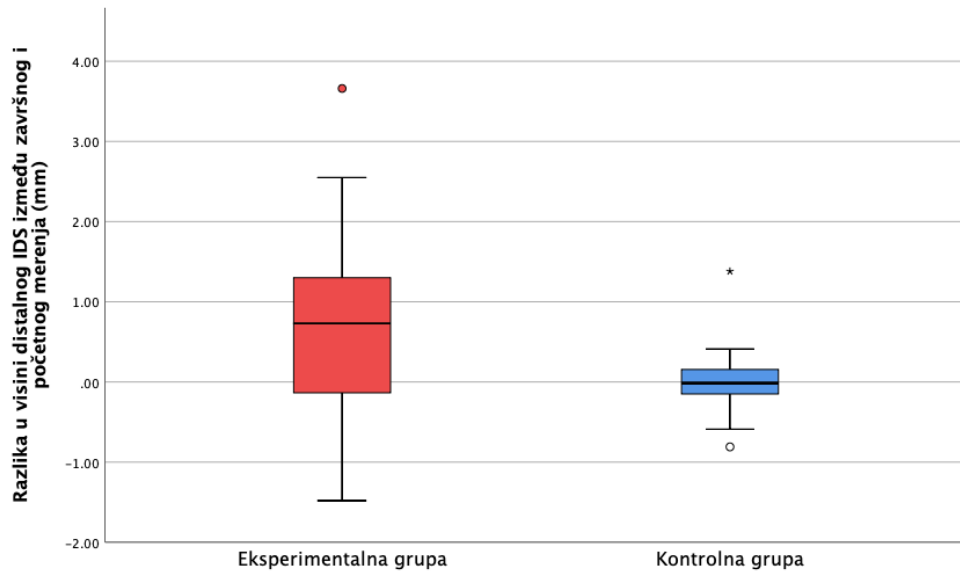


Grafikon 4.1.6. Razlika u visini mezijalnog interdentalnog septuma između završnog i početnog merenja u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, izražena u milimetrima

Kada se posmatra promena visine distalnog interdentalnog septuma (Δ IDS_d), u okviru eksperimentalne grupe je iznosila 0,64±1,08 mm. Maksimalna izmerena vrednost promene je 3,66 mm, a minimalna -1,48 mm.

Na zubima kontrolne grupe, promena visine distalnog interdentalnog septuma iznosila je 0,01±0,34 mm, sa maksimalnom vrednošću od 1,38 mm i minimalnom -0,81 mm (Tabela 4.1.6. i Grafikon 4.1.7).

Statističkom obradom dobijenih parametara nije utvrđena statistički značajna razlika u promeni visine distalnog interdentalnog septuma u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi.



Grafikon 4.1.7. Razlika u visini distalnog interdentalnog septuma između završnog i početnog merenja u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, izražena u milimetrima

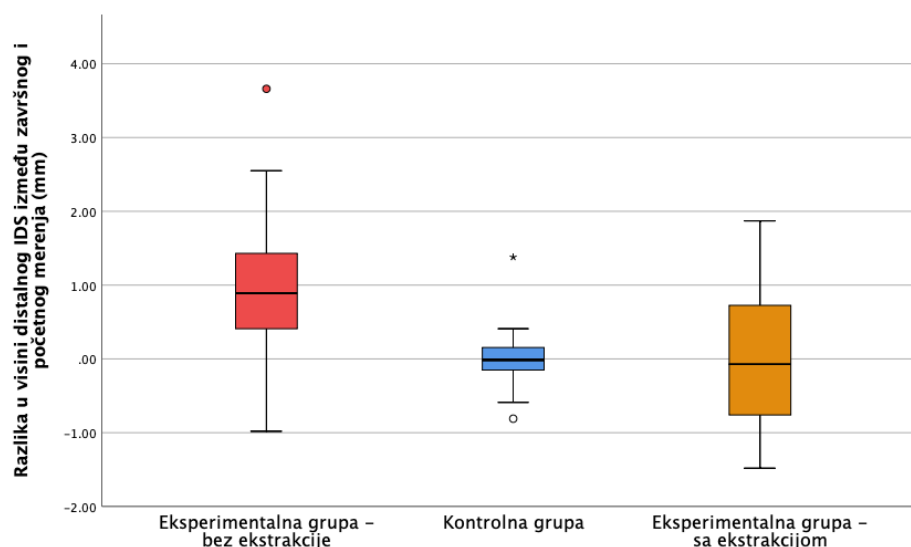
Važno je istaći da je od ukupno 36 ekstrudiranih zuba u eksperimentalnoj grupi, 11 očnjaka bilo ekstrudirano, uz ekstrakciju prvih premolara. Pod pretpostavkom da bi ekstrakcija prvog premolara verovatno imala uticaj na vertikalnu dimenziju distalnog interdentalnog septuma ekstrudiranog očnjaka, zubi eksperimentalne grupe su podeljeni u 2 podgrupe. Prvu su činili ekstrudirani zubi bez ekstrakcije distalnog zuba agoniste (**E-nonex**) i bilo ih je ukupno 25. Drugu su činili ekstrudirani očnjaci se ekstrakcijom distalnog zuba agoniste (**E-ex**) i bilo ih je ukupno 11.

U grupi **E-nonex** promena visine distalnog interdentalnog septuma je iznosila $0,92 \pm 0,99$ mm sa maksimalnom vrednošću 3,66 mm i minimalnom -0.98 mm.

U grupi **E-ex** promena visine distalnog interdentalnog septuma je iznosila $0,02 \pm 1,05$ mm sa maksimalnom vrednošću 1,87 mm i minimalnom -1.48 mm (Tabela 4.1.7. i Grafikon 4.1.8).

Tabela 4.1.7. Promena visine distalnog interdentalnog septuma (Δ IDSd)

Grupa	Δ IDSd (mm)	max	min
Eksperimentalna	$0,64 \pm 1,08$	3,66	-1.48
E-ex	$0,02 \pm 1,05$	1,87	-1.48
E-nonex	$0,92 \pm 0,99$	3,66	-0.98
Kontrolna	$0,01 \pm 0,34$	1,38	-0,81



Grafikon 4.1.8. Razlika u visini distalnog interdentalnog septuma (eksperimentalna grupa bez ekstrakcija, kontrolna i eksperimentalna grupa sa ekstrakcijama) između završnog i početnog merenja, izražena u milimetrima

Statističkom obradom izmerenih vrednosti ΔIDS_d u kontrolnoj, **E-nonex** i **E-ex** grupi pomoću Mann – Whitney testa, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika dobijenih podataka između zuba kontrolne i E-nonex grupe ($p=0,000$). Poredivši podatke dobijene u E-ex i E-nonex grupi, takođe je utvrđena statistički značajna razlika ($p=0,026$).

Komparacijom promene visine distalnog interdentalnog septuma (ΔIDS_d) u okviru kontrolne i E-ex grupe nije utvrđena statistički značajna razlika.

- Promena visine bukalne i oralne lamele -

Vertikalno povećanje dimenzije bukalne lamele (promena visine bukalne lamele - ΔBL) je izračunato pomoću druga dva izmerena parametra. To su vertikalni pomak zuba – VP i promena rastojanja vrha bukalne lamele od gleđno cementne granice - $\Delta BL/GC$. Vrednost je dobijena sledećom formulom: $\Delta BL = VP - \Delta BL/GC$ (Tabela 4.1.8 i Grafikon 4.1.9).

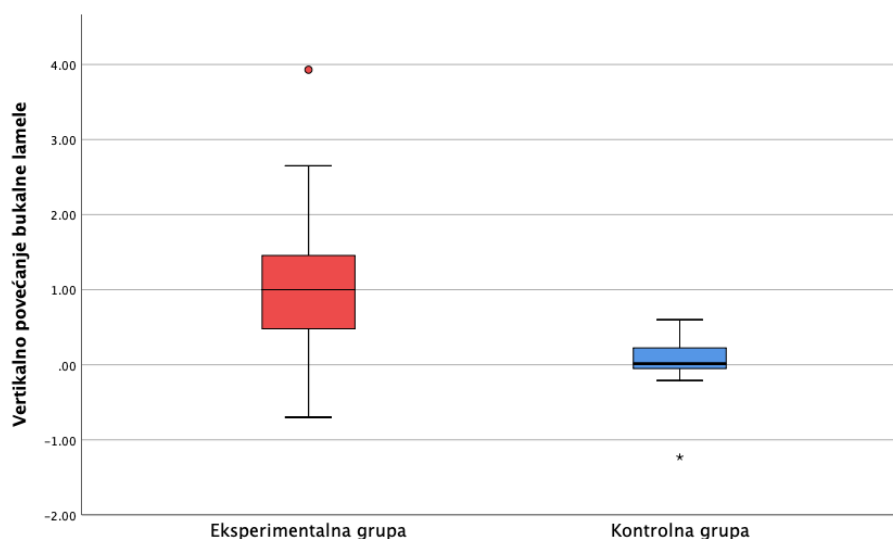
Tabela 4.1.8. Vertikalno povećanje dimenzije bukalne lamele (ΔBL)

Grupa	ΔBL (mm)	max	min
Eksperimentalna	1,04±0,81	3,93	-0,70
Kontrolna	0,04±0,28	0,60	-1,23
Statistička značajnost	$p=0,000$		

Kod ekstrudiranih zuba eksperimentalne grupe ΔBL je iznosilo $1,04 \pm 0,81$ mm. Maksimalna zabeležena vrednost je 3,93 mm a minimalna -0,70 mm (smanjenje vertikalne dimenzije bukalne lamele).

U kontrolnoj grupi, gde nije bilo ortodontskog pomeranja zuba, ΔBL je iznosilo $0,04 \pm 0,28$ mm. Maksimalna zabeležena vrednost je 0,60 mm a minimalna -1,23 mm (smanjenje vertikalne dimenzije bukalne lamele).

Obradom podataka je potvrđena statistički značajna razlika u povećanju vertikalne dimenzije bukalne lamele u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi ($p=0,000$).



Grafikon 4.1.9. Vertikalno povećanje bukalne lamele u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, izraženo u milimetrima

Vertikalno povećanje dimenzije oralne lamele (promena visine oralne lamele - ΔOL) je izračunato po istom principu kao i vertikalno povećanje dimenzije bukalne lamele, pomoću formule $\Delta OL = VP - \Delta OL/GC$ (Tabela 4.1.9 i Grafikon 4.1.10).

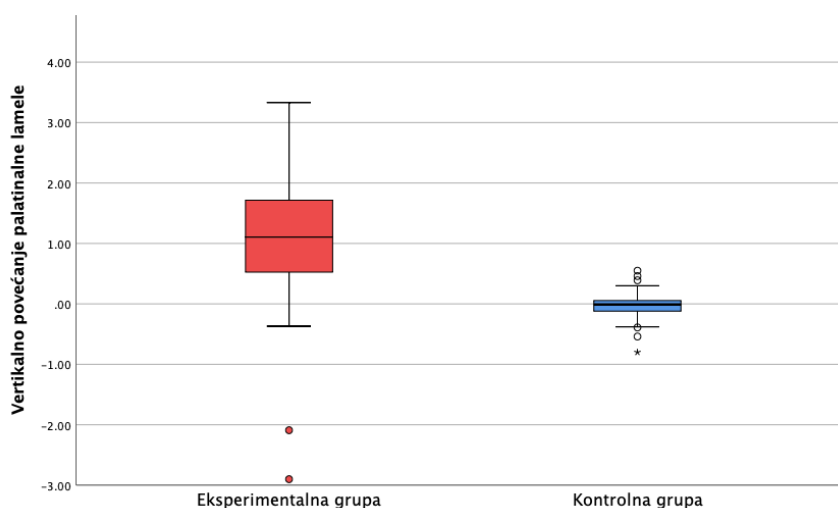
U eksperimentalnoj grupi, vrednost za ΔOL je iznosila $1,01 \pm 1,18$ mm, uz maksimalnu zabeleženu vrednost od 3,33 mm i minimalnu -2,90 mm (smanjenje vertikalne dimenzije oralne lamele).

Kod pacijenata kontrolne grupe, na netretiranim zubima, vrednost za ΔOL je iznosila -0,03 \pm 0,26 mm, uz maksimalnu zabeleženu vrednost od 0,55 mm i minimalnu -0,80 mm (smanjenje vertikalne dimenzije oralne lamele).

Tabela 4.1.9. Vertikalno povećanje dimenzije oralne lamele (ΔOL)

Grupa	ΔBL (mm)	max	min
Eksperimentalna	1,01 \pm 1,18	3,33	-2,90
Kontrolna	0,03 \pm 0,26	0,55	-0,80
Statistička značajnost	$p=0,000$		

Obradom podataka je potvrđena statistički značajna razlika u povećanju vertikalne dimenzije oralne lamele u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi ($p=0,000$).



Grafikon 4.1.10. Vertikalno povećanje oralne lamele u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, izraženo u milimetrima

U multivarijantnom regresionom modelu u kome je kao zavisna varijabla korišćeno vertikalno pomeranje zuba sledeće varijable izdvojile su se kao nezavisni prediktori razlika: ΔL , ΔISm , BL i OL (promena dužine zuba, promena visine mezijalnog interdentalnog septum, promena visine bukalne i oralne lamele) (Tabela 4.1.10).

Tabela 4.1.10. Linearna regresiona analiza povezanosti vertikalnog pomeranja zuba kao zavisne varijable sa posmatranim parametrima

Parametri	Univarijantni model		Multivarijantni model ^b R ² _{adj} =0.93	
	^a B (95%CI)	Značajnost	^a B (95%CI)	značajnost
Godine starosti	1.144 (-0.350 – 2.638)	p=0.626		
ΔL	-0.778 (-1.072 – (-0.484))	p<0,001*	-0.149 (-0.274 – (-0.023))	p=0.021*
ΔISm	0.846 (0.716 – 0.977)	p<0,001*	0.328 (0.201 – 0.455)	p<0,001*
ΔISd	0.857 (0.697 – 1.018)	p<0,001*	-0.008 (-0.139 – 0.155)	p=0.917
BL	1.098 (0.987 – 1.209)	p<0,001*	0.606 (0.450 – 0.762)	p<0,001*
OL	0.759 (0.627 – 0.891)	p<0,001*	0.156 (0.047 – 0.265)	p=0.006*

^aNestandardizovani koeficijent B; ^bPrilagođeni koeficijent determinacije; *Statistički značajna razlika

4.2. Rezultati mekotkivnih parametara

Svi pacijenti uključeni u ovaj deo studije su bili podeljeni u eksperimentalnu i kontrolnu grupu. Eksperimentalnu grupu je činilo 13 pacijenata (9 ženskog i 4 muškog pola). Kontrolnu grupu je činilo 11 pacijenata (10 ženskog i 1 muškog pola).

Ukupan broj zuba u eksperimentalnoj grupi na kojima su izvršena mekotkivna merenja je 54 (Tabela 4.2.1). Eksperimentalna grupa je podeljena na 2 podgrupe, EVM (grupa u okviru koje su isključivo zubi koji su se ekstrudirali, sa registrovanim vertikalnim pomakom) i EA (grupa u okviru koje su susedni zubi, agonisti zubima iz EVM grupe, a da se nisu ekstrudirali u toku terapije). Ukupan broj ekstrudiranih zuba sa registrovanim vertikalnim pomakom je 24, a ukupan broj neekstrudiranih zuba agonista u okviru eksperimentalne grupe je 30.

Ukupan broj zuba u kontrolnoj (K) grupi na kojima su izvršena gingivomorfometrijska merenja je 66 (Tabela 4.2.1).

Rezultati statistički obrađenih podataka su prikazani u formi MEAN±SD (MEAN – srednja vrednost, SD – standardna devijacija).

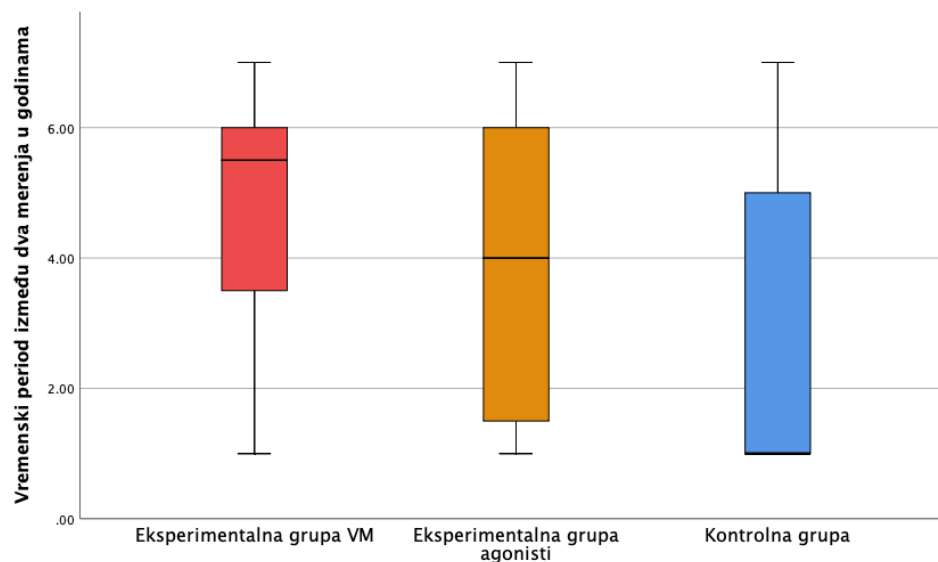
Godine starosti pacijenata, u trenutku uključivanja u istraživanje, iznosile su 23,78±4,03 godine za eksperimentalnu i 23,08±2,95 za kontrolnu grupu (Tabela 4.2.1). Nije utvrđena statistički značajna razlika starosti pacijenata u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi ($p>0,05$).

Vremenski period protekao između 2 merenja na mekim tkivima kod pacijenata EVM grupe iznosio je $4,73 \pm 1,99$ godina. Kod pacijenata EA grupe iznosio je $3,87 \pm 1,98$ godina. Kod pacijenata kontrolne grupe, ovaj vremenski interval je iznosio $2,45 \pm 2,12$ godina (Tabela 4.2.1. i Grafikon 4.2.1). Razlika u vremenskim intervalima između merenja u obe grupe nije statistički značajna ($p > 0,05$).

Za parametar godina starosti pacijenata nije izvršena podela eksperimentalne grupe na EVM i EA grupu, jer su podaci identični.

Tabela 4.2.1. Ukupan broj zuba, starost pacijenata i vremenski period između dva gingivomorfometrijska merenja u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi

Grupa	Broj zuba	Starost pacijenta (godine)	Vremenski period između dva merenja (god)
Eksperimentalna	54	$23,78 \pm 4,03$	$4,73 \pm 1,99$
Kontrolna	66	$23,08 \pm 2,95$	$2,45 \pm 2,12$



Grafikon 4.2.1. Prikaz proteklog vremenskog perioda između dva merenja, u eksperimentalnoj grupi sa ekstrudiranim zubima, eksperimentalnoj grupi sa zubima agonistima i kontrolnoj grupi, izraženog u godinama

- Promena rastojanja od mukogingivalne linije do incizalne ivice/kvržice zuba -

Promena rastojanja od mukogingivalne linije do incizalne ivice/kvržice zuba (Δ MGLZ) na završnom i početnom merenju kod pacijenata EVM grupe iznosila je $0,68 \pm 1,26$ mm sa maksimalnom vrednošću 3,7 mm i minimalnom vrednošću -1,4 mm (Tabela 4.2.2, Grafikon 4.2.2).

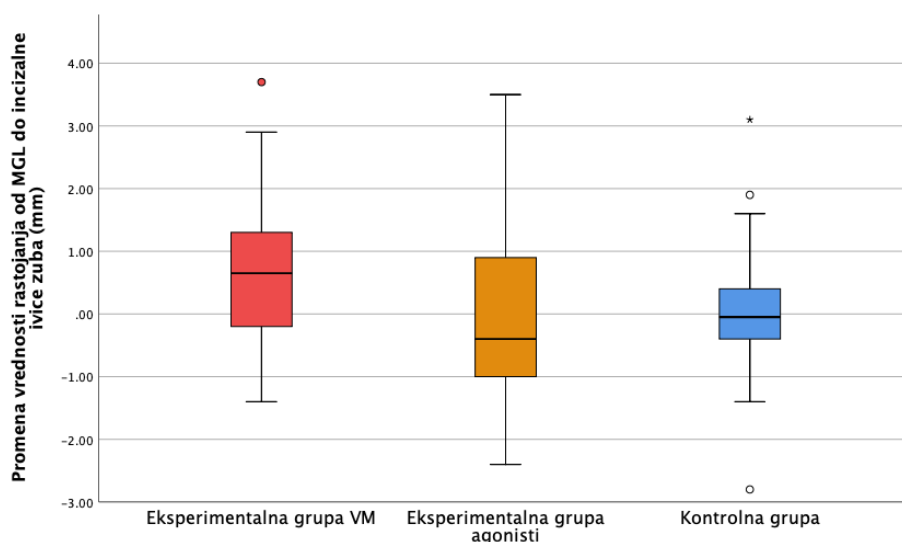
Kod zuba u okviru EA grupe ove vrednosti su iznosile $-0,05 \pm 1,34$ mm sa maksimumom od 3,5 mm i minimumom od -1,4 mm (Tabela 4.2.2, Grafikon 4.2.2).

U kontrolnoj grupi, promena (Δ MGLZ) je iznosila $0,00 \pm 0,83$ mm, maksimalna zabeležena vrednost promene 3,1 mm i minimalna -2,8 mm (Tabela 4.2.2, Grafikon 4.2.2).

Statističkom obradom dobijenih parametara utvrđena je statistički značajna razlika vrednosti Δ MGLZ između EVP i EA grupe ($p=0,026$). Između EA i K grupe nema statistički značajne razlike ($p>0,05$), dok je između EVP i K grupe takođe utvrđena statistički značajna razlika ($p=0,012$).

Tabela 4.2.2. Promena rastojanja mukogingivalna linija – zub u eksperimentalnoj grupi sa ekstrudiranim zubima, eksperimentalnoj grupi sa zubima agonistima i kontrolnoj grupi

Grupa	Δ MGLZ (mm)	Min	Max
EVM	$0,68 \pm 1,26$	-1,4	3,7
EA	$-0,05 \pm 1,34$	-1,4	3,5
Kontrolna	$0,00 \pm 0,83$	-2,8	3,1



Grafikon 4.2.2. Prikaz promene vrednosti rastojanja od incizalne ivice/kvržice zuba do mukogingivalne linije (Δ MGLZ) u eksperimentalnoj grupi sa ekstrudiranim zubima, eksperimentalnoj grupi sa zubima agonistima i kontrolnoj grupi, izražene u milimetrima

- Promena širine keratinizovane gingive -

Promena širine keratinizovane gingive (ΔKG) je takođe prikazana u okvirima 3 grupe. Na ekstrudiranim zubima EVM grupe, ΔKG je iznosila $0,78 \pm 1,42$ mm. Maksimalna zabeležena vrednost je 4,5 mm a minimalna -1,7 mm (Tabela 4.2.3, Grafikon 4.2.3).

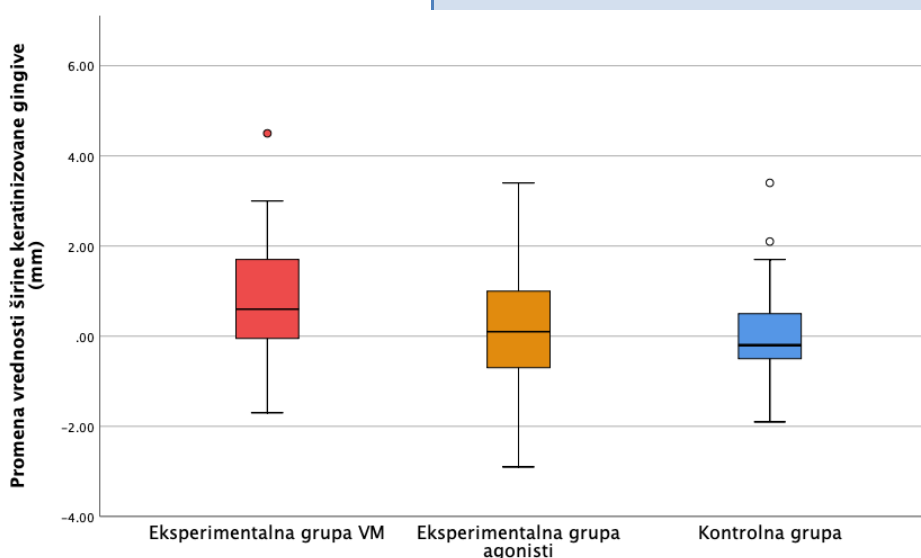
Na zubima agonistima (EA grupa), ΔKG je iznosila $0,16 \pm 1,28$ mm. Maksimalna zabeležena vrednost je 3,4 mm a minimalna -2,9 mm (Tabela 4.2.3, Grafikon 4.2.3).

U kontrolnoj grupi, promena širine keratinizovane gingive je iznosila $0,00 \pm 0,88$ mm. Maksimalna promena vrednosti KG je 3,4 mm a minimalna -1,9 mm (Tabela 4.2.3, Grafikon 4.2.3).

Statističkom obradom dobijenih podataka o promeni širine keratinizovane gingive, nije utvrđena statistički značajna razlika vrednosti ΔKG između EVM i EA grupe ($p=0,076$). Između EA i K grupe takođe nema statistički značajne razlike ($p>0,05$), dok je između EVM i K grupe utvrđena statistički značajna razlika ($p=0,004$).

Tabela 4.2.3. Promena širine zone keratinizovane gingive u eksperimentalnoj grupi sa ekstrudiranim zubima, eksperimentalnoj grupi sa zubima agonistima i kontrolnoj grupi

Grupa	ΔKG (mm)	Min	Max
EVM	$0,78 \pm 1,42$	-1,7	4,5
EA	$0,16 \pm 1,28$	-2,9	3,4
Kontrolna	$0,00 \pm 0,88$	-1,9	3,4



Grafikon 4.2.3. Prikaz promene vrednosti u širini keratinizovane gingive u eksperimentalnoj grupi sa ekstrudiranim zubima, eksperimentalnoj grupi sa zubima agonistima i kontrolnoj grupi, izražene u milimetrima

- Promena dubine gingivalnog sulkusa -

Sledeći posmatrani parametar bila je dubina gingivalnog sulkusa (DS). U EVM grupi, promena dubine gingivalnog sulkusa na završnom i početnom merenju iznosila je $0,29 \pm 0,61$ mm (maksimalna 1,50 mm, minimalna vrednost -1,00 mm) (Tabela 4.2.4, Grafikon 4.2.4).

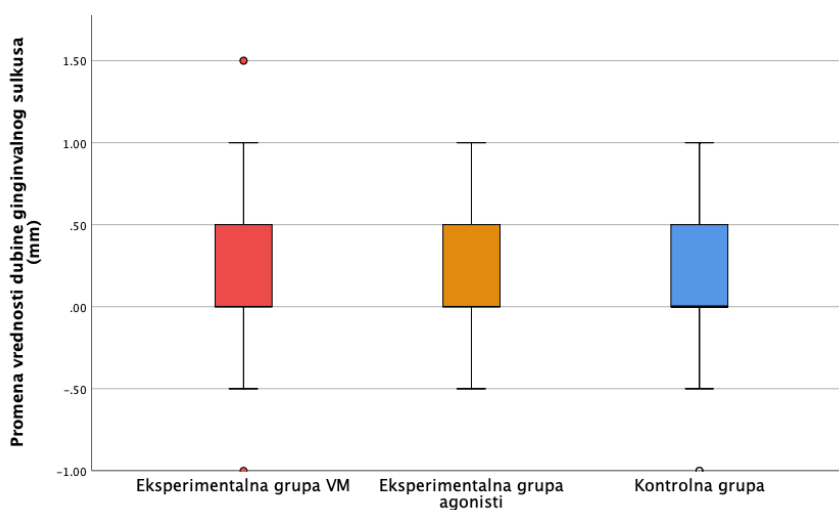
Na neekstrudiranim zubima agonistima, u EA grupi, promena dubine gingivalnog sulkusa je $0,23 \pm 0,47$ mm, uz maksimalnu vrednost 1,00 mm i minimalnu -0,50 mm (Tabela 4.2.4, Grafikon 4.2.4).

Promena dubine gingivalnog sulkusa na zubima kontrolne grupe iznosila je $0,09 \pm 0,44$ mm. Maksimalna zabeležena vrednost bila je 1,00 mm a minimalna -1,00 mm (Tabela 4.2.4, Grafikon 4.2.4).

Nije utvrđena statistički značajna razlika u vrednostima promene dubine gingivalnog sulkusa (Δ DS) između EVM, EA i K grupe.

Tabela 4.2.4. Promena dubine gingivalnog sulkusa u eksperimentalnoj grupi sa ekstrudiranim zubima, eksperimentalnoj grupi sa zubima agonistima i kontrolnoj grupi

Grupa	DS (mm)	Min	Max
EVM	$0,29 \pm 0,61$	-1,00	1,50
EA	$0,23 \pm 0,47$	-0,50	1,00
Kontrolna	$0,09 \pm 0,44$	-1,00	1,00



Grafikon 4.2.4. Prikaz promene vrednosti dubine gingivalnog sulkusa u eksperimentalnoj grupi sa ekstrudiranim zubima, eksperimentalnoj grupi sa zubima agonistima i kontrolnoj grupi, izražene u milimetrima

- Promena visine interdentalne papile -

Visina interdentalne papile je merena od mukogingivalne linije do vrha mezijalne ili distalne papile (MP i DP). Zatim je izračunata promena ovih vrednosti na završnom i početnom merenju (ΔMP i ΔDP). U okviru EVM grupe, ΔMP je iznosila $0,32 \pm 1,45$ mm, uz maksimalnu vrednost 3,80 mm i minimalnu -2,00 mm (Tabela 4.2.5, Grafikon 4.2.5). U istoj grupi, promena visine distalne papile (ΔDP) je iznosila $0,32 \pm 1,30$ mm (maksimum je 3,50 mm a minimum -1,80 mm) (Tabela 4.2.5, Grafikon 4.2.6).

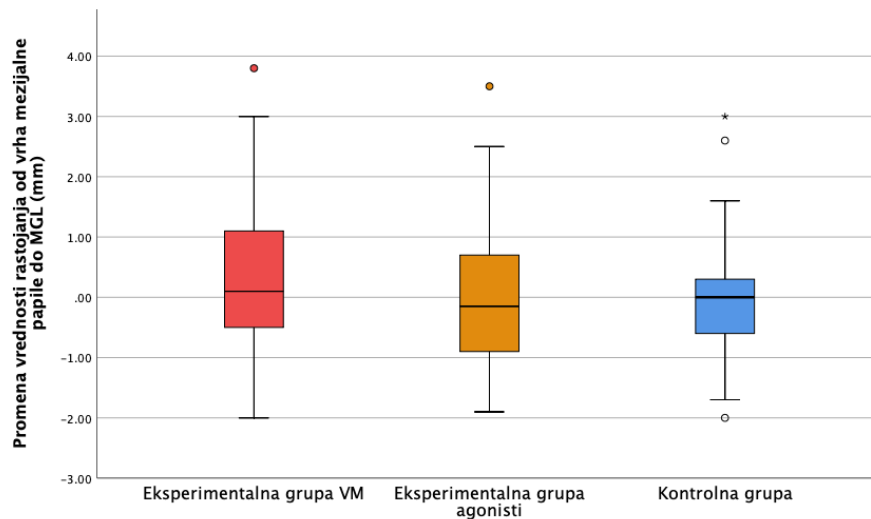
U EA grupi, promena visine mezijalne papile (ΔMP) iznosila je $-0,04 \pm 1,27$ mm sa rasponom između ekstremnih vrednosti od minimalne -1,90 mm i maksimalne 3,50 mm (Tabela 4.2.5, Grafikon 4.2.5). U istoj grupi, ΔDP je bila $0,42 \pm 1,42$ mm, uz maksimalnu vrednost 3,80 mm i minimalnu -1,90 mm (Tabela 4.2.5, Grafikon 4.2.6).

I konačno, u K grupi, ΔMP i ΔDP su iznosile $0,00 \pm 0,95$ mm i $0,08 \pm 1,03$ mm, respektivno. Maksimalna i minimalna zabeležena vrednost promene visine mezijalne i distalne papile su bile identične i iznosile su 3,00 mm i -2,00 mm (Tabela 4.2.5, Grafikoni 4.2.5 i 4.2.6).

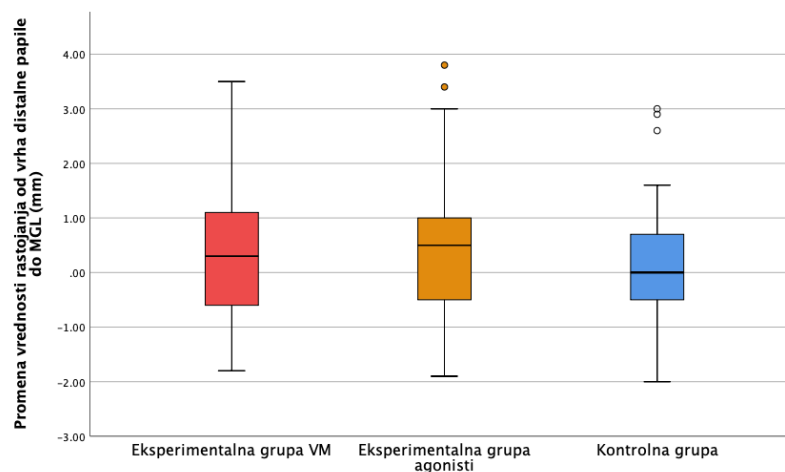
Poređenjem vrednosti ΔMP i ΔDP između grupa, nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,05$).

Tabela 4.2.5. Promena visine mezijalne i distalne interdentalne papile u eksperimentalnoj grupi sa ekstrudiranim zubima, eksperimentalnoj grupi sa zubima agonistima i kontrolnoj grupi

Grupa	ΔMP (mm)	max	Min	ΔDP (mm)	Max	min
EVM	$0,32 \pm 1,45$	3,80	-2,00	$0,32 \pm 1,30$	3,50	-1,80
EA	$-0,04 \pm 1,27$	3,50	-1,90	$0,42 \pm 1,42$	3,80	-1,90
Kontrolna	$0,00 \pm 0,95$	3,00	-2,00	$0,08 \pm 1,03$	3,00	-2,00



Grafikon 4.2.5. Prikaz promene vrednosti rastojanja od vrha mezijalne papile do mukogingivalne linije u eksperimentalnoj grupi sa ekstrudiranim zubima, eksperimentalnoj grupi sa zubima agonistima i kontrolnoj grupi, izražene u milimetrima



Grafikon 4.2.6. Prikaz promene vrednosti rastojanja od vrha distalne papile do mukogingivalne linije u eksperimentalnoj grupi sa ekstrudiranim zubima, eksperimentalnoj grupi sa zubima agonistima i kontrolnoj grupi, izražene u milimetrima

- Promena širine zone fiksirane gingive -

Širina zone fiksirane gingive (FG) je izračunata prema formuli $FG = KG - DS$. Promena širine zone fiksirane gingive (ΔFG) na završnom i početnom merenju u okviru EVM grupe iznosila je $0,49 \pm 1,50$ mm uz maksimum 4,50 mm i minimum -1,70 mm (Slika 4.2.6, Grafikon 4.2.7).

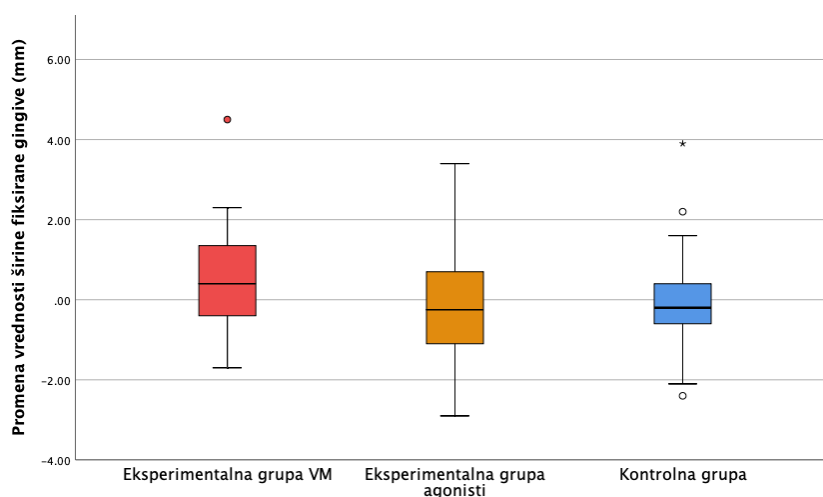
Na zubima agonistima, u okviru EA grupe, ΔFG je iznosila $-0,07 \pm 1,39$ mm. Maksimalna zabeležena vrednost bila je 3,40 mm a minimalna -2,90 mm (Slika 4.2.6, Grafikon 4.2.7).

Na zubima kontrolne grupe, promena širine zone fiksirane gingive (ΔFG) na završnom i početnom merenju iznosila je $0,09 \pm 1,00$ mm uz maksimum 3,90 mm i minimum -2,40 mm (Slika 4.2.6, Grafikon 4.2.7).

Poređenjem dobijenih vrednosti ΔFG između grupa, nije utvrđena statistički značajna razlika ($p > 0,05$).

Tabela 4.2.6. Promena širine zone fiksirane gingive u eksperimentalnoj grupi sa ekstrudiranim zubima, eksperimentalnoj grupi sa zubima agonistima i kontrolnoj grupi

Grupa	ΔFG (mm)	Max	min
EVM	$0,49 \pm 1,50$	4,50	-1,70
EA	$-0,07 \pm 1,39$	3,40	-2,90
Kontrolna	$0,09 \pm 1,00$	3,90	-2,40



Grafikon 4.2.7. Prikaz promene vrednosti širine fiksirane gingive u eksperimentalnoj grupi sa ekstrudiranim zubima, eksperimentalnoj grupi sa zubima agonistima i kontrolnoj grupi, izražene u milimetrima

Vertikalni pomak (VP), ili ekstruzija zuba merena na centru otpora, zabeležena je samo u okviru EVM grupe i iznosila je $1,36 \pm 1,02$ mm. Maksimalna zabeležena ekstruzija bila je 4,50 mm a minimalna 0,21 mm.

Promena položaja mukogingivalne linije na ekstrudiranim zubima u okviru eksperimentalne EVM grupe je zabeležena na sledeći način. Na 12 zuba, mukogingivalna

linija se pomerila koronarno, u pravcu pomeranja zuba ($VP-\Delta MGLZ > 0$), a na 6 zuba se pomerila ka apikalno ($VP-\Delta MGLZ < 0$). Apikalno pomeranje MGL je bilo manje od 1 mm na svih 6 zuba. Na 6 zuba nije zabeležena promena položaja mukogingivalne linije ($VP-\Delta MGLZ = 0$).

Ortodontska ekstruzija zuba u okviru terapije standardnim fiksnim ortodontskim aparatima kod jednog od ispitanika eksperimentalne grupe, prikazana je na Slici 4.1.

Slika 4.1. Kliničke intraoralne fotografije ortodontske ekstruzije gornjeg desnog očnjaka, A) pre terapije, B) nakon postavke standardnog fiksnog ortodontskog aparata i C) nakon završetka terapije



5. DISKUSIJA

Tradicionalni pristup ortodontskom pomeranju zuba podrazumeva planiranje promene pozicije u sagitalnoj, vertikalnoj i transverzalnoj ravni. Korekcija položaja zuba se postiže bodili pomeranjem, rotacijom, anguliranjem i inkliniranjem u labio-lingalnom, mezio-distalnom i gingivo-incizalnom pravcu. Ortodonska ekstruzija zuba predstavlja pomeranje zuba u vertikalnom pravcu, u koronarnom smeru. Pregledni radovi u literaturi iznose zaključak da je ortodonska ekstruzija zuba jednostavno, nekomplikovano pomeranje (28,30,32). Autori su se složili da, iako je aplikacija ekstruzivne sile „jednostavna“, efekti koje ona izaziva na okolnim tkivima su mnogo komplikovaniji nego što bi se moglo pretpostaviti. Podrobnija analiza aplikacije sile, centra otpora zuba i rezultirajućeg pomeranja zuba potvrđuje kompleksnost ortodontske ekstruzije, uz neophodno razumevanje mnogobrojnih činilaca da bi se dobio predvidiv rezultat. Kako bi se ekstruzija efikasno izvela, neophodno je primeniti adekvatan ortodontski aparat i odgovarajuću silu.

U ovom istraživanju, ortodonska ekstruzija zuba kod pacijenata eksperimentalne grupe je izvedena pomoću konvencionalnih fiksnih ortodontskih aparata, tehnikom pravog luka. Korišćene su bravice sa slotom veličine 0,018" u Ricketts preskripciji. U početnim fazama terapije, zubni nizovi su nivelisani upotrebom tankih nitinolskih lukova. Položaj zuba indikovanih za ortodontsku ekstruziju je uslovljavao i deformaciju tankih nitinolskih lukova u vertikalnom pravcu, dovodivši do aktivacije vertikalne komponente elastične sile samih žičanih lukova.

Za kontrolisano pomeranje zuba, indikovana je upotreba blagih kontinuiranih sila. U cilju postizanja adekvatnih opsega intenziteta sile u inicijalnoj fazi terapije fiksnim ortodontskim aparatima (fazi nivelacije) neophodno je poznavanje karakteristika ortodontskih lukova. Zahvaljujući napretku tehnologije, moguće je izmeriti intenzitet sile koju proizvode različite vrste ortodontskih žica (59).

Intenzitet sile ortodontskog žičanog luka zavisi, kako od njegovog sastava, tako i od njegovog dijametra. Lombardo i sar. su ispitivali intenzitet sile različitih elastičnih i termalno aktiviranih lukova, dijametra 0,012" i 0,014" pri različitim defleksijama. Prema njihovim rezultatima, nitinolski luk dimenzije 0,012" proizvodi prosečnu silu od 62,9 g, a termalno aktivirani istih dimenzija 42,2 g u tzv. plato fazi defleksije. Za lukove dimenzije 0,014", vrednosti su 97,7 g za nitinolske i 71,7 g za termalno aktivirane (60). Slični rezultati su objavljeni i u drugim studijama, vezano za poređenje intenziteta sile super elastičnih i termalno aktiviranih lukova (59,61,62).

Dizajn bravice i veličina slota takođe značajno utiču na intenzitet sile koju proizvode tanki super elastični ortodontski lukovi. Pri defleksiji žice od maksimalno 2 mm, upotreba slota 0,018" značajno povećava silu kojom luk deluje na zub, u poređenju sa upotrebom slota 0,022". Pri defleksiji većoj od 4 mm, ta razlika više nije značajna (63). Trebalo bi imati na umu da je dizajn bravica prvenstveno prilagođen postizanju idealnog položaja zuba u okviru alveolarne kosti. Nije namenjen izolovanom vertikalnom pomeranju zuba. Sa druge strane, ortodonska ekstruzija se često završava dovođenjem zuba u neki od ekstremnih položaja, do pred samu ekstrakciju. Suštinski, u ISD proceduri (*eng. Implant Site Development*), zub se pomera do samih granica alveolarne kosti (23).

Uticaj ortodontske ekstruzije zuba na okolna parodontalna tkiva prvenstveno zavisi od pravca dejstva sile i njene magnitude. Na nivou alveolarne kosti, sila pritiska izaziva lokalni fiziološki odgovor u vidu pojačane osteoklastične aktivnosti što posledično dovodi do resorpcije kosti (64). Nasuprot tome, sila vuče stimuliše lokalnu osteoplastičnu aktivnost i dolazi do apozicije kosti. Na nivou mekih tkiva, ortodontska ekstruzija dovodi do vertikalne elongacije gingivalnih kolagenih vlakana. Sa teorijskog stanovišta, kada bi se jednokoreni zub kupastog oblika korena pomerao isključivo u koronarnom pravcu, došlo bi do istežanja periodontalnih vlakana na celoj površini korena, bez polja pritiska. Kao rezultat, ovakvo pomeranje zuba dovodi do koronarnog pomeranja okolne alveolarne kosti, kao i proširenja zone keratinizovane gingive (65).

Histološka istraživanja sa jedne, i klinička sa druge strane, potvrđuju upotrebu blagih, kontinuiranih sila za ortodontsko pomeranje zuba (66). Veza između pravca dejstva sile i njenog intenziteta, kao i najkraćeg mogućeg vremena da se postigne željeno pomeranje zuba a da se izbegnu komplikacije, konstantno je predmet debate u ortodontskom svetu. Kada se govori o ortodontskoj ekstruziji zuba, ključni faktori koji utiču na vreme potrebno da se ovakvo pomeranje izvede su: oblik zuba (jednokoreni brže nego višekoreni), uzrast pacijenta (brže je kod mlađih), obimnost samog pomeranja, karakteristike okolne alveolarne kosti (obično je brže kroz manje mineralizovanu kost) i stanje periodontalnog ligamenta (značajno sporije kod parcijalne ankiloze zuba koja može biti posledica traume, endodontskog lečenja i sl.) (67).

U literaturi su objavljeni različiti podaci o optimalnom intenzitetu sile prilikom ortodontske ekstruzije zuba (42). Neophodno je kontrolisati pravac dejstva ortodontske sile kako bi se koren ekstrudiranog zuba pomerao kroz kost, bez nagnjanja i eventualnog probijanja bukalnog korteksa (68). Kada se govori o jačini ekstruzivne sile, direktno zavisi od broja periodontalnih vlakana i alveolarne kosti, tj. od parodontološkog statusa zuba (22). Intenzitet mora biti veći od tonusa periodontalnih vlakana kako bi se dobila optimalna reakcija tkiva (21). Opšte je pravilo da je za ekstruziju parodontološki kompromitovanih zuba potrebna i slabija sila. Upotreba prejake ortodontske sile najčešće dovodi do resorpcije kosti (69). Takođe, i ubrzano pomeranje zuba nosi sa sobom i rizik od oštećenja i ankiloze (70).

Kada se govori o brzini ekstruzije, smatra se da je moguće postići od 1 mm pomeranja zuba nedeljno do 1 mm pomeranja na mesečnom nivou (22,68). U ovom opsegu brzine ekstruzije, ne očekuju se klinički ni radiografski znaci oštećenja parodonticijuma.

Iako nema apsolutnog uputstva, prema nekim autorima, optimalan intenzitet kontinuirane, ekstruzivne sile bi trebalo da iznosi oko 15 g za frontalne i oko 50 g za bočne zube (42,71). Korayem i sar. smatraju da, ukoliko se želi simultano i konstantno premeštanje koštanog i mekog tkiva oko ekstrudiranog zuba, sila ne bi trebalo da premaši 15 g za prednje i 50 g za bočne zube (42). Prema drugim autorima, ekstruzivna sila ne bi trebalo da premaši intenzitet od 50 g nezavisno od vrste zuba (72). Neki autori navode raspon intenziteta ekstruzivne sile 10-15 g za ekstruziju zuba sa lošom prognozom a u cilju stvaranja mesta prijema za ugradnju zubnog implanta (73). Postoje i studije u kojima se preporučuje sila intenziteta 15-50g za ekstruziju u okviru ISD (Implant Site Development) procedure (29). Conserva i sar. navode upotrebu intenziteta sile od 150 g za „ortodontsku ekstrakciju“ zuba i pripremanje koštanog tegmenta za ugradnju zubnog implanta (24). Jedno od istraživanja sprovedeno u Tajlandu iznosi podatak da je primenjena sila od 10,5 g po zubu za ekstruziju gornjih sekutića (74). Pikdoken i sar. su publikovali studiju gde se navodi ekstruzivna sila od ukupno 80 g za gornje sekutiće, tj. 20 g po zubu (75). U zavisnosti od željenog terapijskog

efekta, lokalnih faktora, morfologije i gustine okolne kosti, u nekim slučajevima intenzitet ekstruzivne sile može biti od 50 g do 75 g (1).

Na osnovu podataka iz literature, moglo bi se zaključiti da je brzina ekstruzije kao i jačina ortodontske sile u korelaciji sa regijom u kojoj se ekstruzija izvodi. Izbor ortodontskog mehanizma i intenzitet sile bi trebalo odrediti na osnovu precizne procene karakteristika zuba i parodonticijuma u željenoj regiji, i prilagođavati ga na redovnim kontrolama kako bi se smanjila mogućnost nastanka komplikacija (20).

Ortodontsku ekstruziju zuba je moguće izvesti i mobilnim i fiksnim ortodontskim aparatima. U slučajevima kada je indikovana terapija pokretnim aparatima, pomeranje zuba u vertikalnom pravcu se postiže upotrebom elastičnih elemenata (intermaksilarnih gumica) i njihovim kačenjem za žičani element ploče samog aparata i zub koji će se ekstrudirati. Ekstruzija se može postići i upotrebom nekih od modifikacija labijalnog luka. Takođe, u određenim slučajevima gde je indikovana, upotreba filareta za jezik utiče na budući vertikalni položaj frontalnih zuba.

Kada se govori o fiksnim ortodontskim aparatima, u literaturi su navedene različite tehnike za ekstruziju zuba. Pored standardnih, konvencionalnih fiksnih ortodontskih aparata (21,74), autori opisuju i upotrebu pomoćnih, ekstruzivnih žičanih lukova (75,76). Geron i sar. i Kaitsas i sar. su objavili prikaze slučajeva gde je opisana upotreba lingvalnog fiksnog ortodontskog aparata za ekstruziju zuba u okviru preprotetske pripreme (77,78).

Kontrolni pregledi kod pacijenata eksperimentalne grupe su zakazivani na svake 4 nedelje. U zavisnosti od slučaja, na pregledima su menjani ortodontski nitinolski lukovi i elastični i ligaturni elementi. U literaturi postoji više istraživanja gde se navodi interval od 4 nedelje između kontrolnih pregleda, bilo da se radi o ortodontskoj ekstruziji zuba sa dobrom ili lošom prognozom (24,29,73,74). Neki od autora navode da su, u svojoj studiji, kontrolne preglede obavljali jednom nedeljno (38). Kwon i sar. su ispitivali efekat ortodontske ekstruzije zuba sa lošom prognozom na razvoj koštanog tegmenta u okviru pripreme kosti za ugradnju dentalnih implanata. Kontrolni pregledi kod njihovih ispitanika su zakazivani na 3 nedelje (76). U toku aktivne faze terapije, prema Hochman-u i sar. pacijenti se zakazuju na 3 – 4 nedelje, kada se reaktiviraju elementi za ekstruziju zuba (23).

Tehnika ortodontske ekstruzije zuba, u cilju lečenja parodonticijuma, je prvi put opisana pre nešto više od 40 godina (64,79). Na samom početku, opisana je kao efikasna metoda za terapiju periodontalnih, infrakoštanih defekata. Nedugo potom, opisana je i ortodontska ekstruzija frakturiranih zuba, gde se obezbeđuje dodatna erupcija zuba kako bi se dobilo dovoljno zubne supstance supragingivalno, i stvorili uslovi za restauraciju prethodno nerestorabilnog zuba. Danas se ova tehnika koristi i za regeneraciju interdentalne papile i predstavlja rutinsku metodu sa predvidivim rezultatima (29,80–82). I najskorije, korišćenje ortodontske ekstruzije zuba za razvijanje i pripremu koštanog tegmenta za ugradnju zubnih implanata kojoj se pristupa sve češće zbog prednosti koje ima u odnosu na isključivo hirurške metode (83,84).

Postoji nekoliko problema kada se ortodontska ekstruzija koristi u terapiji. Nakon vertikalnog pomeranja zuba u koronarnom pravcu, može doći do okluzalnih smetnji i prevremenog kontakta ekstrudiranih zuba sa zubima suprotnog niza. O ovome bi trebalo voditi računa na svakom od kontrolnih pregleda, i uklanjati zubnu supstancu kako bi se prevremeni kontakti eliminisali. Opsežno uklanjanje zubne supstance najčešće dovodi do osetljivosti, a može doći i do otvaranja pulpe pa je neophodan profilaktički endodontski

tretman, čak iako je zub koji se ekstrudira indikovano za ekstrakciju. Sve navedeno predstavlja dodatne troškove i utrošak vremena, sa čime bi trebalo upoznati pacijenta (23).

Ortodontska ekstruzija zuba se povezuje i sa terapijom dentalne traume i krunično-korenskih fraktura. Povrede čvrstih zubnih tkiva karakteriše jedna ili više frakturnih linija, u kruničnom i/ili korenskom delu. Nastaju oštećenja kako gleđi, dentina i cementa, tako i potpornog aparata zuba. Zubna pulpa može i ne mora biti zahvaćena traumom (85,86). U terapiji povreda zuba, neophodan je multidisciplinarni pristup, uz angažman oralnog hirurga, ortodonta, specijaliste stomatološke protetike, parodontologa, specijaliste bolesti zuba i dečje stomatologije (87).

Kada je frakturna linija locirana duboko preko površine korena, a preostali deo povređenog korena može pružati dobru potporu za restauraciju zuba, navodi se više terapijskih mogućnosti. Izuzev osteotomije sa gingivektomijom i forsirane reimplantacije zuba, indikovana je i ekstruzija povređenog zuba kako bi se zub adekvatno protetski rehabilitovao (88).

Ekstruzija može biti hirurška i ortodontska. Prednosti hirurške su brzina postizanja rezultata i jednostavno izvođenje (89,90). Prednosti ortodontske su bolja biološka stabilnost i očuvanje pripoja i integriteta gingivalne papile (88). Nekoliko kliničkih studija navodi ortodontsku ekstruziju kao adekvatnu terapijsku metodu za očuvanje korena zuba i protetsku restauraciju (91,92). Prema Bach-u i sar. postoji više različitih načina da se ortodontska ekstruzija izvede, i da bi, pri izboru metode, trebalo obratiti pažnju na jačinu sile i pristupiti svakom slučaju individualno (93).

U ovoj studiji, kada se govori o ukupnom iznosu ekstruzije zuba, merenom u milimetrima, trebalo bi imati na umu da je indikacija za ekstruziju bila isključivo ortodontska. Svi ekstrudirani zubi uključeni u istraživanje su bili sa odličnom prognozom, u infrapoziciji u odnosu na okluzalnu ravan. Kako je iznos ekstruzije meren isključivo poređenjem parametara na CBCT presecima, u ovoj studiji su prezentovani podaci o iznosu ukupne ekstruzije zuba, do dostizanja okluzalne ravni. Vrednosti vertikalnog pomaka za zube eksperimentalne grupe iznosile su $1,46 \pm 0,9$ mm sa maksimalnom vrednošću 4,85 mm i minimalnom vrednošću 0,21 mm (Tabela 4.1.2, Grafikon 4.1.3).

Prema podacima iz literature, ukupan iznos ekstruzije zuba nije najjasnije definisan. U pitanju su studije gde su zubi ekstrudirani u okviru ISD procedure, pa su, samim tim, ekstrudirani do potpunog izlaska iz alveolarne čašice (21,24,29,73,76). Međutim, u nekim studijama postoje podaci o brzini ekstruzije zuba. Amato i Conserva u svojim istraživanjima navode iznos od 0,7 – 1 mm ekstruzije zuba na mesečnom nivou (24,29).

U studijama gde je indikacija za ortodontsku ekstruziju zuba bila protetsko – restaurativna, podataka o brzini ekstruzije najčešće nema (38,77). Kim i sar. su objavili podatke o brzini ekstruzije koja je prethodila protetskom zbrinjavanju, a iznosila je 1 – 2 mm nakon 2 nedelje terapije (94).

U istraživanju sprovedenom u Turskoj, ortodontska ekstruzija je bila indikovana u terapiji dentoalveolarnog otvorenog zagrižaja. Objavljen je podatak o ukupnom iznosu ekstruzije od $3,2 \pm 0,47$ mm (75). Udom i sar. su publikovali studiju gde je navedena brzina ekstruzije 0,2 – 0,3 mm na mesečnom nivou (74).

Veoma bitan faktor, sa metodološkog aspekta, jeste izbor radiografskog metoda za detekciju i merenje promena pozicije zuba i uticaja na alveolarnu kost nakon ortodontske ekstruzije.

Kada se razmatra izbor radiografskog metoda za procenu vrednosti sprovedene terapije, CBCT, svakako, spada u savremenu, pouzdanu i preciznu radiografsku metodu koja, na najbolji mogući način, omogućava definisanje kvantitativnih karakteristika kriterijuma, validnih za ocenu uspešnosti terapijske metode: submilimetarska preciznost, detekcija debljine korteksa iz svih pravaca, oko čitavog obima zuba i sl. Softverska podrška metodi, omogućuje najrazličitije manipulacije sa slikom, bez gubitka opštih kvaliteta radiograma, odnosno, preciznosti detalja (uvećavanje slike, poboljšavanje kontrasta u cilju bolje vizualizacije sitnih detalja i sl.).

Kada se procenjuje radiološki rizik za pacijenta, trebalo bi naglasiti da, digitalni ortopantomograf, u odnosu na standardni OPT, zahvaljujući smanjenju mA, višestruko (4 -8 puta) smanjuje radiološki rizik za pacijenta (95). Uz navedene, i ova činjenica daje izvesnu prednost radiografskoj metodi koja se planira. Eventualne dileme mogu se, objektivno, pojaviti kada je u pitanju izbor rezolucije u kojoj se vrši radiografisanje, tj. u rezoluciji srednje ili visoke kategorije.

Razlog za dilemu prilikom opredeljenja između srednje i visoke rezolucije jeste činjenica da se, pri izvođenju radiografisanja u visokoj rezoluciji, pacijentu saopštava do tri puta veća doza zračenja nego kada se radiografisanje obavlja u kategoriji srednje rezolucije. Prednost se ipak daje kategoriji visoke rezolucije, pre svega zbog činjenice da se neophodna, submilimetarska preciznost u kvantifikovanju traženih kriterijuma može postići jedino u polju visoke rezolucije (razlikovanje 10 do 12 linija u milimetru dužine, u odnosu na 1 do 2 linije, kakva je kategorija srednje rezolucije). Dakle, preciznost metode je višestruko i neuporedivo veća kada se ona obavlja u kategoriji visoke rezolucije, a upravo takav nivo preciznosti suštinski utiče na procenu terapijskih efekata (95). U ovom kontekstu, ne treba zanemariti ni sledeće činjenice. Najpre, da jonizujućim zraci prolaze kroz relativno mali volumen tkiva, obuhvatajući do tri susedna zuba, te da ne obuhvataju strukture i tkiva, koje karakteriše visoka radiosenzitivnost (kao što je, pre svega, očno sočivo). Druga činjenica je da, smanjena jačina struje (mA), pri dijagnostičkom metodu, kao što je ranije navedeno, 4-8 puta smanjuje radiološki rizik za pacijenta u odnosu na standardne ortopantomografske metode, tako da kategorija visoke rezolucije još uvek predstavlja 2 do 3 puta manji radiološki rizik za pacijenta u odnosu na standardni OPT metode, koje se i dalje koriste u svakodnevnoj stomatološkoj praksi (51).

Poređenjem 3D snimaka standardne i visoke rezolucije pacijenata iz, već postojeće, baze podataka, utvrđeno je da je precizna vidljivost kao i registrovanje promena dimenzije bukalnog korteksa jedino moguća u visokoj rezoluciji (51). Debljina bukalnog korteksa u frontalnoj regiji se kreće od 0.0mm do više od 1mm, najčešće u rasponu od 0.4-0.7 mm (96). Izradom 3D snimaka će se utvrditi da li se, ortodontskom ekstruzijom, postiže produženje anatomske krune zuba, tj. da li se produžava segment zuba koji će biti van alveolarne kosti ili će ona izostati, što sve bitno utiče na status potpornog aparata zuba posmatrane regije. U polju visoke rezolucije, omogućeno je precizno merenje debljine i visine bukalne koštane lamele, kao i dobijanje informacija o drugim, kvalitativnim i kvantitativnim parametrima koji se odnose na potporni aparat, pre i posle tretmana.

Veličina voksel na radiogramima u ovom istraživanju je bila 0,1x0,1x0,1 mm. Voksel predstavlja trodimenzionalni piksel koji softver koristi kako bi rekonstruisao sliku

(97). Najefikasniji način da se poboljša rezolucija slike je da se smanji veličina voksel, što posledično uslovljava i emisiju veće doze zračenja (98).

Osim veličine voksel, veoma važan faktor u preciznosti merenja dimenzija alveolarne kosti je i prethodno ortodontsko pomeranje zuba. Poznato je da ortodontsko pomeranje zuba podstiče osteoklastičnu aktivnost i izaziva smanjenje gustine kosti (99). Prikaz različitih tkivnih struktura na CBCT presecima je posledica različite gustine tkiva, te je veoma teško razlikovati mladu, nezrelu kost od mekih tkiva. Stoga je preporuka da se CBCT radiografisanje izvede oko 6 meseci do 1 godine nakon ortodontskog pomeranja zuba (53).

Brojne su studije koje su se bavile efektom ortodontskog pomeranja zuba na adaptaciju alveolarne kosti. Ranije su ove promene bile detektovane na studijskim modelima i radiogramima, a u skorije vreme, objavljuju se i studije sa upotrebom CBCT radiografisanja (73,74). Međutim, još uvek ih nema u velikom broju, i smatra se da bi bilo poželjno u novim istraživanjima povećati broj ispitanika i smanjiti veličinu voksel. Tako bi se detaljnije ispitao efekat ortodontskog pomeranja zuba na promene na alveolarnom procesusu (100).

Svi ispitanici koji su uključeni u ovo istraživanje, su podeljeni u dve grupe, eksperimentalnu i kontrolnu grupu. Prema doskorašnjim saznanjima, veoma su retke studije na temu efekta ortodontske ekstruzije zuba na parodontijum koje su obuhvatale i zdrave ispitanike u okviru kontrolne grupe. Pacijenti eksperimentalne grupe su, zbog jasnijeg tumačenja dobijenih rezultata kod određenih parametara, podeljeni u dve podgrupe. O ovome će biti više reči u daljem tekstu.

Uzrast ispitanika eksperimentalne i kontrolne grupe, u trenutku uključivanja u istraživanje, se statistički značajno ne razlikuje (Tabela 4.1.1). Osnovni kriterijum što se uzrasta tiče je bio da su svi ispitanici uzrasta od 19 godina i stariji. Može se pretpostaviti da je komponenta rasta kao faktor promena na čvrstim i mekim oralnim tkivima, svedena na minimum, ovakvom selekcijom pacijenata. Samim tim, detektovane promene na oralnim tkivima se mogu smatrati efektom, tj. posledicom ortodontskog pomeranja zuba.

Vremenski interval koji je protekao između početnih i završnih merenja i radiografisanja u obe grupe se statistički značajno ne razlikuje (Tabela 4.1.1, Grafikon 4.1.1). Ovaj podatak ukazuje na to da su promene na alveolarnoj kosti i ostalim parodontalnim tkivima mogle biti praćene, kod pacijenata obe grupe, u sličnom vremenskom okviru.

Poredeći promenu dužine zuba u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, utvrđena je statistički značajna razlika izmerenih vrednosti ($p=0,000$). Primećeno je skraćenje dužine zuba eksperimentalne grupe nakon ortodontske ekstruzije (Tabela 4.1.2, Grafikon 4.1.2). Eksterna resorpcija korena zuba nakon ortodontske terapije predstavlja čest neželjeni efekat (101). U pitanju je smanjenje dužine zuba zbog resorpcije vrha korena, koja nastaje kao posledica brojnih unutrašnjih i spoljašnjih faktora. U većini slučajeva, resorpcija koja nastaje kao posledica ortodontskog pomeranja zuba, nije klinički značajna (102). Međutim, ukoliko je resorpcija vrha korena izraženija, može dovesti do povećane pokretljivosti zuba u svim pravcima, i do eventualnog gubitka zuba (101).

Prema podacima iz literature, nisu svi zubi podjednako podložni resorpciji. Najobimnija resorpcija vrha korena zuba, nakon ortodontskog pomeranja, se javlja kod gornjih lateralnih sekutića. Slede gornji centralni sekutići, zatim mandibularni frontalni zubi i gornji očajnici sa najblaže izraženom resorpcijom (101).

Važno je istaći da je, u najvećem broju objavljenih slučajeva, klinički značaj nastale resorpcije veoma mali. Deng u svojoj meta analizi navodi da je obim resorpcije manji kada se dijagnostikuje na CBCT radiogramima nego na nekoj od dvodimenzionalnih radiografskih metoda (101).

Kada se govori o preciznom merenju promene položaja zuba u vertikalnoj ravni, merena je promena rastojanja od centra otpora zuba (CO) do referentne ravni vilice u kojoj se zub nalazi (SpP ili MP). Ukoliko bi se merila promena rastojanja od vrha kvržice ili sečivne ivice zuba do referentne ravni, dobio bi se podatak koji se ne bi isključivo odnosio na pomeranje zuba u vertikalnoj ravni. Retrudiranjem frontalnih zuba, vrh kvržice/sečivna ivica se pomera unazad i ka okluzalno. Obrnuto, protrudiranjem, vrh kvržice/sečivna ivica se pomera ka napred i apikalno. I pored prividne promene položaja vrha kvržice/sečivne ivice u vertikalnoj ravni, ne bismo bili u mogućnosti da precizno odredimo pomeranje zuba u apikalno koronarnom pravcu.

Očekivano, vertikalni pomak (VP) se statistički značajno razlikuje na zubima eksperimentalne i kontrolne grupe, što je direktna posledica ortodontske terapije i aplikacije sila usmerenih ka okluzalno.

Uopšteno, uspeh ortodontske ekstruzije zavisi od detaljne kliničke i radiološke procene samog zuba, okolnih anatomskih struktura, potpornog aparata i okluzije. Ovu procenu bi se trebalo izvršiti više puta, pre, u toku i nakon završene ortodontske ekstruzije. Prihvatanje terapije od strane pacijenta i saradnja tokom tretmana su od izuzetnog značaja za postizanje dobrog terapijskog rezultata (71).

Ortodontsko pomeranje zuba ne utiče samo na položaj zuba. Zub i okolna parodontalna tkiva bi trebalo posmatrati kao celinu, tj. kao dinamični sistem čije se sve komponente menjaju prilikom dejstva ortodontske sile. U ovom istraživanju fokus i jeste na promenama na okolnim tkivima prilikom ortodontske ekstruzije zuba.

Jedan od kliničkih parametara koji je meren bila je i promena pozicije vrha bukalne i oralne lamele u odnosu na gleđno cementnu granicu (BL/GC i OL/GC). Promena pozicije je evidentirana i u eksperimentalnoj i u kontrolnoj grupi ali bez statistički značajne razlike između grupa (Tabela 4.1.2, Grafikoni 4.1.4 i 4.1.5). Promena pozicije vrha bukalne i oralne lamele je, prema rezultatima ovog istraživanja, u apikalnom pravcu. Povećanjem rastojanja BL/GC i OL/GC, zaključuje se da vrh i bukalnog i oralnog korteksa praktično udaljio od gleđno cementne granice, premeštajući se apikalnije. Ovo upućuje na resorpciju bukalne i oralne lamele, posmatrano u odnosu na zub kao referentni sistem. Međutim, kako su zubi eksperimentalne grupe promenili položaj, i to bi trebalo uzeti u obzir prilikom tumačenja pozicije vrha bukalne i oralne lamele.

Kada su upoređeni rezultati dobijeni merenjem promene debljine bukalne i oralne kosti u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, utvrđena je statistički značajna razlika u promeni debljine bukalne lamele na 1 mm od vrha bukalne lamele. Promena debljine bukalne lamele merena na 3 mm od vrha BL, kao i promena debljine oralne lamele na oba nivoa merenja, se statistički značajno ne razlikuje između grupa (Tabela 4.1.3 i 4.1.4). Ovakav rezultat bi se mogao objasniti činjenicom da su, u eksperimentalnoj grupi, upotrebljavane blage, kontinuirane sile ($F \leq 50$ g), usmerene kroz uzdužnu osovinu zuba, koje ne vrše pritisak na bukalni korteks preko periodontalnih vlakana (103), što bi, da je drugačije, prema nekim autorima, dovelo do fenestracije kosti (104).

Promene na alveolarnoj kosti koje nastaju tokom ortodontskog pomeranja zuba su dobro poznate i opisane u literaturi. Histološki, u periodontalnom ligamentu se javljaju zone pritiska i zone tenzije (vuče) kao rezultat dejstva sile na zub. U zonama pritiska dolazi do poremećaja protoka krvi, što uslovljava odumiranje ćelija i stvaranje hijaline zone. Nastupa podminirajuća resorpcija pod dejstvom makrofaga i zbog pojačane aktivnosti osteoklasta, što na kraju dovodi do pomeranja zuba (105). Trebalo bi imati na umu da je veličina i rasprostranjenost hijaline nekrotične zone od velikog značaja za brzinu pomeranja zuba. Interesantan je podatak da će, tokom ortodontskog pomeranja zuba, veličina hijaline zone biti manja, ukoliko se upotrebe veoma blage sile u početku, a zatim postepeno pojačavaju, u poređenju sa upotrebom jačih sila konstantnog intenziteta (106).

U zonama vuče, istežanje perodontalnog ligamenta podstiče protok krvi, što za posledicu ima pojačanje aktivnosti osteoblasta i formiranje nove kosti (21).

Ortodontska ekstruzija je kao vrsta pomeranja zuba specifična u tom smislu što sila dejstva najčešće prolazi kroz uzdužnu osovinu zuba, ili je skoro paralelna sa njom. Usmerena je koronarno, što za posledicu ima preovladavanje zone vuče u čitavom periodontalnom ligamentu (71). Stoga se očekuje i apozicija kosti u pravcu pomeranja i povećanje vertikalne dimenzije alveolarne kosti u koronarnom smeru.

U ovom istraživanju, promene na nivou alveolarne kosti oko posmatranih zuba su uočene i interdentalno. Izmerene su promene vertikalnih nivoa interdentalnih septuma, mezijalno i distalno, i to kao promena najkraćeg rastojanja od vrha interdentalnog septuma do osnovne ravni vilice u kojoj se zub nalazi (SpP ili MP), na frontalnom CBCT preseku (Slika 3.11).

U okviru eksperimentalne grupe, na ekstrudiranim zubima, promena visine mezijalnog interdentalnog septuma (ΔIDS_m) je iznosila $1,06 \pm 1,03$ mm (Tabela 4.1.5, Grafikon 4.1.6).

Na zubima kontrolne grupe, prosečna vrednost promene visine mezijalnog interdentalnog septuma bila je $0,03 \pm 0,36$ mm (Tabela 4.1.5, Grafikon 4.1.6).

Utvrđena je statistički značajna razlika u promeni vertikalne dimenzije mezijalnog interdentalnog septuma u obe grupe ($p=0,000$) što upućuje na apoziciju alveolarne interdentalne kosti mezijalno od ekstrudiranog zuba u koronarnom smeru.

Uprkos očekivanjima, promena visine distalnog interdentalnog septuma (ΔIDS_d) oko ekstrudiranih zuba nije pokazala statističku značajnost (Tabela 4.1.7, Grafikon 4.1.7). Ovakav rezultat bi se mogao objasniti na sledeći način. U metodologiji za ovo istraživanje, odabrani su isključivo gornji ili donji stalni frontalni zubi za ispitivanje efekta ortodontske ekstruzije na parodontijum. U okviru eksperimentalne grupe, od 36 posmatranih zuba, 11 je ekstrudirano u prostor distalnog agoniste koji je ekstrahiran zbog inicijalnog ortodontskog plana terapije. U pitanju je 11 očajnika, gde je nakon kompletne dijagnostike, indikovana ekstrakcija prvih premolara iz ortodontskih razloga. Ekstrakcija distalnog agoniste bi trebalo da ima uticaj na visinu distalnog interdentalnog septuma oko posmatranog zuba. Inicijalna visina IDS_d je izmerena na CBCT radiogramima pre obavljene ekstrakcije prvih premolara. Pretpostavlja se da je nakon završene terapije, ΔIDS_d u eksperimentalnoj grupi posledica ne samo ortodontske ekstruzije zuba, već i ekstrakcije distalnog agoniste.

Kako bi se dobili relevantniji podaci o efektu ortodontske ekstruzije na visinu distalnog interdentalnog septuma, zubi eksperimentalne grupe su bili podeljeni u dve

podgrupe. Prvu su činili ekstrudirani zubi bez ekstrakcione terapije (bez ekstrakcije distalnog agoniste, **E-nonex**), a drugu zubi sa ekstrakcijom distalnog agoniste, **E-ex**.

Promena visine distalnog interdentalnog septuma se statistički značajno razlikovala između E-nonex i kontrolne grupe, kao i između E-nonex i E-ex grupe. Nije utvrđena statistički značajna razlika između E-ex i kontrolne grupe (Tabela 4.1.7, Grafikon 4.1.8).

Povećanje vertikalne dimenzije distalnog interdentalnog septuma je evidentirano kod ekstrudiranih zuba gde nije bila indikovana ekstrakcija distalnog zuba agoniste. Kada se izolovao uticaj ekstrakcije zuba na okolnu alveolarnu kost, dobijen je rezultat koji ide u prilog efektivnosti ortodonske ekstruzije zuba u smislu formiranja nove kosti, u pravcu pomeranja zuba.

U ovom istraživanju, uticaj ortodonske ekstruzije zuba na vertikalnu dimenziju bukalnog i oralnog dela alveolarne kosti (bukalne i oralne koštane lamele), ispitan je u odnosu na promenu pozicije centra otpora (CO) ekstrudiranog zuba i udaljenosti od vrha bukalne/oralne lamele do gleđno cementne granice. Promena rastojanja od vrha bukalne/oralne lamele do gleđno cementne granice se nije mogla uzeti u obzir za kvantitativnu analizu apozicije/resorpcije alveolarne kosti. Ponašanje bukalne i oralne lamele može da se prati rastojanjem od GCG do ivice kosti. Ukoliko se ne povećava rastojanje u funkciji vremena, onda se i može zaključiti da je ekstruzija zuba praćena i apozicijom kosti, i obrnuto.

Uzevši sve navedeno u obzir, promena vertikalne dimenzije bukalne i oralne lamele (ΔBL i ΔOL) je izračunata kao razlika vertikalnog pomaka zuba (VP, promena pozicije CO ispitivanog zuba u odnosu na SpP/MP ravan u vertikalnom pravcu) i promene rastojanja od vrha bukalne/oralne lamele do gleđno cementne granice na istom zubu.

Dobijeni rezultati ispitivanja ukazuju na statistički značajnu razliku u povećanju vertikalne dimenzije, kako bukalne, tako i oralne lamele, između zuba eksperimentalne i kontrolne grupe (Tabela 4.1.8 i 4.1.9, Grafikon 4.1.9 i 4.1.10).

Prema dobijenim podacima, oko ekstrudiranih zuba je došlo do statistički značajnog povećanja vertikalnih dimenzija mezijalne, distalne, bukalne i oralne alveolarne kosti. Ovakav rezultat ide u prilog činjenici da se apozicija kosti, kod ortodonske ekstruzije zuba, odvija u pravcu pomeranja, tj. u koronarnom pravcu, što je u skladu sa podacima iz literature (107).

Ekstruzivna komponenta ortodonske sile bi mogla uticati na reparaciju alveolarnih koštanih defekata indukcijom rasta parodontalnih tkiva (108). Pomeranje zuba u vertikalnom pravcu je praćeno istežanjem vlakana periodontalnog ligamenta (104,109). Zbog istežanja dolazi do pojačanog protoka krvi u periodontalnom ligamentu i apozicije nove kosti u pravcu pomeranja zuba (107). Uspeh i efektivnost ortodonske ekstruzije zuba direktno zavisi od stanja periodontalnih vlakana. Smatra se da je neophodno prisustvo intaknih periodontalnih vlakana u bar jednoj četvrtini površine apikalne regije zuba (45).

Prema eksperimentalnim studijama i prikazima slučajeva, ortodonska ekstruzija zuba sa infrakoštanim defektima, gde je defekt oivičen sa dva ili tri koštana zida, rezultira povoljnijom pozicijom periodontalnih vlakana i redukcijom koštanih defekata (110,111). Koštani defekti mogu nastati kao posledica traumatske okluzije i inflamatornih procesa u okviru periodontitisa. Poznato je da se redukcija koštanih defekata postiže tehnikama kao što je vođena regeneracija tkiva (*GTR – guided tissue regeneration*) (112). Međutim, infrakoštani

defekti sa samo jednim zidom predstavljaju kontraindikaciju za ovu proceduru. Sa druge strane, ortodonsko pomeranje zuba utiče na povećanje zone pripoja periodontalnih vlakana i visine alveolarne kosti (113). Stoga se, u ovakvim slučajevima, preporučuje ortodonska terapija kako bi se poboljšala okluzija i smanjili koštani defekti.

Smatra se da ortodonska ekstruzija zuba utiče na smanjenje dubine izolovanih infrakoštanih defekata (114). Ukoliko se obavi cirkumferentna suprakrestalna fiberotomija, ortodonska ekstruzija neće dovesti do povećanja visine alveolarne kosti (32). Kod naših pacijenata nisu vršene naknadne hirurške procedure na periodontalnom pripoju u toku ekstruzije, te su i dobijeni rezultati u skladu sa podacima iz literature. Novi periodontalni pripoj se može formirati isključivo od ćelija periodontalnog ligamenta. Aktivnost ovih ćelija raste ortodontskim pomeranjem i istezanjem vlakana, pa se stiču uslovi za apoziciju nove alveolarne kosti.

Linearnom regresionom analizom utvrđeno je da promena dužine zuba, promena visine mezijalnog interdentalnog septuma, promena visine bukalne i oralne lamele (ΔL , ΔISm , ΔBL i ΔOL) jesu nezavisni prediktori razlika kojima se može opisati 93% varijabilnosti u okviru populacije u pogledu vertikalnog pomeranja zuba (VP) (Tabela 4.1.10).

Osnovni ciljevi ortodonske terapije su uspostavljanje dobre i stabilne okluzije, dentalne estetike i estetike lica. Sve je više odraslih pacijenata koji traže ortodonsku terapiju, a nepobitna je činjenica da incidenca parodontoloških oboljenja raste sa godinama. Broj pacijenata sa parodontološkim oboljenjima koji su u ortodonskoj terapiji neprekidno raste (1).

U mnogim kliničkim situacijama, ortodonska terapija može doprineti sveobuhvatnoj rehabilitaciji stomatognatog sistema. Kada su parodontalna oboljenja u pitanju, neophodna je evaluacija stanja od strane parodontologa, kako bi se napravio adekvatan terapijski plan, koji uključuje obe specijalnosti. Može uključivati ortodonsko pomeranje zuba u cilju sticanja uslova za obavljanje drugih stomatoloških procedura, ili u cilju obezbeđivanja dobre i stabilne okluzije (115).

Uznapredovala parodontopatija kod odraslih pacijenata ne predstavlja kontraindikaciju za ortodonsku terapiju. Naprotiv, ortodonska terapija je često neophodna faza u kompleksnom lečenju ovakvih stanja (116). Kod pacijenata sa kompromitovanim parodontacijumom, smanjena je površina periodontalnog ligamenta i aplikacija ortodonske sile ima drugačiji biološki i biomehanički efekat nego na zubima sa intaktnim parodontacijumom. Zubima sa redukovanim parodontacijumom se centar otpora premešta apikalnije, te se prilikom aplikacije sile stvaraju veći momenti sile, sa intenziviranjem ekstruzivne komponente sile (117).

U ovom istraživanju je ispitivan efekat ortodonske ekstruzije na promenu širine zone keratinizovane i fiksirane gingive, položaj i visinu interdentalnih papila, dubinu gingivalnog sulkusa i promenu položaja mukogingivalne linije.

Među pacijentima, kada se govori o godinama starosti i vremenskom intervalu proteklom između dva merenja posmatranih parametara, nije bilo statistički značajne razlike između eksperimentalne i kontrolne grupe (Tabela 4.2.1).

U metodologiji za ovo istraživanje je definisana podela eksperimentalne grupe na dve podgrupe. Prvu su činili zubi koji su se u ortodonskoj terapiji ekstrudirali (EVM grupa) a

drugu, zubi koji se nisu ekstrudirali u toku ortodontskog tretmana a agonisti su zubima iz EVM grupe (EA grupa). Promene mekotkivnih parametara su poređene između svih definisanih grupa (EVM, EA i kontrolna).

Razlog za prethodnu podelu eksperimentalne grupe je bio taj da se ispita efekat ortodontske ekstruzije na meka tkiva kako ekstrudiranih zuba, tako i zuba agonista.

Statistički su poređene promene vrednosti rastojanja od mukogingivalne linije do incizalne ivice/kvržice zuba (Δ MGLZ) na završnom i početnom merenju u okvirima sve tri definisane grupe. Rezultati su pokazali statistički značajnu razliku između EVM i EA grupe, kao i između EVM i kontrolne grupe (Tabela 4.2.2, Grafikon 4.2.2).

Ovakav rezultat bi se mogao objasniti promenom položaja ekstrudiranih zuba u vertikalnom pravcu i relativno diskretnim promenama položaja mukogingivalne linije u okviru EVM grupe, dok se položaj zuba u grupama EA i kontrolnoj nije menjao.

Promena položaja mukogingivalne linije na ekstrudiranim zubima u okviru eksperimentalne EVM grupe je zabeležena uz pomoć promene vrednosti MGLZ i iznosa ekstruzije zuba merene na centru otpora (VP). Koronarno pomeranje MGL na ekstrudiranim zubima je registrovano u 50% slučajeva. Prema podacima iz literature, pomeranje mukogingivalne linije ka koronarno, u toku ortodontske ekstruzije, registruje se u 52-55% slučajeva (75).

Ispitivanjem promene širine zone keratinizovane gingive (Δ KG), utvrđena je statistički značajna razlika jedino između zuba EVM i kontrolne grupe (Tabela 4.2.3, Grafikon 4.2.3). Razlika između EVM i EA grupe je blizu granice statističke značajnosti ($p=0,076$) i pretpostavka je da bi se, na većem uzorku, utvrdila statistički značajna razlika i između ovih grupa.

Rezultat pokazuje uticaj ortodontske ekstruzije zuba na širinu zone keratinizovane gingive, u smislu njenog povećanja. U literaturi se mogu pronaći studije koje su objavile slične podatke. Amato i sar. navode efikasnost ortodontske ekstruzije zuba sa lošom prognozom, u okviru ISD procedure, u proširenju zone keratinizovane gingive (29). Pikkdoken i sar. su ispitivali uticaj ekstruzije mandibularnih sekutića na položaj mukogingivalne linije i širinu zone keratinizovane gingive. Objavili su podatak da dolazi do povećanja zone keratinizovane gingive i pomeranja mukogingivalne linije ka koronarno, u pravcu ekstruzije (75).

Slični podaci se mogu naći i u studijama sprovedenim na životinjama. Tokom ortodontske ekstruzije zuba, odnos između ruba alveolarne kosti i gledno cementne granice ostaje isti (118). Slobodna gingiva prati pomeranje zuba u koronarnom pravcu oko 90%, pripojna gingiva takođe, oko 80% od iznosa ekstruzije, a mukogingivalna linija ostaje približno u istom položaju (119). U slučajevima kada pomeranje ruba alveolarne kosti i marginalne gingive, ka koronarno, nije poželjno (subgingivalne ili infrakoštane frakture ili oštećenja krune/korena), preporučuje se periodično izvođenje cirkumferencijalne suprakrestalne fiberotomije u toku tretmana (37).

Dubina gingivalnog sulkusa (DS) je registrovana takođe u dva navrata u sve tri grupe posmatranih zuba. Iako su registrovane promene dubine, nije utvrđena statistički značajna razlika između grupa (Tabela 4.2.4, Grafikon 4.2.4). Kako je jedan od osnovnih kriterijuma za uključivanje u studiju bio i zdrav parodontcijum kod pacijenta, kod svih posmatranih zuba su oba merenja dubine gingivalnog sulkusa obavljena u trenutku kada nije bilo znakova

inflamacije gingive. Inflamacija marginalne gingive može dovesti do povećanja dubine gingivalnog sulkusa. Pošto inflamacija nije evidentirana kod pacijenata uključenih u studiju, to bi moglo biti objašnjenje ovakvog rezultata, kada je promena dubine sulkusa u pitanju. U literaturi postoje podaci o redukciji dubine sulkusa nakon ortodonske ekstruzije zuba, ali u okviru ISD protokola (29).

Širina zone fiksirane gingive (FG) je registrovana pomoću izmerenih vrednosti širine zone keratinizovane gingive (KG) i dubine gingivalnog sulkusa (DS). Poređenjem dobijenih rezultata u okviru EVM, EA i kontrolne grupe, nije utvrđena statistički značajna razlika (Slika 4.2.6, Grafikon 4.2.7).

Visina interdentalne papile (MP i DP) oko ispitivanih zuba bila je merena kao najkraće rastojanje od mukogingivalne linije do vrha mezijalne ili distalne papile (Slika 3.17). U EVM grupi, ukalkulisano je i pomeranje mukogingivalne linije, na zubima gde je registrovano. Promena visine je registrovana na završnom merenju i nije utvrđena statistički značajna razlika između definisanih grupa (Slika 4.2.5, Grafikoni 4.2.5 i 4.2.6).

Položaj i dimenzija interdentalnih papila predstavljaju veoma važan faktor u estetici osmeha. Poznato je da ortodonsko pomeranje zuba utiče na izgled interdentalne papile. Prema podacima iz literature, kod ortodonski tretiranih, odraslih pacijenata, incidenca povlačenja interdentalne papile i otvaranja triangularnog prostora gingivalno od kontakta maksilarnih sekutića iznosi oko 38% (120). U istoj studiji se navodi da su povećano rastojanje od ruba alveolarne kosti do interproksimalnog kontakta, kraći i incizalnije postavljen interproksimalni kontakt, divergiranje kruničnog dela zuba i formiranje trouglastog prostora interdentalno, faktori koji utiču na gubitak interdentalne papile. Kod normalne pozicije papile, korenovi sekutića su u blago konvergirajućem položaju (120). Prema drugim autorima, za oblik i veličinu papile su interradikularno rastojanje i rastojanje od kontaktne tačke/površine do vrha septuma alveolarne kosti, od presudnog značaja (121).

Kod parodontološki kompromitovanih pacijenata, gde je interdentalna papila izgubljena, terapijski pristup bi trebalo da bude multidisciplinarnan. Savetuje se interproksimalna redukcija gleđi uz ortodonsko pomeranje zuba, kako bi se kontaktna površina premestila gingivalnije i približila rubu alveolarne kosti. Osim toga, korenove susednih zuba bi trebalo postaviti u blago konvergentni položaj. Prema dosadašnjim saznanjima, nije dovoljno ispitan uticaj isključivo ortodonske ekstruzije zuba na položaj i veličinu interdentalne papile. Objavljeni su prikazi slučajeva i serije slučajeva, ali je potrebno sprovesti istraživanja na većem broju ispitanika kako bi se dobili relevantniji rezultati.

Posmatrajući ovo kliničko, prospektivno, istraživanje u širem smislu, nalazimo da se značaj istraživanja ogleda u ostvarivanju veze između nekoliko stomatoloških specijalističkih grana, odnosno multidisciplinarnosti. Sa aspekta ortopedije vilica, analizom eksperimentalne i kontrolne grupe, dobijeni su značajni podaci o ortodonskoj ekstruziji zuba. Upotpunjena je slika o pomeranju zuba nakon aplikacije vertikalne, koronarno usmerene ortodonske sile. Upotrebom moderne CBCT tehnike radiografisanja, ostvarena je mogućnost definisanja i preciznog merenja vertikalnog pomeranja zuba na nivou centra otpora, za razliku od doskorašnjih istraživanja, gde je najčešće rađeno registrovanje pomeranja sečivne ivice ili kvržice zuba. Sa druge strane, dobijene vrednosti u istraživanju ukazuju na pojavu resorpcije i skraćanja korena zuba nakon ortodonske ekstruzije o čemu je neophodno uvek voditi računa tokom ortodonske terapije standardnim fiksnim aparatima koja je ovde korišćena. Sa parodontološkog aspekta, dobijeni su značajni podaci o uticaju ortodonske ekstruzije na alveolarnu kost i gingivu. Zahvaljujući submilimetarskoj preciznosti CBCT, ostvarena je

moćnost registrovanja i najdiskretnijih promena kořtanog tkiva u svim pravcima oko posmatranih zuba.

Sa kliničkog aspekta, ustanovljen je i potvrđen potencijal ortodontske ekstruzije zuba za predvidivu i kontrolisanu regeneraciju parodontalnih tkiva. Iz toga proizilazi značaj istraživanja i u primeni ove terapijske procedure kao dela protokola u okviru multidisciplinarnog pristupa potpunoj rehabilitaciji orofacijalne regije.

6. ZAKLJUČCI

Ortodontska ekstruzija zuba ima pozitivan efekat na parodonticijum u posmatranoj regiji. Efekat ortodontske sile, usmerene u vertikalnom pravcu i ka koronarno, kroz uzdužnu osovinu zuba, odražava se i na okolnu alveolarnu kost i okolna meka oralna tkiva.

Vertikalnim pomeranjem zuba ka koronarno, postiže se apozicija alveolarne kosti. Dolazi do povećanja vertikalne dimenzije bukalne i oralne koštane lamele. Povećava se i visina koštanih interdentalnih septuma. Dolazi do remodelacije kosti u predelu bukalnog i oralnog korteksa i promene registrovane debljine bukalne i oralne koštane lamele. Menja se rastojanje od ruba bukalne i oralne alveolarne kosti do gleđno cementne granice, te se može zaključiti da se apozicija kosti ne dešava istom brzinom kao ortodontska ekstruzija zuba. Formiranje novog koštanog tkiva je prisutno, ali ne u istom iznosu koliko se i zub vertikalno pomera.

Ortodontska ekstruzija zuba utiče i na meka oralna tkiva. Dovodi do proširenja zone keratinizovane gingive i promene položaja mukogingivalne linije, najčešće u pravcu pomeranja zuba.

Ortodontska ekstruzija nema značajnijeg uticaja na dubinu gingivalnog sulkusa, širinu zone fiksirane gingive ni visinu interdentalnih papila.

Ortodontska ekstruzija predstavlja metod izbora u kliničkim situacijama gde je poželjno augmentirati alveolarnu kost i keratinizovanu gingivu, u sastavu multidisciplinarnog pristupa lečenju parodontološki kompromitovanih pacijenata. Primenjuje se kod subgingivalnih i infrakoštanih fraktura krunice ili korena, kako bi se obezbedili uslovi za restauraciju ili protetsku rehabilitaciju prethodno nerestorabilnih zuba. Ekstruzija zuba sa lošom prognozom ima ulogu u povećanju dimenzija koštanog tegmenta za ugradnju zubnih implanata.

LITERATURA

1. Contemporary Orthodontics - 6th Edition [Internet]. [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.elsevier.com/books/contemporary-orthodontics/proffit/978-0-323-54387-3>
2. Klinička parodontologija [Internet]. Data STATUS. [cited 2022 Feb 2]. Available from: <https://www.datastatus.rs/proizvod/51831/klinicka-parodontologija>
3. Newman and Carranza's Clinical Periodontology - 13th Edition [Internet]. [cited 2022 Mar 21]. Available from: <https://www.elsevier.com/books/newman-and-carranzas-clinical-periodontology/newman/978-0-323-52300-4>
4. Clinical Periodontology and Implant Dentistry, 2 Volume Set, 6th Edition | Wiley [Internet]. Wiley.com. [cited 2022 Mar 21]. Available from: <https://www.wiley.com/en-us/Clinical+Periodontology+and+Implant+Dentistry%2C+2+Volume+Set%2C+6th+Edition-p-9781118940471>
5. Carranza FA, Itoiz ME, Cabrini RL, Dotto CA. A study of periodontal vascularization in different laboratory animals. *J Periodontal Res.* 1966;1(2):120–8.
6. Osnovi kliničke parodontologije : atlas – Data STATUS [Internet]. [cited 2022 Mar 21]. Available from: <https://datastatus.rs/product/osnovi-klinicke-parodontologije-atlas/>
7. The increase with age of the width of attached gingiva - Ainamo - 1976 - Journal of Periodontal Research - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2022 Mar 21]. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1600-0765.1976.tb00069.x>
8. Ansari M. Bone tissue regeneration: biology, strategies and interface studies. *Prog Biomater.* 2019 Nov 25;8:223–37.
9. Saffar JL, Lasfargues JJ, Cherruau M. Alveolar bone and the alveolar process: the socket that is never stable. *Periodontol 2000.* 1997 Feb;13:76–90.
10. An overview of periodontal regenerative procedures for the general dental practitioner - ScienceDirect [Internet]. [cited 2022 Mar 21]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1013905217300822>
11. Fullmer HM, Sheetz JH, Narkates AJ. Oxytalan connective tissue fibers: a review. *J Oral Pathol.* 1974;3(6):291–316.
12. Berkovitz BK. The structure of the periodontal ligament: an update. *Eur J Orthod.* 1990 Feb;12(1):51–76.
13. Beertsen W, McCulloch CA, Sodek J. The periodontal ligament: a unique, multifunctional connective tissue. *Periodontol 2000.* 1997 Feb;13:20–40.

14. Page RC, Ammons WF, Schectman LR, Dillingham LA. Collagen fibre bundles of the normal marginal gingiva in the marmoset. *Arch Oral Biol.* 1974 Nov;19(11):1039–43.
15. Bosshardt DD, Selvig KA. Dental cementum: the dynamic tissue covering of the root. *Periodontol 2000.* 1997 Feb;13:41–75.
16. Bosshardt DD, Schroeder HE. Establishment of acellular extrinsic fiber cementum on human teeth. A light- and electron-microscopic study. *Cell Tissue Res.* 1991 Feb;263(2):325–36.
17. Hasegawa T, Yoshimura Y, Kikuri T, Yawaka Y, Takeyama S, Matsumoto A, et al. Expression of receptor activator of NF-kappa B ligand and osteoprotegerin in culture of human periodontal ligament cells. *J Periodontal Res.* 2002 Dec 1;37(6):405–11.
18. Biomechanical Foundation of Clinical Orthodontics : Burstone Charles J. (author) : 9781647240295 : Blackwell's [Internet]. [cited 2022 Mar 5]. Available from: <https://blackwells.co.uk/bookshop/product/Biomechanical-Foundation-of-Clinical-Orthodontics-by-Burstone-Charles-J-author/9781647240295>
19. Sharma V. Textbook of Orthodontics by Samir E Bishara, First edition, published by Saunders, Soft bound 592 pages ISBN:81-8147-072-9. *Med J Armed Forces India.* 2005 Jan 31;61.
20. González-Martín O, Solano-Hernandez B, González-Martín A, Avila-Ortiz G. Orthodontic Extrusion: Guidelines for Contemporary Clinical Practice. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2020 Oct;40(5):667–76.
21. Mantzikos T, Shamus I. Forced eruption and implant site development: An osteophysiologic response. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999 May 1;115(5):583–91.
22. Brindis MA, Block MS. Orthodontic tooth extrusion to enhance soft tissue implant esthetics. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2009 Nov;67(11 Suppl):49–59.
23. Hochman MN, Chu SJ, Tarnow DP. Orthodontic extrusion for implant site development revisited: A new classification determined by anatomy and clinical outcomes. *Semin Orthod.* 2014;3(20):208–27.
24. Conserva E, Fadda M, Ferrari V, Consolo U. Predictability of a New Orthodontic Extrusion Technique for Implant Site Development: A Retrospective Consecutive Case-Series Study. *Sci World J.* 2020 Jan 25;2020:e4576748.
25. Somar M, Mohadeb JVN, Huang C. Predictability of Orthodontic Forced Eruption in Developing an Implant Site: A Systematic Review. *J Clin Orthod JCO.* 2016 Aug;50(8):485–92.
26. Chappuis V, Araújo MG, Buser D. Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites. *Periodontol 2000.* 2017 Feb;73(1):73–83.

27. Atieh MA, Alsabeeha NHM, Payne AGT, Duncan W, Faggion CM, Esposito M. Interventions for replacing missing teeth: alveolar ridge preservation techniques for dental implant site development. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015 May 28;(5):CD010176.
28. Salama H, Salama M. The role of orthodontic extrusive remodeling in the enhancement of soft and hard tissue profiles prior to implant placement: a systematic approach to the management of extraction site defects. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1993 Aug;13(4):312–33.
29. Amato F, Mirabella AD, Macca U, Tarnow D. Implant site development by orthodontic forced extraction: a preliminary study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012;
30. Brown IS. The effect of orthodontic therapy on certain types of periodontal defects. I. Clinical findings. *J Periodontol*. 1973 Dec;44(12):742–56.
31. Heithersay GS. Combined endodontic-orthodontic treatment of transverse root fractures in the region of the alveolar crest. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1973 Sep;36(3):404–15.
32. Ingber JS. Forced eruption. I. A method of treating isolated one and two wall infrabony osseous defects-rationale and case report. *J Periodontol*. 1974 Apr;45(4):199–206.
33. Ingber JS. Forced eruption: part II. A method of treating nonrestorable teeth-- Periodontal and restorative considerations. *J Periodontol*. 1976 Apr;47(4):203–16.
34. Pontoriero R, Celenza F, Ricci G, Carnevale G. Rapid extrusion with fiber resection: a combined orthodontic-periodontic treatment modality. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1987;7(5):30–43.
35. Forced eruption combined with gingival fiberotomy - Kozlovsky - 1988 - *Journal of Clinical Periodontology* - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2022 Jan 11]. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1600-051X.1988.tb02125.x>
36. Malmgren O, Malmgren B, Frykholm A. Rapid orthodontic extrusion of crown root and cervical root fractured teeth. *Endod Dent Traumatol*. 1991 Apr;7(2):49–54.
37. Kozlovsky A, Tal H, Lieberman M. Forced eruption combined with gingival fiberotomy. A technique for clinical crown lengthening. *J Clin Periodontol*. 1988 Oct;15(9):534–8.
38. Carvalho C, Bauer F, Romito G, Pannuti C, Micheli G. Orthodontic extrusion with or without circumferential supracrestal fiberotomy and root planing. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2006 Feb 1;26:87–93.
39. Hayashi J, Shin K. Implant Site Development by Orthodontic Extrusion and Buccal Root Torque at a Site Showing Severe Gingival Recession with Periodontitis: A Case Report. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2019 Aug;39(4):589–94.

40. Watanabe T, Marchack BW, Takei HH. Creating labial bone for immediate implant placement: a minimally invasive approach by using orthodontic therapy in the esthetic zone. *J Prosthet Dent*. 2013 Dec;110(6):435–41.
41. Quirynen M, Op Heij DG, Adriansens A, Opdebeeck HM, van Steenberghe D. Periodontal health of orthodontically extruded impacted teeth. A split-mouth, long-term clinical evaluation. *J Periodontol*. 2000 Nov;71(11):1708–14.
42. Korayem M, Flores-Mir C, Nassar U, Olfert K. Implant site development by orthodontic extrusion. A systematic review. *Angle Orthod*. 2008 Jul;78(4):752–60.
43. Januário AL, Duarte WR, Barriviera M, Mesti JC, Araújo MG, Lindhe J. Dimension of the facial bone wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Res*. 2011 Oct;22(10):1168–71.
44. Vera C, De Kok IJ, Reinhold D, Limpiphipatanakorn P, Yap AKW, Tyndall D, et al. Evaluation of buccal alveolar bone dimension of maxillary anterior and premolar teeth: a cone beam computed tomography investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012 Dec;27(6):1514–9.
45. Zuccati G, Bocchieri A. Implant site development by orthodontic extrusion of teeth with poor prognosis. *J Clin Orthod JCO*. 2003 Jun;37(6):307–11; quiz 313.
46. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod*. 1972 Sep;62(3):296–309.
47. 3D Diagnosis and Treatment Planning in Orthodontics | Bookshare [Internet]. [cited 2022 Mar 16]. Available from: https://www.bookshare.org/browse/book/3951627?returnPath=L2Jyb3dzZS9sYXRlc3Q_bW9kdWx1TmFtZT1wdWJsaWMmc29ydE9yZGVyPUNPUFISSUdIVF9EQVRFJmxhbmd1YWdlPUVOR0xJU0gmYWRkZWQ9TU9OVEgmbGltaXQ9MTAwJm9mZnNldD0wJmRpcmVjdGlvbj1ERVND
48. Bazina M, Cevidanes L, Ruellas A, Valiathan M, Wu R, Syed AZ, et al. Precision and reliability of Dolphin 3D voxel-based superimposition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2018 Apr 5;153.
49. Craniofacial 3D Imaging Current Concepts in Orthodontics and Oral and Maxillofacial Surgery: Current Concepts in Orthodontics and Oral and Maxillofacial Surgery | Request PDF [Internet]. [cited 2022 Mar 18]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/330683323_Craniofacial_3D_Imaging_Current_Concepts_in_Orthodontics_and_Oral_and_Maxillofacial_Surgery_Current_Concepts_in_Orthodontics_and_Oral_and_Maxillofacial_Surgery
50. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. [corrected]. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology - PubMed [Internet]. [cited 2022 Mar 18]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23849378/>

51. Cone Beam CT for Dental and Maxillofacial Radiology: Evidence Based Guidelines, Radiation Protection Publication 172 - UQ eSpace [Internet]. [cited 2022 Mar 18]. Available from: <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:729919>
52. Nada RM, Maal TJJ, Breuning KH, Bergé SJ, Mostafa YA, Kuijpers-Jagtman AM. Accuracy and reproducibility of voxel based superimposition of cone beam computed tomography models on the anterior cranial base and the zygomatic arches. *PloS One*. 2011 Feb 9;6(2):e16520.
53. Molen AD. Considerations in the use of cone-beam computed tomography for buccal bone measurements. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2010 Apr;137(4 Suppl):S130-135.
54. Sánchez J a. G, Coda HB. The Search for the Centre of Resistance of a Tooth Using a Finite Element Model and the Continuum Mechanics. *Lat Am J Solids Struct* [Internet]. 2018 Jun 14 [cited 2021 Dec 11];15. Available from: <http://www.scielo.br/j/lajss/a/KB6SCnhXXV98ybqWtKfZMfn/?lang=en>
55. Lozdan J, Squier CA. The histology of the muco-gingival junction. *J Periodontal Res*. 1969;4(2):83–93.
56. Bhatia G, Kumar A, Khatri M, Bansal M, Saxena S. Assessment of the width of attached gingiva using different methods in various age groups: A clinical study. *J Indian Soc Periodontol*. 2015;19(2):199–202.
57. Jennes ME, Sachse C, Flügge T, Preissner S, Heiland M, Nahles S. Gender-and age-related differences in the width of attached gingiva and clinical crown length in anterior teeth Open Access. *BMC Oral Health*. 2021 Jun 4;21:287.
58. Occurrence and role of glycogen in the epithelium of the alveolar mucosa and of the attached gingiva - Weinmann - 1959 - *American Journal of Anatomy* - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2022 Mar 4]. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/aja.1001040304>
59. Force level of small diameter nickel-titanium orthodontic wires ligated with different methods [Internet]. [cited 2022 Mar 13]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5537139/>
60. Lombardo L, Marafioti M, Stefanoni F, Mollica F, Siciliani G. Load deflection characteristics and force level of nickel titanium initial archwires. *Angle Orthod*. 2012 May;82(3):507–21.
61. Sarul M, Kawala B, Antoszevska J. Comparison of Elastic Properties of NickelTitanium Orthodontic Archwires. *Adv Clin Exp Med*. 2013 Jan 1;22:253–60.
62. Gannoun M, Hellara ML, Bouby C, Ben Zineb T, Bouraoui T. Numerical simulation of the force generated by a superelastic NiTi orthodontic archwire during tooth alignment phase: comparison between different constitutive models. *Mater Res Express*. 2018;5(4):045405.

63. Nucera R, Gatto E, Borsellino C, Aceto P, Fabiano F, Matarese G, et al. Influence of bracket-slot design on the forces released by superelastic nickel-titanium alignment wires in different deflection configurations. *Angle Orthod.* 2014 May;84(3):541–7.
64. Reitan K. Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *Am J Orthod.* 1967 Oct;53(10):721–45.
65. Minsk L. Orthodontic tooth extrusion as an adjunct to periodontal therapy. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. 2000 Sep;21(9):768–70, 772, 774 passim.
66. Melsen B, Cattaneo PM, Dalstra M, Kraft DC. The Importance of Force Levels in Relation to Tooth Movement. *Semin Orthod.* 2007 Dec 1;13(4):220–33.
67. Batenhorst KF, Bowers GM, Williams JE. Tissue changes resulting from facial tipping and extrusion of incisors in monkeys. *J Periodontol.* 1974 Sep;45(9):660–8.
68. Buskin R, Castellon P, Hochstedler JL. Orthodontic extrusion and orthodontic extraction in preprosthetic treatment using implant therapy. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 2000 Mar 1;12(2):213–9; quiz 220.
69. Von Böhl M, Maltha J, Von den Hoff H, Kuijpers-Jagtman AM. Changes in the Periodontal Ligament After Experimental Tooth Movement Using High and Low Continuous Forces in Beagle Dogs. *Angle Orthod.* 2004 Feb 1;74(1):16–25.
70. Owman-Moll P. Orthodontic tooth movement and root resorption with special reference to force magnitude and duration. A clinical and histological investigation in adolescents. *Swed Dent J Suppl.* 1995 Jan 1;105:1–45.
71. Alsahhaf A, Att W. Orthodontic extrusion for pre-implant site enhancement: Principles and clinical guidelines. *J Prosthodont Res.* 2016 Jul;60(3):145–55.
72. EBSCOhost | 100802126 | A Mixed-Model Study Assessing Orthodontic Tooth Extrusion for the Reestablishment of Biologic Width. A Systematic Review and Exploratory Randomized Trial. [Internet]. [cited 2022 Mar 13]. Available from: <https://web.s.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=01987569&AN=100802126&h=xWBLSGs74pk9Nw8JHTnE0X0G5alAH%2fLg5Esdw4WL3okJ6%2b5BmSNAc1WVOrRt4LDApDC1321XHZcLrqjGGJo6Xg%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d01987569%26AN%3d100802126>
73. Papadopoulou AK, Papageorgiou SN, Hatzopoulos SA, Tsirlis A, Athanasiou AE. Alveolar ridge alterations in the maxillary anterior region after tooth extraction through orthodontic forced eruption for implant site development: a clinical CBCT study. *Eur J Orthod.* 2020 Jun 23;42(3):295–304.
74. Thongudomporn U, Charoemratrote C, Jearapongpakorn S. Changes of anterior maxillary alveolar bone thickness following incisor proclination and extrusion. *Angle Orthod.* 2015 Jul;85(4):549–54.

75. Pikdoken L, Erkan M, Usumez S. Editor's Summary, Q & A, Reviewer's Critique: Gingival response to mandibular incisor extrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Apr 1;135(4):432.e1-432.e6.
76. Kwon EY, Lee JY, Choi J. Effect of slow forced eruption on the vertical levels of the interproximal bone and papilla and the width of the alveolar ridge. *Korean J Orthod.* 2016 Nov 1;46:379.
77. Geron S, Ziskind D. Lingual forced eruption orthodontic technique: Clinical considerations for patient selection and clinical report. *J Prosthet Dent.* 2002 Feb 1;87(2):125–8.
78. Kaitsas R, Paolone M, Paolone G. Guided orthodontic regeneration: A tool to enhance conventional regenerative techniques in implant surgery. *Int Orthod Coll Eur Orthod.* 2015 Oct 28;13.
79. Graber TM, Swain BF. *Orthodontics, current principles and techniques* [Internet]. St. Louis: C.V. Mosby Co.; 1985 [cited 2022 Mar 21]. Available from: <http://books.google.com/books?id=FGhqAAAAMAAJ>
80. Chou YH, Du JK, Chou ST, Hu KF, Tsai CC, Ho KY, et al. An interdisciplinary treatment approach combining orthodontic forced eruption with immediate implant placement to achieve a satisfactory treatment outcome: a case report. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013 Feb;15(1):113–20.
81. Hinds KF. Alveolar ridge development with forced eruption and distraction of retained natural dentition. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am.* 2004 Feb;16(1):75–89, vi–vii.
82. Nováčková S, Marek I, Kamínek M. Orthodontic tooth movement: bone formation and its stability over time. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2011 Jan;139(1):37–43.
83. Zachrisson B. Alveolar bone augmentation for implants by orthodontic extrusion. *World J Orthod.* 2003 Jan 1;4:168–73.
84. Rokn AR, Saffarpour A, Sadrimanesh R, Iranparvar K, Saffarpour A, Mahmoudzadeh M, et al. Implant Site Development by Orthodontic Forced Eruption of Nontreatable Teeth: A Case Report. *Open Dent J.* 2012 Jun 8;6:99–104.
85. Das B, Muthu MS. Surgical extrusion as a treatment option for crown-root fracture in permanent anterior teeth: a systematic review. *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol.* 2013 Dec;29(6):423–31.
86. Spinass E, Altana M. A new classification for crown fractures of teeth. *J Clin Pediatr Dent.* 2002;26(3):225–31.
87. Andreasen JO, Lauridsen E, Gerds TA, Ahrensburg SS. *Dental Trauma Guide: a source of evidence-based treatment guidelines for dental trauma.* *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol.* 2012 Apr;28(2):142–7.
88. Subbiya A, Murali RV. Management of subgingival fracture by an esthetic approach. *J Conserv Dent JCD.* 2011;14(3):318–21.

89. Vignesh R, Sharmin D, Rekha CV, Annamalai S, Baghkomeh PN. Management of Complicated Crown-Root Fracture by Extra-Oral Fragment Reattachment and Intentional Reimplantation with 2 Years Review. *Contemp Clin Dent*. 2019;10(2):397–401.
90. Yuan LT, Duan DM, Tan L, Wang XJ, Wu LA. Treatment for a complicated crown-root fracture with intentional replantation: a case report with a 3.5-year follow up. *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol*. 2013 Dec;29(6):474–8.
91. Wang J, li M. Multidisciplinary treatment of a complicated crown-root fracture. *Pediatr Dent*. 2010 May 1;32:250–4.
92. PRIME PubMed | Multidisciplinary treatment of a fractured root: a case report [Internet]. [cited 2022 Mar 23]. Available from: https://neuro.unboundmedicine.com/medline/citation/20575207/Multidisciplinary_treatment_of_a_fractured_root:_a_case_report_
93. Bach N, Baylard JF, Voyer R. Orthodontic extrusion: Periodontal considerations and applications. *J Can Dent Assoc*. 2005 Jan 1;70:775–80.
94. Esthetic Restoration of Complicated Crown-Root Fractures Utilizing Orthodontic Extrusion [Internet]. [cited 2021 Jun 16]. Available from: <https://journal.kapd.org/journal/view.php?doi=10.5933/JKAPD.2016.43.1.60>
95. Compagnone G, Baleni MC, Pagan L, Calzolaio FL, Barozzi L, Bergamini C. Comparison of radiation doses to patients undergoing standard radiographic examinations with conventional screen–film radiography, computed radiography and direct digital radiography. *Br J Radiol*. 2006 Nov 1;79(947):899–904.
96. dos Santos JG, Oliveira Reis Durão AP, de Campos Felino AC, Casaleiro Lobo de Faria de Almeida RM. Analysis of the Buccal Bone Plate, Root Inclination and Alveolar Bone Dimensions in the Jawbone. A Descriptive Study Using Cone-Beam Computed Tomography. *J Oral Maxillofac Res*. 2019 Jun 30;10(2):e4.
97. Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam computed tomography machine - PubMed [Internet]. [cited 2022 Mar 27]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18929276/>
98. Endo M, Tsunoo T, Nakamori N, Yoshida K. Effect of scattered radiation on image noise in cone beam CT. *Med Phys*. 2001 Apr;28(4):469–74.
99. Deguchi T, Takano-Yamamoto T, Yabuuchi T, Ando R, Roberts WE, Garetto LP. Histomorphometric evaluation of alveolar bone turnover between the maxilla and the mandible during experimental tooth movement in dogs. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2008 Jun;133(6):889–97.
100. Hoff JM. CBCT Evaluation of Morphological Changes to Alveolar Bone Due to Orthodontic Tooth Movement. :51.
101. Deng Y, Sun Y, Xu T. Evaluation of root resorption after comprehensive orthodontic treatment using cone beam computed tomography (CBCT): a meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2018 Jun 27;18:116.

102. da SILVA AC, CAPISTRANO A, de ALMEIDA-PEDRIN RR, CARDOSO M de A, CONTI AC de CF, CAPELOZZA L. Root length and alveolar bone level of impacted canines and adjacent teeth after orthodontic traction: a long-term evaluation. *J Appl Oral Sci.* 2017;25(1):75–81.
103. Arsic I, Marinkovic N, Dragovic M, Stamenkovic D, Stamenkovic Z, Nedeljkovic N. The effect of orthodontic extrusion on alveolar bone - a prospective clinical study. *Srp Arh Celok Lek.* 2022;(00):17–17.
104. Bauer C, Boileau MJ, Bazert C. Implementation of orthodontic extraction for pre-implant soft tissue management: A systematic review. *Int Orthod.* 2019 Mar;17(1):20–37.
105. Melsen B. Tissue reaction to orthodontic tooth movement--a new paradigm. *Eur J Orthod.* 2001 Dec;23(6):671–81.
106. Tomizuka R, Shimizu Y, Kanetaka H, Suzuki A, Urayama S, Kikuchi M, et al. Histological evaluation of the effects of initially light and gradually increasing force on orthodontic tooth movement. *Angle Orthod.* 2007 May;77(3):410–6.
107. Lin CD, Chang SS, Liou CS, Dong DR, Fu E. Management of Interdental Papillae Loss With Forced Eruption, Immediate Implantation, and Root-Form Pontic. *J Periodontol.* 2006 Jan 1;77(1):135–41.
108. Kang PY, Habib R. Possible Complications With Implant Site Development Utilizing Orthodontic Extrusion: Three Case Reports. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. 2019 May;40(5):292–7.
109. Huang H, Yang R, Zhou Y heng. Mechanobiology of Periodontal Ligament Stem Cells in Orthodontic Tooth Movement. *Stem Cells Int.* 2018 Sep 17;2018:e6531216.
110. Gkantidis N, Christou P, Topouzelis N. The orthodontic-periodontic interrelationship in integrated treatment challenges: a systematic review. *J Oral Rehabil.* 2010 May 1;37(5):377–90.
111. Iino S, Taira K, Machigashira M, Miyawaki S. Isolated vertical infrabony defects treated by orthodontic tooth extrusion. *Angle Orthod.* 2008 Jul;78(4):728–36.
112. Passanezi E, Janson M, Janson G, Sant’Anna AP, de Freitas MR, Henriques JFC. Interdisciplinary treatment of localized juvenile periodontitis: a new perspective to an old problem. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 2007 Feb;131(2):268–76.
113. Melsen B, Agerbaek N, Eriksen J, Terp S. New attachment through periodontal treatment and orthodontic intrusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* 1988 Aug;94(2):104–16.
114. Lemon RR. Simplified esthetic root extrusion techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982 Jul;54(1):93–9.

115. Ong MMA, Wang HL. Periodontic and orthodontic treatment in adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2002 Oct;122(4):420–8.
116. Re S, Corrente G, Abundo R, Cardaropoli D. Orthodontic treatment in periodontally compromised patients: 12-year report. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2000 Feb;20(1):31–9.
117. Subhiksha KC, Saravanan D, Sabapthy DK. LIMITATIONS OF ADULT ORTHODONTICS- A REVIEW. *Clin Med*. 2020;7(4):5.
118. Berglundh T, Marinello CP, Lindhe J, Thilander B, Liljenberg B. Periodontal tissue reactions to orthodontic extrusion. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol*. 1991 May;18(5):330–6.
119. Kajiyama K, Murakami T, Yokota S. Gingival reactions after experimentally induced extrusion of the upper incisors in monkeys. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 1993 Jul;104(1):36–47.
120. Kurth JR, Kokich VG. Open gingival embrasures after orthodontic treatment in adults: prevalence and etiology. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. 2001 Aug;120(2):116–23.
121. Martegani P, Silvestri M, Mascarello F, Scipioni T, Ghezzi C, Rota C, et al. Morphometric study of the interproximal unit in the esthetic region to correlate anatomic variables affecting the aspect of soft tissue embrasure space. *J Periodontol*. 2007 Dec;78(12):2260–5.

BIOGRAFIJA

Mr sci. dr Ivan Arsić rođen je 09.07.1979. godine u Požarevcu, R. Srbija. Stomatološki fakultet Univerziteta u Beogradu upisao je 1998. godine. Diplomirao je 2005. godine, u roku, kao redovan student, sa prosečnom ocenom 8,51. Magistarske studije iz Dečje i preventivne stomatologije upisao je školske 2005/2006 godine. Magistarsku tezu pod nazivom "Učestalost povreda potpornog aparata mlečnih i stalnih zuba" odbranio je 27.10.2009. Upisao je zdravstvenu specijalizaciju iz oblasti Ortopedija vilica 2010. godine. Specijalistički ispit je položio 14.05.2014. sa odličnom ocenom.

Autor je i koautor 15 radova prezentovanih u zemlji i inostranstvu. Učestvovao je, kao jedan od autora, u izradi udžbenika „Klinička primena materijala u dečjoj stomatologiji“, Vulićević ZR. (ur), Prvo izdanje. Beobook, Beograd; Pakograf, Zemun, 2010. Bio je član organizacionih odbora 2 naučno-stručna simpozijuma, kao i član projektnog tima za realizaciju Projekta „Program stomatološke zaštite osoba ometenih u razvoju u stacionarnim ustanovama“. (Prema rešenju Ministarstva rada, zapošljavanja i socijalne politike Republike Srbije – Sektora za zaštitu osoba sa invaliditetom br. 294/05-2). Koautor je udžbenika „Funkcionalni ortodontski aparati – teorija i terapija“, Nedeljković N. (ur), Stomatološki fakultet, 2021. Publikovao je rad u časopisu na SCI listi.

PRILOG 1.

Naziv kliničkog istraživanja:

UTICAJ ORTODONTSKE EKSTRUZIJE ZUBA NA ALVEOLARNU KOST I ŠIRINU ZONE FIKSIRANE GINGIVE

-----	-----	-----
Ime i prezime pacijenta	Redni broj ispitanika	Datum rođenja

Informacije za pacijenta i obrazac pristanka za učestvovanje u kliničkom ispitivanju:

Ovo je prospektivna kontrolisana klinička studija pod nazivom: „UTICAJ ORTODONTSKE EKSTRUZIJE ZUBA NA ALVEOLARNU KOST I ŠIRINU ZONE FIKSIRANE GINGIVE“. U studiju će biti uključeni samo pacijenti koji daju dobrovoljni pristanak za učešće u istraživanju. Vi ste zamoljeni da učestvujete u kliničkom ispitivanju, jer ispunjavate kriterijume za uključivanje u studiju.

U toku terapijske procedure na Klinici za ortopediju vilica, koju sprovodi dr Ivan Arsić, a u okviru istraživanja za doktorski rad, biće potrebno snimiti ukupno dva profilna telerendgenska snimka glave, dva ortopantomografska snimka kao i dva 3D snimka najmanjeg polja CBCT aparatom, pre početka i na kraju ortodontskog tretmana. Zbog vaše uključenosti u istraživanje, snimanje CBCT aparatom će biti besplatno. Ova dijagnostička procedura je neškodljiva po zdravlje pacijenta.

PRILOG 2.

SAGLASNOST

Saglasan(na) sam da se u toku ortodontske terapije koju će sprovesti Mr. sci. dr Ivan Arsić, a u sklopu doktorske disertacije, pod nazivom; „UTICAJ ORTODONTSKE EKSTRUZIJE ZUBA NA ALVEOLARNU KOST I ŠIRINU ZONE FIKSIRANE GINGIVE“, primene sva neophodna dijagnostička i terapijska sredstva koja su neophodan deo protokola koji se primenjuje na Klinici za ortopediju vilica Stomatološkog fakulteta u Beogradu.

Protokol podrazumeva uzimanje otisaka za studijske modele i fotografisanje na početku terapije, i na kraju ortodontskog tretmana, snimanje gornjeg i donjeg zubnog niza CBCT aparatom i profilnog telerendgen snimka na početku i kraju terapije fiksnim ortodontskim aparatom.

Ova procedura je neophodna radi praćenja i izučavanja promena koje nastaju na koštanim, dentoalveolarnim i mekotkivnim strukturama, a koje su direktna posledica primenjenog terapijskog postupka. To je jedini način da se potvrdi da su nastale promene rezultat uspešno primenjene ortodontske terapije.

DAVALAC SAGLASNOSTI:

ime i prezime

Datum

1. IZJAVE

Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora: Ivan N. Arsić

Broj indeksa: 203/2014

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

„Uticaj ortodontske ekstruzije zuba na alveolarnu kost i širinu zone fiksirane gingive“

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova;
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis autora

U Beogradu _____

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: Ivan N. Arsić

Broj indeksa: 203/2014

Studijski program: Doktorske studije

Naslov rada: “Uticaj ortodontske ekstruzije zuba na alveolarnu kost i širinu zone fiksirane gingive “

Mentor: prof. dr Nenad Nedeljković

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao radi pohranjivanja u **Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis autora

U Beogradu _____

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom: „Uticaj ortodontske ekstruzije zuba na alveolarnu kost i širinu zone fiksirane gingive“ koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu i dostupnu u otvorenom pristupu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada (CC BY-NC-ND)
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

(Molimo vas zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci. Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

Potpis autora

U Beogradu _____

1. **Autorstvo.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.

2. **Autorstvo – nekomercijalno.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijanu upotrebu dela.

3. **Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.

4. **Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.

5. **Autorstvo – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

6. **Autorstvo – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.