

Rīgas Stradiņa universitāte

Rezidentūras studiju fakultāte, Ortodontijas programma

Alveolārā kaula biezums III klases pacientiems pirms un pēc ortodontiskās dekompensācijas

Autors: Alla Beļaka, stud.apliecības numurs : 20-017101, _____
paraksts

Darba vadītājs: Gundega Jākobsone, Ortodontijas studiju programmas vadītāja

paraksts

Rīga, 2023

Anotācija

Ievads: III klases pacientiem ar vertikālu augšanas tipu novēro izteikti samazinātu alveolārā kaula biezumu apakšžokļa incīsiņu rajonā, kuru precīzi var noteikt ar KSDT palīdzību, lai varētu veiksmīgi plānot ortodontisko dekompensāciju pirms ortognātiskās ķirurģijas. Šis pētījums novēro ar dekompensācijas procesu saistītās alveolārā kaula biezuma izmaiņas apakšžokļa frontālā rajonā III klases pacientiem ar vertikālu augšanas tipu.

Mērķis: Šis pētījums tika veikts, lai izpētītu alveolārā kaula biezuma izmaiņas apakšžokļa frontālajā rajonā III klases pacientiem ar vertikālu augšanas tipu pirms ortognātiskās operācijas, izmantojot KSDT, un apstrādātu, izanalizētu iegūtos rezultātus, salīdzinot ar mūsdienu aktuālo informāciju.

Materiāli un metodes: Pētījuma grupa sastāvēja no 26 pacientiem (17 sievietes, un 9 vīrieši) ar III klasi un vertikālu augšanas tipu, kuriem tika veikta ortognātiskā operācija. Tika izmērīts alveolārā kaula biezums T0 (pirms ārstēšanas) un T1 (pēc dekompensācijas) trijos līmeņos (3 mm, 6 mm un 9 mm no cementa emaljas robežas (CER)), pozicionējot zobu trijās plaknēs (sagitāli, aksiāli, koronāli) pa garenasi. Kā ietekmējošie faktori tika analizēti: vecums, L1-NB, L1-OP. un IMPA pirms un pēc dekomensācijas. Tika pielietota neparametrisko lielumu analīze un *Wilcoxon* tests, lai noteiktu statistiski nozīmīgas atšķirības, *Spearman* korelācijas analīze un lineārās regresijas analīze.

Rezultāti: 3 mm līmenī no lingvālās puses tika novērota statistiski nozīmīga atšķirība alveolārā kaula biezumā visām zobu grupām pirms un pēc dekompensācijas procesa (kanīnam no 0.5 mm līdz 0.2 mm, laterālajam incīsiņam no 0.33 līdz 0.2 mm un centrālajam incīsiņam saglabājas 0.2 mm pirms un 0.2 mm pēc) (p-vērtība <0.05). 6 mm līmenī tika atrasta statistiski nozīmīga atšķirība (p-vērtība <0.05) tikai lingvālā pusē laterālajam (no 0.59 mm līdz 0.2 mm) un centrālajiem incīsiņiem (no 0.34 mm līdz 0.2 mm), tātad kaula biezums samazinājās šajā rajonā. 9 mm līmenī tika novērots, ka alveolāra kaula biezums visās zobu grupās palielinās pēc dekompensācijas vestibulārā pusē (kanīns no 0.34 mm uz 0.75 mm, laterālais no 0.45 mm uz 2.58, centrālais no 1.03 mm uz 1.4 mm) (p-vērtība <0.05) un samazinās lingvālā pusē (kanīns no 1.39 mm līdz 0.6 mm, laterālais no 0.99 līdz 0.2 mm un centrālais no 0.84 mm līdz 0.2 mm)(p-vērtība <0.05).

L1-NB, L1-OP un IMPA lielumiem pirms un pēc tika novērota statistiski nozīmīga atšķirība (L1-NB no 18.19 ± 7.65 mm uz 26.92 mm ± 6.19 mm ; L1-OP. no $81.05^\circ \pm 8.48^\circ$ uz $72.06^\circ \pm 5.56^\circ$; IMPA no $77.17^\circ \pm 7.08^\circ$ uz $86.4^\circ \pm 5.72^\circ$) (p-vērtība < 0.05). Vidējais L1-NB palielinājās un sasniedza normas vērtības, vidējais L1-OP samazinājās un sasniedza normas vērtības, savukārt, vidējais IMPA palielinājās, bet nesasniedza normas robežas zobu proinklinācijai.

Tika novērota negatīva korelācija starp kanīna, laterālā incisīva vestibulāro kaula biezumu 6 un 9 mm līmeņos un pacientu vecumu gan pirms, gan pēc dekompensācijas. Atrasta negatīva korelācija starp laterālā un centrālā incisīva vestibulāro kaula biezumu 3 mm un IMPA leņķi pirms dekompensācijas. Atrasta pozitīva korelācija starp kaula biezuma izmaiņām laterālā incisīva rajonā 3 mm līmenī no vestibulārās puses (T1-T0) un $\Delta L1-OP$, un negatīva ar $\Delta IMPA$ un $\Delta L1-NB$. Stipra negatīva korelācija tika atrasta starp $\Delta L1-NB$ un $\Delta L1-OP$ leņķi, $\Delta L1-NB$ un $\Delta IMPA$ ($r = -0.9$ un $r = -0.86$), kā arī stipra pozitīva korelācija ($r = 0.88$) starp $\Delta L1-NB$ un $\Delta IMPA$.

Secinājumi: Autora hipotēze tika noraidīta. Pastāv statistiski nozīmīga atšķirība alveolārā kaula biezumā III klases pacientiem ar vertikālu augšanas tipu apakšžokļa frontālo zobu rajonā pirms un pēc ortodontiskās dekompensācijas procesa, neskatoties uz to, ka lielākajai daļai pacientu novēroja nepilnīgu dekompensāciju.

Atslēgas vārdi: ortodontiskā dekompensācija, III klase vertikālais augšanas tips, alveolārā kaula biezums KSDT

Abstract

Introduction: Class III patients with vertical growth pattern have significant decrease in the alveolar bone thickness in the mandibular frontal teeth region, which can be detected using CBCT. This important information is necessary for planning orthodontic decompensation before orthognathic surgery. This research was intended to investigate alveolar bone thickness changes in the mandibular frontal region as a result of decompensation for Class III patients with the vertical growth pattern.

Aim: This study was performed to investigate the alveolar bone thickness in the mandibular frontal teeth region in patients with Class III vertical growth pattern before and after orthodontic decompensation using CBCT, who underwent orthognathic surgery treatment. The aims of this research were to select appropriate patient group and measure alveolar bone thickness from lingual and vestibular surfaces, obtain, analyze and statistically evaluate data and compare with the recent research data from other studies.

Materials and methods: The study group consisted of 26 patients (17 women, 9 males) CBCT who had Class III vertical growth pattern and underwent orthognathic surgery. CBCT images were evaluated and the alveolar bone thickness was measured in the mandibular frontal teeth region at 3 mm, 6 mm and 9 mm levels below CEJ (cemento-enamel-junction), positioning tooth along the long axis in all three planes (sagittal, axial, coronal) before (T0) and after (T1) decompensation. Additionally, age, L1-NB, L1-OP and IMPA values were analyzed at (T0) and (T1) as possible impact factors. Non parametric analysis and Wilcoxon test were used for statistical analysis. Additionally, Spearman's correlation and linear regression analysis were performed.

Results: At 3 mm level from the lingual surface statistically significant differences (p-value <0.05) were found in the alveolar bone thickness in all groups of teeth before and after decompensation. At 6 mm level, a significant decrease in the bone thickness surface was found for the lateral (from 0.59 mm to 0.2 mm) and central incisors (from 0.34 mm to 0.2 mm). At 9 mm level the alveolar bone thickness increased in all groups of teeth from the vestibular surface (canine from 0.34 mm to 0.75 mm, lateral incisor from 0.45 mm to 2.58 mm, central incisor from 1.03 mm to 1.4 mm), but decreased in the lingual surface (canine from 1.39 mm

to 0.6 mm, lateral incisor from 0.99 mm to 0.2 mm and central incisor from 0.84 mm to 0.2 mm (p-value <0.05).

The changes in L1-NB, L1-OP and IMPA values showed to be statistically significant (p-value <0.05) (L1-NB from 18.19 ± 7.65 mm to $26.92 \text{ mm} \pm 6.19$ mm; L1-OP. from $81.05^\circ \pm 8.48^\circ$ to $72.06^\circ \pm 5.56^\circ$; IMPA from $77.17^\circ \pm 7.08^\circ$ to $86.4^\circ \pm 5.72^\circ$). Average L1-NB increased and reached the normal values after decompensation, average L1-occlusal decreased and reached normal values, average IMPA increased, but did not reach the normal values of proinclination.

Negative correlations were found among the canine, lateral incisor vestibular bone thickness at 6 and 9 mm level and age before and after decompensation procedure. There was a negative correlation between lateral and central incisor's vestibular bone thickness at 3 mm level and IMPA before decompensation. Positive correlation was found between the change in the vestibular bone thickness at 3 mm level of lateral incisor (T1-T0) and Δ L1-OP but negative - with Δ IMPA and Δ L1-NB. Strong negative correlations were found between Δ L1-NB and Δ L1-OP, Δ L1-NB and Δ IMPA ($r=-0.9$ and $r=-0.86$, respectively), as well as a strong positive correlation ($r=0.88$) was observed between Δ L1-NB and Δ IMPA.

Conclusion: Author's hypothesis was rejected. Statistically significant difference was found between alveolar bone thickness in mandibular frontal teeth before and after decompensation in Class III patients with vertical growth type even though decompensation was found to be incomplete in these patients.

Key words: orthodontic decompensation, Class III vertical growth pattern, CBCT alveolar bone thickness

Satura rādītājs

Ievads	8
1. Literatūras apraksts	10
1.1. Ortodontiskā dekompensācija pirms ortognātiskās ķirurģijas III klasei.....	10
1.2. KSDT pielietojums ortognātiskiem pacientiem.....	12
2. Materiāli un metodes	15
2.1. Alveolārā kaula mērīšana.....	16
2.2. Statistiskā analīze.....	17
3. Rezultāti	18
3.1. Alveolārā kaula biezuma mērījumi	19
3.2. Cefalometriskie mērījumi	25
3.3. <i>Spearman</i> korelācijas noteikšana starp mērījumiem	26
3.4. Lineārās regresijas analīze	31
4. Diskusija	33
4.1. Alveolāra kaula biezums.....	33
4.2. KSDT izmeklējuma izvēle un ietekme uz rezultātiem	38
4.3. Cefalometriskie rādītāji.....	41
4.4. Korelāciju interpretācija	43
4.5. Lineārās regresijas analīzes interpretācija	45
4.6. Klīniskais nozīmīgums smaganu recesiju veidošanās riskam	46
5. Secinājumi	48
Literatūras saraksts	49

Lietotie saīsinājumi

KSDT – konisko staru datortomogrāfija

DT – datortomogrāfija

TML – temporomandibulārā locītava

2-D– divdimensionāls

3-D – trīsdimensionāls

FOV – *field of view*; redzeslauks

OPG – ortopantomogramma

RAF – reģionālās akselerācijas fenomens

CER – cementa emaljas robeža

AKB – alveolārā kaula biezums

Ievads

Mūsdienās cilvēkiem ļoti svarīgs ir ārējais izskats, tie cenšas to uzlabot un no tā ir atkarīgs arī viņu pašvērtējums. Arvien biežāk pacienti vēlas un ir gatavi ortodontiskai ārstēšanai. Taču pie skeletālas dabas problēmām kraniofaciālajā rajonā, bieži vien, lai sasniegtu harmonisku un optimālu rezultātu sejas estētikā un žokļu funkcionalitātē, ir nepieciešama ne tikai ortodontiskā ārstēšana, bet arī ortognātiskā ķirurģija.

Pacienti, kuriem ir skeletālās III klases pazīmes, nereti izvēlas tieši ortodontiskās un ortognātiskās ārstēšanas kombināciju, lai sasniegtu visoptimālāko rezultātu, jo viņu galvenā vēlme ir izmainīt sejas estētiku. Plānojot ortodontisko un ortognātisko ārstēšanu, ir nepieciešama pilna pacienta diagnostika, kura sevī iekļauj radioloģiskos izmeklējumus. (Naini, 2017) Tā kā ir nepieciešams plānot gan mīksto, gan cieto audu pārvietojumuērtīgākais radioloģiskais izmeklējums būtu datortomogrāfija, precīzāk, konusa stara datora tomogrāfija (KSDT). KSDT var izvērtēt gandrīz visus parametrus, kas būtu svarīgi plānošanā kā ortodontam, tā mutes, sejas un žokļu ķirurgam, tāpēc tā ir izvēles metode, gatavojot pacientu ortognātiskai ķirurģijai. (Naini, 2017)

III klases pacientiem, īpaši, tiem kuriem novēro vertikālās augšanas tipu, alveolārā kaula biezums apakšžokļa frontālajā rajonā ir izteikti mazs, tāpēc sagatavošana ortognātiskai ķirurģijai sagādā izaicinājumu ortodontam, jo zobi ir jādekompensē un jāizvieto maksimāli labvēlīgās pozīcijās kaulā. (Sunil, 2014)

Autora hipotēze- Alveolārā kaula biezums apakšžokļa frontālajā rajonā neatšķiras pirms ortodontiskās ārstēšanas sākšanas un pēc ortodontiskās dekompensācijas III klases vertikālā augšanas tipa pacientiem. Pētījuma zinātniskā uzstādījuma formulēšanai autors iepazinās ar pieejamo, aktuālo zinātnisko literatūru par šo tēmu, kas iekļauj grāmatu un zinātnisko rakstu apkopojumu. Darba mērķis ir izmērīt reālo alveolārā kaula biezumu apakšžokļa frontālajā rajonā pirms ārstēšanas un salīdzināt tā izmaiņas pēc ortodontiskās dekompensācijas III klases pacientiem, izmantojot KSDT.

Autora darba uzdevumi:

1. apkopot zinātnisko literatūru, lai izvēlētos piemērotāko veidu un metodi alveolārā kaula mērīšanai un analīzei, izmantojot KSDT izmeklējumus, kas ir pieejami Rīgas Stradiņa universitātes Stomatoloģijas institūta klīnikas arhīvā;
2. iegūt un atlasīt nepieciešamo indivīdu grupu šim pētījumam;
3. atlasīt un apstrādāt indivīdu grupas KSDT attēlus, iegūt mērījumus, veikt to apstrādi, veikt iegūto rezultātu apkopošanu un analīzi, lai varētu veikt statistisko apstrādi;
4. izanalizēt iegūtos rezultātus un salīdzināt tos ar mūsdienu pētījumu rezultātiem un izdarīt secinājumus.

1. Literatūras apraksts

1.1. Ortodontiskā dekompensācija pirms ortognātiskās ķirurģijas III klasei

Ortodontiskās ārstēšanas galvenie mērķi pirms ortognātiskās ķirurģijas ir izlīdzināt zobus, dekompensēt incisīvu inklinācijas, koordinēt zobu lokus, veidot vietu osteotomijām, ja tādas ir paredzētas (*Gill, 2008; Proffit, 2019*) Šo mērķu sasniegšana bieži vien ir ļoti izaicinoša ortodontam, jo zobi ir jānovieto maksimāli labvēlīgās pozīcijās kaulā, lai rezultāts būtu stabils un neveidotos jatrogēnas komplikācijas. Zobu inklināciju dekompensācija ir nepieciešama, lai atļautu nepieciešamo ķirurģisko pārvietojumu un sasniegtu apmierinošu oklūziju pēc ķirurģijas. (*Gill, 2008*)

Pacientiem ar III klases sakodienu nepieciešams proinklinēt apakšžokļa incisīvus. Dekompensācijas lielumu nosaka katram pacientam individuāli, balstoties uz radioloģiskiem izmeklējumiem, smaganu biotipu un ķirurģiskā pārvietojuma lielumu. Nereti ir nepieciešams tikai daļēji dekompensēt apakšžokļa incisīvus, lai samazinātu skeletālā pārvietojuma lielumu, piemēram, kad sejas harmoniskākas estētikas sasniegšanai nav nepieciešams liels skeletālais pārvietojums. (*Naini, 2017*) Tomēr ir pētījumi, kas pierāda, ka, pat ja ir nepieciešamība dekompensēt apakšžokļa zobus pilnībā, dažreiz tas nenotiek. Par to liecina cefalometriskie rādītāji. (*Troy, 2009*)

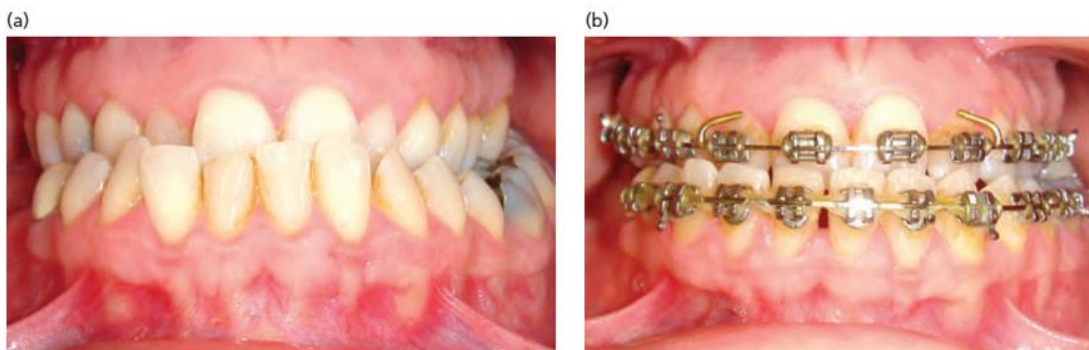
Pastāv arī morfoloģiskie iemesli daļējai dekompensācijai, kā, piemēram, alveolārā kaula biezums un/vai smaganu biotips, kam ir nosliece uz recesiju veidošanos. (*Naini, 2017*) *Lee et al.*, savā darbā pierādīja, ka III klases pacientiem ar vertikālu augšanas tipu alveolārā kaula biezums apakšžokļa incisīvu rajonā ir statistiski nozīmīgi mazāks par kaula biezumu III klases pacientiem ar horizontālu un neutrālu augšanas tipu, kā arī par I klases sakodienu. (*Lee, 2018*)

Arī *Eraydin et al.*, III klases pacientiem novēroja, ka alveolārā kaula biezums 3 mm apikāli no cementa emaljas robežas no lingvālās puses ir mazāks hiperdivergentiem jeb ar vertikālu augšanas tipu pacientiem, salīdzinot ar hipodiverģenta jeb horizontāla augšanas tipa pacientiem, kā arī ar neutrāla augšanas tipa pacientiem. Alveolārā kaula biezums saknes vidusdaļā no lingvālās puses bija mazāks hiperdivergentiem pacientiem, tāpat arī apeksa daļā

no labiālās puses, savukārt, apeksa daļā no lingvālās puses hiperdivergētiem pacientiem bija biežāks kauls nekā hipodiverģētiem pacientiem. Tātad, hiperdivergētiem pacientiem apeksa daļā šaurāks alveolārais kauls būs no labiālās puses. (Eraydin, 2018)

Hiperdivergētiem pacientiem ir palielināts risks kaula zudumam un recesijām, jo ir šaura simfīze un incīsvu ekstrūzija. (Ahn, 2016) *Choia et al.*, savā pētījumā novēroja, ka pirmsķirurģiskā ortodontiskā sagatavošana III klases pacientiem var izraisīt statistiski nozīmīgu risku smaganu recesijām un labiālā alveolārā kaula rezorbciju atkarībā no beigu proinklinācijas lieluma. Tomēr šie rezultāti tika uzskatīti par klīniski nenozīmīgiem. (Choia, 2018)

Skeletālas III klases pacientiem ar vertikālu augšanu bieži novēro redeļveida alveolārā izauguma izskatu un plānu smaganu biotipu. (skat.1.attēlu)



1.attēls (a) Pirmsārstēšanas klīniskās atradnes pacientam ar skeletālu III klases sakodienu un plānu smaganu biotipu, kas attēlo redeļveida izskatu frontālo zobu saknēm zem smaganām ; (b) Daļēja ortodontiskā dekompensācija, lai ierobežotu potenciālu smaganu recesiju un dehiscenču veidošanos apakšžokļa incīsvu proinklinācijas dēļ (Naini, 2017)

Ļoti liela nozīme ir apakšžokļa zobu inklinācijām. Zobiem ir jānovietojas maksimāli labvēlīgā pozīcijā attiecībā pret alveolāro kaulu. Ja zobiem būs pārāk izteikta proinklinācija vai retroinklinācija, tad tas var kompromitēt kaula biezumu ap saknēm, tātad palielinot risku kaula zudumam, fenestrācijām, dehiscencēm, recesijām, palielinātam zobu kustīgumam un nestabilam rezultātam. (Kapila, 2014) *Sun et al.*, savā pētījumā atrada, ka veicot ortodontisko sagatavošanu III klases pacientiem, tika novērota dehiscenču skaita palielināšanās, bet fenestrāciju skaita samazināšanās apakšžokļa incīsvu rajonā (Sun, 2019)

Apakšžokļa incisiviem var novērot lielāku alveolārā kaula zudumu vertikālā dimensijā nekā augšžokļa incisiviem, koriģējot skeletālu III klasi, pielietojot ortognātisko ķirurģiju. Tāpat alveolārais kauls kļūst plānāks zobu apikālā reģionā. Apakšžokļa incisīvu noliekšana labiāli inducē alveolārā kaula samazinājumu. (*Ahn, 2016*)

Atklājot un pielietojot cefalometriskos izmeklējumus, ortodontiem parādījās atskaites punkts, kādās inklinācijās būtu jānovieto apakšžokļa incisīvus kaulā. Šie mērījumi bija vispārināti un attiecināmi uz lielāko daļu populācijas, atkarībā no metodes, kuras digitālajā cefalometrijā ārsts var izvēlēties. Visplašāk pielietotās ir *Jarabak, Wits, Bjork, Iowa, Steiner* u.c cefalometriskās analīzes.

Veicot pacienta sagatavošanu ortognātiskai ķirurģijai, ortodontam kopā ar ķirurgu ir nepieciešams izvērtēt vairākus cefalometriskos lielumus, piemēram, IMPA/L1-MP (apakšžokļa incisīvu inklinācija), ANB (leņķis kas norāda skeletālo klasi), vertikālās dimensijas parametrus (*Jarabak* leņķu summa; MP-SN; P-A sejas garuma attiecības (S-Go/N-Me), L1-OP (apakšžokļa incisīvu un oklūzijas plaknes leņķis), L1-NB leņķis (apakšžokļa incisīvu inklinācija pret NB līniju), L1-NB, ko izsaka milimetros. Tā kā cefalometrija ir 2-D izmeklējums, tā nesniedz pilnvērtīgu informāciju par kaula lielumu apkārt saknēm. (*Proffit, 2019*)

1.2. KSDT pielietojums ortognātiskiem pacientiem

Attīstoties tehnoloģijām, arvien vairāk diagnostiskiem nolūkiem tiek izmantoti 3-D radioloģiskie izmeklējumi, kas uzlabo vizualizāciju un ļauj plānot sarežģītus ortodontiskos gadījumus. Pašlaik priekšroka tiek dota KSDT, kurai ir mazāka jonizējošā deva nekā DT (datortomogrāfija), bet tiek saglabāta kvalitatīva attēlojamība cietiem audiem un ir mazākas izmaksas.

Pēc *Proffit et al.* ir četras situācijas, kurās KSDT izmeklēšanai ir klīniski nozīmīgas priekšrocības ortodontiskam pacientam: impaktētiem zobiem un zobiem, kas šķīļas ektopiski, lai veiktu ķirurģisku atsegšanu un ortodontisko zobu pārvietojumu zobu rindā; smagas sejas asimetrijas gadījumā un plānojot sarežģītu ortognātisko ķirurģiju; sindromu, iedzimtu deformāciju un traumu seku ārstēšanā; cieto audu problēmas TML (temporomandibulārā

locītava) (*Proffit, 2019*) *Kuijpers-Jagtman et al.*, atbalsta KSDT pielietojumu ortognātisko pacientu plānošanā. (*Kuijpers-Jagtman, 2013*)

Naini et al., uzsver, ka KSDT var noderēt vairākiem iemesliem, plānojot ortognātisko ķirurģiju. Šie iemesli ir: zobu morfoloģija un to pozīcija alveolārajā kaulā; TML cieto audu attēlojums; elpceļu izvērtējums; dentofaciālo deformāciju un kraniofaciālo anomāliju izvērtējums. (*Naini, 2017*)

Viens no lielākajiem KSDT trūkumiem ir salīdzinoši liels jonizējošā starojuma apjoms, kuram tiek pakļauts patients. Radiācijas lielumu ietekmē izšķirtspēja (jo lielāka, jo lielāks starojuma apjoms), vokseļa lielums (jo mazāks vokselis, jo lielāks starojums), redzeslauka lielums (jo lielāks, jo lielāka radiācijas deva). Radiācijas lielumu var samazināt izvēloties mazāku izšķirtspēju, lielākus vokseļus un samazinot redzeslauku atkarībā no nepieciešamās informācijas, kuru vēlas iegūt. (*Proffit, 2019*)

Iepriekš pacientiem, kuriem tika plānota ortognātiskā ķirurģija veica gan cefalometrisku, gan ortopantomogrammas radioloģisko uzņēmumu. Veicot vienu KSDT izmeklējumu, no tā var iegūt analogiska satura attēlus un veikt cefalometriskos mērījumus, kas nepieciešami plānošanā, tāpat KSDT var precīzāk izvērtēt TML galviņu. (*Naini, 2019*)

Darba autoram interesē KSDT pielietojums saistībā ar zobu novietojumu alveolārajā izaugumā. Izmantojot pārāk lielu vokseļu lielumu izšķirtspēja samazinās, tāpēc attiecīgi precīzu kaula apjomu ap saknēm ir grūti noteikt. Tāpēc, ja mērķis ir noteikt zoba pozīciju alveolārajā izaugumā un kaula lielumu ap saknēm, ir nepieciešams vai nu samazināt vokseļu lielumu vai izvēlēties mazāka lauka uzņēmumus. *Naini et al.*, iesaka izvēlēties mazu vai vidēju redzeslauku ar augstu izšķirtspēju, kas iekļautu vienu zobu loka kvadrantu vai augšžokļa un apakšžokļa lokus nevis visas galvas radioloģisku izmeklējumu. Balstoties uz mazā lauka 3-D rentģenu var precīzāk izvērtēt bukālo un lingvālo alveolārā kaula plātņi, kaula zudumu vai formēšanos, kaula biezumu un augstumu, neizšķīlušos zobus, zobu attīstības pakāpi un morfoloģiju, kā arī sakņu rezorbciju un novietojumu attiecībā pret apkārtesošām struktūrām. Šāda informācija var palīdzēt modificēt ārstēšanas plānošanu (piemēram, izvairīšanās no ekstrakcijām, zoba izvēle ekstrakcijām, miniplākšņu un miniimplantu izvietojuma plānošana), samazināt ārstēšanas ilgumu un uzlabot zobu pārvietojuma kontroli, kad nepieciešama ortodontiskā ārstēšana kopā ar ortognātisko ķirurģiju. (*Naini, 2017*)

Jäger et al., novēroja, ka pacientiem, kuri ir vecāki par 30 gadiem, bija palielināts vertikālā kaula zudums, tāpēc pirms ortodontiskās ārstēšanas šai vecuma grupai būtu jāpārbauda kaula līmenis ar KSDT. (*Jäger, 2017*)

Alveolārā kaula mērīšanai daudzos pētījumos izmantoja zoba orientēšanu pa garenasīm sagitālā, aksiālā un koronālā griezumā (*Coşkun, 2019; Lee, 2018; Yao, 2020, Sun, 2015*)

Yao et al., mērīja kaula biezumu no kortikālā kaula līdz zoba garenasij, savukārt, *Sun et al.*, mērīja kaula biezumu no kortikālā kaula līdz saknei. *Coşkun et al.*, mērīja kaula biezumu interdentalā rajonā. *Sun et al.*, papildus mērīja arī kopējo vestibulāra kaula un lingvālā kaula lielumu. (*Yao, 2020; Sun, 2015; Coşkun, 2019*)

2. Materiāli un metodes

Šajā retrospektīvajā pētījumā tika izmantoti KSDT attēli, kas bija veikti Rīgas Stradiņa universitātes Stomatoloģijas institūta klīnikā (Rīga) laika posmā no 2008. līdz 2018. gadam pacientiem, kuriem tika veikta ortognātiskā ķirurģija. Datus ieguva un apstrādāja darba autors (A.B.) Šo pētījumu apstiprināja Rīgas Stradiņa universitātes Pētījumu ētikas komiteja (skat.1. pielikumā).

Iekļaušanas kritēriji:

- Ir pieejami labas kvalitātes KSDT attēli pirms ārstēšanas sākšanas un pēc ortodontiskās dekompensācijas;
- Arhīvā pieejama cefalometriskā analīze pirms ārstēšanas un pēc ortodontiskās dekompensācijas;
- Nav kraniofaciālu deformāciju;
- Pastāvīgais sakodiens;
- Skeletāla III klase (pēc cefalometriskiem rādītājiem, kas raksturo III klasi- ANB \leq 0.1°, Wits \leq -2);
- Nav veiktas premolāru vai molāru, izņemot 3.molāru, ekstrakcijas apakšžoklī;
- Vertikāla augšanas tipa pacienti (*Jarabak* leņķu summa \geq 392° un/vai MP-SN \geq 39° un/vai P-A sejas garuma attiecības (S-Go/N-Me) \leq 61%).

No 285 pieejamiem pacientu kandidātiem tika atlasīti 26 pacienti (17 sievietes, un 9 vīrieši) ar vidējo vecumu 20.4 ± 5.2 (SD) gadi, kuriem tika veikta ortodontiskā ārstēšana pirms ortognātiskās ķirurģijas un kuri atbilst visiem iekļaušanas kritērijiem.

KSDT attēli tika iegūti ar *iCAT Next Generation* (Kavo, Germany), ar iestatījumiem 120 mV, 5mA, ekspozīcijas laiks 0.7 s, vokseļa lielums 0.4 mm, FOV 17 cm, pacientam esot NHP (*natural head position*-dabiska galvas pozicionēšana) pozīcijā. Katrs KSDT attēls tika eksportēts kā DICOM fails un tālāk apstrādāts *OsiriX MD* programmatūrā (*Wood, 2013*), kurā ar 3D MPR palīdzību tika iegūti skaitliski dati par alveolārā kaula biezumu.

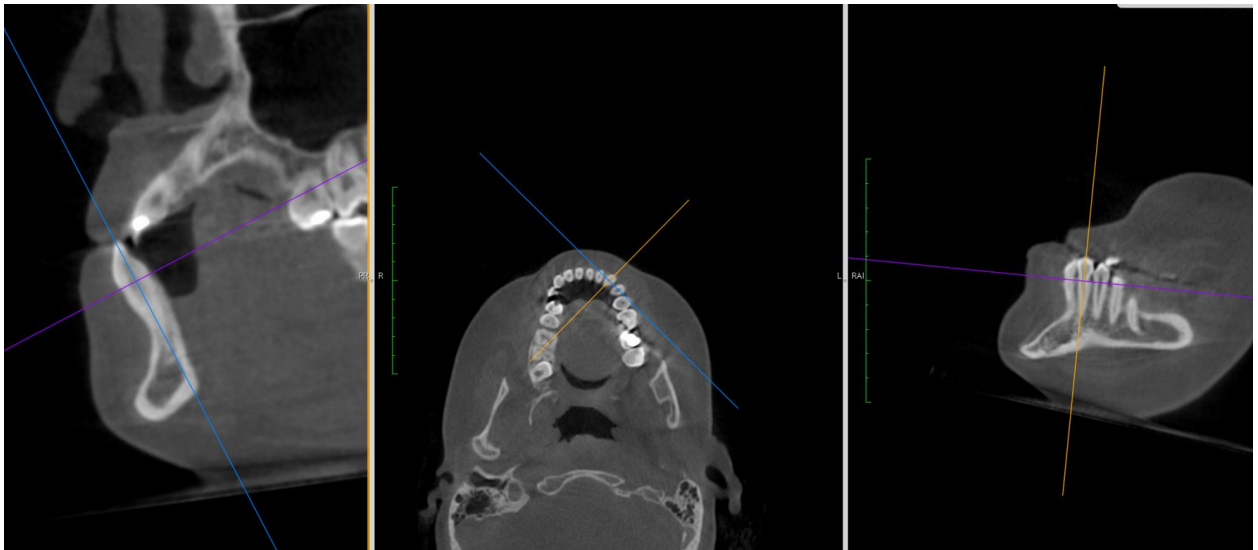
Cefalometriskie dati tika iegūti no *Dolphin Imaging* versija 12.0.9.58 (Patterson Dental Supply) programmatūras. 26 pacientiem papildus tika reģistrēti L1-OP leņķis (norma 72 ° \pm

5°), IMPA/L1-MP ($95^\circ \pm 7^\circ$) (Bjork analīze) un L1-NB (norma $25 \text{ mm} \pm 4 \text{ mm}$) (IOWA analīze).

2.1. Alveolārā kaula mērīšana

Autors izvēlējās veikt pētījumu par apakšžokļa frontālo zobu alveolārā kaula biezumu (AKB). Tika veikti mērījumi apakšžokļa zobiem- labās un kreisās puses kanīns, laterālais incisīvs un centrālais incisīvs. T0 atbilst stāvoklim pirms ārstēšanas, bet T1 atbilst stāvoklim pēc ortodontiskās dekomensācijas. No 26 pacientiem tika iegūti 156 KSDT attēli T0 fāzē un 156 KSDT attēli T1 fāzē.

Katrs zobs tika nopozicionēts 3 plaknēs (aksiālā, koronālā un sagitālā), kas iet caur zoba garenasi. (skat. 2. attēlu)

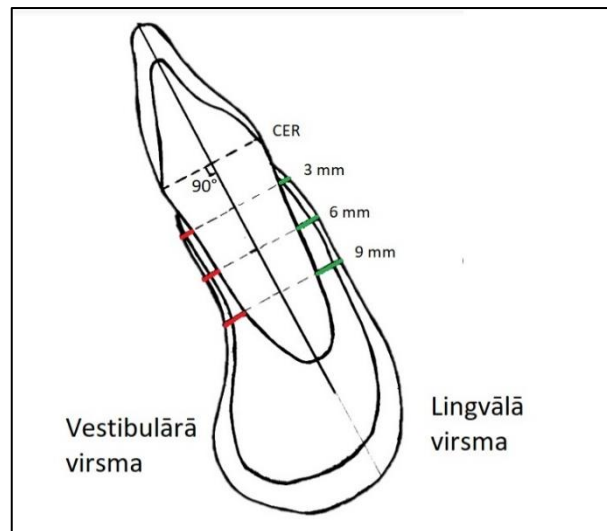


2.attēls. Zoba pozicionēšana pa garenasi sagitālā, koronālā un aksiālā projekcijā, respektīvi.

Pēc zoba korektas pozicionēšanas visās plaknēs, sagitālā projekcijā tika novilkta līnija, kas iet pa zoba garenasi (savienojot inciziālo šķautni ar saknes galu) un perpendikuls, kas iet caur CER (cementa emaljas robežu). Šādi pozicionēja arī citi autori (Coşkun, 2019; Lee, 2018; Yao, 2020, Sun, 2015) No CER perpendikula apikāli tika veidoti 3 mm, 6 mm un 9 mm līmeņi, ko autors izvēlējās pats, modificējot citu autoru metodes (Matsumoto et al., bija 2, 5, 10, 15 mm līmeņi; Lee et al., bija 0, 3, 6, 9 mm līmeņi; Ahn et al., sadalīja sakni vienādās trešdaļās).

Kaula biezums gan lingvāli, gan vestibulāri tika mērīts milimetros no zoba saknes robežas līdz kortikālā kaula robežai attiecīgi katram līmenim, līdzīgi *Ahn et al.*(skat. 3. attēlu)

Kopumā 26 pacientiem tika veikti 936 mērījumi T0 fāzē un attiecīgi 936 mērījumi T1 fāzē, kopumā tika izmērīti 1872 AKB lielumi. (skat.3.attēlu)



3.attēls. Shematisks alveolārā kaula biezuma mērīšanas paraugs

OsiriX programmatūra matemātiski spēj attēlot 0.2 mm biežus slāņus, pat ja vokseļa lielums ir 0.4 mm. Tāpēc autors izvēlējās tieši šo slāņa biežumu, lai veidotos maksimāla izšķirtspēja audiem. Ja AKB netika saskatīts un/vai tā attēlojums bija izplūdis, autors atzīmēja, ka AKB attiecīgā līmenī ir 0.2 mm, jo 0.4 mm vokseļu lieluma dēļ autors nevar būt pārliecināts, ka šajā rajonā kaula nav, tāpēc izvēlas mazāko iespējamo kaula biežumu.

2.2. Statistiskā analīze

Pacientu vecuma analīzei tika izmantota vecuma mediāna, jo netika konstatēts normālsadalījums.

Atšķirības AKB dažādos zoba līmeņos pirms un pēc dekompensācijas tika analizētas ar neparametrisku *Wilcoxon* testu.

L1-NB, L1-OP un IMPA lielumi tika analizēti ar neparametrisku *Wilcoxon* testu.

Lai noteiktu operatora uzticamības (*intra-rater reliability*) lielumu, tika izvēlēti 10 pacienti pēc nejaušības principa un pēc 2 nedēļām izmērīti atkārtoti. Pielietojot ICC testu (*Intraclass Correlation Coefficient*) tika noteikts operatora uzticamības lielums.

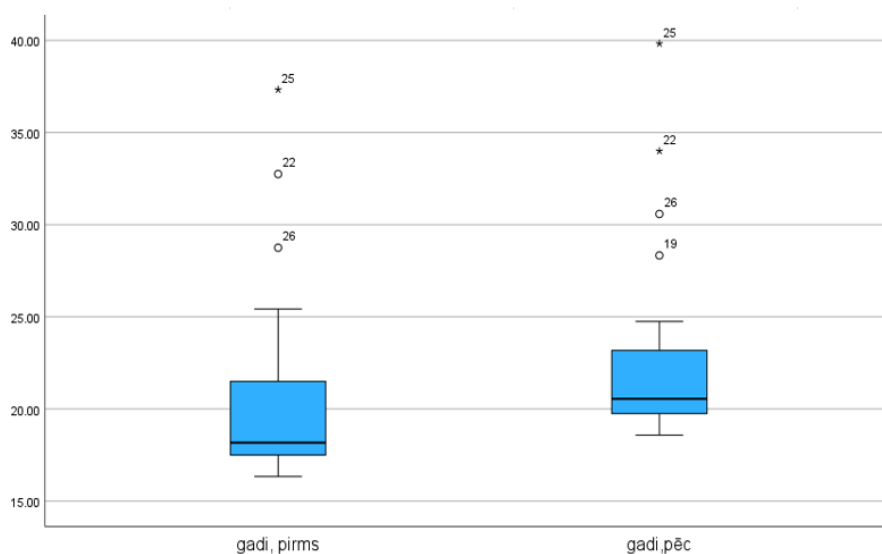
Tika pielietota *Spearman* korelācijas analīze, lai noteiktu korelāciju esamību starp dažādiem parametriem. Tāpat arī veikta lineārās regresijas analīze starp dažādiem parametriem.

Potenciāli ietekmējošie faktori, kā vecums, L1-NB, L1-OP, IMPA, tika pārbaudīti ar statistiski nozīmīgas atšķirības koeficientu, par statistiski nozīmīgu lielumu tika uzskatīta p-vērtība <0.05 .

3. Rezultāti

Pacientu vidējais vecums bija 20.4 ± 5.2 (SD) (min. 16.33; maks. 37.33) gadi T0 fāzē un T1 fāzē vidējais vecums bija 22.5 ± 5.1 (SD) gadi (min. 18.58; maks. 39.83). Tā kā nebija novērots normālsadalījums, pacientu vecuma mediāna pirms ārstēšanas bija 18.17 gadi un pēc 20.55 gadi.

Vidējais ortodontiskās ārstēšanas ilgums pirms ortognātiskās ķirurģijas bija 2.1 ± 0.78 gadi (SD). (skat. 4.attēlu)



4.attēls Vecuma lielums pirms un pēc dekompensācijas (gadi)

3.1. Alveolārā kaula biezuma mērījumi

Balstoties uz *Wilcoxon* testa rezultātiem, tika izņemti labās un kreisās puses attiecīgās grupas zobus apvienot vienā grupā (piemēram, labās un kreisās puses kanīns kā viena grupa).

Zobu grupu AKB minimālās, maksimālās vērtības attēlotas tabulās (skat. 1., 2. tabulu)

	3 mm (V)				6 mm (V)				9 mm (V)			
	T0		T1		T0		T1		T0		T1	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min	Max	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Kanīns	0.2	0.87	0.2	0.56	0.2	0.56	0.2	0.52	0.2	2.31	0.2	3.17
Lat.inc.	0.2	1.43	0.2	1.42	0.2	0.51	0.2	1.1	0.2	2.02	0.2	2.58
Centr.inc.	0.2	1.12	0.2	0.61	0.2	0.65	0.2	0.84	0.2	2.12	0.2	2.82

1.tabula.Minimālās un maksimālās AKB vērtības no vestibulārās puses visām zobu grupām dažādos līmeņos pirms un pēc dekompensācijas.

	3 mm (L)				6 mm (L)				9 mm (L)			
	T0		T1		T0		T1		T0		T1	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min	Max	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Kanīns	0.2	2.23	0.2	2.17	0.2	2.31	0.2	3.17	0.2	4.12	0.2	3.33
Lat.inc.	0.2	1.11	0.2	0.98	0.2	1.44	0.2	1.06	0.2	2.3	0.2	1.52
Centr.inc.	0.2	1.09	0.2	0.62	0.2	1.74	0.2	0.52	0.2	2.48	0.2	1.48

2.tabula.Minimālās un maksimālās AKB vērtības no lingvālās puses visām zobu grupām dažādos līmeņos pirms un pēc dekompensācijas.

Visu zobu grupu mediānu vērtības, kā arī atšķirības (T1-T0 jeb Δ) pirms un pēc dekompensācijas attēlotas tabulā un vizualizētas kārbu diagrammās (skat.3.,4.tabulu un 5.,6.,7. attēlu))

Tika atrasta mediāna kaula biezumam vestibulāri 3 mm līmenī, kas kanīnam un centrālajam incisīvam bija 0.2 mm, bet laterālajam incisīvam 0.37 mm, nedaudz lielāks biezums veidojās no lingvālās puses, kur kanīnam bija 0.5 mm kaula biezums, laterālajam 0.33 mm, savukārt, centrālajam tie paši 0.2 mm pirms ārstēšanas. Pēc dekompensācijas visām zobu grupām bija novērots 0.2 mm AKB gan lingvāli, gan vestibulāri. Tikai lingvālā pusē tika novērota statistiski nozīmīga atšķirība visām zobu grupām pirms un pēc dekompensācijas procesa (p-vērtība <0.05). Laterālajam incisīvam šajā līmenī samazinājās kaula biezums, bet centrālajam un kanīnam palielinājās, lai gan šīs atšķirības ir ļoti zemas un, iespējams, nav klīniski nozīmīgas.

Šiem pacientiem 6 mm līmenī vairāk kaula tika atrasts tieši no lingvālās puses, savukārt, vestibulāri kaula biezums bija 0.2 mm visām zobu grupām pirms ārstēšanas. Pēc dekompensācijas vestibulārā pusē kaula līmenis palika nemainīgs pēc datiem- 0.2mm, savukārt, lingvālā pusē kaula biezums izteikti samazinājās līdz 0.2 mm laterālajam un centrālajiem incisīviem (p-vērtība <0.05), bet kanīnam bija 0.5 mm lielumā (nav stat.nozīmīgas atšķirības; p=0.232).

AKB 9 mm līmenī bija lielāks salīdzinot ar 3 mm un 6 mm līmeņiem visām zobu grupām. Tika novērots, ka AKB visās zobu grupās palielinās pēc dekompensācijas vestibulārā pusē (p-vērtība <0.05) un samazinās lingvālā pusē (p-vērtība <0.05).

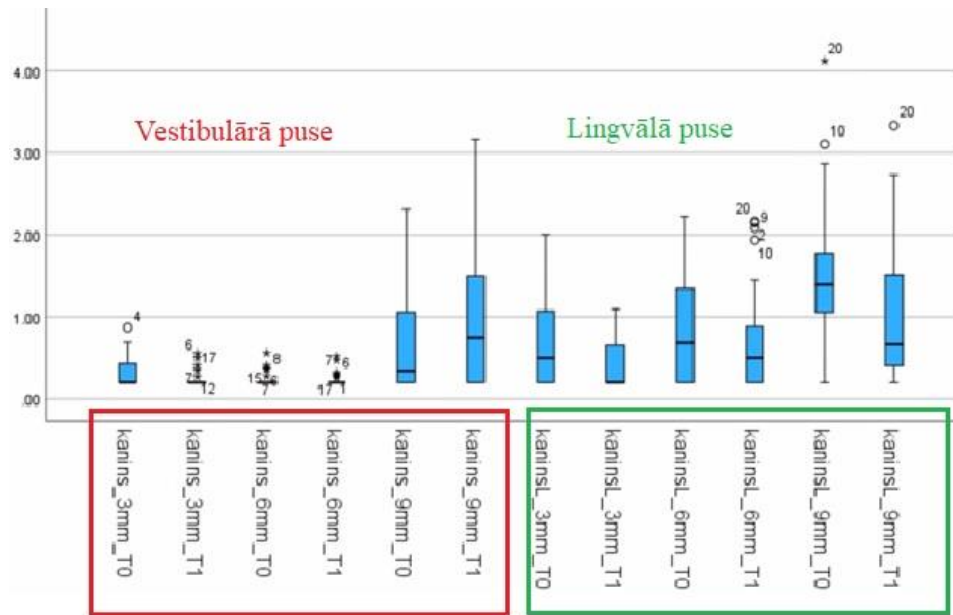
	(V) 3 mm (mm)		(L) 3 mm (mm)		(V) 6 mm (mm)		(L) 6 mm (mm)		(V) 9 mm (mm)		(L) 9 mm (mm)	
	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1
Kanīns	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.68	0.5	0.34	0.75	1.39	0.66
Laterālais	0.37	0.2	0.33	0.2	0.2	0.2	0.59	0.2	0.45	2.58	0.99	0.2
Centrālais	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.34	0.2	1.03	1.4	0.84	0.2

3.tabula. Kanīna, laterālā incīsiņa un centrālā incīsiņa AKB mediāna dažādos līmeņos pirms un pēc dekompensācijas.

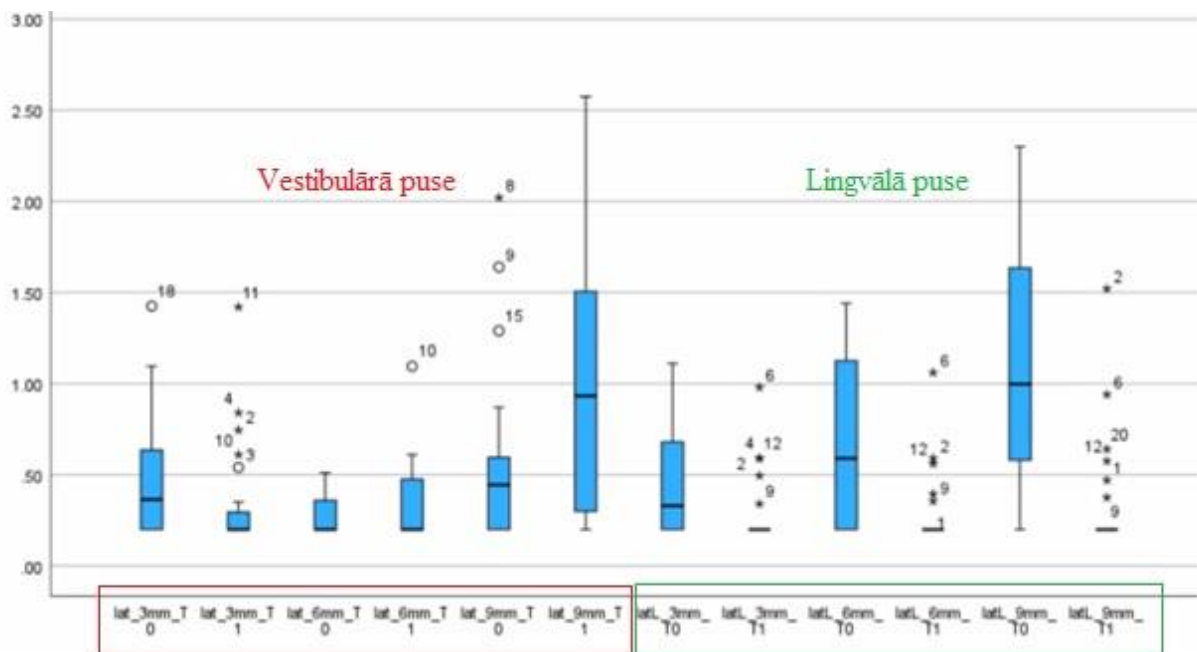
	T1-T0 ; 3 mm (V)	p-vērtība	T1-T0 ; 6 mm (V)	p-vērtība	T1-T0 ; 9 mm (V)	P-vērtība
Kanīns	0.00	0.075	0.00	0.889	+0.24	0.021*
Laterālais	0.00	0.124	0.00	0.433	+0.33	0.000*
Centrālais	0.00	0.056	0.00	0.814	+0.41	0.006*

	T1-T0 ; 3 mm (L)	p-vērtība	T1-T0 ; 6 mm (L)	p-vērtība	T1-T0 ; 9 mm (L)	P- vērtība
Kanīns	0.00	0.006*	-0.07	0.232	-0.62	0.001*
Laterālais	-0.06	0.013*	-0.39	0.001*	-0.65	0.000*
Centrālais	0.00	0.003*	-0.14	0.001*	-0.54	0.000*

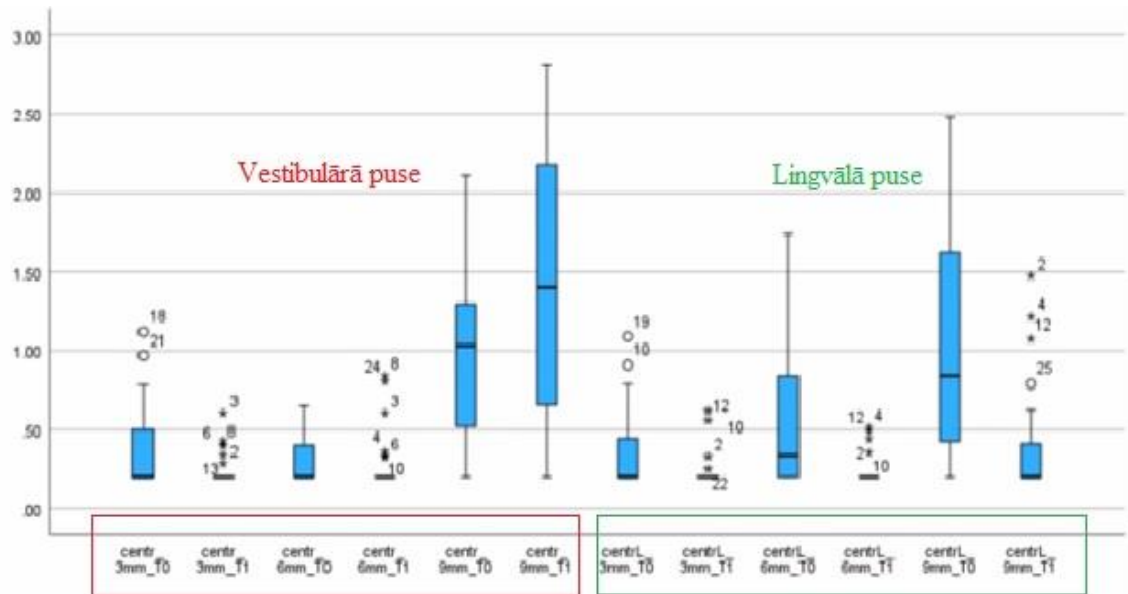
4.Tabula. Atšķirība starp vestibulārā un lingvālā AKB mērījumiem katrā zobu grupā dažādos līmeņos (*- statistiski nozīmīgs lielums)



5.attēls. Kanīna grupas mērījumu atšķirības 3 mm, 6 mm un 9 mm līmeņos pirms un pēc dekompensācijas no vestibulārās un lingvālās puses.

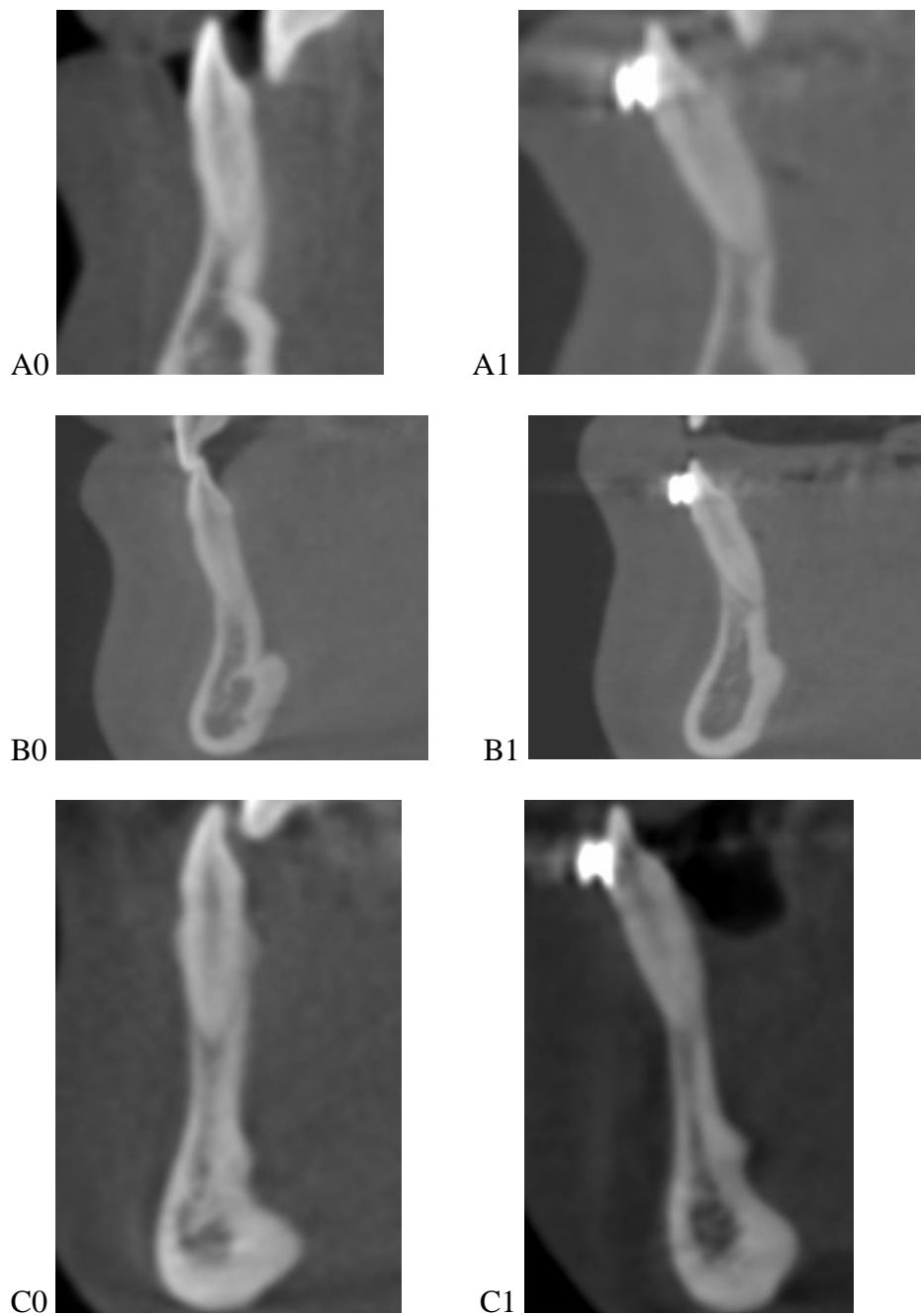


6.attēls. Laterālā incisīva grupas mērījumu atšķirības 3 mm, 6 mm un 9 mm līmeņos pirms un pēc dekompensācijas no vestibulārās un lingvālās puses.



7.attēls. Centrālā incisīva grupas mērījumu atšķirības 3 mm, 6 mm un 9 mm līmeņos pirms un pēc dekompensācijas no vestibulārās un lingvālās puses.

Lasītāja vizualizācijai tika izmantoti indivīdu pirms (T0) un pēc (T1) KSDT izmeklējumi sagitālā plaknē, lai vairotu uzmanību alveolārā kaula biezuma lielumam apakšžokļa frontālo zobu rajonā, kas jau sākotnēji ir izteikti samazināts un kļūst mazāks dekompensējot šos zobus. (skat. 8. attēlu)



*8.attēls A0, B0, C0- T(0) fāze. Sagitālais KSDT griezum (7., 15., 19. indivīds)
A1, B1,C1- T(1) fāze. Sagitālais KSDT griezum (7., 15., 19. indivīds)*

3.2. Cefalometriskie mērījumi

Tādiem lielumiem kā L1-NB, L1-OP un IMPA tika novērots normālsadalījums, tāpēc tika izmantoti vidējie lielumi. Vidējais L1-NB lielums pirms bija 18.19 mm ±7.65 mm un pēc dekompensācijas 26.92 mm ± 6.19 mm.

Vidējais leņķis L1-okluzālā plakne 81.05°± 8.48° un pēc 72.06°±5.56°.

Vidējais IMPA leņķis pirms bija 77.17 °±7.08° un pēc 86.4°±5.72°.

L1-NB lielums pēc dekompensācijas samazinājās par 8.2 mm (p-vērtība <0.05).

L1-okluzālā plakne leņķis palielinājās par 9.1 ° (p-vērtība <0.05), tāpat IMPA leņķis samazinājās par 7.1 °(p-vērtība <0.05).

(skat. 5. tabulu un 9. attēlu)

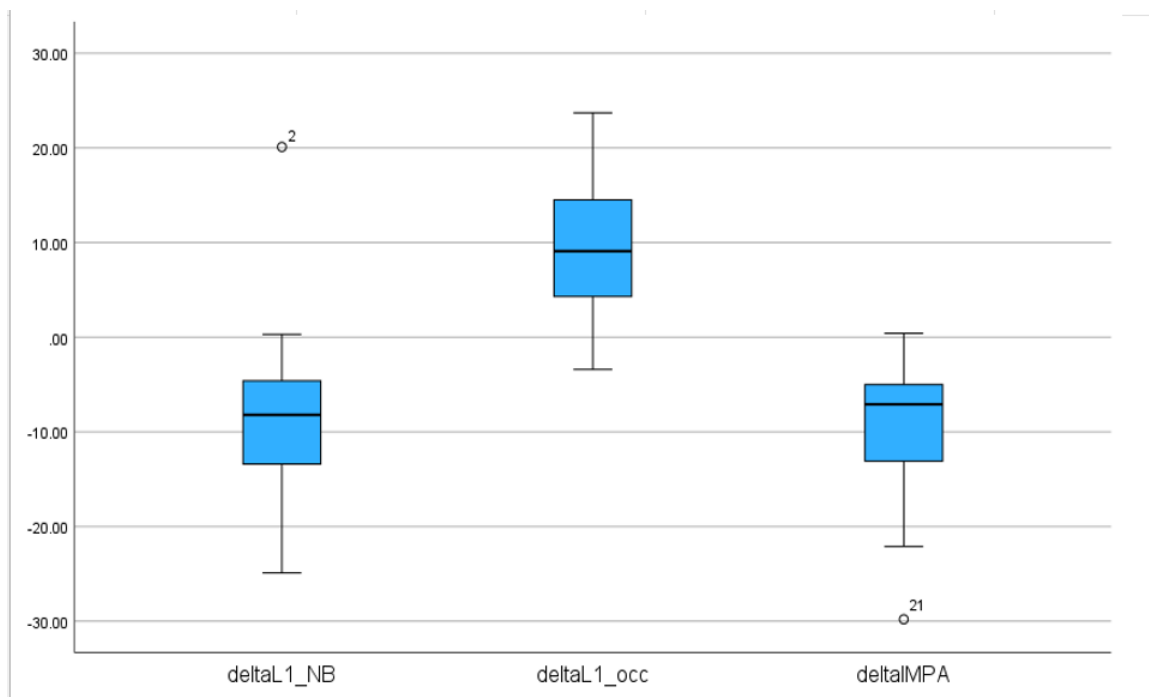
L1-NB mērījumam 50% pacientu sasniedza dekompensācijas normas robežu, 19.2% nerasniedza normas robežas, bet 30.8% pacientu bija atrastas vērtības augstākas par normas robežu.

L1-OP mērījumam 69.23% pacientu sasniedza normas robežas, 11.53% nerasniedza normu, bet 19.23% pacientu norma bija pārsniegta.

IMPA mērījumam tikai 30.8% pacientu sasniedza normas robežas, 65.4% nerasniedza normas robežas, bet 3.8% pacientu norma bija pārsniegta.

	Pirms; T0	Pēc; T1	T1-T0	p-vērtība
L1-NB	18.19±7.65 mm	26.92 mm ± 6.19 mm	+8.2 mm	0.000
L1-okluz.	81.05°± 8.48°	72.06°±5.56°	-9.1°	0.000
IMPA	77.17 °±7.08°	86.4°±5.72°	+7.1°	0.000

5. tabula. L1-NB; L1-OP un IMPA lielumi pirms un pēc dekomepsācijas, T1-T0 jeb Δ, statistiskais nozīmīgums



9.attēls. L1-NB, L1-OP un IMPA leņķu atšķirība (T1-T0)

3.3. Spearman korelācijas noteikšana starp mērījumiem

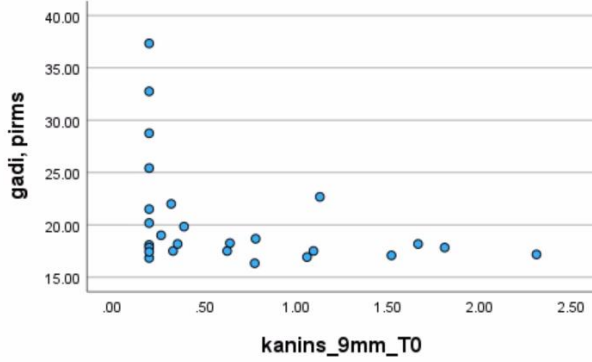
Netika atrasta korelācija starp zobu grupu atšķirībām (T1-T0) un ārstēšanas ilgumu.

T0 fāze (skat.10.attēlu un 6. tabulu)

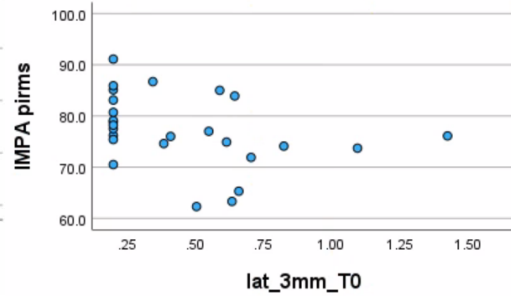
Korelācijas	Vecums T0	L1-NB	L1-OP	IMPA
Kanīns 9mm (V)	r=-0.416			
Lat.inc. 3 mm(V)				r=-0.497
Lat.inc. 6 mm(V)	r=-0.537			
Lat.inc. 9 mm(V)	r=-0.518			
Centr.inc. 3 mm(V)			r=0.467	r=-0.438
Centr.inc. 6 mm(V)		r=-0.441		

6.tabula. Korelāciju apkopojums T0 fāzē no vestibulārās puses

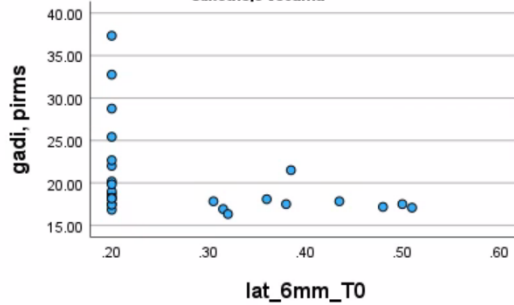
Korelācija starp kanīnu T0 fāzē 9 mm no vestibulārās puses un sākotnējo vecumu



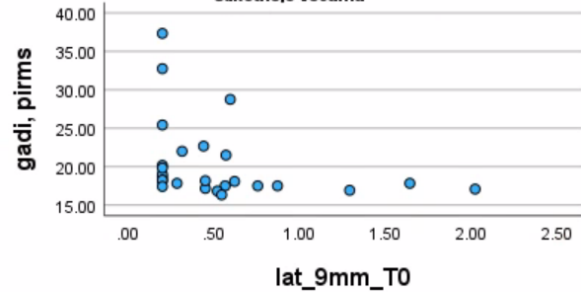
Korelācija starp laterālā incisīva T0 fāzi 3 mm no vestibulārās puses un sākotnējais IMPA



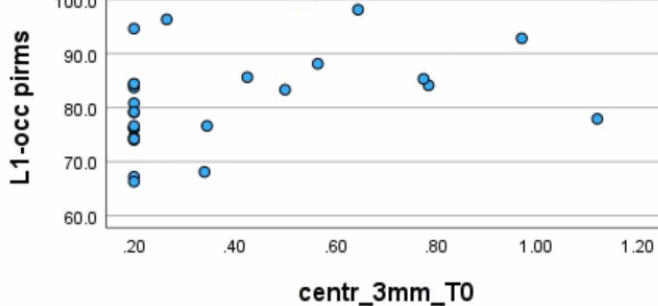
Korelācija starp laterālā incisīva T0 fāzi 6 mm no vestibulārās puses un sākotnējo vecumu



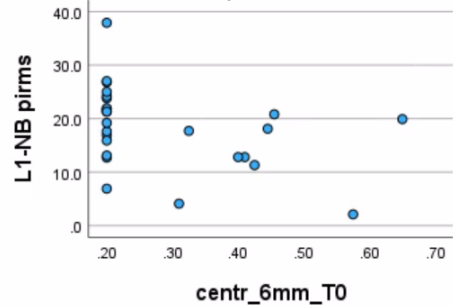
Korelācija starp laterālā incisīva T0 fāzi 9 mm no vestibulārās puses un sākotnējo vecumu



Korelācija starp centrālā incisīva T0 fāzes 3 mm un L1-okluz.leņķi pirms



Korelācija starp centrālā incisīva T0 fāzes 6 mm līmeni un L1-NB pirms

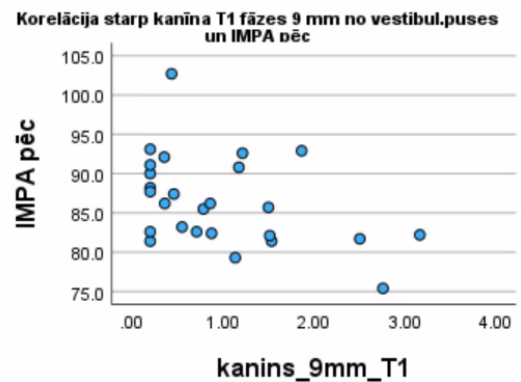
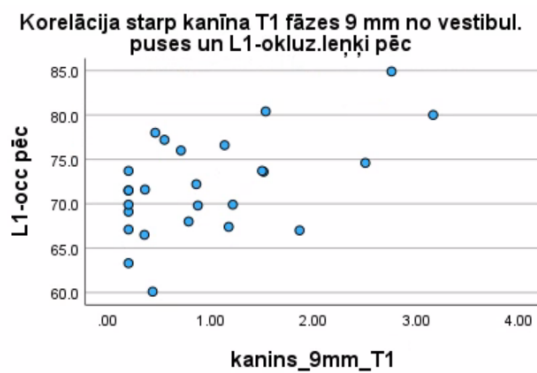
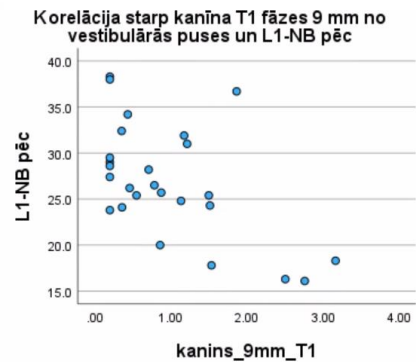
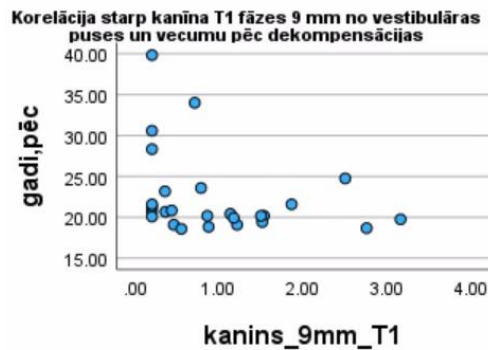


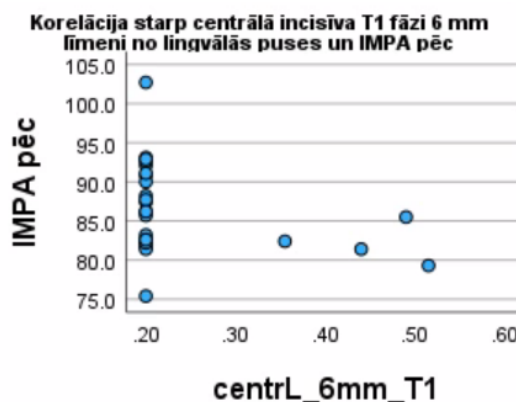
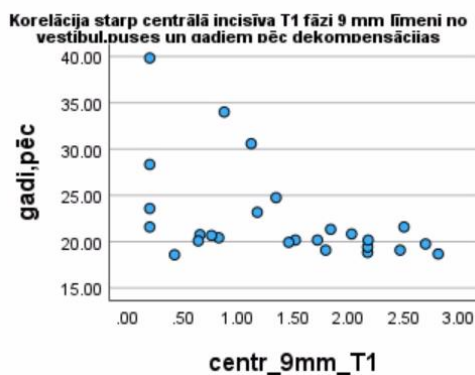
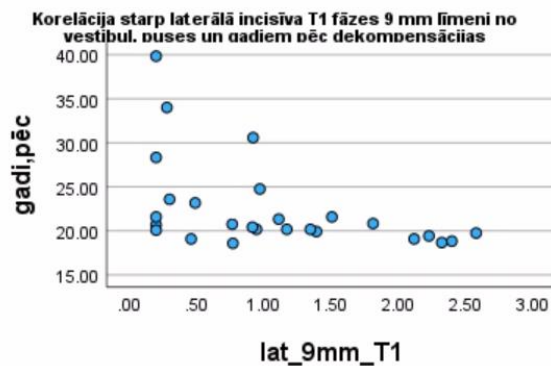
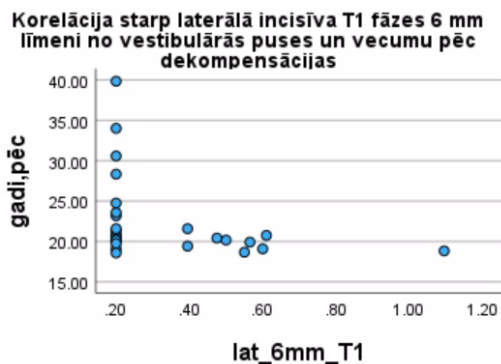
10.attēls. Spearman korelācijas T0 fāzē

T1 fāze (skat.11.attēlu un 7. tabulu)

Korelācijas	Vecums pēc dekomp.	L1-NB	L1-OP	IMPA
Kanīns 9 mm (V)	$r=-0.446$	$r=-0.512$	$r=0.456$	$r=-0.416$
Lat.inc. 6 mm (V)	$r=-0.464$			
Lat.inc. 9 mm (V)	$r=-0.538$			
Centr.inc. 9 mm (L)	$r=-0.51$			
Centr in.6 mm (L)				$r=-0.409$

7.tabula. Korelāciju apkopojums T1 fāzē no vestibulārās puses un lingvālās puses



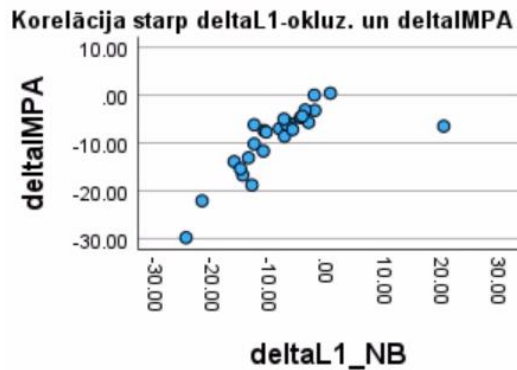
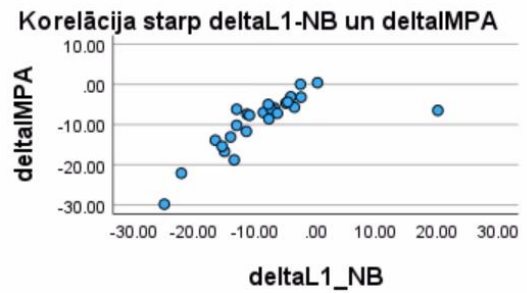
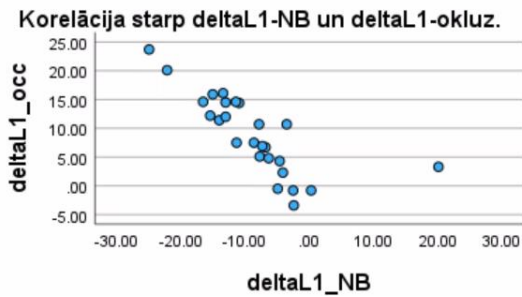
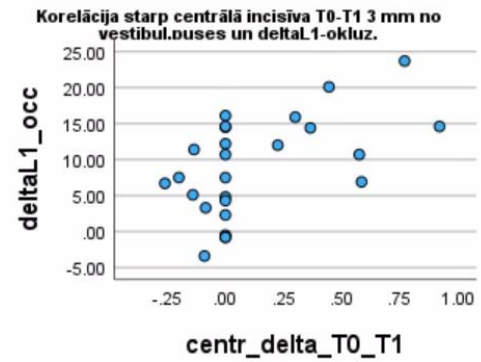
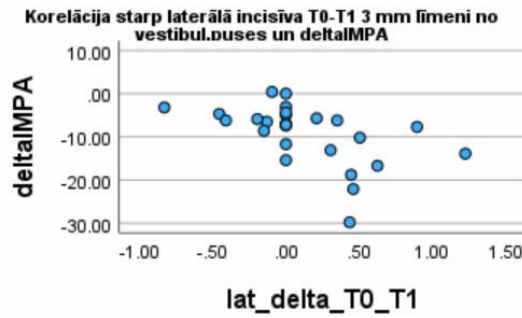
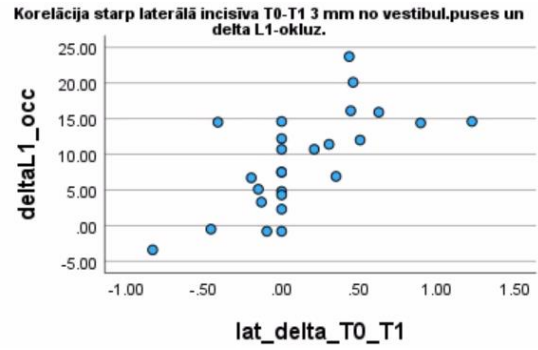
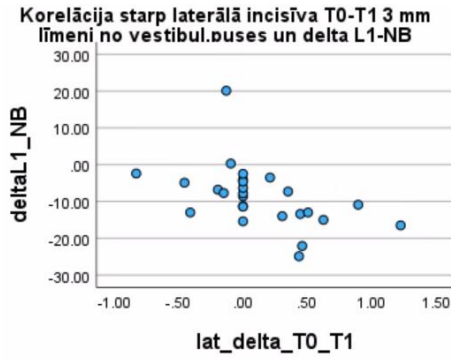


11.attēls. Spearman korelācijas T1 fāzē

Korelācija pie parametru atšķirībām (Δ) pirms un pēc dekompensācijas (skat. 12. attēlu un 8.tabulu)

Korelācijas	Δ L1-NB	Δ L1-OP	Δ IMPA
Δ Lat.inc. 3 mm (V)	$r=-0.614$	$r=0.691$	$r=-0.622$
Δ Centr.inc. 3 mm (V)		$r=0.517$	
Δ L1-NB		$r=-0.907$	$r=0.884$
Δ L1-OP			$r=-0.862$

8.tabula. Korelāciju apkopojums T1-T0 fāzē jeb Δ no vestibulārās puses



12.attēls. Spearman korelācija parametriem (T1-T0)

3.4. Lineārās regresijas analīze

T0 fāze (skat. 9.tabulu)

Lineārā regresija	L1-NB (palielinājums par 1 mm)	L1-OP (palielinājums par 1°)	IMPA (palielinājums par 1°)	p-vērtība
Kanīns 3mm (V)		-0.025	-0.027 mm	(0.022); (0.028)
Centr.inc. 9 mm(V)	-0.041 mm			0.033
Centr.inc. 3 mm(L)		+0.032 mm		0.028
Centr.inc. 6 mm(L)		+0.074 mm		0.007

9.tabula. Lineārās regresijas analīzes rezultāti T0 fāzē

T1 fāze (skat. 10.tabulu)

Lineārā regresija	L1-NB (palielinājums par 1 mm)	L1-OP (palielinājums par 1°)	IMPA (palielinājums par 1°)	p-vērtība
Kanīns 3mm (L)	-0.038 mm			0.025
Kanīns 6 mm (L)	-0.088 mm			0.016
Kanīns 9 mm (L)	-0.093 mm			0.049
Centr.inc. 9 mm(V)			+0.117	0.031
Centr.inc.3mm (L)		-0.015 mm		0.045

10.tabula. Lineārās regresijas analīzes rezultāti T1 fāzē

Lineārā regresija pie parametru atšķirībām(Δ) pirms un pēc dekompensācijas (skat. 11.tabulu)

Lineārā regresija	ΔL1-NB (palielinājums par 1 mm)	ΔL1-OP (palielinājums par 1°)	ΔIMPA (palielinājums par 1°)	p-vērtība
ΔCentr.inc.9 mm (L)		-0.088 mm		0.033
ΔCentr.inc.6 mm (L)	-0.037 mm	-0.076 mm		(0.005); (0.021)
ΔCentr.inc.3 mm (L)	+0.014 mm	+0.044 mm	+0.03	(0.027); (<0.001); (0.003)
ΔLat.inc. 3 mm(V)		+0.048mm		0.032
ΔKanīns 6 mm (L)			-0.049 mm	0.047

11.tabula. Lineārās regresijas analīzes rezultāti Δ lielumiem

4. Diskusija

4.1. Alveolāra kaula biezums

ICC tests parādīja augstu operatora uzticamības koeficientu (0.996-0.997), kas norāda uz precīzu mērījumu atkārtojamību.

III klases pacientiem ar vertikālu augšanu alveolārā kaula biezums ir izteikti samazināts jau pirms ortodontiskās ārstēšanas uzsākšanas, to apstiprina arī autora darbā iegūtie dati. Šajā pētījumā tika izmantots relatīvi mazs pacientu skaits, kas ir 26 pacienti, jo bija liels iekļaušanas kritēriju daudzums un nebija pieejami daudzu pacientu KSDT izmeklējumi pirms un pēc dekompensācijas procesa. Nozīmējot jebkura veida radioloģisko izmeklējumu ir nepieciešams izvērtēt, vai izmeklējums būs klīniski vērtīgs un ieguvums būs lielāks par potenciāliem riskiem, kas saistīti ar šo procedūru. Tāpat arī ir jāievēro ALARA (angļu val.-*as low as reasonably achievable*) princips nozīmējot šos izmeklējumus, lai samazinātu vēža un audu bojājuma risku. (*Directorate-General for Energy Directorate, 2012*) Iespējams, tāpēc pētītajā laika posmā nebija liels pacientu skaits, kas iekļautos autora veidotajā pētījumā, KSDT izmeklējumu trūkuma dēļ.

Pēc jaunākajām Eiropas radioloģijas vadlīnijām var izmantot KSDT mazo lauku, kas ir 80x80 mm izmēra, lai novērtētu zobus un alveolāro kaulu. Eiropas vadlīnijas atzīst KSDT izmantošanu pie kaulaudu izvērtēšanas, plānojot ortognātisko ķirurģiju. Diemžēl šajās vadlīnijās netika atrasta informācija par detalizētiem KSDT izmeklējumu parametriem (piem., precīzs vokseļa lielums) tieši alveolārā kaula izvērtēšanā pirms ortognātiskās ķirurģijas. (*Directorate-General for Energy Directorate, 2012*)

Pēc Amerikas mutes, sejas, žokļu radioloģijas vadlīnijām, tiek aicināts samazināt radioloģisko izmeklējumu skaitu, racionalizējot to izmantošanu un apvienojot dažādu izmeklējumu attēlus, lai iegūtu nepieciešamo informāciju. Ārstēšanas laikā ir nepieciešams sekot līdzīgai radiācijas devai no veiktajiem izmeklējumiem, jo pēc pētījumiem novēroja, ka apmēram 1 no 1000 indivīdiem attīstās vēzis, ja radiācijas deva ir lielāka par 10 000 mSv., 12.tabulā ir parādīts, kā var aprēķināt dažādu radioloģisku izmeklējumu devu

pieaugušajiem un kādā veidā var kombinēt izmeklējumus, lai sekotu līdzi ALARA principam. (AAOMR, 2013) (skat.12.tabulu).

Protokols	Veids	Ārstēšanas posms			Deva(mSv)		Relat. radiāc. līmenis
		Inic. diagnostika	Ārstēš. vidū	Pēc ārstēš.	Subtotāli	Totāli	Pieaugušie
Konvencionālie izmeklējumi	OPG	+	+	+	36	47.2	☐
	Lat.cef.	+	-	+	11.2		
Konvencionālie izmekl.+mazā lauka KSDT	OPG	+	+	+	36	107.2	☐
	Lat.cef.	+	-	+	11.2		
	Mazā lauka KSDT	+	-	-	60		
Liels FOV+ konvencionālie izmeklējumi	OPG	-	+	+	24	112.6	☐☐
	Lat.cef.	-	-	+	5.6		
	Liels FOV	+	-	-	83		
Liels FOV	Liels FOV	+	+	+	249	249	☐☐

12..tabula Piemērs, kā aprēķināt relatīvo radiācijas līmeni specifiskiem izmeklējumu protokoliem pieaugušajiem (Amerikas mutes, sejas žokļu radioloģijas akadēmijas vadlīnijas), 2013

(OPG-ortopantomogramma (12 mSv); Lat.cef.- laterālā cefalometrija (5.6 mSv); Mazā lauka FOV (6 cm augstums, augsta izšķirtspēja (60mSv)); Liels FOV (16x13 cm (83 mSv)); Relat. radiāc.līmenis pēc Amerikas radioloģijas koledžas: ☐ <100 mSv, ☐☐ 100-1000 mSv)

Trīs indivīdi bija sākotnēji vecāki, tāpēc neiekļāvās kārbas diagrammā, kas raksturo indivīdu vecumu uzsākot un pabeidzot dekompensācijas procesu, lai gan divi iekļāvās vidējā ārstēšanas ilgumā. Vienam pacientam dekompensācijas process bija īsāks par vidējo ārstēšanas ilgumu, iespējams, jo apakšžoklī un augšžoklī saspiestība nebija izteikta. Vienam indivīdam vecums pēc dekompensācijas bija ārpus kārbas diagrammas. Šim pacientam aktīvā ārstēšana pēc sākotnējā KSDT veikšanas sākās tikai pēc 1 gada, tāpēc ņemot vērā šo faktu aktīvās ārstēšanas laiks šim pacientam iekļāvās vidējā ārstēšanas laikā. Salīdzinot sākotnējo KSDT izmeklējuma veikšanas laiku un aktīvās ortodontiskās ārstēšanas uzsākšanas laiku, šajā pētījumā varēja būt atšķirības starp šiem laika posmiem, tāpēc fiksētais ārstēšanas ilgums nereti neatbilst aktīvās ortodontiskās ārstēšanas laikam.

Visās zobu grupās autors novēroja, ka vismazākais alveolāra kaula biezums bija pie alveolārās kores gan lingvāli, gan vestibulāri pirms ārstēšanas, savukārt, ar 9 mm līmeni apikālā reģionā tika novērota tendence kaula biezumam palielināties, to novēro arī *Lee et al.* un *Eraydin et al.* *Lee et al.*, izmantoja 0.3 mm vokseļa izmeklējumu, nepieminot kāda lauka KSDT izmeklējums tika veikts, bet viņa AKB biezumu mērījumi kopumā bija līdzīgi šī darba autora mērījumiem. Tāpat šī darba autors novēroja, ka pirms ārstēšanas 6 mm un 9 mm līmeņos alveolāra kaula biezums vestibulāri ir mazāks nekā lingvāli šai pacientu grupai, tāpēc apakšžokļa incīsiņu dekompensāciju jāveic ļoti uzmanīgi, lai nesamazinātos kaula biezums, to novēroja arī *Lee et al.* un *Matsumoto et al.*

Salīdzinot darba autora AKB biezuma mērījumus ar *Ma et al.*, pētījumu, novēro, ka *Ma et al.*, ieguva salīdzinoši lielākus AKB centrālajam un laterālajam incīsiņiem. Iespējams, *Ma et al.*, dati ir precīzāki milimetros, jo tika izmantots mazāka lauka izmeklējums (150 mm x150 mm) un mazāka vokseļa lielums 0.125 mm nekā šī darba autoram.

Autors varētu pieņemt, ka dažiem pacientiem esot ārpus 2. un 3. kvartiles kārbas diagrammā, varētu būt izteiktas zobu rotācijas, iegūstot gan izteikti mazu, gan izteikti lielu AKB šiem indivīdiem.

Kā viena no iespējām, kā minimizēt alveolārā kaula zudumu un samazināt recesiju veidošanos ir kortikotomija ar augmentāciju pirms ortodontiskās dekompensācijas procesa. Šīs metodes pamatā ir papildus kaula transplantācija un RAF (reģionālās akselerācijas fenomens), kad kauls sadzīst ātrāk un zobu pārvietojums arī paātrinās. (*Ahn, 2016*) *Yao et al.*, piedāvā arī

veidot apakšokļa zobu distalizāciju, lai lielas saspīestības gadījumos neveidotos pārmērīga apakšokļa incīsvu proīklinācija un varētu tos izvietot kaulā maksimāli labvēlīgā pozīcijā. (Yao, 2020)

Ahn et al., pētījumā salīdzināja eksperimentālo grupu (veikta augmentētā kortikotomija pirms ortodontiskās ārstēšanas) un kontroles grupu (netika veikta augmentētā kortikotomija) un atrada, ka eksperimentālai grupai tika sagalabāts labiālais alveolārās kores vertikālais augstums un vidējā un apakšējā alveolārā daļā biežums palielinājās incīsviem un kanīniem. Kontroles grupā novēroja lielāku nekontrolētu zobu nolīeci (zoba apeks novietojās vairāk lingvāli) nekā eksperimentālā grupā, tas var ietekmēt ortognātiskās ķirurģijas lielumu. Eksperimentālai grupai būtu lielākas apakšokļa ortognātiskās pārvietošanas iespējas nekā kontroles grupai (Ahn, 2016)

Vienā no jaunākajiem pētījumiem, ko veica Brugnami et al., autori izmantoja korekcijas kapes un augmentēto kortikotomiju pirms ortognātiskās ķirurģijas un novēroja alveolārā kaula biežuma palielināšanos 3 mm līmenī no CER vidēji par 1.42 ± 0.5 mm, 5 mm līmenī vidēji par 1.98 ± 0.66 mm un 7 mm līmenī vidēji par 2.70 ± 0.87 mm no vetsibulārās puses. Diemžēl pacientu skaits šajā pētījumā bija mazs, tikai 10 indivīdi, izmantoto vokseļu lielums KSDT bija mazs (no 0.679 μ līdz 0.2 mm), kā arī pirmsārstēšanas KSDT tika salīdzināts ar KSDT, kas tika veikts 1 gadu pēc ortognātiskās ķirurģijas. Tika mērīts IMPA šiem laika mērījumiem un tika atrasts, ka IMPA palielinājās, bet ne līdz plānotajam lielumam (plānots korekcijas kapju programmatūrā-*iTero® Element 1*, Align Technology). (Brugnami, 2021) Ir nepieciešams vairāk pētījumu par korekcijas kapju pielietošanu pirms ortognātiskās ķirurģijas

Indivīdi, kas atrodas ārpus kārbas diagrammas robežām attiecībā uz AKB mērījumiem. (skat. 5., 6., 7. attēlu))

Visās zobu grupās atkārtojās 4 indivīdi (Nr. 4, 6.,10., 2.). Tikai laterālā un centrālā incīsva grupās atkārtojās 4 izlēcēji (Nr. 3.,12., 8., 18.) Nr. 20., 9. atkārtojās tikai laterālā incīsva un kanīna grupās.

Nr.4. kanīniem tika novērotas rotācijas, kas varēja ietekmēt kaula biezumu ap kanīna sakni gan pirms, gan pēc dekompensācijas. Nr. 4 T1 fāzē ārstēšanas ilgums bija lielāks par vidējo, L1-NB norma, L1-OP norma, bet IMPA izteikti samazināts, bet tas bija izteikti samazināts jau T0 fāzē.

Indivīdam Nr. 6 novēro lielākus lielumus gan vestibulāri, gan lingvāli gan pirms, gan pēc dekompensācijas, visdrīzāk sākotnējais kaula biezums ir lielāks nekā pārējiem indivīdiem. Tikai IMPA no cefalometriskiem rādītājiem neatrodas normas robežās pēc dekompensācijas, procesa tas ir samazināts. Iespējams, netika pietiekami proinklinēti zobi, ja ņem vērā IMPA.

Nr. 10 indivīdam novēro palielinājumu gan T1, gan T0 fāzēs dažādos līmeņos, šim indivīdam tikai IMPA neatrodas normas robežās. Iespējams, jau sākotnēji AKB ir lielāks nekā pārējiem.

Nr. 2 novēro palielinājumu tieši T1 fāzēs dažādos līmeņos. L1-NB bija mazāks par normu, lai gan sākotnēji T0 bija lielāks par normu, L1-OP lielāks par normu, bet jau sākotnēji bija lielāks par normu, IMPA mazāks par normu. Iespējams, nebija notikusi pilnīga dekompensācija un zobi palikuši retroinklinēti.

Nr. 3 kā izlēcējs atradās laterālā un centrālā incisīva grupā T1 fāzē no vestibulārās puses gan 3 mm, gan 6 mm līmenī (abos saglabājās 0.61 mm AKB). L1-NB sākotnēji bija normas robežās, bet T1 palielinājās, L1-OP bija un saglabājās normas robežās, savukārt, IMPA sākotnēji bija samazināts, bet T1 fāzē bija normas robežās. Lai gan L1-NB norāda uz pārmērīgu proinklināciju, pārsteidzoši novērot lielāku vestibulāro AKB 3 mm līmenī, iespējams, tieši šī zoba inklinācija nebija tik ļoti mainīta kā pārējiem.

Nr. 12 palielinājumu novēro tikai T1 fāzē. Pēc cefalometriskiem lielumiem novēro normas robežas visiem lielumiem, izņemot IMPA, tiek novērots, ka dekompensācija nebija notikusi pilnīgi, ja balstās uz IMPA.

Nr. 8.bija palielināts gan T0, gan T1 fāzē. Novēro izteikti samazinātu L1-NB, IMPA un palielinātu L1-OP. Zobi bijuši izteikti retroinklinēti. Arī T1 fāzē cefalometriskie lielumi nesasniedza normas robežas, tātad zobi nebija proinklinēti līdz normas robežām, iespējams, tāpēc kaula biezums nesamazinājās tik lielā mērā kā citiem indivīdiem vai arī sākotnēji bija lielāks kaula biezums.

Nr. 18, kuram ir lielāks mērījums nekā parējiem T0 fāzē 3 mm no vestibulārās puses, tas nozīmē, ka kaula biezums sākotnēji ir lielāks. Papildus tika novērots, ka laterāliem incisiviem ir izteikta mežiāla rotācija, centrālie incisīvi nebija rotēti. Šajā fāzē L1-NB un L1-OP bija normas robežās, IMPA samazināts.

Nr. 20 indivīdam novēro izteiktāku palielinājumu lingvālā pusē dažādos līmeņos gan T0, gan T1 fāzē. L1-NB un IMPA tam ir samazināti. Iespējams, notikusi saudzīgāka proinklinācija, kā arī sākotnējais kaula lielums bija lielāks.

Nr. 9 novēro palielinājumu gan T1, gan T0 fāzē, tāpat arī gan no vestibulārās puses, gan no lingvālās. Indivīdam novēro lielāku ārstēšanas ilgumu nekā vidējo visa grupā, normālus L1-NB, L1-OP, samazinātu IMPA sākotnēji. Tomēr T1 fāzē novēro izteikti palielinātu L1-NB, IMPA un samazinātu L1-OP, kas norāda uz pārmerīgu proinklināciju, kaula lielums šim indivīdam bija pietiekami liels no lingvālās puses, lai kompensētu pat šādu proinklināciju

Ja novēro vislielākos izlēcējus neskaitot jau pieminētos, tad var izcelt Nr. 11., 19., 24.

Nr. 11 ir izlēcējs laterālajam incisivam T1 fāzē 3 mm līmenī no vestibulārās puses (1.42 mm). Visi cefalometriskie mērījumi ir normas robežās.

Nr. 19 centrālā incisīva T0 fāzē 3 mm līmenī no lingvālās puses bija 1.09 mm AKB. T0 fāzē cefalometriskie mērījumi L1-NB, IMPA samazināti, L1-OP palielināts, kas norāda uz izteikti retroinklinētiem zobiem, lingvālais kauls sākotnēji biezāks salīdzinot ar citiem.

Nr. 24 centrālā incisīva T1 fāzē 6 mm līmenī no vestibulārās puses bija 0.8 mm. T1 fāzē L1-NB bija pārlietu palielināts, taču L1-OP un IMPA bija normas robežās.

4.2. KSDT izmeklējuma izvēle un ietekme uz rezultātiem

Apskatot daudzus pētījumus, izmantoto KSDT vokseļu lielums atšķiras: no 0.679 μ līdz 0.2 mm (*Brugnami, 2021*), 0.093 mm (*Eraydin, 2018*), 0.125 mm (*Sun, 2019; 2015; Ma, 2019; Patcas, 2012*), 0.15 mm (*Ahn, 2016; Sun, 2015*), 0.2 mm (*Wood, 2013*), 0.2-0.3 mm (*Dantas, 2019*), 0.25 mm (*Jäger, 2017; Yao, 2020*), 0.3 mm (*Lee, 2018; Lu, 2022; Matsumoto, 2020; Coşkun, 2019; Timrock, 2011*), 0.39 mm (*Park, 2018*), 0.4 mm (*Padala, 2018, Patcas, 2012; Cappellozza, 2015; Wood, 2013*).

Matsumoto et al., secināja, ka 0.3 mm vokseļa lielums ir pietiekami precīzs alveolārā kaula biezuma mērīšanai, kā arī ar mazāku starojuma devu pacientam nekā izvēloties mazāku vokseļa lielumu. (*Matsumoto, 2020*). *Menezes et al.*, savā pētījumā salīdzināja dažādu vokseļu lieluma precizitāti uz līķu materiāla un secināja, ka KSDT izmeklējuma attēli demonstrēja labu precizitāti 0.2 mm un 0.3 mm vokseļu lielumā, savukārt, veidojās mazāka precizitāte apakšžokļa incisivu rajonā, pielietojot 0.4 mm vokseļu lielumu. (*Menezes, 2016*). *Ahn et al.*, arī atzīmēja, ka vēl joprojām ir atšķirīgi viedokļi par to, kādu vokseļa lielumu izmantot alveolārā kaula lieluma mērīšanai. (*Ahn, 2016*) Arī *Wood et al.*, norāda, ka 0.2 mm vokseļu lielums ir precīzāks par 0.4 mm vokseļu lielumu, šis pētījums tika veikts uz cūku galvām. (*Wood, 2013*)

Pētījumos izmanto dažāda lieluma redzeslaukus (angļu val. FOV-*field of view*)- 170x230 mm (*Padala, 2018*), 130x160 mm (*Jäger, 2017*), 80x80 mm, 80x90 mm, 120x80 mm, 160x180 mm (*Dantas, 2019*), iekļaujot apakšžokļa zobu frontālo rajonu un apakšžokļa bāzi (*Ahn, 2016*), 150x150 mm (*Ma, 2019; Sun, 2015*), 140x195 mm (*Coşkun, 2019*), 196.8x196.8 mm (*Park, 2018*), 22 cm (*Cappellozza, 2015*). Bieži vien, lai varētu precīzi noteikt alveolārā kaula biezumu tiek modificēts tieši redzeslauka parametrs, izvēloties mazā lauka redzeslauku, tas samazina arī pacienta radioloģiskā starojuma lielumu. (*Padala, 2014*)

Pētījumā tika izmantoti KSDT izmeklējumi, kas tika veikti no 2008. līdz 2018. gadam Rīgas Stradiņa universitātes Stomatoloģijas institūtā, tāpēc visi mērījumi tika veikti, balstoties uz esošiem lielā redzes lauka izmeklējumiem ar vokseļa lielumu 0.4 mm, kas literatūrā tiek aprakstīti kā ne tik precīzi, lai mērītu AKB. (*Menezes, 2016*) Vokseļu lielums šajā pētījumā ierobežoja iespēju izmērīt alveolārā kaula biezumu maksimāli precīzi zema kontrasta izšķirtspējas dēļ. To pašu atzīmēja arī *Park et al.*, par 0.39 vokseļu pielietojumu sava pētījumā 2018. gadā.

AKB mērīšanas metodika bija balstīta uz zoba garenass un CER fiksēšanu pret ko attiecīgi tika mērīts kaula biezums dažādos līmeņos. CER ir uzticams references punkts, jo ir laba kontrastainība starp dažāda blīvuma audiem. (*Coşkun, 2019*) Tā kā *OsiriX* programmatūra atļauj mērīt 0.2 mm robežās, autors novēroja, ka datu mērīšana ir ļoti operatora sensitīva, jo šis mērījumu solis ir izteikti mazs. Lai gan ICC tests norādīja uz augstu

mērījumu atkārtojamību autoram (vid. 0.997), autors norāda, ka AKB mērīšana ir sarežģīta, jo jāmēra mazi attālumi.

Tāpat autors pieņēma, ka AKB ir 0.2 mm, ja audi netika saskatīti un/vai tā attēlojums bija izplūdis attiecīgā līmenī, jo 0.4 mm vokseļu lieluma dēļ autors nevar būt pārliecināts, ka šajā rajonā kaula nav, tāpēc izvēlējās mazāko iespējamo kaula biezumu. Būtībā autors šajās vietās nebija pārliecināts un nevar apstiprināt, ka kaula biezums ir tik mazs vai arī, ka kaula tur vispār nav. Precīzākiem mērījumiem būtu jāizvēlas mazāka vokseļa KSDT. To arī apstiprina *Menezes et al* un *Wood et al.*.

Iespējams, ka kaula biezums realitātē ir lielāks par apmēram 1 mm nekā to parāda KSDT izmeklējums pat ar augstu izšķirtspēju, tāpēc, iespējams, realitātē autora mērījumi varētu būt novērtēti par zemu, ko atzīmē *Patcas et al.*, un *Menezes et al.*, *Wood et al.*, pētījumos. Ir svarīgi piebilst, ka, pat ja autors ir novērtējis šos mērījumus par zemu dēļ izmeklējuma parametriem, tas neatceļ to, ka veidojās statistiski nozīmīga atšķirība un varēja novērtēt tendences AKB izmaiņās. *Timrock et al.*, savā pētījumā salīdzināja KSDT mērījumu un tiešo mērījumu no liķu galvaskausiem un atrada, ka vidēji atšķirība bukālā rajonā ir 0.13 mm, kas ir salīdzinoši ļoti maz. Tāpēc arī secināja, ka šī metode nedz pārvērtē, nedz arī novērtē par zemu alveolārā kaula biezumu. Pretēji *Sun et al.*, novēroja, ka KSDT ar 0.15 mm vokseli varētu pārvērtēt īstos mērījumus. (*Sun, 2019*)

Lee et al., savā pētījumā piemin, ka KSDT šaurs kortikālais kauls un mazs tā biezums radioloģiskajā izmeklējumā var būt izplūdis, ko novēroja arī šī darba autors. Tāpat *Lee et al.*, savā darbā piemin, ka kaula biezums, kas ir mazāks par vokseļa lielumu parādīsies ar 75.94% samazinājumu lingvālajā kaulā un 62.88 % samazinājumu vestibulāra kaulā, tāpēc pielietojot 0.3 mm vokseļu izmeklējumu, tas varētu ierobežot precīzu kaula biezuma izvērtēšanu. *Lee et al.* ieteiktu izmantot 0.25 mm vokseļu lielumu alveolāra kaula biezuma mērīšanai. (*Lee, 2018*) Arī *Wood et al.*, piemin, ka plānu kaulu, kas ir tuvu vokseļa lielumam, ir grūti izšķirt no zoba cementa audiem. (*Wood, 2013*)

Nevar izslēgt, ka metāla breketes var veidot nelielus atefaktus KSDT attēlā, tāpēc daži autori noņēma breketes no pētāmajiem zobiem (*Yao, 2020*), tā kā šis bija retrospektīvs pētījums, to realizēt nebija iespējams.

Wood *et al.*, savā darbā piemin, ka AKB attēlojuma precizitāti var ietekmēt pacienta kustības. Tāpat šis autors minēja, ka 0.4 mm vokseļa lielumā mīkstie audi nevarētu ierobežot AKB attēlojumu, savukārt, 0.2 mm vokseļu lieluma KSDT tas ietekmēja mērījumu precizitāti. (Wood, 2013) Timrock *et al.*, (tika izmantots 0.3 mm vokseļu lielums) un Sun *et al.*, Patcas *et al.*, (0.125 mm vokseļa lielums) arī norādīja, ka mīkstie audi tomēr var traucēt audu izšķirtspējai. Tātad izvēloties mazāka vokseļa KSDT izmeklējumus var saskarties ar cita veida problēmām, kas traucētu precīziem kaulu mērījumiem.

4.3. Cefalometriskie rādītāji

Šajā pētījumā tika novērots, ka ortodontiski sagatavojot pacientu ortognātiskai ķirurģijai, L1-NB lielums palielinās par 8.2 mm (p-vērtība <0.05), kas norāda uz apakšžokļa incisīvu proinklināciju. Šis mērījums 26.92 ± 6.19 mm arī atbilst normas robežām, tāpat arī L1-OP leņķis ($72.06^\circ \pm 5.56^\circ$) norāda uz apakšžokļa incisīvu proinklināciju, šis leņķis samazinājās par 9.1° (p-vērtība <0.05) un atrodas normas robežās (norma $72^\circ \pm 5^\circ$). IMPA leņķis ($86.4^\circ \pm 5.72^\circ$) netika izkorigēts līdz normas robežām, kas ir $95^\circ \pm 7^\circ$, tomēr vienalga tika novērota apakšžokļa incisīvu proinklinācija, kas palielinājās par 7.1° (p-vērtība <0.05). Arī Troy *et al.*, savā pētījumā novēroja, ka mēģinot dekompensēt incisīvus pirms ortognātiskās ķirurģijas, tas nenotiek līdz pilnīgai dekompensācijai, ko novēroja cefalometrijā, bieži apakšžokļa incisīvi paliek retroinklinēti (tika apskatīti L1-NB mērījums, L1-GoGn,). (Troy, 2009) Ja nenotiek pilnīga apakšžokļa incisīvu dekompensācija, tad tas var arī ietekmēt augšžokļa incisīvu dekompensāciju, un tādējādi tas var ietekmēt ķirurģisko pieeju un tās apmērus skeletālas III klases ārstēšanā. Lee *et al.*, secināja, ka pacientiem ar skeletālu III klasi un vertikālo augšanas tipu simfīzes kauls ir izteikti šaurs, tāpēc zobi mēģina maksimāli nokompensēties dzīves laikā, tāpēc IMPA leņķis jau sākotnēji ir ļoti samazināts. (Lee, 2018) Eraydin *et al.*, balstoties uz salīdzinoši vecākiem (1987.gads) Artun *et al* pētījumiem secināja, ka pārmērīga incisīvu dekomensācija līdz noteiktam “ideālam” zobu inklinācijas leņķim var izvirzīt apakšžokļa incisīvus ārpus kaula. (Eraydin, 2018)

Tā kā autors novēroja, ka apikālā reģionā (9 mm no CER) lingvālā pusē AKB samazinājās un palielinājās vestibulārā pusē pēc dekompensācijas, var domāt par nekontrolēta zobu kroņa noliekšanu, kas novirzītu sakni vairāk lingvāli. Šādu kustību ortodontiskajā ārstēšanā var atļauties tikai tad, ja ir pietiekams alveolārā kaula biezums gan lingvāli, gan

vestibulāri. Ja notiek nekontrolēta zoba noliekšana (šajā gadījumā proinklinācija) ir lielāka varbūtība recesijām no vestibulārās puses, ja AKB 3 mm un 6 mm līmenī ir nepietiekams.

Arī *Park et al.*, savā pētījumā novēroja, ka, jo vairāk proinklinēti ir apakšžokļa incisīvi, jo biežāks ir alveolārā kaula biezums vestibulārā pusē tieši apikālā daļā. Var secināt, ka zoba inklinācija ietekmē marginālā kaula biezumu un smaganu biotipu incisīvu rajonā pacientiem ar skeletālu III klasi.

Sun et al., savā pētījumā konstatēja, ka alveolārā kaula augstums gan labiālā, gan lingvālajā virsmā statistiski nozīmīgi samazinājās. Incisīvu saknes apekss novietojās tuvāk lingvālajam kortikālajam kaulam, lai gan kaula biezums nebija statistiski nozīmīgi izmainījies (*Sun, 2015; Yao, 2020*). Lai gan šī darba autors nepētīja alveolārā kaula augstumu, bet AKB, kas vestibulārā pusē tomēr palielinājās un lingvāli samazinājās apeksa daļā, šis varētu būt parametrs (alveolārā kaula augstums), ko apskatīt tālākos pētījumos.

Yao et al., pētījumā tika konstatēts alveolārā kaula biezuma samazinājums apeksa daļā un statistiski nozīmīgas izmaiņas pirms un pēc dekompensācijas procesa (līdzīgi autora darba rezultātiem). Zobu nekontrolēta labiāla noliece novietos frontālo zobu saknes vairāk lingvāli, tāpēc vestibulārā kaula biezums palielināsies, bet lingvālā kaula biezums samazināsies.

Indivīdam, kurš bija ārpus kārbas diagrammas L1NB parametram novēroja netipiski lielu sākotnējo lielumu (37.9 mm) šai grupai, kas arī samazinājās pēc dekompensācijas procesa (17.8 mm- mazāks par normu) par izteiktu lielumu. Šim indivīdam L1-OP lielums sākotnēji (83.7°) un arī pēc dekompensācijas (80.4°) bija palielināts, kas norāda uz pretēju datu interpretāciju. IMPA sākotnēji (74.9°) un arī pēc dekompensācijas (81.4°) bija samazināts. Ņemot vērā, ka gan IMPA, gan L1-OP norāda uz zobu retroinklināciju, iespējams, L1-NB lielums nav korekts. Šis indivīds ir arī izlēcējs visās zobu grupās AKB mērījumos T1 fāzē.

Sākotnējais IMPA leņķis vienam indivīdam bija izteikti mazs, kas ir 63.3°, kas norāda uz izteiktu kompensāciju apakšžokļa incisīviem pie III klases, to apstiprina arī samazināts L1-NB, kas ir izteikti mazs (13.1 mm), bet atrodas kārbas diagrammas ietvaros, arī L1-OP leņķis sākotnēji bija palielināts (92.8°), AKB aspektā šis indivīds bija izlēcējs tikai pie centrālā incisīva 3 mm līmeņa no vestibulārās puses. T1 fāzē novēroja IMPA(93.1°) normas robežās,

L1-NB(38 mm) palielinātu un L1-OP(69.1°) normas robežās, AKB mediāna T1 fāzē atradās kārbas diagrammas ietvaros.

4.4. Korelāciju interpretācija

T0 fāze

Izmantojot *Spearman* korelācijas analīzi, tika novērota negatīva korelācija starp zobu grupu dažādiem līmeņiem (kanīns 9 mm ($r=-0.416$), laterālais incisivs 6 mm ($r=-0.537$) un 9 mm ($r=-0.518$)) T0 fāzē no vestibulārās puses un sākotnējo pacienta vecumu. Lai gan vidēji korelācijas koeficients nav augsts (mazāks par $r=-0.7$, augsts korelācijas līmenis atbilst $r=\pm 0.7-0.9$), var secināt, ka palielinoties indivīdu vecumam, samazinās kaula biezums dažādos līmeņos vēl pirms ortodontiskās ārstēšanas uzsākšanas, to apstiprina arī citi autori (*Jäger, 2017*).

Tāpat T0 fāzē varēja novērot negatīvu korelāciju ($r=-0.497$) starp laterālā incisīva 3 mm no vestibulārās puses un sākotnējo IMPA leņķi, kas norāda uz to, ka palielinoties IMPA leņķim (proinklinējot zobus) samazināsies kaula biezums pie zoba alveolārās kores, kas potenciāli ir riska faktors recesiju un dehiscenču veidošanās procesam. Līdzīgi rezultāti bija *Matsumoto et al.*

Līdzīgi arī centrālajam incisīvam 3 mm līmenī no vestibulārās puses ir negatīva korelācija ($r=-0.438$) ar IMPA, bet pozitīva ($r=0.467$) ar L1-OP leņķi, kas norāda uz to, ja palielināsies L1-OP leņķis (veidosies retroinklinācija), tad arī kaula biezums palielināsies pie alveolārās kores.

T0 fāzē vēl tika novērota negatīva korelācija ($r=-0.441$) starp sākotnējo L1-NB un centrālā incisīva 6 mm līmeni no vestibulārās puses, kas norāda uz to, ka, ja šis lielums palielinās, tad samazināsies alveolārā kaula biezums zoba vidējā daļā, kas arī ir potenciāls risks recesijām šajā rajonā.

T1 fāze

Arī T1 fāzē bija novērota negatīva korelācija (skat. 7.tabulu) starp alveolārā kaula biezumu visām zobu grupām vidējā un apikālā līmenī no vestibulārās puses un vecumu pēc dekompensācijas, norādot uz pacienta vecuma ietekmi uz alveolārā kaula biezumu.

Tāpat novēroja negatīvu korelāciju kanīnam 9 mm līmenī no vestibulārās puses un L1-NB ($r=-0.512$) un IMPA parametriem ($r=-0.416$), savukārt, ar L1-OP pozitīvu korelāciju ($r=0.512$). Iespējams šo parametru izmaiņas ietekmē tieši kanīna apikālo reģionu, lai gan tika novērots pretējs efekts šajā pētījumā, ka veidosies statistiski nozīmīgs alveolārā kaula biezuma pieaugums šajā līmenī pēc dekompensācijas (skat. 4. tabulu). Arī *Lu et al.*, bija novērojis tieši pozitīvu korelāciju starp šo reģionu un labiālu zoba inklināciju, bet viņa pētītā zobu grupa bija tikai centrālie incisivī, tāpēc rezultāti var būt atšķirīgi.

Negatīvu korelāciju novēroja arī starp centrālā incisīva 6 mm līmeni ($r=-0.409$) no lingvālās puses un IMPA leņķi, kas norāda uz to, ka, proinklinējot šos zobus, samazināsies kaula biezums no lingvālās puses 6 mm līmenī, kas apstiprinājās arī, mērot alveolāra kaula biezumu, šīm izmaiņām bija arī stat.nozīmīga atšķirība (skat.4. tabulu). Diemžēl netika atrasta korelācija starp citiem cefalometriskiem lielumiem un zobu lingvālo kaula biezumu, jo mērījumos redz stat.nozīmīgu kaula samazinājumu T1 fāzē un attiecīgi palielinājumu no vestibulārās puses. Iespējams, šī stat.nozīmīgā atšķirība nav klīniski nozīmīga vai arī ir citi faktori, kas ietekmē alveolārā kaula biezumu šajā rajonā. Citus ietekmējošos faktorus varētu izpētīt nākotnes pētījumos.

T1-T0 fāze (Δ)

Tika atrasta pozitīva korelācija($r=0.691$) starp laterālā incisīva kaula biezuma atšķirībām laika posmos (Δ) 3 mm līmenī no vestibulārās puses un Δ L1-OP leņķi un negatīva korelācija ar Δ L1-NB un Δ IMPA parametriem ($r=-0.614$, $r=-0.622$, respektīvi). Šis rezultāts arī parāda tendenci kaula biezumam samazināties šajā rajonā, ja palielināsies Δ L1-NB un Δ IMPA, bet palielināties, ja zobs tiks retroinklinēts.

Centrālā incisīvam 3 mm līmenī T0-T1 no vestibulārās puses tika atrasta pozitīva korelācija($r=0.517$) ar Δ L1-OP leņķi, kas apstiprina iepriekšējo rezultātus.(skat.4. tabulu)

Aprakstīto parametru korelācijas nebija izteikti stipras, tāpēc datus nepieciešams interpretēt uzmanīgi un ar piesardzību.

4.5. Lineārās regresijas analīzes interpretācija

T0 fāze

Ja sākotnēji IMPA ir lielāks, tad ar katru 1° tā palielinājuma, sākotējais alveolārā kaula biezums kanīnam 3 mm līmenī no vestibulārās puses samazināsies par 0.027 mm ($p=0.028$). Savukārt, tika atrasts, ka, jo lielāks ir L1-OP.leņķis (retroinklinēti zobi) sākotnēji, alveolārā kaula biezums šim pašam zobam arī samazināsies par 0.025 mm ($p=0.022$). Šo divu parametru rezultāti ir pretrunīgi.

Ja sākotnējais L1-OP.leņķis ir lielāks, tad ar katru 1° palielinājuma, alveolāra kaula biezums palielināsies par 0.074 mm centrālajam incisivam 6 mm līmenī no lingvālās puses ($p=0.007$). Šie rezultāti sakrīt ar citu autoru novērojumiem (*Matsumoto, 2020; Lee, 2018*), ka 6 mm līmenī no lingvālās puses pie zobu retroinklinācijas būs kaula palielinājums.

T1 fāze

Par katru 1° IMPA palielināšanos, novēro alveolārā kaula palielināšanos par 0.117 mm centrālajam incisivam 9 mm līmenī no vestibulārās puses ($p=0.031$).Līdzīgus datus ieguva *Yao et al.*, ka dekompensējot zobus par 1°, tas palielināja vestibulāro kaula biezumu par 0.097 mm un samazināja lingvālo kaula biezumu par 0.0137 mm, kas ir statistiski nozīmīgi, bet, iespējams, nav klīniski nozīmīgi (*Yao, 2020*)

Par katru 1° L1-OP leņķa palielināšanos, novēro alveolārā kaula samazinājumu par 0.015 mm centrālajam incisivam 3 mm līmenī no lingvālās puses ($p=0.045$). Tas varētu norādīt uz to, ka retroinklinējot incisīvus samazinās kaula lielums un ir risks uz recesijām no lingvālās puses. Šie rezultāti ir pretrunīgi ar T0 fāzē iegūtajiem rezultātiem šim pašam zobam.

Visos kanīna grupas līmeņos (3mm- samazinās par 0.038 mm; 6 mm-samazinās par 0.088 mm, 9 mm-samazinās par 0.093 mm) no lingvālās puses varēja novērot alveolārā kaula biezuma samazināšanos, ja L1-NB palielinājās par 1 mm. Iespējams, šis var parādīt nekontrolētu zobu noliekšanas kustību.

Lineārā regresija parametru atšķirībām (Δ) pirms un pēc dekompensācijas

Pastāv grūtības interpretēt laterālā incisīva izmaiņas 3 mm līmenī Δ fāzē (+0.048mm) no lingvālās puses, ja Δ L1-OP palielināsies par 1° un ja tika fiksēts, ka izmaiņas Δ fāzē šim

zobam ir 0.00 (alveolārā kaula biezums nedz samazinās, nedz palielinās) . Iespējams, kaula izmaiņas šim zobam nevarēja konstatēt KSDT parametru dēļ (vokselis bija pārāk liela izmēra), kas tālāk ietekmēja regresijas analīzi.

Par katru 1 mm Δ L1-NB (pētījumā iegūtā vidējā atšķirība T1-T0 bija 8.2 mm) palielināšanos, novēro alveolārā kaula starpības T1-T0 palielināšanos par 0.037 mm centrālā incisīva T1-T0 6 mm līmenī no lingvālās puses ($p=0.005$), un tā kā Δ Centr.inc.6 mm (L) bija negatīvs, tātad kaula biezums samazināsies šajā rajonā. Arī *Matsumoto et al.*, novēroja, ka palielinot L1-NB pa 1 mm veidosies alveolārā kaula biezuma samazinājums par 0.25 mm (*Matsumoto et al.*, mērīja alveolārā kaula biezumu no labiālā kortikālā kaula līdz lingvālajam kortikālajam kaulam, tāpēc rezultāti ir lielāki nekā šī darba autoram , tomēr tendence saglabājas abos pētījumos).

Visi lineārās regresijas lielumi, kas attiecas uz alveolārā kaula biezuma izmaiņām ir relatīvi mazi un, iespējams, nav tik ļoti klīniski nozīmīgi.

4.6. Klīniskais nozīmīgums smaganu recesiju veidošanās riskam

Šī darba autors neatrada alveolārā kaula samazināšanos pēc dekompensācijas procesa 3 mm līmenī no vestibulārās puses, kas varētu palielināt risku uz recesijām (*Choia, 2018; Ahn, 2016; Naini, 2017*), iespējams, tas ir atkarīgs no incisīvu dekompensācijas lieluma, jo šajā pētījumā 65.4% pacientu IMPA neatradās normas robežās, tātad dekompensācija nebija pilnīga. Tikai laterālajam incisīvam no lingvālās puses 3 mm līmenī tika novērota statistiski nozīmīgs kaula zudums (-0.06 mm), kas, iespējams, ir pārāk mazs un klīniski nav nozīmīgs.

Yared et al., savā pētījumā secināja, ka recesiju risks palielinās tiem pacientiem, kuriem IMPA ārstēšanas beigās ir lielāks par 95° un smaganu malas biezums ir mazāks par 0.5 mm. Tāpēc smaganu recesija nav tiešs iznākums pārmērīgai proinklinācijai, ja vien nav papildus faktora, kā plāns smaganas biotips, kas padara zobu uzņēmīgu recesiju veidošanās riskam. (*Yared, 2006*) Tā kā III klases pacientiem ar vertikālu augšanas tipu nereti novēro plānu smaganu biotipu, tad ļoti svarīgi ir izvērtēt apakšžokļa incisīvu proinklinācijas lieluma apmērus. Šīs grupas pacientus ir nepieciešams informēt par palielinātu risku uz recesiju veidošanos.

2011.gadā veiktais sistemātiskais apskats secināja, ka nenovēro saistību starp ortodontiskām aparatūrām, kas veido labiālu zoba kustību, un smaganu recesijām. Šī apskata autors *Aziz et al.*, uzsver, ka faktori, kas veicina recesiju veidošanos, kad noris zoba noliekšana labiāli un/vai translācijas kustība, ir brīvās smaganas biezuma samazinājums, šaura apakšžokļa simfīze, neadekvāta aplikuma kontrole un agresīva zobu tīrīšana. Apskatā bija iekļauti 6 pētījumi, bet nebija neviena randomizēta klīniskā pētījuma, visi pētījumi bija retrospektīvi un 2 pētījumiem nebija kontroles grupas. (*Aziz, 2011*) Tāpat 2018. gada sistemātiskais pārskats, ko veica *Tepedino et al.*, un tika iekļauti tikai 2 raksti, kuri bija retrospektīvi, norādīja, ka apakšžokļa incīsiņu proinclinācija nepalielina risku smaganu recesijām. (*Tepedino, 2018*) Tiek pieļauts, ka jāveic prospektīvi un randomizēti pētījumi ar kontroles grupām, kas varētu novērtēt smaganu stāvokli klīniski un, iespējams, pielietojot mazā lauka KSDT, izvērtēt alveolārā kaula biezumu/augstumu un zobu inklināciju saistībā ar recesiju veidošanos.

Tomēr *Aziz et al., Tepedino et al., Kalha, Joss-Vassalli et al., Yared et al.*, kā arī šī darba autors atzīmē, ka ir svarīgi izvērtēt alveolārā kaula lielumu un predisponējošos faktoros recesijām pirms ortodontiskās ārstēšanas uzsākšanas.

5. Secinājumi

Autora hipotēze tiek noliegta, jo tika atrasta statistiski nozīmīga atšķirība, ka dekompensējot zobus pirms ortognātiskās ķirurģijas, visu frontālo zobu grupās alveolārā kaula biezums samazinās no lingvālās puses un palielinās no vestibulārās puses 9 mm līmenī. Dekompensācijas procesa rezultātā samazinās kaula biezums laterālajam un centrālajam incisivam no lingvālās puses 6 mm līmenī. Papildus var secināt, ka:

1. 65.4% pacientu netika sasniegtas normas robežas IMPA leņķim, kas norāda uz nepilnīgu dekompensāciju. 50% un 69.23% pacientu tika sasniegtas normas robežas L1-NB un L1-OP lielumiem, kas norāda uz pilnīgu dekompensāciju šo lielumu ietvaros.
2. Jau sākotnējais alveolārā kaula biezums III klases pacientiem ar vertikālu augšanas tipu ir izteikti mazs, izņemot zoba apikālo rajonu, tāpēc zobu dekompensācijai jānorit piesardzīgi un bez pārlietu lielas proinklinācijas, citādi var veidoties palielināts recesiju un dehiscenču risks.
3. Lai precīzi varētu izmērīt alveolārā kaula biezumu, ir nepieciešams izvēlēties maza vai vidēja redzeslauka KSDT izmeklējumu ar mazāku vokseļa lielumu par 0.4 mm.
4. Autors pieņem, ka, indivīdiem ar sākotnēji samazinātu alveolārā kaula lielumu, kaula augmentācija tajā rajonā varētu būt labvēlīga pirms dekompensācijas procesa.

Literatūras saraksts

1. Naini Farhad B., Gill Daljit S., Orthognathic Surgery Principles, Planning and Practice, 2017
2. Gill Daljit S., Orthodontics at Glance, 2008
3. Proffit William R., Fields Henry W., Larson Brent, Sarver David M., Contemporary Orthodontics, 2019, ed 6
4. Kapila Sunil D., Cone Beam Computed Tomography in Orthodontics: Indications, Insights, and Innovations, 2014, chapter 14
5. Dantas LL, Ferreira PP, Oliveira LSAF, Neves FS, Campos PSF, Scarfe WC, Crusoe-Rebello I, Cone beam computed tomography devices in the evaluation of buccal bone in anterior teeth, Australian Dental Journal, 2019, 64: 161– 166.
6. Lu Cai-Lian, Li Bo-Wen, Yang Mi, Wang Xiao-Qin, Relationship between alveolar-bone morphology at the mandibular incisors and their inclination in adults with low-angle, skeletal class III malocclusion—A retrospective CBCT study, PLoS ONE, 2022 17(3)
7. Sun Liangyan , Yuan Lingjun , Wang Bo , Zhang Lina , Shen Guofang, Fang Bing , Changes of alveolar bone dehiscence and fenestration after augmented corticotomy assisted orthodontic treatment: a CBCT evaluation, Progress in Orthodontics, 2019, Vol.20 (1), p.7-8
8. Lee S, Hwang S, Jang W, Choi YJ, Chung CJ, Kim KH. Assessment of lower incisor alveolar bone width using cone-beam computed tomography images in skeletal Class III adults of different vertical patterns, Korean J Orthod, 2018, 48:349-356.
9. Padalaa Soumya, Ching Teeb Boon, Beckc Frank M., Eliasd Kathy, Kime Do-Gyoon, Sun Zongyang, The usefulness of cone-beam computed tomography gray values for alveolar bone linear measurements, Angle Orthodontist, 2018, Vol 88, No 2
10. Choia Yoon Jeong, Chungb Chooryung J., Kimc Kyung-Ho, Periodontal consequences of mandibular incisor proclination during presurgical orthodontic

- treatment in Class III malocclusion patients, *Angle Orthodontist*, 2015, Vol 85, No 3
11. Troy Beth A., Shanke Shiva , Fields Henry W., Vig Katherine, Johnstone William, Comparison of incisor inclination in patients with Class III malocclusion treated with orthognathic surgery or orthodontic camouflage, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* February, 2009, Vol.135 (2), p.146.e1-146.e9
 12. Ahn Hyo-Won, Seo Dong-Hwi, Kim Seong-Hun, Park Young-Guk, Chung Kyu-Rhim, Nelson Gerald, Morphologic evaluation of dentoalveolar structures of mandibular anterior teeth during augmented corticotomy-assisted decompensation, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2016, Volume 150, Issue 4, Pages 659-669
 13. Eraydin F, Germec-Cakan D, Tozlu M, Ozdemir FI. Three-dimensional evaluation of alveolar bone thickness of mandibular anterior teeth in different dentofacial types, *Niger J Clin Pract*, 2018, 21:519-24.
 14. Årtun Jon, Krogstad Olaf, Periodontal status of mandibular incisors following excessive proclination A study in adults with surgically treated mandibular prognathism, *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 1987, Vol.91 (3), p.225-232
 15. Matsumoto Kensuke, Sherrill-Mix Scott, Boucher Normand Tanna, Nipul, A cone-beam computed tomographic evaluation of alveolar bone dimensional changes and the periodontal limits of mandibular incisor advancement in skeletal Class II patients, *The Angle orthodontist*, 2020, Vol.90 (3), p.330-338.
 16. Jäger F., Mah JK, Bumann A. Peridental bone changes after orthodontic tooth movement with fixed appliances: a conebeam computed tomographic study, *Angle Orthod.*, 2017, 87: 672–680.
 17. Sun Liangyan, Zhang Lina, Shen Guofang, Wang Bo, Fang Bing, Accuracy of cone-beam computed tomography in detecting alveolar bone dehiscences and fenestrations, *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 2015, Vol.147 (3), p.313-323

18. AAOMR, American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology, 2013-08-01, Volume 116, Issue 2, Pages 238-257
19. Coşkun İpek ; Kaya Burçak, Relationship between alveolar bone thickness, tooth root morphology, and sagittal skeletal pattern: A cone beam computed tomography study, Journal of orofacial orthopedics, 2019, Vol.80 (3), p.144-158
20. Park Jeong-Ho, Hong Ji-Yeon, Ahn Hyo-Won, Kim Su-Jung, Correlation between periodontal soft tissue and hard tissue surrounding incisors in skeletal Class III patients, The Angle orthodontist, 2018, Vol.88 (1), p.91-99
21. Ma J., Huang J., Jiang J-h, Morphological analysis of the alveolar bone of the anterior teeth in severe high-angle skeletal Class II and Class III malocclusions assessed with conebeam computed tomography, PLoS ONE, 2019, 14(3): e0210461
22. Wood Ryan, Sun Zongyang, Chaudhry Jahanzeb, Tee Boon Ching, Kim Do-Gyoon, Leblebicioglu Binnaz, England Greg, Factors affecting the accuracy of buccal alveolar bone height measurements from cone-beam computed tomography images, American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, 2013, Vol.143 (3), p.353-363
23. Timock Adam M, Cook Valane, McDonald Terry, Leo Michael C, Crowe Jennifer, Benninger Brion L, Covell David A, Accuracy and reliability of buccal bone height and thickness measurements from cone-beam computed tomography imaging , American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, 2011, Vol.140 (5), p.734-744
24. Kuijpers-Jagtman Anne Marie, Kuijpers Mette A.R, Schols Jan G.J.H, Maal Thomas J.J, Breuning Karel H, van Vlijmen Olivier J.C, The use of cone-beam computed tomography for orthodontic purposes, Seminars in orthodontics, 2013, Vol.19 (3), p.196-203
25. Sun Boyang, Tang Jun, Xiao Ping, and Ding Ying, Presurgical orthodontic decompensation alters alveolar bone condition around mandibular incisors in adults with skeletal Class III malocclusion, Int J Clin Exp Med., 2015, 8(8): 12866–12873

26. Yao Chung-Chen Jane, Chang Zwei-Chieng, Lai Hsiang-Hua, Hsu Li-Fang, Hwang Hann-Min, Chen Yi-Jane, Architectural changes in alveolar bone for dental decompensation before surgery in Class III patients with differing facial divergence: a CBCT study, *Scientific reports*, 2020, Vol.10 (1), p.14379-14379
27. Menezes Carolina Carmo, Janson Guilherme, da Silveira Massaro Camila, Cambiaghi Lucas, Garib Daniela Gamba, Precision, reproducibility, and accuracy of bone crest level measurements of CBCT cross sections using different resolutions, *The Angle orthodontist*, 2016, Vol.86 (4), p.535-542
28. Patcas Raphael, Müller Lukas, Ullrich Oliver, Peltomäki Timo, Accuracy of cone-beam computed tomography at different resolutions assessed on the bony covering of the mandibular anterior teeth, *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 2012, Vol.141 (1), p.41-50
29. Cappellozza José Antonio Zuega, Guedes Fabio Pinto, Nary Filho Hugo, Capellozza Filho Leopoldino, Cardoso Mauricio de Almeida, Orthodontic decompensation in skeletal Class III malocclusion: redefining the amount of movement assessed by Cone-Beam Computed Tomography, *Dental press journal of orthodontics*, 2015, Vol.20 (5), p.28-34
30. Brugnamì Federico, Meuli Simonetta, Caiazzo Alfonso, Marrocco Sergio, Scopelliti Domenico, Three-dimensional digital planning of class III decompensation with clear aligners: Hard and soft tissue augmentation with concomitant corticotomy to stretch the limits of safe orthodontic treatment, *Journal of oral biology and craniofacial research (Amsterdam)*, 2021, Vol.11 (2), p.297-302
31. Directorate-General for Energy Directorate D — Nuclear Energy Unit D4 — Radiation Protection, Cone beam ct for dental and maxillofacial radiology, *Evidence-Based Guidelines, radiation protection N° 172*, 2012
32. Aziz Tehnia, Flores-Mir Carlos, A systematic review of the association between appliance-induced labial movement of mandibular incisors and gingival recession, *Aust Orthod J*, 2011, May;27(1):33-9.
33. Tepedino Michele, Franchi Lorenzo, Fabbro Omar, Chimenti Claudio, Post-orthodontic lower incisor inclination and gingival recession—a systematic review, *Progress in Orthodontics*, 2018, 19:17

34. Kalha A., Gingival recession and labial movement of lower incisors, *Evid Based Dent.* 2013 Mar;14(1):21-2
35. Joss-Vassalli I., Grebenstein C., Topouzelis N., Sculean A., Katsaros C., Orthodontic therapy and gingival recession: a systematic review, *Orthodontics & craniofacial research*, 2010, Vol.13 (3), p.127-141
36. Yared Karen Ferreira Gazel, Zenobio Elton Gonçalves, Pacheco Wellington, Periodontal status of mandibular central incisors after orthodontic proclination in adults, *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 2006, Vol.130 (1), p.6.e1-6.e8