

**Universitatea Titu Maiorescu din București
Școala Doctorală Medicină Dentară**

**Studii clinico-statistice, de microscopie
electronică și de evaluare a stabilității primare
a mini-implantelor ortodontice**

**Doctorand:
Nadine-Christin Diku**

**Coordonator științific:
Prof. Univ. Dr. Doina-Lucia Ghergic**

2023

Cuprins

Partea generală	1
Introducere.....	2
Capitolul 1 - Stadiul actual al cunoașterii.....	5
1.1 Teorii asupra mișcării ortodontice a dinților.....	5
1.1.1 Teoria presiunii.....	5
1.1.2 Teoria dinamicii fluidelor.....	5
1.1.3 Teoria piezoelectrică.....	6
1.2 Mini-implantele de ancoraj-aplicații ortodontice.....	7
1.2.1 Ancorajul ortodontic.....	13
1.2.2 Tipuri de ancoraj.....	14
1.2.3 Valoarea ancorajului.....	16
1.2.4 Elemente de acțiune ale dispozitivelor de ancoraj ortodontic.....	21
Capitolul 2 - Mini-implantele și țesuturile înconjuratoare.....	28
2.1 Reacții la interfața țesut biologic-implant.....	28
2.2 Principii de proiectare și design-ul implantelor ortodontice.....	31
2.3 Evaluarea lungimii, diametrului și a forței de inserare a miniimplantelor.....	32
Cercetare științifică personală	33
Capitolul 3 - Studiu clinic - statistic privind percepția medicilor ortodonți asupra utilizării mini-implantelor ca elemente de ancoraj în terapia ortodontică fixă.....	34
3.1 Introducere.....	34
3.2 Material și metodă.....	35
3.3 Rezultate.....	36
3.4 Discuții.....	47
3.5 Concluzii.....	52
Capitolul 4 - Studii de microscopie electronică privind modificările structurale ale mini- implantelor ortodontice în urma tratamentului ortodontic fix.....	54
4.1 Introducere.....	54
4.2 Material și metodă.....	56
4.3 Rezultate.....	57
4.4 Discuții.....	66
4.5 Concluzii.....	71
Capitolul 5 - Evaluarea stabilității primare a mini-implantelor ortodontice în corelație cu	

parametrii osoși.....	72
5.1 Introducere.....	72
5.2 Material și metodă.....	73
5.3 Rezultate.....	76
5.4 Discuții.....	87
5.5 Concluzii.....	89
Concluzii generale.....	91
Originalitatea tezei.....	93
Bibliografie.....	95

PARTEA GENERALĂ

INTRODUCERE

Termenul dispozitiv temporar de ancorare (TAD) a devenit destul de popular astăzi și conotează natura mini-implantului ca dispozitiv non-osteointegrat din aliaj de titan sau din oțel inoxidabil, destinat numai pentru scopuri de ancorare în timpul deplasării dentare active. Astfel, preocuparea comună a cercetătorilor se învârtă în jurul valorii eficienței lor, adică succesul micro-implantelor depinde de stabilitatea lor în os ca mijloace de ancorare staționare.

Capitolul I

STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

Mini-implantele ortodontice (fig. 1.1) sunt confecționate din titan, oțel chirurgical sau aliaje Cr-Co, care de obicei nu induc osteointegrare, având dimensiuni între 5 și 12 mm în funcție de zona de inserție. Acestea au formă conică sau cilindrică, cu o lărgire mai mare în zona apexului implantului. Capul mini-implantului este conceput de formă hexagonală pentru o mai bună ancorare. În general implantele se inseră monocortical dar există situații în care se inseră bicortical sau intrasimfizar, în special în tratamentul corecțiilor de clasa a III-a scheletică Angle. Deoarece nu induc osteointegrare, aceste dispozitive se îndepărtează ușor la finalul tratamentului.

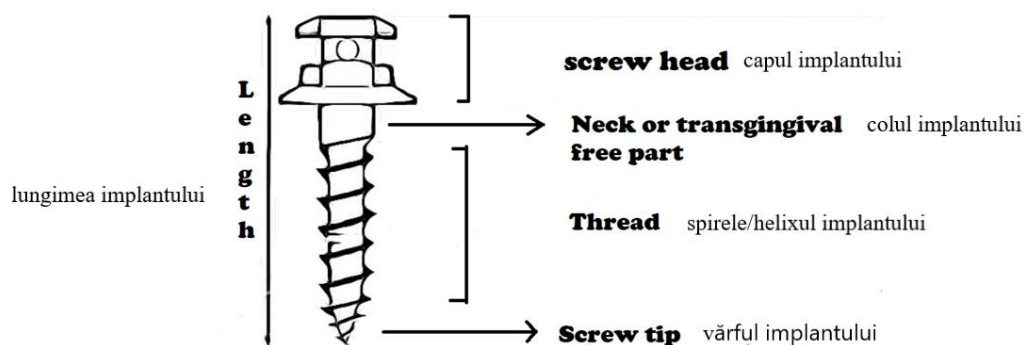


Fig. 1.1 - Reprezentare schematică a mini-implantului [16]

Aplicațiile practice ale utilizării mini-implantelor:

1. În corecții verticale: intruzia molarilor în cazurile de ocluzie deschisă frontală, intruzia incisivilor în ocluzia adâncă asociată cu zâmbet gingival (fig. 1.7) [11]

2. Deplasări antero-posterioare: malocluzie de clasa a II-a Angle asociată cu profil convex, în agenezia incisivilor laterali când este necesară mezializarea caninilor, protrakția molarilor și premolarilor, când sunt necesare deplasări mari ale dinților.
3. Din considerente protetice când este necesară restaurarea unidentară pentru evitarea folosirii aparatelor fixe.
4. În cazurile grave de biprotruzie maxilară când pacienții sunt necooperanți la folosirea sistemelor de tip Head-gear sau a sistemelor intermaxilare.

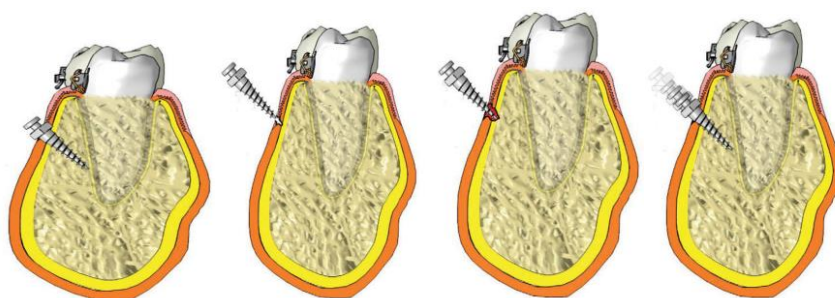


Fig. 1.9 - Etapele inserării mini-implantelor [10]

Pentru a aprecia necesarul și tipul de ancoraj utilizat în timpul terapiei ortodontice este importantă evaluarea caracteristicilor forței ortodontice. Acestea sunt reprezentate de: intensitate, direcția și ritmul de acțiune.

Intensitatea forței

Se analizează după răspunsul biologic asupra structurilor dento-parodontale, a presiunii sanguine capilare și se exprimă în g/cm^2 . Există 4 categorii de forțe după Schwarz [26]:

- forțe subliminare ($15 - 20 g/cm^2$) – presiunea care este mai mică decât presiunea capilară, este necesară stimulării troficității tisulare;
- forțe ortodontice ușoare ($20 - 25 g/cm^2$) – produc modificări histologice, deplasări dentare, dacă acționează continuu;
- forțe ortodontice mari ($30 - 40 g/cm^2$) – întrerup circulația sanguină, determină modificări tisulare importante, iar acțiunea lor trebuie să fie intermitentă;
- forțe supraliminarii (peste $40 g/cm^2$) – sunt considerate nocive, produc necroze tisulare, resorbții radiculare.

CAPITOLUL 2

MINI-IMPLANTELE ȘI ȚESUTURILE INCONJURATOARE

Contribuțiile lui Sandstedt în cercetarea efectelor forțelor ortodontice asupra țesutului osos și parodontal au adus înțelegere în legătură cu procesele biologice și tisulare implicate în

remodelarea osoasă în ortodonție. Aceste descoperiri au fost fundamentale pentru dezvoltarea și îmbunătățirea metodelor de tratament ortodontic. [31].

Tratamentul ortodontic se bazează pe principiul că o presiune prelungită aplicată unui dinte va induce remodelare și resorbție osoasă deoarece cementul radicular are o rezistență mai mare decât osul. Țesutul osos este îndepărtat în mod selectiv în anumite zone și depus în altele. Deoarece acest răspuns este mediat de ligamentul parodontal, deplasarea dentară este în primul rând un fenomen al ligamentului parodontal [31].

Există două tipuri de resorbție osoasă: resorbția directă (frontală) și resorbția indirectă (prin subminare). Resorbția directă apare atunci când celulele osteoclaste se formează direct pe peretele alveolar în zona de presiune, unde ligamentul parodontal este comprimat. Aceasta este considerată forma ideală de resorbție, deoarece se produce resorbția osoasă doar în zona osului alveolar, fără a afecta rădăcina dentară și țesuturile înconjurătoare. Pentru a obține acest tip de resorbție, este necesară o compresie ușoară a ligamentului parodontal [23, 25, 26]. Presiunea aplicată ideală nu trebuie să depășească valoarea presiunii capilare de 20-26 g/cm². Deși în practică este dificil să se calculeze exact forțele aplicate, se recomandă utilizarea forțelor continue slabe pentru a obține resorbția directă.

Materialele din care sunt confecționate implantele ortodontice:

- *Aliaje cu bază Cr-Co*
- *Aliaje de oțel inoxidabil*
- *Titanul și aliaje pe bază titan*

Studiile lui Motoyoshi [38] au arătat că la utilizarea unui mini-implant de 1.3 mm diametru, lungimea minimă necesară este de 5 mm la maxilar și 6 mm la mandibulă pentru a putea oferi un ancoraj ortodontic adecvat. De asemenea, forțele de inserție mai mici de 5 N/cm² par a fi asociate unor rate de eșec mai reduse. Totodată s-a constatat că în cazul mini-implantelor autofiletante este necesară o forță de inserare mai mare decât în cazul mini-implantelor autoperforante.

Unghiul de inserție are potrivit lui Suzuki [39] și Watanabe [40] o importanță deosebită în stabilitatea mini-implantului. Acesta a explicat că inserând implantul sub un unghi de 30° ar crește contactul șurubului cu osul cortical de aproape 1,5 ori decât plasarea lui pe axa dintelui. Însă, El Nigoumi [41] a raportat faptul că plasarea mini-implantului perpendicular pe suprafața osului vestibular nu a influențat rata de succes a tratamentului.

CERCETARE ȘTIINȚIFICĂ PERSONALĂ

CAPITOLUL 3

STUDIUL CLINICO- STATISTIC PRIVIND PERCEPȚIA MEDICILOR ORTODONȚI ASUPRA UTILIZĂRII MINI-IMPLANTELOR CA ELEMENTE DE ANCORAJ ÎN TERAPIA ORTODONTICĂ FIXĂ

3.1 Introducere

Scopul acestui studiu este de a analiza experiența clinică personală a medicilor specialiști în ortodonție din comunitatea germană în utilizarea mini-implantelor ortodontice, cu intenția de a valida unele aspecte legate de ancorajul osos, prin intermediul unei analize bazate pe evidențe.

3.2 Material și metodă

Studiul s-a desfășurat având avizul Comisiei de Etică a Cercetării din cadrul Facultății de Medicină Dentară a Universității Titu Maiorescu din București și s-a desfășurat respectând drepturile omului și fără a aduce prejudicii pacienților sau mediului (**Aviz nr 2/12.01.2017**).

Pentru acest studiu a fost elaborat un chestionar cu 13 întrebări, creat de la zero (de novo) prin intermediul platformei Google Forms. Chestionarul include 2 întrebări cu **răspuns unic**, referitoare la sexul medicului respondent și vechimea acestuia în specialitate, precum și 11 întrebări cu **răspuns multiplu**, destinate evaluării avantajelor și dezavantajelor tehnicii de aplicare a mini-implantelor, împreună cu aspecte legate de indicațiile utilizării acestui ancoraj cu mini-implante și durata unui astfel de tratament.

Cele 13 întrebări ale chestionarului sunt enunțate mai jos:

Întrebarea nr. 1: Care este vechimea dumneavoastră în ortodonție?

Întrebarea nr. 2: Care este sexul dvs?

Întrebarea nr. 3: Ce părere aveți despre durata medie de 1.5-2 ani a unui tratament ortodontic?

Întrebarea nr. 4: Ce tip de ancoraj utilizați mai des?

Întrebarea nr. 5: Care sunt beneficiile utilizării mini-implantelor ortodontice?

Întrebarea nr. 6: Pe o scară de la 1-5 care sunt motivele pentru care ați apela la inserția de mini-implante în timpul terapiei ortodontice ?

Întrebarea nr. 7: Ce tip de mini-implante folosiți?

Întrebarea nr. 8: Care considerați ca ar putea fi dezavantajul major al mini-implantelor?

Întrebarea nr. 9: În funcție de experiența clinică acumulată, în care situație ați apela la tehnica de inserare a mini-implantelor?

Întrebarea nr. 10: La ce vârstă indicați aplicarea de mini-implante?

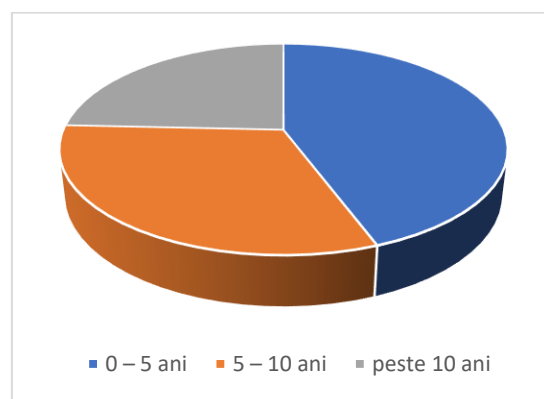
Întrebarea nr. 11: Cum apreciați confortul pacientului cu mini-implante?

Întrebarea nr. 12: Ce tehnică de aplicare a mini-implantelor utilizați mai frecvent ?

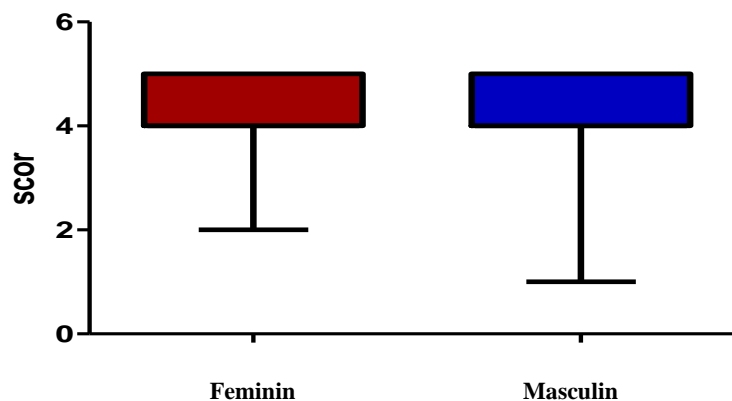
Întrebarea nr. 13: Pe o scară de la 1 la 5, cum evaluați rezultatele finale, estetic și funcțional, ale ancorajului clasic respectiv ancorajul osos cu mini-implante?

3.3 Rezultate

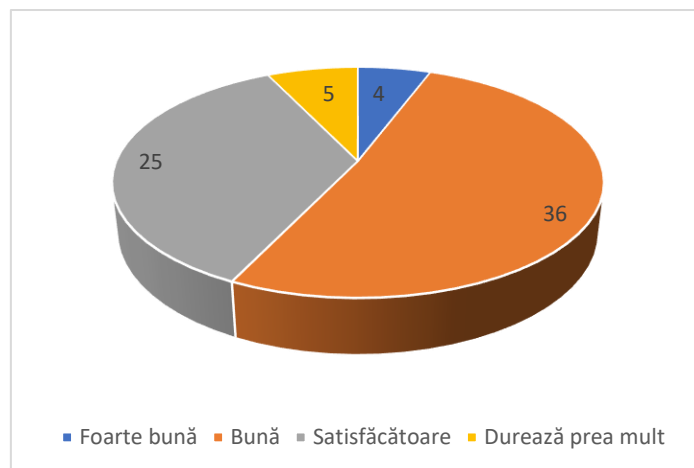
Grafic 3.1 - Reprezentarea grafică a distribuției medicilor după vechimea în specialitate



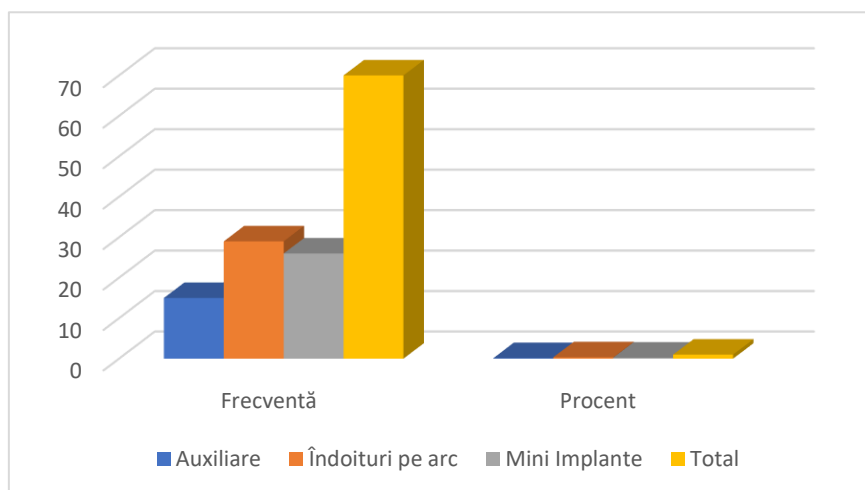
Grafic 3.2 – Distribuția respondenților după sex



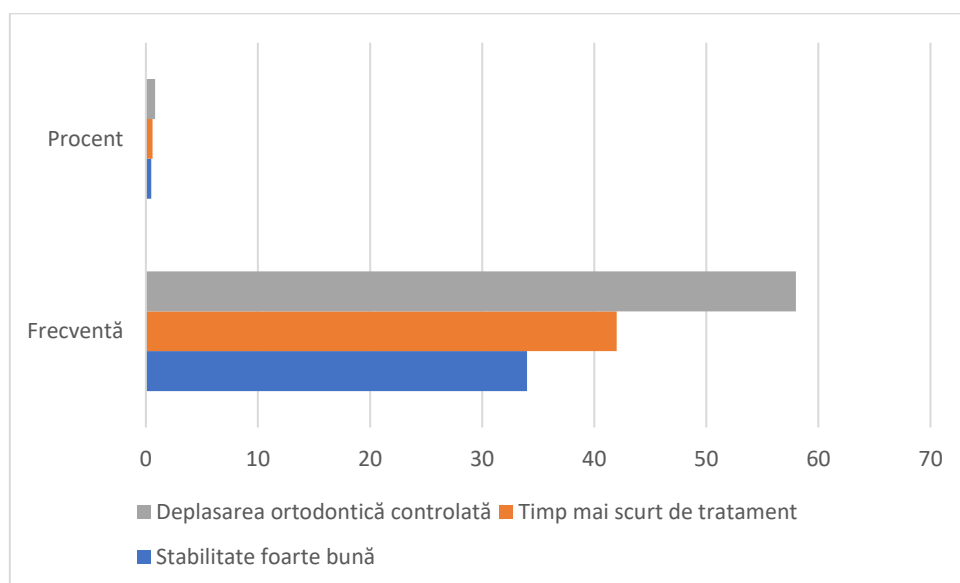
Grafic 3.3 – Părerea medicilor chestionați cu privire la durata tratamentului ortodontic fix



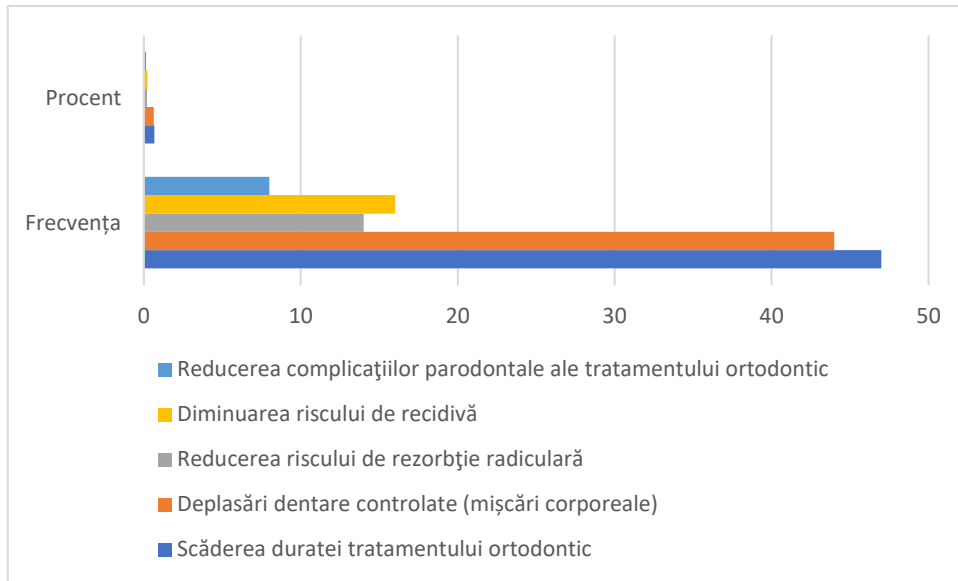
Grafic 3.4 - Reprezentarea grafică, coloană a frecvenței utilizării mini-implantelor



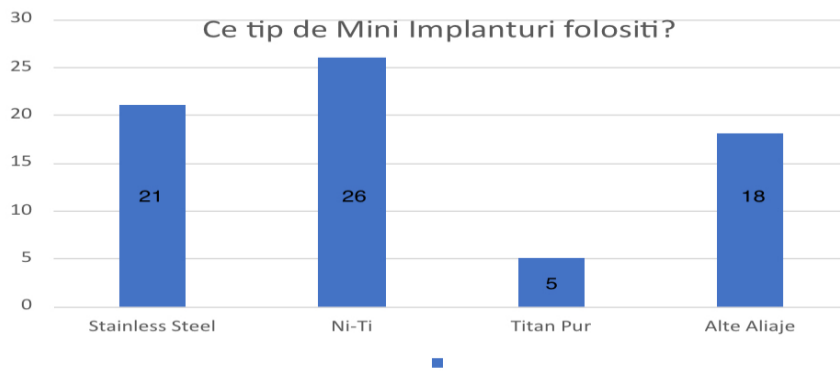
Grafic 3.5 – Reprezentarea grafică în bară a răspunsurilor la întrebarea nr.5



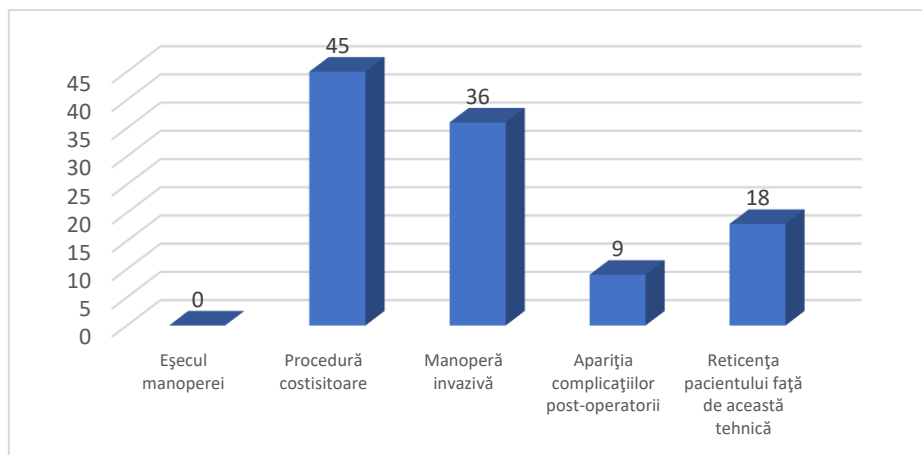
Grafic 3.6 - Reprezentarea de tip bară a răspunsurilor la întrebarea nr.6



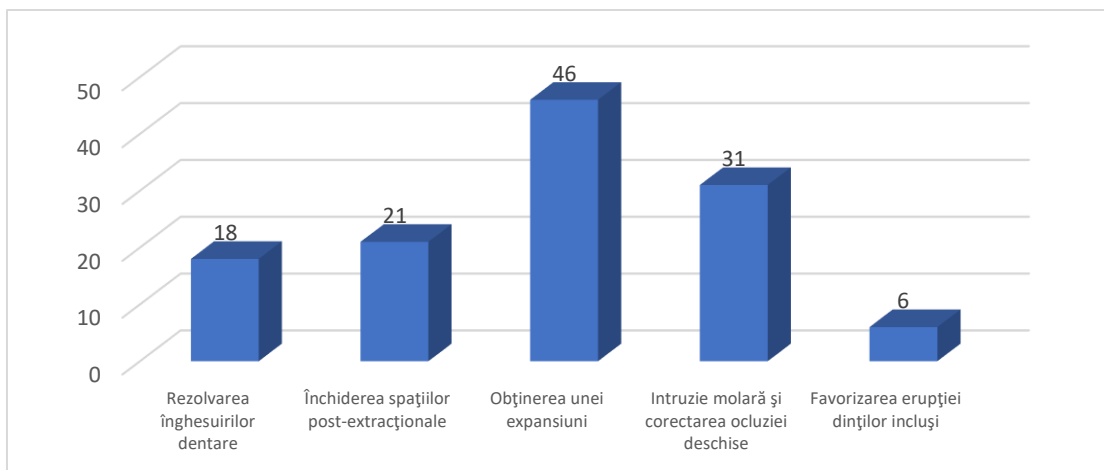
Grafic 3.7 - Reprezentarea grafică a materialelor alese pentru mini-implante



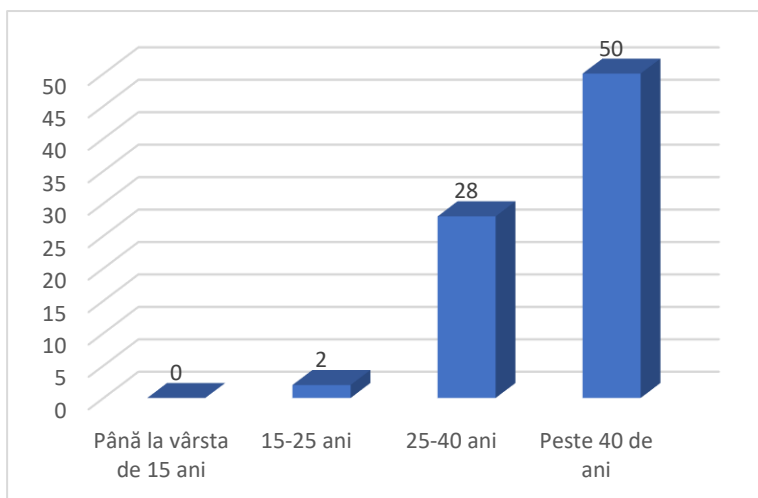
Grafic 3.8 - Reprezentarea grafică a răspunsurilor la întrebarea nr.8



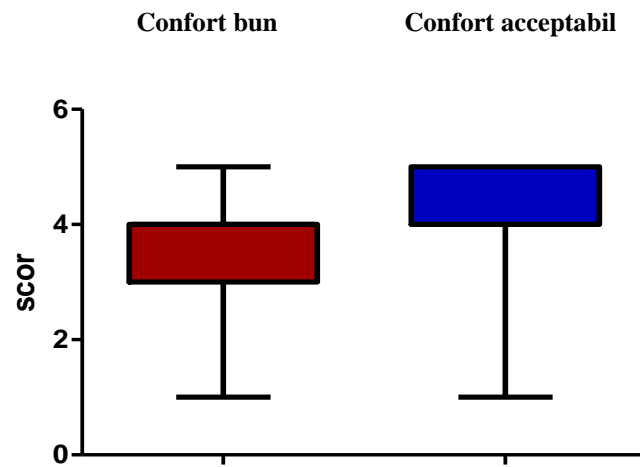
Grafic 3.9 - Reprezentarea grafică a răspunsurilor la întrebarea nr. 9



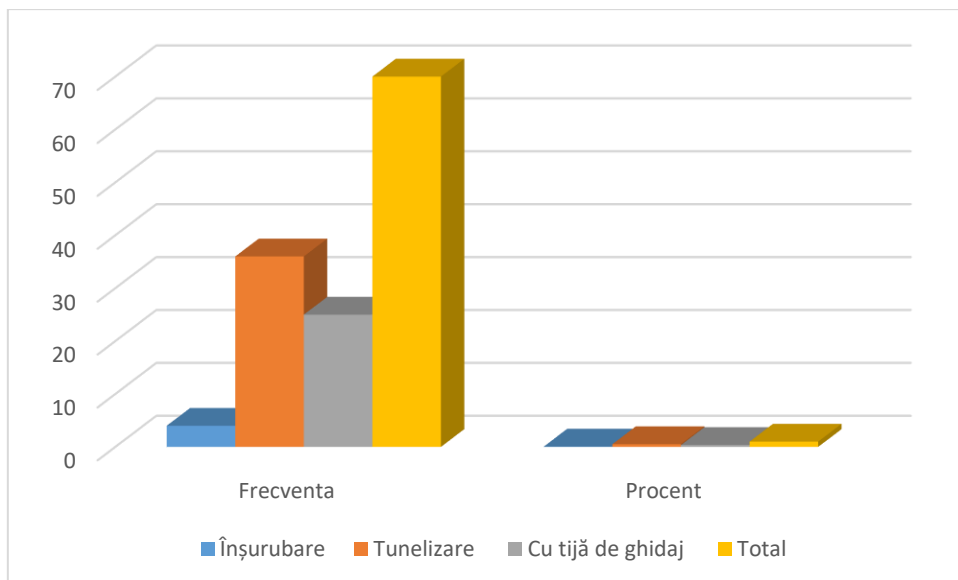
Grafic 3.10 - Reprezentarea grafică a răspunsurilor la întrebarea nr. 10



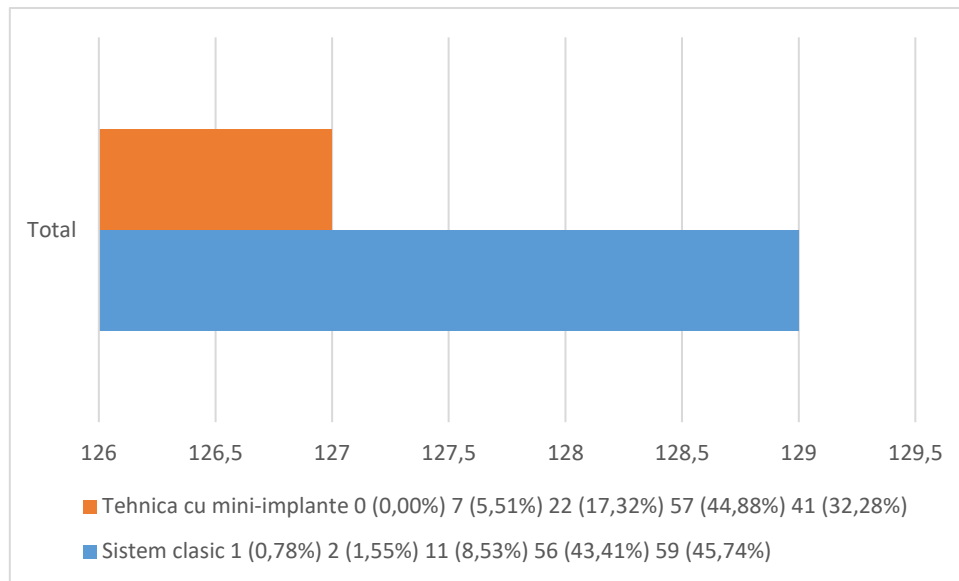
Grafic 3.11 - Reprezentarea boxplot a răspunsurilor la întrebarea nr. 11



Grafic 3.12 – Reprezentarea coloană a răspunsurilor la întrebarea nr.12



Grafic 3.13 - Reprezentarea în bară a răspunsurilor la întrebarea nr.13



3.4 Discuții

Durata tratamentului ortodontic este influențată de magnitudinea deplasărilor dentare, tehnica utilizată, obiectivele terapeutice și nivelul de colaborare al pacientului. Cu toate acestea, terapia ortodontică se confruntă cu diverse provocări care pot genera reticență din partea unor pacienți în acceptarea acestei abordări. Studiile relevă că refuzul cel mai frecvent al unui astfel de tratament este direct legat de percepția unei durate prea lungi necesare finalizării acestuia, considerată excesivă de către unii pacienți. Conform estimărilor lui Sachdeva et al. (2012) [51], durata medie a unui tratament ortodontic ar fi de aproximativ 2 ani, perioadă considerată prelungită de către pacienți și părinții acestora. Pe de altă parte, în cadrul studiului nostru, medicii ortodonți consideră că durata medie a terapiei ortodontice este adecvată, iar utilizarea mini-implantelor aduce beneficii semnificative și scurtează durata tratamentului. Această concluzie este susținută și de alte studii [5, 6].

Succesul tratamentului ortodontic depinde atât de calitatea actului medical, cât și de comunicarea eficientă cu pacientul, precum și de nivelul de colaborare al acestuia. Studiile arată că informarea pacienților cu privire la aspecte importante ale tratamentului, cum ar fi igiena orală, contribuie la îmbunătățirea calității tratamentului, satisfacția pacienților și nivelul lor de cunoștințe despre igiena orală [19].

În cadrul studiului nostru, un procent semnificativ de medici (48,03%) acordă o evaluare mai bună sistemelor clasice de ancoraj, care favorizează deplasarea dentară cu o forță de fricțiune mai mică. Factori precum imbricarea suprafețelor și defectele crestale ale acestora influențează în mod semnificativ nivelul forțelor fricționale, iar forța necesară pentru a învinge fricțiunea suplimentară conduce la creșterea acestor parametri [1].

3.5 Concluzii

1. Majoritatea medicilor ortodonți utilizează atât ancorajul clasic (îndoitori pe arc și auxiliare de ancoraj cimentate în cavitatea bucală) cât și ancorajul osos, în special la adulți, în cazurile extracționiste sau cu edentații în zona laterală.
2. Medicii ortodonți utilizează ca material aliajele de Titan, iar ca tehnică de aplicare a mini-implantelor tehnica prin tunelizare.
3. Majoritatea respondenților indică un ancoraj osos pe mini-implante la pacienții peste 18 ani, considerând că tehnica nu este invazivă, necesitând doar o intervenție chirurgicală minoră.
4. Ca principal dezavantaj al acestui sistem de ancoraj osos este indicat faptul că procedura este costisitoare și presupune anestezie, care produce o ușoară reticență a pacienților, stresați de orice intervenție chirurgicală.
5. Timpul de tratament este apreciat ca fiind mai lung în cazul ancorajului clasic în comparație cu ancorajul pe mini-implante care scurtează durata de tratament, oferind un sprijin solid pentru deplasările dentare în toate cele trei planuri.

CAPITOLUL 4

STUDII DE MICROSCOPIE ELECTRONICĂ ȘI DE SPECTROSCOPIE CU DISPERSIE DUPĂ ENERGII PRIVIND MODIFICARILE STRUCTURALE ALE MINI-IMPLANTELOR ÎN URMA TRATAMENTULUI ORTODONTIC FIX

4.1 Introducere

Scopul acestui studiu a fost de a examina comparativ la microscopul electronic de scanning și la spectroscopul cu dispersie după energii suprafețele a două tipuri de mini-implanturi, după utilizarea acestora ca elemente de ancoraj în tratamentul ortodontic fix, pentru a depista deformări și contaminări ale suprafețelor, care ar putea afecta în mod negativ stabilitatea lor.

4.2 Material și metodă

Studiul s-a desfășurat având avizul Comisiei de Etică a Cercetării din cadrul Facultății de Medicină Dentară a Universității Titu Maiorescu din București și s-a desfășurat respectând drepturile omului și fără a aduce prejudicii pacienților sau mediului (**Aviz nr 2/12.01.2017**).

În acest studiu am utilizat microscopia electronică de scanning (SEM) cu un microscop LEO 1450VP + Inca 2000 EDS, LEO Electron Microscopy Ltd, Clifton Road, Anglia. Studiul s-a efectuat cu sprijinul Institutului de Chimie Raluca Ripan Cluj Napoca.

Am luat în studiu 10 mini-implante autofiletante, preluate de la Prof Dr Mariana Păcurar după tratament ortodontic, realizate din aliaj de titan comercial de puritate medicală de la două firme producătoare Leone™ (Italia) și Foresta Dent™ (Germania).

Mini-implantele au avut un diametru de 1,8 mm, lungimea de 8 mm, pasul de 0,5 și forma filetelui rază (fig. 4.3) și au fost inserate la maxilar prin metoda directă, fiind păstrate în cavitatea bucală o perioadă de 4 luni. Mini-implanturile au constituit auxiliarele de ancoraj, cu ajutorul cărora s-au efectuat doar deplasări dentare: mezializare, distalizare și intruzie. Nu au fost folosite pentru mișcări ortopedice. Selecția implantelor a fost randomizată prin faptul că au fost cele 10 mini-implante care au fost explantate consecutive. [67]

După explantare, mini-implantele au fost depozitate într-o soluție salină sterilă timp de 5 zile la temperatura camerei. Ulterior au fost analizate la microscopul electronic de baleiaj până la o mărire de 10.000 x. Am examinat variațiile lor structurale în funcție de gradul de deformare morfologică a capului, gâtului transmucozal, corpului filetat și vârful implantului.

Am utilizat în cadrul studiului și spectroscopia cu dispersie după energii (EDX) PANalytical B.V. Olanda, pentru analiza compoziției suprafeței mini-implantelor.

EDX este o tehnică utilizată pentru analiza elementală sau analiza caracteristică chimică a unui eșantion. Ea se bazează pe interacțiunea unor surse de excitație cu raze X și o probă de analizat.

4.3 REZULTATE

Mini-implantele nu au prezentat la examinarea SEM nici un defect, cum ar fi bule, imperfecțiuni sau fisuri în microstructura lor în procent de 50%. (fig. 4.4, fig. 4.5, tabel 4.1).

Nu au fost observate urme semnificative rezultate din procesul de fabricație (cum ar fi eventuale bavuri). Analiza EDX a confirmat faptul că aliajul este Ti_6Al_4V , cunoscut sub numele de aliaj de titan de puritate medicală, cu o structură chimică omogenă (fig. 4.6).

Spirele și filetul mini-implantelor au suferit modificări minore în timpul tratamentului ortodontic în proporție de 50%, modificările fiind direct proporționale cu durata și intensitatea solicitării (tabelele 4.2-4.4 și fig. 4.6-4.9). Aceste modificări nu afectează stabilitatea primară și nici biomecanica ortodontică, fiind vizibile doar în microscopie electronică. Nu am observat diferențe semnificative între cele două firme producătoare.

Deformări semnificative ale vârfului mini-implantelor au fost evidente în majoritatea cazurilor (60%) dintre implantele examinate (tabelul 4.4). La 4 implante (40%) au apărut și neregularități ale suprafeței în corpul filetat și vârful mini-implantului (fig. 4.10-4.13).

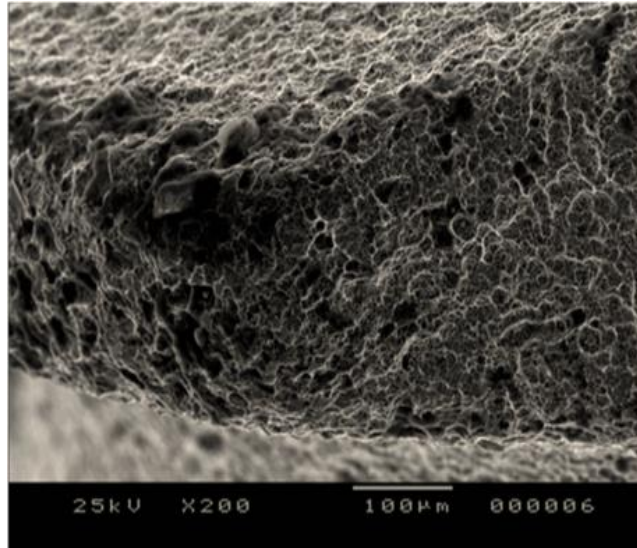


Fig. 4.12 - Imagine SEM 200X (spiră deformată) implant tip Leone [67]

Cum s-a văzut în articolul de la N.C.Diku et. al. un singur mini-implant (reprezentând 10% din totalul pieselor examinate), produs de firma Leone, a prezentat modificări majore ale spirelor și neregularități ale spirelor, vizibile și cu ochiul liber (fig. 4.14). Această deformare a apărut și ca urmare a unei manipulări greșite a capului mini-implantului în timpul mecanicii de intruzie, înafara deformării produse de solicitarea funcțională a mini-implantului. [67]

4.4 Discuții

Refolosirea mini-șuruburilor ortodontice la același pacient ar reduce costurile de tratament și ar putea să conducă la utilizarea mai îndelungată a mini-șuruburilor și îmbunătățirea tratamentelor ortodontice. Dar producții de descompunere chimică și încărcătura microbiană care se regăsesc la suprafața contraindică acest lucru. Reutilizarea instrumentelor medicale are o istorie lungă și poate fi efectuată numai atunci când după folosire acestea nu suferă nici o modificare a suprafeței și a caracteristicilor clinice [63].

Studiile întreprinse de Poggio și colab. [70], au arătat că micro-implantele cu diametrul filetului sub 1,5 mm nu rezistă la torsiune. Acestea își mențin stabilitatea după inserție prin ancorarea mecanică în os. Capacitatea de ancorare ține de suprafața micro-implantului, de lungimea și de diametrul acestuia. Diametrul este cel care determină reținerea optimă în os. De asemenea, forțele de inserție mai mici de 5 N/cm par a fi asociate unor rate de eșec mai reduse.

4.5 Concluzii

1. Mini-implantele analizate la SEM nu prezintă defecte structurale majore, dar apar mici deformări ale spirelor sau vârfului filetului.
2. Nu există diferențe semnificative între cele două tipuri de mini-implante: Leone și Forestadent, ambele prezentând același tip de deformare.

3. Aceste defecte nu influențează rata stabilității primare, mai ales că mini-implantele ortodontice sunt utilizate o perioadă limitată de timp (3-6 luni)
4. În toate cazurile au apărut fenomene evidente de biodegradare prin oxidare, ceea ce contraindică sterilizarea și reutilizarea implantelor ortodontice de ancoraj.
5. Titanul este materialul de elecție pentru mini-implantele ortodontice de ancoraj, datorită multiplelor calități, în special biocompatibilitatea și rezistența crescută la coroziune.

CAPITOLUL 5

EVALUAREA STABILITĂȚII PRIMARE A MINI-IMPLANTELOR ORTODONTICE ÎN CORELAȚIE CU PARAMETRII OSOȘI

5.1 Introducere

Scopul acestui studiu a fost de a evalua calitatea stabilității primare a mini-implantelor ortodontice inserate pe mostre de os animal, în funcție de parametrii osoși.

5.2 Material și metodă

Studiul s-a desfășurat având avizul Comisiei de Etică a Cercetării din cadrul Facultății de Medicină Dentară a Universității Titu Maiorescu din București și s-a desfășurat respectând drepturile omului și fără a aduce prejudicii pacienților sau mediului (**Aviz nr 2/12.01.2017**). Evaluarea stabilității primare a mini-implantelor de ancoraj ortodontic s-a realizat prin măsurarea forței de tracțiune cu o mașină de tracțiune, adaptată pentru tracționări în direcție axială și la 45°, luând drept variabile caracteristicile osoase în locul de inserție al mini-implantelor (grosimea și densitatea corticalei, grosimea și densitatea medularei). Experimentul s-a desfășurat la Institutul Politehnic Cluj Napoca.

Pentru studiul *in vitro* s-au folosit mostre (coaste de porc) prelevate de un medic veterinar de la porci sacrificați în vederea consumului. Coastele au fost prelevate, curățate de țesut moale, spălate cu apă sub presiune, dezinfectate cu alcool etilic 96° și secționare cu ajutorul fierastrăului electric pentru a putea fi analizate la computerul tomograf. Fragmentele de coaste au fost păstrate pe durata transportului de la abator la laboratorul de radiologie într-un recipient izotermic, alături de pungi de gheață. [76]

Au fost supuse analizei 32 probe (mostre), iar rezultatele (grosimea corticalei și grosimea medularei osoase, evaluarea densității diferite a osului) au fost consemnate în tabele pentru fiecare mostră analizată. Analiza la computerul tomograf SOREDEX (Tuusula, Finlanda) s-a făcut cu un soft specializat CRANEX 3D (fig. 5.1) În cadrul centrului de radiodiagnostic Centru de Imagistică Dr. X Ray din Târgu Mureș. [76]

5.3 Rezultate

Se poate constata că, în funcție de grosimea corticalei osoase, rezultatele forțelor de tracțiune diferă foarte mult. Astfel, la o grosime a corticalei de sub 1mm, forțele de tracțiune nu depășesc 10N. În schimb, la valori ale grosimii corticalei de peste 1mm, forțele de tracțiune ating valori de până la 35 N. Grosimea corticalei este un parametru care influențează în mod direct proporțional stabilitatea mini-implantului.

Cu cât corticala osoasă este mai groasă, cu atât forțele care tind să desprindă implantul sunt mai mari.

A. Influența grosimii corticalei osoase asupra mărimii forței de tracțiune [N], determinată în plan axial și la 45° demonstrează faptul că:

a) indiferent de forma filetului (ca rază sau ca unghi) pentru tipul de mini-implant cu *pasul filetului* $p=0,5$, relația care se stabilește între grosimea corticalei și valoarea forței de tracțiune a mini-implantului este următoarea:

- pentru grosimea corticală cu valori în intervalul: 0,68 -0,97 mm, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 5,0 -22,5 N
- pentru grosime corticală cu valori în intervalul: 1,22 -2,00 mm, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 22 -35 N
- pentru grosimea corticală cu valori în intervalul: 2,08 - 2,30 mm, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 38 -42 N

b) indiferent de forma filetului (cu rază sau cu unghi) pentru tipul de mini-implant cu *pasul* $p=0,8$, relația între grosimea corticalei și forța de tracțiune a mini-implantului este următoarea:

- pentru grosime corticală cu valori în intervalul: 0,68 -0,97 mm, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 6 -20,0 N

-pentru grosime corticală cu valori în intervalul: 1,22 -2,30 mm, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 30 -35 N

B. Influența grosimii medularei osoase asupra mărimii forței de tracțiune în plan axial și la 45°:

a) indiferent de forma filetului (cu rază sau cu unghi), pentru tipul de mini-implant cu *pasul* $p=0,5$, relația dintre densitatea corticalei și forța de tracțiune a mini-implantului este următoarea:

- pentru densitatea corticalei cu valori în intervalul: 900 – 1100 HU, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 15,5 -17,5 N

- pentru densitatea corticalei cu valori în intervalul: 1200 – 1500 HU, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 17,5 -20 N
- pentru densitatea corticalei cu valori în intervalul: 2000- 3200 HU, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 25 – 27,5 N.

b). indiferent de forma filetelui (cu rază sau cu unghi), pentru tipul de mini-implant cu *pasul* $p = 0,8$, relația dintre densitatea corticalei și forța de tracțiune a mini-implantului este următoarea:

- pentru densitatea corticalei cu valori în intervalul: 900 – 1100 HU, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 5,5 -17,5 N
- pentru densitatea corticalei cu valori în intervalul: 1200 – 1500 HU, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 18 -20 N
- pentru densitatea corticalei cu valori în intervalul: 2000- 3200 HU, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 24,5 -27,5 N.

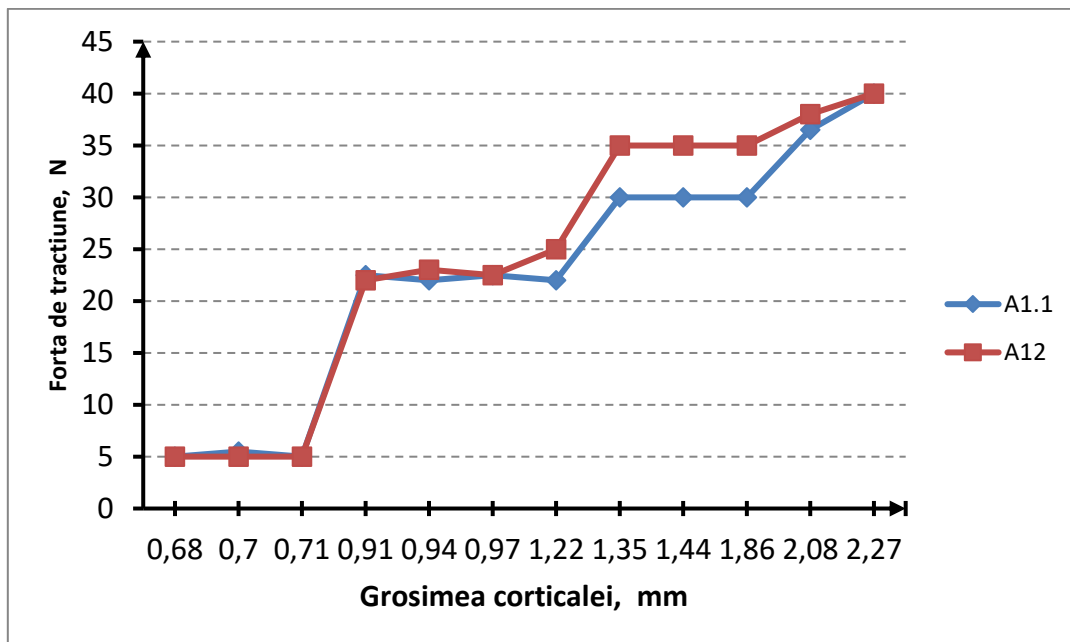
C. Influența densității corticalei osoase asupra mărimii forței de tracțiune în plan axial și la 45° conduce la următoarele observații:

- la grosimi ale medularei osoase de până la 7,45 mm, valoarea forței de are cea mai mare valoare de 35 N
- la grosimea medularei de 12,0 – 14,0 mm, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 7,5 – 10 N
- la grosimea medularei de 15,5 – 21,0 mm, forța de tracțiune are valori cuprinse în intervalul: 5 – 10 N

D. Corelarea densității medularei osoase, cu cea a densității medularei osoase asupra mărimii forței de tracțiune în plan axial și la 45° ilustrează următoarele aspecte:

- pentru grosimea corticalei la valori situate în intervalul: 0,5- 0,75 mm și valori ale densității medularei osoase în intervalul 750-1035 HU s-au măsurat forțe cu valori cuprinse în intervalul 5,0-7,5 N.
- pentru grosimea corticalei la valori situate în intervalul: 1,30-1,90 mm și valori ale densității medularei osoase în intervalul 400-815 HU s-au măsurat forțe de 18,0 -35 N
- pentru grosimea corticalei la valori situate în intervalul: 2,08-2,27 mm și valori ale densității medularei osoase în intervalul 300-323 HU s-au măsurat forțe de 25-40 N (grosimi mari ale corticalei osoase și densități mici ale medularei osoase au determinat valori ridicate pentru forța de tracțiune)

Grafic 5.1 - Variația forței de tracțiune în funcție de grosimea corticalei [76]



5.4 Discuții

Rinchuse [50] enumeră drept accidente ale inserării miniimplantelor ortodontice următoarele:

- lezarea rădăcinii;
- lezarea nervilor alveolar inferior, mental, palatin mare, bucal și lingual;
- alunecarea implantului sub periost;
- fisura sau fractura implantului;
- emfizemul mucoasei cauzat de jetul de aer eliminat de turbină, în cazul unei tehnici chirurgicale defectuoase;
- necroza osului ca urmare a supraîncălzirii,
- perforația sinusului,
- inflamația gingivală consecutivă intervenției.

În cadrul testelor de încărcare compresivă ridicată ai cercetătorilor R. Alshenaiber et. al., lungimea nu a avut niciun efect asupra eșecului mini-implantelor dentare în urma suprasarcinării. Mai mult, toate mini-implantele dentare testate, cu lungimi diferite, au prezentat același mod de eșec și locație de distorsiune. [86]

Din punct de vedere al unghiului de inserție, plasarea oblică este preferată unei plasări perpendiculare pe suprafața osului datorită unei stabilității primare mărite și a riscului scăzut de lezare a rădăcinii, însă, singura excepție apare în cazul ocluziilor adânci, la care este necesară plasarea perpendiculară a mini-implantului pentru a evita contactul capului implantului cu suprafețele dinților antagoniști.

5.5 Concluzii

1. Forța de tracțiune și implicit stabilitatea primară a mini-implantului crește odată cu creșterea grosimii și densității corticalei.
2. Valorile forței de tracțiune sunt influențate mai mult de grosimea corticalei osoase, decât de valorile densității corticalei.
3. Grosimea și densitatea osoasă nu influențează în mod semnificativ retenția primară a mini-implantelor.
4. Odată cu creșterea grosimii medularei scade valoarea forței de tracțiune, fapt evidențiat la mini-implantele cu forma filetului cu rază,
5. Corticala reprezintă o zonă favorabilă inserării mini-implantelor ortodontice, datorită accesibilității și a prezenței unui țesut osos compact superior medularei.
6. Nu există diferențe semnificative între cele două tipuri de materiale ale mini-implantelor: titan și aliaj de Ni-Cr-Mo față de forța de tracțiune utilizată pe grosimi și densități diferite ale corticalei și medularei osoase.

CONCLUZII GENERALE

1. Majoritatea medicilor ortodonți utilizează atât sistemul clasic de ancoraj (îndoitori pe arc și auxiliare de ancoraj cimentate în cavitatea bucală) cât și ancoraj osos, în special la adulți, în cazurile extracționiste sau cu edentații în zona laterală.
2. Medicii ortodonți utilizează ca material aliajele de Titan, iar ca tehnică de aplicare a mini-implantelor tehnica prin tunelizare.
3. Majoritatea respondenților indică un ancoraj osos pe mini-implante la pacienții peste 18 ani, considerând că tehnica nu este invazivă, necesitând doar o intervenție chirurgicală minoră.

4. Ca principal dezavantaj al acestui sistem de ancoraj osos este indicat faptul că procedura este costisitoare și presupune anestezie, care produce o ușoară reticență a pacienților, stresați de orice intervenție chirurgicală.
5. Timpul total de tratament este evaluat ca fiind mai lung în cazul sistemelor convenționale, în comparație cu ancorajul pe mini-implante care scurtează durata de tratament, oferind un sprijin solid pentru deplasările dentare în toate cele trei planuri.
6. Mini-implantele analizate la SEM nu prezintă defecte structurale majore, dar apar mici deformări ale spirelor sau vârfului filetului.
7. Nu există diferențe semnificative între cele două tipuri de mini-implante studiate: Leone și Forestadent, ambele prezentând același tip de deformare și biodegradare.
8. Aceste defecte nu influențează rata stabilității primare, mai ales că mini-implantele ortodontice sunt utilizate o perioadă limitată de timp (3-6 luni).
9. În toate cazurile au apărut fenomene evidente de oxidare, ceea ce contra-indică sterilizarea și reutilizarea implantelor ortodontice de ancoraj.
10. Titanul este materialul de elecție pentru mini-implantele ortodontice de ancoraj, datorită multiplelor calități, în special biocompatibilitatea.
11. Forța de tracțiune și implicit stabilitatea primară a mini-implantului crește odată cu creșterea grosimii și densității corticalei.
12. Valorile forței de tracțiune sunt influențate mai mult de grosimea corticalei osoase, decât de valorile densității corticalei.
13. Grosimea și densitatea osoasă nu influențează în mod semnificativ retenția primară a mini-implantelor.
14. Nu există diferențe semnificative între cele două tipuri de materiale ale mini-implantelor: titan și aliaj de Ni-Cr-Mo față de forța de tracțiune utilizată pe grosimi și densități diferite ale corticalei și medularei osoase.
16. Evaluarea avantajelor și dezavantajelor fiecărei sisteme de ancoraj ortodontic este importantă deoarece osul alveolar și parodontiul de susținere reacționează diferit la diverse forțe ortodontice, iar cazurile cu ancoraj scheletal trebuie selectate cu atenție.
17. Limitele utilizării mini-implantelor sunt reprezentate de zonele anatomice și oferta osoasă, cât și de prezența unui teren parodontopat, care nu trebuie supus unei traume chirurgicale suplimentare.

ORIGINALITATEA TEZEI

Teza de doctorat dezbate o temă de mare actualitate, cu aplicații practice evidente, încercând să analizeze efectele mini-implantelor de ancoraj ortodontic la pacienții tineri dar și

la adulți unde se impune un ancoraj osos datorită edentațiilor și necesității unor deplasări dentare mai ample.

Originalitatea acestei teme constă în *evaluarea proprietăților structurale ale mini-implantelor cu ajutorul microscopiei electronice*, cu recomandarea de a nu se reutiliza aceste dispozitive, deoarece la inserare se produce deformarea spirelor și a vârfului mini-implantului, afectându-i stabilitatea primară la repetarea inserării.

Prezența anomaliilor dento-maxilare, determină o exacerbare a florei microbiene, iar aparatele ortodontice cu multiple zone retentive : bracketuri, tubușoare, butoni, cârlige, ligaturi sau mini-implante, reprezintă adevărate acumuloare de placă bacteriană și sunt factori care contribuie la creșterea riscului de suferință parodontală și apariția unor fenomene de gingivită, peri-implantită, chiar dacă mini-implantele ortodontice sunt aplicate pe o perioadă mai scurtă de timp : 4-6 luni.

Un studiu extrem de interesant este cel realizat pe coaste de porc, în care au fost inserate diverse tipuri de mini-implante din materiale și dimensiuni diferite, autoarea realizând corelații între grosimea, respectiv densitatea corticalei și medularei osoase și forța de tracțiune care tinde să desprindă mini-implantul. Analizarea stabilității inițiale a mini-implantelor ortodontice pe modele experimentale animale reprezintă un beneficiu în evaluarea forțelor care pot afecta aderența implantului, deși există diferențe morfologice și structurale între țesuturile parodontale și osoase ale diferitelor specii (rata metabolică a osului poate fi diferită față de osul uman).

Colaborarea interdisciplinară a devenit o necesitate în terapia ortodontică, în special la pacientul adult, iar rezultatele pe termen scurt și lung ale tratamentului ortodontic reflectă eficiența colaborării dintre ortodonție și parodontologie, cu o viziune holistică asupra pacientului.

Articole publicate din teză:

1. Diku N, Zetu I, Molnar C, Ghergic DL, ElSaafin M, Biris D, Pacurar M, Electron-microscopic study on structural changes of mini-implants following fixed orthodontic treatment, Romanian Journal of Stomatology-Volume 68, No. 2, 2022.
2. Diku N, Păcurar M, Ștef L, Popa M, Eșian D, Ghergic DL, Evaluation of stability of orthodontic mini-implants in connection with bone parameter, Acta medica transilvanica - vol 27, no. 4, p. 27, 2022

BIBLIOGRAFIE

1. Gainsforth BL, Higley LB, A Study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone. American Journal of Orthodontic Bone Surgery 1945; 31: 406-417
2. Wehrbrein H, Giollner P – „Do palatal implants remain stable under orthodontic load? A clinical radiological study”- American Journal of Orthodontic Dentofacial Orthopedics, 2010;127: 66-72
3. Shapiro P.A., Kokich V.G., Uses of Implants in orthodontics. Dental Clinics of North America, 1988, 32, 539-550
4. Roberts W E, Helm F R, Marshal K J, Gongloff R K, Rigid endosseous implants for orthodontic and orthopedic anchorage. Angle Orthodontist, 1989, 59:247-256
5. Higuchi KW, Slack JM, The use of titanium fixtures for intra-oral anchorage to facilitate orthodontic tooth movement. International Journal of Oral and Maxillofacial Implants, 1991, 6:338-344
6. Bae SM, Park HS, Kyung HM, Kwon OW, Sung JH. Clinical application of micro-implant anchorage, Journal of Clinical Orthodontics , 2002, vol. 34 (pg. 298-302)
7. Watanabe H, Deguchi T, Hasegawa M, Ito M, Kim S, Takano-Yamamoto T, Orthodontic miniscrew failure rate and root proximity, insertion angle, bone contact length, and bone density. Orthodontic Craniofacial Research, 2013, 16, 44-55
8. Uemura M, Motoyoshi M, Yano S, Sakaguchi M, Igarashi Y, Shimizu N, Orthodontic mini-implant stability and the ratio of pilot hole implant diameter. European Journal of Orthodontics, 2012, 34, 52-56
9. Freudenthaler JW, Bantleon HP, Haas R, Bicortical titanium screws for critical orthodontic anchorage in the mandible: a preliminary report on clinical applications. Clinical Oral Implants Research, 2001 12, 358-363
10. Sandstedt C. Einige beiträge zur theorie der zahnregulierung. Nord. Tandlaeg. Tidskr. 1904;5:236–256
11. Papageorgiou SN, Zogakis IP, Papadopoulos MA. Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: A meta-analysis. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2012;11:577-595.e7
12. Saul M. Bien, Fluid Dynamic Mechanisms Which Regulate Tooth Movement, Advances in Oral Biology, Volume 2, 1966, Pages 173-201
13. Farrar J.N., A treatise of Irregularities of the Teeth and Their Correction, De Vinne Press, New York, 1888.

14. Picton DCA et al., Prevention and the Developing Child, University College Hospital Dental School, Mortimer Market, London, 1974 WC1E6JD
15. Antoszevska J, Küçükkeleş N., Biomechanics of Tooth-Movement: Current Look at Orthodontic Fundamental, 2011 10.5772/23009
16. Sakshi S Umalkar, Vikrant V Jadhav, Priyanka Paul, Amit Reche, Modern Anchorage Systems in Orthodontics, Cureus. 2022 Nov 14;14(11):e31476.
17. Liou L.W. et al Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces?, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2004, vol. 126, no. 1, pp. 42–47
18. Islam R, Alam MK, Headgear Appliane-A contemporary Treatment method – A review, International Medical Journal, 2017, Vol 24, No 1, pp.136-139.
19. Reitan K. Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. Am J Orthod. 1967; 53: 721-745.
20. Wilmes B, Rademacher C, Olthoff G, Drescher D, Parameters affecting primary stability of orthodontic miniimplants. J orofac Orthop 2006;67:162-74
21. Cetlin N.M., Nonextraction treatment, A Ten Hoeve Journal of Clinical Orthodontics, 1983 Jun;17(6):396-413.
22. Spyridon N., Papageorgioua Ioannis, ZogakisbMoschos P., Papadopoulosc A., Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: A meta-analysis, American Journal of Orthodontics and Dentofacial, 01.11.2012
23. Johnson DK, Smith RJ. Smile esthetics after orthodontic treatment with and without extraction of four first premolars. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 1995;(108):162-167
24. Freeman D.C., Root Surface Area Related to Anchorage in the Begg Technique, University of Tennessee Health Science Center UTHSC Digital Commons, 1965
25. Jarabak JR, Fizzell JA. Technique and Treatment with the Light wire Appliance. St. Louis: The C.V. Mosby Co; 1972, RK528 .M4 J3 1963
26. Schwarz A.M. Tissue changes incident to orthodontic tooth movement. International Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography, 1932;18:331–352, Volume 18, Issue 4, April 1932, Pages 331-352
27. Baumgaertel S., Bumann A., Petrey J., TAD Clinical Reference Guide, Dentaurum 2009
28. Ludwig B, Baumgaertel S, Zorkun B, Bonitz L, Glasl B, Wilmes B, Lisson J., Application of a new viscoelastic finite element method model and analysis of

- miniscrew-supported hybrid hyrax treatment, *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013 Mar;143(3):426-35.
29. Lee J.S., Kim J.K., Park Y.C., Vanarsdall R.L., *Applications of Orthodontic Mini-Implants*, Quintessence Publishing Co, Hanover Park, 2007; 1-87
 30. Ludwig B, Glas B, Bowman SJ, Drescher D, Wilmes B. Miniscrewsupported Class III treatment with the Hybrid RPE Advancer. *J Clin Orthod* 2010; 44: 533–539.
 31. Sandstedt C Einige Beiträge zur Theorie der Zahnregulierung. *Nord Tändl Tidsskr* 1904; 5: 236–56; 1905, 6: 1–25; 6: 141–68
 32. Smet JH, Weiss D, Blick RH, Lütjering G, von Klitzing K, Fleischmann R, Ketzmerick R, Geisel T, Weimann G., Magnetic Focusing of Composite Fermions through Arrays of Cavities., *Phys Rev Lett.* 1996 Sep 9;77(11):2272-2275.
 33. Gainsforth BL, Higley LB, A Study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone. *Am J Orthod Bone Surg* 1945; 31: 406-417
 34. Turley PK, Kean C, Shur J, Stefanac J, Gray J, Hennes J, Poon LC. Orthodontic force application to titanium endosseous implants, *Angle Orthodontics*, 1988; 58: 151-162.
 35. Watanabe H, Deguchi T, Hasegawa M, Ito M, Kim S, Takano-Yamamoto T Orthodontic miniscrew failure rate and root proximity, insertion angle, bone contact length, and bone density. *Orthodontic Craniofacial Research*, 2013, 16, 44-55.
 36. Cheng SJ, Tseng Y, Lee JJ, Kok SH. A prospective study of the risk factors associated with failure of miniimplants used for orthodontic anchorage. *International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 2004; 19:100-106
 37. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *Int J Clin Orthod* 1997;31:763-7
 38. Motoyoshi M., Clinical indices for orthodontic mini-implants, *J Oral Sci.* 2011 Dec;53(4):407-12.
 39. Suzuki M, Toru Deguchi, Watanabe H, Masahiro S, Masahiro I, Takashi S, Koji F, Teruko T, Evaluation of optimal length and insertion torque for miniscrews, *American Journal of Orthodontic Dentofacial Orthopedics* 2013; 144: 251-259
 40. Watanabe H, Deguchi T, Hasegawa M, Ito M, Kim S, Takano-Yamamoto T, Orthodontic miniscrew failure rate and root proximity, insertion angle, bone contact length, and bone density. *Orthodontic Craniofacial Research*, 2013, 16, 44-55.
 41. El Nigoumi A, El-Beialy R., An Upper-Molar Distalizer with Palatal Miniscrew Anchorage, *Journal of Clinical Orthodontics.* 2016 Dec;50(12):767-768.
 42. Creekmore TD, Eklund MK, The possibility of Skeletal Anchorage, *Journal of Clinical Orthodontics*, 1983, 17:266 – 269

43. 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(2):191-197
44. Shapiro P.A., Kokich V.G., Uses of Implants in orthodontics. *Dental Clinics of North America*, 1988, 32, 539-550
45. Haas R., Polak C., Fürhauser R., Mailath-Pokorny G., Dörtbudak O., Watzek G., A long-term follow-up of 76 Bränemark single-tooth implants, *Clinical Oral Implants Research.*, 2002 Feb;13(1):38-43.
46. Higuchi K.W. et al., The use of titanium fixtures for intraoral anchorage to facilitate orthodontic tooth movement, *International Journal of Oral Maxillofacial Implants* 1991
47. Bae SM, Park HS, Kyung HM, Kwon OW, Sung JH. Clinical application of micro-implant anchorage, *Journal of Clinical Orthodontics* , 2002, vol. 34 (pg. 298-302)
48. Uemura M, Motoyoshi M, Yano S, Sakaguchi M, Igarashi Y, Shimizu N. Orthodontic mini-implant stability and the ratio of pilot hole implant diameter. *European Journal of Orthodontics*, 2012, 34, 52-56.
49. Freudenthaler JW, Bantleon HP, Haas R., Bicortical titanium screws for critical orthodontic anchorage in the mandible: a preliminary report on clinical applications. *Clinical Oral Implants Research*, 2001, 12, 358-363.
50. Rinchuse DJ et al, Orthodontic retention and stability: a clinical perspective. ., *Journal of Clinical Orthodontics.* 2007
51. Sachdeva RC, Aranha SL, Egan ME, Gross HT, Sachdeva NS, Currier GF, et al. Treatment time: SureSmile vs conventional. *Orthodontics (Chic)* 2012;13:72-85.
52. Kale S., Kocadereli I., Atilla P., Aşan E., Comparison of the effects of 1,25 dihydroxycholecalciferol and prostaglandin E2 on orthodontic tooth movement, *American Journal of Orthodontic Dentofacial Orthopedics*, 2004 May;125(5):607-14.
53. Tyrovola J.B., Spyropoulos M.N., Effects of drugs and systemic factors on orthodontic treatment, *Quintessence Int.* 2001 May;32(5):365-71.
54. Moon CH, Wee JU, Lee HS. Intrusion of overerupted molars by corticotomy and orthodontic skeletal anchorage. *Angle Orthodontics.* 2007;77:1119–25.
55. Oliveira TF, Nakao CY, Gonçalves JR, Santos-Pinto A., Maxillary molar intrusion with zygomatic anchorage in open bite treatment: lateral and oblique cephalometric evaluation, *Oral Maxillofacial Surgery.* 2015 Mar;19(1):71-7.

56. Filho HL, Maia LH, Lau TC, de Souza MM, Maia LC. Early vs late orthodontic treatment of tooth crowding by first premolar extraction: a systematic review. *Angle Orthodontics*. 2015;85(3):510–517.
57. Bos A, Vosselman N, Hoogstraten J, Prah-Andersen B. Patient compliance: a determinant of patient satisfaction? *Angle Orthodontics*. 2005;75(4):526–531.
58. Odman J, Lekholm U, Jemt T, Brånemark PI, Thilander B. Osseointegrated titanium implants--a new approach in orthodontic treatment. *European Journal of Orthodontics*. 1988 May;10(2):98-105.
59. Melsen B, Luzi C, *Adult orthodontics*, 2nd edition, Wiley, 2022.
60. De Clerck H, Timmerman H, Cornelis M, *Biomechanics of Skeletal Anchorage*, *Journal of Clinical Orthodontics*, 2008
61. <https://titula.universidadeuropea.com/bitstream/handle/20.500.12880/472/218.pdf?sequence=1>
62. Vaquila I, Vergara LI, Passeggi MCG, Vidal RA, Ferron J. Chemical reactions at surfaces: titanium oxidation. *Surf Coating Technologie*. 1999;122:67–71
63. Turkyilmaz I., A Proposal of New Classification for Dental Implant Complications. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2018 Aug 1;19(8):1025-1033
64. Sung JH, Kyung HM, Bae SM, Park HS, Kwon OW, McNamara JA. *Microimplants in Orthodontics*. Daegu, Korea: Dentos; 2006
65. Freudenthaler JW, Bantleon HP, Haas R, Bicortical titanium screws for critical orthodontic anchorage in the mandible: a preliminary report on clinical applications. *Clinical Oral Implants Research*, 2001, 12, 358-363.
66. Ogihara S., Wang H.L., Periodontal regeneration with or without limited orthodontics for the treatment of 2- or 3-wall infrabony defects, *Journal Periodontol*, 2010 Dec;81(12):1734-42.
67. **Diku N**, Zetu I, Molnar C, Ghergic DL, ElSaafin M, Biris D, Pacurar M, Electron-microscopic study on structural changes of mini-implants following fixed orthodontic treatment, *Romanian Journal of Stomatology-Volume 68, No. 2*, 2022.
68. Stojicic S, Shen Y, Haapasalo M. Effect of the source of biofilm bacteria, level of biofilm maturation, and type of disinfecting agent on the susceptibility of biofilm bacteria to antibacterial agents. *Journal of Endodontology*, 2013 39(4):473–7.
69. El Wassefy NA et al., Assessment of anodized titanium implants bioactivity. *Clinical Oral Implants Research*. 2014.

70. Poggio PM, Incorvati C, Velo S, Carano A., "Safe zones": a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. *Angle Orthod.* 2006 Mar;76(2):191-7.
71. Deguchi T, Kurosaka H, Oikawa H, Kuroda S, Takahashi I, Yamashiro T, Takano-Yamamoto T. Comparison of orthodontic treatment outcomes in adults with skeletal open bite between conventional edgewise treatment and implant-anchored orthodontics. *American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics.* 2011 Apr;139(4 Suppl):S60-8.
72. El-Beialy, A. R., A. M. Abou-El-Ezz, K. H. Attia, A. M. El-Bialy, and Y. A. Mostafa, Loss of anchorage of miniscrews: a 3-dimensional assessment, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 136, no. 5: Elsevier, pp. 700–707, 2009.
73. Baumgaertel S, Hans M G –, Buccal cortical bone thickness for mini-implant placement,, *American Journal of Orthodontic Dentofacial Orthopedics*, 2009; 137 :231-235
74. Everts M, Kim-Park SA, Preuss MA, Passineau MJ, Glasgow JN, Pereboev AV, Mahasreshti PJ, Grizzle WE, Reynolds PN, Curiel DT. Selective induction of tumor-associated antigens in murine pulmonary vasculature using double-targeted adenoviral vectors. *General Ther.* 2005 Jul;12(13):1042-8.
75. Moy P.K., Aghaloo T., Risk factors in bone augmentation procedures, *Periodontol* 2000, 2019 Oct;81(1):76-90.
76. Diku N, Păcurar M, Ștef L, Eșian D, Ghergic DL, Evaluation of stability of orthodontic mini-implants in connection with bone parameters. *Romanian Journal of Stomatology-Volume 68, No.4 , 2022.*
77. Nienkemper M., Wilmes B., Lübberink G., Ludwig B., Drescher D., Extrusion of Impacted Teeth Using Mini-Implant Mechanics, *Journal of Clinical Orthodontics* 2012 pg 152
78. Magkavali-Trikka P., Emmanouilidis G., Papadopouloscorresponding M.A., Mandibular molar uprighting using orthodontic miniscrew implants: a systematic review, *Prog Orthod.* 2018; 19: 1.
79. Ludwig, Björn, *Mini-Implantate in der Kieferorthopädie*, Innovative Verankerungskonzepte, Quintessenz Verlags-GmbH Medizin/Zahnheilkunde, 19.04.2007, ISBN/EAN: 9783938947470
80. <https://www.americanortho.com/products/mini-implant-tads/the-aarhus-system/>

81. Duraisamy R., Ganapathy D.M., Rajeshkumar S., Ashok V., Mini-Implants in Dentistry - A Review, , Journal of Long Term Efficient Medical Implants 2022;32(3):29-37.
82. Mecnas P., Espinosa D.G., Coutinho Cardoso P., Normando D., Stainless steel or titanium mini-implants?, Angle Orthodontics, 2020 Jul 1;90(4):587-597.
83. Fawzi Chawshli O., Sabah Hasan H., Andraws Yalda F., Al-Talabani S.Z., The success rate of mini-screws for incisors intrusion and patient age, gender, and insertion angle in the maxilla using CBCT and implant-guided surgery. A split-mouth, randomized control trial, Orthodontic Craniofacial Research, 2023 Jul 27
84. Upendran A., Gupta N., Salisbury H.G., Dental Mini-Implants, StatPearls Publishing; 2023 Jan.2023 Aug 8, Bookshelf ID: NBK513266
85. Jedliński M., Janiszewska-Olszowska J., Mazur M., Grocholewicz K., Suárez Suquía P., Suárez Quintanilla D., How Does Orthodontic Mini-Implant Thread Minidesign Influence the Stability?-Systematic Review with Meta-Analysis, Journal of Clinical Medicine, 2022 Sep 9;11(18):5304.
86. Alshenaiber R., Silikas N., Barclay C., Does the Length of Mini Dental Implants Affect Their Resistance to Failure by Overloading?, Dental Journal Basel, 2022 Jul 1;10(7):117.
87. Sreenivasagan S., Kumar Subramanian A., Rengalakshmi S., Prevalence and Cause of Mini-Implant Failure Encountered by Orthodontic Residents, Journal of Long Term Effects of Medical Implants, 2021;31(4):1-4.
88. Am Vieira C., Pires F., Hattori W.T., de Araújo C.A., Garcia-Junior M.A., Zanetta-Barbosa D., Structural resistance of orthodontic mini-screws inserted for extra-alveolar anchorage, Acta Odontol Latinoam, . 2021 Apr 1;34(1):27-34.
89. Ravi J., Duraisamy S., Rajaram K., Kannan R., Arumugam E., Survival rate and stability of surface-treated and non-surface-treated orthodontic mini-implants: a randomized clinical trial, Dental Press Journal of Orthodontics, 2023 Jun 5;28(2):e2321345.
90. Flanagan D., Rationale for Mini Dental Implant Treatment, Journal of Oral Implantologie, 2021 Oct 1;47(5):437-444
91. Marques de Mattos P., Magno Gonçalves F., Bittencourt Basso I., Simone Zeigelboim B., Furtado Niwa M., Stechman-Neto J., Sampaio Santos R., Miranda de Araujo C., Guariza-Filho O., Risk factors associated with the stability of mini-

implants and mini-plates: systematic review and meta-analysis, *Clinical Oral Investigation* 2022 Jan;26(1):65-82

92. Johns G., Orthodontics mini implants – A brief review, *International Dental Journal of Student's Research* 2021;9(4):176–180