

UNIVERZITET U BEOGRADU
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Marija M. Ristić

RADIOGRAFSKO ISPITIVANJE OBIMA
RESORPCIJE KORENOVA ZUBA I
ALVEOLARNE KOSTI PO ZAVRŠETKU
AKTIVNE FAZE TERAPIJE MALOKLUZIJA
FIKSNIM ORTODONTSKIM APARATIMA

doktorska disertacija

Beograd, 2012

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF STOMATOLOGY

Marija M. Ristić

RADIOGRAPHIC EXAMINATION OF
APICAL ROOT RESORPTION AND
ALVEOLAR BONE LOSS AFTER ACTIVE
PHASE OF ORTHODONTIC THERAPY
OF MALOCCLUSIONS WITH FIXED
ORTHODONTIC APPLIANCES

doctoral dissertation

Belgrade, 2012

Mentor:

Prof. dr Mirjana Šašić, specijalista ortopedije vilica, Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet

Članovi komisije:

1. Doc. dr Nenad Nedeljković, specijalista ortopedije vilica, Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet

2. Prof. dr Zoran Rakočević, specijalista radiologije, Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet

3. Prof. dr Obrad Zelić, specijalista oralne medicine i parodontologije, Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet

4. Prof. dr Mirjana Janošević, specijalista ortopedije vilica, Univerzitet u Nišu, Medicinski fakultet

Datum odbrane:

Posebnu zahvalnost dugujem mentoru Prof. dr Mirjani Šašić na konstruktivnim predlozima i pomoći u organizaciji prikupljanja podataka za izradu doktorske teze.

Veliku zahvalnost dugujem Prof. dr Zoranu Rakočeviću na nesebičnoj pomoći u razumevanju oblasti kompjuterizovane tomografije i pružanju mogućnosti da se pri izradi ove teze uključim u rad sa najsavremenijim rendgen aparatima.

Bez saradnje sa Prof. dr Obradom Zelićem i Prof. dr Mirjanom Janošević ovaj rad ne bi bio završen, te im zato dugujem zahvalnost.

Izrazi zahvalnosti za nesebičnu pomoć pri statističkoj obradi podataka pripadaju Prof. dr Tatjani Ille.

Izuzetnu saradnju i ljubaznost pokazao je tim rendgen tehničara u Centru za radiološku dijagnostiku Stomatološkog fakulteta u Beogradu kojima se zahvaljujem na pomoći tokom prikupljanja materijala za izradu teze.

Zaista neizmernu zahvalnost osećam prema svom ocu Prof. dr Mirku Bulajiću zbog velike podrške tokom izrade teze, kao i prema svojoj majci Nataši i svim članovima moje porodice.

Posebnu zahvalnost dugujem suprugu Milanu na velikoj podršci, ljubavi i veri u mene.

Ipak, najtopliju zahvalnost dugujem svojoj deci, Andreji i Lani, koji me svojim osmesima i безусловnom ljubavlju koju međusobno osećamo uvek snažno motivišu i vode napred.

Lani i Andreji

RADIOGRAFSKO ISPITIVANJE OBIMA RESORPCIJE KORENOVA ZUBA I ALVEOLARNE KOSTI PO ZAVRŠETKU AKTIVNE FAZE TERAPIJE MALOKLUZIJA FIKSNIM ORTODONTSKIM APARATIMA

Uvod i cilj. U toku aktivne faze terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima sile ortodontskih lukova se prenose na koren zuba i okolnu alveolarnu kost i na taj način dovode do pomeranja zuba. Cilj naše studije je da radiografskim metodama ortopantomografije i kompjuterizovane tomografije odredimo da li tokom delovanja ortodontskih sila na zube dolazi do resorpcije cementa korena zuba i okolne alveolarne kosti.

Pacijenti i metodi. U periodu od marta 2008. do maja 2012. godine u studiju je uključeno 85 pacijenata (27 muškog i 58 ženskog pola) uzrasta od 10 do 22 godine kod kojih je sprovedeno lečenje malokluzije gornjim i/ili donjim fiksnim ortodontskim aparatom. Kod svih ispitanika ortopantomogram je snimljen neposredno pre početka i najviše mesec dana nakon završetka terapije fiksnim ortodontskim aparatima, a kod 35 pacijenata istovremeno je sniman i kompjuterizovani tomogram dva ili tri susedna zuba. Dužina korena zuba u obe vilice određivana je na ortopantomogramu kod svih ispitanika samo na zubima sa završenim rastom korena. Merenjem su obuhvaćeni centralni i lateralni sekutići, očnjaci, prvi i drugi premolari i prvi stalni molari. Na početnom i završnom ortopantomogramu i kompjuterizovanom tomogramu dužina korena zuba je merena kao rastojanje između cementno-gledne granice i vrha korena zuba. Dužina korena zuba merena je direktno na ortopantomogramu lenjirom sa milimetarskom podelom do najbližeg podeoka od 0.5 mm sa mezijalne i distalne strane svih ispitivanih zuba, a na kompjuterizovanim tomogramima pomoću i-Dixel i Syngo Fastview softvera. Visina alveolarne kosti na početnim i završnim radiografijama određivana je u predelu svih zuba obe vilice kod kojih je izvršeno i merenje dužine njihovih korenova. Visina alveolarne kosti određuje se kao rastojanje između apeksa korena zuba i najkronarnijeg dela alveolarne kosti sa normalnom debljinom periodontalnog prostora od 0.5 mm. Poređenjem vrednosti dužine korena zuba i visine alveolarne kosti dobijenih merenjem na početnim i završnim radiografijama dobija se iznos resorpcije korena zuba i alveolarne kosti. Na kompjuterizovanim tomogramima

određivali smo i debljinu kortikalne alveolarne kosti i širinu periodontalnog prostora oko ispitivanih zuba.

Rezultati. Tokom delovanja sila fiksnih ortodontskih aparata najveći iznos resorpcije korenova zuba u gornjoj vilici sa desne strane nastaje na drugim premolarima (0.6605 mm/4.3908 % mezijalno i 0.8661 mm/5.6738 % distalno), a sa leve strane na drugim (mezijalno 0.7274 mm/4.2264 %) i prvim premolarima (distalno 0.6929 mm/4.3175 %). Najmanji iznos resorpcije korena u gornjoj vilici zabeležen je na desnom (0.1753 mm/0.8115 % distalno) i levom lateralnom sekutiću (0.1423 mm/0.8758 % mezijalno). Najveći iznos resorpcije korena zuba u donjoj vilici sa leve strane zabeležen je na lateralnim sekutićima (0.2783 mm/1.7581 % mezijalno). U donjoj vilici sa desne strane zabeležene su negativne vrednosti apikalne resorpcije za sve zube izuzev prvih stalnih molara. Tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima dolazi i do smanjenja visine alveolarne kosti sa mezijalne i distalne strane svih ispitivanih zuba obe vilice. Najveći iznos resorpcije alveolarne kosti zabeležili smo sa distalne površine gornjih lateralnih sekutića (1.2469 mm desno, 1.2284 mm levo), mezijalne površine donjeg desnog centralnog sekutića (1.0873 mm) i drugog premolara (1.0150 mm) i levog prvog molara (0.9492 mm) i centralnog sekutića (0.9405 mm). Analiza transverznog i rekonstruisanog sagitalnog preseka kompjuterizovane tomografije pokazuje resorpciju korenova svih grupa zuba izuzev prvih stalnih molara gde su dobijene negativne vrednosti resorpcije. U toku terapije fiksnim ortodontskim aparatima dolazi do smanjenja ukupne dužine i dužine korena centralnih i lateralnih sekutića. Resorpcija korena očnjaka zabeležena je jedino sa oralne strane zuba analizom rekonstruisanog sagitalnog preseka kompjuterizovane tomografije. Analizom transverznog i sagitalnog preseka 9 prvih premolara nađene su minimalne promene ukupne dužine i dužine korenova ovih zuba, a resorpcija korenova drugih premolara potvrđena je na transverzalnog preseku kompjuterizovanih tomograma. Transverzalni i rekonstruisani sagitalni presek kompjuterizovane tomografije jasno pokazuje resorpciju alveolarne kosti oko svih ispitivanih grupa zuba, kao i resorpciju kortikalne alveolarne kosti. Istovremeno nastaju i promene u širini periodontalnog prostora svih zuba. Ove promene se ogledaju uglavnom u smislu smanjenja širine periodontalnog prostora pod uticajem sila ortodontskih aparata.

Zaključak. Sile fiksnih ortodontskih aparata dovode do promene dužine korenova svih zuba na koje deluju, resorpcije spongiozne i kortikalne alveolarne kosti oko svih zuba i smanjenja širine periodoncijuma. Činjenica je da ortopantomografija predstavlja primaran radiografski metod u oblasti ortodoncije, ali kompjuterizovana tomografija pruža tačnije podatke o stepenu resorpcije korenova zuba i alveolarne kosti. Zbog toga kombinovana upotreba ova dva radiografska metoda predstavlja najprecizniji način za otkrivanje i praćenje toka resorptivnih procesa korena zuba i alveolarne kosti kod pacijenata lečenih fiksnim ortodontskim aparatima.

Ključne reči: resorpcija, koren zuba, alveolarna kost, periodoncijum, fiksni ortodontski aparat, ortopantomografija, kompjuterizovana tomografija

Naučna oblast: ortodoncija, radiologija, parodontologija

RADIOGRAPHIC EXAMINATION OF APICAL ROOT RESORPTION AND ALVEOLAR BONE LOSS AFTER ACTIVE PHASE OF ORTHODONTIC THERAPY OF MALOCCLUSIONS WITH FIXED ORTHODONTIC APPLIANCES

Introduction and aim. During the active phase of orthodontic therapy of malocclusions orthodontic forces are transmitted to tooth root and adjacent alveolar bone producing tooth movement. The aim of our study is to determine whether the orthodontic forces induce resorption of root cementum and alveolar bone using orthopantomography and computerized tomography.

Patients and methods. Since March 2008. until May 2012. eighty-five patients (27 male and 58 female) aged between 10 and 22 years treated with upper or/and lower fixed orthodontic appliance were included in the study. Orthopantomography was done for all patients before the beginning of orthodontic therapy and after the removal of fixed appliances and for 35 patients computerized tomography of two or three adjacent teeth was done in the same time. The tooth root length in both jaws was determined by using ortopantomography only for teeth with completed root formation. Measurements were performed for central and lateral incisors, canines, first and second premolars and first molars. The tooth root length on orthopantomograms and computerized tomograms was determined as the distance between the enamel-cementum margin and apex of tooth root. The root length for all examined teeth was measured mesially and distally directly on ortopantomograms using calibrated ruler to the nearest 0.5 mm and using i-Dixel and Syngo Fastview softver for analizes of computerized tomograms. The alveolar bone height was determined both on orthopantomograms and computerized tomograms for all examined teeth as the distance between root apex and the most coronary placed alveolar bone point with normal periodontal space width of 0.5 mm. The value of root and alveolar bone loss is determined by comparing the values of root lenght and alveolar bone height measured on orthopantomograms and computerized tomograms before and after orthodontic therapy. Finally, the changes in periodontal ligament and cortical alveolar bone width during orthodontic therapy were also determined using computerized tomography.

Results. During the active phase of orthodontic treatment the most pronaunced root resorption among upper teeth was determined on second right premolars (0.6605

mm/4.3908 % mesially and 0.8661 mm/5.6738 % distally) and second (0.7274 mm/4.2264 % mesially) and first (0.6929 mm/4.3175 % distally) left premolars. The lowest value of root resorption in the upper jaw was measured on right (0.1753 mm/0.8115 % distally) and left (0.1423 mm/0.8758 % mesially) lateral incisor. The greatest root resorption in the left side of the mandible was determined on lateral incisors (0.2783 mm/1.7581 % mesially). On the right side of the mandible the values of apical root resorption were negative for all teeth except for the first molars. Moreover, orthodontic therapy with fixed appliances induces the reduction of alveolar bone height on mesial and distal side of all examined teeth in both jaws. The greatest values of alveolar bone loss were determined distally of upper lateral incisors ((1.2469 mm right, 1.2284 mm left), mesially of lower right central incisors (1.0873 mm), lower right second premolar (1.0150 mm), lower left first molar (0.9492 mm) and central incisor (0.9405 mm). Transversal and reconstructed sagittal plane of computerized tomography show the apical root resorption of all groups of teeth except the first molars with negative values of apical resorption. During the orthodontic therapy the total tooth length and root length of central and lateral incisors decreases. The root resorption of canines was determined only on the oral side of these teeth by analyzing the reconstructed sagittal plane. The minimal changes of total tooth and root length of 9 first premolars were determined on transversal and reconstructed sagittal plane of computerized tomography and the root resorption of second premolars was confirmed by analyzing the transversal plane. Transversal and reconstructed sagittal planes of computerized tomography also show the resorption of alveolar bone height around all groups of teeth and the resorption of cortical alveolar bone. In the same time the changes of periodontal space width around all teeth are detected. These changes are mostly presented as reduction of periodontal space width under the influence of orthodontic forces.

Conclusion. The forces of fixed orthodontic appliances induce the changes in root length of all teeth, resorption of adjacent spongiosa and cortical alveolar bone and mostly reduction of periodontal space width. The fact is that orthopantomography represents the primary radiographic method in orthodontics, but computerized tomography gives the more accurate information of tooth root resorption and alveolar bone loss. Therefore, the combine use of these two radiographic methods provides the

most precise information for diagnosis and monitoring of root and alveolar bone resorption process in patients treated with fixed orthodontic appliances.

Key words: resorption, tooth root, alveolar bone, periodontium, fixed orthodontic appliance, orthopantomography, computed tomography

Scientific field: orthodontics, radiology, periodontology

SADRŽAJ

I. UVOD	1
II. PREGLED LITERATURNIH PODATAKA	4
1. ISTORIJSKI PODACI	4
2. OPŠTI DEO	7
2.1. Tehnike ortodonske terapije i resorpcija korena zuba i alveolarne kosti	8
2.1.1. Fiksni i mobilni ortodonski aparati	8
2.1.2. Slabe i jake ortodonske sile	9
2.1.3. Intruzija i ekstruzija	10
2.1.4. Kontinuirane i diskontinuirane ortodonske sile	10
2.1.5. Tehnika pravog luka i standardni edžvajz	11
2.1.6. Lingvalni fiksni ortodonski aparati	13
2.1.7. Samoligirajući i konvencionalni sistemi ortodonskih bravica	13
2.1.8. Dvofazno i jednofazno lečenje malokluzije II klase	14
2.2. Malokluzije i resorpcija korenova zuba i alveolarne kosti	15
2.3. Uzrast pacijenta i resorpcija korena zuba	17
2.4. Radiografske metode u dijagnostici resorpcije korena zuba i alveolarne kosti	18
2.4.1. Retroalveolarne radiografije	18
2.4.2. Profilne teleradiografije i okluzalni rendgenski snimci	20
2.4.3. Ortopantomografija u dijagnozi resorpcije korena zuba i alveolarne kosti	21
2.4.4. Kompjuterizovana tomografija	23
2.4.4.1. Primena CT u ortodonciji	26
2.4.4.2. Primena CT i CBCT u ostalim oblastima stomatologije	29
2.4.4.3. Poređenje dijagnostičke preciznosti CBCT i OPT	29
III. HIPOTEZE I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	33
IV. MATERIJAL I METODE RADA	34
1. MATERIJAL	34
2. METODE	35
2.1. Ortopantomografija	35
2.1.1. Merenje dužine korena zuba	36
2.1.2. Merenje visine alveolarne kosti	37
2.2. Kompjuterizovana tomografija	38
2.2.1. Merenje dužine korena zuba	43
2.2.2. Merenje visine alveolarne kosti	43
2.2.3. Merenje debljine kortikalne alveolarne kosti	44

2.2.4. Merenje širine periodontalnog prostora	46
2.3. Ortodonska metodologija	47
2.4. Statistička metodologija	48
V. REZULTATI	49
1. Rezultati analize ortopantomograma	56
1.1. Dužina korenova zuba	56
1.2. Resorpcija korenova zuba	59
1.3. Visina alveolarne kosti	68
1.4. Resorpcija alveolarne kosti	72
2. Rezultati analize kompjuterizovanih tomograma	76
2.1. Resorpcija korenova zuba i alveolarne kosti	76
2.1.1. Centralni sekutići	76
2.1.2. Lateralni sekutići	79
2.1.3. Očnjaci	82
2.1.4. Prvi premolari	85
2.1.5. Drugi premolari	88
2.1.6. Prvi molari	91
2.2. Debljina alveolarne kortikalne kosti i širina periodontalnog prostora	94
2.2.1. Centralni sekutići	94
2.2.2. Lateralni sekutići	98
2.2.3. Očnjaci	101
2.2.4. Prvi premolari	104
2.2.5. Drugi premolari	106
2.2.6. Prvi molari	108
VI. DISKUSIJA	111
VII. ZAKLJUČAK	134
VIII. LITERATURA	137
IX. SPISAK SKRAĆENICA	167

I. UVOD

Fiksni ortodontski aparati predstavljaju veoma efikasno sredstvo u lečenju različitih vrsta ortodontskih malokluzija. Sile koje proizvode ortodontski lukovi prenose se na zube i parodontcijum i dovode do pomeranja zuba. Međutim, kod većine pacijenata lečenih ortodontskim aparatima može istovremeno doći i do gubitka dela korena zuba usled resorptivnih procesa. Na sreću, u većini slučajeva to ne predstavlja rizik za potpuni gubitak zuba^{1,2,3,4}. Ipak, u slučajevima resorpcije većeg dela korena zuba neophodno je promeniti plan lečenja da bi se izbegla mogućnost nastanka negativnih posledica kao što je preterana mobilnost zuba⁵. Ova najteža posledica nastaje kada pored resorpcije korena zuba dođe i do resorpcije okolne kosti što dodatno smanjuje pripoj zuba u alveolarnoj čašici^{6,7}.

Veliki broj istraživača pokušao je da odredi koji su to uzroci koji dovode do pojave resorpcije korena zuba tokom terapije malokluzija ortodontskim aparatima. Tako su svi etiološki faktori resorpcije korena zuba u ortodontski lečenih pacijenata svrstani u dve grupe. Prvu grupu čine faktori određeni karakteristikama samog ortodontskog tretmana, a drugoj grupi pripadaju faktori određeni predispozicijom pacijenata za resorpciju korena zuba. Najznačajnije *karakteristike ortodontskog tretmana* koje mogu uzrokovati resorpciju korena zuba su jačina primenjene ortodontske sile^{8,9,10,11}, pravac pomeranja zuba^{12,13,14,15,16,17}, vrsta primenjenog ortodontskog aparata^{18,19}, trajanje ortodontske terapije^{20,21} i izabrana metoda mehanike pomeranja zuba^{22,23}. Sa druge strane, pojedini istraživači odbacuju mogućnost uticaja nekih etioloških faktora za koje se dugo smatralo da dovode do resorpcije korena zuba tokom ortodontske terapije kao što su dužina putanje pomeranja zuba^{18,21}, vrsta pokreta zuba²⁴ i primena kontinuirane ili intermitentne sile^{19,25}. Ipak, izgleda da pojedine vrste pokreta zuba u toku terapije malokluzija kao što su intruzija ili retruzija mogu inicirati proces resorpcije korena zuba^{26,27,28}. Takođe, kroz literaturu su opisani mnogi *predisponirajući faktori* koji mogu dovesti do pojave resorpcije korena zuba tokom terapije ortodontskim aparatom: genetska predispozicija²⁹, uzrast^{30,31} i pol pacijenta³², vitalitet zuba², grupa zuba³³, postojanje predhodne resorpcije korena zuba³⁴, ishrana³⁵, navike sisanja prsta i tiskanja jezika^{36,37}, oblik korena^{22,32}, predhodna povreda zuba^{30,34} i gustina alveolarne kosti²².

Posebnu pažnju istraživača privlači ispitivanje preventivnih mera koje je moguće sprovesti u cilju sprečavanja nastanka ili smanjenja obima resorpcije korenova zuba tokom trajanja ortodontskog lečenja kao što su skraćenje trajanja lečenja malokluzija ortodontskim aparatima ^{17,38}, smanjenje iznosa pomeranja zuba ^{21,22}, izbegavanje primene intermaksilarnih gumica ^{15,30} i primena blagih intermitentnih sila ^{17,39,40}. Ipak, nijedna od ovih studija nije uspela da sa sigurnošću dokaže da bi primena neke ili svih navedenih preventivnih mera dovela do smanjene incidence apikalne resorpcije korena zuba. Na osnovu navedenog izgleda da je jedina sigurna prevencija nastanka resorpcije korena zuba rano prepoznavanje faktora rizika, koji bi mogli dovesti do resorpcije korena tokom ortodontske terapije, kao što su zubi sa dugačkim i uskim korenovima i zubi sa nepravilnom morfologijom korenova ²², prisustvo dentalnih anomalija ^{32,41}, navika sisanja prsta i tiskanja jezika ^{36,37} i predhodna trauma zuba ^{30,42}. Zbog toga tokom terapije ortodontskim aparatima postoji potreba radiografskog monitoringa pacijenata ⁴³. Predloženi protokol podrazumeva sprovođenje kontrolne radiografije najmanje jedanput u toku prve godine trajanja ortodontske terapije. Međutim, češći kontrolni radiogrami snimani na svaka tri do četiri meseca tokom ortodontske terapije neophodni su kod pacijenata sa predispozicijom za nastanak resorpcije korena zuba. Sa druge strane, poznato je da resorpcija korena zuba može nastati i kod pacijenata kod kojih ne postoji nijedan od navedenih faktora rizika. Iz tih razloga poželjno je kontrolne radiografije redovno snimati kod svih ortodontskih pacijenata. Sa obzirom da bi ovaj način monitoringa ortodontskih pacijenata imao za posledicu povećanu dozu zračenja i upotrebu za ortodonciju nestandardnih radiografskih tehnika postavlja se pitanje da li je detekcija resorpcije korena zuba kod ortodontskih pacijenata primenom standardne radiografije idealan metod? U poslednje vreme aktuelna su ispitivanja primene trodimenzionalnih radiografija u raznim oblastima stomatologije. Tako je uvođenjem kompjuterizovane tomografije (computed tomography-CT) u ortodontsku kliničku praksu omogućeno i preciznije proučavanje resorpcije korenova zuba i alveolarne kosti koje mogu nastati tokom terapije malokluzija ortodontskim aparatima.

Zbog nejasnih podataka u dosadašnjoj literaturi o iznosu resorpcije korenova zuba i alveolarne kosti kod ortodontskih pacijenata i značajnog uticaja resorptivnih procesa na zdravlje zuba i parodontijuma nova istraživanja u ovoj oblasti su neophodna.

Iz tog razloga naša studija će pokušati da pruži neke odgovore o pojavi resorpcije korenova zuba i alveolarne kosti pod uticajem sila fiksnih ortodontskih aparata.

II. PREGLED LITERATURNIH PODATAKA

1. ISTORIJSKI PODACI

Prvi podaci o resorpciji korenova stalnih zuba objavljeni su još u drugoj polovini 19. veka, a 1914. godine Ottolengui objavljuje prvi rad o apikalnoj resorpciji korenova zuba u pacijenata lečenih ortodontskim aparatima ⁴⁴. Ketcham objavljuje 1927. i 1929. godine rezultate istraživanja koji pokazuju da je incidenca resorpcije korenova zuba među ortodontski nelečenim zdravim osobama 1-5%, dok se kod pacijenata lečenih ortodontskim aparatima incidenca resorpcije korenova zuba povećava do 21% ^{45,46,47}. Ovakvi podaci podstakli su sve ortodonte tog vremena da obrate veliku pažnju na ovu problematiku i preispitaju metode lečenja svojih pacijenata.

U svom radu koji objavljuje još 1939. godine Becks ⁴⁸ navodi da se učestalost pojave resorpcije korenova povećava sa 32% pre početka ortodontskog lečenja na 73.6% nakon uklanjanja fiksnih aparata sa zuba. Rudolf ^{49,50} navodi da je na kraju prve godine lečenja malokluzija ortodontskim aparatima kod 49% pacijenata prisutna resorpcija korenova zuba, dok se na kraju druge godine lečenja resorpcija beleži kod čak 75% pacijenata. Henry i Weinman ⁵¹ objavljuju 1951. godine rezultate histološkog istraživanja morfoloških i fizioloških karakteristika cementa zuba i polja resorpcije korenova stalnih zuba kod ortodontskih pacijenata. Prema njihovim podacima preko 90% zuba pokazalo je pojavu resorpcije korena. Polja resorpcije češće su nastajala u apikalnoj (76.8%) nego u srednjoj (19%) i gingivalnoj (4%) trećini korena zuba. Takođe, zabeležena je češća pojava resorpcije na mezijalnoj i bukalnoj površini korena zuba što ukazuje da resorpcija nastaje prvenstveno na površinama korenova orjentisanim u pravcu fiziološke migracije zuba. Autori ⁵¹ utvrđuju i da nakon resorpcije cementa korena zuba sledi proces njegove reparacije, a ovakav nalaz kasnije potvrđuju i drugi istraživači ^{52,53,54}.

Brojne epidemiološke studije proučavale su učestalost pojave resorpcije

korenova različitih zuba nakon završene ortodontske terapije ^{55,56,57,58,59}. Rezultati ovih istraživanja pokazali su da su maksilarni i mandibularni sekutići najpodložniji resorpciji korena. Maksilarni prvi molari, prvi i drugi premolari i očnjaci su manje podložni resorpciji korena, dok kod mandibularnih očnjaka, prvih i drugih premolara i prvih molara resorpcija korena najređe nastaje. Otto ⁶⁰ i Mirabella ⁶¹ proučavaju korelaciju između dužine trajanja ortodontskog tretmana i učestalosti pojave resorpcije korena zuba. U svom radu posvećenom ispitivanju incidence resorpcije korenova vitalnih stalnih zuba Hemley ⁵⁶ zaključuje da postoji pozitivna korelacija između iznosa pomeranja zuba u toku ortodontske terapije i pojave resorpcije njihovih korenova. Slične rezultate dobijaju i McNab i sar. ⁶² proučavanjem pojave eksterne resorpcije korenova zuba nastale nakon završene terapije ortodontskim aparatima. Sa druge strane, suprotnog su mišljenja Phillips i sar. ³⁴ koji u svojim radovima negiraju mogućnost uticaja veličine iznosa pomeranja zuba na pojavu resorpcije njihovih korenova.

Uporedo sa proučavanjem pojave resorpcije korenova zuba tokom terapije ortodontskim aparatima istraživači postavljaju pitanje uticaja ortodontskih sila na alveolarnu kost. Tako Björn, Halling i Thyberg ⁶³ među prvima objavljuju rad posvećen proučavanju pojave resorpcije korena zuba i okolne alveolarne kosti tokom lečenja fiksnim ortodontskim aparatima. Ispitujući efekat mehaničkih sila ortodontskih aparata na korenove zuba Dougherty ⁶⁴ u svom radu objavljenom 1968. godine opisuje pojavu resorpcije korenova mandibularnih bočnih zuba tokom ortodontske terapije. Sa druge strane, 1971. godine Morse ⁶⁵ ukazuje na pojavu procesa resorpcije korenova gornjih inciziva pod uticajem sila fiksnog ortodontskog aparata. Proučavajući uticaj sila fiksnog ortodontskog aparata i Beggove tehnike lečenja na korenove zuba Rosenberg ³¹ objavljuje 1972. godine studiju posvećenu evaluaciji incidence i obima apikalne resorpcije kod pacijenata sa nezavršenim rastom korenova zuba. Sjølien i Zachrisson ⁶⁶ razvijaju 1973. godine poseban metod za radiografsku procenu stanja marginalne alveolarne kosti nakon završene terapije ortodontskim aparatima. Iste godine objavljuju studiju posvećenu proučavanju razlike u dužini korena zuba i visini marginalne alveolarne kosti između pacijenata lečenih fiksnim aparatima i ortodontski nelečenih ispitanika ⁶⁷. Rezultati ovog istraživanja pokazali su da je dužina korenova zuba i visina alveolarne kosti značajno manja kod ortodontski lečenih pacijenata.

Osamdesetih godina 20. veka autori pokazuju sve veće interesovanje za

problem resorpcije korena zuba i okolne alveolarne kosti tokom ortodontske terapije. Goultschin, Nitzan i Azaz ⁶⁸ objavljuju 1982. godine prikaz slučaja pacijentkinje kod koje je dijagnostikovana mobilnost gornjih centralnih sekutića kao posledica apikalne resorpcije korenova ovih zuba nastale tokom terapije ortodontskim aparatom. Malmgren ⁶⁹ posvećuje posebnu pažnju ispitivanju reakcije korenova traumatizovanih zuba na delovanje ortodontskih sila i ističe da se zubi oštećeni predhodnom traumom mogu pomerati upotrebom ortodontskog aparata tek nakon observacionog perioda od najmanje 4 do 5 meseci u cilju prevencije resorpcije korena zuba.

Veliki broj autora ispitivao je uticaj sila ortodontskih aparata isključivo na korenove gornjih ili ređe donjih sekutića ^{70,71,72,73}. Pretpostavlja se da je morfologija korenova ovih zuba odgovorna za razvoj procesa apikalne resorpcije u toku ortodontske terapije ^{74,75,76,77}. Međutim, vremenom se postavilo pitanje uticaja sila fiksnih aparata na korenove bočnih zuba i okolnu alveolarnu kost ^{78,79}, kao i preciznosti dostupnih dijagnostičkih metoda u otkrivanju resorptivnih procesa. Obim i dubinu resorpcije na apeksu ili na nekoj od površina korena zuba jako je teško odrediti s obzirom na trodimenzionalnu prirodu resorpcionog polja, a radiografska ispitivanja korena zuba pružaju samo dvodimenzionalnu sliku ovog fenomena. Mnogi su istraživači, među kojima i Hollender ⁸⁰, Sameshima i Asgarifar ⁸¹ i Lydiatt ⁸², pokušali da odrede veličinu resorptivnih lakuna mereći dužinu korena zuba na radiogramima. Međutim, u cilju potpunije analize trodimenzionalne prirode resorpcije korena, naučnici započinju histološka istraživanja kao novi metod proučavanja ^{83,84,85}. Iako histološka istraživanja pružaju veliki doprinos razumevanju procesa resorpcije korena zuba, u svakodnevnoj kliničkoj praksi radiografsko ispitivanje ipak predstavlja metod izbora za otkrivanje i praćenje toka resorpcije korena i alveolarne kosti. Koristeći najčešće panoramske i retroalveolarne radiografije mnogi istraživači nalaze da usled ortodontski prouzrokovane resorpcije korena zuba dolazi do skraćenja dužine korena za manje od 2.5 mm ^{61,76,86}.

Krajem 20. veka počinje primena CT u dijagnostikovanju oboljenja u predelu lica i vilica čime je omogućen trodimenzionalni radiografski prikaz svih struktura ove regije. Upotrebu CT za otkrivanje promena u oralnoj i maksilofacijalnoj regiji započinju i razvijaju Arai i sar. ⁸⁷ u Japanu 1999. godine i Mozzo i sar. ⁸⁸ u Italiji 1998. godine. Interesovanje istraživača za primenu nove metode radiografisanja oralne regije značajno

se povećava u predhodnih deset godina. Tako, između ostalih, 2001. i 2004. godine Honda i sar.^{89,90}, 2006. godine Honda i Bjornland⁹¹, 2007. godine Kijima i sar.⁹² i 2009. godine Swennen i sar.⁹³ opisuju primenu metoda CT u maksilofacijalnoj hirurgiji. U početku je polje primene metode CT bilo ograničeno na dijagnostiku oboljenja temporomandibularnog zgloba^{94,95,96}, artrografiju^{97,98} i merenje dimenzija glenoidne fose⁹⁹. Vremenom CT nalazi svoju primenu u dijagnozi odontogenih cista¹⁰⁰ i tumora^{101,102,103}, maksilofacijalnih trauma^{104,105,106}, rascepa nepca^{107,108,109,110}, karcinoma^{103,111} i osteomijelitisa vilica^{112,113}. Autori ističu i veliki značaj metode CT u planiranju hirurških intervencija u maksilofacijalnoj regiji^{114,115,116}. Rezultate istraživanja u oblasti implantologije upotrebom CT objavljuju Hatcher i sar.¹¹⁷, Moore¹¹⁸ i Nickenig i Eitner¹¹⁹.

Ideja o upotrebi CT u kontroli lečenja malokluzija ortodontskim aparatima pojavila se tek pre nekoliko godina. Tako, Gracco i sar.¹²⁰, King i sar.¹²¹, Poggio i sar.¹²² i Kim i sar.¹²³ objavljuju istraživanja zasnovana na upotrebi CT pri planiranju i postavljanju mini implantata kod ortodontskih pacijenata. Određivanje pozicije zuba pomoću CT u cilju planiranja ortodontskog lečenja opisuju Mussig i sar.¹⁰⁹ i Peck i sar.¹²⁴, a Lagravere^{125,126} i Farman¹²⁷ predlažu pre početka ortodontske terapije izradu i analizu trodimenzionalnih kefalometrijskih snimaka upotrebom metode CT.

2. OPŠTI DEO

Poznato je da je resorpcija korena zuba neželjena posledica terapije malokluzija ortodontskim aparatima s obzirom da dugotrajno ugrožava denticiju dovodeći do skraćenja dužine korena zuba^{28,128}. Reitan i Rygh¹²⁹ proučavaju biomehaničke principe ortodontske terapije i odgovor dentoalveolarnog kompleksa na primenjene sile. Autori navode da je resorpcija korena zuba neizbežna posledica svakog pomeranja zuba u toku ortodontske terapije. Na sreću, u većini slučajeva obim apikalne resorpcije je zanemarljiv i stoga nema klinički značaj. Međutim, Hollender i sar.⁸⁰, Levander i Malmgren^{130,131} i Brin i sar.¹³² u svojim istraživanjima nalaze da umerena i izražena resorpcija korena nastaje kod 10-20% svih ispitivanih zuba. Ekstremna resorpcija korena zuba koja zahvata više od jedne trećine dužine korena veoma je retka pojava tokom ortodontskog lečenja malokluzija^{38,133}.

Iako su mnogi istraživači pokušali da opišu proces nastanka resorpcije korena zuba i okolne kosti u toku ortodontske terapije tačan mehanizam kojim sile ortodontskih aparata utiču na nastanak resorpcije dentoalveolarnih struktura do danas nije potpuno razjašnjen. Etiologija resorpcije korena zuba kod pacijenata lečenih ortodontskim aparatima je veoma kompleksna i multifaktorijalna ^{29,36,134} te je u savremenoj stomatologiji rasprostranjeno neopravdano mišljenje da je sama terapija ortodontskim aparatima jedini faktor koji dovodi do resorpcije korena zuba. Sa druge strane, glavni faktor od koga zavisi da li se tokom ortodontskog tretmana razviti proces resorpcije zuba i alveolarne kosti ^{135,136,137} predstavljaju individualne karakteristike pacijenta: morfologija, dužina i prisustvo razvojnih nepravilnosti korena zuba ^{61,76,138,139}, postojeća resorpcija korena zuba ¹³⁷, genetska predispozicija ka resorpciji korena ^{134,140}, sistemski faktori kao što su nedostatak tireoidnih hormona ^{141,142} i astma ^{143,144,145,146,147}, blizina korena zuba kortikalnoj kosti ^{138,148}, gustina alveolarne kosti ¹⁴⁹, predhodna trauma zuba i alveolarne kosti ^{137,150}, endodontski lečeni zubi ^{2,151}, izraženost i vrsta malokluzije ^{132,135,152,153}, uzrast ^{42,86,128,154} i pol ^{29,36,154} pacijenta.

Poznavajući sve etiološke faktore odnosno faktore rizika za nastanak resorpcije korena zuba i alveolarne kosti istraživači su pokušali da opišu njihov klinički značaj kod ortodontskih pacijenata. Najveću pažnju autori posvećuju upoređivanju uticaja različitih tehnika ortodontskog lečenja na razvoj resorpcije dentoalveolarnih struktura, kao i poređenju efikasnosti različitih radiografskih tehnika za dijagnozu i praćenje toka resorptivnih procesa.

2.1. Tehnike ortodontske terapije i resorpcija korena zuba i alveolarne kosti

2.1.1. Fiksni i mobilni ortodontski aparati

Proučavajući strukturu cementa korena zuba Barbagallo i sar. ¹⁵⁵ objavljuju studiju o različitim efektima mobilnih i fiksnih ortodontskih aparata na cement korena premolara. Istraživanje je sprovedeno na 27 ispitanika uzrasta 12-20 godina. Nakon osam nedelja terapije malokluzije u gornjoj vilici mobilnim odnosno fiksnim aparatom ekstrahovani su maksilarni prvi premolari kod svih pacijenata. Nakon snimanja izvađenih zuba metodom mikrotomografije merena je veličina nastalih resorptivnih

lakuna na korenima zuba. Na osnovu dobijenih rezultata autori ukazuju da postoji značajno veća resorpcija cementa korena zuba koji su tokom ortodontske terapije pomerani fiksnim aparatima u odnosu na zube pomerane silama mobilnog ortodontskog aparata.

2.1.2. Slabe i jake ortodontske sile

Ispitujući razliku u efektu slabih i jakih sila ortodontskog aparata na koren zuba i nastanak resorpcije Chan i Darendeliler^{156,157,158} objavljuju nekoliko studija posvećenih ovom problemu. Prvo istraživanje autori sprovode na 10 pacijenata kod kojih je indikovana ekstrakcija maksilarnih premolara u cilju ortodontskog lečenja, a u naredne dve godine objavljuju rezultate dve slične studije sprovedene na većem uzorku koji je obuhvatio 36 ispitanika. Cilj sva tri istraživanja bio je da se utvrdi da li postoji razlika u uticaju slabih (25g) i jakih (225g) kontinuiranih sila na nastanak i razvoj procesa resorpcije korena zuba kod ortodontskih pacijenata. Nakon četiri nedelje lečenja malokluzije u gornjoj vilici fiksnim aparatom oba maksilarna premolara su ekstrahovana u cilju pripreme histoloških preparata. Korišćenjem elektronskog mikroskopa određivan je obim resorptivnih lakuna na korenu zuba nastalih kao posledica njihovog bukalnog pomeranja aparatom. Na osnovu rezultata istraživanja autori zaključuju da svi ortodontski pomerani zubi, bez obzira na intenzitet korišćene sile, pokazuju značajno veći stepen resorpcije od kontrolnih zuba koji nisu pomerani silama ortodontskog aparata. Izuzetak su rezultati poslednje studije iz 2006. godine u kojoj autori nalaze da zapremina resorptivnih lakuna korena zuba pomeranih silama slabog intenziteta nije značajno veća nego na kontrolnim zubima¹⁵⁸. Ipak, sve studije jasno ukazuju da je resorpcija korena zuba značajno veća nakon primene jakih sila nego sila slabog intenziteta. Autori nalaze da je srednja vrednost zapremine resorptivnih polja 11.59 puta veća na korenovima premolara pomeranih jakim silama u odnosu na kontrolne zube.

Za razliku od Chana i Darendelilera koji ispituju volumen resorptivnih kratera nakon bukalnog pomeranja zuba, Harris i sar.¹⁵⁹ određuju uticaj sila intruzije na razvoj apikalne resorpcije. Gornji premolari ekstrahovani su nakon četiri nedelje terapije fiksnim ortodontskim aparatom. Histološki preparati ekstrahovanih zuba analizirani su elektronskim mikroskopom radi određivanja zapremine i lokacije resorptivnih lakuna na

korenu zuba. Rezultati studije pokazali su da je zapremina resorptivnih polja nastalih nakon intruzije zuba direktno proporcionalna intenzitetu primenjene sile. Volumen resorptivnih lakuna veći je dva puta kod zuba na koje je aplikovana sila slabog intenziteta odnosno četiri puta kod zuba pomeranih jakim silama u odnosu na kontrolne zube.

2.1.3. Intruzija i ekstruzija

Proučavajući resorpciju korena zuba nastalu nakon njegove intruzije ili ekstruzije ortodontskim aparatom Han i sar.¹⁶⁰ objavljuju rezultate histoloških istraživanja sprovedenih na devet ortodontskih pacijenata lečenih fiksnim aparatima. Na zube je aplikovana kontinuirana sila intruzije ili ekstruzije jačine 100 g. Nakon osam nedelja ekstrahovana su oba maksilarna premolara kod svih pacijenata. Histološki preparati zuba analizirani su elektronskim mikroskopom. U cilju poređenja resorpcije zuba kod ortodontskih pacijenata formirana je kontrolna grupa zuba izvađenih pre aplikacije fiksnih aparata kod šest drugih ispitanika. Autori nalaze da se iznos resorpcije korena zuba nastale nakon njihove ekstruzije ne razlikuje značajno od resorpcije kontrolnih zuba. Sa druge strane, sile intruzije značajno povećavaju procenat resorbovanog dela korena zuba, čak četiri puta u odnosu na zube kontrolne grupe.

2.1.4. Kontinuirane i diskontinuirane ortodontske sile

Glavni cilj studije koju su 1999. godine objavili Acar i sar.¹⁶¹ bio je da se utvrdi da li postoji razlika u iznosu resorpcije korena zuba nastale kao posledica primene kontinuiranih i diskontinuiranih sila fiksnog ortodontskog aparata. I ovo istraživanje je sprovedeno histološkim ispitivanjem ekstrahovanih prvih premolara osam pacijenata uz pomoć elektronskog mikroskopiranja. Ortodontski tretman pre ekstrakcije zuba trajao je devet nedelja. Na zube su aplikovane kontinuirane ili diskontinuirane sile jačine 100 g. Intermaksilarne gumice su korišćene kao izvor kontinuirane sile kada je pacijent instruiran da ih nosi 24 časa i kao izvor diskontinuirane sile ako su nošene 12 sati dnevno. Zubi ekstrahovani pre početka lečenja fiksnim aparatom kod šest pacijenata korišćeni su kao kontrola. Na osnovu dobijenih rezultata autori zaključuju da je iznos resorpcije korena značajno veći kod svih ortodontski pomeranih zuba u odnosu na kontrolne. Takođe, autori zaključuju da primena kontinuiranih sila dovodi do značajno

veće resorpcije zuba nego upotreba diskontinuiranih sila fiksnog aparata.

2.1.5. Tehnika pravog luka i standardni edžvajz

Reukers i sar.¹⁶² objavljuju 1998. godine rezultate proučavanja razlike u iznosu resorpcije korena zuba nastale primenom dve tehnike fiksne ortodonske terapije: pravog luka i edžvajza. Ispitivanjem je obuhvaćeno 149 pacijenata prosečnog uzrasta 12 godina kod kojih je dijagnostikovana malokluzija II klase. Iznos resorpcije korena zuba nakon završenog lečenja fiksnim aparatima određivan je na retroalveolarnim snimcima zuba. Rezultati studije su pokazali da ne postoji statistički značajna razlika u iznosu apikalne resorpcije između dve ispitivane grupe pacijenata.

Dve godine kasnije slično istraživanje sprovode i Mavragani i sar.¹⁶³. U ispitivanje je bilo uključeno 80 pacijenata kod kojih je dijagnostikovana malokluzija II/1 klase koja je zahtevala lečenje ekstrakcijom oba maksilarna ili i maksilarna i mandibularna prva premolara i upotrebu fiksnih ortodonskih aparata. Ispitanici su podeljeni u dve grupe. Prvu grupu sačinjavalo je 40 pacijenata koji su lečeni upotrebom standardne edžvajz tehnike, a drugu grupu 40 pacijenata lečenih tehnikom pravog luka. Dužina krunice i korena maksilarnih inciziva određivana je na periapikalnim radiografijama pre i posle aktivne faze ortodonske terapije. Sva merenja su vršena sa mezijalne i distalne strane zuba. Promena u dužini korena zuba između početnog i završnog snimka merena je pojedinačno za gornje centralne i lateralne sekutiće, a na osnovu dobijenih rezultata autori zaključuju da centralni incizivi pokazuju značajno veću predispoziciju za nastanak resorpcije korena kod ispitanika lečenih primenom standardne edžvajz tehnike. Iznos redukcije korena lateralnih sekutića nije se statistički značajno razlikovao u odnosu na centralne sekutiće iste osobe. Autori zaključuju da je mogućnost primene slabijih i konstantnih sila kod tehnike pravog luka glavni razlog zbog koga značajno manja resorpcija zuba nastaje kod pacijenata lečenih na ovaj način.

Proučavanjem različitog uticaja edžvajz tehnike i tehnike pravog luka na razvoj resorpcije korena zuba bavili su se i Becks i Harris¹⁶⁴. U studiju je uključeno 83 pacijenta sa malokluzijom I klase kod kojih je usled teskobe u anteriornim delovima zubnih lukova indikovana ekstrakcija sva četiri prva premolara i lečenje gornjim i donjim fiksnim ortodonskim aparatom. Kod polovine pacijenata primenjena je konvencionalna edžvajz Tweed tehnika, zasnovana na aplikaciji jakih sila uz primenu

hedgera visoke vuče, koju su opisali Merrifield i Cross ¹⁶⁵ i Sandusky i Gramlin ¹⁶⁶. Druga polovina ispitanika lečena je primenom slabijih sila lukova Beggove tehnike fiksnih aparata opisane u studijama Perlowa ¹⁶⁷ i Huckaba ¹⁶⁸. Resorpcija korenova zuba određivana je pre početka i po završetku aktivne faze terapije ortodontskim aparatima na dva načina: ocenom stepena resorpcije (skala 0-4) ^{130,169} i merenjem dužine korena zuba na profilnom telerendgenogramu glave i ortopantomogramu. Na osnovu dobijenih ocena stepena resorpcije korena autori zaključuju da učestalost apikalne resorpcije zuba nastale nakon terapije ortodontskim aparatima iznosi od 62% za maksilarne centralne sekutiće do 5% za distalne korenove mandibularnih prvih molara. Međutim, važno je istaći da autori ne nalaze značajnu razliku u učestalosti pojave resorpcije korenova zuba u odnosu na primenjenu tehniku fiksnih aparata. Autori zaključuju da jedino postoji značajna korelacija između vrste pomeranja zuba, naročito intruzije, i obima resorpcije korena zuba, ali da to ne zavisi od upotrebljene vrste fiksne ortodontske tehnike.

S obzirom da je nemoguće uticati na unutrašnje karakteristike pacijenta koji mogu da stvore predispoziciju ka resorpciji korenova zuba, naučnici u oblasti ortodontskih materijala pokušavaju da ovaj neželjeni efekat fiksne ortodontske terapije eliminišu radom na poboljšanju ortodontskih materijala i tehnika lečenja. Tako je davne 1963. godine razvijena prva niki-titanijum legura koja je već 1971. godine upotrebljena u oblasti ortodontije ^{170,171}. Dvadesetde godine kasnije u Kini i Japanu počinje proizvodnja nove superelastične niki-titanijum žice koja omogućava kontinuirano delovanje slabih sila kroz duži vremenski period ^{172,173}. Viazis ^{174,175} uvodi u ortodontsku praksu triangularne bravice i povećava rastojanje između slota susednih bravica čime još više smanjuje intenzitet sila novih superelastičnih niki-titanijumskih lukova. Na ovaj način Viazis opisuje novu tzv. Bioforce terapiju koja koristi za pomeranje zuba superelastične četvrtaste lukove. Bioforce lukovi su memorijske niki-titanijumske žice koje slabijim silama deluju na sekutiće, a jačim silama na bočne zube. Upoređujući raziku u uticaju Bioforce tehnike, standardne edžvajz i tehnike pravog luka na nastanak resorpcije korenova zuba Janson i sar. ¹⁷⁶ objavljuju 1999. godine rezultate radiografskih ispitivanja. Resorpcija korenova gornjih i donjih sekutića ocenjivana je na retroalveolarnim radiografijama metodom Levandera i Malmgrena ¹³⁰ nakon završenog ortodontskog tretmana. Na osnovu rezultata istraživanja autori zaključuju da je resorpcija korenova zuba pacijenata lečenih Bioforce tehnikom značajno manja u

odnosu na ostale ispitanike i da su resorpciji korenova najpodložniji gornji centralni sekutići, nešto manje gornji lateralni i donji centralni, a najmanje donji lateralni sekutići.

2.1.6. Lingvalni fiksni ortodontski aparati

Brzo napredovanje ortodoncije tokom poslednjih godina dovodi do konstantnog poboljšanja tehnika lečenja malokluzija, kao i do razvoja novih terapijskih metoda. Tako su i lingvalni fiksni ortodontski aparati nedavno našli primenu u svakodnevnom lečenju ortodontskih pacijenata, naročito odraslih osoba sa visokim estetskim zahtevima¹⁷⁷. Wiechmann¹⁷⁸ ističe da indirektni način bondiranja bravica i posebno fabrički izrađeni lukovi za lingvalne fiksne aparate doprinose odličnim rezultatima lečenja ovom ortodontskom tehnikom. Sa druge strane, glavne nedostatke lingvalne tehnike predstavljaju smanjeno rastojanje između susednih bravica i pojava nekontrolisanih sila tokom nivelisanja zuba ortodontskim lukovima što ujedno predstavlja i faktore rizika za nastanak resorpcije korenova zuba. Upravo to je i podstaklo Fritza i sar.¹⁷⁹ da sprovedu istraživanje apikalne resorpcije korenova zuba kod pacijenata lečenih lingvalnim fiksnim aparatima. U studiju je uključeno 40 pacijenata. Kod 5 pacijenata ekstrahovani su donji, a kod 22 ispitanika gornji premolari nakon čega su aplikovani fiksni lingvalni aparati na preostale zube. Dužina korena gornjih i donjih inciziva merena je od cementno-gleđne granice do apeksa korena zuba na ortopantomogramima pre početka i na kraju terapije fiksnim aparatima. U cilju procene iznosa i pravca pomeranja sekutića tokom terapije kod svakog ispitanika analiziran je i profilni telerendgenogram glave pre početka i posle završenog lečenja. Analizom dobijenih rezultata autori nalaze da prosečna dužina korena zuba nakon ortodontskog tretmana lingvalnim fiksnim aparatima iznosi 96.3% prvobitne dužine korena zuba. Uzimajući da je prosečna dužina korena gornjeg centralnog sekutića 12 mm autori zaključuju da navedena procentualna vrednost resorpcije korena zuba odgovara iznosu resorpcije manjem od 0.5 mm.

2.1.7. Samoligirajući i konvencionalni sistemi ortodontskih bravica

Scott i sar.¹⁸⁰ objavljuju rezultate studije posvećene istraživanju razlike u uticaju Damon3 samoligirajućeg sistema i konvencionalnog sistema bravica na nastanak

i razvoj resorpcije korenova mandibularnih sekutića. Ispitivanjem je obuhvaćeno 62 pacijenta kod kojih je indikovana ekstrakcija donjih prvih premolara i lečenje fiksnim ortodontskim aparatima. Pacijenti su podeljeni u dve grupe. Prva grupa lečena je upotrebom Damon3 (Ormco, Glendora, Kalifornija) sistema samoligirajućih bravica, a druga grupa primenom konvencionalnih bravica Synthesis (Ormco, Glendora, Kalifornija). Kod obe grupe pacijenata korišćeni su isti lukovi, a terapija je sprovedena na isti način u svim fazama lečenja malokluzije. Dužina korena zuba i promene u dimenziji zubnog luka merene su na retroalveolarnim radiografijama i profilnim telerendgenogramima. Rezultati istraživanja su pokazali da postoji razlika u iznosu apikalne resorpcije korena zuba između dve ispitivane grupe pacijenata. Skraćenje dužine korena zuba nakon primene Damon3 sistema bravica prosečno iznosi 2.26 mm, dok nakon lečenja konvencionalnim bravicama prosečna vrednost apikalne resorpcije iznosi 1.21 mm.

2.1.8. Dvofazno i jednofazno lečenje malokluzija II klase

Pojavu eksterne apikalne resorpcije korenova zuba tokom ortodontske terapije pacijenata sa malokluzijom II klase proučavali su Brin i sar.¹³². U retrospektivnoj studiji čije rezultate objavljuju 2003. godine autori su proučavali razliku u incidenci i stepenu izraženosti apikalne resorpcije između pacijenata lečenih u dve faze pomoću bionatora ili headgearsa i fiksnog aparata i pacijenata lečenih u jednoj fazi primenom fiksnog ortodontskog aparata. U istraživanje je bilo uključeno 138 dece sa dijagnozom malokluzije II klase 1. odeljenja sa incizalnim razmakom većim od 7 mm. Pojava i stepen izraženosti apikalne resorpcije zuba određivani su na ortopantomogramima urađenim pre početka i na kraju lečenja fiksnim ortodontskim aparatima. Analizirani su samo gornji centralni i lateralni incizivi s obzirom da se smatra da su ovi zubi najpodložniji resorpciji korena^{152,181}. Rezultati istraživanja su pokazali da je pojava umerene i izražene apikalne resorpcije korenova inciziva manje zastupljena kod pacijenata lečenih u dve faze u odnosu na ispitanike kod kojih je terapija sprovedena samo fiksnim ortodontskim aparatima u jednoj fazi. Stepen izraženosti apikalne resorpcije je utoliko veći ukoliko je veća vrednost incizalnog stepenika koji je potrebno redukovati u drugoj fazi ortodontske terapije.

2.2. Malokluzije i resorpcija korenova zuba i alveolarne kosti

Iznos pomeranja zuba tokom terapije malokluzija ortodontskim aparatima može značajno odrediti nastanak i stepen izraženosti procesa apikalne resorpcije. Izraženost incizalnog stepenika kod malokluzija I i II klase po Angleu se značajno razlikuje te je usled toga iznos pomeranja maksilarnih sekutića tokom ortodontske terapije veći kod pacijenata sa malokluzijom II klase. Upravo ovim problemom bavili su se Taner i sar.¹⁵³ koji objavljuju studiju posvećenu evaluaciji apikalne resorpcije korena zuba nastale nakon sprovođenja ekstrakcione terapije kod pacijenata sa malokluzijom I i II klase po Angleu. Ispitivanjem je obuhvaćeno 54 pacijenata kod kojih je plan terapije uključivao ekstrakciju sva četiri prva premolara i upotrebu fiksnih ortodontskih aparata. Ekstrakcija premolara bila je indikovana kod pacijenata I klase usled postojanja anteriorne teskobe i izraženog incizalnog stepenika kod pacijenata II klase malokluzija. Radiografsko ispitivanje resorpcije korenova sekutića, iznos vertikalnog pomeranja i inklinacije zuba tokom terapije sprovedeno je na profilnim telerendgenogramima pre početka i na kraju ortodontske terapije. Na osnovu metode Copelanda i Greena¹⁸² opisane 1986. godine na snimcima je izmerena dužina zuba. Rezultati istraživanja pokazuju da prosečna vrednost resorpcije korenova zuba kod pacijenata sa malokluzijom I klase iznosi 0.98 ± 1.78 mm, dok je kod pacijenata sa malokluzijom II klase skraćenje dužine korena nešto veće i iznosi 2.08 ± 1.60 mm. Iznos vertikalnog pomeranja zuba se nije značajno razlikovao između dve ispitivane grupe pacijenata. Prilikom lingvalnog pomeranja gornjih sekutića kod ispitanika sa malokluzijom II klase nije došlo do promene položaja apeksa korena zuba u odnosu na pacijenta sa dijagnozom malokluzije I klase. Na osnovu ovih nalaza autori zaključuju da ne postoji značajna korelacija između stepena inklinacije, vertikalnog pomeranja i resorpcije korena zuba.

Iako je interesovanje ortodonata primarno bilo usmereno na proučavanje uticaja sagitalnih malokluzija na nastanak apikalne resorpcije^{132,153}, u poslednjih nekoliko godina posebnu pažnju privlači istraživanje korelacije malokluzija pojedinih zuba i razvoja resorpcije korena tokom ortodontske terapije. Tako Mavragani i sar.¹⁸³ objavljuju studiju koja je imala za cilj da proceni da li prisustvo dentalne invaginacije zuba predstavlja faktor rizika za nastanak apikalne resorpcije njegovog korena tokom terapije ortodontskim aparatima. Dentalna invaginacija predstavlja najčešću dentalnu

anomaliju kod ortodontskih pacijenata i najčešće se javlja kod gornjih lateralnih sekutića¹³⁹. Patogeneza dentalne invaginacije je nepoznata i multifaktorijalna^{184,185,186}, a kroz literaturu se sreću različita mišljenja istraživača po pitanju uticaja dentalne invaginacije na nastanak resorpcije korena zuba. Tako Kjaer³² i Thongudomporn i Freer¹³⁹ smatraju da dentalna invaginacija predstavlja faktor rizika za nastanak resorpcije korena zuba tokom ortodontske terapije. Sa druge strane, Lee i sar.⁴¹, Ferrer¹⁸⁷ i Mavragani i sar.¹⁶³ ističu da anomalije pojedinačnih zuba ne predstavljaju predisponirajući faktor za nastanak apikalne resorpcije tokom terapije ortodontskim aparatima. Upravo zbog različitih stavova autora po pitanju uticaja dentalne invaginacije na razvoj resorpcije zuba kod ortodontskih pacijenata Mavragani i sar.¹⁸³ sprovode studiju posvećenu ovom problemu. U ispitivanje je uključen 91 pacijent kod kojih je ortodontsko lečenje sprovedeno upotrebom fiksnih aparata. Retroalveolarne radiografije maksilarnih sekutića snimljene su pre početka i na kraju ortodontske terapije kod svih ispitanika. Ispitanici su podeljeni u dve grupe na osnovu prisustva ili odsustva invaginacije maksilarnih inciziva. Dentalna invaginacija dijagnostikovana je na retroalveolarnim radiografijama, a klasifikacija stepena izraženosti anomalije izvršena je po metodi Oehlersa¹⁸⁸ opisanoj 1957. godine. Dužina krunice i korena ukupno 328 zuba merena je na retroalveolarnim radiografijama po metodi Mavragani i sar.¹⁶³ i izražena je u milimetrima i procentima skraćenja prvobitne dužine korena zuba. Rezultati istraživanja su pokazali da ne postoji statistički značajna razlika u vrednosti resorpcije korena zuba između dve ispitivane grupe pacijenata. Prosečna vrednost resorpcije korena iznosila je 0.46-1.22 mm kod zuba sa dentalnom invaginacijom, odnosno 0.50-1.00 mm kod zuba bez prisustva ove anomalije te se dentalna invaginacija ne može smatrati faktorom rizika za razvoj resorpcije korena zuba tokom terapije ortodontskim aparatima. Ovi nalazi su u saglasnosti sa rezultatima studije Brina i sar.¹³² koji proučavaju podložnost apikalnoj resorpciji zuba sa nepravilnom morfologijom korenova. Autori ističu da se proces resorpcije korenova u toku ortodontske terapije ne dešava češće kod zuba sa nepravilnom morfologijom korenova u odnosu na ostale zube.

2.3. Uzrast pacijenta i resorpcija korena zuba

Većina studija ^{47,152,189} koje su se bavile istraživanjem pojave resorpcije korena zuba kod pacijenata lečenih ortodontskim aparatima pokazuje da resorpcija korena zuba ne zavisi od pola ispitivanih osoba. Sa druge strane, različita su mišljenja autora po pitanju uticaja uzrasta pacijenta, kao i dužine trajanja terapije ortodontskim aparatima na pojavu procesa resorpcije korena. Rudolf ^{49,50} i Linge ³⁰ ukazuju na značajno veću učestalost resorpcije korena zuba kod starijih pacijenata. Sa druge strane, Sjolien ⁶⁷ i Phillips ³⁴ zaključuju da ne postoji korelacija između uzrasta ispitanika i učestalosti pojave resorpcije korena, te da se resorpcija može javiti podjednako kod svih pacijenata bez obzira na njihovu starosnu dob.

Iako većinu ortodontskih pacijenata čine deca i adolescenti, poslednjih godina znatno je povećan broj odraslih osoba koji se obraćaju ortodontima u cilju lečenja malokluzija. Jedan broj ovih pacijenata lečen je ortodontskim aparatima tokom detinjstva, a kod nekih od njih ranija ortodontska terapija dovela je i do pojave resorpcije i skraćenja dužine korena. Obzirom da u literaturi nije postojalo mnogo studija posvećenih problemu resorpcije korena zuba nastale tokom ortodontske terapije odraslih osoba Mirabella i Artun ⁶¹ sprovode istraživanje sa ciljem da identifikuju faktore rizika za razvoj apikalne resorpcije kod odraslih ortodontskih pacijenata. Autori zaključuju da su glavni faktori rizika za resorpciju korena zuba kod odraslih ortodontskih pacijenata prisustvo dugačkih, uskih i zakrivljenih korena i upotreba elastične vuče intermaksilarnim gunicama dok vrsta malokluzije i dužina faze primene četvrtastih čeličnih lukova ne utiču na učestalosti resorpcije korena. Apikalnu resorpciju korena zuba u ortodontski lečenih odraslih pacijenata proučavali su i Baumrind i sar. ²¹. Autori nalaze da resorpcija korena gornjih sekutića nastaje kod ortodontski lečenih odraslih pacijenata čak iako nije došlo do značajnijeg pomeranja apeksa ovih zuba tokom terapije.

Terapija malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima često se sprovodi kod mladih pacijenata kod kojih još postoje zubi sa nezavršenim rastom korena. Još je 1936. godine Rudolph ¹⁹⁰ ukazao da aplikacija slabih sila fiksnih aparata na zube sa nezavršenim rastom korena ne utiče značajno na njegovu genetski predodređenu dužinu. Isti autor četiri godine kasnije objavljuje podatak da se kod mladih pacijenata sa

nezavršenim rastom korena fiksni ortodontski tretman može prolongirati bez opasnosti od trajnog gubitka vrha korena zuba ⁴⁰. Rosenberg ³¹ sprovodi studiju o resorpciji korenova očnjaka i premolara kod ortodontskih pacijenata sa nezavršenim rastom korenova i na osnovu dobijenih rezultata zaključuje da korenovi zuba dostižu svoju predodređenu dužinu tokom terapije fiksnim aparatima. Potstaknuti ovim istraživanjima Mavragani i sar. ⁸⁶ sprovode studiju sa ciljem da se što tačnije ispita odnos između uzrasta pacijenta, razvojnog stadijuma korena zuba na početku i iznosa njihovog rasta tokom ortodontske terapije. Rezultati pokazuju da se elongacija korenova na kraju terapije mnogo češće beleži kod zuba kod kojih rast korenova nije bio završen prilikom aplikacije fiksnih aparata na početku ortodontskog lečenja.

2.4. Radiografske metode u dijagnostici resorpcije korena zuba i alveolarne kosti

2.4.1. Retroalveolarne radiografije

Pitanje izbora radiografske metode u cilju otkrivanja i kontrole resorptivnih procesa korena zuba i okolne alveolarne kosti oduvek je privlačilo pažnju istraživača. Prvi radovi posvećeni proučavanju resorptivnih procesa dentoalveolarnih struktura kod pacijenata lečenih ortodontskim aparatima nastali su kao rezultat analize dužine korena zuba na retroalveolarnim radiografijama snimanih paralelnim zracima. Tako još 1973. godine Sjolien i Zachrisson opisuju metod za merenje visine alveolarne kosti na retroalveolarnim snimcima, a zatim iste godine objavljuju rad posvećen određivanju dužine korena zuba na ovim radiografijama ^{66,67}. Malmgren i sar. ⁶⁹ objavljuju rezultate ispitivanja resorpcije korena predhodno traumatizovanih zuba kod ortodontskih pacijenata primenom retroalveolarnih radiografija. Uticaj ekstrakcije zuba i ortodontskog tretmana na resorpciju dentoalveolarnih struktura upotrebom retroalveolarnih radiografija ispitivali su Kennedy i sar. ¹⁹¹. Deset godina nakon ekstrakcije premolara svi pacijenti uključeni u studiju obuhvaćeni su radiografskim ispitivanjem zasnovanim na analizi 12 do 16 retroalveolarnih snimaka kojima su obuhvaćeni svi zubi obe vilice. Autori zaključuju da su numeričke vrednosti dužine korenova zuba i visine marginalne alveolarne kosti veće kod pacijenata kod kojih ortodontske nepravilnosti nisu bile lečene fiksnim aparatima nakon ekstrakcije

premolar. Sličnu studiju sprovodi i Baxter ¹⁹², ali analizom retroalveolarnih radiografija zaključuje da nema statistički značajne razlike u vrednosti visine alveolarne kosti između zuba pored ekstrakcionog prostora i zuba u udaljenim partijama zubnih nizova.

Sharpe i sar. ¹⁸¹ objavljuju 1987. godine rezultate analize retroalveolarnih snimaka ortodontskih pacijenata u cilju određivanja povezanosti između pojave recidiva i razvoja resorpcije korena zuba i alveolarne kosti. Retroalveolarne radiografije svih zuba gornje i donje vilice snimljene su kod 36 ispitanika kod kojih je retencioni period nakon ortodontskog lečenja završen pre najmanje deset godina. Polovina ispitanika kod kojih nije zabeležena pojava recidiva u vidu teskobe mandibularnih frontalnih zuba predstavljala je kontrolnu grupu. Na radiografijama je određivan stepen resorpcije korena zuba i visina marginalne alveolarne kosti, a promena pozicije i angulacije maksilarnih inciziva merena je na profilnim teleradiografijama. Rezultati istraživanja pokazuju da se resorpcija korenova zuba i alveolarne kosti javlja nakon ortodontskog tretmana i kod eksperimentalne i kod kontrolne grupe pacijenata. Ipak, značajno izraženija resorpcija dentoalveolarnih struktura zabeležena je na retroalveolarnim radiografijama ispitanika eksperimentalne grupe kod kojih je prisutna pojava recidiva teskobnosti.

Analizirajući retroalveolarne snimke gornjih inciziva Linge i Linge ⁴² pokušavaju da otkriju uticaj prisustva povećanog incizalnog stepenika i disfunkcije usana i jezika na nastanak resorpcije korenova inciziva tokom terapije malokluzija. Levander i Malmgren ¹³³ objavljuju studiju posvećenu proučavanju stepena mobilnosti izrazito resorbovanih gornjih sekutića tokom ortodontske terapije. Ispitivanje je sprovedeno na ukupno 73 maksilarna sekutića najmanje pet godina po završetku aktivne faze ortodontske terapije. Ukupna i intraalveolarna dužina korena zuba merena je na retroalveolarnim radiografijama, a mobilnost zuba određivana je klinički metodom po Milleru ¹⁹³. Rezultati su pokazali da ukupna dužina korenova sekutića varira od 5.5 do 18.1 mm, a dužina dela korena u alveolarnoj kosti od 4.1 do 16.6 mm. Kliničkim pregledom je kod petnaest sekutića dijagnostikovana mobilnost prvog stepena po Milleru. Analizom dobijenih rezultata autori zaključuju da postoji statistički značajna povezanost između dužine i mobilnosti korena zuba i ističu da ukupna dužina korena manja od 9 mm predstavlja faktor rizika za pojavu mobilnosti ugroženog zuba. Isti

autori ¹⁹⁴ sprovode 2007. godine ispitivanje mobilnosti maksilarnih inciziva 10-25 godina nakon završetka aktivne faze ortodontskog tretmana. U ovoj studiji istom metodologijom ispitano je 36 pacijenata sa jednim ili više izraženo resorbovanih maksilarnih inciziva tokom ortodontske terapije. Autori zaključuju da zubi sa dužinom dela korena u kosti većom od 10 mm i zdravim periodoncijumom posle završene ortodontske terapije imaju dobru dugororočnu prognozu bez znakova mobilnosti.

Slično istraživanje sprovode i Remington i sar. ² ispitujući stepen mobilnosti zuba i resorpcije njihovog korena nastale tokom terapije fiksnim ortodontskim aparatima. Analizom je obuhvaćeno 100 pacijenata kod kojih je ortodontski tretman završen prosečno 14 godina ranije. Retroalveolarne radiografije svih zuba sa početka i kraja ortodontskog lečenja upoređivane su u cilju ispitivanja promena u dužini korena zuba nastalih usled resorptivnih procesa. Autori nalaze da nakon uklanjanja aparata sa zuba ne dolazi do progresije resorptivnih procesa nastalih tokom ortodontske terapije. Naprotiv, na retroalveolarnim radiografijama snimljenim u proseku 14 godina nakon uklanjanja fiksnih aparata jasno se uočavaju znaci progresivnog remodelovanja površine korena zuba.

2.4.2. Profilne teleradiografije i okluzalni rendgenski snimci

Osim na retroalveolarnim radiografijama pojedini autori pokušali su da proces resorpcije korena zuba i alveolarne kosti kod pacijenata lečenih fiksnim ortodontskim aparatima dijagnostikuju i na profilnim telerendgenogramima ^{34,169,182,195} ili okluzalnim radiografijama ⁷⁸. Tako 1992. godine Harris i Butler ¹⁹⁵ sprovode istraživanje procesa resorpcije korenova gornjih centralnih sekutića nastale tokom ortodontske terapije frontalno otvorenog zagrižaja kod 32 pacijenta. Kod svih ispitanika otvoreni zagrižaj je obuhvatao sva četiri sekutića. Kontrolnu grupu je sačinjavao 31 pacijent sa dubokim zagrižajem. Resorpcija korenova inciziva određivana je na profilnim telerendgenografijama snimljenim pre i nakon ortodontskog tretmana fiksnim aparatima. Ukupna dužina zuba merena je direktno na rendgenskom snimku, a iznos apikalne resorpcije određivan je po opisnoj metodi Levandera i Malmgrena na skali od 0 do 4 ^{130,196}. Rezultati su pokazali da je tokom ortodontske terapije apikalna resorpcija zabeležena kod obe grupe pacijenata u istom iznosu.

U studiji objavljenoj 1988. godine Källestål i Matsson ⁷⁸ definišu kriterijume za

procenu resorpcije aproksimalne alveolarne kosti kod adolescenata na bočnim okluzalnim rendgenogramima. Cilj istraživanja predstavlja određivanje prosečne vrednosti razmaka između cementno-gleđne granice zuba i vrha marginalne alveolarne kosti kod adolescenata sa zdravim potpornim tkivima zuba. Time bi bilo olakšano dijagnostikovanje resorpcije alveolarne kosti kod adolescenata otkrivanjem odstupanja od prosečnih vrednosti visine marginalne alveolarne kosti. Ispitivanjem je obuhvaćeno 30 pacijenata uzrasta 18 godina sa klinički zdravim gingivalnim tkivom. Kod svakog ispitanika snimljena su po četiri bočna okluzalna radiograma. Rezultati studije su pokazali da je prosečna vrednost rastojanja cementno-gleđne granice od vrha alveolarne kosti u gornjoj vilici 0.9-1.0 mm odnosno 0.7-0.8 mm u donjoj vilici. Samo u četiri slučaja rastojanje od cementno-gleđne granice do vrha alveolarne kosti na mezijalnim površinama prvih i drugih maksilarnih premolara iznosilo je više od 2 mm. Na osnovu dobijenih podataka može se zaključiti da se normalnim rastojanjem između cementno-gleđne granice i vrha alveolarne kosti može smatrati vrednost od 0 do 2 mm. Autori predlažu da se kao kriterijum za ocenu gubitka alveolarne kosti resorptivnim procesima može uzeti vrednost rastojanja cementno-gleđne granice zuba od ivice alveolarne kosti veća od 2 mm.

2.4.3. Ortopantomografija u dijagnozi resorpcije korena zuba i alveolarne kosti

Do kraja 20. veka istraživači su tokom terapije malokluzija ortodontskim aparatima gotovo isključivo proučavali razvoj apikalne resorpcije na incizivima pomoću retroalveolarnih rendgen snimaka. Međutim, 1994. godine Hendrix i sar.¹⁹⁷ postavljaju pitanje resorpcije korenova bočnih zuba kod ortodontskih pacijenata i predlažu upotrebu ortopantomografije (OPT) kao metode izbora za proučavanje resorptivnih procesa svih zuba. Slično istraživanje sprovode 1999. godine McNab i sar.¹⁴³ ispitujući pojavu apikalne resorpcije korena bočnih zuba u toku terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima kod pacijenata obolelih od astme. Poznato je da oslobađanje inflamatornih medijatora kod obolelih od astme može ugroziti zdravlje periodontalnog tkiva i doprineti nastanku resorpcije korena zuba i okolne alveolarne kosti¹⁴³. Ispitivanjem je obuhvaćeno 99 zdravih i 44 osoba obolelih od astme kod kojih je lečenje malokluzija sprovedeno gornjim i donjim fiksnim aparatom. Obim resorpcije korenova

zuba meren je na ortopantomogramima na premolarima, gornjim i donjim prvim molarima. Ocena stepena resorpcije korenova određivana je po četvorostepenoj metodi Sharpe i sar.¹⁸¹, a u ispitivanje su uključeni samo zubi sa završenim rastom korena. Na osnovu dobijenih rezultata autori zaključuju da se eksterna apikalna resorpcija bočnih zuba značajno češće javlja kod osoba obolelih od astme nego kod zdravih ispitanika, a da su resorptivni procesi najizraženiji na korenovima gornjih prvih molara. Međutim, iako je incidenca resorptivnih procesa veća kod osoba obolelih od astme autori ne nalaze značajnu razliku između dve ispitivane grupe pacijenata u broju zuba ugroženih umerenom (stepen 2) i izraženom (stepen 3) resorpcijom.

McNab i sar.⁶² sprovode 2000. godine još jedno ispitivanje pojave eksterne apikalne resorpcije korenova bočnih zuba u toku terapije fiksnim ortodontskim aparatima. Ovoga puta autori proučavaju razliku u incidenci i stepenu izraženosti resorpcije korenova zuba između grupa pacijenata lečenih različitim tehnikama fiksne ortodontske terapije. Rezultati studije su pokazali da je incidenca apikalne resorpcije korena zuba 2.3 puta veća pri upotrebi Beggove u odnosu na edžvajz tehniku lečenja, a 3.72 puta u ekstrakcionim slučajevima ortodontskog lečenja.

Incidencu i stepen izraženosti apikalne resorpcije korena zuba u pacijenata lečenih različitim ortodontskim aparatima, kao i efekat dužine trajanja terapije malokluzija na obim resorptivnih procesa proučavali su Apajalahti i Peltola¹⁹⁸ koji rezultate svoje studije objavljuju 2007. godine. Ispitivanje je sprovedeno na ukupno 601 pacijentu uzrasta od 8 do 16 godina lečenih mobilnim pločastim ili fiksnim aparatima. Resorpcija korenova svih zuba, izuzev trećih molara, određivana je ocenama od 0 do 2 na ortopantomogramima pre početka i posle završenog ortodontskog lečenja. Analizom dobijenih rezultata autori nalaze da je resorpcija korena zuba značajno izraženija kod pacijenata lečenih fiksnim nego pokretnim pločastim aparatima. Znaci apikalne resorpcije korenova zabeleženi su kod 56% pacijenata lečenih fiksnim aparatima.

Tokom poslednje decenije istraživači sve češće postavljaju pitanje tačnosti određivanja apikalne resorpcije pomoću klasičnih radiografskih metoda kao što su OPT i retroalveolarna radiografija. Upravo ovim problemom bave se Leach i sar.¹⁹⁹ i objavljuju studiju efikasnosti različitih radiografskih metoda u dijagnostici resorpcije korena zuba kod ortodontskih pacijenata, a svoj rad zasnivaju na pregledu dotadašnje literature posvećene ovoj problematici. Autori ističu da su OPT i retroalveolarne

radiografije najzastupljenije metode dijagnostike resorpcije korena zuba nastale kao posledica delovanja sila ortodontskih aparata. Međutim, prilikom snimanja ortopantomograma apeksi korenova sekutića često ostaju izvan snimanog sloja dentoalveolarnih struktura što može pružiti pogrešnu informaciju o iznosu resorpcije njihovih korenova. Upravo zbog toga autori predlažu da se uz ortopantomogram kod ortodontskih pacijenata obezbedi i gornji okluzalni rendgenski snimak.

Ispitujući preciznost ortopantomograma Stramotas i sar.²⁰⁰ sprovode *in vitro* istraživanje pomoću akrilatnog i žičanog modela zuba. Istraživanje je imalo za cilj da se utvrdi koliko promena položaja dentoalveolarnih struktura prilikom rendgenskog snimanja ima uticaja na tačnost dobijenih merenja dužine krunice i korena zuba. Na akrilatni model oblika zubnog luka ugrađeno je deset iglica od nerđajućeg čelika koje su predstavljale zube. Ovako konstruisan model zubnog luka sniman je metodom OPT u četiri različite pozicije. Na dobijenim radiografijama merena je dužina kruničnog i korenskog dela i ukupna dužina modela zuba, međusobna angulacija modela zuba, kao i njihova angulacija u odnosu na okluzalnu ravan. Dobijeni rezultati su pokazali da anteriorna inklinacija okluzalne ravni za 8 stepeni dovodi do pojave značajnih grešaka u svim merenjima. Sa druge strane, lateralna inklinacija okluzalne ravni za manje od 10 stepeni ne utiče značajno na vrednosti linearnih i angularnih merenja na ortopantomogramima. Na osnovu ovih podataka autori zaključuju da snimanje metodom OPT toleriše izvestan stepen promene položaja glave pacijenta tako da to ne utiče na dobijene vrednosti linearnih i angularnih mera.

2.4.4. Kompjuterizovana tomografija

Pojavom kompjuterizovane tomografije sa kolimiranim snopom rendgenskih zraka 1973. godine (cone beam computed tomography-CBCT) započela je nova era u oblasti dentomaksilofacijalne radiologije. Zahvaljujući mogućnosti dobijanja velikog broja podataka za relativno kratko vreme ekspozicije rendgenskom zračenju, kao i niskim dozama radijacije, CBCT predstavlja poželjan način radiografisanja dentomaksilofacijalne regije^{103,201}. Ova radiografska metoda obezbeđuje slike visokog kvaliteta i vremenom je našla primenu u mnogim granama stomatologije.

Ispitivanje primene ove radiografske metode u planiranju oralno-hirurških intervencija sprovode Agbaje i sar.²⁰². Njihova studija je imala za cilj procenu tačnosti

volumetrijske analize ekstrakcionih rana pomoću CBCT, a sprovedena je na četiri mandibularna i pet maksilarna *ex vivo* modela viličnih kostiju sa ukupno 40 dentalnih alveola. Volumen čašica zuba meren je direktno na osnovu otisaka alveola, a zatim kompjuterizovanom obradom podataka dobijenih snimanjem pomoću CBCT. Dobijeni rezultati su pokazali da ne postoji značajna razlika u vrednosti volumena dentalnih alveola određenih direktnim merenjem i pomoću metode CT. Na osnovu toga autori zaključuju da metoda CBCT pruža apsolutno tačne podatke o volumenu dentalnih alveola pa se pouzdano može koristiti u kliničkoj praksi naročito za evaluaciju procesa zarastanja ekstrakcionih rana pod različitim uslovima

Primena CT posebno mesto zauzima u dijagnostikovanju oboljenja tkiva maksilofacijalne regije ^{203,204,205,206,207}, kao i u dijagnostikovanju trauma zuba i vilica ^{208,209,210,211,212}. Cohenca i sar. ^{213,214} objavljuju 2007. godine dva rada posvećena otkrivanju kliničkih indikacija za primenu CT kod pacijenata sa povredama dentoalveolarnog kompleksa. Prvi deo njihovog istraživanja bio je usmeren na dijagnozu preloma stalnih zuba pomoću CBCT ¹³². Kroz prikaz tri slučaja pacijenata sa dentalnom traumom autori zaključuju da se dijagnoza, tačna lokalizacija frakturne linije i stepen izraženosti dentoalveolarne povrede daleko preciznije određuje na osnovu njenog trodimenzionalnog prikaza metodom CBCT. Drugi deo istraživanja bio je posvećen primeni CT u dijagnozi resorpcije korena nastale nakon povrede zuba ²¹⁴. U njihovoj studiji posebno je naglašena važnost trodimenzionalne radiografske procene lokacije i ekstenzije resorptivnog procesa na korenu zuba od čega zavisi planiranje terapije i očekivana prognoza. Na osnovu rezultata svog istraživanja autori zaključuju da je planiranje tretmana resorbovanih korenova zuba daleko lakše i preciznije sprovesti upotrebom CT. Shintaku i sar. ²¹⁵ objavljuju 2009. godine studiju posvećenu proučavanju upotrebe CBCT u dijagnostici i lečenju fraktura maksilofacijalnog kompleksa tipa Le Fort I, II i III. Iste godine Eggers i sar. ²¹⁶ objavljuju rezultate ispitivanja upotrebe CBCT u radiografski vođenim operativnim zahvatima u maksilofacijalnoj hirurgiji kao nastavak svojih predhodnih istraživanja ove oblasti ^{217,218}. Navigacija operativnih zahvata pomoću CT najčešće se upotrebljava prilikom postavljanja dentalnih implanta ²¹⁹ ili uklanjanja stranih tela ^{220,221,222}. Upotrebu CBCT u radiografski vođenoj tehnici punkcije gornjeg dela temporomandibularnog zgloba proučavaju 2006. godine Honda i Bjornland ⁹¹. U maksilofacijalnoj hirurgiji CT nalazi

primenu i u određivanju dimenzija struktura temporomandibularnog zgloba ^{96,223}, određivanju tačne lokacije genialnog tuberkuluma i pripoja genioglosnog mišića kod operativnog lečenja apneje ^{224,225,226}, potvrdi kliničke dijagnoze jatrogene parestezije mandibularnog nerva ^{227,228,229,230} i merenju mandibularnih anatomskih struktura u cilju dijagnoze skeletne asimetrije, praćenja rasta i postoperativnog monitoringa ^{231,232,233,234}.

U poslednjih nekoliko godina CT pronalazi sve veću primenu i u oblasti implantologije, a najčešće se koristi u postupku preoperativnog planiranja mesta ugradnje implantata ^{235,236,237,238,239,240}. Pre ugradnje implantata neophodno je poznavanje blizine svih anatomskih struktura koje bi mogle kompromitovati uspešnost operativnog zahvata ^{241,242,243}.

Efikasnost metode CBCT u detekciji početnog aproksimalnog karijesa ispituju Akdeniz i sar. ²⁴⁴ i Tsuchida i sar. ²⁴⁵. Patel i sar. ²⁴⁶ objavljuju 2007. godine studiju kojom potvrđuju uspešnost dijagnoze eksternih resorptivnih lezija gingivalne trećine korena zuba pomoću CT. Vremenom metoda CBCT pronalazi svoju primenu i u oblasti endodontskog lečenja zuba ^{247,248}. Periapikalne lezije često nisu jasno vidljive na retroalveolarnim radiografijama što znatno otežava njihovo otkrivanje ^{249,250,251}. Takođe, retroalveolarne radiografije ponekad umanjuju veličinu postojećeg periapikalnog procesa pa pružaju pogrešne informacije o njegovim dimenzijama ^{252,253,254}. Lofthag-Hansen i sar. ²⁵⁵ i Patel i sar. ²⁵⁶ objavljuju 2007. godine rezultate svojih istraživanja o primeni metodi CBCT u dijagnozi periapikalnih lezija i zaključuju da se primenom CT mogu uspešno prevazići svi nedostaci retroalveolarnih radiografija u dijagnostici periapikalnih lezija. Iste godine, Tsurumachi i Honda ²⁵⁷ istražuju efikasnost CT u oblasti endodontske hirurgije. Delovi polomljenih endodontskih instrumenata u kanalima korena gornjih zuba mogu prominirati u maksilarni sinus i kao strano telo predstavljati etiološki faktor za razvoj sinuzitisa ²⁵⁸. Veliki doprinos primeni CT u proceni rezultata endodontskog lečenja zuba pruža Patel ^{259,260} objavljujući dve studije 2009. godine. Autor svoja istraživanja zasniva na činjenici da oblik korena zuba i lokacija periapikalnih lezija nisu realno prikazane upotrebom retroalveolarnih radiografija obzirom da pružaju dvodimenzionalni prikaz trodimenzionalnih struktura što je naročito nepoželjno u postupku planiranja hirurških zahvata ^{261,262}. Patel ²⁶⁰ zaključuje da CT pruža odličnu dopunu klasičnim radiološkim metodama koje se sada i dalje odlikuju boljom rezolucijom slike.

Tokom predhodne decenije pažnju istraživača privlači i mogućnost primene CT u dijagnostikovanju parodontalnih oboljenja ^{263,264,265,266}. Tomografija predstavlja korisno pomoćno dijagnostičko sredstvo prilikom izbora hirurškog tretmana zuba sa dubokim parodontalnim džepovima i ogoljenim furkacijama korena ²⁶⁷. Preciznost merenja periodontalnih defekata pomoću metode CBCT ističu u svojim studijama Vandenberghe i sar. ²⁶⁸, Mol ²⁶⁹ i Eickholz i Hausmann ²⁷⁰.

2.4.4.1. Primena CT u ortodontiji

Prvi radovi, većinom teorijski, posvećeni proučavanju efikasnosti CT u planiranju lečenja ortodontskih nepravilnosti objavljeni su 2003. godine. Ova radiografska tehnika je u početku bila predložena kao pomoćno dijagnostičko sredstvo u postupku planiranja terapije. Maki i sar. ²³³ razmatraju mogućnost primene CT za predviđanje mandibularnog rasta biomehaničkom kompijuterskom simulacijom i preoperativno planiranje hirurških zahvata. Iste godine Baumrind i sar. ²⁷⁰ objavljuju tekst posvećen predviđanju ishoda ortodontske terapije pomoću trodimenzionalnih prikaza dentoalveolarnih struktura metodom CT i zaključuju da bi upotreba ove radiološke metode mogla biti neophodna u budućem razvoju savremene ortodontije za planiranje ortodontsko-hirurških zahvata i njihove prognoze.

Tek od 2005. godine istraživači započinju sprovođenje kliničkih studija koje su imale za cilj ispitivanje primene CT kod pacijenata lečenih ortodontskim aparatima. Tako Nakajima i sar. ⁹⁴ prikazom tri slučaja ortodontski lečenih pacijenata opisuju upotrebu CT u postupku dijagnoze malokluzija. U studiju su uključeni pacijenti sa zakasnelom erupcijom gornjeg levog drugog premolara, impakcijom gornjeg drugog premolara i poremećajem funkcije temporomandibularnog zgloba. Na osnovu poređenja rezultata analize konvencionalnih rendgenskih snimaka i CT kod pacijenata sa impaktiranim zubima autori zaključuju da se primenom CT dobijaju mnogo preciznije informacije o stanju korena i položaju uzdužne ose zuba. Prednosti i nedostatke CBCT u ortodontskoj praksi prikazuju Holberg i sar. ²⁷¹. Studijom je obuhvaćeno 417 zuba. Analizom snimaka autori nalaze da je zbog visoke preciznosti i relativno male doze zračenja CBCT metoda izbora kod pacijenata sa većim dentalnim i skeletnim nepravilnostima. Sa druge strane, glavni nedostatak CBCT predstavlja još uvek nedovoljno dobar kvalitet slike prilikom snimanja finih dentalnih struktura kao što je

periodontalni prostor (PDP) ^{272,273}.

Ortopantomografija, teleradiografija i retroalveolarne i okluzalne radiografije ponekad pružaju ograničene informacije o patološkim procesima što može dovesti do grešaka u dijagnozi i planu terapije. Iz tog razloga Müssig i sar. ¹⁰⁹ proučavaju indikacije za primenu CBCT u ortodontskoj praksi obzirom da se sa CT obezbeđuje trodimenzionalni prikaz viscerokranijuma ^{274,275,276,277}. Na osnovu dobijenih rezultata autori zaključuju da su glavne indikacije za primenu CT u ortodonciji određivanje lokalizacije impaktiranih i ektopičnih zuba ²⁷⁸, merenje debljine kosti raspoložive za pomeranje zuba ortodontskim aparatima i utvđivanje lokalizacije linije rascepa alveolarnog nastavka i nepca. Dijagnostičke mogućnosti CBCT metode u ortodontskoj praksi ispitivali su takođe i Schulze i sar. ²⁷⁹ i Danforth ²⁸⁰.

Veliku pažnju istraživača privlači pitanje doze zračenja kojom su pacijenti izloženi prilikom snimanja CBCT aparatima. Prema podacima iz literature doza zračenja kojoj je pacijent izložen tokom CBCT snimanja značajno je manja nego prilikom upotrebe multislajsnog skenera (multislice computed tomography-MSCT) ^{94,281}, 3-7 puta veća od doza korišćenih za panoramska snimanja i 40% manja od doza potrebnih za konvencionalni CT ^{282,283}. Obzirom na ovako različite podatke Garcia Silva i sar. ²⁸⁴ sprovode 2008. godine istraživanje doze zračenja CBCT korišćene u ortodontskoj kliničkoj praksi za planiranje terapije malokluzija. Cilj ove studije bio je da se uporedi doza absorbovanog zračenja i efektivnih doza panoramskog i kefalometrijskog snimanja, dva CBCT aparata i MSCT aparata kod ortodontskih pacijenata. Merenja doze zračenja sprovedena su na antropomorfnom fantomu sa dozimetrima specijalno napravljenim za studije u oblasti radiografije. Nakon očitavanja dozimetara, a na osnovu osetljivosti tkiva prema zračenju, određene su ekvivalentna doza zračenja ²⁸⁵ i efektivna doza zračenja ²⁸⁶. Obradom dobijenih podataka autori zaključuju da je najveća efektivna doza zračenja dobijena snimanjima pomoću MSCT, manja pomoću CBCT aparata, a najniža prilikom panoramskog i lateralnog kefalometrijskog snimanja. Na osnovu ovih podataka, imajući u vidu samo doze zračenja, CBCT se ne preporučuje za rutinsku upotrebu u ortodontskoj praksi. Međutim, kada su dopunske informacije neophodne pored OPT i kefalometrijskih snimanja, CBCT je metod izbora kod pacijenata sa impaktiranim zubima, resorpcijom korena zuba, ankilozom zuba, nepotpunom transpozicijom zuba, mini implantima i

disfunkcijom temporomandibularnog zgloba ^{281,284,287}.

Još jedan rad posvećen CBCT dozimetriji u ortodontskoj praksi objavljuje 2009. godine Brooks ²⁸⁸. Autor naglašava da doza zračenja koju proizvodi jedan CBCT sistem zavisi od mnogih faktora kao što su: parametri procesa snimanja (kVp, mAs), vrsta snopa zračenja (pulsni ili kontinuirani), broj, tip i oblik filtera snopa zraka, iznos rotacije izvora zračenja i veličina ozračenog polja tkiva. Neki od ovih faktora su fabrički određeni, a drugi su pod kontrolom rendgen tehničara. Uopšteno se može reći da što je manje polje ozračenog tkiva to je doza zračenja niža ²⁸³. Upravo zbog ove činjenice se CBCT predlaže samo kao dopunska metoda konvencionalnim radiografijama u ortodonciji pri čemu bi se snop rendgenskih zraka usmerio na određenu regiju vilice ili pojedini zub prilikom ispitivanja impakcije ili resorpcije njegovog korena.

Određivanje biološkog uzrasta na osnovu zuba pomoću metode CBCT ispituju Yang i sar. ²⁸⁹. Cilj njihove studije bio je da se utvrdi korelacija između hronološkog uzrasta pacijenta i odnosa volumena pulpe zuba obzirom da u dotadašnjoj literaturi nije korišćena ova metoda ^{290,291}. Studijom je obuhvaćeno 19 ispitanika kod kojih je snimljeno 28 zuba upotrebom aparata 3D Accuitomo (J. Morita, Kyoto, Japan). Dva ekstrahovana zuba su obrađena endodontski i snimljena metodom CBCT nakon čega je izračunat odnos volumena pulpe i zuba pomoću posebnog softvera baziranog na snimcima slojeva različitih debljina od 0.125 do 1.00 mm. Rezultati su pokazali da postoji korelacija između odnosa volumena pulpe i celog zuba sa biološkim uzrastom pacijenta na osnovu čega autori predlažu CBCT za novi metod određivanja dentalnog uzrasta pacijenata.

Katsumata i sar. ^{292,293} objavljuju dva rada posvećena ispitivanju uzroka koji dovode do pojave artefakata na radiografijama snimljenih metodom CBCT. Autori su zapazili čestu pojavu defekta na snimljenim radiografijama. Greške pri snimanju najčešće se pojavljuju na mestu čvrstih neanatomskih objekata na dentalnom luku kao što su vodeći dijagnostički stentovi za precizno postavljanje dentalnih implantata ²⁹⁴. Da bi ispitali ovaj fenomen autori sprovode dve *in vitro* studije u kojoj koriste plastični cilindar dimenzija 150x200 mm ispunjen vodom kao model glave i u njega potapaju nekoliko test objekata od različitih materijala. Modeli glave snimani su CBCT sistemom 3DX Accuitomo (J. Morita, Kijoto, Japan). Na osnovu rezultata istraživanja autori zaključuju da prilikom snimanja test objekata lociranih u sredini modela glave ne

nastaju artefakti na radiografijama, dok su greške na snimcima vidljive ukoliko se test objekti pomere ka lateralnom delu plastičnog cilindra. Na osnovu ovih podataka može se zaključiti da su predeli temporomandibularnih zglobova najkritičnija mesta za nastanak grešaka na snimku što može dovesti do postavljanja pogrešne dijagnoze koštanih degenerativnih lezija zgloba.

2.4.4.2. Primena CT i CBCT u ostalim oblastima stomatologije

U poslednjih nekoliko godina pažnju istraživača privlači poređenje kvaliteta radiografija dobijenih upotrebom CBCT i konvencionalnog CT sistema u stomatologiji ^{295,296,297,298}. CT se u oblasti stomatologije koristi najčešće za dijagnozu malignih tumora ²⁹⁹, povreda ³⁰⁰ i određivanje odnosa između donjeg trećeg molara i mandibularnog kanala ³⁰¹. Ipak, CBCT omogućava brža snimanja i obezbeđuje radiografije većeg kvaliteta koristeći manju dozu zračenja ^{302,303}. Nakon što Arai i sar. ⁸⁷ razvijaju 1997. godine novi sistem CBCT nazvan Ortho-CT, koji tri godine kasnije unapređuje japanska kompanija Morita Co. (Kjoto, Japan) u 3DX mikro CT, istraživači proučavaju efikasnost ovog sistema snimanja u dijagnostici različitih dentalnih oboljenja ^{304,305,306}.

Obzirom da se u dijagnostičkim postupcima često koriste linearna merenja, kao što su npr. rastojanja između nekih anatomskih tačaka ili određivanje debljine kosti ^{307,308}, istraživačima se nametnulo pitanje preciznosti ovih merenja na radiogramima snimljenim metodom CBCT ^{201,309}. Poređenje tačnosti linearnih merenja alveolarne kosti dobijenih pomoću metoda CBCT i MSCT proučavaju Loubele i sar. ²⁹⁸, a rezultate svog istraživanja objavljuju 2008. godine i zaključuju da obe radiografske metode, CBCT i MSCT, obezbeđuju submilimetarsku preciznost linearnih merenja.

2.4.4.3. Poređenje dijagnostičke preciznosti CBCT i OPT

Tek 2006. godine Tantanapornkul i sar. ³¹⁰ objavljuju jedan od prvih radova posvećenih upoređivanju CBCT i OPT koristeći ih za procenu topografskih odnosa između mandibularnog kanala i impaktiranih trećih molara. Dobro je poznato da ekstrakcija impaktiranih trećih donjih molara može izazvati oštećenje donjeg alveolarnog nerva naročito ukoliko postoji direktan kontakt između ovog nerva i korena zuba ^{311,312}. Iz tog razloga u slučajevima kada se na OPT snimku uoči blizina između

korena donjeg umnjaka i mandibularnog kanala preporučuje se jasniji trodimenzionalni prikaz odnosa ovih struktura pomoću CBCT snimanja^{313,314}. Studijom je obuhvaćeno 135 pacijenata kod kojih je planirana ekstrakcija ukupno 161 impaktiranog trećeg mandibularnog molara. Kod svih ispitanika preoperativno je snimljen OPT pomoću aparata Super Veraviewepocs (Morita Corp., Kjoto, Japan) i CBCT koristeći 3DX mikro CT (Morita Corp., Kjoto, Japan). Na kontrolnom pregledu nakon sedam dana od ekstrakcije od pacijenata su prikupljene informacije o senzacijama u predelu brade i usne radi otkrivanja postojanja postoperativne dizestezije. OPT i CT snimci svih pacijenata pregledani su u cilju određivanja postojanja direktnog kontakta korenova mandibularnih umnjaka i mandibularnog kanala metodom opisanom od strane Sedaghatfara i sar.³¹². Statistička analiza podataka pokazala je postojanje korelacije između intraoperativnog nalaza pregledom rane i podataka dobijenih analizom OPT i CBCT snimaka. Autori zaključuju da je u ovom istraživanju dijagnostička tačnost CBCT metode (80%) značajno veća u odnosu na OPT (64%).

Još jedno istraživanje posvećeno komparaciji OPT i CT radiografija objavili su 2007. godine Peck i sar.¹²⁴. Cilj ove studije bio je da se utvrdi tačnost određene meziodistalne angulacije korena pomoću dve navedene radiografske metode. Autori svoje istraživanje zasnivaju na poznatoj činjenici da na OPT snimcima u zavisnosti od pozicije i debljine snimanog objekta i parametara rendgen aparata dolazi do uveličanja slike koje prema podacima Scarfea i sar.³¹⁵ prosečno iznosi 1.29%. Upravo zbog ovoga može se očekivati da, kada snop rendgenskih zraka ne pada upravno na površinu vilične kosti, prilikom snimanja susednih zuba sa različitom bukolingvalnom angulacijom nastane lažni prikaz njihove meziodistalne inklinacije, naročito očnjaka i premolara^{316,317}. U istraživanje je uključeno pet ispitanika kod kojih su pre ortodontskog tretmana izrađeni studijski modeli zuba, a radiografski zapis statusa zuba modela obezbeđen snimanjem OPT i CT. Rezultati istraživanja su pokazali da postoji značajno veća sličnost vrednosti merenja izvršenih na CBCT snimcima i studijskim modelima nego između ovih vrednosti dobijenih na OPT i modelima zuba. Poređenjem angularnih merenja između OPT i CBCT snimaka autori zaključuju da je vrednost meziodistalne inklinacije zuba na OPT snimku veća nego što realno postoji pa tako korenovi gornjih prednjih zuba pokazuju veću mezijalnu, a korenovi bočnih zuba veću distalnu inklinaciju. Najveće odstupanje od realnih vrednosti inklinacije za čak 10°

zabeleženo je u predelu očnjaka i premolara što stvara iluziju o postojanju preterane divergencije između ovih zuba. U donjoj vilici najveće odstupanje od realne vrednosti inklinacije zabeleženo je u predelu bočnih zuba, naročito prvog premolara, čiji korenovi pokazuju izraženiju mezijalnu inklinaciju na ortopantomogramu. Na osnovu rezultata autori zaključuju da se merenja anatomskih struktura sa većom preciznošću mogu izvršiti pomoću CT u odnosu na metodu OPT.

Tek nedavno u literaturi se pojavljuju dve studije posvećene primeni CT u cilju procene resorpcije korenova zuba nastale tokom ortodontske terapije malokluzija. Autori oba rada, Dudic i sar. ^{318,319}, dolaze na ideju da uporede dijagnostičku preciznost retroalveolarnih radiografija i ortopantomograma sa metodom CT prilikom detekcije apikalne resorpcije korenova zuba ortodontskih pacijenata. Dobro je poznato da je do danas retroalveolarna radiografija bila najčešće preporučivani metod u dijagnostici resorpcije korenova zuba tokom ortodontskog tretmana obzirom da dobijena slika pokazuje manje uveličanje i distorziju u odnosu na ortopantomogram ^{38,131,226}. Međutim, histološkim istraživanjima je dokazano da se izvestan stepen apikalne resorpcije događa i pre nego što ovaj proces postane vidljiv na rendgenskim snimcima ¹⁰. Zbog toga jedan broj istraživača smatra da konvencionalna radiografija ne može biti adekvatno dijagnostičko sredstvo u ranim stadijumima resorpcije korena zuba ^{43,320} i zalaže se za primenu digitalne radiografije koja se pokazala kao pouzdana metoda dijagnoze apikalne resorpcije pojedinih zuba ^{162,321}. Međutim, za precizniju analizu resorpcije korenova ni ovaj metod nije najprecizniji te se u praksu sve češće uvodi CT ³²². Upravo svoj rad 2008. godine Dudic i sar. ³¹⁸ posvećuju poređenju mikro-CT skenera i digitalne retroalveolarne radiografije u dijagnostici apikalne resorpcije zuba na kraju ortodontske terapije. Studija je sprovedena na 16 pacijenata lečenih fiksnim ortodontskim aparatima. Eksperimentalni period trajao je osam nedelja tokom kojih je izvršena bukalna inklinacija 29 premolara. Kontrolnu grupu činilo je 19 kontralateralnih premolara koji nisu uključeni u fiksni ortodontski aparat. Periapikalne radiografije snimane su pre i na kraju eksperimentalnog perioda nakon čega su eksperimentalni i kontrolni premolari ekstrahovani i snimljeni mikro-CT skenerom (Skyscan-1076, Aartselaar, Belgija). Rezultati su pokazali da postoji značajna razlika u iznosu resorpcije između eksperimentalnih i kontrolnih zuba. Proces resorpcije dijagnostikovao je kod 86% eksperimentalnih i 21% kontrolnih zuba pomoću mikro-CT skenera, odnosno 55%

eksperimentalnih i 5.9% kontrolnih zuba pomoću digitalnih retroalveolarnih radiografija. Iz svega navedenog autori zaključuju da je preciznost retroalveolarnih radiografija u dijagnostici apikalne resorpcije korena zuba ograničena u odnosu na mikro-CT skener.

Jedina studija u dosadašnjoj stručnoj literaturi posvećena otkrivanju apikalne resorpcije korenova pomoću metode OPT i CT nakon ortodonske terapije objavljena je 2009. godine³¹⁹. Studijom je obuhvaćeno 22 pacijenta kod kojih je planirano uklanjanje fiksnih ortodontskih aparata sa zuba. Neposredno pred kraj ortodonske terapije kod svih ispitanika dentalni status je zabeležen snimanjem pomoću CBCT (3D Accuitomo, J. Morita, Kjoto, Japan) i OPT (Cranex Excel, Soredex, Tuusula, Finska) radiografija. Step en resorpcije svih zuba određivan je na oba radiograma ocenama od 1 do 5 po metodi Levandera i Malmgrena¹³⁰. Rezultati dobijeni konačnom obradom podataka pokazali su postojanje značajne razlike između dva radiografska metoda i to kod svih stepena izraženosti resorpcije korena. Najveća razlika u oceni stepena resorpcije korena između ove dve radiografske metode zabeležena je kod maksilarnih sekutića. Apikalna resorpcija je dijagnostikovana kod 69% zuba pomoću CBCT, a samo kod 44% zuba na ortopantomogramima. Autori zaključuju da postoji mogućnost propusta u dijagnostici apikalne resorpcije pomoću metode OPT.

Na kraju, Dudic i sar.³¹⁹ ističu da je upotreba CBCT radiografije potrebna u dve osnovne oblasti: 1) istraživanju, jer pruža nova saznanja o procesu resorpcije korena i 2) kliničkoj praksi, jer omogućava monitoring pacijenata sa povećanim rizikom od nastanka apikalne resorpcije tokom ortodonske terapije. Iz tog razloga, kao i činjenice da je u celokupnoj dosadašnjoj literaturi objavljeno samo jedno istraživanje resorpcije korena zuba nastale tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima upotrebom OPT i CT radiografske metode, proistekla je i ideja za naše istraživanje.

III. HIPOTEZE I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Na osnovu napred iznetih činjenica postavili smo sledeće *hipoteze*:

1. Resorpcija vrha korenova zuba nastaje tokom aktivne faze lečenja malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima.
2. Sile fiksnih ortodontskih aparata tokom aktivne faze lečenja malokluzija dovode do pojave resorpcije marginalne alveolarne kosti.
3. CT predstavlja precizniju radiografsku metodu dijagnoze resorpcije korena zuba i alveolarne kosti u odnosu na metodu OPT.

Na osnovu navedenih hipoteza definisali smo sledeće *ciljeve* istraživanja:

1. Ispitati da li tokom aktivne faze lečenja malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima dolazi do pojave resorpcije vrha korena zuba.
2. Utvrditi koji zubi su najpodložniji procesima apikalne resorpcije tokom terapije malokluzija primenom fiksnih ortodontskih aparata.
3. Ispitati da li za vreme aktivne faze lečenja malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima dolazi do pojave resorpcije marginalne alveolarne kosti.
4. Ispitati da li tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima dolazi do promene debljine kortikalne alveolarne kosti i širine periodontalnog prostora zuba.
5. Izvršiti poređenje dijagnostičke preciznosti metode OPT i CT u procesu otkrivanja resorpcije korena zuba i alveolarne kosti.
6. Uporediti preciznost preseka kompjuterizovanih tomograma u dijagnostici resorpcije korena zuba i alveolarne kosti.

IV. MATERIJAL I METODE RADA

1. MATERIJAL

Istraživanjem je obuhvaćeno 85 osoba (27 muškog i 58 ženskog pola) uzrasta od 10 do 22 godine kod kojih je sprovedeno lečenje malokluzije fiksnim ortodontskim aparatima na Klinici za ortopediju vilica Stomatološkog fakulteta i Klinici za stomatologiju Vojnomedicinske akademije u Beogradu. Prikupljanje i analiza radiografija zuba i alveolarne kosti pacijenata izvršeno je u periodu od marta 2008. do maja 2012. godine. U studiju su uključeni ispitanici koji su ispunjavali sledeće kriterijume:

1. dobro opšte i parodontalno zdravstveno stanje;
2. postojanje ortodontske malokluzije koja zahteva lečenje primenom gornjeg i/ili donjeg fiksnog aparata;
3. odsustvo faktora rizika za razvoj procesa resorpcije korena zuba kao što su nepravilna morfologija korenova zuba, invaginacija, taurodontizam ³², predhodna trauma zuba ili već postojeća resorpcija korena.

Ispitanici su izabrani metodom slučajnog uzorka nezavisno od vrste malokluzije koja je dijagnostikovana, izbora metode lečenja malokluzije, upotrebljene mehanike pomeranja zuba i vrste pokreta zuba zastupljenih tokom lečenja malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima. Sprovedeno istraživanje sastoji se iz retrospektivnog i prospektivnog dela. U retrospektivni deo uključeni su ispitanici kod kojih je terapija fiksnim ortodontskim aparatima već završena pre otpočinjanja našeg istraživanja, a prospektivni deo studije obuhvatio je pacijente kod kojih je terapija fiksnim ortodontskim aparatima tek započeta tokom trajanja studije. Kod svih ispitanika ortopantomogram je urađen neposredno pre početka i najviše mesec dana nakon završetka terapije fiksnim ortodontskim aparatima, a kod 35 pacijenata prospektivnog dela studije odabrana regija vilice istovremeno je snimana i metodom CT.

Iz studije su isključeni ispitanici kod kojih je kvalitet početnog ili završnog ortopantomograma bio nezadovoljavajući za potrebe ovog istraživanja: nejasno vidljiva krunica, vrh korena ili cementno-gledna granica većine ispitivanih zuba. Takođe, iz

istraživanja su isključeni zubi kod kojih je tokom terapije ortodontskim aparatima došlo do skraćanja dužine krunice zuba usled abrazije ili frakture¹⁶³.

2. METODE

2.1. Ortopantomografija

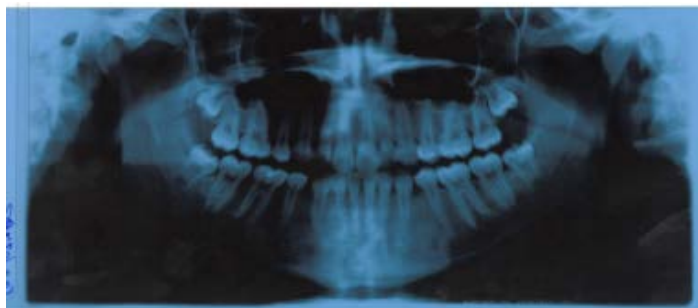
Ortopantomogrami su pre početka i na kraju lečenja malokluzije fiksnim ortodontskim aparatima urađeni korišćenjem aparata Pro Max Ceph (Planmeca OY, Helsinki, Finska) (slika 1.) na Klinici za stomatologiju Vojnomedicinske akademije u Beogradu i na aparatu Orthopantomograph 10 (Siemens, Nemačka) u Centru za radiološku dijagnostiku Stomatološkog fakulteta u Beogradu. Za svakog pacijenta početni i završni ortopantomogram je na istom aparatu u cilju standardizacije tehnike snimanja čime su obezbeđeni optimalni uslovi za komparaciju vrednosti dužine korena zuba i visine alveolarne kosti izmerenih na oba snimka.



Slika 1. Ortopantomografski aparat Pro Max Ceph

2.1.1. Merenje dužine korena zuba

Dužina korenova zuba u obe vilice određivana je kod svih ispitanika samo na zubima sa završenim rastom korena na početku istraživanja. Merenjem su obuhvaćeni centralni i lateralni sekutići, očnjaci, prvi i drugi premolari i prvi stalni molari. U gornjoj vilici određivana je dužina bukomezijalnog i bukodistalnog korena prvog stalnog molara, a u donjoj vilici dužina mezijalnog i distalnog korena ovog zuba. U studiju nisu uključeni drugi i treći stalni molari. Na prvom i završnom ortopantomogramu dužina krunice zuba je merena kao rastojanje između vrha incizalne ivice i cementno-gleđne granice, a dužina korena zuba kao rastojanje između cementno-gleđne granice i vrha korena zuba²⁰⁹. Sva merenja su izvršena upravnom projekcijom ovih tačaka na uzdužnu osovinu zuba koja prati liniju kanala korena svakog zuba. Dužina korena i krunice zuba merena je direktno i na standardnim (slika 2.) i na digitalnim (slika 3.) ortopantomogramima. Merenje je sprovedeno lenjirom sa milimetarskom podelom do najbližeg podeoka od 0.5 mm sa mezijalne i distalne strane svih ispitivanih zuba.



Slika 2. Standardni ortopantomogram



Slika 3. Digitalni ortopantomogram

Merenje dužine krunice zuba korišćeno je u cilju korekcije moguće razlike u uveličanju snimanih zuba dobijene između prvog i završnog ortopantomograma pod pretpostavkom da se vrednost dužine krunice zuba ne menja tokom trajanja terapije fiksnim aparatima. Upravo iz ovog razloga zubi sa frakturiranom ili abradiranom krunicom tokom trajanja istraživanja su isključeni iz studije. Ovaj metod je opisan u radovima Linge i Linge^{30,42} iz 1983. i 1991. godine, a tačnost ovog metoda testirali su i dokazali 1995. godine Blake i sar.¹⁹. Na osnovu ove metode, a u cilju korelacije merenja sprovedenih na početnom i završnom snimku, kod svih zuba kod kojih je zabeležena promena u visini krunice zuba tokom terapije izračunat je faktor korekcije (FK) sledećom formulom: $FK = C_1 / C_2$ gde C_1 predstavlja vrednost visine krunice izmerene na početnom, a C_2 na završnom ortopantomogramu. Iznos apikalne resorpcije korena zuba izražena u milimetrima izračunata je na osnovu formule: apikalna resorpcija korena (ARK) = $R_1 - (R_2 \times FK)$ gde je R_1 dužina korena zuba izmerena na početnom, a R_2 na završnom ortopantomogramu. Apikalnu resorpciju korena zuba određivali smo i u procentima skraćanja dužine korena svakog ispitivanog zuba. Dokazano je da procentualni prikaz iznosa resorpcije korena zuba predstavlja bolju metodu komparacije vrednosti dužine korena zuba zabeleženih na dva ortopantomograma, obzirom da razlike u dužini korenova različitih zuba otežavaju poređenje vrednosti resorpcije korenova izražene u milimetrima¹⁶³. Procentualna vrednost resorpcije korena zuba izračunata je sledećom formilom: $ARK \times 100 / R_1$.

2.1.2. Merenje visine alveolarne kosti

Visina aproksimalne alveolarne kosti na početnom i završnom ortopantomogramu određivana je sa mezijalne i distalne strane svih zuba obe vilice kod kojih je izvršeno i merenje dužine njihovih korenova. Merenje visine alveolarne kosti sprovedeno je korišćenjem metode koju su prvi opisali Björn i sar.⁶³, a kasnije dopunili Sjölien i Zachrisson⁶⁶. Po ovoj metodi visina mezijalne i distalne aproksimalne alveolarne kosti definiše se kao rastojanje između apeksa korena zuba i najkronarnijeg dela alveolarne kosti sa normalnom debljinom PDP od 0.5 mm. Rastojanje između vrha alveolarne kosti i gledno-cementne granice zuba predstavlja nivo alveolarne kosti. Merenja su sprovedena lenjirom sa milimetarskom podelom direktno na rendgenskim

snimcima do najbližeg podeoka od 0.5 mm. Poređenjem vrednosti nivoa alveolarne kosti dobijenih merenjem na početnom i završnom ortopantomogramu dobija se iznos resorpcije aproksimalne alveolarne kosti izražen u milimetrima.

2.2. Kompjuterizovana tomografija

Poznato je da prilikom radiografisanja metodom OPT vrhovi korenova zuba često ostaju izvan snimanog sloja dentoalveolarnih struktura što može pružiti pogrešnu informaciju o dužini i iznosu resorpcije njihovih korenova ¹⁹⁹. Takođe, promena položaja dentoalveolarnih struktura tokom ortodontske terapije može prilikom rendgenskog snimanja imati uticaja na tačnost dobijenih merenja dužine krunice i korena zuba ²⁰⁰. Obzirom da se inklinacija i položaj zuba menja tokom lečenja fiksnim ortodontskim aparatima dovodi se u pitanje preciznost tehnike OPT kada se ova radiografska metoda koristi za kontrolu toka procesa resorpcije korena zuba i alveolarne kosti.

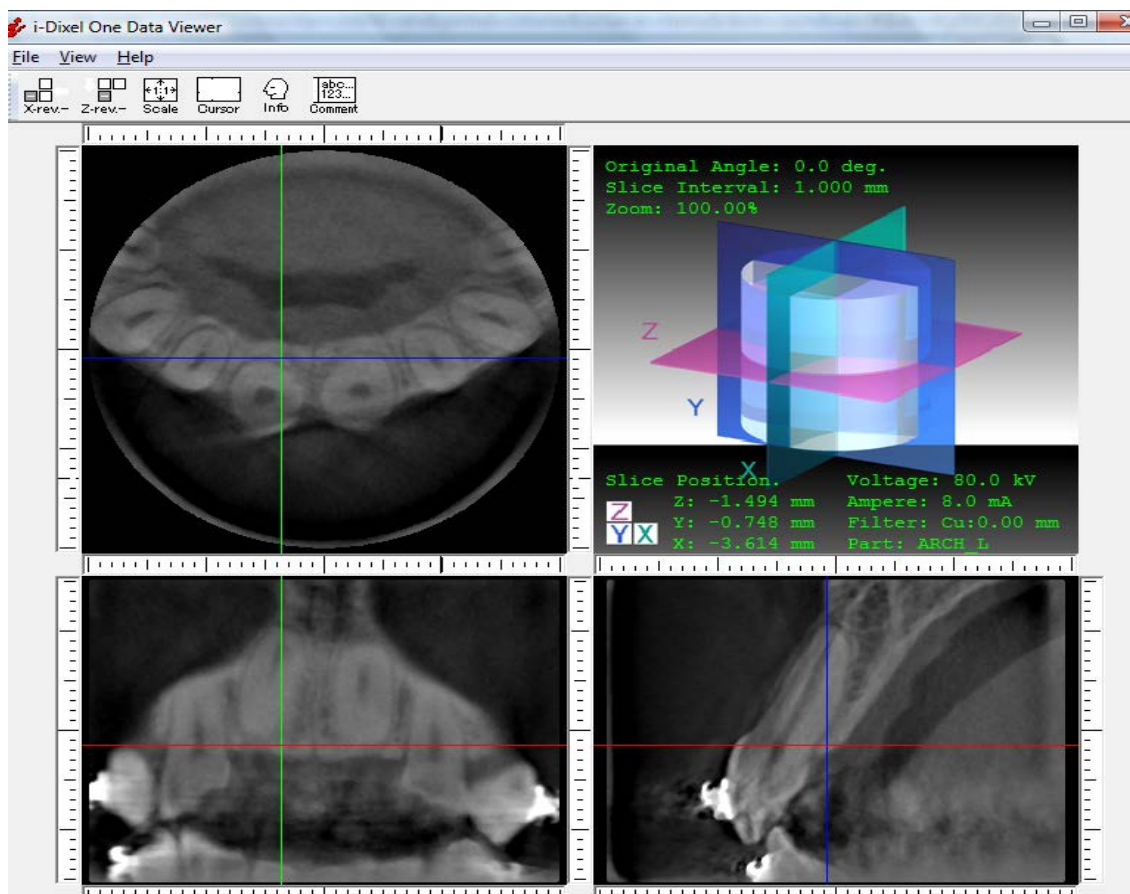
Upravo zbog toga je kod 35 pacijenata dužina korena zuba i visina aproksimalne alveolarne kosti određivana i pomoću metode CT pre početka i na kraju lečenja malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima uporedo sa merenjima na ortopantomogramima. Kod ovih ispitanika početni i završni ortopantomogrami i kompjuterizovani tomogrami urađeni su u razmaku od najviše nekoliko dana radi obezbeđenja optimalnih uslova poređenja radiografija. Početni kompjuterizovani tomogram sniman je kod još 17 pacijenata, ali su ovi pacijenti isključeni iz istraživanja obzirom da se nisu odazvali na završno snimanje nakon uklanjanja fiksnih aparata sa zuba.

Trodimenzionalno radiografisanje sprovedeno je na Klinici za maksilofacijalnu i oralnu hirurgiju Stomatološkog fakulteta u Beogradu pomoću CBCT aparata 3D Accuitomo XYZ Slice View Tomograph (J. Morita Mfg Corp., Kjoto, Japan) (slika 4.). Ovaj aparat pruža veoma detaljan trodimenzionalni prikaz snimanog predela vilica koristeći kolimirani snop rendgenskih zraka cilindričnog oblika dimenzija 40 mm u dijametru i 30 mm u visini. Trodimenzionalni prikaz snimanog područja lica omogućava njegovu optimalnu vizelizaciju u sva tri pravca: aksijanom, sagitalnom i transverzalnom i pruža mogućnost da se slika sagleda iz svih uglova.



Slika 4. Aparat 3D Accuitomo XYZ

Proces snimanja ovim aparatom započinje pozicioniranjem pacijenta pomeranjem stolice u kojoj sedi vertikalno, longitudinalno i lateralno u cilju što preciznijeg usmeravanja snopa zraka na željeni predeo snimanja cilindričnog oblika. Mali kolimirajući snop X zraka pada na polje snimanja rotirajući 360° oko glave pacijenta. Snimak se zatim prenosi u kompijuter povezan sa 3D Accuitomo aparatom i digitalizuje. Posebnim algoritmom generišu se trodimenzionalne slike visoke rezolucije (dimenzije vokselu su 0.125 mm po strani) i prikazuju na monitoru kompijutera. Vreme ekspozicije rendgenskim zracima iznosi oko 18 sekundi, a doza zračenja prilikom snimanja 3D Accuitomo aparatom slična je dozi koja se upotrebljava prilikom radiografisanja konvencionalnog ortopantomograma. Analiza trodimenzionalne slike obavlja se pomoću posebnog i-Dixel softvera (slika 5.).



Slika 5. Softver i-Dixel

U toku trajanja našeg istraživanja 2010. godine ukinut je rad aparata 3D Accuitomo XYZ Slice View Tomograph (J. Morita, Kjoto, Japan) na Stomatološkom fakultetu u Beogradu. Obzirom da isti aparat nije postojao ni u jednoj drugoj zdravstvenoj ustanovi u našoj zemlji završna snimanja su, kod svih izuzev jednog pacijenta snimljenih na početku terapije fiksnim aparatima pomoću 3D Accuitomo aparata, uz saglasnost Etičkog komiteta Stomatološkog fakulteta u Beogradu, izvršena pomoću aparata za CT Somatom Sensation 16 (Siemens, Minhen, Nemačka) (slika 6.) u Centru za radiološku dijagnostiku Stomatološkog fakulteta u Beogradu. Ukupno je snimano 74 zuba: 20 centralnih sekutića, 18 lateralnih sekutića, 16 očnjaka, 9 prvih i 11 drugih premolara i 8 prvih molara.

Siemens SOMATOM Sensation 16

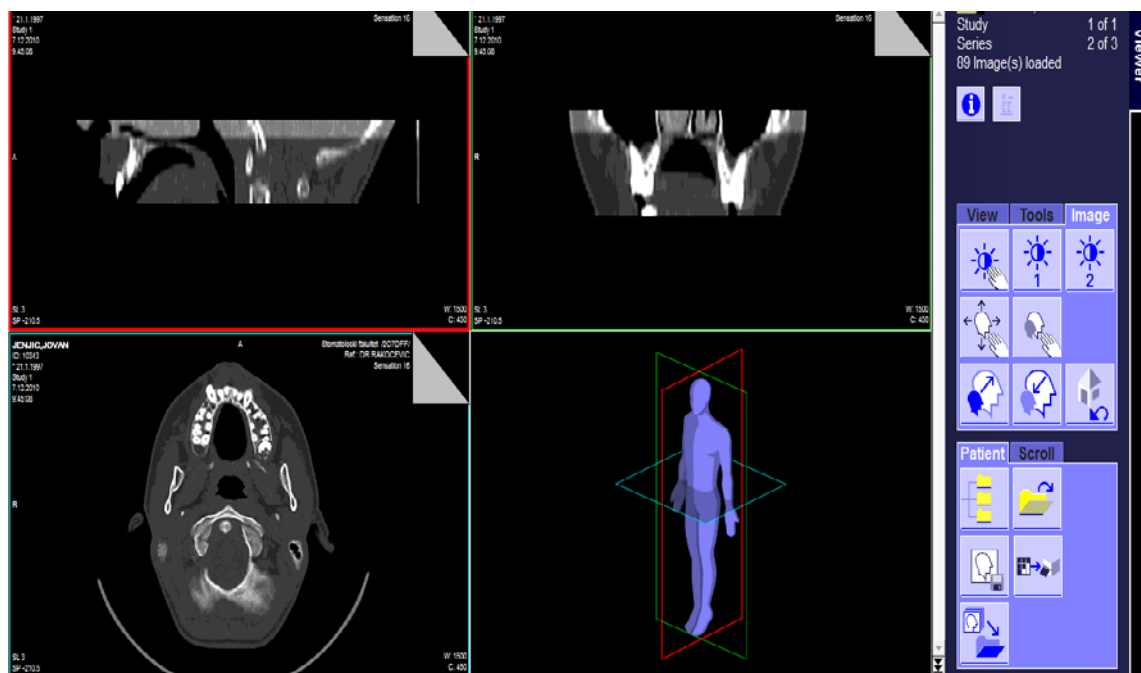


Slika 6. Aparat Somatom Sensation 16

Kod 26 pacijenata uključenih u ispitivanje nakon prekida rada 3D Accuitomo aparata i početni i završni snimci obavljani su pomoću Somatom Sensation 16 aparata za CT, a za rekonstrukciju i analizu trodimenzionalne slike snimanih zuba i okolne alveolarne kosti koristili smo Syngo Fastview softver (Siemens, Minhen, Nemačka) (slika 7. i 8.) koji pruža submilimetarsku preciznost merenja. Snimanje zuba i okolne alveolarne kosti vršeno je u slojevima debljine 3 mm. Na kompjuterizovanim tomogramima određivali smo pored dužine korena zuba i visine alveolarne kosti i debljinu kortikalne alveolarne kosti i širinu PDP.



Slika 7. Syngo Fastview softver



Slika 8. Sagitalni, transverzalni i aksijalni presek CT

2.2.1. Merenje dužine korena zuba

Ukupnu dužinu zuba, visinu krunice i dužinu korena zuba određivali smo na rekonstruisanom transverzalnom i sagitalnom preseku kompjuterizovanog tomograma. Dužina krunice zuba je merena kao rastojanje između vrha incizalne ivice i cementno-gledne granice, a dužina korena zuba kao rastojanje između cementno-gledne granice i vrha korena zuba. Ukupna dužina zuba izmerena je kao rastojanje između vrha incizalne ivice i vrha korena zuba (slika 9.).



Slika 9. Određivanje ukupne dužine centralnog sekutića na rekonstrukciji sagitalnog preseka CT

2.2.2. Merenje visine alveolarne kosti

Visina alveolarne kosti određivana je na rekonstruisanom transverzalnom i sagitalnom preseku kompjuterizovanog tomograma merenjem rastojanja između apeksa korena zuba i najkronarnijeg dela alveolarne kosti (slika 10.). Nivo alveolarne kosti određivali smo merenjem rastojanja između najkronarnije tačke alveolarne kosti i gledno-cementne granice zuba. Na rekonstruisanom sagitalnom preseku merili smo

visinu i nivo alveolarne kosti sa bukalne i oralne strane sekutića i očnjaka odnosno mezijalne i distalne strane premolara i molara. Na transverzalnom preseku merili smo visinu i nivo alveolarne kosti sa mezijalne i distalne strane sekutića i očnjaka odnosno bukalne i oralne strane premolara i molara.

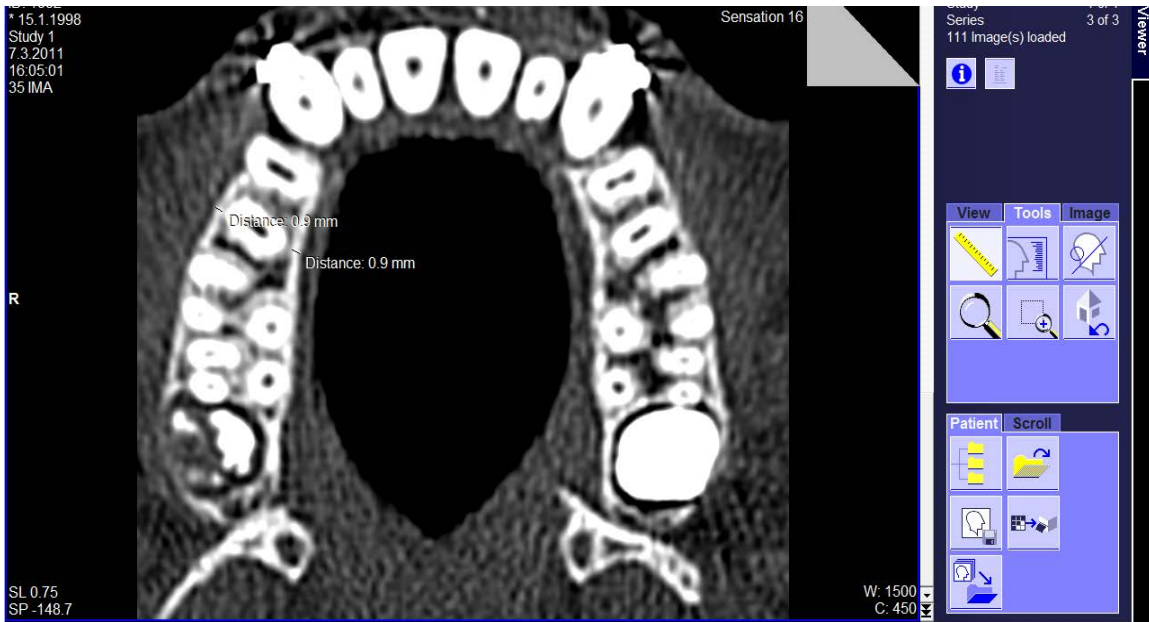
Ukupna dužina zuba, visina krunice i dužina korena zuba, kao i visina i nivo alveolarne kosti ne mogu se vizuelizovati na aksijalnom preseku kompjuterizovanog tomograma.



Slika 10. Određivanje visine alveolarne kosti

2.2.3. Merenje debljine kortikalne alveolarne kosti

Debljinu kortikalne alveolarne kosti sa bukalne i oralne strane snimanih zuba određivali smo kao rastojanje između spoljašnje i unutrašnje lamele korteksa kosti. Merenje smo izvršili na aksijalnom i rekonstruisanom transverzalnom i sagitalnom preseku kompjuterizovanog tomograma u dva nivoa korena zuba: gingivalnom i apikalnom (slika 11. i 12.).



Slika 11. Određivanje debljine kortikalne kosti na aksijalnom preseku gingivalne trećine korena drugog premolara

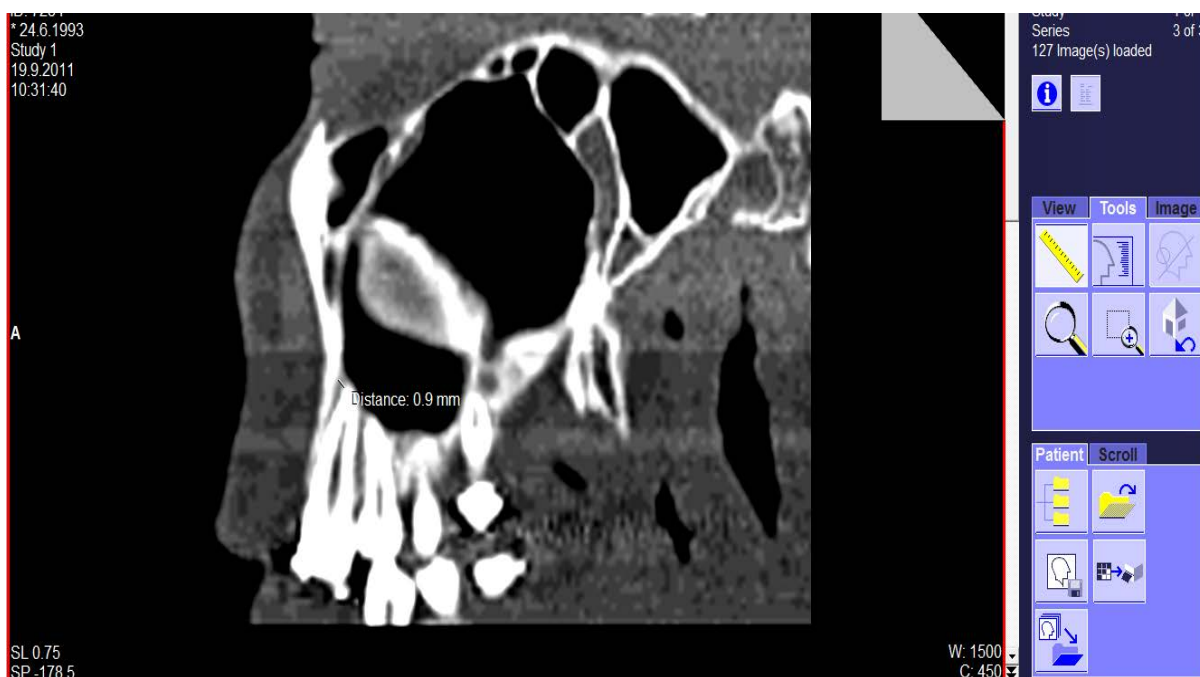


Slika 12. Određivanje debljine kortikalne kosti na aksijalnom preseku apikalne trećine korena drugog premolara

2.2.4. Merenje širine periodontalnog prostora

Širinu PDP oko snimanih zuba određivali smo na aksijalnom i rekonstruisanom sagitalnom i transverzalnom preseku kompjuterizovanog tomograma u nivou gingivalne i apikalne trećine korena zuba merenjem rastojanja između površine korena zuba i zida alveolarne čašice zuba.

Na rekonstruisanom sagitalnom preseku kompjuterizovanog tomograma određivali smo širinu PDP sa bukalne i oralne strane sekutića i očnjaka odnosno mezijalne i distalne strane premolara i molara (slika 13.). Na rekonstruisanom transverzalnom preseku određivali smo širinu PDP sa mezijalne i distalne strane sekutića i očnjaka odnosno bukalne i oralne strane premolara i molara. Određivanje širine PDP na aksijalnom preseku izvršili smo sa bukalne, oralne, mezijalne i distalne strane svih snimanih zuba u gingivalnoj i apikalnoj trećini korenova.



Slika 13. Određivanje širine PDP na rekonstruisanom sagitalnom preseku prvog premolara sa desne strane gornje

2.3. Ortodontska metodologija

Za svakog ispitanika obezbeđena je kompletna početna dokumentacija koja podrazumeva anamnestičke podatke, rezultate ekstraoralnog i intraoralnog kliničkog pregleda, studijske modele, ortopantomogram, profilni telerendgenogram glave i fotografije okluzije i lica pacijenta. Nakon detaljne analize početne ortodontske dokumentacije i izrade plana terapije za svakog ispitanika uključenog u ovu studiju pristupa se postavci gornjeg i donjeg fiksnog aparata u cilju lečenja ortodontske nepravilnosti. Metodom direktne aplikacije na zube bravice su postavljane na sredinu vestibularne površine inciziva, očnjaka i premolara dok su ortodontski prstenovi cementirani na prve stalne molare. Metalne bravice sistema Roth (Dentaurum, Nemačka) sa dimenzijama slota 0.022 x 0.030 inča postavljane su na zube korišćenjem sistema samovezujućeg lepka (No-mix, Dentaurum, Nemačka). Vezivanje bravica za zube sastojalo se iz dve faze. U prvoj fazi, nakon obezbeđivanja suvog radnog polja, na sredinu vestibularne površine zuba nanosi se 37% ortofosforna kiselina u cilju nagrizanja gleđi i stvaranja mikroretencione površine. Nakon 60 sekundi kiselina se obilno ispira sa zuba vodenim mlazom. Sledi ponovno obezbeđivanje suvog radnog polja kako bi se izbegao kontakt nagrižene gleđi sa pljuvačkom. U drugoj fazi pristupa se premazivanju zuba i baze bravice bondom (Orthosolo univerzal bond, Dentaurum, Nemačka), a potom se postavlja i lepak na retencionu površinu baze bravice. Upotrebom pozicionera bravice se postavljaju na sredinu vestibularne površine zuba u mezio-distalnom i gingivo-okluzalnom pravcu, a vertikalni slot bravice se postavlja u pravcu uzdužne osovine zuba. Cementiranje metalnih prstenova (Dentaurum, Nemačka) odgovarajuće dimenzije na svaki od četiri prva stalna molara vršeno je upotrebom glas-jonomer cementa (Aqua meron, Voco, Nemačka) bogatog česticama soli fluora. Nakon kratkog mešanja praha i tečnosti u odnosu 1:2 masa se nanosi na unutrašnju stranu obima prstena koji se zatim potiskuje u apikalnom smeru na prve stalne molare. U cilju nivelacije i pomeranja zuba korišćeni su lukovi od upredene žice (Dentaflex, Dentaurum, Nemačka), nikel-titanijuma (Rematitan, Dentaurum, Nemačka) i čelika (Remanium, Dentaurum, Nemačka) vezani za bravice elastičnim ili žičanim ligaturama. U zavisnosti od vrste malokluzije u svakog ispitanika i indikovanih metoda njihovog

lečenja po potrebi su korišćeni i svi dodatni elementi savremene fiksne ortodontske tehnike.

2.4. Statistička metodologija

Dobijeni podaci su obrađivani u tabelama Microsoft Office Excel 2003 i SPSS 10.0 Windows. U statističkoj obradi prikupljenog materijala korišćeni su sledeći metodi: tabeliranje i grafičko prikazivanje, relativni brojevi (pokazatelj strukture), mere centralne tendencije (aritmetička sredina- \bar{x} , medijana-med), mere varijabiliteta (standardna devijacija-sd), Kolmogorov-Smirnov zed test za identifikaciju normalnog oblika raspodele (K-S-Z), parametarski metodi za procenu razlike (Studentov test-t, jednofaktorska analiza varijanse za ponovljena merenja-Fx) i neparametarski metodi za procenu razlike (Hi kvadrat test- χ^2 , Fišerov test tačne verovatnoće nulte hipoteze- P, Mek Nemarov test- χ^2_{mcn}).

V. REZULTATI

U istraživanje je uključeno 85 ispitanika među kojima je 27 osoba muškog (31.8 %) i 58 osoba ženskog pola (68.2%) (tabela 1.).

Tabela 1. Analiza pacijenata po polu

Pol	Učestalost	Procenat
muški	27	31.8
ženski	58	68.2
Ukupno	85	100.0

Postoji statistički značajna razlika u distribuciji polova ispitanika obzirom da je u studiju uključeno više osoba ženskog pola ($X^2=11.306$, $p<0.001$).

Tabela 2. Raspodela pacijenata po lokalizaciji fiksnog aparata

Fiksni aparat	Učestalost	Procenat
gornji	19	22.4
donji	3	3.5
gornji i donji	63	74.1
Ukupno	85	100.0

Svi ispitanici lečeni su primenom fiksnih ortodontskih aparata. Kod 19 (22.4%) pacijenata terapija malokluzije je sprovedena primenom gornjeg fiksnog aparata, dok je kod 3 (3.5%) pacijenta lečenje izvršeno primenom donjeg fiksnog aparata. Ipak, kod najvećeg broja ispitanika (74.1%) dijagnostikovana malokluzija zahtevala je lečenje primenom gornjeg i donjeg fiksnog aparata (tabela 2.) te postoji statistički značajna razlika po distribuciji lokalizacije fiksnog aparata među ispitanicima ($X^2=68.141$, $p<0.001$).

Kod ispitanika su bile zastupljene dentoalveolarne i skeletne malokluzije I, II i III klase. Kod 29 ispitanika dijagnostikovana je skeletna I klasa, kod 32 ispitanika skeletna II, a kod 24 ispitanika skeletna III klasa. Kod najvećeg broja ispitanika (54.1%) dijagnostikovana je I, kod 31.8% ispitanika II, a kod 14.1% pacijenata III dentoalveolarna klasa malokluzija. Dakle, i skeletna i dentoalveolarna III klasa bile su dijagnostikovane kod najmanjeg broja ispitanika (tabela 3.).

Tabela 3. Distribucija ispitanika po skeletnoj i dentoalveolarnoj klasi malokluzije

		Dentoalveolarna klasa			Ukupno	
		I	II	III		
Skeletna klasa	I	Broj ispitanika	27	2	0	29
		% Skeletna	93.1%	6.9%	.0%	100.0%
		% Dentoalveolarna	58.7%	7.4%	.0%	34.1%
	II	Broj ispitanika	7	25	0	32
		% Skeletna	21.9%	78.1%	.0%	100.0%
		% Dentoalveolarna	15.2%	92.6%	.0%	37.6%
	III	Broj ispitanika	12	0	12	24
		% Skeletna	50.0%	.0%	50.0%	100.0%
		% Dentoalveolarna	26.1%	.0%	100.0%	28.2%
Ukupno	Broj ispitanika	46	27	12	85	
	% Skeletna	54.1%	31.8%	14.1%	100.0%	
	% Dentoalveolarna	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	

Postoji statistički značajna razlika u distribuciji pacijenata po skeletnoj i dentoalveolarnoj klasi malokluzije ($Z=-3.785$, $p<0.001$) (tabela 3.).

Tabela 4. Analiza ispitanika po uzrastu na početku terapije fiksnim aparatima

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. deviation
gornji fiksni aparat	82	14.973	14.500	9.1	22.4	13.3	3.1611
donji fiksni aparat	66	14.865	14.400	9.5	22.7	13.2	2.9597

Najmlađi pacijenti kod kojih je postavljen gornji ili donji fiksni aparat imali su 9, a najstariji 22 godine. Prosečna starost ispitanika na početku lečenja malokluzija gornjim fiksnim ortodontskim aparatom bila je 14.973 godina sa SD $\pm 3,1611$, dok je prosečna starost pacijenata lečenih donjim fiksnim aparatom na početku terapije bila 14.865 godina sa SD ± 2.9597 (tabela 4.).

Tabela 5. Trajanje terapije fiksnim ortodontskim aparatima

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
gornji fiksni aparat	81	1.979	2.000	1.0	3.9	2.9	.5775
donji fiksni aparat	65	1.954	1.900	.1	3.9	3.8	.7158

Vreme trajanja terapije gornjim fiksnim aparatom iznosilo je prosečno 1.979 ± 0.5775 godinu, dok je terapija donjim fiksnim aparatom trajala neznatno kraće, prosečno 1.954 ± 0.7158 godinu (tabela 5.). Nema statistički značajne razlike između trajanja ortodontske terapije u gornjoj i donjoj vilici ($t=1.348$, $p=0.183$).

Tabela 6. Dužina trajanja lečenja upotrebom čeličnih ortodontskih lukova

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
gornji fiksni aparat	48	.971	.800	.1	2.5	2.4	.6663
donji fiksni aparat	41	.893	.700	.1	2.6	2.5	.5882

U toku lečenja fiksnim aparatima kod većine pacijenata koriste se čelični lukovi. Prosečno vreme trajanja ove faze tokom lečenja upotrebom gornjeg fiksnog ortodontskog aparata iznosilo je 0.971 godina sa SD ± 0.6663 , a kod pacijenata lečenih donjim fiksnim aparatom 0.893 godina sa SD ± 0.5882 (tabela 6.). Nema statistički značajne razlike u trajanju faze terapije upotrebom čeličnih lukova gornjeg i donjeg fiksnog aparata ($Z=-0.715$, $p=0.475$).

Kod većine ispitanika (50.6%) nije bilo potrebe za ekstrakcijom zuba ni u gornjoj ni u donjoj vilici.

Tabela 7. Analiza broja izvađenih zuba u gornjoj vilici

	Frequency	Percent	Valid percent	Cumulative percent
0	43	50.6	52.4	52.4
1	9	10.6	11.0	63.4
Valid 2	29	34.1	35.4	98.8
3	1	1.2	1.2	100.0
Total	82	96.5	100.0	
Missing System	3	3.5		
Total	85	100.0		

Tabela 8. Analiza broja izvađenih zuba u donjoj vilici

	Frequency	Percent	Valid percent	Cumulative percent
Valid 0	43	50.6	63.2	63.2
1	10	11.8	14.7	77.9
2	15	17.6	22.1	100.0
Total	68	80.0	100.0	
Missing System	17	20.0		
Total	85	100.0		

Analizom broja ispitanika kod kojih je postojala potreba za ekstrakcijom zuba utvrđeno je da je kod većine pacijenata te grupe izvađeno po 2 zuba u gornjoj (34.1%) odnosno donjoj (17.6%) vilici. Kod manjeg broja pacijenata izvršena je ekstrakcija jednog zuba i to kod 10.6 % ispitanika jedan zub u gornjoj, a kod 11.8% pacijenata jedan zub u donjoj vilici. Samo kod jednog ispitanika (1.2%) ekstrahovana su tri gornja zuba (tabela 7. i 8.). Postoji statistički značajna razlika između ukupnog broja gornjih i donjih izvađenih zuba ($Z=-2.384$; $p=0.017$).

Dijagram 1. Vrsta početnog ortopantomograma



Kod svih 85 ispitanika obuhvaćenih našom studijom urađen je ortopantomogram pre početka i na kraju terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima. Analiza početnih ortopantomograma bila je sprovedena na 36 (42.4%) standardnih i 49 (57.6%) digitalnih radiograma (dijagram 1.).

Dijagram 2. Vrsta završnog ortopantomograma

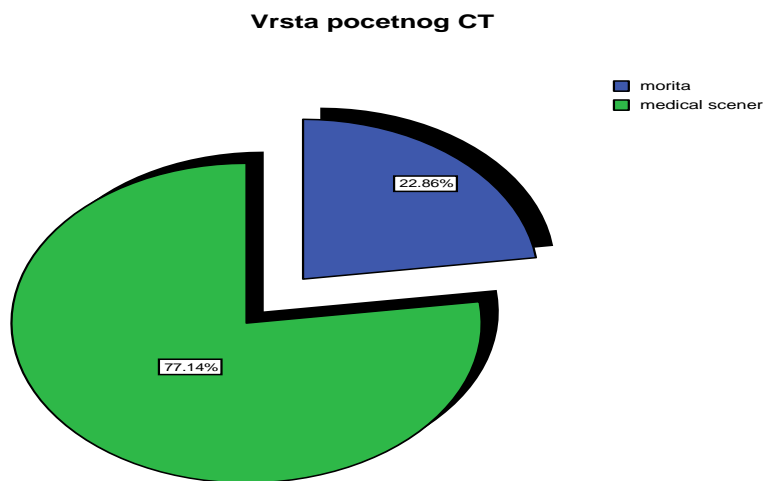


Među analiziranim završnim ortopantomogramima bilo je 26 (30.6%) standardnih i 59 (69.4%) digitalnih snimaka (dijagram 2.).

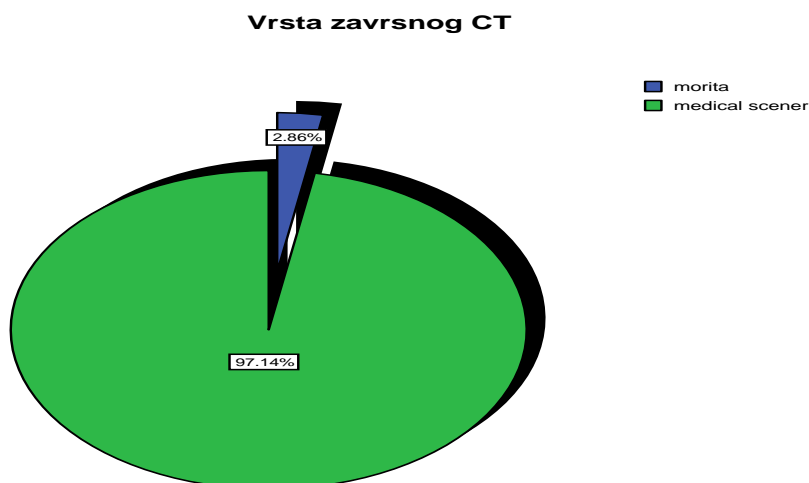
Postoji statistički značajna razlika između vrste početnog i završnog ortopantomograma ($X^2_{MCN} p=0.002$).

Kod 35 (41.2%) ispitanika urađen je i kompjuterizovani tomogram pojedinih zuba pre početka i na kraju terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima.

Dijagram 3. Vrsta početnog kompjuterizovanog tomograma



Dijagram 4. Vrsta završnog kompjuterizovanog tomograma



Kod većine pacijenata te grupe (77.1%) pre postavke fiksnih aparata i kod svih izuzev jednog ispitanika (97.1%) na kraju ortodontske terapije kompjuterizovani tomogrami su urađeni pomoću Somatom Sensation 16 (Siemens, Minhen, Nemačka) skenera. Početni trodimenzionalni ortopantomogram urađen je pomoću 3D Accuitomo aparata (J. Morita Mfg Corp., Kjoto, Japan) kod 8 (22.9%) pacijenata, a završni kod samo 1 (2.9%) ispitanika (dijagram 3. i 4.).

Postoji statistički značajna razlika između vrste početnog i završnog kompjuterizovanog tomograma ($X^2_{MCN} p=0.016$).

1. Rezultati analize ortopantomograma

1.1. Dužina korenova zuba

Prosečne vrednosti dužine korenova svih ispitivanih zuba, merenih sa mezijalne i distalne strane, po kvadrantima gornje i donje vilice na početnim ortopantomogramima svih pacijenata prikazane su u tabelama 9., 10., 11. i 12.

Tabela 9. Dužina korenova zuba gornje vilice sa desne strane

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
gornji desni centralni sekutić M*	82	15.8811	15.5000	9.00	21.50	12.50	2.51300
gornji desni centralni sekutić D**	82	15.8445	15.5000	9.00	21.50	12.50	2.48068
gornji desni lateralni sekutić M*	80	15.1281	15.0000	10.00	19.00	9.00	1.98531
gornji desni lateralni sekutić D**	80	15.1156	14.8750	10.00	19.00	9.00	1.96928
gornji desni očnjak M*	72	18.2153	18.2500	11.50	23.00	11.50	2.59987
gornji desni očnjak D**	72	18.1736	18.1250	11.50	23.00	11.50	2.57686
gornji desni prvi premolar M*	50	14.7200	14.5000	10.00	21.50	11.50	2.42681
gornji desni prvi premolar D**	50	14.7500	14.5000	10.00	21.50	11.50	2.44010
gornji desni drugi premolar M*	61	14.5082	14.5000	10.00	21.00	11.00	2.24303
gornji desni drugi premolar D**	61	14.4631	14.5000	10.00	21.00	11.00	2.29303
gornji desni prvi molar M*	73	13.4452	13.5000	8.00	18.50	10.50	2.10210
gornji desni prvi molar D**	74	12.5203	12.5000	7.50	17.50	10.00	2.00375

M*-mezijalno, D**-distalno

Tabela 10. Dužina korenova zuba gornje vilice sa leve strane

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
gornji levi centralni sekutić M*	82	15.8750	15.6250	9.00	22.00	13.00	2.51546
gornji levi centralni sekutić D**	82	15.8171	15.6250	9.00	22.00	13.00	2.51724
gornji levi lateralni sekutić M*	81	15.0617	15.0000	10.25	22.00	11.75	2.21343
gornji levi lateralni sekutić D**	81	15.0463	15.0000	10.25	22.00	11.75	2.22630
gornji levi očnjak M*	73	18.3322	18.5000	11.50	23.50	12.00	2.58167
gornji levi očnjak D**	72	18.3646	18.7500	12.00	23.50	11.50	2.62200
gornji levi prvi premolar M*	52	14.6875	15.0000	9.50	23.00	13.50	2.38863
gornji levi prvi premolar D**	53	14.7075	15.0000	9.50	23.00	13.50	2.39427
gornji levi drugi premolar M*	60	14.5208	14.6250	9.00	19.00	10.00	2.16936
gornji levi drugi premolar D**	60	14.5375	14.8750	9.00	19.00	10.00	2.18131
gornji levi prvi molar M*	79	13.1741	13.0000	7.50	17.75	10.25	2.07409
gornji levi prvi molar D**	80	12.4000	12.3750	7.50	17.75	10.25	2.02187

M*-mezijalno, D**-distalno

Tabela 11. Dužina korenova zuba donje vilice sa leve strane

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
donji levi centralni sekutić M*	63	11.9484	12.0000	7.50	15.50	8.00	1.84924
donji levi centralni sekutić D**	63	11.9603	12.0000	7.50	15.50	8.00	1.85307
donji levi lateralni sekutić M*	63	12.8651	12.5000	8.50	16.00	7.50	1.97199
donji levi lateralni sekutić D**	63	12.8294	12.5000	8.50	16.00	7.50	1.95350
donji levi očnjak M*	55	16.5864	17.0000	11.50	21.50	10.00	2.49454
donji levi očnjak D**	55	16.5864	17.0000	11.50	21.50	10.00	2.49825
donji levi prvi premolar M*	47	15.2553	15.0000	10.25	21.50	11.25	2.37599
donji levi prvi premolar D**	47	15.2606	15.0000	10.50	21.50	11.00	2.37111
donji levi drugi premolar M*	45	15.7556	16.0000	11.00	21.50	10.50	2.48432
donji levi drugi premolar D**	45	15.6889	16.0000	11.00	21.50	10.50	2.45364
donji levi prvi molar M*	59	16.2669	16.0000	12.00	21.00	9.00	2.27944
donji levi prvi molar D**	59	14.8898	15.0000	10.50	18.50	8.00	2.03645

M*-mezijalno, D**-distalno

Tabela 12. Dužina korenova zuba donje vilice sa desne strane

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
donji desni centralni sekutić M*	63	11.9762	12.0000	7.50	16.00	8.50	1.88997
donji desni centralni sekutić D**	63	11.9683	12.0000	7.50	16.00	8.50	1.87701
donji desni lateralni sekutić M*	63	13.1032	13.2500	9.00	17.00	8.00	1.92009
donji desni lateralni sekutić D**	63	13.0992	13.2500	9.00	17.00	8.00	1.91742
donji desni očnjak M*	60	16.5508	17.0000	11.00	20.00	9.00	2.42322
donji desni očnjak D**	60	16.5217	17.0000	11.00	20.00	9.00	2.42519
donji desni prvi premolar M*	49	15.4643	15.2500	10.75	20.50	9.75	2.11456
donji desni prvi premolar D**	49	15.4745	15.2500	11.00	20.50	9.50	2.12331
donji desni drugi premolar M*	50	15.8650	15.5000	10.50	21.50	11.00	2.59572
donji desni drugi premolar D**	50	15.8450	15.5000	10.50	21.50	11.00	2.58769
donji desni prvi molar M*	59	15.7586	15.5000	12.00	21.00	9.00	2.39614
donji desni prvi molar D**	59	14.9068	14.5000	10.50	29.00	18.50	2.84283

M*-mezijalno, D**-distalno

Sa obe strane gornje i donje vilice najveća dužina korenova zuba zabeležena je na očnjacima. U gornjoj vilici sa obe strane najmanja dužina korenova zuba izmerena je na prvim molarima, dok u donjoj vilici najkraće korenove imaju centralni sekutići obostrano.

1.2. Resorpcija korenova zuba

Merenjem razlike u dužini korenova gornjih zuba sa desne strane vilice na ortopantomogramima urađenim pre početka i nakon završene terapije malokluzija

fiksni ortodontskim aparatima utvrdili smo da je najveći iznos resorpcije korenova zuba zabeležen na drugim premolarima (0.6605 mm odnosno 4.3908 % sa mezijalne i 0.8661 mm odnosno 5.6738 % sa distalne strane). Najmanji iznos resorpcije korena među gornjim desnim zubima zabeležen je na lateralnom sekutiću distalno (0.1753 mm odnosno 0.8115 %) i prvom stalnom molaru distalno (0.1804 mm odnosno 1.2144 %).

Tabela 13. Iznos resorpcije korenova zuba u gornjoj vilici sa desne strane (mm)

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
gornji desni centralni sekutić M*	82	.3033	.0000	-4.00	8.78	12.78	1.89866
gornji desni centralni sekutić D**	82	.2150	.0000	-6.37	8.78	15.15	1.95581
gornji desni lateralni sekutić M*	80	.3452	.1340	-6.43	6.63	13.05	2.24871
gornji desni lateralni sekutić D**	80	.1753	.1340	-6.43	6.63	13.05	2.31891
gornji desni očnjak M*	72	<u>-.0904</u>	.0000	-6.56	5.78	12.34	2.42091
gornji desni očnjak D**	72	<u>-.0892</u>	.0000	-5.44	5.78	11.22	2.31820
gornji desni prvi premolar M*	48	<u>-.0237</u>	.0000	-2.50	6.50	9.00	1.45679
gornji desni prvi premolar D**	48	<u>-.1267</u>	.0000	-3.73	6.50	10.23	1.57048
gornji desni drugi premolar M*	62	.6605	.0835	-3.99	4.29	8.28	1.59885
gornji desni drugi premolar D**	62	.8661	.7465	-3.99	6.38	10.37	1.69086
gornji desni prvi molar M*	74	.6288	.0000	-3.60	8.33	11.93	1.81412
gornji desni prvi molar D**	75	.1804	.0000	-3.33	5.00	8.33	1.77497

M*-mezijalno, D**-distalno

Tabela 14. Iznos resorpcije korenova zuba u gornjoj vilici sa desne strane (%)

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
gornji desni centralni sekutić M*	82	1.5168	.0000	-29.63	41.80	71.43	11.25688
gornji desni centralni sekutić D**	82	1.0291	.0000	-31.86	41.80	73.66	11.28942
gornji desni lateralni sekutić M*	80	1.0428	.0000	-35.41	30.81	66.22	13.41566
gornji desni lateralni sekutić D**	80	.8115	.3675	-35.10	30.81	65.91	13.71357
gornji desni očnjak M*	72	-.8852	.0000	-32.82	30.41	63.23	13.25135
gornji desni očnjak D**	72	-1.0690	.0000	-30.00	30.41	60.41	12.68601
gornji desni prvi premolar M*	49	.3782	.0000	-16.67	37.14	53.81	9.15699
gornji desni prvi premolar D**	49	-.4979	.0000	-33.88	37.14	71.02	10.51501
gornji desni drugi premolar M*	62	4.3908	.0000	-39.92	28.57	68.49	11.48027
gornji desni drugi premolar D**	62	5.6738	4.1215	-39.92	33.56	73.48	11.73615
gornji desni prvi molar M*	73	4.1319	.0000	-22.50	41.67	64.17	11.74543
gornji desni prvi molar D**	73	1.2144	.0000	-25.64	34.08	59.72	13.25689

M*-mezijalno, D**-distalno

Zapažene su negativne vrednosti resorpcije korenova očnjaka i prvog premolara sa desne strane gornje vilice (tabela 13. i 14.).

Tabela 15. Iznos resorpcije korenova zuba u gornjoj vilici sa leve strane (mm)

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
gornji levi centralni sekutić M*	81	.6652	.3890	-4.00	8.78	12.78	2.00831
gornji levi centralni sekutić D**	81	.6711	.0000	-4.00	8.78	12.78	1.96842
gornji levi lateralni sekutić M*	81	.1423	.0000	-4.42	5.40	9.82	1.63766
gornji levi lateralni sekutić D**	81	.1595	.0000	-4.42	5.40	9.82	1.71471
gornji levi očnjak M*	73	<u>-.4267</u>	.0000	-8.11	4.00	12.11	2.28761
gornji levi očnjak D**	73	<u>-.4838</u>	.0000	-8.28	4.30	12.58	2.43874
gornji levi prvi premolar M*	52	.5886	.2500	-4.00	4.00	8.00	1.80838
gornji levi prvi premolar D**	52	.6929	.2500	-4.00	5.84	9.84	2.01574
gornji levi drugi premolar M*	60	.7274	.5000	-6.85	4.25	11.10	1.79871
gornji levi drugi premolar D**	60	.6729	.5000	-6.85	4.25	11.10	1.78584
gornji levi prvi molar M*	78	.4434	.0000	-5.00	5.57	10.57	1.93811
gornji levi prvi molar D**	80	.2961	.0000	-2.80	5.00	7.80	1.68554

M*-mezijalno, D**-distalno

Tabela 16. Iznos resorpcije korenova zuba u gornjoj vilici sa leve strane (%)

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
gornji levi centralni sekutić M*	82	3.9639	1.1785	-25.00	41.80	66.80	11.40824
gornji levi centralni sekutić D**	82	4.0253	.0000	-25.00	41.80	66.80	11.37916
gornji levi lateralni sekutić M*	81	.8758	.0000	-35.33	28.42	63.75	10.35846
gornji levi lateralni sekutić D**	81	1.0165	.0000	-35.33	28.42	63.75	10.85438
gornji levi očnjak M*	73	<u>-1.9981</u>	.0000	-40.56	20.00	60.56	11.58323
gornji levi očnjak D**	73	<u>-2.5681</u>	.0000	-41.39	20.98	62.37	12.52157
gornji levi prvi premolar M*	51	3.5723	2.8570	-33.33	28.57	61.90	12.25070
gornji levi prvi premolar D**	51	4.3175	3.3330	-30.77	34.60	65.37	13.42326
gornji levi drugi premolar M*	61	4.2264	2.6000	-45.69	30.77	76.46	12.35546
gornji levi drugi premolar D**	61	3.6095	3.1250	-45.69	30.77	76.46	12.71085
gornji levi prvi molar M*	78	2.2400	.0000	-33.33	37.15	70.49	13.76804
gornji levi prvi molar D**	80	.6729	.0000	-33.33	34.55	67.88	12.57261

M*-mezijalno, D**-distalno

Najveće skraćenje dužine korena zuba tokom ortodontske terapije fiksnim aparatima u gornjoj vilici sa leve strane zabeležili smo na mezijalnoj površini drugih premolara (0.7274 mm odnosno 4.2264 %) i na distalnoj površini prvih premolara (0.6929 mm odnosno 4.3175 %). Najmanji iznos resorpcije korenova zuba u gornjoj vilici sa leve strane izmeren je na lateralnim sekutićima mezijalno (0.1423 mm tj. 0.8758 %) i distalno (0.1595 mm tj. 1.0165 %). Negativne vrednosti resorpcije korena su zabeležene na očnjacima sa mezijalne i distalne strane zuba (tabela 15. i 16.).

Tabela 17. Iznos resorpcije korenova zuba u donjoj vilici sa leve strane (mm)

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
donji levi centralni sekutić M*	63	<u>-.2173</u>	.0000	-6.60	4.67	11.27	2.03213
donji levi centralni sekutić D**	63	<u>-.2798</u>	.0000	-8.40	4.67	13.07	2.15589
donji levi lateralni sekutić M*	62	.2783	.0000	-4.00	6.50	10.50	2.07739
donji levi lateralni sekutić D**	62	.3176	.0000	-5.99	6.50	12.49	2.21006
donji levi očnjak M*	55	<u>-.7802</u>	.0000	-7.29	4.00	11.29	2.79667
donji levi očnjak D**	55	<u>-.9101</u>	.0000	-7.29	4.00	11.29	2.70704
donji levi prvi premolar M*	46	<u>-.0313</u>	.0000	-4.50	4.02	8.52	1.86448
donji levi prvi premolar D**	46	<u>-.0077</u>	.0000	-4.50	4.02	8.52	1.83112
donji levi drugi premolar M*	44	.2186	.0000	-6.25	6.36	12.61	2.62708
donji levi drugi premolar D**	44	.0248	.0000	-6.25	6.36	12.61	2.49203
donji levi prvi molar M*	58	<u>-.0766</u>	.0000	-7.00	5.79	12.79	2.76705
donji levi prvi molar D**	58	.2097	.0000	-4.15	5.29	9.44	1.88912

M*-mezijalno, D**-distalno

Tabela 18. Iznos resorpcije korenova zuba u donjoj vilici sa leve strane (%)

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
donji levi centralni sekutić M*	62	<u>-1.6182</u>	.0000	-42.59	33.34	75.92	16.10666
donji levi centralni sekutić D**	62	<u>-2.2535</u>	.0000	-56.00	33.34	89.34	16.88007
donji levi lateralni sekutić M*	62	1.7581	.0000	-25.00	54.17	79.17	15.29893
donji levi lateralni sekutić D**	62	1.8428	.0000	-42.80	54.17	96.97	16.01918
donji levi očnjak M*	55	<u>-5.5898</u>	.0000	-60.72	20.00	80.72	18.39292
donji levi očnjak D**	55	<u>-6.3357</u>	.0000	-60.72	20.00	80.72	18.04563
donji levi prvi premolar M*	46	<u>-.8243</u>	.0000	-30.00	22.79	52.79	11.56725
donji levi prvi premolar D**	46	<u>-.5233</u>	.0000	-30.00	22.79	52.79	11.18016
donji levi drugi premolar M*	44	1.1396	.0000	-47.69	31.01	78.70	16.52472
donji levi drugi premolar D**	44	.0158	.0000	-33.33	31.01	64.34	15.27236
donji levi prvi molar M*	58	.1239	.0000	-37.84	37.00	74.84	15.99697
donji levi prvi molar D**	58	1.2356	.0000	-23.96	26.43	50.38	11.49496

M*-mezijalno, D**-distalno

Najveći iznos resorpcije korena zuba u donjoj vilici sa leve strane zabeležili smo na lateralnim sekutićima u iznosu od 0.2783 mm (1.7581 %) sa mezijalne i 0.3176 mm (1.8428 %) sa distalne strane zuba. Kada izuzmemo negativne vrednosti apikalne resorpcije centralnih sekutića, očnjaka i prvih premolara, najmanji iznos skraćivanja dužine korenova zuba tokom terapije fiksnim ortodontskim aparatima zabeležen je na distalnoj površini drugih premolara (0.0248 mm tj. 0.0158 %) (tabela 17. i 18.).

Tabela 19. Iznos resorpcije korenova zuba u donjoj vilici sa desne strane (mm)

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
donji desni centralni sekutić M*	62	<u>-.0071</u>	.0000	-6.17	4.67	10.83	2.06708
donji desni centralni sekutić D**	62	<u>-.0402</u>	.0000	-6.17	4.00	10.17	2.00552
donji desni lateralni sekutić M*	62	<u>-.8319</u>	-.5000	-8.85	4.09	12.94	2.17475
donji desni lateralni sekutić D**	62	<u>-.8207</u>	-.5000	-8.85	4.09	12.94	2.17166
donji desni očnjak M*	60	<u>-.9262</u>	-.9000	-6.75	6.00	12.75	2.34879
donji desni očnjak D**	60	<u>-1.2037</u>	-.9285	-11.56	3.46	15.02	2.69287
donji desni prvi premolar M*	48	<u>-.1301</u>	.0000	-6.00	4.00	10.00	2.31836
donji desni prvi premolar D**	48	<u>-.1268</u>	.0000	-5.00	4.00	9.00	2.06748
donji desni drugi premolar M*	49	<u>-.1456</u>	.0000	-7.20	3.50	10.70	1.85163
donji desni drugi premolar D**	49	<u>-.0158</u>	.0000	-7.20	4.00	11.20	1.90230
donji desni prvi molar M*	59	.3973	.0000	-7.20	6.25	13.45	2.28388
donji desni prvi molar D**	59	.2668	.0000	-7.00	20.41	27.41	3.49656

M*-mezijalno, D**-distalno

Merenje promene dužine korenova zuba tokom terapije fiksnim ortodontskim aparatima u donjoj vilici sa desne strane pokazalo je negativne vrednosti resorpcije za sve zube izuzev prvih stalnih molara gde je zabeleženo 0.3973 mm resorpcije na mezijalnom i 0.2668 mm na distalnom korenu zuba (tabela 19.).

Tabela 20. Iznos resorpcije korenova zuba u donjoj vilici sa desne strane (%)

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
donji desni centralni sekutić M*	62	.5354	.0000	-38.54	35.90	74.44	16.11980
donji desni centralni sekutić D**	62	.3316	.0000	-38.54	33.33	71.87	15.68152
donji desni lateralni sekutić M*	62	<u>-6.5587</u>	-2.9015	-63.19	27.27	90.46	16.26571
donji desni lateralni sekutić D**	62	<u>-6.3896</u>	-2.9015	-63.19	27.27	90.46	16.20745
donji desni očnjak M*	60	<u>-4.7994</u>	-4.4840	-39.71	27.27	66.98	13.08157
donji desni očnjak D**	60	<u>-6.3954</u>	-4.4840	-68.00	19.43	87.43	15.42167
donji desni prvi premolar M*	48	<u>-.8984</u>	.0000	-44.44	28.57	73.02	14.38334
donji desni prvi premolar D**	48	<u>-.7969</u>	.0000	-26.32	28.57	54.89	12.32934
donji desni drugi premolar M*	49	<u>-1.1688</u>	.0000	-36.00	20.41	56.41	11.33964
donji desni drugi premolar D**	49	<u>-.1780</u>	.0000	-36.00	25.00	61.00	11.62615
donji desni prvi molar M*	59	2.9488	3.9760	-65.45	32.89	98.35	15.29787
donji desni prvi molar D**	59	<u>-.7501</u>	.0000	-41.18	37.50	78.68	15.04248

M*-mezijalno, D**-distalno

Kada se posmatra procentualno skraćenje dužine korenova zuba u donjoj vilici sa desne strane tokom terapije fiksnim aparatima resorpcija se beleži i na centralnim sekutićima u iznosu od 0.5354 % sa mezijalne i 0.3316 % sa distalne strane zuba (tabela 20.).

1.3. Visina alveolarne kosti

Najveći iznos visine alveolarne kosti u gornjoj vilici sa desne strane zabeležili smo sa obe aproksimalne strane očnjaka i to u iznosu od 17.5548 mm mezijalno i 17.2842 mm distalno.

Tabela 21. Visina alveolarne kosti u gornjoj vilici sa desne strane

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
gornji desni centralni sekutić M*	82	14.9116	14.3750	8.00	20.50	12.50	2.58479
gornji desni centralni sekutić D**	82	14.6189	14.5000	1.25	20.50	19.25	2.90094
gornji desni lateralni sekutić M*	80	14.0681	14.0000	8.75	18.75	10.00	2.02416
gornji desni lateralni sekutić D**	80	13.8594	13.6250	8.50	18.25	9.75	2.00231
gornji desni očnjak M*	73	17.5548	17.5000	11.50	23.25	11.75	2.67422
gornji desni očnjak D**	73	17.2842	17.2500	10.50	23.50	13.00	2.78803
gornji desni prvi premolar M*	50	13.7900	13.5000	9.50	18.50	9.00	2.19424
gornji desni prvi premolar D**	50	13.8250	13.8750	9.50	18.50	9.00	2.14657
gornji desni drugi premolar M*	63	13.7579	13.7500	9.00	20.00	11.00	2.30924
gornji desni drugi premolar D**	63	13.5635	13.5000	9.00	19.00	10.00	2.29918
gornji desni prvi molar M*	72	12.4757	12.5000	7.75	17.50	9.75	2.01192
gornji desni prvi molar D**	73	11.3219	11.5000	5.75	14.75	9.00	2.03036

M*-mezijalno, D**-distalno

Najmanja visina alveolarne kosti izmerena je uz prve molare: mezijalno 12.4757 mm i distalno 11.3219 mm (tabela 21.).

Tabela 22. Visina alveolarne kosti u gornjoj vilici sa leve strane

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
gornji levi centralni sekutić M*	81	14.8241	14.7500	8.25	20.25	12.00	2.58162
gornji levi centralni sekutić D**	81	14.6265	14.5000	2.25	20.50	18.25	2.90880
gornji levi lateralni sekutić M*	80	13.9125	13.8750	8.50	20.00	11.50	2.25372
gornji levi lateralni sekutić D**	80	13.7875	13.5000	8.50	20.00	11.50	2.21370
gornji levi očnjak M*	73	17.5993	17.5000	11.50	23.50	12.00	2.63877
gornji levi očnjak D**	73	17.6781	18.0000	11.25	23.50	12.25	2.71297
gornji levi prvi premolar M*	51	13.7108	14.0000	8.25	18.50	10.25	2.08409
gornji levi prvi premolar D**	51	13.5667	13.5000	8.25	18.50	10.25	2.16499
gornji levi drugi premolar M*	61	13.8770	13.7500	8.25	17.75	9.50	2.20587
gornji levi drugi premolar D**	61	13.7828	13.7500	8.00	19.00	11.00	2.31322
gornji levi prvi molar M*	79	12.2848	12.0000	7.50	17.50	10.00	2.04349
gornji levi prvi molar D**	80	11.2344	11.5000	6.25	15.50	9.25	1.94153

M*-mezijalno, D**-distalno

Isto kao i sa desne strane gornje vilice tako smo i na levoj strani vilice najveću visinu alveolarne kosti zabeležili mezijalo i distalno od očnjaka (17.5993 mm odnosno 17.6781 mm). Takođe, i sa leve strane gornje vilice najmanja vrednost visine alveolarne kosti zabeležena je mezijalno (12.2848 mm) i distalno od prvog stalnog molara (11.2344 mm) (tabela 22.).

Kao i u gornjoj vilici, i u donjoj vilici sa obe strane najveća vrednost visine alveolarne kosti zabeležena je sa mezijalne i distalne strane očnjaka.

Tabela 23. Visina alveolarne kosti u donjoj vilici sa leve strane

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
donji levi centralni sekutić M*	63	11.0873	11.0000	7.00	15.00	8.00	1.81679
donji levi centralni sekutić D**	63	11.0119	10.7500	1.00	15.00	14.00	2.19623
donji levi lateralni sekutić M*	63	12.1389	12.0000	8.50	16.00	7.50	1.93429
donji levi lateralni sekutić D**	63	11.9405	12.0000	8.00	16.00	8.00	1.87874
donji levi očnjak M*	55	16.0136	16.5000	11.50	21.00	9.50	2.47927
donji levi očnjak D**	55	15.6864	15.7500	11.25	20.00	8.75	2.32848
donji levi prvi premolar M*	47	14.6649	14.7500	10.00	20.50	10.50	2.33899
donji levi prvi premolar D**	47	14.6223	14.5000	10.25	20.50	10.25	2.26916
donji levi drugi premolar M*	45	15.1000	15.2500	10.50	20.50	10.00	2.41997
donji levi drugi premolar D**	45	14.8944	15.0000	10.50	20.50	10.00	2.32360
donji levi prvi molar M*	59	15.4025	15.5000	12.00	20.00	8.00	2.11930
donji levi prvi molar D*	59	14.1695	14.2500	10.00	17.50	7.50	1.88942

M*-mezijalno, D**-distalno

Tabela 24. Visina alveolarne kosti u donjoj vilici sa desne strane

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
donji desni centralni sekutić M*	63	10.9563	11.0000	7.00	15.00	8.00	1.83247
donji desni centralni sekutić D**	63	11.1587	11.0000	6.50	15.75	9.25	1.93091
donji desni lateralni sekutić M*	63	12.3492	12.5000	8.50	16.25	7.75	1.94508
donji desni lateralni sekutić D**	63	12.2421	12.5000	8.00	16.00	8.00	1.94945
donji desni očnjak M*	60	15.8792	16.3750	10.25	19.75	9.50	2.41091
donji desni očnjak D**	60	15.8208	16.1250	10.25	20.00	9.75	2.39972
donji desni prvi premolar M*	49	14.6276	14.2500	10.50	20.00	9.50	2.08237
donji desni prvi premolar D**	49	14.7704	14.7500	11.00	19.50	8.50	2.04114
donji desni drugi premolar M*	50	14.9350	14.7500	9.50	20.50	11.00	2.50653
donji desni drugi premolar D**	50	15.1750	15.0000	9.50	20.50	11.00	2.54413
donji desni prvi molar M*	59	14.8136	14.5000	11.00	19.50	8.50	2.32240
donji desni prvi molar D**	59	13.7627	13.5000	10.00	18.00	8.00	2.04603

M*-mezijalno, D**-distalno

Najveća vrednost visine alveolarne kosti na početku terapije malokluzija ortodontskim aparatima sa obe strane donje vilice zabeležena je sa mezijalne i distalne strane očnjaka. Sa druge strane, postoji razlika između gornje i donje vilice kada je u pitanju lokalizacija alveolarne kosti sa najmanjom visinom. Dok je sa obe strane gornje vilice najmanja visina alveolarne kosti izmerena mezijalno i distalno od prvog stalnog molara, u donjoj vilici je alveolarna kost najmanje visine u predelu centralnih sekutića (tabela 23. i 24.).

1.4. Resorpcija alveolarne kosti

Tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima dolazi do smanjenja visine alveolarne kosti sa mezijalne i distalne strane svih ispitivanih zuba. Najveći iznos resorpcije alveolarne kosti zabeležili smo sa distalne strane gornjeg lateralnog sekutića.

Tabela 25. Iznos resorpcije alveolarne kosti tokom terapije fiksnim ortodontskim aparatima u gornjoj vilici sa desne strane

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
gornji desni centralni sekutić M*	82	.9970	1.0000	.00	2.75	2.75	.58596
gornji desni centralni sekutić D**	82	1.1311	1.0000	.00	3.25	3.25	.56277
gornji desni lateralni sekutić M*	80	1.0531	1.0000	.00	2.50	2.50	.48013
gornji desni lateralni sekutić D**	80	1.2469	1.1250	.00	3.00	3.00	.59467
gornji desni očnjak M*	72	.7500	.7500	.00	1.50	1.50	.46535
gornji desni očnjak D**	72	.9583	1.0000	.00	3.00	3.00	.57989
gornji desni prvi premolar M*	49	.8316	1.0000	.00	2.00	2.00	.47431
gornji desni prvi premolar D**	49	.8418	1.0000	.00	2.25	2.25	.52464
gornji desni drugi premolar M*	62	.7661	.7500	.00	2.00	2.00	.36460
gornji desni drugi premolar D**	62	1.0282	1.0000	.00	2.00	2.00	.44837
gornji desni prvi molar M*	73	.9178	1.0000	-.50	2.75	3.25	.59227
gornji desni prvi molar D**	74	1.1959	1.0000	.00	2.50	2.50	.62108

M*-mezijalno, D**-distalno

Nivo alveolarne kosti je smanjen prosečno za 1.2469 mm sa distalne strane gornjeg desnog lateralnog sekutića. Najmanji stepen resorpcije alveolarne kosti u

gornjoj vilici sa desne strane izmerili smo sa distalne strane očnjaka (0.7500 mm) i mezijalne strane drugog premolara (0.7661 mm) (tabela 25.).

Tabela 26. Iznos resorpcije alveolarne kosti tokom terapije fiksnim ortodontskim aparatima u gornjoj vilici sa leve strane

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
gornji levi centralni sekutić M*	82	1.0823	1.0000	.00	2.75	2.75	.57742
gornji levi centralni sekutić D**	82	1.0884	1.0000	.00	3.50	3.50	.56022
gornji levi lateralni sekutić M*	81	1.0741	1.0000	.00	3.00	3.00	.59351
gornji levi lateralni sekutić D**	81	1.2284	1.0000	.00	3.50	3.50	.68943
gornji levi očnjak M*	73	.7979	.7500	.00	2.00	2.00	.57078
gornji levi očnjak D**	73	.7671	.7500	.00	2.00	2.00	.50917
gornji levi prvi premolar M*	52	.8077	1.0000	.00	2.25	2.25	.49659
gornji levi prvi premolar D**	52	.9231	1.0000	.00	2.50	2.50	.50376
gornji levi drugi premolar M*	60	.7333	.7500	.00	2.00	2.00	.45302
gornji levi drugi premolar D**	60	.8000	.7500	.00	2.50	2.50	.50380
gornji levi prvi molar M*	79	.8077	1.0000	-1.00	3.50	4.50	.66948
gornji levi prvi molar D**	80	1.1000	1.0000	-.25	2.50	2.75	.54337

M*-mezijalno, D**-distalno

Nivo alveolarne kosti je smanjen prosečno za 1.2284 mm sa distalne strane lateralnog sekutića leve strane gornje vilice. Tokom terapije fiksnim ortodontskim aparatima visina alveolarne kosti u gornjoj vilici sa leve strane je najmanje redukovana sa mezijalne strane drugog premolara (0.7333 mm) i distalne strane očnjaka (0.7671 mm) (tabela 26.).

Smanjenje nivoa alveolarne kosti prisutno je kod svih ispitivanih zuba u donjoj vilici sa leve strane, kako sa mezijalne tako i sa distalne strane zuba.

Tabela 27. Iznos resorpcije alveolarne kosti tokom terapije fiksnim ortodontskim aparatima u donjoj vilici sa leve strane

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
donji levi centralni sekutić M*	63	.9325	1.0000	.00	2.25	2.25	.37889
donji levi centralni sekutić D**	63	.8611	.7500	.00	1.75	1.75	.34716
donji levi lateralni sekutić M*	63	.7738	.7500	.00	2.00	2.00	.38024
donji levi lateralni sekutić D**	63	.9405	1.0000	.00	2.00	2.00	.41083
donji levi očnjak M*	55	.6500	.5000	.00	1.50	1.50	.39264
donji levi očnjak D**	55	.8864	1.0000	.00	1.50	1.50	.43253
donji levi prvi premolar M*	48	.6615	.7500	.00	1.50	1.50	.38761
donji levi prvi premolar D**	48	.6771	.6250	.00	1.75	1.75	.40265
donji levi drugi premolar M*	44	.7784	.8750	.00	2.00	2.00	.49184
donji levi drugi premolar D**	44	.8125	1.0000	-.25	2.00	2.25	.47042
donji levi prvi molar M*	59	.9492	1.0000	.00	3.00	3.00	.49301
donji levi prvi molar D**	59	.8051	.7500	-.50	2.50	3.00	.49799

M*-mezijalno, D**-distalno

Najveći stepen resorpcije alveolarne kosti u donjoj vilici sa leve strane zabeležili smo na distalnoj strani centralnog sekutića (0.9405 mm) i mezijalnoj strani prvog molara (0.9492 mm), a najmanji iznos resorpcije na mezijalnoj strani očnjaka (0.6500 mm) i prvog premolara (0.6615 mm) (tabela 27.)

Tabela 28. Iznos resorpcije alveolarne kosti tokom terapije fiksnim ortodontskim aparatima u donjoj vilici sa desne strane

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
donji desni centralni sekutić M*	63	1.0873	1.0000	.25	2.00	1.75	.43105
donji desni centralni sekutić D**	63	.8373	1.0000	.00	1.50	1.50	.36522
donji desni lateralni sekutić M*	63	.8135	.7500	.00	2.00	2.00	.40652
donji desni lateralni sekutić D**	63	.9048	1.0000	.00	2.00	2.00	.40766
donji desni očnjak M*	60	.7417	.7500	-.25	1.75	2.00	.41161
donji desni očnjak D**	60	.7625	.7500	-1.25	2.00	3.25	.55887
donji desni prvi premolar M*	49	.8827	1.0000	.00	2.50	2.50	.43929
donji desni prvi premolar D**	49	.7653	.7500	-.25	2.50	2.75	.47436
donji desni drugi premolar M*	50	1.0150	1.0000	.00	2.50	2.50	.46678
donji desni drugi premolar D**	50	.8050	1.0000	.00	2.00	2.00	.44690
donji desni prvi molar M*	59	.9703	1.0000	.00	2.25	2.25	.44549
donji desni prvi molar D**	59	.9534	1.0000	.00	2.50	2.50	.49453

M*-mezijalno, D**-distalno

U donjoj vilici sa desne strane resorpcija alveolarne kosti je najizraženija sa mezijalne strane centralnog sekutića (1.0873 mm) i drugog premolara (1.0150 mm). Fiksni ortodontski aparati su najmanje uticali na smanjenje visine alveolarne kosti oko očnjaka (0.7417 mm mezijalno i 0.7625 mm distalno) (tabela 28.).

2. Rezultati analize kompjuterizovanih tomograma

2.1. Resorpcija korenova zuba i alveolarne kosti

Pored ortopantomograma kod 35 ispitanika urađen je i početni i završni kompjuterizovani tomogram. Analizu dobijenih podataka podělili smo po grupama zuba. Ukupnu dužinu zuba, visinu krunice zuba, dužinu korena zuba, visinu i nivo alveolarne kosti i stepen resorpcije korena zuba i alveolarne kosti određivali smo na 20 centralnih i 18 lateralnih sekutića, 16 očnjaka, 9 prvih i 11 drugih premolara i 8 prvih molara.

2.1.1. Centralni sekutići

Vertikalna merenja različitih delova zuba i alveolarne kosti moguće je sprovesti analizom rekonstrukcije transverznog i sagitalnog preseka ovih struktura. Iz tog razloga merenje ukupne dužine zuba, visine krunice i dužine korena zuba, kao i visine i nivoa alveolarne kosti sproveli smo analizom transverznog i sagitalnog preseka kompjuterizovanih tomograma.

Rezultati pokazuju da u toku terapije fiksnim ortodontskim aparatima dolazi do smanjenja ukupne dužine i dužine korena centralnih sekutića tj. do pojave resorpcije korenova centralnih sekutića. Istovremeno, dolazi do smanjenja visine alveolarne kosti sa svih strana ispitivanih zuba i povećanja rastojanja između gledno-cementne granice zuba i vrha alveolarne kosti kao posledica resorpcije alveolarne kosti oko centralnih sekutića. Ovakav nalaz pokazuje analiza rekonstruisanih sagitalnih i transverzalnih preseka 20 ispitivanih centralnih sekutića (tabela 29. i 30.).

Tabela 29. Analiza transverznog preseka centralnih sekutića i okolne alveolarne kosti

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
ukupna dužina zuba 1*	19	11.9053	11.8000	5.20	18.50	13.30	3.40873
ukupna dužina zuba 2**	19	11.7263	11.0000	5.10	17.00	11.90	3.48837
visina krunice mezijalno 1*	19	3.9211	3.3000	1.90	7.30	5.40	1.53608
visina krunice mezijalno 2**	19	3.9421	4.0000	2.10	6.30	4.20	1.29885
visina krunice distalno 1*	19	3.8737	3.4000	1.70	7.00	5.30	1.43792
visina krunice distalno 2**	19	3.9053	3.8000	1.80	6.50	4.70	1.41243
dužina korena zuba mezijalno1*	19	7.9842	7.4000	3.30	12.80	9.50	2.45770
dužina korena zuba mezijalno 2**	19	7.7842	7.0000	3.00	12.40	9.40	2.48132
dužina korena zuba distalno 1*	19	8.0316	7.3000	3.50	12.80	9.30	2.47095
dužina korena zuba distalno 2**	19	7.8158	7.1000	3.30	12.40	9.10	2.41713
visina alveolarne kosti mezijalno1*	19	7.6474	7.3000	3.10	12.40	9.30	2.32173
visina alveolarne kosti mezijalno 2**	19	7.2684	7.0000	2.70	12.30	9.60	2.21034
visina alveolarne kosti distalno 1*	19	7.6789	7.3000	3.40	12.50	9.10	2.36821
visina alveolarne kosti distalno 2**	19	7.3368	7.0000	3.10	12.40	9.30	2.25960
nivo alveolarne kosti mezijalno 1*	19	.3368	.2000	.00	2.30	2.30	.53459
nivo alveolarne kosti mezijalno 2**	19	.5158	.3000	.00	2.40	2.40	.64400
nivo alveolarne kosti distalno 1*	19	.3526	.3000	.00	1.40	1.40	.36722
nivo alveolarne kosti distalno 2**	19	.4737	.3000	-.10	1.80	1.90	.59052

1*-početni CT, 2**-završni CT

Tabela 30. Analiza sagitalnog preseka centralnih sekutića i okolne alveolarne kosti

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. distalnoeviation
ukupna dužina zuba 1*	20	17.2450	17.7000	8.60	22.30	13.70	3.19646
ukupna dužina zuba 2**	20	16.3900	16.2000	8.30	20.70	12.40	2.86538
visina krunice bukalno 1*	20	8.0450	8.4500	2.30	11.20	8.90	1.94408
visina krunice bukalno 2**	20	7.7200	8.1000	2.40	11.00	8.60	1.88529
visina krunice oralno 1*	20	7.4350	7.5000	2.60	10.70	8.10	1.59943
visina krunice oralno 2**	20	7.3650	7.1500	2.60	10.50	7.90	1.82909
dužina korena zuba bukalno 1*	20	9.2300	8.9500	5.70	15.50	9.80	2.46941
dužina korena zuba bukalno 2**	20	8.6700	8.5000	5.90	11.30	5.40	1.66484
dužina korena zuba oralno 1*	20	9.8100	9.6500	6.00	14.40	8.40	2.31173
dužina korena zuba oralno 2**	20	9.0250	9.1500	5.70	11.50	5.80	1.79967
visina alveolarne kosti bukalno 1*	20	8.6850	8.2000	5.00	12.50	7.50	2.11069
visina alveolarne kosti bukalno 2**	20	8.2050	7.9000	5.00	11.20	6.20	1.73371
visina alveolarne kosti oralno 1*	20	9.2300	9.2000	4.70	12.50	7.80	2.26044
visina alveolarne kosti oralno 2**	20	8.6000	8.3500	4.70	11.50	6.80	1.99763
nivo alveolarne kosti bukalno 1*	20	.4350	.0500	.00	1.60	1.60	.60461
nivo alveolarne kosti bukalno 2**	20	.5450	.0000	.00	3.00	3.00	.81206
nivo alveolarne kosti oralno 1*	20	.4250	.0000	-.60	2.80	3.40	.83027
nivo alveolarne kosti oralno 2**	20	.5800	.2000	.00	3.00	3.00	.90763

1*-početni CT, 2***-završni CT

Poređenje merenja dobijenih analizom rekonstruisanog sagitalnog i transverzalnog preseka zuba na početnom (CT1) i završnom (CT2) kompjuterizovanom

tomogramu vršeno je korelacionom metodom. Postoji visoko značajna statistička razlika ($p < 0.01$) između vrednosti dužine korena centralnih sekutića izmerenih na rekonstruisanom sagitalnom i transverzalnom preseku CT1. Statistički značajna razlika ($p < 0.05$) postoji između vrednosti ukupne dužine centralnih sekutića izmerenih na transverzalnom i sagitalnom preseku CT1. Takođe, statistički značajna razlika postoji između vrednosti dužine korena zuba na CT2, kao i visine alveolarne kosti oko centralnih sekutića na CT1. Statističku značajnost razlike vrednosti ukupne dužine zuba na CT1 i CT2 ($p = 0.000$) i dužine korena centralnih sekutića izmerene na transverzalnom i sagitalnom preseku CT1 ($p = 0.023$) i CT2 ($p = 0.043$) pokazuje i t test.

Na kraju, potrebno je istaći da je prosečna vrednost resorpcije korena centralnih sekutića veća na sagitalnom nego na transverzalnom preseku kompjuterizovanih tomograma (tabela 31.).

Tabela 31. Prosečna vrednost resorpcije korena centralnih sekutića na transverzalnom i sagitalnom preseku CT

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
mezijalno T*	19	.1737	.2000	-4.50	5.20	9.70	2.24693
distalno T*	19	.1684	.2000	-4.70	5.20	9.90	2.19875
bukalno S**	20	.5550	.2000	-2.70	5.80	8.50	2.10775
oralno S**	20	.7750	.2000	-2.40	5.30	7.70	1.89289

T*-transverzalno, S**-sagitalno

2.1.2. Lateralni sekutići

Sile fiksnih ortodontskih aparata izazivaju pojavu resorpcije korenova lateralnih sekutića. Istovremeno, dolazi do smanjenja visine alveolarne kosti i povećanja rastojanja između gledno-cementne granice zuba i vrha alveolarne kosti (tabela 32. i 33.).

Tabela 32. Analiza transverzalnog preseka lateralnih sekutića i okolne alveolarne kosti

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
ukupna dužina zuba 1*	18	12.2833	12.2500	7.00	19.60	12.60	3.32712
ukupna dužina zuba 2**	18	12.0833	12.3500	6.70	19.00	12.30	3.50500
visina krunice mezijalno 1*	18	4.5778	4.9500	2.30	6.50	4.20	1.36922
visina krunice mezijalno 2**	18	4.4500	5.0000	2.30	6.50	4.20	1.52749
visina krunice distalno 1*	18	4.5056	4.9000	2.20	6.40	4.20	1.23929
visina krunice distalno 2**	18	4.4833	4.8500	2.10	6.60	4.50	1.60779
dužina korena zuba mezijalno 1*	18	7.7056	7.7000	4.40	13.20	8.80	2.19048
dužina korena zuba mezijalno 2**	18	7.6333	7.5500	4.20	12.70	8.50	2.19277
dužina korena zuba distalno 1*	18	7.7778	7.9500	4.80	13.20	8.40	2.30104
dužina korena zuba distalno 2**	18	7.6000	7.4500	4.50	12.70	8.20	2.10434
visina alveolarne kosti mezijalno 1*	18	7.1556	7.0500	3.80	11.50	7.70	2.06062
visina alveolarne kosti mezijalno 2**	18	6.8167	6.7500	3.50	10.70	7.20	1.77375
visina alveolarne kosti distalno 1*	18	7.1889	7.2500	3.20	13.20	10.00	2.39801
visina alveolarne kosti distalno 2**	18	6.7667	6.5500	3.10	12.50	9.40	2.34019
nivo alveolarne kosti mezijalno 1*	18	.5500	.5000	.00	1.70	1.70	.51820
nivo alveolarne kosti mezijalno 2**	18	.8167	.5500	.00	2.70	2.70	.74931
nivo alveolarne kosti distalno 1*	18	.5889	.7000	.00	1.60	1.60	.55719
nivo alveolarne kosti distalno 2**	18	.8333	.8500	.00	2.60	2.60	.60585

1*-početni CT, 2**-završni CT

Tabela 33. Analiza sagitalnog preseka lateralnih sekutića i okolne alveolarne kosti

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
ukupna dužina zuba 1*	18	15.1389	15.0500	12.50	18.70	6.20	1.69259
ukupna dužina zuba 2**	18	14.8333	14.9500	12.60	18.00	5.40	1.50216
visina krunice bukalno 1*	18	6.4111	6.2500	4.70	7.60	2.90	.82240
visina krunice bukalno 2**	18	6.3000	6.2000	4.50	8.20	3.70	.91587
visina krunice oralno 1*	18	6.3778	6.4500	4.70	7.60	2.90	.84196
visina krunice oralno 2**	18	6.1611	6.1000	4.80	7.20	2.40	.71549
dužina korena bukalno 1*	18	8.7278	9.0500	5.30	12.50	7.20	1.63772
dužina korena bukalno 2**	18	8.5333	8.6500	5.60	11.80	6.20	1.75466
dužina korena oralno 1*	18	8.7778	8.8000	6.00	12.70	6.70	1.53146
dužina korena oralno 2**	18	8.6556	8.5000	6.00	12.00	6.00	1.67796
visina alveolarne kosti bukalno 1*	18	8.3444	8.8500	3.90	10.30	6.40	1.61180
visina alveolarne kosti bukalno 2**	18	7.9444	8.5000	5.60	10.20	4.60	1.37893
visina alveolarne kosti oralno 1*	18	8.4222	8.7000	5.10	11.70	6.60	1.67176
visina alveolarne kosti oralno 2**	18	8.2333	8.4500	5.20	10.80	5.60	1.42911
nivo alveolarne kosti bukalno 1*	18	.3833	.0000	.00	2.90	2.90	.75712
nivo alveolarne kosti bukalno 2**	18	.5889	.3500	.00	3.00	3.00	.77299
nivo alveolarne kosti oralno 1*	18	.3944	.0000	.00	1.40	1.40	.50698
nivo alveolarne kosti oralno 2**	18	.4222	.2500	-.10	1.90	2.00	.54076

1*-početni CT, 2**--završni CT

Korelaciona analiza pokazuje da između rekonstruisanog sagitalnog i transverzalnog preseka kompjuterizovanih tomograma postoji visoko značajna

statistička razlika ($p < 0.01$) pri poređenju vrednosti ukupne dužine i dužine korena zuba na CT1 i CT2, kao i visine i nivoa alveolarne kosti lateralnih sekutića izmerenih na CT1.

Prosečne vrednosti resorpcije korena lateralnih sekutića određene na rekonstruisanom transverzalnom i sagitalnom preseku CT prikazane su u tabeli 34.

Tabela 34. Prosečna vrednost resorpcije korena lateralnih sekutića na transverzalnom i sagitalnom preseku CT

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
mezijalno T*	18	.0722	.0500	-5.00	5.00	10.00	2.08462
distalno T*	18	.1778	.0500	-4.20	5.00	9.20	2.02065
bukalno S**	18	.1167	.1500	-3.30	4.40	7.70	1.60706
oralno S**	18	.1500	.2000	-3.80	4.00	7.80	1.43987

T*-transverzalno, S**-sagitalno

2.1.3. Očnjaci

Analizom rekonstruisanog transverznog preseka početnih i završnih kompjuterizovanih tomograma 16 očnjaka uočeno je povećanje vrednosti ukupne dužine zuba i dužine korena zuba sa njegove mezijalne i distalne strane. Sa druge strane, tokom terapije malokluzija fiksnim aparatima zabeležili smo povećanje vrednosti nivoa alveolarne kosti koji govori u prilog njene resorpcije obostrano oko očnjaka (tabela 35.).

Tabela 35. Analiza transversalnog preseka ocnjaka i okolne alveolarne kosti

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
ukupna dužina zuba 1*	16	13.9750	13.5000	7.20	18.80	11.60	3.34754
ukupna dužina zuba 2**	16	15.2063	15.4000	9.80	20.50	10.70	2.88247
visina krunice mezijalno 1*	16	5.3313	5.4500	2.90	7.30	4.40	1.27002
visina krunice mezijalno 2**	16	4.9813	4.8000	3.80	6.90	3.10	.97517
visina krunice distalno 1*	16	5.1937	5.1000	2.40	7.40	5.00	1.38153
visina krunice distalno 2**	16	5.4625	5.1000	4.00	7.50	3.50	1.13130
dužina korena mezijalno 1*	16	8.6438	8.6500	4.30	12.80	8.50	2.37205
dužina korena mezijalno 2**	16	10.2250	9.5000	6.00	15.90	9.90	2.66621
dužina korena distalno 1*	16	8.7813	9.1500	4.80	11.70	6.90	2.10625
dužina korena distalno 2**	16	9.7500	9.2500	5.80	15.30	9.50	2.57320
visina alveolarne kosti mezijalno 1*	16	8.3500	8.3500	3.40	12.80	9.40	2.37823
visina alveolarne kosti mezijalno 2**	16	9.5000	9.3000	6.00	14.30	8.30	2.20515
visina alveolarne kosti distalno 1*	16	8.3688	8.2500	4.80	11.30	6.50	2.05352
visina alveolarne kosti distalno 2**	16	9.2562	8.7500	5.80	15.20	9.40	2.71980
nivo alveolarne kosti mezijalno 1*	16	.2938	.0000	.00	1.30	1.30	.41064
nivo alveolarne kosti mezijalno 2**	16	.6625	.4000	.00	2.40	2.40	.67811
nivo alveolarne kosti distalno 1*	16	.4750	.3500	.00	1.70	1.70	.53603
nivo alveolarne kosti distalno 2**	16	.4938	.2000	.00	1.90	1.90	.66580

1*-početni CT, 2**-završni CT

Slične rezultate dobili smo i analizom rekonstrukcije sagitalnog preseka CT.

Tabela 36. Analiza sagitalnog preseka očnjaka i okolne alveolarne kosti

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
ukupna dužina zuba 1*	16	14.4188	15.0500	1.70	20.30	18.60	4.35373
ukupna dužina zuba 2**	16	15.4813	15.0500	10.50	19.10	8.60	2.46745
visina krunice bukalno 1*	16	5.7938	5.9000	2.90	8.00	5.10	1.22880
visina krunice bukalno 2**	16	5.8250	5.7500	2.90	8.00	5.10	1.13930
visina krunice oralno 1*	16	5.5313	5.7500	2.70	7.10	4.40	1.01503
visina krunice oralno 2**	16	5.7187	5.8500	2.90	7.20	4.30	.91958
dužina korena bukalno 1*	16	9.6250	9.8500	4.30	13.50	9.20	2.44690
dužina korena bukalno 2**	16	9.6563	9.4500	7.00	13.00	6.00	1.93459
dužina korena oralno 1*	16	9.8875	9.5000	5.60	14.00	8.40	2.36160
dužina korena oralno 2**	16	9.7625	9.1500	6.70	13.20	6.50	2.04283
visina alveolarne kosti bukalno 1*	16	9.3187	9.2500	4.30	13.50	9.20	2.48950
visina alveolarne kosti bukalno 2**	16	9.2063	9.1000	5.70	12.30	6.60	1.64984
visina alveolarne kosti oralno 1*	16	9.3813	9.0500	5.00	14.00	9.00	2.41777
visina alveolarne kosti oralno 2**	16	9.1875	8.7500	6.20	13.20	7.00	2.06491
nivo alveolarne kosti bukalno 1*	16	.3062	.0000	.00	1.30	1.30	.49054
nivo alveolarne kosti bukalno 2**	16	.4500	.1500	-1.10	2.40	3.50	.79415
nivo alveolarne kosti oralno 1*	16	.5063	.5500	.00	1.30	1.30	.39911
nivo alveolarne kosti oralno 2**	16	.5750	.4000	.00	1.90	1.90	.61590

1*-početni CT, 2**--završni CT

Iako je ukupna dužina očnjaka, dužina njihovog korena i visina alveolarne kosti oko ovih zuba povećana na CT2 u odnosu na CT1, ove razlike su manje izražene na

rekonstruisanom sagitalnom nego na transverzalnom preseku. Sa druge strane, kao i na transverzalnom preseku, nivo alveolarne kosti oko očnjaka na sagitalnom preseku je povećan na CT2 u odnosu na CT1. Povećanje vrednosti nivoa alveolarne kosti tokom terapije fiksnim aparatima više je izraženo na sagitalnom preseku kompjuterizovanih tomograma (tabela 36.).

Statistički visoko značajna razlika između parametara merenih na transverzalnom i sagitalnom preseku nađena je pri određivanju ukupne dužine zuba i visine alveolarne kosti na CT2 ($p=0.004$). Statistički značajna razlika postoji i pri poređenju dužine korena zuba na CT1 i CT2 ($p<0.05$).

Resorpcija korena očnjaka zabeležena je jedino sa oralne strane zuba analizom rekonstruisanog sagitalnog preseka kompjuterizovanih tomograma i iznosi 0.1125 mm (tabela 37.). Ostale vrednosti resorpcije korena ovih zuba su negativne.

Tabela 37. Prosečna vrednost resorpcije korena očnjaka na transverzalnom i sagitalnom preseku CT

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
mezijalno T*	16	-1.5813	-.5000	-8.90	3.10	12.00	3.25929
distalno T*	16	-.9750	-.0500	-8.20	2.50	10.70	2.88848
bukalno S**	16	-.2125	.1000	-5.70	1.50	7.20	1.71226
oralno S**	16	.1125	.2000	-2.00	1.50	3.50	.97014

T*-transverzalno, S**-sagitalno

2.1.4.Prvi premolari

Analizom rekonstruisanog transverznog i sagitalnog preseka 9 prvih premolara nađene su minimalne promene ukupne dužine i dužine korenova ovih zuba. Tokom terapije fiksnim ortodontskim aparatima nastala je resorpcija alveolarne kosti sa sve četiri strane ispitivanih zuba što se beleži povećanjem nivoa odnosno smanjenjem visine alveolarne kosti na oba posmatrana preseka kompjuterizovanih tomograma (tabela 38. i 39.).

Tabela 38. Analiza transverzalnog preseka prvih premolara i okolne alveolarne kosti

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
ukupna dužina zuba 1*	9	13.1333	13.1000	11.50	15.40	3.90	1.22882
ukupna dužina zuba 2**	9	13.3444	13.4000	10.70	15.50	4.80	1.53388
visina krunice bukalno 1*	9	4.8444	4.9000	3.90	5.90	2.00	.72476
visina krunice bukalno 2**	9	4.8889	4.9000	2.90	5.80	2.90	.83732
visina krunice oralno 1*	9	5.1667	5.3000	3.90	6.50	2.60	.92736
visina krunice oralno 2**	9	5.2333	5.3000	3.50	6.70	3.20	.98234
dužina korena bukalno 1*	9	8.1667	7.9000	7.20	10.10	2.90	.92060
dužina korena bukalno 2**	9	8.3444	7.9000	5.90	10.50	4.60	1.44405
dužina korena oralno 1*	9	8.1667	8.1000	6.60	10.10	3.50	1.07703
dužina korena oralno 2**	9	8.2222	8.3000	6.10	10.40	4.30	1.48726
visina alveolarne kosti bukalno 1*	9	7.8333	7.9000	6.20	10.10	3.90	1.25300
visina alveolarne kosti bukalno 2**	9	7.6222	7.4000	4.80	10.50	5.70	1.70717
visina alveolarne kosti oralno 1*	9	7.5333	7.3000	6.00	10.10	4.10	1.36198
visina alveolarne kosti oralno 2**	9	7.2778	6.6000	5.20	10.30	5.10	1.64528
nivo alveolarne kosti bukalno 1*	9	.3333	.0000	.00	1.20	1.20	.51720
nivo alveolarne kosti bukalno 2**	9	.7222	.8000	.00	1.50	1.50	.64957
nivo alveolarne kosti oralno 1*	9	.6333	.6000	.00	1.60	1.60	.50990
nivo alveolarne kosti oralno 2**	9	.9444	.7000	.00	2.10	2.10	.82175

1*-početni CT, 2**-završni CT

Tabela 39. Analiza sagitalnog preseka prvih premolara i okolne alveolarne kosti

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
ukupna dužina zuba 1*	9	13.1333	13.1000	11.50	15.40	3.90	1.22882
ukupna dužina zuba 2**	9	13.3444	13.4000	10.70	15.50	4.80	1.53388
visina krunice mezijalno 1*	9	4.8444	4.9000	3.90	5.90	2.00	.72476
visina krunice mezijalno 2**	9	4.8889	4.9000	2.90	5.80	2.90	.83732
visina krunice distalno 1*	9	5.1667	5.3000	3.90	6.50	2.60	.92736
visina krunice distalno 2**	9	5.2333	5.3000	3.50	6.70	3.20	.98234
dužina korena mezijalno 1*	9	8.1667	7.9000	7.20	10.10	2.90	.92060
dužina korena mezijalno 2**	9	8.3444	7.9000	5.90	10.50	4.60	1.44405
dužina korena distalno 1*	9	8.1667	8.1000	6.60	10.10	3.50	1.07703
dužina korena distalno 2**	9	8.2222	8.3000	6.10	10.40	4.30	1.48726
visina alveolarne kosti mezijalno 1*	9	7.8333	7.9000	6.20	10.10	3.90	1.25300
visina alveolarne kosti mezijalno 2**	9	7.6222	7.4000	4.80	10.50	5.70	1.70717
visina alveolarne kosti distalno 1*	9	7.5333	7.3000	6.00	10.10	4.10	1.36198
visina alveolarne kosti distalno 2**	9	7.2778	6.6000	5.20	10.30	5.10	1.64528
nivo alveolarne kosti mezijalno 1*	9	.3333	.0000	.00	1.20	1.20	.51720
nivo alveolarne kosti mezijalno 2**	9	.7222	.8000	.00	1.50	1.50	.64957
nivo alveolarne kosti distalno 1*	9	.6333	.6000	.00	1.60	1.60	.50990
nivo alveolarne kosti distalno 2**	9	.9444	.7000	.00	2.10	2.10	.82175

1*-početni CT, 2**--završni CT

Statistički značajna razlika postoji između vrednosti visine alveolarne kosti (korelaciona analiza $p=0.01$, t-test $p=0.049$) i dužine korena zuba (mezijalno $p=0.021$ i

distalno $p=0.031$) izmerenih na rekonstruisanom transverzalnom i sagitalnom preseku CT2.

Prosečne vrednosti promene dužine korena zuba prvih premolara registrovane tokom terapije malokluzija fiksnim aparatima prikazane su u tabeli 40.

Tabela 40. Prosečna vrednost resorpcije korena prvih premolara na transverzalnom i sagitalnom preseku CT

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
oralno T*	9	-.1778	.1000	-2.20	1.40	3.60	1.03896
bukalno T*	9	-.0556	.0000	-2.10	1.40	3.50	.97994
mezijalno S**	9	-.0444	.1000	-2.50	1.30	3.80	1.05370
distalno S**	9	-.4556	-.1000	-2.20	.40	2.60	.91257

T*-transverzalno, S**-sagitalno

2.1.5. Drugi premolari

Upoređivanjem početne vrednosti dužine korenova 11 drugih premolara i njihove vrednosti na kraju terapije fiksnim aparatima na rekonstruisanom transverzalnom preseku kompjuterizovanih tomograma uočava se smanjenje dužine korenova ovih zuba i sa bukalne i sa oralne strane. Takođe, rezultati pokazuju i smanjenje visine alveolarne kosti obostrano. Povećanje rastojanja od gledno-cementne granice do vrha alveolarne kosti tokom terapije fiksnim aparatima ukazuje na nastanak resorpcije alveolarne kosti oko drugih premolara (tabela 41.).

Tabela 41. Analiza transverzalnog preseka drugih premolara i okolne alveolarne kosti

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
ukupna dužina zuba 1*	11	13.1000	13.3000	10.50	15.40	4.90	1.83576
ukupna dužina zuba 2**	11	13.3000	13.7000	10.50	15.50	5.00	1.93701
visina krunice bukalno 1*	11	4.2909	4.4000	3.00	5.20	2.20	.59406
visina krunice bukalno 2**	11	4.6909	4.6000	3.60	5.60	2.00	.52622
visina krunice oralno 1*	11	4.3091	4.1000	3.50	5.40	1.90	.60902
visina krunice oralno 2**	11	4.6636	4.8000	3.50	5.90	2.40	.77366
dužina korena bukalno 1*	11	8.8091	8.7000	5.60	11.10	5.50	1.83927
dužina korena bukalno 2**	11	8.6091	9.0000	6.40	10.80	4.40	1.75867
dužina korena oralno 1*	11	8.7909	8.7000	5.50	10.60	5.10	1.80247
dužina korena oralno 2**	11	8.6182	8.9000	6.80	10.60	3.80	1.51448
visina alveolarne kosti bukalno 1*	11	8.3636	8.4000	4.90	10.60	5.70	1.89909
visina alveolarne kosti bukalno 2**	11	7.7455	8.2000	4.40	10.00	5.60	1.81679
visina alveolarne kosti oralno 1*	11	8.2727	8.4000	5.30	10.30	5.00	1.70123
visina alveolarne kosti oralno 2**	11	7.7000	7.7000	5.30	10.20	4.90	1.78157
nivo alveolarne kosti bukalno 1*	11	.4455	.4000	.00	1.00	1.00	.40832
nivo alveolarne kosti bukalno 2**	11	.8636	.8000	.00	2.00	2.00	.69032
nivo alveolarne kosti oralno 1*	11	.5182	.3000	.00	1.30	1.30	.39451
nivo alveolarne kosti oralno 2**	11	.9182	1.1000	.00	1.60	1.60	.51927

1-početni CT, 2**-završni CT

Sa druge strane, analiza rekonstruisanog sagitalnog preseka drugih premolara ne pokazuje postojanje resorpcije korenova ovih zuba. Međutim, na sagitalnom preseku

komputerizovanih tomograma jasno se uočava resorpcija alveolarne kosti sa mezijalne i distalne strane drugih premolara (tabela 42.).

Tabela 42. Analiza sagitalnog preseka drugih premolara i okolne alveolarne kosti

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
ukupna dužina zuba 1*	11	13.4818	12.7000	10.50	16.90	6.40	1.94773
ukupna dužina zuba 2**	11	13.9273	13.8000	11.70	16.20	4.50	1.58372
visina krunice mezijalno 1*	11	4.2455	4.1000	3.40	5.30	1.90	.59894
visina krunice mezijalno 2**	11	4.5000	4.5000	3.90	5.30	1.40	.41713
visina krunice distalno 1*	11	4.4818	4.5000	3.80	5.30	1.50	.44004
visina krunice distalno 2**	11	4.7000	4.8000	4.00	5.40	1.40	.43818
dužina korena mezijalno 1*	11	9.2364	8.5000	7.10	11.60	4.50	1.61819
dužina korena mezijalno 2**	11	9.4273	8.6000	7.30	12.00	4.70	1.58056
dužina korena distalno 1*	11	9.0000	8.5000	6.70	11.80	5.10	1.66193
dužina korena distalno 2**	11	9.2273	9.0000	7.40	11.00	3.60	1.37702
visina alveolarne kosti mezijalno 1*	11	8.4909	8.3000	6.80	10.90	4.10	1.38669
visina alveolarne kosti mezijalno 2**	11	8.7727	8.5000	7.00	10.50	3.50	1.37266
visina alveolarne kosti distalno 1*	11	8.2636	8.3000	5.90	11.00	5.10	1.70016
visina alveolarne kosti distalno 2**	11	8.3545	8.0000	6.40	10.00	3.60	1.55072
nivo alveolarne kosti mezijalno 1*	11	.7455	.8000	.20	1.60	1.40	.44128
nivo alveolarne kosti mezijalno 2**	11	.6545	.6000	.00	1.60	1.60	.52223
nivo alveolarne kosti distalno 1*	11	.7364	.7000	.20	2.00	1.80	.52588
nivo alveolarne kosti distalno 2**	11	.8727	.6000	.40	2.50	2.10	.60678

1*-početni CT, 2**--završni CT

Podatke dobijene analizom rekonstruisanog transverzalnog i sagitalnog preseka drugih premolara upoređivali smo korelacionom analizom i t testom. Dobijeni rezultati pokazuju visoko statistički značajnu razliku u vrednosti ukupne dužine, dužine korena zuba (t test $p=0.006$), kao i visine alveolarne kosti između rekonstruisanog sagitalnog i transverzalnog preseka CT2. Između transverzalnog i sagitalnog preseka na CT1 postoji značajna statistička razlika pri određivanju ukupne dužine zuba, dužine korena zuba i visine alveolarne kosti.

Resorpcija korena drugih premolara tokom delovanja fiksni aparata registrovana je na transverzalnom preseku ovih zuba. Resorpcija iznosi 0.7909 mm i sa oralne i bukalne strane korena (tabela 43.).

Tabela 43. Prosečna vrednost resorpcije drugih premolara na transverzalnom i sagitalnom preseku CT

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
oralno T*	11	.7909	.5000	-1.20	3.10	4.30	1.39173
bukalno T*	11	.7909	.4000	-.90	3.40	4.30	1.39101
mezijalno S**	11	-.1545	-.3000	-1.30	1.20	2.50	.78659
distalno S**	11	-.2273	-.4000	-1.30	1.30	2.60	.74174

T-transverzalno, S**-sagitalno

2.1.6.Prvi molari

Promene u dužini korenova prvih molara i visini alveolarne kosti oko ovih zuba analizirane su na rekonstruisanom transverzalnom i sagitalnom preseku kompjuterizovanih tomograma (tabela 44. i 45.).

Tabela 44. Analiza transverzalnog preseka prvih molara i okolne alveolarne kosti

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
ukupna dužina zuba 1*	8	12.7375	13.1500	10.10	13.80	3.70	1.22700
ukupna dužina zuba 2**	8	13.0750	13.1500	11.20	14.30	3.10	.98089
visina krunice bukalno 1*	8	5.2875	5.5500	3.60	6.60	3.00	.99202
visina krunice bukalno 2**	8	5.2000	5.2500	3.80	6.70	2.90	.84853
visina krunice oralno 1*	8	4.9125	4.8000	3.70	5.90	2.20	.72395
visina krunice oralno 2**	8	4.9750	4.8500	4.30	5.70	1.40	.48917
dužina korena bukalno1*	8	7.9625	8.0000	5.60	9.50	3.90	1.20112
dužina korena bukalno 2**	8	8.5500	8.5500	7.40	9.60	2.20	.81941
dužina korena oralno1*	8	7.2750	7.1000	5.60	9.30	3.70	1.09772
dužina korena oralno 2**	8	7.5500	7.3500	6.20	9.00	2.80	1.05424
visina alveolarne kosti bukalno 1*	8	7.8125	8.4500	5.60	9.50	3.90	1.36428
visina alveolarne kosti bukalno 2**	8	7.8750	7.8000	6.30	9.60	3.30	1.10032
visina alveolarne kosti oralno 1*	8	6.8625	6.8500	4.80	9.30	4.50	1.30268
visina alveolarne kosti oralno 2**	8	6.7625	6.5000	5.80	8.00	2.20	.75581
nivo alveolarne kosti bukalno 1*	8	.1500	.0000	-.90	1.20	2.10	.61644
nivo alveolarne kosti bukalno 2**	8	.6750	.3000	.00	2.10	2.10	.85147
nivo alveolarne kosti oralno 1*	8	.4125	.3500	.00	1.20	1.20	.43569
nivo alveolarne kosti oralno 2**	8	.7875	.8500	.10	1.30	1.20	.39438

1*-početni CT, 2**-završni CT

Tabela 45. Analiza sagitalnog preseka prvih molara i okolne alveolarne kosti

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
ukupna dužina zuba 1*	8	11.6125	11.6000	10.30	13.30	3.00	1.09341
ukupna dužina zuba 2**	8	11.9750	11.8500	10.50	13.10	2.60	.96177
visina krunice mezijalno 1*	8	4.6875	4.7500	3.80	5.80	2.00	.62206
visina krunice mezijalno 2**	8	4.3250	4.1500	3.80	5.20	1.40	.47434
visina krunice distalno 1*	8	4.8750	4.7500	4.00	5.90	1.90	.59702
visina krunice distalno 2**	8	5.0875	4.8000	3.60	7.30	3.70	1.09079
dužina korena mezijalno 1*	8	7.5625	7.8000	6.20	8.50	2.30	.79810
dužina korena mezijalno 2**	8	8.1625	8.3500	7.00	8.90	1.90	.66534
dužina korena distalno 1*	8	6.0750	5.8000	4.90	7.90	3.00	1.08200
dužina korena distalno 2**	8	6.3500	6.1000	5.10	8.10	3.00	1.05153
visina alveolarne kosti mezijalno 1*	8	7.0125	6.9500	6.20	8.20	2.00	.71001
visina alveolarne kosti mezijalno 2**	8	7.3250	7.5500	6.00	8.10	2.10	.70862
visina alveolarne kosti distalno 1*	8	5.5125	5.5500	3.60	7.00	3.40	1.25861
visina alveolarne kosti distalno 2**	8	5.7000	5.5000	4.50	7.90	3.40	1.23056
nivo alveolarne kosti mezijalno 1*	8	.5500	.5500	-.40	1.70	2.10	.61179
nivo alveolarne kosti mezijalno 2**	8	.8375	.8000	.50	1.60	1.10	.35832
nivo alveolarne kosti distalno 1*	8	.5500	.7000	.00	1.20	1.20	.48403
nivo alveolarne kosti distalno 2**	8	.6500	.6000	.20	1.10	.90	.30237

1*-početni CT, 2**-završni CT

Statistički značajnu razliku zabeležili smo pri poređenju dužine korena na CT1 između rekonstruisanog transverznog i sagitalnog preseka što potvrđuje i rezultat t testa ($p= 0.004$).

Negativne vrednosti promene dužine korena prvih molara dobijene su analizom rekonstruisanog transverznog i sagitalnog preseka ove grupe zuba (tabela 46.).

Tabela 46. Prosečna vrednost promene dužine korena prvih molara na transverzalnom i sagitalnom preseku CT

	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
oralno T*	8	-.5875	-.3000	-2.10	1.00	3.10	1.14072
bukalno T*	8	-.2750	.3500	-2.70	.90	3.60	1.19014
mezijalno S**	8	-.6000	-.4500	-2.70	1.50	4.20	1.20238
distalno S**	8	-.2750	-.3000	-1.10	.40	1.50	.47734

T*-transverzalno, S**-sagitalno

2.2. Debljina alveolarne kortikalne kosti i širina periodontalnog prostora

Promene debljine kortikalne kosti i širine PDP oko ispitivanih zuba tokom terapije malokluzija analizirali smo na početnim i završnim kompjuterizovanim tomogramima. Merenja smo sprovodili i grupisali po zubima, kao i pri određivanju resorpcije korena zuba i okolne alveolarne kosti, te su rezultati prikazani pojedinačno za centralne i lateralne sekutiće, očnjake, prve i druge premolare i prve molare. Debljina kortikalne kosti i širina PDP merena je na sva tri preseka CT: rekonstruisanom transverzalnom, sagitalnom i aksijalnom, i u dva nivoa korena zuba: gingivalnom i apikalnom. Merene strukture je najlakše bilo vizuelizovati na aksijalnom preseku korena zuba.

2.2.1. Centralni sekutići

Na sagitalnom preseku gingivalne trećine korena centralnih sekutića nema promena debljine bukalne lamele kortikalne kosti, ali se uočava smanjenje debljine kortikalne kosti sa oralne strane korena zuba. Na sagitalnom preseku apikalne trećine

korena centralnih sekutića registruje se smanjenje debljine kortikalne kosti i sa bukalne i sa oralne strane zuba.

Na aksijalnom preseku korena centralnih sekutića uočava se smanjenje debljine bukalne i oralne lamele kortikalne kosti i u gingivalnom i u apikalnom nivou korena zuba. Kortikalna kost nije bila vidljiva na transverzalnom preseku kompjuterizovanih tomograma izuzev kod pojedinih centralnih sekutića u apikalnom nivou korena gde nije registrovano smanjenje debljine kosti (tabela 47.).

Tabela 47. Promene debljine kortikalne kosti u predelu centralnih sekutića

		N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
Sagitalno	1*BG	20	.1450	.0000	.00	1.00	1.00	.28186
	2**BG	20	.1450	.0000	.00	1.00	1.00	.32359
	1*OG	20	.7050	.8000	.00	1.70	1.70	.65089
	2**OG	20	.6100	.7000	.00	1.60	1.60	.61293
	1*BA	20	.6200	.6500	.00	1.60	1.60	.60140
	2**BA	20	.6050	.7000	.00	1.30	1.30	.45708
	1*OA	19	.9000	.9000	.00	2.30	2.30	.68799
	2**OA	20	.8200	.9000	.00	2.00	2.00	.61524
Aksijalno	1*BG	20	.3350	.0000	.00	1.40	1.40	.46823
	2**BG	19	.1421	.0000	.00	1.00	1.00	.32543
	1*OG	20	.5700	.5500	.00	1.60	1.60	.53420
	2**OG	20	.5400	.5500	.00	1.70	1.70	.50617
	1*BA	20	.6600	.6500	.00	2.10	2.10	.62273
	2**BA	20	.5950	.6000	.00	1.50	1.50	.48501
	1*OA	20	.9300	.9000	.00	2.50	2.50	.51001
	2**OA	20	.8400	.8500	.00	1.80	1.80	.45352
Transverzalno	1*MG	19	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**MG	19	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*DG	19	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**DG	19	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*MA	19	.1684	.0000	.00	1.80	1.80	.45222
	2**MA	19	.1895	.0000	.00	1.70	1.70	.47480
	1*DA	19	.0316	.0000	.00	.60	.60	.13765
	2**DA	19	.1158	.0000	.00	1.10	1.10	.29489

1*-početni CT, 2**-završni CT, B-bukalno, O-oralno, M-mezijalno, D-distalno, G-gingivalno, A-apikalno

Analiza rekonstruisanog sagitalnog i aksijalnog preseka centralnih sekutića pokazuje smanjenje širine PDP sa bukalne strane gingivalne i apikalne trećine korena zuba. Sa oralne strane zuba registrovano je smanjenje širine PDP u gingivalnoj trećini korena na sagitalnom preseku, što nije registrovano i na aksijalnom preseku korena zuba. Obrnuto, smanjenje debljine PDP u apikalnoj trećini korena tokom ortodontske terapije zabeleženo na aksijalnom preseku nije bilo uočeno na sagitalnom preseku istog dela korena zuba.

Na transverzalnom preseku korena centralnih sekutića uočava se proširenje PDP sa mezijalne, a suženje sa distalne strane duž celog korena zuba. Ipak, detaljnijim pregledom PDP na aksijalnom preseku uočava se suženje ovog prostora u gingivalnoj trećini korena sa mezijalne, a proširenje sa distalne strane (tabela 48.).

Tabela 48. Promene širine PDP centralnih sekutića

		N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
Sagitalno	1*BG	20	.1700	.0000	.00	.80	.80	.29397
	2**BG	20	.1000	.0000	.00	.60	.60	.20774
	1*OG	20	.1550	.0000	.00	.70	.70	.24165
	2**OG	20	.1000	.0000	.00	.60	.60	.21275
	1*BA	20	.1950	.0000	.00	.70	.70	.25644
	2**BA	20	.1300	.0000	.00	.70	.70	.23642
	1*OA	20	.1300	.0000	.00	.80	.80	.25152
	2**OA	20	.2650	.0000	.00	1.20	1.20	.37735
Transverzalno	1*MG	19	.1368	.0000	.00	.60	.60	.19210
	2**MG	19	.1684	.0000	.00	.90	.90	.24732
	1*DG	19	.0421	.0000	.00	.40	.40	.10174
	2**DG	19	.0368	.0000	.00	.40	.40	.10116
	1*MA	19	.1053	.0000	.00	.40	.40	.15447
	2**MA	19	.1632	.0000	.00	.60	.60	.20058
	1*DA	19	.0789	.0000	.00	.60	.60	.17820
	2**DA	19	.0526	.0000	.00	.70	.70	.17117
Aksijalno	1*MG	20	.1250	.0000	.00	.80	.80	.22449
	2**MG	20	.0600	.0000	.00	.50	.50	.15694
	1*DG	20	.0950	.0000	.00	.40	.40	.13169
	2**DG	20	.1450	.0000	.00	.80	.80	.27621
	1*MA	20	.0700	.0000	.00	.50	.50	.15927
	2**MA	20	.0750	.0000	.00	.50	.50	.16504
	1*DA	20	.1100	.0000	.00	.60	.60	.19708
	2**DA	20	.0650	.0000	.00	.50	.50	.15985
	1*BG	20	.0350	.0000	.00	.70	.70	.15652
	2**BG	20	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*OG	20	.0750	.0000	.00	.50	.50	.15853
	2**OG	20	.0750	.0000	.00	.50	.50	.16504
	1*BA	20	.0350	.0000	.00	.50	.50	.11821
	2**BA	20	.0150	.0000	.00	.30	.30	.06708
	1*OA	20	.0950	.0000	.00	.50	.50	.17614
	2**OA	20	.0450	.0000	.00	.50	.50	.13945

1*-početni CT, 2**-završni CT, B-bukalno, O-oralno, M-mezijalno, D-distalno, G-gingivalno, A-apikalno

2.2.2. Lateralni sekutići

Smanjenje debljine obe lamele kortikalne kosti u predelu lateralnih sekutića tokom trajanja ortodontske terapije registrovano je na sva tri preseka kompjuterizovanih tomograma (tabela 49.).

Tabela 49. Promene debljine kortikalne kosti u predelu lateralnih sekutića

		N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
Sagitalno	1*BG	18	.0833	.0000	.00	.90	.90	.22816
	2**BG	18	.0500	.0000	.00	.60	.60	.15435
	1*OG	18	.5611	.5500	.00	1.80	1.80	.60014
	2**OG	18	.5444	.3500	.00	1.70	1.70	.59431
	1*BA	18	.8833	.9000	.00	1.50	1.50	.47061
	2**BA	18	.8333	.9500	.00	1.40	1.40	.45890
	1*OA	18	.8222	.9000	.00	1.80	1.80	.59365
	2**OA	18	.8222	.8000	.00	1.90	1.90	.63204
Aksijalno	1*BG	18	.3722	.0000	.00	1.60	1.60	.53115
	2**BG	18	.2056	.0000	.00	1.10	1.10	.34721
	1*OG	18	.6889	.7500	.00	1.40	1.40	.42687
	2**OG	18	.6222	.7000	.00	2.00	2.00	.48453
	1*BA	18	.9333	.9000	.40	1.90	1.50	.32720
	2**BA	18	.7833	.8000	.00	1.50	1.50	.36822
	1*OA	18	.9722	.9000	.00	2.50	2.50	.50504
	2**OA	18	.8611	.8500	.00	1.80	1.80	.44871
Transverzalno	1*MG	18	.0778	.0000	.00	.80	.80	.22895
	2**MG	18	.0444	.0000	.00	.80	.80	.18856
	1*DG	18	.0611	.0000	.00	.70	.70	.18515
	2**DG	18	.0333	.0000	.00	.60	.60	.14142
	1*MA	18	.2556	.0000	.00	1.40	1.40	.50785
	2**MA	18	.2278	.0000	.00	1.30	1.30	.45089
	1*DA	18	.0556	.0000	.00	1.00	1.00	.23570
	2**DA	18	.0833	.0000	.00	1.50	1.50	.35355

1*-početni CT, 2**--završni CT, B-bukalno, O-oralno, M-mezijalno, D-distalno, G-gingivalno, A-apikalno

Analiza širine PDP oko gingivalne trećine korena lateralnih sekutića pokazuje smanjenje širine PDP sa bukalne strane na rekonstruisanom sagitalnom i aksijalnom preseku. Sa oralne strane zuba na sagitalnom preseku lateralnih sekutića ne uočavaju se promene širine PDP za razliku od preciznijeg aksijalnog preseka koji ukazuje na smanjenje debljine PDP sa oralne strane gingivalne trećine korena zuba.

Širina PDP sa mezijalne i distalne strane zuba može se meriti na transverzalnom i aksijalnom preseku korena zuba. Rezultati naše studije pokazuju proširenje PDP sa obe aproksimalne strane gingivalne trećine korena lateralnih sekutića na aksijalnom preseku zuba. Ista promena nije bila vidljiva na transverzalnom preseku sa distalne već samo sa mezijalne strane zuba što ukazuje opet na veću preciznost aksijalnog preseka u analizi širine PDP.

U apikalnoj trećini korena lateralnih sekutića sagitalni presek pokazuje smanjenje širine PDP sa bukalne i oralne strane zuba, dok aksijalni presek ukazuje da je ovakva promena nastala samo sa oralne strane zuba. Sa distalne strane apikalne trećine korena lateralnih sekutića smanjenje širine PDP registruje se i na transverzalnom i na aksijalnom preseku zuba. Aksijalni presek pokazuje da promene u širini PDP sa mezijalne strane apeksa korena zuba nema (tabela 50.).

Tabela 50. Promene širine PDP lateralnih sekutića

		N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
Sagitalno	1*BG	18	.1167	.0000	.00	.70	.70	.26844
	2**BG	18	.0611	.0000	.00	1.00	1.00	.23549
	1*OG	18	.0556	.0000	.00	.60	.60	.15038
	2**OG	18	.0556	.0000	.00	.60	.60	.15424
	1*BA	18	.1556	.0000	.00	.90	.90	.28537
	2**BA	18	.0833	.0000	.00	.90	.90	.24793
	1*OA	18	.0667	.0000	.00	.60	.60	.16803
	2**OA	18	.0611	.0000	.00	.70	.70	.18515
Transverzalno	1*MG	18	.0778	.0000	.00	.50	.50	.15925
	2**MG	18	.2056	.0000	.00	.90	.90	.31337
	1*DG	18	.1167	.0000	.00	.60	.60	.19478
	2**DG	18	.1167	.0000	.00	.80	.80	.20934
	1*MA	18	.0222	.0000	.00	.30	.30	.07321
	2**MA	18	.0444	.0000	.00	.80	.80	.18856
	1*DA	18	.0500	.0000	.00	.50	.50	.14653
	2**DA	18	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
Aksijalno	1*MG	18	.0611	.0000	.00	.60	.60	.16499
	2**MG	18	.0889	.0000	.00	.60	.60	.18752
	1*DG	18	.2167	.0000	.00	1.20	1.20	.34683
	2**DG	18	.2611	.1000	.00	.80	.80	.31086
	1*MA	18	.0111	.0000	.00	.20	.20	.04714
	2**MA	18	.0111	.0000	.00	.20	.20	.04714
	1*DA	18	.0667	.0000	.00	.40	.40	.13720
	2**DA	18	.0889	.0000	.00	.80	.80	.21933
	1*BG	18	.0722	.0000	.00	.50	.50	.16735
	2**BG	18	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*OG	18	.0778	.0000	.00	.90	.90	.22637
	2**OG	18	.0556	.0000	.00	.50	.50	.16169
	1*BA	18	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**BA	18	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*OA	18	.0556	.0000	.00	.60	.60	.15038
	2**OA	18	.0500	.0000	.00	.60	.60	.15435

1*-početni CT, 2**--završni CT, B-bukalno, O-oralno, M-mezijalno, D-distalno, G-gingivalno, A-apikalno

2.2.3. Očnjaci

Najbolja vidljivost bukalne i oralne lamele kortikalne kosti u predelu očnjaka postignuta je na aksijalnom i rekonstruisanom sagitalnom preseku kompjuterizovanih tomograma.

Tabela 51. Promene debljine kortikalne kosti u predelu očnjaka

		N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
Sagitalno	1*BG	17	.2412	.0000	.00	.80	.80	.34832
	2**BG	17	.2706	.0000	.00	.90	.90	.35314
	1*OG	17	.3647	.0000	.00	2.20	2.20	.64802
	2**OG	17	.2882	.0000	.00	1.30	1.30	.48847
	1*BA	17	.8941	.8000	.00	2.40	2.40	.76931
	2**BA	17	.7941	.8000	.00	1.90	1.90	.61793
	1*OA	17	.2294	.0000	.00	2.50	2.50	.62925
	2**OA	17	.1647	.0000	.00	1.50	1.50	.46629
Aksijalno	1*BG	17	.1941	.0000	.00	1.00	1.00	.36481
	2**BG	17	.1647	.0000	.00	.90	.90	.31611
	1*OG	17	.6824	.8000	.00	1.50	1.50	.44333
	2**OG	17	.6000	.6000	.00	1.50	1.50	.47434
	1*BA	17	.8059	.9000	.00	1.30	1.30	.32494
	2**BA	17	.8294	.8000	.00	1.30	1.30	.34958
	1*OA	17	.8647	.9000	.00	1.60	1.60	.42565
	2**OA	17	.8118	.8000	.00	1.40	1.40	.45673
Transverzalno	1*MG	17	.2235	.0000	.00	.70	.70	.31530
	2**MG	17	.2706	.0000	.00	1.10	1.10	.36360
	1*DG	17	.4706	.0000	.00	1.80	1.80	.64591
	2**DG	17	.4765	.0000	.00	2.00	2.00	.60159
	1*MA	17	.5824	.7000	.00	1.90	1.90	.63368
	2**MA	17	.8118	.8000	.00	2.40	2.40	.74740
	1*DA	17	.0647	.0000	.00	1.10	1.10	.26679
	2**DA	17	.1882	.0000	.00	1.60	1.60	.49735

1*-početni CT, 2**-završni CT, B-bukalno, O-oralno, M-mezijalno, D-distalno, G-gingivalno, A-apikalno

Smanjenje debljine oralne lamele kortikalne kosti u gingivalnoj trećini korena očajnika bilo je evidentno i na aksijalnom i na sagitalnom preseku zuba. Oprečni rezultati su dobijeni analizom debljine bukalne lamele kortikalne kosti na ova dva preseka. Naime, na sagitalnom preseku zabeležili smo povećanje, a na aksijalnom preseku smanjenje debljine koštanog korteksa.

Slični rezultati dobijeni su i analizom kortikalne kosti u apikalnoj trećini korena očajnika (tabela 51.) s tim što se u ovom slučaju na aksijalnom preseku kompjuterizovanih tomograma sa bukalne strane apeksa zuba uočava povećanje debljine korteksa.

Tokom terapije ortodontskih malokluzija fiksnim aparatima zabeležili smo na transverzalnom preseku kompjuterizovanih tomograma proširenje PDP sa obe aproksimalne strane korena očajnika i u gingivalnom i u apikalnom nivou korenova ovih zuba. Sa druge strane, aksijalni presek i gingivalne i apikalne trećine korena zuba pokazuje smanjenje debljine PDP sa sve četiri strane korena zuba što potvrđuju i rezultati analize sagitalnog preseka gingivalne trećine korena zuba (tabela 52.).

Tabela 52. Promene širine PDP očnjaka

		N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
Sagitalno	1*BG	14	.2286	.0000	.00	.80	.80	.33381
	2**BG	14	.1500	.0000	.00	.90	.90	.27666
	1*OG	14	.0571	.0000	.00	.40	.40	.14525
	2**OG	14	.0500	.0000	.00	.60	.60	.16053
	1*BA	14	.0857	.0000	.00	.90	.90	.24763
	2**BA	14	.1571	.0000	.00	.80	.80	.27656
	1*OA	14	.0929	.0000	.00	.50	.50	.18590
	2**OA	14	.1571	.0000	.00	.80	.80	.27094
Transverzalno	1*MG	14	.0786	.0000	.00	.50	.50	.15281
	2**MG	14	.1500	.0000	.00	.70	.70	.26530
	1*DG	14	.1429	.0000	.00	.70	.70	.25635
	2**DG	14	.1786	.0000	.00	.60	.60	.23264
	1*MA	14	.0857	.0000	.00	1.00	1.00	.26849
	2**MA	14	.2000	.0000	.00	1.20	1.20	.39419
	1*DA	14	.0786	.0000	.00	.60	.60	.17619
	2**DA	14	.1214	.0000	.00	1.10	1.10	.30427
Aksijalno	1*MG	14	.1929	.0000	.00	.70	.70	.27586
	2**MG	14	.1857	.0000	.00	.80	.80	.31097
	1*DG	14	.2214	.0000	.00	.90	.90	.32858
	2**DG	14	.1429	.0000	.00	1.00	1.00	.30562
	1*MA	14	.0857	.0000	.00	.80	.80	.23157
	2**MA	14	.1143	.0000	.00	.80	.80	.24450
	1*DA	14	.0500	.0000	.00	.40	.40	.12860
	2**DA	14	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*BG	14	.1286	.0000	.00	.70	.70	.25848
	2**BG	14	.0714	.0000	.00	.50	.50	.18157
	1*OG	14	.0929	.0000	.00	.70	.70	.23685
	2**OG	14	.0214	.0000	.00	.30	.30	.08018
	1*BA	14	.0571	.0000	.00	.40	.40	.14525
	2**BA	14	.0357	.0000	.00	.50	.50	.13363
	1*OA	14	.0286	.0000	.00	.40	.40	.10690
	2**OA	14	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000

1*-početni CT, 2**--završni CT, B-bukalno, O-oralno, M-mezijalno, D-distalno, G-gingivalno, A-apikalno

2.2.4. Prvi premolari

U predelu gingivalne i apikalne trećine korena prvih premolara debljina bukalne i oralne lamele kortikalne kosti se smanjuje tokom terapije fiksnim aparatima što se uočava na aksijalnom preseku ovih zuba. Isti nalaz pokazuje i transverzalni presek gingivalne trećine korena zuba. Analiza sagitalnog preseka pokazuje smanjenje debljine bukalne, a povećanje debljine oralne lamele kortikalne kosti u nivou gingivalne i apikalne trećine korena zuba (tabela 53.).

Tabela 53. Promene debljine kortikalne kosti u predelu prvih premolara

		N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
Sagitalno	1*BG	9	.6222	.8000	.00	1.60	1.60	.65341
	2**BG	9	.1778	.0000	.00	1.60	1.60	.53333
	1*OG	9	.0889	.0000	.00	.80	.80	.26667
	2**OG	9	.1222	.0000	.00	1.10	1.10	.36667
	1*BA	9	.8667	.9000	.00	2.00	2.00	.76322
	2**BA	9	.6778	.8000	.00	1.60	1.60	.69061
	1*OA	9	.3222	.0000	.00	2.90	2.90	.96667
	2**OA	9	.5222	.0000	.00	2.90	2.90	1.07212
Aksijalno	1*BG	9	.1889	.0000	.00	.60	.60	.28480
	2**BG	9	.1222	.0000	.00	.60	.60	.24381
	1*OG	9	.7333	.7000	.50	1.20	.70	.21213
	2**OG	9	.5333	.7000	.00	1.10	1.10	.42131
	1*BA	9	.6778	.6000	.00	1.30	1.30	.38658
	2**BA	9	.6222	.6000	.00	1.40	1.40	.43811
	1*OA	9	1.0667	1.1000	.70	1.50	.80	.26926
	2**OA	9	.9333	1.0000	.40	1.40	1.00	.33912
Transverzalno	1*BG	9	.4222	.5000	.00	1.30	1.30	.46308
	2**BG	9	.3000	.0000	.00	1.20	1.20	.41833
	1*OG	9	.4333	.5000	.00	1.00	1.00	.44159
	2**OG	9	.3667	.0000	.00	1.00	1.00	.45277
	1*BA	9	1.1000	1.2000	.00	2.10	2.10	.77136
	2**BA	9	1.1111	1.1000	.00	2.60	2.60	.68089
	1*OA	9	.6889	.7000	.00	1.50	1.50	.48333
	2**OA	9	1.1222	1.2000	.00	2.40	2.40	.66102

1*-početni CT, 2**-završni CT, B-bukalno, O-oralno, G-gingivalno, A-apikalno

Sva tri preseka prvih premolara pokazuju smanjenje širine PDP u nivou gingivalne trećine korena ovih zuba.

Tabela 54. Promene širine PDP prvih premolara

		N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
Sagitalno	1*MG	9	.2111	.0000	.00	1.00	1.00	.35512
	2**MG	9	.1222	.0000	.00	.70	.70	.25386
	1*DG	9	.0333	.0000	.00	.30	.30	.10000
	2**DG	9	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*MA	9	.2667	.0000	.00	1.50	1.50	.50744
	2**MA	9	.0444	.0000	.00	.40	.40	.13333
	1*DA	9	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**DA	9	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
Transverzalno	1*BG	9	.0889	.0000	.00	.50	.50	.18333
	2**BG	9	.1222	.0000	.00	.90	.90	.29907
	1*OG	9	.1778	.0000	.00	.70	.70	.24889
	2**OG	9	.1667	.0000	.00	.90	.90	.30822
	1*BA	9	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**BA	9	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*OA	9	.0444	.0000	.00	.40	.40	.13333
	2**OA	9	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
Aksijalno	1*MG	9	.1556	.0000	.00	.50	.50	.23511
	2**MG	9	.1444	.0000	.00	.60	.60	.24037
	1*DG	9	.0556	.0000	.00	.50	.50	.16667
	2**DG	9	.0222	.0000	.00	.20	.20	.06667
	1*MA	9	.0667	.0000	.00	.60	.60	.20000
	2**MA	9	.0222	.0000	.00	.20	.20	.06667
	1*DA	9	.0556	.0000	.00	.50	.50	.16667
	2**DA	9	.0333	.0000	.00	.30	.30	.10000
	1*BG	9	.0556	.0000	.00	.50	.50	.16667
	2**BG	9	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*OG	9	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**OG	9	.0222	.0000	.00	.20	.20	.06667
	1*BA	9	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**BA	9	.1000	.0000	.00	.50	.50	.20000
	1*OA	9	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**OA	9	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000

1*-početni CT, 2**-završni CT, B-bukalno, O-oralno, M-mezijalno, D-distalno, G-gingivalno, A-apikalno

U toku terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima nije nastala promena u širini PDP sa bukalne strane apeksa korena prvih premolara što potvrđuje analiza transverzalnog i aksijalnog preseka zuba. Međutim, na sagitalnom i transverzalnom preseku zuba vidljivo je smanjenje širine PDP sa oralne i distalne, a na aksijalnom preseku sa mezijalne i distalne strane apeksa korena prvih premolara (tabela 54.).

2.2.5. Drugi premolari

Debljina bukalne i oralne lamele kortikalne kosti najpreciznije se određuje analizom transverzalnog i aksijalnog preseka korena zuba. Rezultati pokazuju smanjenje bukalne i oralne lamele kortikalne kosti na aksijalnom preseku apikalne i gingivalne trećine korena. Transverzalni presek zuba takođe potvrđuje smanjenje bukalne lamele kosti u oba ispitivana nivoa korena, ali pokazuje i blago povećanje širine oralne kortikalne kosti u gingivalnom nivou korena (tabela 55.).

Tabela 55. Promene debljine kortikalne kosti u predelu drugih premolara

		N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
Sagitalno	1*BG	11	.0636	.0000	.00	.70	.70	.21106
	2**BG	11	.1545	.0000	.00	.90	.90	.34457
	1*OG	11	.1364	.0000	.00	1.50	1.50	.45227
	2**OG	11	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*BA	11	.3818	.0000	.00	2.00	2.00	.69974
	2**BA	11	.7091	.0000	.00	2.40	2.40	.92245
	1*OA	11	.1727	.0000	.00	1.90	1.90	.57287
	2**OA	11	.2182	.0000	.00	2.40	2.40	.72363
Aksijalno	1*BG	11	.6727	.6000	.50	1.00	.50	.16787
	2**BG	11	.6273	.7000	.00	1.10	1.10	.37971
	1*OG	11	.7000	.7000	.40	1.30	.90	.25690
	2**OG	11	.4636	.6000	.00	1.10	1.10	.40564
	1*BA	11	.8364	.8000	.50	1.20	.70	.20136
	2**BA	11	.6727	.6000	.30	1.30	1.00	.26112
	1*OA	11	1.1636	1.1000	.60	2.00	1.40	.48841
	2**OA	11	.9636	.9000	.60	1.70	1.10	.34139
Transverzalno	1*BG	11	.6364	.6000	.00	1.30	1.30	.48430
	2**BG	11	.3818	.5000	.00	1.00	1.00	.33412
	1*OG	11	.4636	.7000	.00	1.40	1.40	.48636
	2**OG	11	.5455	.6000	.00	.90	.90	.32051
	1*BA	11	1.0727	1.0000	.00	1.90	1.90	.67393
	2**BA	11	.8182	.9000	.00	1.90	1.90	.61289
	1*OA	11	1.1455	1.0000	.70	2.10	1.40	.46554
	2**OA	11	1.1455	1.0000	.80	1.90	1.10	.36977

1*-početni CT, 2***-završni CT, B-bukalno, O-oralno, G-gingivalno, A-apikalno

CT pokazuje smanjenje širine PDP u gingivalnom nivou korenova drugih premolara izuzev na transverzalnom preseku gde se beleži povećanje širine istog. Sa druge strane, analiza kompjuterizovanih tomograma ukazuje na izostanak promena u širini PDP ili njegovo blago proširenje oko apeksa korena ovih zuba (tabela 56.).

Tabela 56. Promene širine PDP drugih premolara

		N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
Sagitalno	1*MG	11	.0909	.0000	.00	.60	.60	.20715
	2**MG	11	.0727	.0000	.00	.50	.50	.16787
	1*DG	11	.0545	.0000	.00	.60	.60	.18091
	2**DG	11	.0909	.0000	.00	.40	.40	.15783
	1*MA	11	.1091	.0000	.00	1.20	1.20	.36181
	2**MA	11	.3909	.0000	.00	1.60	1.60	.53377
	1*DA	11	.0909	.0000	.00	.50	.50	.20226
	2**DA	11	.0636	.0000	.00	.40	.40	.14334
Transverzalno	1*BG	11	.2455	.0000	.00	.90	.90	.36977
	2**BG	11	.2545	.0000	.00	1.20	1.20	.41319
	1*OG	11	.0455	.0000	.00	.50	.50	.15076
	2**OG	11	.1818	.0000	.00	.70	.70	.26765
	1*BA	11	.1091	.0000	.00	1.20	1.20	.36181
	2**BA	11	.1273	.0000	.00	.80	.80	.28667
	1*OA	11	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**OA	11	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
Aksijalno	1*MG	11	.2273	.0000	.00	.70	.70	.28667
	2**MG	11	.2091	.0000	.00	.80	.80	.27370
	1*DG	11	.2182	.0000	.00	.80	.80	.31880
	2**DG	11	.0818	.0000	.00	.50	.50	.18340
	1*MA	11	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**MA	11	.0273	.0000	.00	.30	.30	.09045
	1*DA	11	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**DA	11	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*BG	11	.1455	.0000	.00	.70	.70	.26595
	2**BG	11	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*OG	11	.0182	.0000	.00	.20	.20	.06030
	2**OG	11	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*BA	11	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**BA	11	.0636	.0000	.00	.70	.70	.21106
	1*OA	11	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**OA	11	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000

1*-početni CT, 2**-završni CT, B-bukalno, O-oralno, M-mezijalno, D-distalno, G-gingivalno, A-apikalno

2.2.6. Prvi molari

Debljina kortikalne kosti u gingivalnom nivou korena prvih molara se smanjuje tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima. Sličan rezultat dobili smo i

analizom kortikalne kosti oko apeksa korena prvih molara. Jedino aksijalni presek pokazuje povećanje debljine kortikalne kosti sa oralne strane vrha korena zuba (tabela 57.).

Tabela 57. Promene debljine kortikalne kosti u predelu prvih molara

		N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
Sagitalno	1*BG	8	.1375	.0000	.00	1.10	1.10	.38891
	2**BG	8	.2750	.0000	.00	1.20	1.20	.51200
	1*OG	8	.4750	.0000	.00	1.60	1.60	.69230
	2**OG	8	.2000	.0000	.00	1.00	1.00	.38545
	1*BA	8	.3625	.0000	.00	1.70	1.70	.68439
	2**BA	8	.5375	.0000	.00	2.30	2.30	.85011
	1*OA	8	.1500	.0000	.00	1.20	1.20	.42426
	2**OA	8	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
Aksijalno	1*BG	8	.6625	.7000	.50	.90	.40	.13025
	2**BG	8	.4875	.6500	.00	1.00	1.00	.41897
	1*OG	8	.7875	.8500	.40	1.10	.70	.21671
	2**OG	8	.6250	.6000	.00	1.10	1.10	.34122
	1*BA	8	.8500	.9000	.50	1.10	.60	.20702
	2**BA	8	.6000	.6000	.00	1.10	1.10	.43753
	1*OA	8	.8000	.6500	.30	1.60	1.30	.44401
	2**OA	8	.8375	.8500	.30	1.20	.90	.30677
Transverzalno	1*BG	8	.3750	.5000	.00	.80	.80	.32404
	2**BG	8	.5000	.6000	.00	1.00	1.00	.43753
	1*OG	8	.5125	.3500	.00	1.40	1.40	.58172
	2**OG	8	.3875	.0000	.00	1.10	1.10	.53569
	1*BA	8	.7000	.8000	.00	1.80	1.80	.65900
	2**BA	8	.6000	.6000	.00	1.30	1.30	.46904
	1*OA	8	.6750	.5500	.00	1.90	1.90	.62507
	2**OA	8	.4500	.4500	.00	.90	.90	.35051

1*-početni CT, 2**--završni CT, B-bukalno, O-oralno, M-mezijalno, D-distalno, G-gingivalno, A-apikalno

Na kraju, rezultati pokazuju da se širina PDP oko gingivalne trećine korenova prvih molara smanjuje (osim na transverzalnom preseku CT). Sa druge strane, u apikalnom nivou korenova prvih molara zabeležili smo proširenje PDP sa bukalne i oralne strane zuba. Aksijalni presek pokazuje da sa mezijalne strane apeksa korena

molara promene u širini PDP izostaju, a da sa distalne strane postoji blago suženje PDP (tabela 58.).

Tabela 58. Promene širine PDP prvih molara

		N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation
Sagitalno	1*MG	8	.3250	.2500	.00	.90	.90	.36547
	2**MG	8	.1625	.0000	.00	.80	.80	.31139
	1*DG	8	.1625	.0000	.00	1.00	1.00	.35431
	2**DG	8	.0625	.0000	.00	.50	.50	.17678
	1*MA	8	.0625	.0000	.00	.50	.50	.17678
	2**MA	8	.2875	.0000	.00	.80	.80	.39799
	1*DA	8	.0875	.0000	.00	.70	.70	.24749
	2**DA	8	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
Transverzalno	1*BG	8	.1375	.0000	.00	.60	.60	.25600
	2**BG	8	.2000	.0000	.00	.80	.80	.30706
	1*OG	8	.1625	.0000	.00	.70	.70	.30208
	2**OG	8	.2875	.1500	.00	.80	.80	.33991
	1*BA	8	.0625	.0000	.00	.50	.50	.17678
	2**BA	8	.2000	.0000	.00	.90	.90	.32514
	1*OA	8	.1375	.0000	.00	.70	.70	.26693
	2**OA	8	.3125	.2500	.00	.80	.80	.34821
Aksijalno	1*MG	8	.3750	.3000	.00	.80	.80	.40620
	2**MG	8	.2750	.1500	.00	.70	.70	.31510
	1*DG	8	.1500	.0000	.00	.70	.70	.28284
	2**DG	8	.4500	.5000	.00	1.00	1.00	.40708
	1*MA	8	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**MA	8	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*DA	8	.0750	.0000	.00	.60	.60	.21213
	2**DA	8	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	1*BG	8	.2250	.0000	.00	.90	.90	.34122
	2**BG	8	.0250	.0000	.00	.20	.20	.07071
	1**OG	8	.1500	.0000	.00	.90	.90	.32071
	2*OG	8	.0375	.0000	.00	.30	.30	.10607
	1*BA	8	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**BA	8	.0250	.0000	.00	.20	.20	.07071
	1*OA	8	.0000	.0000	.00	.00	.00	.00000
	2**OA	8	.0375	.0000	.00	.30	.30	.10607

1*-početni CT, 2**-završni CT, B-bukalno, O-oralno, M-mezijalno, D-distalno, G-gingivalno, A-apikalno

VI. DISKUSIJA

Poslednjih dvadeset godina pojava eksterne resorpcije korena zuba kod pacijenata kod kojih su malokluzije lečene fiksnim ortodontskim aparatima zaokuplja sve veću pažnju istraživača. Brojni radovi ^{81,131,323,324} posvećeni su upravo ovoj temi. Rezultati sprovedenih istraživanja pokazuju veliku varijabilnost u pojavi indukovane resorpcije korena zuba koja se kreće od 1% do čak 100% ^{15,325}. Ovako velike varijacije dobijenih rezultata zavisile su od niza faktora: izbora radiografskog metoda istraživanja, definicije resorpcije korena zuba i vrste ortodontskog aparata. Radiografsko ispitivanje predstavlja najčešće korišćeno dijagnostičko sredstvo u otkrivanju resorptivnih procesa na korenovima zuba i okolnoj kosti. Zahvaljujući unapređenju radiografskih metoda, pojavi digitalnih radiografija, a naročito uvođenju kompjuterizovane tomografije u savremenu ortodonciju u predhodne dve decenije postignut je veliki napredak u razumevanju pojave nastanka resorpcije korena zuba i alveolarne kosti pod uticajem delovanja sila fiksnih ortodontskih aparata.

Analiza resorpcije korenova zuba

Naša studija ispitivanja uticaja fiksnih ortodontskih aparata na nastanak resorpcije korena zuba i alveolarne kosti obuhvatila je 85 pacijenata starosti od 9 do 22 godine. Kod svih ispitanika postojeća malokluzija lečena je primenom gornjeg, donjeg ili oba fiksna aparata u zavisnosti od potrebe i individualnog plana terapije za svakog pacijenta. Dužina trajanja terapije iznosila je u proseku za gornju i donju vilicu godinu dana i 9 meseci. Kod svih ispitanika obavljena su dva ortopantomografska snimanja. Prvi ortopantomogram urađen je pre početka ortodontske terapije malokluzije, a završni ortopantomogram neposredno nakon uklanjanja fiksnih aparata sa zuba. Dužina korenova zuba, visina alveolarne kosti i nivo alveolarne kosti merene su na prvom i završnom ortopantomogramu svih ispitanika na način kako je to opisano u metodologiji našeg rada. Poređenjem dobijenih vrednosti definisan je obim resorpcije korenova zuba i alveolarne kosti. Za razliku od najvećeg broja autora koji su pojavu resorpcije korenova zuba proučavali isključivo na sekutićima ^{133,194,195,326} ili bočnim zubima ^{143,197} našim istraživanjem smo obuhvatili sve zube gornje i donje vilice od centralnih sekutića

do prvih molara. Dužina korena i visina i nivo alveolarne kosti merene su sa mezijalne i distalne strane svakog pojedinačnog zuba. Rezultati našeg istraživanja pokazuju da je najveća dužina korenova zuba pre početka terapije malokluzija fiksnim aparatima zabeležena na očnjacima sa obe strane gornje i donje vilice. Najmanja dužina korenova u gornjoj vilici sa obe strane izmerena je na prvim molarima, dok u donjoj vilici najkraće korenove imaju centralni sekutići obostrano. Međutim, tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima dolazi do promene dužine korenova zuba. Smanjenje dužine korenova zuba objašnjava se nastankom apikalne resorpcije. U našem istraživanju smo rezultate resorpcije korena svih zuba, izražene u milimetrima i procentima skraćanja početne dužine korena, prikazali po kvadrantima gornje i donje vilice. Tako smo merenjem razlike u dužini korenova gornjih zuba sa desne strane vilice na ortopantomogramima, urađenim pre početka i nakon završene terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima, utvrdili da je najveći obim resorpcije korenova zuba zabeležen na drugim premolarima. Suprotno tome, najmanji iznos resorpcije korenova zuba u gornjoj vilici nađen je sa distalne strane lateralnog sekutića i prvog stalnog molara. Najveće skraćenje dužine korena zuba tokom ortodontske terapije fiksnim aparatima u gornjoj vilici sa leve strane uočili smo sa mezijalne strane drugih premolara i sa distalne strane prvih premolara. Najmanja resorpcija korenova zuba izmerena je na gornjim lateralnim sekutićima sa leve strane. Negativne vrednosti resorpcije korenova zuba definišu odsustvo pojave resorpcije korenova, odnosno situaciju u kojoj je dužina korena zuba pre početka lečenja malokluzija manja od dužine korena istog zuba na kraju ortodontske terapije. Negativne vrednosti resorpcije korenova zuba obeležene su znakom minus (-). Sa leve strane gornje vilice negativne vrednosti resorpcije korena zuba zabeležene su na mezijalnoj i distalnoj strani očnjaka. U donjoj vilici sa leve strane najveći iznos resorpcije korena zuba zabeležili smo na mezijalnoj i distalnoj strani lateralnih sekutića i distalnoj strani drugih premolara. Merenje promene dužine korenova zuba tokom terapije fiksnim ortodontskim aparatima u donjoj vilici pokazalo je negativne vrednosti resorpcije centralnih sekutića, očnjaka i prvih premolara sa leve strane i za sve zube sa desne strane izuzev prvih stalnih molara.

Interesantno je da rezultati naše studije pokazuju najveći stepen resorpcije korena premolara i molara u obe vilice, a najmanji iznos resorpcije na lateralnim sekutićima u gornjoj vilici. Suprotno tome, Newman³⁶, Levander¹³⁰ i Janson¹⁷⁶ su

svoje studije fokusirali na proučavanje resorpcije gornjih sekutića smatrajući da su ovi zubi osetljiviji na sile fiksnih ortodontskih aparata i podložniji apikalnoj resorpciji korena. Apajalahti i Peltola ¹⁹⁸ takođe najčešće beleže apikalnu resorpciju na sekutićima nakon završene terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima. Istraživanje po ovim autorima obuhvatilo je 601 pacijenta uzrasta od 8 do 15.9 godina. Step en resorpcije korenova svih zuba u obe vilice, izuzev trećih molara, kod ovih pacijenata određivan je vrednostima od 0 do 2 pre početka i na kraju ortodontske terapije fiksnim i pločastim aparatima. Rezultati studije su pokazali da je resorpcija korenova zuba izraženija kod pacijenata lečenih fiksnim aparatima i da je nastala kod 56% pacijenata lečenih na ovaj način. Među pacijentima sa dijagnostikovanom resorpcijom korenova zuba kod 68% ispitanika nađena je blaga i umerena resorpcija (vrednost 1), a kod 32% izražena resorpcija (vrednost 2). Međutim, iako je pojava resorpcije korena zuba najčešće zabeležena na maksilarnim i mandibularnim sekutićima, najobimnija resorpcija, izražena ocenom 2, zabeležena je na premolarima. Izražena resorpcija korenova premolara bila je dijagnostikovana kod čak 45% pacijenata. Veća učestalost resorpcije korenova sekutića objašnjena je većim brojem ispitivanih sekutića u odnosu na premolare. Naime, kod 309 pacijenata izvršena je ekstrakcija premolara pa je time manji broj ovih zuba analiziran u odnosu na sekutiće. Naši rezultati koreliraju sa nalazima ove studije obzirom da smo najveći iznos resorpcije korenova zuba zabeležili upravo na premolarima gornje vilice. Slične rezultate svojih istraživanja objavljuju i Beck i Harris ¹⁶⁴, a nekoliko godina kasnije i Janson ¹⁷⁶ proučavajući resorpciju korenova zuba nastalu tokom terapije malokluzija različitim tehnikama fiksnih aparata. Izraženija pojava resorpcije premolara mogla bi se objasniti većim iznosom pomeranja ove grupe zuba tokom terapije fiksnim ortodontskim aparatima u cilju zatvaranja prostora nakon indikovane ekstrakcije premolara ili molara ¹⁶⁴.

U donjoj vilici sa desne strane zabeležili smo apikalnu resorpciju samo na korenu prvog molara. Ovakav nalaz korelira sa rezultatima Sharpe i sar. ¹⁸¹ koji su došli do zaključka da je incidenca apikalne resorpcije korenova prvih molara jako izražena kod pacijenata čije su malokluzije lečene fiksnim ortodontskim aparatima. Autori zaključuju da je česta pojava resorpcije apikalne trećine korenova ovih zuba tokom delovanja fiksnih ortodontskih aparata posledica većeg mehaničkog opterećenja prvih

molara preko prstenova koji se postavljaju samo na ove zube i njihove česte uloge uporišta prilikom pomeranja frontalnih zuba.

Interesantno je da se ponekad pored skraćanja korenova zuba tokom terapije malokluzija fiksnim aparatima beleže i negativne vrednosti resorpcije na pojedinim zubima. Pojavu elongacije korenova zuba u zavisnosti od stadijuma njihovog razvoja i uzrasta pacijenata tokom terapije fiksnim ortodontskim aparatima proučavali su Mavragani i sar.⁸⁶. Ovim istraživanjem je obuhvaćeno 80 pacijenata prosečnog uzrasta 12.7 godina kod kojih je malokluzija lečena upotrebom fiksnih ortodontskih aparata. Kontrolnu grupu ispitanika činilo je 66 osoba kod kojih ortodontsko lečenje nije bilo potrebno. Kod svih pacijenata dijagnostikovana je malokluzija II klase 1. odeljenja, a plan terapije je uključivao ekstrakciju gornjih prvih i/ili donjih prvih ili drugih premolara. Dužina krunice i korena gornjih sekutića merena je u milimetrima na retroalveolarnim radiografijama načinjenim na početku i kraju ortodontskog lečenja. Oduzimanjem završne od početne vrednosti dužine korena sekutića merena je promena dužine korena zuba tokom aktivne faze lečenja fiksnim aparatima pri čemu negativni iznosi označavaju nastalu elongaciju korena. Rezultati su pokazali da tokom ortodontske terapije dolazi do smanjenja dužine korena većine zuba. Prosečna vrednost resorpcije korena iznosila je 1.86 mm za desni lateralni sekutić, 1.82 mm za desni centralni, 1.93 mm za levi centralni i 1.78 mm za levi lateralni sekutić. Negativne vrednosti koje ukazuju na elongaciju korena zabeležene su kod 50 od ukupno 280 ispitivanih zuba. Rezultati pokazuju da se elongacija korenova na kraju terapije mnogo češće beleži kod zuba kod kojih rast korenova nije bio završen prilikom aplikacije fiksnih aparata na početku ortodontskog lečenja. Na osnovu dobijenih podataka autori zaključuju da procesom elongacije korenovi dostižu značajno veću dužinu u odnosu na resorbovane korenove. Rezultati studije su pokazali da delovanje fiksnih ortodontskih aparata ne utiče negativno na proces rasta korenova zuba kod mladih pacijenata kod kojih su na početku lečenja prisutni zubi sa nezavršenim rastom korena. Korenove zuba mladih pacijenata sa nezavršenim rastom na početku terapije postigli su finalnu dužinu koja je ista ili čak veća od dužine korena kontrolnih zuba koji nisu bili uključeni u fiksni aparat. Ovo ukazuje na postojanje mehanizama samozaštite korenova zuba u razvoju od nastanka apikalne resorpcije tokom delovanja sila fiksnih aparata na zube i prednost ranog planiranja i otpočinjanja terapije fiksnim aparatima kod mladih osoba sa

nezavršenim rastom korena zuba. Ovaj mehanizam samozaštite ogleda se u deponovanju cementa na površini korena zuba.

Rezultate slične rezultatima studije Mavragania i sar.⁸⁶ objavili su Hendrix i sar.¹⁹⁷ proučavajući iste procese elongacije korenova bočnih zuba tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima. Na osnovu rezultata njihove studije može se reći da povećanu otpornost prema resorpciji poseduju i prednji i bočni zubi sa nezavršenim rastom korena. Istraživanje Hendrixa i sar.¹⁹⁷ obuhvatilo je 153 pacijenta kod kojih je indikovano lečenje malokluzije fiksnim ortodontskim aparatima. Ukupna dužina očnjaka, premolara, prvog i drugog molara u obe vilice merena je na prvom i završnom ortopantomogramu napravljenom posle uklanjanja fiksnih aparata sa zuba. Dužina zuba predstavljena je kao rastojanje između najokluzalnije tačke krunice zuba i vrha njegovog korena. Na molarima je dužina zuba merena sa mezijalne i distalne strane zuba. Razlika početnih i završnih vrednosti dužine zuba izražava promenu u dužini svakog od njih. Negativne vrednosti ukazuju na resorpciju, a pozitivne na pojavu povećanja dužine korena zuba obzirom da su kod nekih pacijenata na početku ortodontskog tretmana bili prisutni zubi sa nezavršenim rastom korena. Rezultati istraživanja su pokazali da tokom ortodontskog tretmana kod pacijenata sa nezavršenim rastom korena dolazi do značajno manjeg stepena apikalne resorpcije nego kod pacijenata kod kojih je rast korena zuba završen na početku ortodontske terapije.

Međutim, postavlja se pitanje kako ponekad do elongacije korenova zuba dolazi i kod pacijenata sa završenim rastom korena? Ispitujući pojavu apikalne resorpcije korenova zuba kod ortodontski lečenih odraslih osoba Baumrind i sar.²¹ otkrili su da do produženja korenova zuba dolazi i kod ove grupe pacijenata. Istraživanje je obuhvatilo 81 pacijenta kod kojih je dijagnostikovana malokluzija I ili II klase zahtevala primenu fiksnih ortodontskih aparata. Kod ovih pacijenata profilni telerendgenogram glave i retroalveolarne radiografije sekutića urađene su pre početka i na kraju ortodontskog lečenja malokluzija. Poređenjem dužine korena zuba na početnom i završnom retroalveolarnom radiogramu određen je iznos resorpcije korena, a vrednost horizontalnog i vertikalnog pomeranja apeksa korena zuba tokom ortodontske terapije određena je upoređivanjem profilnih telerendgenograma glave. Rezultati istraživanja pokazuju da srednja vrednost resorpcije korena zuba iznosi 1.36

mm, horizontalnog pomeranja apeksa -0.83 mm, a njegovog vertikalnog pomeranja 0.19 mm. Takođe, autori nalaze da resorpcija korenova gornjih sekutića nastaje kod ortodontski lečenih odraslih pacijenata čak iako nije došlo do značajnijeg pomeranja apeksa ovih zuba tokom terapije. Isto tako rezultati pokazuju da je apikalna resorpcija sekutića najizraženija prilikom posteriornog pomeranja apeksa ovih zuba. Svaki milimetar retrakcije apeksa inciziva dovodi do njegove resorpcije u proseku za 0.49 mm. Sa druge strane, ne postoji značajna korelacija između intruzije, ekstruzije ili anteriornog pomeranja apeksa i iznosa njegove resorpcije.

Negativne vrednosti resorpcije korenova maksilarnih prednjih zuba, odnosno povećanje dužine korenova prednjih zuba kod odraslih pacijenata tokom ortodontske terapije malokluzija koje se objašnjavaju produženjem korenova zuba dijagnostikuju i Mirabella i Artun ⁶¹. U ispitivanje je uključeno 343 osoba uzrasta 20 do 70 godina kod kojih je lečenje sprovedeno upotrebom fiksnog aparata. Retroalveolarni radiogrami prednjih zuba gornje vilice i profilni telerendgenogrami glave načinjeni su pre početka i na kraju ortodontske terapije. Ukupna dužina korena zuba merena je na retroalveolarnim radiografijama od incizalne ivice do vrha korena zuba, a analizom profilnog telerendgenskog snimka glave načinjenom pre početka lečenja malokluzije i nakon završene ortodontske terapije fiksnim aparatima dobijen je podatak o iznosu horizontalnog i vertikalnog pomeranja apeksa sekutića obe vilice tokom ortodontske terapije. Prosečna vrednost skraćanja dužine korena zuba iznosila je 1.47 mm za centralne sekutiće, 1.63 mm za lateralne sekutiće i 1.25 mm za očnjake. Rezultati pokazuju da postoji korelacija između iznosa horizontalnog pomeranja apeksa tokom terapije i resorpcije korena centralnih sekutića. Autori zaključuju da su glavni faktori rizika za resorpciju korenova zuba kod odraslih ortodontskih pacijenata prisustvo dugačkih, uskih i zakrivljenih korenova i upotreba elastične vuče intermaksilarnim gumicama.

Međutim, autori naglašavaju da je teško očekivati da kod odraslih osoba može doći do dodatnog rasta korena zuba tokom terapije malokluzija ortodontskim aparatima. Jasno je da objašnjenje pojave elongacije zuba sa završenim rastom korena treba drugačije tumačiti. Zander i Hürzeler ³²⁷ sprovode studiju u kojoj otkrivaju da se deponovanje cementa na površini korena zuba odigrava kontinuirano tokom života i da

se debljina cementa zuba trostruko uveća između 11. i 76. godine starosti. Ovo zadebljanje cementa najviše je izraženo u apikalnom delu korena zuba. Van der Linden i Duterloo ³²⁸ takođe opisuju progresivnu apoziciju cementa naročito na apikalnom delu korena zuba. Autori zapažaju da dolazi do zaobljenja apeksa korenova svih zuba usled kontinuirane apozicije cementa. Proučavajući promene okluzije i PDP tokom života ljudi Grant i Bernick ³²⁶, a kasnije i Ash i Ramfjord ³²⁹ nalaze da se formiranje cementa korena zuba može odvijati prilikom pomeranja zuba silama ortodontskih aparata.

Nalazi navedenih autora koreliraju sa rezultatima naše studije. Tokom istraživanja smo zabeležili negativne vrednosti resorpcije korena pojedinih zuba kod kojih je početna dužina izmerena na prvom ortopantomogramu manja od dužine izmerene na završnom ortopantomogramu. Negativne vrednosti resorpcije korenova zuba izmerili smo na gornjim levim očnjacima sa mezijalne i distalne strane ovih zuba, na donjim levim centralnim sekutićima, očnjacima i prvim premolarima i na svim zubima sa desne strane donje vilice izuzev prvih stalnih molara. Jedan od kriterijuma za uključivanje zuba u naše istraživanje bio je završen rast korena. Iz ovog razloga se pojava negativnih vrednosti resorpcije korenova zuba u našoj studiji ne može pripisati rastu korena zuba. Pojava povećanja dužine korenova zuba tokom delovanja fiksnih aparata može se u našoj studiji objasniti apikalnom apozicijom cementa.

Analiza resorpcije alveolarne kosti

Veoma je interesantno pitanje da li pored resorpcije korena zuba dolazi i do resorpcije okolne alveolarne kosti pod uticajem sila fiksnih ortodontskih aparata. Källestål i Matsson ⁷⁸ utvrđuju kriterijume za procenu resorpcije interproksimalne alveolarne kosti adolescenata merenjem rastojanja između cementno-gleđne granice i najviše tačke marginalne alveolarne kosti na okluzalnim radiografijama. Istraživanje je sprovedeno na zubima 30 zdravih osoba 18 godina starosti, a sve izmerene vrednosti nivoa alveolarne kosti kretale su se od 0 do 2 mm. Na osnovu toga autori predlažu kao kriterijum za procenu nastale resorpcije alveolarne kosti sve vrednosti rastojanja vrha alveolarne kosti od cementno-gleđne granice zuba veće od 2 mm. Ovi rezultati koreliraju sa nalazima drugih autora ^{330,331,332} za razliku od nalaza Hugosona i sar. ³³³ koji kao kriterijum procene resorpcije alveolarne kosti koriste vrednosti rastojanja vrha marginalne kosti od cementno-gleđne granice zuba veće od 1 mm.

Ispitivanje promene visine i nivoa alveolarne kosti sa mezijalne i distalne strane svih ispitivanih zuba naših pacijenata tokom delovanja fiksnih ortodontskih aparata na zube vršili smo uporedo sa merenjem dužine korenova zuba. Pre početka terapije malokluzija najveći iznos visine alveolarne kosti sa desne i leve strane gornje vilice zabeležili smo na aproksimalnim stranama očnjaka, a najmanja visina alveolarne kosti sa obe strane gornje vilice izmerena je na prvim molarima. Kao i u gornjoj vilici, tako smo i sa obe strane donje vilice najveću vrednost visine alveolarne kosti zabeležili sa mezijalne i distalne strane očnjaka. U donjoj vilici najmanju visinu alveolarne kosti izmerili smo u predelu centralnog sekutića sa leve i desne strane vilice. Upoređujući vrednosti koje smo dobili merenjem dužine korenova zuba i visine alveolarne kosti možemo uočiti da postoji korelacija između ove dve grupe rezultata. Naime, visina alveolarne kosti bila je najveća oko zuba sa najdužim korenovima, odnosno oko gornjih i donjih očnjaka. Nasuprot tome, najmanja visina alveolarne kosti zabeležena je sa mezijalne i distalne strane zuba sa najkraćim korenovima odnosno gornjih prvih molara i donjih centralnih sekutića. Ovakva korelacija između vrednosti dužine korenova zuba i visine okolne alveolarne kosti potvrđuje da na početku terapije naši pacijenti nisu imali izraženiju resorpciju alveolarne kosti i da su parodontalno bili zdravi.

Međutim, tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima utvrdili smo da dolazi do resorpcije alveolarne kosti sa mezijalne i distalne strane svih ispitivanih zuba što se manifestuje povećanjem nivoa alveolarne kosti tj. rastojanja između gleđno-cementne granice zuba i vrha aproksimalne alveolarne kosti. Rezultati naše studije pokazuju da najveći iznos resorpcije alveolarne kosti u gornjoj vilici sa obe strane nastaje na distalnoj strani lateralnog sekutića. Nivo alveolarne kosti je smanjen prosečno za 1.2469 mm sa distalne strane lateralnog sekutića na desnoj strani gornje vilice i za 1.2284 mm sa distalne strane lateralnog sekutića na levoj strani gornje vilice. Najveći stepen resorpcije alveolarne kosti u donjoj vilici sa leve strane zabeležili smo na distalnoj strani centralnog sekutića i mezijalnoj strani prvog molara. Sa desne strane donje vilice resorpcija alveolarne kosti je najizraženija sa mezijalne strane centralnog sekutića i drugog premolara. Fiksni ortodontski aparati su najmanje uticali na smanjenje visine alveolarne kosti oko očnjaka.

Interesantno je da je resorpcija alveolarne kosti kod naših ispitanika kod najvećeg broja zuba bila izraženija sa distalne nego sa mezijalne strane zuba izuzev kod očnjaka sa leve strane gornje vilice, centralnih sekutića i prvih molara u donjoj vilici, kao i premolara sa desne strane donje vilice. Ovakvi rezultati naše studije koreliraju sa rezultatima Sharpe i sar.¹⁸¹ koji su ispitivali apikalnu resorpciju korena zuba i aproksimalne alveolarne kosti kod 36 pacijenata kod kojih su malokluzije lečene fiksnim ortodontskim aparatima. Merenjem rastojanja između cementno-gledne granice zuba i vrha alveolarne kosti sa mezijalne i distalne strane ispitivanih zuba na retroalveolarnim i okluzalnim radiografijama autori su zaključili da najizraženija resorpcija alveolarne kosti nastaje upravo sa distalne strane zuba, naročito prvih molara i oba premolara u gornjoj vilici. Takođe, naši rezultati koreliraju i sa nalazima Sjöliena i Zachrissona⁶⁷ koji su proučavali razlike u dužini korenova zuba i visini okolne alveolarne kosti kod 59 ortodontski lečenih pacijenata i 61 osobe koje nisu tretirane fiksnim ortodontskim aparatima. Ortodonska terapija koju su sprovodili ovi autori podrazumevala je ekstrakciju sva četiri prva premolara i upotrebu gornjeg i donjeg fiksnog aparata. Analiza retroalveolarnih radiografija svih ispitanika pokazala je da tokom ortodontskog lečenja malokluzija dolazi do smanjenja dužine korena zuba i visine alveolarne kosti. Razlike u dobijenim iznosima resorpcije alveolarne kosti između ortodontski lečenih pacijenata i ispitanika kontrolne grupe bile su značajno veće sa distalne nego sa mezijalne strane zuba, naročito kod gornjih bočnih zuba uz zatvoreni ekstrakcioni prostor i mezijalno od njega. Nalazi Sjöliena i Zachrissona, kao i nalazi naše studije, pokazuju da se veći iznos resorpcije aproksimalne alveolarne kosti tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima događa sa distalne strane gornjih sekutića, očnjaka i premolara. Slične rezultate dobijaju i Zachrisson i Alnaes³³⁴. Autori ovu pojavu objašnjavaju većom resorpcijom kosti u pravcu pomeranja zuba, naročito prilikom zatvaranja premolarnog ekstrakcionog prostora, odnosno sa strane pritiska, a manjom resorpcijom sa strane vuče.

Primena radiografskih metoda u dijagnostici resorpcije korena zuba i alveolarne kosti

U savremenoj kliničkoj ortodontskoj praksi proučavanje procesa resorpcije korena zuba i alveolarne kosti omogućeno je zahvaljujući razvoju radiografskih metoda.

Pre početka ortodontske terapije malokluzija kod svakog pacijenta neophodno je uraditi ortopantomogram koji pruža veliki broj informacija o stanju zdravlja zuba, broju i morfologiji zuba i okolnih struktura, položaju i stepenu razvoja korena zuba³³⁵. Još jedna prednost ortopantomograma ogleda se u tome što se prikaz celokupne denticije obe vilice ostvaruje jednom ekspozicijom pacijenta rendgenskom zračenju i to sa manjom efektivnom dozom zračenja u odnosu na dozu koju pacijent prima snimanjem celokupnog dentalnog statusa setom intraoralnih retroalveolarnih radiografija³³⁶. Iz ovog razloga OPT predstavlja radiografski metod izbora za proučavanje resorpcije korena zuba i alveolarne kosti mada su ranije istraživači pokušali da resorpciju korena zuba i alveolarne kosti nastale tokom ortodontske terapije ispituju i upotrebom retroalveolarnih^{61,67,69,191}, okluzalnih⁷⁸ i teleradiografija^{152,182}. Sve prednosti OPT metode su još dodatno akcentovane razvojem digitalnih radiografija u stomatologiji zamenom kasete sa filmom sa digitalnim receptorom. Na taj način u savremenu ortodontsku praksu uveden je digitalni ortopantomogram pomoću koga se sa sličnom preciznošću, kao i sa standardnim ortopantomogramom, dijagnostikuje resorpcija korena zuba i alveolarne kosti, ali upotrebom niže doze zračenja³³⁷. Zbog svih navedenih prednosti ortopantomograma mi smo koristili u našoj studiji ovaj radiografski metod za proučavanje resorpcije korena zuba i alveolarne kosti. Kod svih 85 ispitanika urađen je ortopantomogram pre početka i na kraju terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima, a većina analiziranih radiografija u našoj studiji bile su digitalne ortopantomografije (57.6% početnih i 69.4% završnih). Međutim, mora se imati na umu da je dentalni panoramski tomogram dvodimenzionalni snimak kod koga se prikazuju jasno samo strukture koje se nalaze u snimanom sloju tkiva mada je oblik snimanog sloja približno isti kao i oblik dentalnih lukova. Zbog ovoga je od velikog značaja postaviti glavu pacijenta u pravilan položaj prilikom snimanja da bi se njegovi zubi i potporna tkiva zuba našli u snimanom sloju tkiva. U suprotnom može doći do prividnog skraćanja ili povećanja dužine zuba što narušava kvalitet radiografije³³⁸. Još jedan problem kod ortodontskih pacijenata je postojanje diskrepance u skeletnoj razvijenosti vilica. Naime, kod pacijenata sa II i III skeletnom klasom ponekad je nemoguće postaviti gornje i donje frontalne zube u istu ravan da bi bili prikazani u istom sloju prilikom izrade ortopantomograma. Vrhovi korenova zuba tada mogu biti postavljeni izvan sloja snimanja ili pozicionirani oralno usled čega izgledaju uvećano na

radiogramu. Takođe, problem može biti dodatno iskomplikovan postojanjem izraženih dentoalveolarnih nepravilnosti kao što su naglašena protruzija ili retruzija prednjih zuba. Tada korenovi zuba na radiografiji mogu izgledati kraće nego što zaista jesu.

Oprečna su mišljenja među istraživačima o preciznosti podataka o resorpciji korenova zuba dobijenih analizom ortopantomograma. Sameshima i Asgarifar ⁸¹ upoređuju iznose resorpcije korenova zuba izmerenih na retroalveolarnim i ortopantomografskim radiografijama, a rezultate ove studije objavljuju 2001. godine. Ispitivanje je sprovedeno kod 42 pacijenta kod kojih je završeno lečenje malokluzije fiksnim ortodontskim aparatom. Serijom retroalveolarnih radiografija i ortopantomogramom zabeležen je kompletan dentalni status svakog pacijenta pre početka i na kraju ortodontskog lečenja. Ukupna dužina svih zuba, izuzev drugog i trećeg molara, merena je na prvim i završnim radiografijama. Na prvim rendgenskim snimcima određivan je i oblik korena zuba po metodi opisanoj od strane Mirabella i Artuna ⁶¹. Rezultati studije su pokazali da je značajno veći iznos resorpcije korena svih zuba dobijen merenjima na ortopantomogramima u odnosu na retroalveolarne radiografije. Prosečna vrednost resorpcije korenova svih zuba dobijena merenjem na retroalveolarnim radiografijama iznosi 0.48 mm odnosno 0.92 mm na ortopantomogramima. Najizraženija razlika u iznosu resorpcije korena zuba određene na ortopantomogramima i retroalveolarnim radiografijama zabeležena je kod mandibularnih sekutića. Takođe, postoji značajna razlika u proceni oblika korena zuba između dve ispitivane radiografske metode pa su dilaceracije i druge anomalije oblika korena zuba jasno uočljive samo na retroalveolarnim snimcima. Autori zaključuju da upotreba OPT metode u cilju izračunavanja resorpcije korenova zuba može da poveća dobijenu vrednost resorpcije za 20%.

Kao što je već rečeno, promena inklinacije sekutića pod uticajem sila fiksnih ortodontskih aparata može da utiče na izmerenu dužinu korena zuba na radiografijama. Međutim, Tronje i sar. ³³⁹ i Langland i sar. ³⁴⁰ nalaze da bukolingvalna inklinacija zuba ima samo ograničeni uticaj na dužinu korena zuba izmerenu na ortopantomogramu pa tako pomeranje vrha korena zuba za 10 mm izvan snimanog sloja dovodi do samo 5% skraćenja dužine radiografske slike zuba. Stratomas i sar. ³⁴¹ su proveravali tačnost linearnih i angularnih merenja na ortopantomogramu menjajući položaj snimanog

objekta *in vitro*. Rezultati njihove studije pokazuju da je OPT dovoljno precizna radiografska metoda za određivanje promena dužine zuba. Autori ipak naglašavaju da je pravilna pozicija glave pacijenta prilikom snimanja OPT metodom od velikog značaja za preciznost linearnih merenja. McDavid i sar.³⁴² ističu da je ovo naročito važno da bi se izbegle deformacije slike u predelu sekutića. I pored dokazanog kvaliteta OPT u procesu merenja dužine zuba i određivanja resorpcije njihovih korenova, uvođenje kompjuterizovane tomografije poslednjih 20-ak godina u stomatologiju omogućilo je trodimenzionalnu analizu dužine zuba. Takođe, značajan doprinos kompjuterizovane tomografije u istraživanju postignut je i njenim uvođenjem u ortodonciju početkom 21. veka^{94,109}.

U savremenoj stručnoj ortodontskoj literaturi do sada je objavljen samo jedan rad posvećen upoređivanju preciznosti ortopantomograma i trodimenzionalnog ortopantomografskog metoda u dijagnostici apikalne resorpcije korenova zuba nakon ortodontske terapije fiksnim aparatima. Ovaj rad su 2009. godine objavili Dudić i sar.³¹⁹. Njihova studija je obuhvatila 22 pacijenta prosečnog uzrasta 16.7 godina koji su se nalazili na kraju terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima. Svi ispitanici su pri uklanjanju ortodontskih aparata sa zuba upućeni na ortopantomografsko i trodimenzionalno ortopantomografsko snimanje zuba. Ortopantomogram je sniman pomoću aparata Orthopantomograph (Cranex Excel, Soredex, Tuusula, Finska), a trodimenzionalni ortopantomogram pomoću aparata 3D Accuitomo (J. Morita, Kyoto, Japan). Pri snimanju 3D Accuitomo korišćena su polja zračenja dve različite dimenzije (40x40 i 60x60 mm) visoke rezolucije, a za obradu slike korišćen je i-Dixel softver. Određivanje prisustva i stepena apikalne resorpcije korenova zuba vršila su dva istraživača analizom obe radiografije svakog ispitanika. Za određivanje stepena apikalne resorpcije korena zuba korišćen je sistem ocena po Levanderu i Malmgrenu¹³⁰. Ispitano je ukupno 275 zuba. Rezultati pokazuju da postoji značajna razlika u stepenu resorpcije korena zuba određenom na ortopantomogramu i 3D Accuitomo tomogramu. Tako na ortopantomogramu apikalna resorpcija nije nađena na 145 zuba dok na 3D Accuitomo tomogramu znakova resorpcije korenova nije bilo na 80 zuba. Izražena apikalna resorpcija nađena je kod 2 zuba samo pomoću 3D Accuitomo tomograma dok isti nalaz nije potvrđen i na ortopantomogramu. Autori zaključuju da najveće neslaganje u stepenu apikalne resorpcije između ove dve radiografske metode postoji kod

maksilarnih sekutića. Ovi rezultati pokazuju da stepen apikalne resorpcije korena zuba može biti potcenjen na ortopantomogramu. Uzimajući u obzir i činjenicu da procena stepena resorpcije uopšte nije mogla biti izvršena kod čak 17 zuba na OPT radiogramima, autori zaključuju da postoji realna mogućnost propusta u dijagnostici apikalne resorpcije pomoću OPT metode.

Zbog ovako kontroverznih podataka o preciznosti OPT metode u određivanju apikalne resorpcije zuba, kao i da bi smo eliminisali moguće greške pri proceni apikalne resorpcije korena zuba na ovim radiografijama, kod 35 ispitanika u našem istraživanju koristili smo i CT. Kod većine ove grupe pacijenata (77.1%) pre postavke fiksnih aparata i kod svih izuzev jednog ispitanika (97.1%) na kraju ortodontske terapije metoda CT je sprovedena medicinskim skenerom. Početni trodimenzionalni prikaz pojedinih zuba snimljen je pomoću aparata 3D Accuitomo (J. Morita, Kjoto, Japan) kod 8 (22.9%) pacijenata, a završni kod samo 1 (2.9%) ispitanika. Analizu dobijenih podataka podelili smo po grupama zuba. Ukupna dužina zuba, visina krunice zuba, dužina korena zuba, visina i nivo alveolarne kosti i stepen resorpcije korena zuba i alveolarne kosti određivani su na 20 centralnih i 18 lateralnih sekutića, 16 očnjaka, 9 prvih i 11 drugih premolara i 8 prvih molara. Za razliku od Dudića i sar. koji su resorpciju korenova zuba kod ortodontski lečenih pacijenata određivali samo na završnim radiografijama, mi smo dužinu korenova zuba i visinu alveolarne kosti ispitivali na svim zubima gornje i donje vilice na ortopan- i kompjuterizovanim tomogramima koji su snimani i na početku i na kraju terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima. Poređenjem početnih i završnih vrednosti dužine korena zuba i visine alveolarne kosti dobijenih merenjem pomoću obe radiografske metode izračunavali smo iznos resorpcije korena zuba i okolne alveolarne kosti. Do sada nijedna studija objavljena u stručnoj literaturi nije bazirana na ispitivanju promena korena zuba i alveolarne kosti na ovaj način te se u tome i ogleda značaj našeg istraživanja.

Rezultati našeg istraživanja pokazuju da u toku terapije fiksnim ortodontskim aparatima dolazi do smanjenja ukupne dužine i dužine korenova centralnih i lateralnih sekutića. Ovakav nalaz pokazuje analiza i transverzalnih i sagitalnih preseka 20 centralnih i 18 lateralnih sekutića. Nalazi dobijeni u našoj studiji koreliraju sa nalazima

Levandera i sar.¹³¹ i Smale i sar.³⁴³, kao i sa rezultatima Makedonasa i sar.³⁴⁴ objavljenih u najnovijoj studiji 2012. godine. Ova studija je posvećena dijagnostici resorpcije korena zuba nakon šest meseci od početka ortodontske terapije fiksnim aparatima. Istraživanje je obuhvatilo 97 ispitanika uzrasta od 10 do 18 godina starosti kod kojih je dijagnostikovana malokluzija I klase i teskobnost zubnih nizova. Kompjuterizovanom tomografijom obuhvaćeni su svi zubi od prvog stalnog molara sa jedne do prvog stalnog molara sa druge strane u obe vilice. U postupku radiografisanja korišćen je aparat 3D Accuitomo (J. Morita Mfg. Corp., Kjoto, Japan) sa dimenzijama polja snimanja 60x60 mm. Step en resorpcije korena zuba određivan je pomoću sistema ocena resorpcije po Malmgrenu i sar.⁶⁹. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da se apikalna resorpcija nakon šest meseci delovanja fiksnih ortodontskih aparata na zube razvila kod svih izuzev jednog ispitanika, češće na zubima gornje vilice, naročito sekutićima.

Takođe, naša analiza kompjuterizovanih tomograma pokazuje da tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima dolazi i do resorpcije alveolarne kosti oko sekutića. I na sagitalnom i na transverzalnom preseku ovih zuba uočava se veći obim resorpcije alveolarne kosti sa mezijalne, distalne, bukalne i oralne strane lateralnih sekutića u odnosu na centralne sekutiće. Interesantno je istaći da smo analizom dužine korenova sekutića na rekonstruisanom sagitalnom preseku kompjuterizovanih tomograma zabeležili veće vrednosti resorpcije korenova ovih zuba nego na rekonstruisanom transverzalnom preseku kompjuterizovanih tomograma. Postoji visoko značajna statistička razlika ($p < 0.01$) između vrednosti dužine korena centralnih sekutića izmerenih sa mezijalne strane i nivoa alveolarne kosti sa distalne strane ovih zuba na rekonstruisanom sagitalnom i transverzalnom preseku kompjuterizovanog tomograma urađenom pre početka ortodontske terapije malokluzija (CT1). Korelaciona analiza pokazuje da između rekonstruisanog transverzalnog i sagitalnog preseka postoji visoko značajna statistička razlika ($p < 0.01$) pri poređenju vrednosti ukupne dužine i dužine korena zuba sa mezijalne i distalne strane na CT1 i kompjuterizovanog tomograma urađenom neposredno posle završene ortodontske terapije malokluzija (CT2), kao i visine i nivoa alveolarne kosti sa distalne strane lateralnih sekutića izmerenih na CT1. Ovakvi rezultati našeg istraživanja ukazuju na to da je analiza sagitalnog preseka sekutića preciznija metoda za određivanje resorpcije

korenova ove grupe zuba. Do sada nije objavljena nijedna studija posvećena upoređivanju preciznosti podataka o resorpciji korenova zuba i alveolarne kosti između različitih rekonstruisanih preseka kompjuterizovanih tomograma pa će naši rezultati tek biti upoređivani sa rezultatima predstojećih istraživanja drugih autora.

Interesantne podatke smo dobili ispitivanjem 16 zuba grupe očnjaka. Kod ovih zuba analizom rekonstruisanog transverznog preseka prvog i završnog kompjuterizovanog tomograma uočili smo povećanje vrednosti ukupne dužine i dužine korena zuba sa mezijalne i distalne strane, a sa druge strane, resorpciju alveolarne kosti obostrano. Slične rezultate dobili smo i analizom rekonstruisanog sagitalnog preseka kompjuterizovanog tomograma. Iako je ukupna dužina očnjaka, dužina njihovog korena i visina alveolarne kosti sa mezijalne i distalne strane ovih zuba povećana na CT2 u odnosu na CT1, ove razlike su ipak manje izražene na rekonstruisanom sagitalnom nego na rekonstruisanom transverzalnom preseku kompjuterizovanog tomograma što opet govori u prilog većoj preciznosti podataka dobijenih na sagitalnom preseku. To potvrđuje i visoko statistički značajna razlika između vrednosti dobijenih na rekonstruisanom transverzalnom i sagitalnom preseku pri određivanju ukupne dužine zuba i visine alveolarne kosti sa mezijalne strane zuba na CT2 i statistički značajna razlika pri poređenju dužine korena zuba sa mezijalne i distalne strane zuba na CT1 i CT2. Resorpcija korena očnjaka zabeležena je jedino sa oralne strane zuba analizom rekonstruisanog sagitalnog preseka kompjuterizovanog tomograma i iznosi 0.1125 mm. Ostale vrednosti resorpcije korena ovih zuba su negativne. Ovakav nalaz resorpcije korena očnjaka u našoj studiji korelira sa nalazima Makedonasa i sar.³⁴⁴ koji takođe ne nalaze resorpciju korena očnjaka kod svojih ispitanika izuzev u dva slučaja. Kod jednog pacijenta autori su zabeležili treći stepen resorpcije oba očnjaka u donjoj vilici i očnjaka sa leve strane gornje vilice. Kod drugog pacijenta resorpcija korena drugog stepena bila je prisutna na očnjaku sa desne strane gornje vilice. Autori nalaze da se resorpcija korena očnjaka ne događa često tokom terapije ortodontskim fiksnim aparatima, ali ako se dogodi izraženijeg je stepena nego na korenovima drugih zuba.

Interesantne rezultate dobili smo i analizom resorpcije korenova bočnih zuba kompjuterizovanom tomografskom metodom. Sa jedne strane, analizom rekonstruisanog sagitalnog i transverznog preseka kompjuterizovanih tomograma 9

prvih premolara i 8 prvih molara nađene su minimalne promene ukupne dužine i dužine korenova ovih zuba ili su vrednosti resorpcije za ove zube bile negativne. Ipak, tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima kod naših pacijenata nastala je resorpcija alveolarne kosti sa mezijalne i distalne strane ispitivanih zuba što se beleži povećanjem nivoa alveolarne kosti na oba posmatrana rekonstruisana preseka kompjuterizovanih tomograma. Sa druge strane, upoređivanjem početne vrednosti dužine korenova 11 drugih premolara i njihove vrednosti na kraju terapije malokluzija fiksnim aparatima na rekonstruisanom transverzalnom preseku kompjuterizovanih tomograma uočava se smanjenje dužine korenova i sa mezijalne i sa distalne strane ovih zuba. Takođe, rezultati pokazuju i smanjenje visine alveolarne kosti uz mezijalnu i distalnu površinu ovih zuba kao posledicu njene resorpcije. Međutim, analiza rekonstruisanog sagitalnog preseka drugih premolara ne pokazuje postojanje resorpcije korenova ovih zuba već samo resorpciju alveolarne kosti sa mezijalne i distalne strane ovih zuba. Dakle, rezultati naše studije pokazuju da je resorpcija korena drugih premolara tokom delovanja fiksnih aparata registrovana samo na rekonstruisanom transverzalnom preseku kompjuterizovanih tomograma ovih zuba. Resorpcija je iznosila 0.7909 mm i sa oralne i bukalne strane korena zuba. Zanimljivo je da postoji povezanost ovakvog nalaza resorpcije korenova drugih premolara kod naših ispitanika sa nalazima koje smo dobili ispitujući resorpciju ovih zuba na ortopantomografijama. Kao što je napred navedeno, analizom ortopantomograma naših ispitanika među zubima sa najvećim stepenom resorpcije nalaze se upravo drugi premolari. Moramo istaći da se, za razliku od resorpcije korenova zuba grupe sekutića i očnjaka koju smo preciznije dijagnostikovali na rekonstruisanom sagitalnom preseku kompjuterizovanih tomograma, precizniji podaci o resorpciji korenova bočnih zuba dobijaju analizom njihovog rekonstruisanog transverznog preseka.

Analiza širine periodontalnog prostora zuba i debljine kortikalne alveolarne kosti

Prilikom proučavanja promena struktura potpornog aparata zuba, odnosno cementa korena zuba i alveolarne kosti, nismo mogli da se ne zapitamo da li tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima nastaju i promene debljine kortikalne alveolarne kosti i širine PDP oko zuba na koje deluju sile fiksnih

ortodontskih aparata. U potrazi za odgovorima u do sada objavljenoj stručnoj literaturi nismo naišli na studije koje su se bavile ovom temom. Jedni od retkih autora koji su proučavali promene debljine alveolarne kosti kod ortodontski lečenih pacijenata bili su Otis i sar.³⁴⁵, mada su oni proučavali uticaj oblika alveolarne kosti i debljine njenog korteksa na resorpciju korena zuba. Njihova studija obuhvatila je 700 pacijenata kod kojih je završeno lečenje malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima. Kod svih ispitanika urađen je ortopantomogram u cilju utvrđivanja prisustva resorpcije korenova sekutića u donjoj vilici. Resorpcija korenova ovih zuba dijagnostikovana je kod 22 pacijenta kod kojih je nastavljeno dalje istraživanje analizom profilnog telerendgenograma glave u cilju merenja ukupne dužine zuba, dužine korena zuba, debljine kortikalne kosti i predela simfize. Rezultati ove studije pokazuju da dimenzije svih navedenih parametara ostaju relativno nepromenjene tokom pomeranja zuba fiksnim ortodontskim aparatima. Debljina kortikalne kosti i gustina trabekularne strukture kosti ne koreliraju značajno sa iznosom eksterne apikalne resorpcije korena sekutića. Na osnovu rezultata istraživanja autori zaključuju da gustina kortikalne kosti ne predstavlja značajan faktor u etiologiji eksterne apikalne resorpcije zuba. Autori naglašavaju da je PDP još jedna struktura koja može uticati na resorpciju korena zuba jer je poznato da se periodontalna vlakna reorganizuju tokom pomeranja zuba ortodontskim aparatima. Autori postavljaju pitanje da li je moguće da postoji veza između resorpcije korena zuba i promena širine PDP. Na ova pitanja još nema odgovora jer do sada nisu objavljene studije koje su se bavile ovom temom.

Da bismo otkrili šta se dešava sa širinom PDP tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima kod 35 ispitanika sprovedi smo pored merenja debljine kortikalne kosti i merenje širine PDP. Za razliku od Otisa i sar.³⁴⁵ koji su proučavali uticaj oblika alveolarne kosti i debljine njenog korteksa na resorpciju korena zuba, mi smo proučavali uticaj sila fiksnih ortodontskih aparata na debljinu kortikalne alveolarne kosti i širinu PDP. Takođe, našim ispitivanjem obuhvaćene su sve grupe zuba a ne samo sekutići donje vilice, a merenje promena debljine kortikalne alveolarne kosti i širine PDP sprovedi smo na kompjuterizovanim tomogramima. Debljina kortikalne kosti i širina PDP merena je na rekonstruisanom sagitalnom, rekonstruisanom transverzalnom i aksijalnom preseku i na dva nivoa korena zuba: gingivalnom i apikalnom. Merene strukture je najlakše bilo vizuelizovati na aksijalnom preseku korena zuba.

Upravo na aksijalnom preseku korena centralnih sekutića uočava se smanjenje debljine bukalne i oralne lamele kortikalne kosti i u gingivalnom i u apikalnom nivou korena zuba. Ovaj nalaz dobili smo i na rekonstruisanom sagitalnom preseku zuba s tim što se smanjenje debljine kortikalne kosti nije moglo tako jasno videti u sve četiri ispitivane tačke korena zuba kao na aksijalnom preseku. Najoskudniji nalaz dobili smo analizom rekonstruisanog transverzalnog preseka kompjuterizovanog tomograma na kome kortikalna kost uglavnom i nije bila vidljiva. Takođe, analiza rekonstruisanog sagitalnog i aksijalnog preseka centralnih sekutića pokazuje smanjenje širine PDP sa bukalne i mezijalne strane gingivalne trećine i bukalne i oralne strane apikalne trećine korena zuba. Rezultati naše studije pokazuju da se smanjenje debljine obe lamele kortikalne kosti u predelu lateralnih sekutića tokom trajanja ortodontske terapije može registrovati na sva tri preseka kompjuterizovanih tomograma. Za razliku od nepotpunih podataka o širini PDP lateralnih sekutića na rekonstruisanom sagitalnom preseku, aksijalni presek ovih zuba pokazuje smanjenje širine PDP sa bukalne i oralne strane gingivalne trećine korena, kao i oralne i distalne strane apikalne trećine korena ovih zuba. Analiza aksijalnog i rekonstruisanog sagitalnog preseka očnjaka pokazala je da je tokom delovanja sila fiksnih ortodontskih aparata na zube nastalo smanjenje debljine oralne kortikalne kosti u gingivalnoj i apikalnoj trećini korena, kao i smanjenje širine PDP sa mezijalne, distalne, bukalne i oralne strane korena zuba. Aksijalni presek gingivalne i apikalne trećine korenova prvih premolara pokazuje da se debljina bukalne i oralne lamele kortikalne kosti smanjuje tokom terapije malokluzija fiksnim aparatima, a sva tri preseka kompjuterizovanih tomograma pokazuju smanjenje širine PDP u nivou gingivalne trećine korena prvih premolara izuzev sa oralne strane korena zuba. Rezultati naše studije pokazuju da nisu nastale promene u širini PDP sa oralne strane apeksa korenova prvih premolara, ali da se širina PDP smanjila sa svih ostalih strana apeksa korenova ovih zuba. Metoda CT pokazuje smanjenje bukalne i oralne lamele kortikalne kosti u nivou apikalne i gingivalne trećine korena drugih premolara, kao i smanjenje širine PDP u gingivalnom nivou korenova drugih premolara izuzev na rekonstruisanom transverzalnom preseku gde se beleži povećanje širine istog. Na kraju, naši rezultati su pokazali da se debljina kortikalne kosti u gingivalnom i apikalnom nivou korenova prvih molara smanjuje tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima izuzev analize aksijalnog preseka koja pokazuje povećanje debljine kortikalne kosti sa

oralne strane vrha korena ovih zuba. Širina PDP se smanjuje oko gingivalne trećine korenova prvih molara, a samo neznatno povećava sa bukalne, oralne i distalne strane apeksa zuba.

Na osnovu naših rezultata možemo zaključiti da tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima dolazi do resorpcije kortikalne alveolarne kosti oko svih zuba na koje je aplikovana sila ovih aparata. Takođe, za vreme delovanja sila fiksnih aparata na zube nastaju i promene u širini PDP oko svih zuba. Ove promene se ogledaju uglavnom u smislu smanjenja širine PDP. Značaj našeg istraživanja ogleda se i u tome što smo ispitivali i preciznost različitih preseka kompjuterizovanih tomograma u postupku određivanja resorpcije korena zuba, alveolarne kosti, promena debljine kortikalne kosti i širine PDP. Na osnovu naših rezultata možemo zaključiti da je najprecizniji iznos resorpcije korenova sekutića i očnjaka dijagnostikovan analizom rekonstruisanog sagitalnog preseka kompjuterizovanih tomograma, dok se najprecizniji podaci o resorpciji korenova bočnih zuba dobijaju analizom njihovog transverzalnog preseka. Analizom aksijalnog preseka zuba najpreciznije smo odredili širinu PDP i debljinu kortikalne kosti.

Radiografske metode sa trodimenzionalnom rekonstrukcijom slike

Razvoj tehnologije CT od 2001. godine do danas, kao i prednosti trodimenzionalnog prikaza snimanih dentoalveolarnih struktura i vilica, doprineli su da se ovaj radiografski metod počne koristiti u ortodontskoj kliničkoj praksi. Pomoću metode CT ortodontima je olakšano dijagnostikovanje položaja impaktiranih zuba, skeletnih asimetrija vilica, planiranje kombinovanih ortodontsko-hirurških zahvata i preciznije otkrivanje patoloških procesa kao što su resorpcija korena zuba i alveolarne kosti tokom delovanja sila ortodontskih aparata na zube. U poslednje dve godine objavljeno je nekoliko studija koje su se bavile ispitivanjem resorptivnih procesa korena zuba tokom ortodontske terapije malokluzija pomoću dvodimenzionalnih ili trodimenzionalnih radiografija^{346,347,348,349}, međutim pitanje koje zaokuplja sve veću pažnju istraživača vezano je za dozu zračenja kojoj su pacijenti izloženi tokom rendgenskih snimanja. Postoje podaci da je ekspozicija pacijenata zračenju prilikom snimanja metodom CT 5 do 16 puta veća od one kojoj su pacijenti izloženi prilikom snimanja panoramskih radiografija^{350,351}, odnosno 2 do 4 puta veća od doze zračenja

koju pacijenti prime prilikom snimanja svih zuba obe vilice setom retroalveolarnih radiografija ³⁵². Zbog toga se o efektima radijacije, kao što su genetske mutacije i karcinogeneza, mora pažljivo razmišljati, naročito kada se zna da su oni direktno proporcionalni dozi zračenja ²⁸⁸. Čelije sa izraženom mitotičkom aktivnošću su posebno osetljive na radijaciju verovatno zbog promena u replikaciji dezoksiribonukleinske kiseline (DNK) i deobi ćelija. Ova činjenica je od naročitog značaja za ortodonte obzirom da su njihovi pacijenti većinom deca. Najnoviji rad iz oblasti rendgenske dozimetrije u ortodonciji objavili su 2012. godine Grünheld i sar. ³⁵³. Cilj ove studije bio je da se odredi doza zračenja kojoj je pacijent izložen upotrebom metode CBCT i dvodimenzionalnog panoramskog digitalnog snimanja koja se koriste u planiranju terapije malokluzija ortodontskim aparatima. Za potrebe istraživanja autori su koristili i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, Pensilvanija, SAD) aparat za trodimenzionalna i OP100/OC100 (Instrumentarium Dental, Tuusula, Finska) za digitalna dvodimenzionalna ortopantomografska snimanja. Doza zračenja oba aparata određivana je pri različitim podešavanjima njihovih parametara, kao što su dimenzija snimanog polja, veličina piksela, napon i trajanje ekspozicije pacijenta zračenju, jer je poznato da se promenom ovih karakteristika menja i doza zračenja koju aparat emituje ^{283,354}. Za očitavanje absorbovane doze zračenja korišćeni su termoluminescentni litijum-fluoridni dozimetri (TDL-100, Landauer, Glenwood, Illinois) postavljeni na nekoliko mesta na fantomima ljudske glave (RANDO, The Phantom Laboratory, Salem, Njujork). Dozimetri su aplikovani na delovima glave i vrata kod kojih je radiosenzitivnost najizraženija ^{283,352}, a zatim je izvršeno radiografisanje fantoma sa oba aparata. Rezultati dobijeni očitavanjem dozimetara pokazali su da je efektivna doza zračenja CBCT aparata standardne rezolucije i vremena snimanja 8.9s, u zavisnosti od veličine polja zračenja i drugih parametara, varirala od 64.7 do 69.2 μSv . Efektivna doza zračenja CBCT aparata visoke rezolucije i trajanja ekspozicije fantoma zračenju u iznosu od 17.8s varirala je od 127.3 do 131.3 μSv . Efektivne doze zračenja digitalnog ortopantomograma iznosila je 21.5 μSv , a lateralnog telerendgenograma glave 4.5 μSv . Na osnovu rezultata svoje studije autori zaključuju da je doza zračenja koji pacijenti absorbuju tokom upotrebe metode CBCT veća od one koju prime tokom izrade uobičajenih radiografija koje se rutinski koriste u ortodonciji. Sa druge strane, CBCT aparati emituju manju dozu zračenja od medicinskog skenera ^{281,287,355,356}. Međutim,

najvažnije je naglasiti da se efektivna doza zračenja može smanjiti redukcijom dimenzija polja zračenja.

Poređenje efektivne doze zračenja dva različita CBCT aparata, ortopantomografa, teleradiografa i multislajsnog skenera proučavali su Silva i sar.²⁸⁴. Za potrebe ove studije korišćeni su litijum-fluoridni dozimetri (Harshaw TLD-100H, Thermo Electron, Oakwood Village, Ohajo) koji su ugrađeni na 16 lokacija na antropomorfnom fantomu koje odgovaraju lokaciji tkiva najosetljivijih na zračenja kao što su štitna žlezda, koštana srž mandibularnog ramusa i trećeg kičmenog pršljena, hipofiza, parotidna pljuvačna žlezda i koža vrata. Za radiografisanje fantoma korišćeni su sledeći aparati: NewTom 9000 (QR, Verona, Italija), i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, Pensilvanija, SAD), Panoramic Orthophos Plus DS (Sirona Dental Systems, Bernsheim, Nemačka) i multislajсни skener (Somatom Sensation 64, Siemens Medical Solutions, Erlangen, Nemačka). Nakon radiografisanja fantoma određivane su primljene doze zračenja očitavanjem dozimetara za svaki ispitivani organ na osnovu kojih su odgovarajućom formulom izračunate ekvivalentne i absorbovane doze zračenja²⁸⁶. Rezultati ove studije su pokazali da je štitna žlezda primila najmanju dozu zračenja u iznosu od 13.1 μ Sv prilikom snimanja ortopantomograma i profilnog telerendgenograma glave. Sa druge strane, najvećoj dozi zračenja bili su izloženi organi tokom snimanja multislajsnim skenerom. Nema sumnje da je metod CT veoma koristan u oblasti ortodontske dijagnostike i planiranja terapije malokluzija zbog čega ne čudi činjenica da ova radiografska metoda sve više zamenjuje uobičajene dvodimenzionalne tehnike radiografisanja³⁵⁷. Ipak, pored prednosti koju trodimenzionalne radiografije imaju nad dvodimenzionalnim, u svakodnevnoj kliničkoj praksi moramo uvek pažljivo razmotriti da li je veći broj informacija koji kompjuterizovani tomogram pruža vredan izlaganju pacijenta većim dozama zračenja^{358,359}.

Kao što je napred rečeno, kod 35 ispitanika u našoj studiji urađen je kompjuterizovani tomogram pojedinih zuba pre početka i na kraju terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima. Početna trodimenzionalna radiografija snimljena je pomoću aparata 3D Accuitomo XYZ Slice View Tomograph (J. Morita Mfg Corp., Kjoto, Japan) kod 8 (22.9%) pacijenata, a završna kod samo 1 (2.9%) ispitanika. Takođe, početni trodimenzionalni tomogram na ovom aparatu snimili smo kod još 11

pacijenata, ali su ovi pacijenti isključeni iz istraživanja obzirom da se nisu odazvali na kontrolno radiografisanje nakon završene ortodontske terapije malokluzija i uklanjanja fiksnih aparata sa zuba. Tokom trajanja našeg istraživanja 2010. godine ukinut je rad aparata 3D Accuitomo XYZ Slice View Tomograph (J. Morita Mfg Corp., Kjoto, Japan) na Stomatološkom fakultetu u Beogradu pa smo, uz saglasnost Etičkog komiteta Stomatološkog fakulteta u Beogradu, završne kompjuterizovane tomografske radiografije kod 7 pacijenata čiji su zubi snimljeni na početku terapije fiksnim aparatima pomoću 3D Accuitomo aparata, izvršili pomoću MSCT aparata u Centru za radiološku dijagnostiku Stomatološkog fakulteta u Beogradu. Dakle, kod većine (77.1%) naših pacijenata pre postavke fiksnih aparata i kod svih izuzev jednog ispitanika (97.1%) na kraju ortodontske terapije kompjuterizovani tomogrami su urađeni pomoću metode MSCT. Da bi smanjili dozu zračenja kojoj su pacijenti izloženi tokom radiografisanja metodom MSCT, dimenzije polja zračenja su smanjene i ograničene na predeo jednog, dva ili tri susedna zuba.

Obzirom da smo tokom našeg istraživanja koristili i metodu CBCT i metodu MSCT važno je, pored doze zračenja koje emituju ovi aparati, uporediti i preciznost radiografija dobijenih pomoću ove dve metode. Studiju posvećenu ovoj temi objavljuju 2009. godine Liang i sar.²⁹⁶. Cilj njihovog istraživanja bio je da se uporedi geometrijska tačnost trodimenzionalnog prikaza modela mandibule dobijenog pomoću pet CBCT i jednog MSCT aparata. Model mandibule je postavljen u plastičnu posudu ispunjenu vodom da bi se simuliralo prisustvo mekih tkiva oko kosti vilice^{360,361}, a zatim je izvršeno radiografisanje pomoću pet CBCT aparata: NewTom 3G (Quantitative Radiology, Verona, Italija), Accuitomo 3D (Morita, Kyoto, Japan), i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA), GALILEOS (Sirona, Bensheim, Nemačka), Scanora 3D (Soredex, Tuusula, Finska) i jednog multislajsnog skenera Somatom Sensation (Siemens, Erlangen, Nemačka). Na osnovu aksijalnih tomografskih preseka rekonstruisane su slike trodimenzionalnog modela mandibule za svaki aparat. Radi komparacije preciznosti radiografija na njima je ucrtan veliki broj tačaka na istim mestima trodimenzionalnog modela mandibule. Superpozicijom svih šest trodimenzionalnih modela mandibule vršeno je njihovo geometrijsko poređenje. Rezultati su pokazali da metoda MSCT pokazuje veću geometrijsku preciznost snimanog objekta u odnosu na metodu CBCT. Ovo se može objasniti boljim kontrastom

slike i superiornijim detektorima na multislajmsnom skeneru u odnosu na do danas razvijene CBCT aparate ^{362,363}. Ipak, i pored veće geometrijske preciznosti metode MSCT u odnosu na metod CBCT, dosadašnje studije pokazuju da su podaci dobijeni pomoću obe metode klinički prihvatljivi ³⁶⁴.

Komparaciju tačnosti linearnih merenja izvršenih pomoću metoda CBCT i MSCT opisuju Loubele i sar. ²⁹⁸ u svojoj studiji objavljenoj 2007. godine. Model gornje vilice radiografisan je pomoću aparata Accuitomo 3D (Morita, Kjoto, Japan) i aparata za MSCT Somatom Sensation 16 (Siemens, Erlangen, Nemačka). Model vilice je predhodno pripremljen tako što su mali markeri od gutaperke zalepljeni na vrh i obe strane alveolarnog nastavka gornje vilice da bi se povlačenjem linija između ovih tačaka nakon radiografisanja dobila linearna merenja za upoređivanje tačnosti metode CBCT i MSCT. Rezultati su pokazali da je preciznost linearnih merenja dobijenih pomoću metode MSCT nešto veća (0.54 ± 1.14 mm) u odnosu na metodu CBCT (-0.09 ± 1.64 mm). Ipak, ta razlika nije statistički značajna pa autori zaključuju da i metod CBCT i metod MSCT imaju dobru submilimetarsku preciznost linearnih merenja. Slične rezultate dobijaju i Holberg i sar. ²⁷¹ upoređujući kvalitet slike dobijen pomoću metoda MSCT i CBCT, ali autori ističu da se bolja vizuelizacija PDP postiže upotrebom metode MSCT. Rezultati navedenih studija pokazuju da je neophodno da proizvođači aparata za CBCT poboljšaju algoritme za rekonstrukciju slike i povećaju njenu rezoluciju uz očuvanje doze zračenja koju emituju pri radiografisanju pacijenata na što nižem nivou. Na osnovu svega navedenog možemo zaključiti da preciznost metode MSCT potpuno opravdava njeno korišćenje u našoj studiji naročito ako se još jednom istakne da smo dozu primljenog zračenja kod svakog pacijenta redukovali korišćenjem polja zračenja malih dimenzija.

Na kraju možemo reći da metod CT ne može u potpunosti da zameni OPT koji i dalje ostaje primaran radiografski metod u oblasti ortodoncije, ali da u nekim slučajevima može dati mnogo preciznije podatke od metode OPT. Ukoliko se znaci resorpcije korena zuba uoče na ortopantomogramu tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima potrebno je dodatno radiografisanje kompjuterizovanom tomografijom da bi se odredio stepen resorptivnih promena i donela odluka o nastavku lečenja malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima ili skraćenju trajanja terapije.

VII. ZAKLJUČAK

Na osnovu radiografskih ispitivanja sprovedenih u ovoj studiji moguće je izvesti sledeće zaključke:

1. Sile fiksnih ortodontskih aparata dovode do smanjenja dužine korenova svih zuba u obe vilice koje klinički nije značajno i iznosi manje od 1mm.
2. Najveći stepen smanjenja dužine korenova zuba u gornjoj vilici registrovan je sa distalne strane vrha korena drugog premolara sa desne strane vilice i prvog premolara sa leve strane vilice, kao i sa mezijalne strane vrha korena drugog premolara sa leve strane gornje vilice.
3. Najmanji stepen smanjenja dužine korenova zuba u gornjoj vilici registrovan je sa distalne strane vrha korena lateralnog sekutića sa desne i leve strane vilice i prvog molara sa desne strane vilice. Tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima u gornjoj vilici smanjenje dužine korena zuba nije registrovano na vrhu korena očnjaka sa desne i leve strane vilice i prvog premolara sa desne strane gornje vilice.
4. Najveći stepen smanjenja dužine korenova zuba u donjoj vilici registrovan je na vrhu korena lateralnog sekutića sa leve strane vilice i prvog molara sa desne strane vilice. Najmanji stepen smanjenja korenova zuba u donjoj vilici registrovan je sa distalne strane vrha korena drugog premolara sa leve strane vilice.
5. Tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima registrovano je smanjenje visine alveolarne kosti uz sve četiri površine sekutića, očnjaka, premolara i molara u gornjoj i donjoj vilici koje klinički nije značajno i iznosi manje od 0,5 mm.
6. Najveći stepen smanjenja visine alveolarne kosti u gornjoj vilici registrovan je sa distalne strane lateralnih sekutića, dok je najmanji stepen smanjenja visine

alveolarne kosti registrovan sa distalne strane očnjaka i mezijalne strane drugih premolara.

7. Najveći stepen smanjenja visine alveolarne kosti u donjoj vilici registrovan je sa leve strane uz distalnu površinu centralnog sekutića i mezijalnu površinu prvog molara, a sa desne strane uz mezijalnu površinu centralnog sekutića i drugog premolara.
8. Tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima dolazi do resorpcije bukalne i oralne lamele kortikalne alveolarne kosti oko svih zuba u gornjoj i donjoj vilici.
9. Sile koje proizvode fiksni ortodontski aparati dovode do smanjenja širine PDP oko svih zuba u obe vilice.
10. Kompjuterizovana tomografija predstavlja precizniji radiografski metod u odnosu na ortopantomografiju za dijagnozu resorpcije korena zuba i alveolarne kosti kod pacijenata lečenih fiksnim ortodontskim aparatima.
11. Ukoliko je resorpcija korena zuba i alveolarne kosti registrovana na ortopantomogramu tokom terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima neophodno je sprovesti dopunsko snimanje kompjuterizovanom tomografijom.
12. Preciznost kompjuterizovane tomografije u dijagnostici i proceni stepena resorpcije korena zuba i alveolarne kosti uslovljena je pravilnim izborom preseka snimanja:
 - a) Ukupna dužina zuba, dužina korena zuba i visina alveolarne kosti može se odrediti na rekonstruisanom sagitalnom i transverzalnom preseku kompjuterizovanih tomograma.
 - b) Na sagitalnom preseku CT najpreciznije se može proceniti resorpcija korenova sekutića i očnjaka, visina alveolarne kosti sa bukalne i oralne strane sekutića i očnjaka, visina alveolarne kosti sa mezijalne i distalne strane premolara i molara, kao i debljina kortikalne kosti u predelu sekutića i očnjaka.

- c) Transverzalnim presekom CT najpreciznije se registruje resorpcija korena premolara i molara, visina alveolarne kosti sa mezijalne i distalne strane sekutića i očnjaka, visina alveolarne kosti sa bukalne i oralne strane premolara i molara, kao i debljina kortikalne kosti u predelu premolara i molara.
- d) Debljina bukalne i oralne lamele kortikalne kosti i širina PDP svih zuba najpreciznije se procenjuje na aksijalnom preseku korena zuba.

VIII. LITERATURA

1. VonderAhe G. Postretention status of maxillary incisors with root-end resorption. *Angle Orthod* 1973;3:247-55.
2. Remington DN, Joondeph DR, Artun J, Riedel RA, Chapko MK. Long-term evaluation of root resorption occurring during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;96:43-6.
3. Parker WS. Root resorption: long-term outcome. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:119-23.
4. Desai HM. Root resorption: another long-term outcome. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116(2):184-6.
5. Lyndon Carman L. Arrested root resorption during orthodontic treatment. *Am Soc Orthod Tr* 1936;171-7.
6. Kalkwarf KL, Krejci RF, Pao YC. Effect of apical root resorption on periodontal support. *J Prosthet Dent* 1986;56:317-9.
7. Ogaard B. Marginal bone support and tooth lengths in 19-year-olds following orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 1988;10(3):180-6.
8. Reitan K. Initial tissue behavior during apical root resorption. *Angle Orthod* 1974;44:63-82.
9. Owman- Moll P, Kurol J, Lundgren D. The effects of a four-fold increased orthodontic force magnitude on tooth movement and root resorptions: an intra-individual study in adolescents. *Eur J Orthod* 1996;3:287-94.
10. Kurol J, Owman- Moll P, Lundgren D. Time-related root resorption after application of a controlled continuous orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:303-10.
11. Reitan K. Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. *Angle Orthod* 1964;34:244-55.
12. Mc Fadden WM, Engstrom C, Engstrom H, Anholm JM. A study of the relationship between incisor intrusion and root shortening. *Am J Orthod* 1989;96:390-5.

13. Dermaut LR, DeMunck A. Apical root resorption of upper incisors caused by intrusive movement: a radiographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986;90:321-6.
14. Cotsopoulos G, Nanda R. An evaluation of root resorption incident to orthodontic intrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:543-48.
15. Harry MR, Sims MR. Root resorption in bicuspid intrusion: a scanning electron microscopic study. *Angle Orthod* 1982;52:235-58.
16. Taithongchai R, Sookkorn K, Killiany DM. Facial and dentoalveolar structure and the prediction of apical root shortening. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:296-302.
17. Stenvik A, Mjor IA. Pulp and dentine reactions to experimental tooth intrusion: a histologic study of the initial changes. *Am J Orthod* 1970;57:370-85.
18. Alexander SA. Levels of root resorption associated with continuous arch and sectional arch mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:321-4.
19. Blake M, Woodside DG, Pharoah MJ. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with the edgewise and Speed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:76-84.
20. 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;105:1-45.
21. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:311-20.
22. Mirabella AD, Artun J. Risk factors of apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:48-55.
23. Mirabella AD, Artun J. Prevalence and severity of apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Eur J Orthod* 1995;17:93-9.
24. Stuteville OH. Injuries caused by orthodontic forces and the ultimate results of these injuries. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1938;24:103-16.
25. Owman- Moll P, Kurol J, Lundgren D. Continuous versus interrupted orthodontic force related to early tooth movement and root resorption. *Angle Orthod* 1995;65:395-401.

26. Vlaskalic V, Boyd R, Baumrind S. Etiology and sequelae of root resorption. *Semin Orthod* 1998;4:124-31.
27. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment . Part 2. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;103:138-46.
28. Killiany DM. Root resorption caused by orthodontic treatment: an evidence-based review of literature. *Semin Orthod* 1999;5:128-33.
29. Harris EF, Kineret SE, Tolley EA. A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:301-9.
30. Linge B, Linge L. Apical root resorption in upper anterior teeth. *Eur J Orthod* 1983;5:173-83.
31. Rosenberg HN: An evaluation of the incidence and amount of apical root resorption and dilaceration occurring in orthodontically treated teeth, having incompletely formed roots at the beginning of Begg treatment. *Am J Orthod* 1972;61:524-5.
32. Kjaer I. Morphological characteristics of dentitions developing excessive root resorption during orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 1995;17:25-34.
33. Thair E, Sadowsky C, Schneider BJ. An assessment of treatment outcome in American Board of Orthodontics cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:335-42.
34. Phillips JR. Apical root resorption under orthodontic treatment. *Angle Orthod* 1955;25:1-22.
35. Becks H. Root resorption and their relation to pathologic bone formation. *Int J Orthod* 1936;22:455-78.
36. Newman WG. Possible etiologic factors in external root resorption. *Am J Orthod* 1975;67:522-39.
37. Odernick L. Nailbiting: frequency and association with root resorption. *Br J Orthod* 1985;12:78-81.
38. Levander E, Malmgren O, Eliasson S. Evaluation of root resorption in relation to two orthodontic treatment regimes: a clinical experimental study. *Eur J Orthod* 1994;16:223-8.
39. Rygh P. Orthodontic root resorption studied by electron microscopy. *Angle Orthod* 1977;47:1-16.

40. Rudolph CE. An evaluation of root resorption occurring during orthodontic treatment. *J Dent Res* 1940;19:367-71.
41. Lee RY, Artun J, Alonzo TA. Are dental anomalies risk factors for apical root resorption in orthodontic patients? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116:187-95.
42. Linge L, Linge BO. Patients characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;99:35-43.
43. Andreasen FM, Sewerin I, Mandel U, Andreasen JO. Radiographic assessment of simulated root resorption cavities. *Endod Dent Traumatol* 1987;3:21-7.
44. Ketcham A. A preliminary report of an investigation of root resorption of permanent teeth. *Int J Orthod Oral Surg Oral Radiol* 1927;13:97-127.
45. Ketcham A. A radiographic study of orthodontic tooth movement: a preliminary report. *J Am Dent Assoc* 1927;14:577-98.
46. Ketcham A. Progress report of an investigation of root resorption of permanent teeth. *Int J Orthod Oral Surg Oral Radiol* 1929;15:310-28.
47. Hemley S. The aetiology of root resorption of vital permanent teeth. *Bull NY State Dent Soc* 1938;5:7-18.
48. Becks H. Orthodontic prognosis: Evaluation of routine dento-medical examinations to determine good and poor risks. *Am J Orthod Oral Surg* 1939;25:610.
49. Rudolf CE. A comparative study in root resorption in permanent teeth. *J Am Dent Assoc* 1936;23:822-6.
50. Rudolf CE. An evaluation of root resorption occurring during orthodontic treatment. *J Dent Res* 1940;19:367-71.
51. Henry JL, Weinman JP. The pattern of resorption and repair of human cementum. *J Am Dent Assoc* 1951;42:170-280.
52. Langford SR, Sims MR. Root surface resorption, repair and periodontal attachment following rapid maxillary expansion in man. *Am J Orthod* 1982;81:108-15.
53. Vardimon AD, Graber TM, Voss LR, Lenke J. Determinants controlling iatrogenic external root resorption and repair during and after palatal expansion. *Angle Orthod* 1991;61:113-24.

54. Vardimon AD, Graber TM, Pitaru S. Repair process of external root resorption, subsequent to palatal expansion treatment. *Am J Orthod* 1993;103:120-30.
55. Massler M, Malone A. Root resorption in human permanent teeth. *Am J Orthod* 1954;40:619-33.
56. Hemley S. The incidence of root resorption of vital permanent teeth. *J Dent Res* 1941;20:133-41.
57. Jacobson O. Clinical significance of root resorption. *Am J Orthod* 1952;38:687-96.
58. Massler M, Perrault J. Root resorption in permanent teeth of young adults. *J Dent Child* 1954;21:158-64.
59. Pinsker L.J. Root resorption under orthodontic appliances as affected by corticosteroids in the rhesus monkey. *Int J Orthod* 1962;1:4-12.
60. Otto RL, Anholm JM, Engel GA. A comparative analysis of intrusion of incisor teeth achieved in adults and children according to facial type. *Am J Orthod* 1980;77:437-46.
61. Mirabella AD, Artun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod* 1995;108:48-55.
62. McNab S, Battistuta D, Taverne A, Symons AL. External root resorption following orthodontic treatment. *Angle Orthod* 2000;70:227-32.
63. Björn H, Halling A, Thyberg H. Radiographic assessment of marginal bone loss. *Odontol Revy* 1969;20:165-79.
64. Dougherty H.L. The effects of mechanical forces upon the mandibular buccal segments during orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1968;54:29-49,83-102.
65. Morse P.H. Resorption of upper incisors following orthodontic treatment. *Dent Pract* 1971;22:21-35.
66. Sjølien T, Zachrisson B.U. A method for radiographic assessment of periodontal bone support following orthodontic treatment. *Scand J Dent Res* 1973;81:210-7.
67. Sjølien T, Zachrisson BU. Periodontal bone support and tooth length in orthodontically treated and untreated persons. *Am J Orthod* 1973;64:28-37.
68. Goultschin J, Nitzan D, Azaz B. Root resorption. *Oral Surg* 1982;54(5):586-90.

69. Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwin A, Petrini L, Lundberg M. Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. *Am J Orthod* 1982;82(6):487-91.
70. Hemley S. The incidence of root resorption of vital permanent teeth. *J Dent Res* 1941;20:133-41.
71. Goldson L, Henrikson C.D. Root resorption during Begg treatment:A longitudinal roentgenologic study. *Am J Orthod* 1975;68:55.
72. Hollender L, Ronnerman A, Thilander B. Root resorption, marginal bone support and clinical crown length in orthodontically treated patients. *Eur J Orthod* 1980;2:197-205.
73. Melsen B, Agerbaek N, Markenstam G. Intrusion of incisors in adult patients with marginal bone loss. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989;96(3):232-41.
74. Oppenheim A. Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration. *Am J Orthod Oral Surg* 1942;28:263.
75. Harris E. Root resorption during orthodontic therapy. *Semin Orthod* 2000;6:183-94.
76. Sameshima G, Sinclair P. Predicting and preventing root resorption:PartI. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2001a;119:505-10.
77. Sameshima G, Sinclair P. Predicting and preventing root resorption:PartII. Treatment factors. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2001b;119:511-15.
78. Källestål C, Matsson L. Criteria for assessment of interproximal bone loss on bite-wing radiographs in adolescents. *J Clin Periodontol* 1989;16:300-4.
79. Björn A, Halling A. Clinical and roentgenographic examination of 697 Swedish recruits, year group 1980. *Swed Dent J* 1983;7:129-39.
80. Hollender L, Ronnerman A, Thilander B. Root resorption, marginal bone support and clinical crown length in orthodontically treated patients. *Eur J Orthod* 1980;5:197-205.
81. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: periapical vs panoramic films. *Angle Orthod* 2001;71:185-9.
82. Lydiatt DD, Hollins RR, Peterson G. Multiple idiopathic root resorption: diagnostic considerations. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod* 1989;67:208-10.

83. Owman-Moll P, Kurol J. The early reparative process of orthodontically induced root resorption in adolescents-location and type of tissue. *Eur J Orthod* 1998;20:727-32.
84. Weiland F. Constant versus dissipating forces in orthodontics: the effect on initial tooth movement and root resorption. *Eur J Orthod* 2003;25:335-42.
85. Mavragani M, Amundsen OC, Selliseth NJ, Brudvik P, Selvig KA. Early root alterations after orthodontic force application studied by light and scanning electron microscopy. *Eur J Orthod* 2004;26:119-28.
86. Mavragani M, Boe OE, Wisth PJ, Selvig KA. Changes in root length during orthodontic treatment: advantages for immature teeth. *Eur J Orthod* 2002;24:91-7.
87. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 1999;28:245-8.
88. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8:1558-64.
89. Honda K, Larheim TA, Johannessen S, Arai Y, Shinoda K, Westesson PL. Ortho cubic super-high resolution computed tomography: a new radiographic technique with application to the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;91:239-43.
90. Honda K, Larheim TA, Maruhashi K, Matsumoto K, Iwai K. Osseous abnormalities of the mandibular condyle: diagnostic reliability of cone beam computed tomography compare with helical computed tomography based on an autopsy material. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:152-7.
91. Honda K, Bjornland T. Image-guided puncture technique for the superior temporomandibular joint space: value of cone beam computed tomography (CBCT). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102:281-6.
92. Kijima N, Honda K, Kuroki Y, Sakabe J, Ejima K, Nakajima I. Relationship, between patient characteristics, mandibular head morphology and thickness of the roof of the glenoid fossa in symptomatic temporomandibular joints. *Dentomaxillofac Radiol* 2007;36:277-81.
93. Swennen GRJ, Mommaerts MY, Abeloos J, De Clercq C, Lamoral P, Neyt N, Casselman J, Schutyser F. A cone-beam CT based technique to augment the 3D virtual skull model with a detailed dental surface. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;38:48-57.

94. Nakajima A, Sameshima GT, Arai Y, Homme Y, Shimizu N, Dougherty Sr H. Two- and three-dimensional orthodontic imaging using limited cone-beam computed tomography. *Angle Orthod* 2005;75:895-903.
95. Sakabe R, Sakabe J, Kuroki Y, Nakajima I, Kijima N, Honda K. Evaluation of temporomandibular disorders in children using limited cone-beam computed tomography: a case report. *J Clin Pediatr Dent* 2006;31:14-6.
96. Tsiklakis K, Syriopoulos K, Stamatakis HC. Radiographic examination of the temporomandibular joint using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:196-201.
97. Honda K, Matumoto K, Kashima M, Takano Y, Kawashima S, Arai Y. Single air contrast arthrography for temporomandibular joint disorder using limited cone beam computed tomography for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:271-3.
98. Yajima A, Otonari-Yamamoto M, Sano T, Hayakawa Y, Otonari T, Tanabe K, Wakoh M, Mizuta S, Yonezu H, Nakagawa K, Yajima Y. Cone-beam CT (CB Throne) applied to dentomaxillofacial region. *Bull Tokyo Dent Coll* 2006;47:133-41.
99. Matsumoto K, Honda K, Sawada K, Tomita T, Araki M, Kakehashi Y. The thickness of the roof of the glenoid fossa in the temporomandibular joint: relationship to the MRI findings. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:357-64.
100. Terakado M, Hashimoto K, Arai Y, Honda M, Sekiwa T, Sato H. Diagnostic imaging with newly developed ortho cubic super-high resolution computed tomography (Ortho-CT). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;89:509-518.
101. Araki M, Kameoka S, Mastumoto N, Komiyama K. Usefulness of cone beam computed tomography for odontogenic myxoma. *Dentomaxillofac Radiol* 2007;36:423-7.
102. Nakagawa Y, Kobayashi K, Ishii H, Mishima A, Ishii H, Asada K, Ishibashi K. Preoperative application of limited cone beam computerized tomography as an assessment tool before minor oral surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002;31:322-6.
103. Ziegler CM, Woertche R, Brief J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31:126-30.
104. Lemkamp M, Filippi A, Berndt D, Lambrecht JT. Diagnostic possibilities of digital volume tomography. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2006;116:645-53.

105. Blessmann M, Pohlenz P, Blake FE, Lenard M, Schmelzle R, Heiland M. Validation of a new training tool for ultrasound as a diagnostic modality in suspected midfacial fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007;36:501-6.
106. Heiland M, Schulze D, Rother U, Schmelzle R. Postoperative imaging of zygomaticomaxillary complex fractures using digital volume tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:1387-91.
107. Araki K, Maki K, Seki K, Sakamaki K, Harata Y, Sakaino R, Okano T, Seo K. Characteristics of a newly developed dentomaxillofacial X-ray cone beam CT scanner (CBMercuryRay): system configuration and physical properties. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:51-9.
108. Korbmacher H, Kahl-Nieke B, Schollchen M, Heiland M. Value of two cone-beam computed tomography systems from an orthodontic point of view. *J Orofac Orthop* 2007;68:278-89.
109. Müssig E, Wortche R, Lux CJ. Indications for Digital Volume Tomography in Orthodontics. *J Orofac Orthop* 2005;66:241-9.
110. Wortche R, Hassfeld S, Lux CJ, Müssig E, Hensley FW, Krempien R, Hofele C. Clinical application of cone beam digital volume tomography in children with cleft lip and palate. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:88-94.
111. Closmann JJ, Schmidt BL. The use of cone beam computed tomography as an aid in evaluating and treatment planning for mandibular cancer. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:766-71.
112. Fullmer JM, Scarfe WC, Kushner GM, Alpert B, Farman AG. Cone beam computed tomographic findings in refractory chronic suppurative osteomyelitis of the mandible. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007;45:364-71.
113. Schulze D, Blessmann M, Pohlenz P, Wagner KW, Heiland M. Diagnostic criteria for the detection of mandibular osteomyelitis using cone-beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:232-5.
114. Cevidanes LH, Bailey LJ, Tucker Jr GR, Styner MA, Mol A, Phillips CL, Proffit WR, Turvey T. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. *Dentomaxillofac Radiol* 2005;34:369-75.
115. Cevidanes LH, Bailey LJ, Tucker SF, Styner MA, Mol A, Phillips CL, Proffit WR, Turvey T. Three-dimensional cone-beam computed tomography for assesment of mandibular changes after orthognathic surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:44-50.

116. Heiland M, Schulze D, Blake F, Schmelzle R. Intraoperative imaging of zygomaticomaxillary complex fractures using a 3D C-arm system. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2005;34:369-75.
117. Hatcher DC, Dial C, Mayorga C. Cone beam CT for pre-surgical assessment of implant sites. *J Calif Dent Assoc* 2003;31:825-33.
118. Moore WS. Cone beam CT: a new tool for esthetic implant planning. *Tex Dent J* 2005;122:334-40.
119. Nickenig HJ, Eitner S. Reliability of implant placement after virtual planning of implant positions using cone beam CT data and surgical (guide) templates. *J Craniomaxillofac Surg* 2007;35:207-11.
120. Gracco A, Lombardo L, Cozzani M, Siciliani G. Quantitative evaluation with CBCT of palatal bone thickness in growing patients. *Prog Orthod* 2006;7:164-74.
121. King KS, Lam EW, Faulkner MG, Heo G, Major PW. Predictive factors of vertical bone depth in the paramedian palate of adolescents. *Angle Orthod* 2006;76:745-51.
122. Poggio PM, Incorvati C, Velo S, Carano A. Safe zones: a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. *Angle Orthod* 2006;76:191-7.
123. Kim SH, Choi YS, Hwang EH, Chung KR, Kook YA, Nelson G. Surgical positioning of orthodontic miniimplants with guides fabricated on models replicated with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:82-9.
124. Peck JL, Sameshima GT, Miller A, Worth P, Hatcher DC. Mesiodistal root angulation using panoramic and cone beam CT. *Angle Orthod* 2007;77:206-13.
125. Lagavere MO, Hansen L, Harzer W, Major PW. Proposed reference point for 3-dimensional cephalometric analysis with cone-beam computerized tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:657-60.
126. Lagavere MO, Hansen L, Harzer W, Major PW. Plane orientation for standardization in 3-dimensional cephalometric analysis with computerized tomography imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:601-4.
127. Farman AG, Scarfe WC. Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone-beam computerized tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:257-65.

128. Harris EF, Robinson QC, Woods MA. An analysis of causes of apical root resorption in patients not treated orthodontically. *Quintessence Int* 1993;24:417-28.
129. Reitan K, Rygh P. Biomechanical principles and reactions. In: Graber T.M., Vanarsdall R.L. (eds.) *Orthodontics, current principles and techniques* 2nd edn. Mosby, St. Louis pp. 168-9.
130. Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment : a study of upper incisors. *Eur J Orthod* 1988;10:30-8.
131. Levander E, Bajka R, Malmgren O. Early radiographic diagnosis of apical root resorption during orthodontic treatment: a study of maxillary incisors. *Eur J Orthod* 1998;20:57-63.
132. Brin I, Tulloch J.F.C., Koroluk L, Philips C. External apical root resorption in Class II malocclusion: a retrospective review of 1- versus 2- phase treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2003;124:151-6.
133. Levander E, Malmgren O. Long-term follow-up of maxillary incisors with severe apical root resorption. *Eur J Orthod* 2000;22:85-92.
134. Al-Qawasmi RA, Hartsfield JK Jr, Everett ET, Flury L, Liu L, Foroud TM. Genetic predisposition to external apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:242-52.
135. Segal G, Schiffman P, Tuncay O. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofac Res* 2004;7:71-8.
136. Pizzo G, Licata ME, Guiglia R, Giuliana G. Root resorption and orthodontic treatment. Review of the literature. *Minerva Stomatol* 2007;56:31-44.
137. Hartsfield JK Jr, Everett ET, Al-Qawasmi RA. Genetic factors in external apical root resorption and orthodontic treatment. *Crit Rev Oral Biol Med* 2004;15:115-22.
138. Kaley J, Phillips C. Factors related to root resorption in edgewise practice. *Angle Orthod* 1991;61:125-32.
139. Thongudomporn U, Freer TJ. Anomalous dental morphology and root resorption during orthodontic treatment: a pilot study. *Aust Orthod J* 1998;15:162-7.
140. Ngan DCS, Kharbanda OP, Byloff FK, Darendeliler MA. The genetic contribution to orthodontic root resorption: a retrospective twin study. *Aust Orthod J* 2004;20:1-9.

141. Poumpros E, Loberg E, Engstrom C. Thyroid function and root resorption. *Angle Orthod* 1994;64:389-93.
142. Shirazi M, Dehpour AR, Jefari F. The effect of thyroid hormone on orthodontic tooth movement in rats. *J Clin Pediatr Dent* 1999;23:259-64.
143. McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL. External apical root resorption of posterior teeth in asthmatics after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1999;116(5):545-51.
144. Laurikainen K, Kuusisto P. Comparison of the oral health status and salivary flow rate of asthmatic patients with those of nonasthmatic adults – results of a pilot study. *Allergy* 1998;53:316-9.
145. Lenander Lumikari M, Laurikainen K, Kuusisto P, Vilja P. Stimulated salivary flow rate and composition in asthmatic and non-asthmatic adults. *Arch Oral Biol* 1998;43:151-6.
146. Xie Q, Wolf J, Tilvis R, Ainamo A. Resorption of mandibular canal wall in the edentulous aged population. *J Prosthet Dent* 1997;77:596-600.
147. Xie Q, Ainamo A, Tilvis R. Association of residual ridge resorption with systemic factors in home-living elderly subjects. *Acta Odontol Scand* 1997;55:299-305.
148. Otis L, Hong J, Tuncay O. Bone structure effect on root resorption. *Orthod Craniofac Res* 2004;21:165-77.
149. Goldie RS, King GJ. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient and lactating rats. *Am J Orthod* 1984;85:424-30.
150. Drysdale C, Gibbs SL, Ford TR. Orthodontic management of root-filled teeth. *Br J Orthod* 1996;23:255-60.
151. Wickwire NA, McNeil MH, Norton LA, Duell RC. The effects of tooth movement upon endodontically treated teeth. *Angle Orthod* 1974;44:235-42.
152. DeShields RW. A study of root resorption on treated class II division 2 malocclusions. *Angle Orthod* 1969;39:231-45.
153. Taner T, Ciger S, Sencift Y. Evaluation of apical root resorption following extraction therapy in subjects with class I and class II malocclusions *Eur J Orthod* 1999;21:491-6.
154. Fox N. Longer orthodontic treatment may result in greater external apical root resorption. *Evid Based Dent* 2005;6:21.

155. Barbagallo LJ, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 10. Comparison of the effects of invisible removable thermoplastic appliances with light and heavy orthodontic forces on premolar cementum. A microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:218-27.
156. Chan EKM, Darendeliler MA. Exploring the third dimension in root resorption. *Orthod Craniofac Res* 2004;7:64-70.
157. Chan E, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 5. Volumetric analysis of root resorption craters after application of light and heavy orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:186-95.
158. Chan E, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 5. Extent of root resorption under areas of compression and tension. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:504-10.
159. Harris DA, Jones AS, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum : part 8. Volumetric analysis of root resorption craters after application of controlled intrusive light and heavy orthodontic forces: a microcomputed tomography scan study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:639-47.
160. Han G, Huang S, Von den Hoff JW, Zeng X, Kuijpers-Jagtman AM. Root resorption after orthodontic intrusion and extrusion: an intraindividual study. *Angle Orthod* 2005;75:912-8.
161. Acar A, Canyurek U, Kocaaga M, Erverdi N. Continuous vs. discontinuous force application and root resorption. *Angle Orthod* 1999;69:159-63.
162. Reukers E, Sanderink G, Kuijpers-Jagtman AM, van,t Hof M. Assessment of apical root resorption using digital reconstruction. *Dentomaxillofac Radiol* 1998;27:25-9.
163. Mavragani M, Vergari A, Selliseth NJ, Boe OE, Wisth PJ. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with a standard edgewise and a straight-wire edgewise technique. *Eur J Orthod* 2000;22:665-74.
164. Beck BW, Harris EF. Apical root resorption in orthodontically treated subjects: Analysis of edgewise and light wire mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;105:350-61.
165. Merrifield LL, Cross JJ. Directional forces. *Am J Orthod* 1970;57:435-64.
166. Sandusky WC Jr, Gramlin JF. The edgewise technique. In: Hardin JF, ed. *Clarks clinical dentistry*. Philadelphia: JB Lippincott, 1988;2:1-29.

167. Perlow . A critique of the Begg technique from the standpoint of biomechanics. *Am J Orthod* 1968;54:407-32.
168. Huckaba GW. The Begg technique. In: Hardin JF, ed. *Clarks clinical dentistry*. Philadelphia: JB Lippincott, 1988;2:1-29.
169. Harris EF, Baker WC. Loss of root length and crestal alveolar bone height before and during treatment in adolescent and adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:463-9.
170. Buehler WL, Gilfrick JV, Wiley RC. Effect of low-temperature phase changes on the mechanical properties of alloys near compression TiNi. *J Appl Physics* 1963;34:1475-7.
171. Andreasen GF, Barrett RD. An evaluation of cobalt-substituted nitinol wire in orthodontics. *Am J Orthod* 1973;63:462-70.
172. Burstone CJ, Qin B, Morton JY. Chinese NiTi wire: A new orthodontic alloy. *Am J Orthod* 1985;87:445-52.
173. Miura F, Moji M, Ohura Y, Hamanaka H. The super-elastic property of the Japanese NiTi alloy wire for use in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986;90:1-10.
174. Viazis AD. Orthodontic seminar syllabus. University of South California, 1995.
175. Viazis AD. Bioefficient Therapy. *J Clin Orthod* 1995;29:552-68.
176. Janson GR, De Luca Canto G, Martins DR, Henriques JF, De Freitas MR. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with 3 different fixed appliance techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:262-73.
177. Fritz U, Diedrich P, Wiechmann D. Lingual technique-patients characteristics, motivation and acceptance. *J Orofac Orthop* 2002;63:227-33.
178. Wiechmann D. Lingual orthodontics (Part 1): Laboratory procedure. *J Orofac Orthop* 1999;60:371-9.
179. Fritz U, Diedrich P, Wiechmann D. Apical root resorption after lingual orthodontic therapy. *J Orofac Orthop* 2003;64:434-42.
180. Scott P, DiBiase AT, Sherriff M, Cobourne MT. Alignment efficiency of Damon3 self-ligating and conventional orthodontic bracket systems: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:470.e 1-8.

181. Sharpe W, Reed B, Subtelny D, Polson A. Orthodontic relapse, apical root resorption and crestal alveolar bone levels. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1987;91(3):252-8.
182. Copeland S, Green L. Root resorption in maxillary central incisors following active orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1986;89(1):51-5.
183. Mavragani M, Apisariyakul J, Brudvik P, Selvig KA. Is mild dental invagination a risk factor for apical root resorption in orthodontic patients? *Eur J Orthod* 2006;28:307-12.
184. Soames JV, Southam JC. Odontomes and odontogenic tumours. In: Oral pathology. Oxford University Press Inc., Oxford, 269-72.
185. Kronfeld R. Dens in dente. *J Dent Res* 1934;14:49-69.
186. Ruprecht A, Sastry KARH, Batniji S, Lambourne A. The clinical significance of dental invagination. *J Pedod* 1987;11:176-81.
187. Ferrer D. Are dental anomalies risk factors for apical root resorption in orthodontic patients? Today's FDA official monthly journal of the Florida Dental Association 2002;14:27.
188. Oehlers FAC. Dens invaginatus (dilated composite odontome). Variations of the invagination process and associated anterior crown forms. *Oral Surg Oral Med Oral Path* 1957;10:1204-18.
189. Frantz D. Apical root resorption in the anterior open-bite malocclusion. Master's Thesis, University of Washington, 1965.
190. Rudolph CE. A comparative study in root resorption in permanent teeth. *J Am Dent Assoc* 1936;23:822-6.
191. Kennedy D, Joondeph D, Osterberg S, Little R. The effect of extraction and orthodontic treatment on dentoalveolar support. *Am J Orthod* 1983;84(3):183-90.
192. Baxter D.H. The effect of orthodontic treatment on alveolar bone adjacent to the cemento-enamel junction. *Angle Orthod* 1967;37:35-47.
193. Miller SC. Textbook of periodontia. Blakiston Company, Philadelphia, 1938.
194. Jönsson A, Malmgren O, Levander E. Long-term follow-up of tooth mobility in maxillary incisors with orthodontically induced apical root resorption. *Eur J Orthod* 2007;29:482-7.

195. Harris E, Butler M. Patterns of incisor root resorption before and after orthodontic correction in cases with anterior open bites. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1992;101(2):112-9.
196. Black GV. Descriptive anatomy of the human teeth. 4th ed. Philadelphia: SS White Dental Manufacturing Co., 1902:14.
197. Hendrix I, Carels C, Kuijpers-Jagtman AM, Van 'T Hof M. A radiographic study of posterior apical root resorption in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1994;105:345-9.
198. Apajalahti S, Peltola JS. Apical root resorption after orthodontic treatment - a retrospective study. *Eur J Orthod* 2007;29(4):408-12.
199. Leach HA, Ireland AJ, Whaites EJ. Radiographic diagnosis of root resorption in relation to orthodontics. *Br Dent J* 2001;190(1):16-22.
200. Stramotas S, Geenty J, Petocz P, Darendeliler MA. Accuracy of linear and angular measurements on panoramic radiographs taken at various positions *in vitro*. *Eur J Orthod* 2002;24(1):43-52.
201. Lascala CA, Panella J, Marques MM. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom). *Dentomaxillofacial Radiol* 2004;33:291-4.
202. Agbaje JO, Jacobs R, Maes K, van Steenberghe D. Volumetric analysis of extraction sockets using cone beam computed tomography: a pilot study on ex vivo jaw bone. *J Clin Periodontol* 2007;34:985-90.
203. Klenk G, Kovacs A. Do we need three-dimensional computed tomography in maxillofacial surgery? *J Craniofac Surg* 2004;15:842-50.
204. Trope M, Pettigrew J, Petras J, Barnett F, Tronstad L. Differentiation of radicular cyst and granulomas using computerized tomography. *Endod Dent Traumatol* 1989;5:69-72.
205. Mah J, Enciso R, Jorgensen M. Management of impacted cuspids using 3-D volumetric imaging. *J Calif Dent Assoc* 2003;31:126-30.
206. Danforth RA, Peck J, Hall P. Cone beam volume tomography: an imaging option for diagnosis of complex mandibular third molar anatomical relationships. *J Calif Dent Assoc* 2003;31:847-52.
207. Eggers G, Mukhamadiev D, Hassfeld S. Detection of foreign bodies of the head with digital volume tomography. *Dentomaxillofacial Radiol* 2005;34:74-9.

208. Nair MK, Nair UDP, Grondahl HG, Webber RL, Wallace JA. Detection of artificially induced vertical radicular fractures using tuned aperture computed tomography. *Eur J Oral Sci* 2001;109:375-9.
209. Tanrikulu R, Erol B. Comparison of computed tomography with conventional radiography for midfacial fractures. *Dentomaxillofacial Radiol* 2001;30:141-6.
210. Blinkhorn FA. The aetiology of dento-alveolar injuries and factors influencing attendance for emergency care of adolescents in the north west of England. *Endod Dent Traumatol* 2000;16:162-5.
211. Kositbowornchai S, Nuansakul R, Sikram S, Sinahawattana S, Saengmontri S. Root fracture detection: a comparison of direct digital radiography with conventional radiography. *Dentomaxillofacial Radiol* 2001;30:106-9.
212. Scarfe WC. Imaging of maxillofacial trauma: evolutions and emerging revolutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100(2):75-96.
213. Cohenca N, Simon JH, Rogers R, Marag Y, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 1: traumatic injuries. *Dental Traumatol* 2007;23:95-104.
214. Cohenca N, Simon JH, Mathur A, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dental Traumatol* 2007;23:105-13.
215. Shintaku WH, Venturin JS, Azevedo B, Noujeim M. Applications of cone-beam computed tomography in fractures of the maxillofacial complex. *Dental Traumatol* 2009;25:358-66.
216. Eggers G, Muhling J, Hofele C. Clinical use of navigation based on cone-beam computer tomography in maxillofacial surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2009;47:450-4.
217. Eggers G, Muhling J, Marmulla R. Image-to-patient registration techniques in head surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006;35:1081-95.
218. Eggers G, Muhling J, Marmulla R. Template-based registration for image guided maxillofacial surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:1330-6.
219. Hümmeke S, Voßhans J, Esser E. Navigierte Implantatchirurgie im klinisches Einsatz. *Z Zahnärztl Impl* 2004;20:80-5.
220. Köseglu BG, Gumru O, Kocaelli HA. Lower third molar displaced in the sublingual space. *Dentomaxillofacial Radiol* 2002;31:393.

221. Mahmood S, Lello GE. Tooth in the nasopharynx. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2002;40:448-9.
222. Paoli JR, Dekeister C. A tooth in the orbit. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2001;39:327.
223. Hilgers ML, Scarfe WC, Scheetz JP, Farman AG. Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:803-11.
224. Hueman EM, Noujeim ME, Langlais RP, Prihoda TJ, Miller FR. Accuracy of cone beam computed tomography in determining the location of the genial tubercle. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2007;137:115-8.
225. Mintz SM, Ettinger AC, Geist JR. Anatomic relationship of the genial tubercles to the dentition as determined by cross-sectional tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 1995;53:1324-6.
226. Hennessee J, Miller FR. Anatomic analysis of the genial bone advancement Trephine Systems effectiveness at capturing the genial tubercle and its muscular attachments. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005;133:229-33.
227. Erickson M, Caruso JM, Leggitt L, Newtom QR-DVT 9000 imaging used to confirm a clinical diagnosis of iatrogenic mandibular nerve paresthesia. *CDA J* 2003;31:843-5.
228. Nakagawa K, Ueki K, Matsumoto N, Takatsuka S, Yamamoto E, Ooe H. The assessment of trigeminal sensory nerve paraesthesia after bilateral sagittal split osteotomy. *J Craniomaxillofac Surg* 1997;25:97-101.
229. Abbott PV. Lower lip paraesthesia following restoration of a second premolar tooth. Case report. *Aust Dent J* 1997;42:297-301.
230. Krogstad O, Omland G. Temporary paresthesia of the lower lip: a complication of orthodontic treatment. A case report. *Br J Orthod* 1997;24:13-5.
231. Ludlow JB, Laster WS, See M, Bailey LJ, Hershey HG. Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:534-42.
232. Cavalcanti MG, Haller JW, Vannier MW. Three-dimensional computed tomography landmark measurement in craniofacial surgical planning: experimental validation in vitro. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57:690-4.

233. Maki K, Inou N, Takanishi A, Miller AJ. Computed-assisted simulations in orthodontic diagnosis and the application of a new cone beam X-ray computed tomography. *Orthod Craniofac Res* 2003;6(1):95-101.
234. Vannier MW. Craniofacial computed tomography scanning: technology, applications and future trends. *Orthod Craniofac Res* 2003;6(1):23-30.
235. Van Assche N, van Steenberghe D, Guerrero ME, Hirsch E, Schutyser F, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study. *J Clin Periodontol* 2007;34:816-21.
236. Vazquez L, Saulacic N, Belser U, Bernard JP. Efficacy of panoramic radiographs in the preoperative planning of posterior mandibular implants: a prospective clinical study of 1527 consecutively treated patients. *Clin Oral Impl Res* 2008;19:81-5.
237. Bolin A, Eliasson S, von Beetzen M, Jansson L. Radiographic evaluation of mandibular posterior implant sites: correlation between panoramic and tomographic determinations. *Clin Oral Impl Res* 1996;7:354-9.
238. Guerrero ME, Jacobs R, Loubele M, Schutyser F, Suetens P, van Steenberghe D. State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clin Oral Invest* 2006;10:1-7.
239. Chau ACM, Fung K. Comparison of radiation dose for implant imaging using conventional spiral tomography, computed tomography and cone-beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:559-65.
240. Jacobs R, van Steenberghe D. Radiographic planning and assessment of endosseous oral implants. Berlin: Springer, 1998.
241. BouSerhal C, Jacobs R, Quirynen M, van Steenberghe D. Imaging technique selection for the preoperative planning of oral implants: a review of the literature. *Clin Impl Dent Res* 2002;4:156-72.
242. Mraiwa N, Jacobs R, van Steenberghe D, Quirynen M. Clinical assessment and surgical implications of anatomic challenges in the anterior mandible. *Clin Impl Dent Res* 2003;5:219-25.
243. Quirynen M, Mraiwa N, van Steenberghe D, Jacobs R. Morphology and dimensions of the mandibular jaw bone in the interforaminal region in patients requiring implants in the distal areas. *Clin Oral Impl Res* 2003;14:280-5.

244. Akdeniz BG, Gröndahl HG, Magnusson B. Accuracy of proximal caries depth measurements: comparison between limited cone beam computed tomography, storage phosphor and film radiography. *Caries Res* 2006;40:202-7.
245. Tsuchida R, Araki K, Okano T. Evaluation of a limited cone-beam volumetric imaging system: comparison with film radiography in detecting incipient proximal caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104:412-6.
246. Patel S, Dawood A. The use of cone beam computed tomography in the menagement of external cervical resorption lesions. *Int Endo J* 2007;40:730-7.
247. Sogur E, Baks BG, Gröndahl HG. Imaging of root canal fillings: a comparison of subjective image quality between limited cone-beam CT, storage phosphor and film radiography. *Int Endo J* 2007;40:179-85.
248. Huybrechts B, Bud M, Bergmans L, Lambrechts P, Jacobs R. Void detection in root fillings using intraoral analouge, intraoral digital and cone beam CT images. *Int Endo J* 2009;42:675-85.
249. Bender IB, Selzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: I. *J Am Dent Assoc* 1961;62:152-60.
250. Bender IB, Selzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: II. *J Am Dent Assoc* 1961;62:708-16.
251. Wallace JA, Nair MK, Colaco MF, Kapa SF. A comparative evaluation of the diagnostic efficacy of film and digital sensors for detection of simulated periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;92:93-7.
252. Shoha RR, Dowson J, Richards AG. Radiographic interpretation of experimentally produced bone lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1974;38:294-303.
253. Scarfe WC, Czerniejewski VJ, Farman AG, Avant SL, Molteni R. In vivo accuracy and relisbility of color-coded image enhancements for the assessment of periradicular lesion dimensions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;88:603-11.
254. Marmary Y, Koter T, Heling I. The effect of periapical rarefying osteitis on cortical and cancellous bone. A study comparing conventional radiographs with computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 1999;28:267-71.

255. Lofthag-Hansen S, Huumonen S, Gröndahl K, Gröndahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:114-9.
256. Patel S, Dawood A, Pitt Ford T, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endo J* 2007;40:818-30.
257. Tsurumachi T, Honda K. A new cone beam computerized tomography system for use in endodontic surgery. *Int Endo J* 2007;40:224-32.
258. Rud J, Rud V. Surgical endodontics of upper molars: relation to the maxillary sinus and operation in acute state of infection. *J Endod* 1998;24:260-1.
259. Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T. New dimensions in endodontic imaging: Part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endo J* 2009;42:447-62.
260. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endo J* 2009;42:463-75.
261. Velvart P, Hecker H, Tillinger G. Detection of the apical lesion and the mandibular canal in conventional radiography and computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;92:682-8.
262. Low MTL, Dula KD, Burgin W, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *J Endod* 2008;34:557-62.
263. Cury PR, Araujo NS, Bowie J, Sallum EA, Jeffcoat MK. Comparison between subtraction radiography and conventional radiographic interpretation during long-term evaluation of periodontal therapy in Class II furcation defects. *J Periodontol* 2004;75:1145-9.
264. Young SJ, Chaibi MS, Graves DT, Majzoub Z, Boustany F, Cochran D. Quantitative analysis of periodontal defects in a skull model by subtraction radiography using a digital imaging device. *J Periodontol* 1996;67:763-9.
265. Almog DM, LaMar J, LaMar FR, LaMar F. Cone beam computerized tomography-based dental imaging for implant planning and surgical guidance. Part I: Single implant in the mandibular molar region. *J Oral Implantol* 2006;32:77-82.
266. Misch KA, Yi ES, Sarment DP. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. *J Periodontol* 2006;77:1261-6.

267. Walter C, Kaner D, Berndt DC. Three-dimensional imaging as a pre-operative tool in decision making for furcation surgery. *J Clin Periodontol* 2009;36:250-7.
268. Vandenberghe B, Jacobs R, Yang J. Diagnostic validity (or acuity) of 2D CCD versus 3D CBCT- images for assessing periodontal breakdown. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104:395-401.
269. Mol A. Imaging methods in periodontology. *Periodontol 2000* 2004;34:34-48.
270. Eickholz P, Hausmann E,. Accuracy of radiographic assessment of interproximal bone loss in intrabony defects using linear measurements. *Eur J Oral Sci* 2000;108:70-3.
271. Holberg C, Steinhäuser S, Geis P, Rudzki-Janson I. Cone-beam computed tomography in orthodontics: benefits and limitations. *J Orofac Orthop* 2005;66:434-44.
272. Ericson S, Kurol J. Incisor root resorptions due to ectopic maxillary canines imaged by computerized tomography: a comparative study in extracted teeth. *Angle Orthod* 2000;70:276-83.
273. Ericson S, Kurol J. Resorption of incisors after ectopic eruption of maxillary canines: a CT study. *Angle Orthod* 2000;70:415-23.
274. Böhm B, Hirschfelder U. Localization of lower right molars in a panoramic radiograph, lateral cephalogram and dental CT. *J Orofac Orthop* 2000;61:237-45.
275. Hirschfelder U. Radiological survey imaging of the dentition: dental CT versus ortopantomography. *J Orofac Orthop* 1994;55:14-20.
276. Kim KD, Ruprecht A, Jeon KJ. Personal computer-based three-dimensional computed tomographic images of the teeth for evaluation supernumerary or cstopically impacted teeth. *Angle Orthod* 2003;73:614-21.
277. Mah J, Hatcher D. Three-dimensional craniofacial imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:308-9.
278. Hatcher DC, Aboudara CL. Diagnosis goes digital. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:512-5.
279. Schulze D, Heiland M, Schmelzle R, Rother UJ. Diadnostic possibilities of cone-beam computed tomography in the facial skeleton. *Int Congress Ser* 2004;1268:1179-83.
280. Danforth RA, Dus I, Mah J. 3-D volume imaging for dentistry: a new dimension. *CDA J* 2003;31:817-23.

281. Swennen GRJ, Schutyser F. Three-dimensional cephalometry: spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:410-6.
282. Frederiksen NL, Benson BW, Sokolowski TW. Effective dose and risk assessment from film tomography used for dental implant diagnostics. *Dentomaxillofac Radiol* 1994;23:123-7.
283. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howeerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:219-26.
284. Garcia Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:640.e1-640.e5.
285. Underhill TE, Chilvarquer I, Kimura K, Langlais RP, McDavid WD, Preece JW. Radiobiologic risk estimation from dental radiology. Part I. Absorbed doses to critical organs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1988;66:111-20.
286. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann ICRP* 1991;21:1-201.
287. Cohnen M, Kemper J, Mobes O, Pawelzik J, Modder U. Radiation dose in dental radiology. *Eur Radiol* 2002;12:634-7.
288. Brooks SL. CBCT dosimetry: orthodontic considerations. *Semin Orthod* 2009;15(1):14-8.
289. Yang F, Jacobs R, Willems G. Dental age estimation through volume matching of teeth imaged by cone-beam CT. *Forensic Sci Int* 2006;159 Suppl 1:S78-83.
290. Bosmans N, Peirs A, Aly M, Willems G. The application of Kvaals dental age calculation technique on panoramic dental radiographs. *Forensic Sci Int* 2005;153:208-12.
291. Morse DR. Age-related changes of the dental pulp complex and their relationship to systemic aging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;72:721-45.
292. Katsumata A, Hirukawa A, Noujeim M, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, Arijji E, Langlais RP. Image artifact in dental cone-beam CT. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101:652-7.

293. Katsumata A, Hirukawa A, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, Ariji E, Langlais RP. Effects of image artifacts on gray-value density in limited-volume cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104:829-36.
294. Van Daatselaar AN, Dunn SM, Spoelder HJ, Germans DM, Renambot L, Bal HE. Feasibility of local CT of dental tissues. *Dentomaxillofac Radiol* 2003;32:173-80.
295. Hashimoto K, Kawashima S, Araki M, Iwai K, Sawada K, Akiyama Y. Comparison of image performance between cone-beam computed tomography for dental use and four-row multidetector helical CT. *J Oral Sci* 2006;48:27-34.
296. Liang X, Lambrechts I, Sun Y, Denis K, Hassan B, Li L, Pauwels R, Jacobs R. A comparative evaluation of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) and Multi-Slice CT (MSCT). Part II: On 3D model accuracy. *Eur J Radiol* 2009;1-5.
297. Loubele M, Maes F, Schutsyser F, Marchal G, Jacobs R, Suetens P. Assessment of bone segmentation quality of cone-beam CT versus multislice spiral CT: a pilot study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102:225-34.
298. Loubele M, Van Assche N, Carpentier K, Maes F, Jacobs R, van Steenberghe D, Suetens P. Comparative localized linear accuracy of small-field cone-beam CT and multislice CT for alveolar bone measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105:512-8.
299. Nakayama E, Sugiura K, Ishibashi H, Oobu K, Kobayashi I, Yoshiura K. The clinical and diagnostic imaging findings of osteosarcoma of the jaw. *Dentomaxillofac Radiol* 2005;34:182-8.
300. Dos Santos DT, Costa e Silva APA, Vannier MW, Cavalcanti MGP. Validity of multislice computerized tomography for diagnosis of maxillofacial fractures using an independent workstation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;98:715-20.
301. Mahasantipiya PM, Savage NW, Monsour PAJ, Wilson RJ. Narrowing of the inferior dental canal in relation to the lower third molars. *Dentomaxillofac Radiol* 2005;34:154-63.
302. Flohr TG, Schaller S, Stierstorfer K, Bruder H, Ohnesorge BM, Schoepf UJ. Multi-detector row CT systems and image-reconstruction techniques. *Radiology* 2005;235:756-73.
303. Jaffe TA, Nelson RC, Johnson GA, Lee ER, Yoshizumi TT, Lowry CR, Bullard AB, Delong DM, Paulson EK. Optimization of multiplanar reformations

- from isotropic data sets acquired with 16-detector row helical CT scanner. *Radiology* 2006;238:292-9.
304. Hashimoto K, Arai Y, Iwai K, Kawashima S, Terakado M. A comparison of a new limited cone-beam computed tomography machine for dental use with a multidetector row helical CT machine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:371-7.
305. Honda K, Arai Y, Kashima M, Takano Y, Sawada K, Ejima K, Iwai K. Evaluation of the usefulness of the limited cone-beam CT (3DX) in the assessment of the thickness of the roof of the glenoid fossa of the temporomandibular joint. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:391-5.
306. Loubele M, Jacobs R, Maes F. Image quality vs radiation dose of four cone beam computed tomography scanners. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:309-19.
307. Cavalcanti MPG, Rocha SS, Vannier MW. Craniofacial measurements based on 3D-CT volume rendering: implications for clinical applications. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:170-6.
308. Jacobs R. Preoperative radiologic planning of implant surgery in compromised patients. *Periodontol* 2000;33:12-25.
309. Kobayashi K, Shimoda S, Nakagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurements of distance using limited cone beam computerized tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:2283.
310. Tantanapornkul W, Okouchi K, Fujiwara Y, Yamashiro M, Maruoka Y, Ohbayashi N, Kurabayashi T. A comparative study of cone-beam computed tomography and conventional panoramic radiography in assessing the topographic relationship between the mandibular canal and impacted third molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:253-9.
311. Valmaseda-Castellon E, Berini-Aytes L, Gay-Escoda C. Inferior alveolar nerve damage after lower third molar surgical extraction: a prospective study of 1117 surgical extractions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;92:377-83.
312. Sedaghatfar M, August MA, Dodson TB. Panoramic radiographic findings as predictors of inferior alveolar nerve exposure following third molar extraction. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:3-7.
313. Maegawa H, Sano K, Kitagawa Y, Ogasawara T, Miyauchi K, Sekine J. Preoperative assessment of the relationship between the mandibular third molar and the mandibular canal by axial computed tomography with coronal and

- sagittal reconstruction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:639-46.
314. Öhman A, Kivijärvi K, Blombäck U, Flygare L. Preoperative radiographic evaluation of lower third molars with computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:30-5.
315. Scarfe WC, Eraso FE, Farman AG. Characteristics of the orthopantomograph OP100. *Dentomaxillofac Radiol* 1998;27:51-7.
316. Samawi SSB, Burke PH. Angular distortion in the ortopantomogram. *Br J Study Orthod* 1984;11:100-7.
317. Lucchesi MV, Wood RE, Nortje CJ. Suitability of the panoramic radiograph for assessment of mesiodistal angulation of teeth in the buccal segments of the mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;94:303-10.
318. Dudic A, Giannopoulou C, Martinez M, Montet X, Kiliaridis S. Diagnostic accuracy of digitized periapical radiographs validated against micro-computed tomography scanning in evaluating orthodontically induced apical root resorption. *Eur J Oral Sci* 2008;116:467-72.
319. Dudic A, Giannopoulou C, Leuzinger M, Kiliaridis S. Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:434-7.
320. Chapnick L. External root resorption: an experimental radiographic evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1989;67:578-82.
321. Westphalen VP, Gomes de Moraes I, Westphalen FH, Martins WD, Souza PH. Conventional and digital radiographic methods in the detection of simulated external root resorptions: a comparative study. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:233-5.
322. Vergsteeg CH, Sanderink GC, Van Der Stelt PF. Efficacy of digital intra-oral radiography in clinical dentistry. Review. *J Dent* 1997;25:215-24.
323. Weltman B, Vig KW, Fields HW, Shanker S, Kaizar EE. Root resorption associated with orthodontic tooth movement: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:462-76.
324. Nigul K, Jagomagi T. Factors related to apical root resorption of maxillary incisors in orthodontic patients. *Stomatologija* 2006;8:76-9.

325. Mayoral G. Treatment results with light wires studied by panoramic radiography. *Am J Orthod* 1982;81:489-97.
326. Grant D, Bernick S. The periodontium of ageing humans. *J Periodontol* 1972;43:660-7.
327. Zander HA, Hürzeler B. Continuous cementum apposition. *J Dent Res* 1958;37:1035-44.
328. Van der Linden FPGM, Duterloo HS. Development of the human dentition-an atlas. Harper and Row Publishers, Hagerstown, Maryland.
329. Ash MM, Ramfjord SP. Occlusion, 4th edn. W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA.
330. Bäckmen N, Holm A, Keskitalo E, Gustafsson L. Dental health of national servicemen in Umeå. *Swed Dent J* 1981;5:129-39.
331. Gjermo P, Bellini H, Santos V, Martins J, Ferracyoli J. Prevalence of bone loss in a group of Brazilian teenagers assessed on bite-wing radiographs. *J Clin Periodontol* 1984;11:104-13.
332. Hansen F, Gjermo P, Bergwitz-Larsen R. Periodontal bone loss in 15-year-old Norwegians. *J Clin Periodontol* 1984;11:125-31.
333. Hugoson A, Koch G, Rylander H. Prevalence and distribution of gingivitis-periodontitis in children and adolescents. Epidemiological data as a base for risk group selection. *Swed Dent J* 1981;5:91-103.
334. Zachrisson BU, Alnaes L. Periodontal condition in orthodontically treated and untreated individuals II. Alveolar bone loss: radiographic findings. *Angle Orthod* 1973;43:402-12.
335. Smith NJD. Orthodontic radiology: a review. *Int Dent J* 1987;37:16-24.
336. McNicol A, Stirrups DR. Radiation dose during the dental radiographic techniques most frequently used during orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 1985;7:163-71.
337. Borg E, Kallqvist A, Grondahl K, Grondahl HG. Film and digital radiography for detection of simulated root resorption cavities. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod* 1998;86:110-4.
338. Whaites E. Essentials of Dental Radiography and Radiology, 2nd ed. Churchill Livingstone, 1996.

339. Tronje G, Welander U, McDavid WD, Morris CR. Imaging characteristics of seven panoramic X-ray units. IV. Horizontal and vertical magnification. *Dentomaxillofac Radiol* 1985;8:29-34.
340. Langland OE, Langlais RP, McDavid WD, DelBalso AM. Panoramic radiography 2nd edn. 52-7, Philadelphia: Saunders Company, 1989.
341. Stratomas S, Geenty JP, Petocz P, Darendeliler MA. Accuracy of linear and angular measurements on panoramic radiographs taken at various positions *in vitro*. *Eur J Orthod* 2002;24:43-52.
342. McDavid WD, Welander U, Brent Dove S, Tronje G. Digital imaging in rotational panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 1995;2:68-75.
343. Smale I, Artun J, Behbehani F, Doppel D, van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM. Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:57-67.
344. Makedonas D, Lund H, Gröndahl K, Hansen K. Root resorption diagnosed with cone beam computed tomography after 6 months of orthodontic treatment with fixed appliance and the relation to risk factors. *Angle Orthod* 2012;82(2):196-201.
345. Otis LL, Hong JSH, Tuncay OC. Bone structure effect on root resorption. *Orthod Craniofacial Res* 2004;7:165-77.
346. Jiang R, McDonald JP, Fu M. Root resorption before and after orthodontic treatment: a clinical study of contributory factors. *Eur J Orthod* 2010;32:693-7.
347. Lund H, Gröndahl K, Hansen K, Gröndahl HG. Apical root resorption during orthodontic treatment. A prospective study using cone beam CT. *Angle Orthod* 2012;82(3):480-7.
348. Gravdal Brusveen EM, Brudvik P, Boe OE, Mavragani M. Apical root resorption of incisors after orthodontic treatment of impacted maxillary canines: a radiographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;141:427-35.
349. Alqerban A, Jacobs R, Fieuws S, Willems G. Comparison of two cone beam computed tomographic systems versus panoramic imaging for localization of impacted maxillary canines and detection of root resorption. *Eur J Orthod* 2011;33:93-102.

350. Ludlow JB. A manufacturer's role in reducing the dose of cone beam computed tomography examinations: effects of beam filtration. *Dentomaxillofac Radiol* 2011;40:115-22.
351. Roberts JA, Drage NA, Davies J, Thomas DW. Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. *Br J Radiol* 2009;82:35-40.
352. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, White SC. Patient risk related to common dental radiographic examinations: the impact of 2007 International Commission on Radiological Protection recommendations regarding dose calculation. *J Am Dent Assoc* 2008;139:1237-43.
353. Grünheid T, Kolbeck Schieck JR, Pliska BT, Ahmad M, Larson BE. Dosimetry of a cone beam computed tomography machine compared with a digital X-ray machine in orthodontic imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;141:436-43.
354. Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:106-14.
355. Loubele M, Bogaerts R, Van Dijck E, Peuwels R, Vanheusden S, Suetens P. Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. *Eur J Radiol* 2009;71:461-8.
356. Mah JK, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:508-13.
357. Kaeppeler G. Applications of cone beam computed tomography in dental and oral medicine. *Int J Comput Dent* 2010;13:203-19.
358. Hatcher D, Hatcher D. Cone beam CT-anatomic assessment and legal issues: the new standards of care. *J Calif Dent Assoc* 2009;37:653-62.
359. Zinman EJ, White SC, Tetradis S. Legal considerations in the use of cone beam computer tomography imaging. *J Calif Dent Assoc* 2010;38:49-56.
360. Hassan B, van der Stelt P, Sanderink G. Accuracy of three-dimensional measurements obtained from cone beam computed tomography surface-rendered images for cephalometric analysis: influence of patient scanning position. *Eur J Orthod* 2009;31(2):129-34.

361. Suomalainen A, Vehmas T, Kortesiemi M, Robinson S, Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:10-7.
362. Mischkowski RA, Pulsfort R, Ritter L, Neugebauer J, Brochhagen HG, Keeve E, Zöller JE. Geometric accuracy of a newly developed cone beam device for maxillary imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104:551-9.
363. Karger CP, Hipp P, Henze M, Echner G, Höss A, Schad L, Hartmann GH. Stereostatic imaging for radiotherapy: accuracy of CT, MRI, PET and SPECT. *Phys Med Biol* 2003;48:211-21.
364. Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy, Rosenstiel SF. Clinical accuracy of 3 different types of computed tomography derived stereolithographic surgical guides in implant placement. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:394-401.

IX. SPISAK SKRAĆENICA

PDP periodontalni prostor

OPT ortopantomografija

CT computed tomography (kompjuterizovana tomografija)

CBCT cone beam computed tomography (kompjuterizovana tomografija sa kolimiranim snopom zračenja)

MSCT multislice computed tomography (multislajsna kompjuterizovana tomografija)

BIOGRAFIJA

Dr Marija Ristić rođena je 20. 12. 1975. godine u Beogradu. Stomatološki fakultet Univerziteta u Beogradu upisala je 1994. godine i diplomirala u roku 20. 04. 2001. godine sa srednjom ocenom 9.03. Iste godine upisala je postdiplomske magistarske studije, a 2002. godine i specijalizaciju iz oblasti ortopedije vilica na Stomatološkom fakultetu u Beogradu. U oktobru 2005. sa odličnim uspehom je odbranila magistarski rad "Klinička i mikrobiološka ispitivanja uticaja fiksnih ortodontskih aparata na stanje parodontijuma". U novembru 2005. godine sa odličnim uspehom je položila specijalistički ispit iz ortopedije vilica. Od januara 2006. godine radi na Odeljenju za ortopediju vilica na Klinici za stomatologiju Vojnomedicinske akademije u Beogradu. Na Stomatološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu 2008. godine joj je odobrena izrada doktorske disertacije pod nazivom "Radiografsko ispitivanje obima resorpcije korenova zuba i alveolarne kosti po završetku aktivne faze terapije malokluzija fiksnim ortodontskim aparatima". U zvanje asistenta na Klinici za stomatologiju Vojnomedicinske akademije izabrana je u decembru 2009. godine.

Tokom osnovnih i postdiplomskih studija bila je dobitnik nekoliko stipendija među kojima su stipendija Zepter fondacije, dvogodišnja stipendija Republičke fondacije za razvoj naučnog i umetničkog podmlatka Srbije, kao i stipendija Vlade Norveške za najbolje studente Srbije. Tokom 2004. godine boravila je na stručnom usavršavanju na Odeljenju za ortopediju vilica Klinike "Agostino Gemelli" Katoličkog Univerziteta u Rimu (mentor Prof. dr Roberto Deli).

Učestvovala je na više stručnih kongresa u zemlji i inostranstvu. Objavila je 2 rada u stranim časopisima iz oblasti ortopedije vilica indeksiranim u Science Citation Index-u (SCI). Aktivno se služi engleskim i nemačkim jezikom, a poseduje i znanje španskog jezika.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Марија Ристић

број индекса _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Радиографско испитивање обима ресорпције коренова зуба и алвеоларне кости по завршетку активне фазе терапије малоклузија фиксним ортодонтским апаратима

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 21.12. 2012.

M Ristic

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора __ Марија Ристић _____

Број индекса _____

Студијски програм _____

Наслов рада Радиографско испитивање обима ресорпције коренова зуба и алвеоларне кости по завршетку активне фазе терапије малоклузија фиксним ортодонтским апаратима

Ментор __ Проф. др Мирјана Шашић _____

Потписани/а _____ Марија Ристић _____

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, __ 21.12.2012. _____

M Ristic

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Радиографско испитивање обима ресорпције коренова зуба и алвеоларне кости по завршетку активне фазе терапије малоклузија фиксним ортодонтским апаратима

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, __21.12.2012._____

M. Ristic