



Linards Grieznis

**Taktilais jutīgums slogojot  
dabīgos zobus un  
osseointegrētus implantātus**

Promocijas darbs  
Specialitāte – zobu protezēšana

Rīga, 2011

469360

**RĪGAS STRADIŅA UNIVERSITĀTE**

**LINARDS GRIEZNIS**

**Promocijas darbs**

**Taktilais jutīgums slogojot dabīgos zobus  
un osseointegrētus implantātus**

**(specialitāte – zobu protezēšana)**

**Darba zinātniskais vadītājs:  
Habilitēts medicīnas doktors, profesors Pēteris Apse**

**Darba zinātniskais konsultants:  
Medicīnas doktors, docents Leons Blumfelds**



**Darbs veikts ar Eiropas struktūrfondu nacionālās  
programmas „Atbalsts doktorantūras un  
pēcdoktorantūras pētījumiem medicīnas zinātnēs”  
atbalstu**

**Rīga, 2011**

022 100 7690

## Satura rādītājs

<b>1. Ievads</b> .....	5
1.1. Tēmas aktualitāte.....	5
1.2. Darba novitāte.....	8
<b>2. Promocijas darba mērķis un uzdevumi</b> .....	9
<b>3. Literatūras apskats</b> .....	10
3.1. Anatomija.....	10
3.2. Neurofizioloģija.....	11
3.3. Dabīgā zoba periodonts un taktilā funkcija.....	13
3.4. Zoba ekstrakcijas ietekme uz taktilo sajūtu.....	16
3.5. Osseointegrētu implantātu ietekme uz taktilo sajūtu.....	18
3.6. Zoba ekstrakcijas un implantācijas ietekme uz smadzeņu atbildes reakciju.....	24
3.7. Sensoro un motoro reakciju salīdzinājums dažādās klīniskās situācijās.....	28
3.8. Taktilā jutīguma noteikšana.....	30
<b>4. Materiāli un metodes</b> .....	42
<b>5. Rezultāti</b> .....	47
5.1. Pasīvais absolūtais taktilais sliekšnis dabīgiem zobiem un osseointegrētiem implantātiem.....	47
5.2. Vecuma ietekme uz zobu un implantātu taktilo jutīgumu.....	49
5.3. Dzimuma ietekme uz zobu un implantātu taktilo jutīgumu.....	49
5.4. Lokalizācijas ietekme uz zobu un implantātu taktilo jutīgumu.....	51

5.5. Diferenciālā taktilā jutība dabīgiem zobiem un osseointegrētiem implantātiem.....	53
<b>6. Diskusija.....</b>	<b>58</b>
6.1. Pētījuma metodikas izvērtējums.....	58
6.2. Taktilo jutīgumu raksturojošo parametru analīze.....	60
<b>7. Secinājumi.....</b>	<b>72</b>
<b>8. Rezumējums.....</b>	<b>73</b>
<b>9. Publikācijas.....</b>	<b>74</b>
<b>10. Promocijas darba rezultātu prezentācijas.....</b>	<b>76</b>
<b>11. Literatūras saraksts.....</b>	<b>77</b>
<b>12. Pielikumi.....</b>	<b>95</b>
<b>13. Pateicības.....</b>	<b>99</b>

## Darbā izmantotie saīsinājumi

<b>CNS</b>	centrālā nervu sistēma
<b>N</b>	ņūtoni
<b>n.</b>	nervs
<b>m.</b>	muskulis
<b>ATS</b>	absolūtais taktilais sliekšnis
<b>DTS</b>	diferenciālais taktilais sliekšnis
<b>PATS</b>	pasīvais absolūtais taktilais sliekšnis
<b>TML</b>	temporomandibulārā locītava
<b>TMD</b>	temporomandibulārās locītavas disfunkcija
<b>z</b>	zobs
<b>prot</b>	protēze
<b>im</b>	implantāts
<b>impp</b>	implantātu pārklājprotēze
<b>tp</b>	totāla izņemama protēze
<b>vit</b>	vitāls zobs
<b>devit</b>	devitāls zobs
<b>SD</b>	standarta novirze
<b>FDI</b>	Pasaules Zobārstu Federācija
<b>PVO</b>	Pasaules Veselības Organizācija

# Ievads

## 1.1. Tēmas aktualitāte

Zobi ir gremošanas sistēmas sastāvdaļa, to galvenā funkcija ir barības sasmalcināšana. Totālas adentijas gadījumā ir stipri ietekmēts ne tikai barības sasmalcināšanas process, kas atstāj iespaidu uz visu kuņģa – zarnu trakta darbību, bet arī izmaiņas veidojas zobus balstošajā kaulā. Pasaules Veselības Organizācija (PVO) noteikusi, ka cilvēkam visu zobu zaudēšana ir pielīdzināma kādas ķermeņa daļas zaudēšanai. Pēc zobu zaudēšanas alveolārajā kaulā veidojas progresējoša rezorbcija un remodelēšanās, lūpas zaudē balstu, kas noved pie sejas formas izmaiņām. Zobus aizvietojošo izņemamo protēžu izgatavošana ( gan totālu, gan parciālu ) pilnībā nespēj restaurēt un nodrošināt funkciju, estētiku un sociālo komfortu. Pilnīgs zobu zaudējums ietekmē dzīves kvalitāti [1].

Lai zaudētos zobus aizvietotu un mutē izgatavotajām protētiskajām konstrukcijām nodrošinātu stabilitāti, balstu un retensiju, liels pavērsiens zobārstniecības attīstībā bija osseointegrētu implantātu ieviešana klīniskajā praksē (1. un 2. attēls).



1.attēls. Zoba implantāts

1965. gadā profesors Per-Ingvar Brånemark pirmo reizi klīniskajā līmenī izmantoja osseointegrācijas tehniku – pacientam ar totālu adentiju apakšžoklī tika ievietoti vairāki titāna implantāti, uz kuriem pēc dzīšanas perioda tika izgatavota fiksēta protētiska konstrukcija. Implantātu izmantošana orālajā rehabilitācijā strauji pieaug. Jau pagājušā gadsimta septiņdesmitajos gados *Haraldson un līdzstādnieki* pētīja uz implantātiem balstītu konstrukciju funkcionālos aspektus – tādus kā košanas spēks, žokļu kustības u.c. [2,3].

Zobu implantāti ir atzīts un izplatīts trūkstošo zobu aizstāšanas veids. Implantātus var izmantot gan atsevišķu zaudētu zobu aizstāšanai, gan arī pilna zobu trūkuma gadījumā. Lai iegūtu ilglaicīgus pozitīvus rezultātus, nepieciešams, lai implantātu balstītās protētiskās konstrukcijas būtu harmonijā ar stomatognātisko sistēmu [4]. Vairāki ar implantātiem saistīti aspekti vēl joprojām ir neskaidri. Viens no šādiem ar zobu implantāciju saistītiem jautājumiem ir implantātu efektivitāte un iespaids uz košļāšanas sistēmas funkciju dažādās klīniskās situācijās .



2.attēls. Dabīgs zobs un osseointegrēts implantāts *in vivo*

Saņemot informāciju no receptoriem orofaciālajā rajonā, galvas smadzenes kontrolē orālās motorās funkcijas – košanu, košļāšanu, runu u.c. [5]. Dabīgā zoba sakni apņemošās periodonta saites sastāv no kolagēna šķiedrām un mikrovaskulārās sistēmas. Periodonta saites pārnēs okluzālos (sakodiena radītos) spēkus uz augšžokļa un

apakšžokļa kaulu, darbojoties kā mehāniska bufersistēma [4]. Periodonta receptori ir propioceptīvās sistēmas sastāvdaļa. Periodonta receptori uztver okluzālās slodzes spēku, virzienu un ātrumu. Periodonta receptoriem ir nozīmīga loma sensorajā izšķirtspējā un žokļu kustību funkcijas kontrolē [6]. Pēc zoba ekstrakcijas periodonta saites un receptori izzūd [7], kas ietekmē sensoro uztveri. Zoba ekstrakcijas gadījumā pazūd būtisks informācijas uztveres avots, kas varētu ietekmēt atbildes reakciju uz kairinātāju.

Dabīgos zobus aizstājošie implantāti kaulā stiprinās bez šo periodonta saišu palīdzības. Šajā situācijā periodonta receptori vairs nesniedz informāciju CNS par slogojumu, kas ietekmē orālās motorās funkcijas regulāciju [5]. Dēļ periodonta kompleksa trūkuma implantāti biomehāniski atšķirīgi no dabīgiem zobiem uztver okluzālos spēkus. Implantātu balstītu konstrukciju gadījumā sastopamas dažādas komplikācijas – implantātu lūzumi, savienotājdaļu (abatmentu) lūzumi, savienotājdaļu skrūvju atskrūvēšanās un lūzumi, porcelāna plaisāšana un lūzumi u.c. (3.attēls). Pilnīgāka osseointegrētu implantātu biomehānikas un fizioloģijas izpratne ļautu veiksmīgāk novērst ķirurģiskās un protētiskās neveiksmes.



**3.attēls.** Parādīti 2 salauzti implantāti, uz kuriem balstījās neizņemama parciāla protēze. Metālkeramikas tiltā redzama porcelāna plaisa



Implantātu osseointegrācija ir plaši pētīta histoloģiski, biomehāniski un mikrobioloģiski, taču fizioloģiskajai implantātu integrācijai pievērsts mazāk uzmanības [7]. Nav precīzi izpētīts, kā žokļu kustības veicošie neurofizioloģiskie mehānismi ir saistīti ar sensorajām struktūrām ap zobu implantātiem.

## **1.2. Darba novitāte**

Latvijā implantātu popularitāte un izmantošana pieaugusi pēdējos 10 - 15 gados. Zobārsti, strādājot ar dažādām implantātu sistēmām, pārsvarā izmanto rietumvalstu pieredzi. Ne tikai Rietumeiropas valstīs, bet arī Latvijā plaši tiek apspriesti implantātu estētiskie un bioloģiskie aspekti. Šajā darbā analizētais zobu implantātu fizioloģiskās integritātes jautājums palīdzēs ārstiem precīzāk izprast mutes sensorās uztveres mehānismus dažādās klīniskās situācijās. Šī izpratne varētu sekmēt optimālāku pacienta ārstēšanas plāna veidošanu, kas nodrošinātu protētiskās restaurācijas ilglaicīgu kalpošanu mutes dobumā.

## 2. Promocijas darba mērķis un uzdevumi

Darba mērķis ir dabīgo zobu un osseointegrētu implantātu taktilā jutīguma salīdzinoša izpēte.

Darba uzdevumi:

1. Noteikt vienmērīgi augošas intensitātes aksiālā spiediena absolūto sliekšni zobiem un implantātiem augšžoklī un apakšžoklī.
2. Noteikt vienmērīgi augošas intensitātes aksiālā spiediena diferenciālo sliekšni zobiem un implantātiem augšžoklī un apakšžoklī.
3. Salīdzināt dažādas lokalizācijas zobu un implantātu taktilās jutības parametru kvantitatīvās vērtības.
4. Novērtēt izmeklējamu personu vecuma un dzimuma ietekmi uz zobu un implantātu taktilo jutību.

### 3. Literatūras apskats

Literatūras meklēšana veikta "Scencedirect" datu bāzē. Kā atslēgas vārdi lietoti *taktilais jutīgums (tactile sensibility, sensitivity)*, *osseopercepcija (osseoperception)*, *propriocepcija (proprioception)*, *zobi (teeth)*, *implantāti (implants)*. Literatūra meklēta laika posmā no 1971. gada līdz 2010. gadam. Pavisam šajā laika periodā par šo tēmu atrodamas vairāk kā 400 publikācijas. Literatūras apskatā iekļauti klīniskie pētījumi un uz klīniskiem pētījumiem balstītas publikācijas. No apskata izslēgti klīnisko situāciju apraksti. Apskatīta angļu valodā pieejamā literatūra, 7 literatūras avoti vācu valodā, kā arī 4 literatūras avoti latviešu valodā.

#### 3.1. Anatomija

Informāciju par mutes dobumā notiekošajiem procesiem košanas un košļāšanas laikā uztver vairākas anatomiskas struktūras. Zobu un žokļu mehāniskā noslogojuma sensoro uztveri un tālāko informācijas vadīšanu uz galvas smadzenēm galvenokārt veic trijzaru nervs (*n. trigeminus* – 5. nervs). Šis nervs piedalās košanas un košļāšanas procesā un kontrolē. *N. trigeminus* ir jaukts nervs, kas sākas ar 4 kodoliem (1 motoro un 3 jušanas) *fossa rhomboidea* apvidū. *Impressio trigeminale* atrodas trijzaru nerva mezgls – *ganglion trigeminale*, no kura atiet 3 zari :

1. Acs nervs (*n. ophthalmicus*) - sensibls; inervē pieres ādu, augšējo plakstiņu, konjunktīvu, deguna sakni u.c.

2. Augšžokļa nervs (*n. maxillaris*) – sensibls; inervē augšžokļa zobus un smaganas, *sinus maxillaris*, aukslēju, deguna gļotādu, kā arī sejas vidējo stāvu no acs atveres līdz mutes atverei u.c.

3. Apakšžokļa nervs (*n. mandibularis*) - jaukts, jo pie tā pievienojas *radix motoria*; inervē TML, ārējās auss ejas ādu, bungādiņu un deniņu ādu, zoda un apakšlūpas ādu un gļotādu, apakšžokļa zobus un smaganas, vaiga gļotādu un ādu sejas apakšējā zonā, mēles gļotādu, mutes dobuma apakšējo sienu, košanas muskuļus u.c.

Sensorajā uztveres mehānismā piedalās arī citi kraniālie nervi :

- sejas nervs (*n. facialis* – VII nervs);
- mēles – rīkles nervs (*n. glossopharyngeus* – IX nervs);
- klejotājnervs (*n. vagus* – X nervs).

Sensorā informācija no receptoriem pa V, VII, IX, X kraniālo nervu šķiedrām nonāk sensorajā kodolā (*nucleus trigeminus*), tālāk signāls tiek pārvadīts uz *thalamus*, no kura atiet vadītājceļi uz smadzeņu garozu. Somatosensoro garozu iedala divās zonās – primārajā un sekundārajā. Primārā somatosensorā zona nodrošina augsti diferencētas sajūtas, tā saņem impulsus no kontrlaterālās puses. Sekundāro somatosensoro zonu aktivē spinothalāmiskie ceļi, šī zona saņem impulsus no tās pašas un kontrlaterālās puses. Somatiskā aferentā impulsācija smadzeņu garozā nodrošina pastāvīgu iedarbību uz eferento impulsāciju. Smadzeņu garozā informācija pienāk pa daudziem aferentajiem ceļiem, bet motoro eferentāciju nodrošina salīdzinoši mazāks šķiedru skaits (dažādas modalitātes receptoru kopskaits mutes dobuma audos ir vairākkārt lielāks par košanas muskuļu motoro vienību skaitu) [8].

### 3.2. Neurofizioloģija

Sensorā sistēma ir nervu elementu sakopojums, kurš nodrošina kairinātāja uztveršanu, iegūtās informācijas analīzi un sajūtas veidošanos. Sensorai sistēmai izšķir perifēro daļu – receptors, vadītājdaļu un centrālo daļu galvas smadzenēs. Receptorā daļa veic vairākas funkcijas – uztver kairinātāju, pārveido to specifisku bioloģisku signālu veidā, veic informācijas sākotnējo apstrādi un pārraida informāciju tālāk uz vadītājdaļu [9]. Uzbudinājuma pārvadīšanai no dažādiem receptoriem ir raksturīgs specifiskums, taktilās aferentās šķiedrās impulsi izplatās ar ātrumu 30 – 80 m/s. Vadītājdaļu veido vadītājceļi, kas ir secīgi saslēgti aferentie neironi, kuru kolaterāles dažādos CNS līmeņos ar starpneironu palīdzību pārslēdzas uz eferentajiem neironiem, kas spēj izraisīt dažādas reflektorās reakcijas. Sensorās sistēmas centrālās daļas augstāko līmeni veido garozas jušanas lauki, kur notiek saņemtās informācijas precīza un apkopojoša analīze un atbildes reakcijas veidošana [8].

Cilvēka ādā atrodas dažādas receptoru grupas: sāpju receptori (nociceptori), temperatūras receptori (termoreceptori), ķīmiskie receptori (hemoreceptori), kustību sensorie receptori (proprioceptori) un taktilie (pieskāriena, spiediena un vibrācijas) mehanoreceptori [10]. Proprioceptīvā jeb kustību sensorā sistēma sniedz smadzenēm informāciju par situāciju katrā konkrētā balsta un kustību struktūrā. Šīs sistēmas receptori – proprioceptori, atrodas muskuļos, cīpslās, saitēs, fascijās un periostā [9]. Mehanoreceptori ir jušanas šķiedru nervgaļi un viņus aptverošas specifiskas

palīgstruktūras. Tie ir specializēti sajūtas orgāni, kas uztver mehānisku deformāciju audos, kuros tie atrodas. Orofaciālajā rajonā atrodas dažādas mehanoreceptoru grupas :

- Meisnera ķermenīši ( I tipa ātras adaptācijas);
- Merķeļa šūnas ( I tipa lēnas adaptācijas);
- Ruffini ķermenīši ( II tipa lēnas adaptācijas);
- Pačīni ķermenīši ( II tipa ātras adaptācijas).

I tipa receptoriem ir mazs un konkrēts receptīvais lauks, savukārt II tipa receptoriem ir lielāks, bez konkrētām robežām receptīvais lauks. Ātras adaptācijas (dinamiskie) receptori atspoguļo kairinātāja kustību, to uzbudinājums ir atkarīgs no deformējošās iedarbības ātruma un rodas tikai tad, kad iedarbība ir sasniegusi kādu kritisko līmeni, pēc tam uzbudinājums šajos receptoros nerodas. Ātras adaptācijas receptori reaģē momentāli uz izmaiņām ādas deformācijā. Lēnas adaptācijas (statiskie) receptori reaģē gan deformējošās darbības sākumā, gan arī tai iedarbojoties ilgstoši. Kairinātāja iedarbības sākumā receptori dod augstas frekvences impulsāciju, bet, kad kairinātājs ir kļuvis pastāvīgs, receptoru uzbudinājuma frekvence ir neliela, bet ilgstoša. Šie receptori pastāvīgi reaģē uz ādas iestiepumu [8]. Vairākos dzīvnieku pētījumos periodonta mehanoreceptorus dala gan ātras adaptācijas, gan lēnas adaptācijas receptoros [11]. *Trulson* [5] mikroneirogrāiskā pētījumā atklāj, ka cilvēka periodonta receptori ir lēnas adaptācijas.

Galvas smadzenes saņem informāciju no receptoriem orofaciālajā rajonā. Smadzenēs veidojas atgriezeniska atbildes reakcija, kas ietekmē okluzālās slodzes spēku, virzienu un ātrumu. Periodonta mehanoreceptori ir specializēta receptoru grupa, kas reaģē uz zoba slogojumu. Periodonta receptori ir iekļauti košanas un košļāšanas motorajā kustību kontrolē [6, 12]. Ar eferento nervu starpniecību CNS ietekmē muskuļu aktivitāti, receptoru un apkārtējo audu asinsapgādi, receptoru īpašības un struktūru, jušanas nervu šķiedru funkcionālo stāvokli u.c. [9].

Analizējot literatūru, jāsecina, ka cilvēkam sensorās uztveres mehānismi gan perifērā, gan īpaši kortikālā līmenī klīniski nav plaši pētīti, iespējams dēļ invazīvu procedūru nepieciešamības šādā analizē, kā arī ētisku apsvērumu pēc. Ir veikti daudz dzīvnieku pētījumi, kas noteikti palīdz labāk izprast cilvēka sensoro neurofizioloģiju, taču pilnībā neatklāj visas nianšes.

Lai precīzāk un sistematizētāk aprakstītu mutes rajonā darbojošos sensoros mehānismus un to īpatnības dažādās klīniskās situācijās, tiks analizēta gan dabīga zoba situācija, gan ekstrakcijas ietekme, gan arī tālākā implantācijas ietekme.

### 3.3. Dabīgā zoba periodonts un taktilā funkcija

Periodonts ir zobu aptverošo audu vienots komplekss - zoba atbalsta struktūra (4.attēls). Tas ietver periodontālās saites, zoba alveolu, saknes cementu un smaganu saistaudus [13].



4.attēls. Dabīgā zoba un periodontālā kompleksa shematisks attēlojums (attēls no prof. P. Apses arhīva)

Saknes cements ir specifiski mineralizēti audi, kas klāj zoba sakni, arī nedaudz zoba kroni. Cements nesatur ne asinsvadus, ne limfvadus, tam arī nav inervācijas. Tāpat kā citi mineralizētie audi, tas satur kolagēnās šķiedras, kuras ieguldītas mineralizētā organiskā matricē. Cements pilda dažādas funkcijas. Tas piestiprina periodontālās saites saknei un veicina atjaunošanās procesu pēc saknes virsmas bojājuma [14]. Izšķir bezšūnu cementu un šūnu cementu. Bezšūnu cements attīstības gaitā rodas pirmais un tieši nosedz saknes dentīnu, šūnu cements ir sekundārais cements [13].

Alveolārais kauls veido alveolas, kurās ar periodontalo saišu palīdzību stiprinās zobi. Kauls sastāv no ārējās kortikālās daļas (bukālā, lingvālā un palatinālā), centrālās spongiozās daļas un alveolas veidojošā kaula. Alveolu sienās ir daudz atveru, pa kurām

iet asinsvadi un nervi [13]. Kopā ar saknes cementu un periodontālo membrānu alveolārais kauls sadala spēkus, kuri rodas zobu kontakta laikā [14].

Smagana ir mastikatorās gļotādas rajons. Anatomiski tai ir 2 daļas – marginālā un alveolārā. Savienojumu starp smaganu un zobu sauc par dentogingivālo savienojumu. Šis savienojums sastāv no trīs epitēlija tiptiem – gingivālā epitēlija, sulkus epitēlija un savienojuma epitēlija [14]. Gingivālais epitēlijs ir vērsts uz mutes dobuma pusi, tam ir izteikta keratinizācija. Sulkulārais epitēlijs pārklāj smaganu rievu sienu, pārragošanās nenotiek. Savienojuma epitēlijs veicina saistību starp emalju un zoba balstaudiem, tā ir pirmā barjera pret agresoriem. Nosacīti tā ir emaljas-cementa robeža, taču piestiprinājums var mainīties.

Periodontālās saites ir specializēta saistaudu šķiedru grupa, kas saista zobu pie alveolārā kaula. Tās sastāv no šūnu un ekstracelulārās daļas. Šūnu daļu veido osteoblasti, osteoklasti, fibroblasti, monocīti, makrofāgi, cementoblasti, odontoblasti u.c. šūnas, savukārt ekstracelulāro daļu veido kolagēna šķiedras un pamatsubstance, kuras galvenā sastāvdaļa ir ūdens (70%) [15]. Periodontālās saites satur dažādu veidu šķiedras - alveolārās kores šķiedras, horizontālās šķiedras, slīpās šķiedras, apikālās šķiedras, intraradikulārās šķiedras, transseptālās šķiedras. Šīs saites ir 0.15 – 0.38 mm garas [15], labi apasiņotas, sastopami relatīvi šauri asinsvadi [16]. Periodonta saites darbojas kā bufersistēma, pārnesot okluzālo slodzi uz augšžokļa uz apakšžokļa kaulu [4]. Periodontālais komplekss tiek bagātīgi inervēts [17].

Periodonta receptori lokalizējas starp periodonta saišu kolagēna šķiedrām. Mehanoreceptoru funkciju periodontālās saitēs pilda Ruffini ķermenīši (II tipa lēnas adaptācijas), to adaptācijas spējas ir atkarīgas no lokalizācijas šajās saitēs [18, 19, 20]. *Trulsson un līdzstrādnieki* [21] savā neurofizioloģiskajā pētījumā secina, ka cilvēkiem vairums periodontālo mehanoreceptoru ir lēnas adaptācijas ar zemu jušanas sliekšni, kuri uztver informāciju gan par zobam pieliktās slodzes lielumu, gan arī virzienu. Vairums receptoru uztver labiālā un lingvālā virzienā vērstu slodzi.

Cilvēka zobi ir taktili jūtīgi pat nelielu spēku iedarbības gadījumā. Taktilo sajūtu nodrošina ne tikai periodonta receptori, bet arī paša zoba receptori. Lai gan *Linden* [22] savā pētījumā neatklāja statistiski ticamu atšķirību vitālu un devitālu zobu taktilajā jūtīgumā, tomēr vairāki autori uzskata, ka taktilo sajūtu nodrošina gan periodontālie, gan intradentālie mehanoreceptori. *Loewenstein un Rathkamp* [23] ziņoja par palielinātu jušanas sliekšni devitāliem zobiem un vitāliem zobiem ar metāla kroņiem salīdzinājumā ar vitāliem zobiem, secinot, ka par taktilo sajūtu ir atbildīgi gan intradentālie, gan

periodontālie mehanoreceptori. Pats Linden [22], salīdzinot sava pētījuma rezultātus ar līdzīgiem pētījumiem, domā, ka atšķirības radušās dēļ mehanoreceptoru destrukcijas periapikālas infekcijas un zoba kanāla instrumentācijas laikā. Dzīvnieku pētījumi atklāj, ka kaķiem intradentālajām A šķiedrām ir mehanoreceptīvas īpašības, tās reaģē gan uz pieskārieniem emaljai, gan uz ēdiena konsistenci [24, 25], savukārt atsevišķas C šķiedras reaģē gan uz pulpas, gan periodonta kairināšanu [26].

Periodonta mehanoreceptori pirmie uztver slodzi, kas veidojas, kontaktējot augšžokļa un apakšžokļa zobiem [27]. Šie receptori sniedz smadzenēm informāciju par zobu slogojumu [5]. Impulsi pa mehanoreceptoru aferentajām nervu šķiedrām nonāk CNS, kur notiek informācijas analīze un veidojas atbildes reakcija, kas izpaužas košanas muskuļu aktivitātē. Informācija no periodonta receptoriem nepieciešama efektīvai un adaptīvai košanas un košļāšanas procesa norisei. Vairāki pētījumi norāda, ka no periodonta nākošajiem aferentajiem signāliem ir nozīmīga loma žokļu muskuļu kontrolē košanas un košļāšanas laikā [28, 29, 30]. *Van der Glas un līdzstrādnieki* [31] savā eksperimentā atzīmēja, ka cilvēkiem augšžokļa incisiviem palatinālajā virsmā piestiprināta tapiņa ietekmē m. masseter aktivitāti, sakošanas laikā novēroja aktivitātes samazināšanos. *Brinkworth un līdzstrādnieki* [32, 33] atklāja, ka atšķiras atbildes reakcija, aksiālā virzienā stimulējot incisivus un molārus. Pēc incisīvu aktīvas stimulācijas vairumā gadījumu tika novērots m. masseter atslābums, kam sekoja vēlīns sasprindzinājums, turpretī lēnām pieaugoša stimulācija neizraisīja košanas muskuļa sasprindzinājumu. Periodonta saišu anestēzija samazināja gan inhibējošo, gan aktivējošo ietekmi uz m. masseter, kas norāda uz periodonta mehanoreceptoru nozīmi muskuļu aktivitātē. Molāru stimulācijas gadījumā primārā atbildes reakcija bija muskuļu aktivācija, anestēzijai bija maza ietekme uz atbildes reakciju, tāpēc autori secināja, ka pēc pirmā molāra stimulācijas aksiālā virzienā primāri košanas muskuļa reflektora aktivitāti nosaka muskuļu vārpstiņa, nevis periodonta receptori.

Periodonta audu mehanoreceptori reaģē uz zoba slogojuma lielumu un virzienu košanas laikā. *Lavigne un līdzstrādnieki* [34] savā pētījumā secināja, ka košanas muskuļu aktivitāte pieaug, ja starp molāriem antagonistiem košļāšanas laikā ievietots svešķermenis, kas norāda uz receptoru lomu košanas muskuļu aktivitātes veicināšanā. *Inoue un līdzstrādnieki* [35] dzīvnieku pētījumā pēc bilaterālas n. maxillaris un n. alveolaris inferior pārgriešanas atklāja, ka šīs denervācijas ietekmē košanas muskuļu aktivitāte samazinās, kas galvenokārt izskaidrojams ar periodonta jutīguma zudumu. Turpretī *Morimoto un līdzstrādnieki* [36] atklāja, ka trušiem pēc nervu anestēzijas



pilnībā nepazuda taktilā izšķirtspēja, tā ir atkarīga arī no muskuļu vārpstiņām. *Hidaka un līdzstrādnieki* [37] savā pētījumā secināja, ka trušiem košanas spēks ir atkarīgs no košļājamās substances cietības – jo cietāka substance, jo ātrāk pieaug košanas spēks. Košanas muskuļu aktivitātes regulācijā košļāšanas laikā piedalās gan periodonta mehanoreceptori, gan košanas muskuļu vārpstiņas.

*Ottenhoff un līdzstrādnieki* [38, 39, 40] norādīja, ka cilvēkiem laboratorijas apstākļos kontrolētas košļāšanas procedūras laikā, tika konstatēta papildus muskuļu aktivitāte, kura rodas pēc iepriekšējā košļāšanas cikla. Sensorā informācija par kumosa izmēru no iepriekšējā košļāšanas cikla var ietekmēt muskuļu aktivitāti nākamajā ciklā.

*Trulsson un Johansson* [29] pētījumā secināja, ka cilvēkiem priekšzobu periodonta receptoriem ir nozīmīga loma barības kumosa satveršanā un tālākajā tā pozicionēšanā košanas laikā. Spēks, kāds bija cilvēkam nepieciešams, lai starp incisiviem saturētu zemesriekstu, bija līdzīgs spēka lielumam, pie kura periodonta receptori ir visjūtīgākie uz izmaiņām. Incisīvu periodontālo audu anestēzijas iespaidā rieksta satveršanas spēki pieauga.

*Johnsen, Svenson un Trulsson* [41, 42] uzskata, ka spēki, kurus cilvēks lieto barības kumosa satveršanai un tālākai tā sakošļāšanai, zobu lokā pieaug distālā virzienā, tas ir, molāru rajonā šis spēks ir lielāks kā incisivu rajonā. Lai saturētu riekstu, incisivu rajonā cilvēki lietoja 0.60 N lielu spēku, kanīnu rajonā - 0.77 N, otrā premolāra rajonā – 1.15 N, bet pirmā molāra rajonā – 1.74 N. Atšķirības varētu būt izskaidrojamas ar dažādajām priekšzobu un sānu zobu periodonta receptoru sensitīvajām īpašībām.

Pēdējo gadu pētījumi rāda, ka informāciju no mehanoreceptoriem smadzenes primāri izmanto nevis aizsargreakcijai, bet gan kontrolējot nelielus spēkus ēdiena košļāšanas laikā [5, 43].

### 3.4. Zoba ekstrakcijas ietekme uz taktilo sajūtu

Žokļa kaulā ir sastopams bagātīgs neirovaskulārās sistēmas tīkls. Informāciju no periodonta mehanoreceptoriem saņem smadzeņu garoza, kurā veidojas atbildes reakcija uz kairinātāju. Pēc zoba ekstrakcijas šis sensorais uztveres mehānisms ir izjaukts dēļ periodonta receptoru zuduma [17]. Bez stimulācijas nervs deģenerējas, taču vērojama arī nervu sazarošanās, kad inervācija sasniedz attālākus rajonus, piemēram, dzīstošo brūci [44]. Taču taktilo funkciju nodrošina arī citi mehanoreceptori mutes gļotādā - Meisnera ķermenīši, glomerulāri nervgaļi, Merķeļa šūnas, Ruffini ķermenīši

un brīvie nervgaļi [45]. Perifērais sensorās uztveres mehānisms ir ierobežots, jo smaganu mehanoreceptīvā funkcija ir mazāk efektīga salīdzinājumā ar periodonta saišu funkciju, kas iespaido orālo sensoro uztveri [46].

*Linden un Scott* [47] pētījumā ar kaķiem konstatēja, ka ekstrahētu zobu sadzijušās brūcēs izdodas stimulēt periodonta aferentos nervus, kas norāda, ka daži nervgaļi joprojām funkcionē. Tomēr vairums palikušo mehanoreceptīvo neironu, iespējams, zaudējuši savu funkcionalitāti. Šādi pētījumu secinājumi rada diskusiju par iespējamo sensoro nervu šķiedru klātbūtni un funkcionēšanu cilvēka kaulā un implantāta tuvumā.

*Hansen* [48] uzskata, ka pēc ekstrakcijas zobu inervējošie nervu gali deģenerējas, jo alveola aizpildās ar kaulaudiem un nervi netiek stimulēti, tomēr vairākas publikācijas atklāj, ka nervu gali ir atrodamī alveolārajā kaulā arī pēc zoba ekstrakcijas [6, 49] un ap zobu implantātiem veidojas reinervācija [50, 51]. *Heasman* [52] pētījumā konstatēja, ka pēc zobu ekstrakcijas mielinizēto nervu šķiedru daudzums n. alveolaris inferior samazinās par 20 %. No tā var secināt, ka pēc ekstrakcijas nervu šķiedras, kas inervē zobus un periodonta saites, joprojām pastāv [17]. Cilvēka augšžokļa nerva morfometriskā analīze, lai salīdzinātu mielinizēto nervu šķiedru daudzumu un izmēru, atklāja, ka aksonu skaits bezzobu žokļa gadījumā ir par 13000 mazāks kā indivīdiem ar zobiem [53]. Vidējais aksonu izmērs nemainījās, lai gan mainījās to sadalījums – bezzobu žokļa gadījumā novēroja daudz maza izmēra aksonu zudumu un nelielu liela izmēra aksonu zudumu.

Vairāki pētījumi atklāj, ka orālo taktilo funkciju ietekmē dentālais statuss un zobu pozīcija [46, 54, 55, 56]. Zobu taktilo funkciju primāri nosaka periodonta receptori. Kad periodonta receptoru nav vispār vai to skaits ir samazināts (ekstrakcijas, periodontīta, anestēzijas gadījumā), orālā taktilā funkcija pasliktinās [46].

Zoba ekstrakcijas gadījumā tiek bojāts liels daudzums sensoro nervu šķiedru, ko varētu salīdzināt ar amputāciju, kad perifērās nervu struktūras un mērķorgāns tiek izslēgti [57]. *Henry un līdzstrādnieki* [58] atklāja, ka žurkām pēc zoba ekstrakcijas smadzeņu garozas apvidū, kurā agrāk tika novērota aktivitāte pēc zoba kairināšanas, 5 līdz 8 mēnešus vēlāk novērojama aktivitāte pēc citu mutes rajonu stimulācijas. Šis pētījums norāda, ka par zobiem atbildīgais kortikālais apvidus pēc zobu zaudējuma var restrukturizēties. Nerva struktūras pārraušanas gadījumā kortikālā un subkortikālā līmenī veidojas vairākas izmaiņas [59, 60]. Šīs izmaiņas gan ir grūti atklājamās un konstatējamās, tāpēc cilvēkiem iespējamie kortikālie adaptīvie procesi, kas saistās ar



zobu zaudēšanu vai to aizstāšanu ar implantātiem, nav plaši pētīti [6, 7, 61]. Esošie pētījumi tomēr liek secināt, ka zoba ekstrakcijai ir ietekme uz sensorās uztveres mehānismu.

Pēc zoba ekstrakcijas notiek alveolārā kaula atrofija. Kā galvenais iemesls šim procesam tiek minēts zoba mehāniskas stimulācijas trūkums, lai gan kaula veidošanos ietekmē gan hormonāli, gan mehāniski, gan neirofizioloģiski faktori. Pētījumi rāda, ka nervu sistēmai ir nozīmīga loma kaula remodelēšanās procesā [62, 63].

### 3.5. Osseointegrētu implantātu ietekme uz taktilo sajūtu

Veicot psihofizioloģiskus testus, var tikt aktivēti dažādi mutes mehanoreceptori. Tie var būt lokalizēti periodonta saitēs, mutes gļotādā, smaganās, kaulā, periostā un mēlē [11]. Periodonta saitēs ir atrodams liels skaits mehanoreceptoru, no kuriem vairums ir Ruffini ķermenīši [64]. Mehanorecepcijā ir iesaistītas dažādas sensorās struktūras mutes gļotādā- Meisnera ķermenīši, glomerulāri nervgaļi, Merķeļa šūnas, Ruffini ķermenīši un brīvie nervgaļi [45]. Mutes gļotādas mehanoreceptoriem ir zems jušanas sliekšnis [6]. Smaganu receptori reaģē uz mehānisku kairinātāju un ir iesaistīti lūpu un bukālo muskuļu koordinācijā košanas un košļāšanas laikā [64]. Sejas rajona ādas mehanoreceptori reaģē uz ādas iestiepumu un sejas muskuļu kontrakcijām, darbojoties kā proprioceptori sejas kinētiskajā un motorajā kontrolē [65]. Literatūrā atrodams, ka ir maz informācijas par sejas ādas iestiepumu apakšžokļa kustību laikā un receptoru reakciju, tomēr ādas mehanoreceptori ir jutīgi uz locītavas kustībām, kam ir nozīme percepcijā [66]. Periostā ir brīvie nervgaļi, tie reaģē uz periosta iestiepumu, kas veidojas košanas muskuļu aktivitātes laikā [67]. Temporomandibulārajā locītavā ir mehanoreceptori ar zemu jušanas sliekšni [68]. *Broekhuijsen un Van Willingen* [69] uzskata, ka temporomandibulārās locītavas receptoriem ir neliela loma taktilajā funkcijā, tomēr atsevišķi pētījumi rāda, ka TML receptori detalizēti uztver informāciju par žokļa pozīciju un kustībām [6].

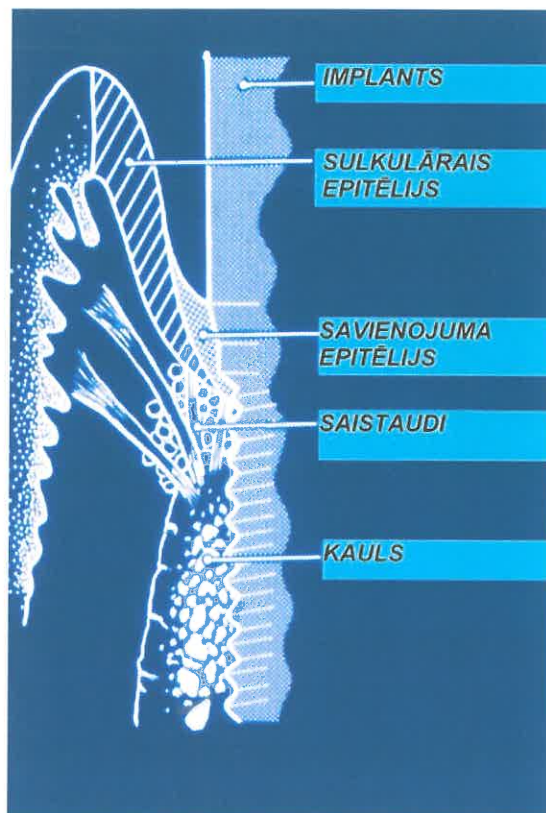
Muskuļos galvenās ir 2 mehanoreceptoru grupas – muskuļu vārpstiņas un Goldži ķermenīši. Muskuļaudu receptoru jeb muskuļu vārpstiņu veido 2-10 muskuļu šķiedras, kuras centrs ietverts saistaudu kapsulā. Stiepjot vārpstiņu, veidojas ritmiski darbības potenciāli, kas nokļūst muguras smadzenēs. Vārpstiņa tiek stiepta arī tad, kad muskulis atslābst, bet sevišķi stipri – kad muskulis tiek iestiepts. Vārpstiņas perifērijā pienāk nervu šķiedras, kas vada uzbudinājumu no muguras smadzenēm. Šo impulsu ietekmē muskuļu šķiedras saraujas un kļūst jutīgākas pret iestiepumu. Tā CNS regulē šī receptora

jutību. Goldži ķermenīši tiek kairināti muskuļu kontrakcijas laikā. Abu šo grupu receptori sniedz informāciju par skeleta muskuļu stāvokli un par kustību sistēmu kopumā. Kustību sistēma pati vada kustību aktivitāti gan caur ekstrapiramidālo, gan piramidālo sistēmu [9]. Tomēr periodonta receptori ir jutīgāki uz žokļa pozīciju un kustībām par muskuļu mehanoreceptoriem [6]. Muskuļu receptori ir nozīmīgi okluzālajā izšķirtspējā, atverot muti 5 un vairāk mm [69].

Ir pētīta ne tikai sensorās uztveres perifērā daļa, bet arī notiekošie procesi CNS. Ir pierādījumi, ka CNS ir vairākas zonas, kurās nonāk informācija no somatosensorajām struktūrām mutes un sejas rajonā. Šī informācija tiek izmantota reflektorajās atbildes reakcijās [70], košļāšanas un rīšanas koordinācijā [71], taktīlajā percepcijā un orālajā stereognozē [54]. Neskatoties uz periodonta receptoru trūkumu zoba ekstrakcijas un implantācijas gadījumā, smadzenēs nonāk pietiekoši plaša mutes somatosensorā informācija, kas tālāk tiek izmantota motorajā kontrolē [6].

Svarīgi ir saprast, kā zoba ekstrakcija, dzīšanas process un tālākā trūkstošā zoba aizvietošana ar osseointegrētu implantātu ietekmē sensoro reakciju. Pēc zoba ekstrakcijas periodonta saites un receptori izzūd, kas ietekmē sensoro reakciju un motoro kontroli [5, 27]. Ievietojot kaulā implantātu (5.attēls), starp kaulu un implantāta virsmu veidojas tiešs kontakts – implantāta ankiloze [27]. Dabīgos zobus aizstājot ar implantātiem, sensori- motorā funkcija ir izmainīta [43]. Taču autori piesardzīgi raksturo, kādas un cik lielas ir šīs izmaiņas. *Bonte un līdzstrādnieki* [72] pētījumā ar kaķiem atklāj, ka implantātu stimulācija augšžokļa trešo zobu rajonā neizraisa reakciju infraorbitālajā nervā. Tomēr vairāki dzīvnieku pētījumi rāda, ka, stimulējot implantātus, atbilstošo reģionu inervējošajā nervā veidojas sensorā reakcija [73, 74]. *Van Loven un līdzstrādnieki* [75] pētījumā secināja, ka cilvēkiem pēc implantātu elektriskas stimulācijas novēro trigeminālu reakciju uz kairinātāju, turklāt šī reakcija saglabājas arī pēc savienotājdaļai apkārt esošo mīksto audu virsmas anestēzijas. Dēļ precīzās lokālās stimulācijas tika izslēgta distālāk esošo receptoru aktivācija, savukārt virsmas anestēzija izslēdza smaganu receptoru aktivāciju, tāpēc var secināt, ka kaula – implantāta virsmā ar lielu varbūtību ir atrodami brīvie nervgaļi. Vairāki autori uzskata, ka implantātam tuvumā ir atrodami nervu gali, kas atbild par sensoro reakciju [76, 77]. *Weiner un līdzstrādnieki* [49] ar imunohistoķīmiskās krāsošanas metodi identificēja aksonus 250 mikrometru attālumā no implantāta virsmas. *Wang un līdzstrādnieki* [50] 3 mēnešus pēc implantāta ievietošanas atklāja nervu šķiedras blakus implantātam. *Wada un līdzstrādnieki* [78] pētījumā ar suņiem izmantoja histomorfometrisko analīzi un

konstatēja, ka ap slogotiem implantātiem nervu šķiedru blīvums bija 2 reizes lielāks salīdzinājumā ar neslogotiem implantātiem. Tomēr nav precīza informācija, vai šīs nervu šķiedras piedalās propriocepcijā.



**5.attēls.** Osseointegrēta zobu implantāta un apkārtējo audu shematisks attēlojums (attēls no prof. P. Apses arhīva)

Implantātu osseointegrācija ir plaši pētīta histoloģiski, biomehāniski un mikrobioloģiski, taču fizioloģiskajai implantātu integrācijai pievērsts mazāk uzmanības [7]. Pēc zoba ekstrakcijas daļa perifēriālā uztveres mehānisma ir zudusi, taču vēl joprojām funkcionē pilnīgas adentijas gadījumā. Šī funkcija uzlabojas, protezēšanā iekļaujot osseointegrētus implantātus [17]. *El Sheikh un līdzstrādnieki* [79] pētījumā atklāja, ka pacientiem 3 mēnešus pēc implantācijas uzlabojas taktilā funkcija salīdzinot ar sākuma periodu. Vairāki pacienti atzīmē implantātu sajūtu, ko hipotētiski varētu izskaidrot ar daļējas sensorās uztveres veidošanos smadzeņu garozā [17]. *Abarca un līdzstrādnieki* uzskata, ka, protētiskajai konstrukcijai saistoties ar kaulu pēc osseointegrācijas principa, sensorā atbilde realizējas daļēji [7]. Iespējams, ka sensoro reakciju nodrošina implantātiem tuvumā esošo receptoru aktivācija.

Lai raksturotu sensoro reakciju pacientiem ar osseointegrētiem implantātiem, izmanto terminu implantātu osseopercepcija. Tā ir implantātu noslogojuma mehāniskā jūtība. Implantātu osseopercepcija jāuzlūko kā muskuļos, saitēs, ādā, gļotādā un periostā esošo mehanoreceptoru kairinājums pēc iedarbības uz kaulā stiprinātu protētisko konstrukciju, un tālākā informācijas plūsma uz smadzenēm, lai nodrošinātu sensori – motoro funkciju [80].

*Schulte* [81] uzskata, ka periodonta mehanoreceptori galvenokārt ir aktīvi pirmajā zoba mobilitātes fāzē. Viegla pieskāriena gadījumā tiek deformēti receptori zoba periodonta kompleksā, savukārt ankilotiskajam implantātam šāds mehānisms nedarbojas. *Mühlbradt un līdzstrādnieki* [82, 83] secināja, ka lielāka slogojuma gadījumā, kad spēka lielums sasniedz zoba sekundārās mobilitātes līmeni, implantāta un dabīgā zoba taktīlais jutīgums būtiski neatšķiras.

Darbojoties okluzālajiem spēkiem, periodonta mehanoreceptori signalizē par slodzes stiprumu CNS, tā pasargājot radikulāro dentīnu, cementu, alveolāro kaulu un periodonta saites no traumatizācijas košanas un košļāšanas laikā. Ar implantātiem šis mehānisms ir izjaukts, tomēr arī implantātu gadījumā sensoro reakciju var novērot. *Stanford* [84] uzskata, ka okluzālās slodzes laikā notiek periosta deformācija, kuru uztver periostā esošie mehanoreceptīvie Goldži ķermenīši (to vibrācijas jutīgums ir amplitūdā no 100 līdz 300 Hz). Slogojuma laikā notiek zināma kaula deformācija. Kauls ir viskoelastisks materiāls, to veidojošās šūnas – osteoblasti un osteocīti reaģē uz šķidrums kustību kaula iekšienē, kas veidojas pēc mehāniskas iedarbības. Osteocītiem ir loma sensorajā uztverē. Jāatzīmē gan, ka šāds sensorās uztveres mehānisms visdrīzāk varētu darboties liela okluzālā slogojuma gadījumā. Kad osseointegrēti implantāti tiek slogoti, varētu pieņemt, ka spiediens izveidojas tik liels, lai varētu deformēt kaulu un tuvumā esošo periostu, taču kaula inervācijas nozīme mehanorecepcijā ir diskutabla [85]. Iespējams, ka daļēji sensoro uztveri nodrošina implantātam blakus esoša zoba periodonta receptori, taču literatūrā arī ir atrodams viedoklis, ka implantāta tuvumā esošie periodonta receptori neietekmē osseopercepciju [6]. Analizējot literatūru par osseopercepciju, autori ir līdzīgās domās, ka sensoro sajūtu implantātu gadījumā nodrošina receptori muskuļos, saitēs, ādā, gļotādā un periostā, taču domas dalās, vai pašā kaulā ir struktūras, kas nodrošina mehanorecepciju. Implantāts ar kaulu saistās pēc osseointegrācijas principa, veidojas vienota struktūra. Okluzālo spēku iedarbības gadījumā stress tiek pārnests uz implantātu ietverošo kaulu. Diskutabls ir jautājums, vai slodzes radītās deformācijas ir pietiekošas, lai veidotos sensorā uztvere.

Latvijā ir veikti pētījumi par kaula jutīgumu un piedalīšanos sensorajā uztverē. Latvijas Eksperimentālās un klīniskās medicīnas institūta (LEKMI) zinātnieki ir pētījuši kaulu sensoro sistēmu. Viņi uzskata, ka kaulos esošo receptoru kairinājuma rezultātā radies uzbudinājums pa aferentajiem vadīšanas ceļiem nokļūst muguras smadzeņu un galvas smadzeņu garozas kaulu receptijas pārstāvniecības zonās, kuras atrodas blakus vai pat daļēji pārklājas ar citu somatosensoro sistēmu ( ādas, proprioceptīvo) pārstāvniecības zonām. Pētījumi liecina, ka kaulos esošie nervgaļi (receptori) ir cieši morfoloģiski un funkcionāli saistīti ar muguras un galvas smadzenēm, to kairināšana ietekmē elpošanu, asinsriti, muskuļus, ādu, kaulus un citas orgānu sistēmas [86]. Kaula sensoro mehānismu izpētē piedalījušies *G. Jankovskis, G. Praulīte, A. Mertens, I. Beldava, O. Ozoliņš, B. Līviņa, K. Strēlis, M. Vītola, T. Kancāns, A. Lazda, V. Logins, I. Taivāns, V. Orlovs, I. Blumberga*.

Lai precīzāk saprastu implantātu osseopercepcijas mehānismus, būtu nepieciešams veikt pēc iespējas lokalizētākus – konkrētu mehanoreceptoru grupu pētījumus. Ņemot vērā, ka mutes mehanorecepcijā ir iekļautas dažādas receptoru grupas, šādi lokalizēti pētījumi ļautu izvairīties no visu sensoro mutes struktūru ietekmes.

*Klineberg, Calford, Dreher, Henry, Macefield, Miles, Rowe, Sessle un Trulsson* [80] publicējuši saskaņotu viedokli par implantātu osseopercepciju :

1. Osseopercepcija ir mehanosensibilitāte, kas veidojas no kaulā integrēta implantāta. Lai veidotos šī sajūta, nepieciešams taktīls un kinestētisks signāls . Osseopercepcija ļauj atjaunot sensorās uztveres funkciju, kas pasliktinās zobu zaudēšanas gadījumā.
2. Nav precīzu datu, kas liecinātu par kaulā, kaula smadzenēs vai periostā lokalizētu struktūru iesaisti sensorajā uztveres mehānismā.
3. Ir nozīmīgi dati, ka sensorajā uztverē ir iesaistīti mehanoreceptori implantātam tuvumā esošos audos – ādā, muskuļos un locītavā.
4. Orofaciālo aferentu projecēšanās dažādos smadzeņu garozas rajonos ir sensorās sistēmas pielāgošanās spēju un daudzveidības rādītājs.

**1.tabula.** Dabīga zoba un osseointegrēta implantāta salīdzinājums

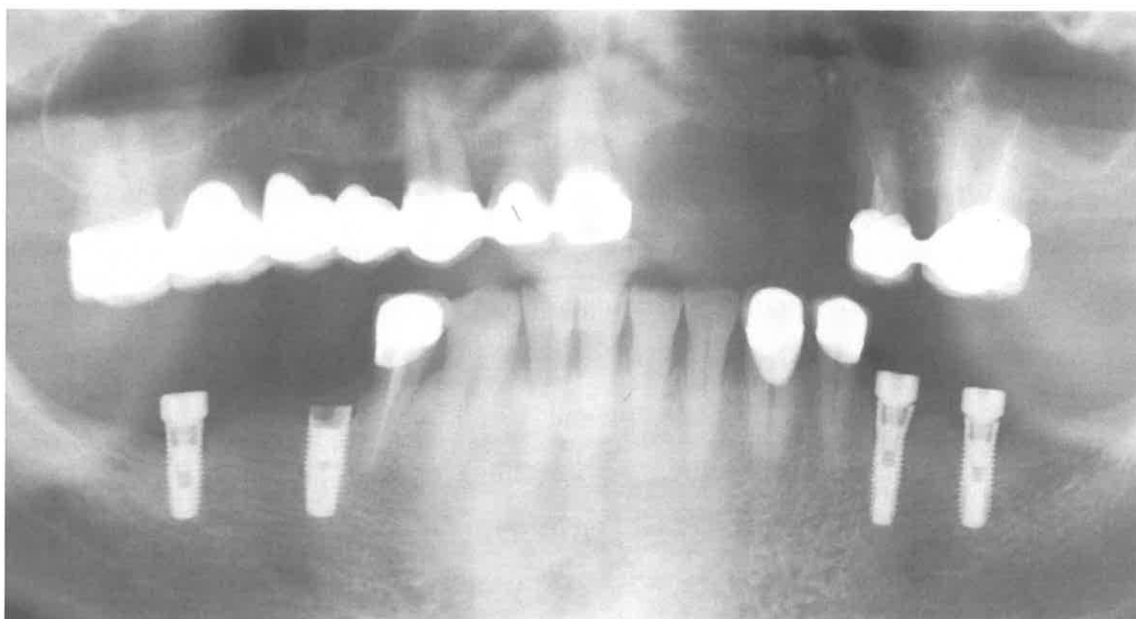
	Zobs	Implantāts
Savienojums ar kaulu	Periodonta saites	Osseointegrācija - <i>Brånemark un līdzstr. [87]</i> Funkcionāla ankiloze – <i>Schroeder un līdzstr. [88]</i>
Taktilais jutīgums	Augstāks	Zemāks
Propriocepcija	Galvenokārt periodonta receptori	Blakus esoši receptori muskuļos, saitēs, ādā, gļotādā un periostā
Aksiālais kustīgums – <i>Sekine un līdzstr. [89], Schulte [81]</i>	25-100 µm	3-5 µm
Laterālu spēku rotācijas centrs	Saknes apikālā trešdaļa – <i>Parfitt [90]</i>	Kaula kore – <i>Sekine un līdzstr. [89]</i>
Slodzes ietekme	Periodonta saitēm ir slodzes absorbējoša funkcija, stress tiek sadalīts	Stresa koncentrēšanās implantātu aptverošā kaula kores daļā
Pārslodzes pazīmes	Periodonta spraugas paplašināšanās, kustīgums, nodilušas fasetes, sāpīgums – <i>Kim un līdzstr. [91]</i>	Skrūvju atskrūvēšanās vai lūzumi, savienotājdaļas vai suprakonstrukcijas lūzumi, kaula zudums, implantātu lūzumi – <i>Zarb un Schmitt [92]</i>



### 3.6. Zoba ekstrakcijas un implantācijas ietekme uz smadzeņu atbildes reakciju

Ir pētīta ne tikai zoba ekstrakcijas un tālākā implantācijas ietekme uz sensoro reakciju, bet arī smadzeņu izveidotā atbildes reakcija, kas izpaužas košanas muskuļu aktivitātē. Pacienti ar zobu implantātiem košanas muskuļi funkcionē līdzīgi kā pacientiem ar dabīgajiem zobiem, lai gan protēžu lietošanas ilgums, atlikušo zobu skaits un protētiskās ārstēšanas ilgums var ietekmēt muskuļu aktivitāti [93]. Daļēja vai pilnīga zobu zaudējuma gadījumā tiek ietekmēta sensorā uztvere, kā arī atbildes reakcija, kas izpaužas košanas muskuļu aktivitātē. *Abarca un līdzstrādnieki* [7] uzskata, ka pēc zobu ekstrakcijas košanas muskuļu aizsargrefleksi, kas pasargā no traumatiskās oklūzijas, ir daļēji zuduši.

Implantāti fizioloģiski atšķirīgi no dabīgiem zobiem uztver okluzālo slodzi. Pacienti ar implantātiem protēzes slogojumu subjektīvi sajūt pie lielāka spēka salīdzinājumā ar dabīgo zobu situāciju. Vairāki autori runā par pārslodzi, kas var veidoties gan uz pašu implantātu, gan uz tā balstīto konstrukciju [17, 94]. Gan implantātu balstītām, gan dabīgu zobu balstītām protētiskām konstrukcijām iespējamās dažādas komplikācijas un neveiksmes. To iemesli var būt dažādi – gan paša pacienta radīti (nepildot ārsta rekomendācijas), gan zobu tehniskajā laboratorijā pieļautās nepilnības, gan nepilnības ārstēšanas plānošanā u.c. Uz implantātiem balstītu konstrukciju gadījumā sastopamas dažādas komplikācijas – implantātu lūzumi (6. un 7. attēls), savienotājdaļu lūzumi, savienotājdaļu skrūvju atskrūvēšanās un lūzumi, porcelāna plaisāšana un lūzumi u.c.



6.attēls. Rentgenuzņēmums ar salauztiem implantātiem apakšžoklī



7.attēls. Salauztie implantāti izņemti no alveolārā kaula

Dabīgu zobu balstītu konstrukciju gadījumos vērojami zobu lūzumi, atcementēšanās, porcelāna lūzumi, sekundārs kariess u.c. Kā izplatīta komplikācija gan implantātu, gan dabīgo zobu klīniskajās situācijās tiek minēta mākslīgo kroņu porcelāna plaisāšana un lūzumi [95]. Šī problēma ir aktuāla, jo porcelāna lūzumi bieži saistās ar laika un naudas faktoru, lai koriģētu defektu vai vispār pārtaisītu visu konstrukciju. Lai gan tirgū ir pieejamas saišu sistēmas porcelāna reparatūrai, tomēr to izmantošana ir ierobežota dēļ adhezīviem un estētiskiem rādītājiem. *Pjetursson un līdzstrādnieki* [96] savā pētījumā salīdzināja komplikācijas gan implantātu balstītām, gan dabīgo zobu balstītām konstrukcijām. Autori atzīmēja lielāku porcelāna lūzuma risku implantātu fiksētu konstrukciju gadījumā salīdzinājumā ar dabīgu zobu balstītu konstrukciju 5 gadu laikā ( attiecīgi implantātiem – 8.8%, zobiem – 2.9% ). *Kinsel un Lin* [97] veica retrospektīvu analīzi pacientiem ar mākslīgajiem kroņiem un tiltiem. Pavisam pētījumā piedalījās 152 pacienti, kopā tika izmeklētas 998 kroņu vienības. Metāla keramikas konstrukcijām, kam pretkodiēnā bija implantātu balstīta konstrukcija, tika konstatēts 7 reizes lielāks porcelāna lūzumu skaits kā pretkodiēnā esošu dabīgu zobu balstītu konstrukciju gadījumā. Statistiski nozīmīgi lielāks porcelāna lūzuma risks bija bruksisma gadījumā, kā arī nakts kapes nelietošanas gadījumā.

Diskutabls ir jautājums, vai pēc implantātu ievietošanas okluzālais spēks nepārsniedz konkrētā indivīda fizioloģiskās normas rādītājus. *Fontijn – Tekamp un līdzstrādnieki* [98] uzskata, ka pēc implantātu ievietošanas ar laiku pieaug maksimālais košanas spēks. Kaut gan viņi paši uzsver, ka košanas spēka pieaugumu varētu arī izskaidrot ar pacientu pārlicības un drošības sajūtas palielināšanos salīdzinājumā ar sākotnējo situāciju.

Periodonta mehanoreceptori pasargā dentīnu, cementu, alveolāro kaulu un periodonta saites no košanas spēku traumatiskas iedarbības košanas un košļāšanas laikā. Šis mehānisms nedarbojas implantācijas gadījumā [84]. *Carr un Laney* [99] atklāja, ka pacienti ar implantātu balstītām protēzēm attīsta 5 reizes lielāku spēku kā bezzobu pacienti ar totālām protēzēm, kas varētu būt izskaidrojams ar pacientu nespēju atšķirt un reaģēt uz okluzālo slogojumu košanas un košļāšanas laikā. Maksimālais sakošanas spēks implantātu balstītu konstrukciju gadījumā ir līdz 335 N [100], taču dabīgu zobu situācijā šis spēks sasniedz 740 N [101].

*Gartner un līdzstrādnieki* [27] pētījumā par osseointegrētu implantātu ietekmi uz košanas muskuļu koordināciju secināja, ka pacientiem ar implantātiem košanas muskuļi ir adaptējušies un darbojas līdzīgi kā kontroles grupā. Taču maksimālas okluzālas slodzes gadījumā implantātu grupas pacientiem tika konstatēta mazāk koordinēta košanas muskuļu aktivitāte. Turklāt vīrieši implantātu grupā biežāk atzīmēja muskuļu un temporomandibulārās locītavas sāpīgumu, salīdzinot ar kontroles grupu. *Woodmansey un līdzstrādnieki* [102], pētot košļāšanas efektivitāti un īpatnības endodontiski ārstētiem zobiem un implantātiem, secināja, ka dabīgo zobu gadījumā sakošanas process bija efektīvāks.

*Jacobs un Van Steenberghe* [103] analizējot košanas muskuļu aktivitāti un efektivitāti, secināja:

1. Košanas funkcija osseointegrētu implantātu gadījumā ir apmierinoša un līdzīga dabīgo zobu situācijai.
2. Maksimālais sakošanas spēks implantātu gadījumā ir zemāks kā zobiem.
3. Košanas muskuļu izometrisku kontrakciju gadījumā pēc implantātu mehāniskas stimulācijas elektromiogrammā nenovēro klusuma periodu.
4. Implantātu gadījumā konstatē ātrāku muskuļu nogurumu, veicot vairākus maksimālas žokļu sakošanas mēģinājumus.

5. Klīniskā līmenī neiromuskulāro refleksu izmaiņas osseointegrētu implantātu gadījumā nerada nopietnas problēmas.

Literatūrā nav pārliecinoši dati, vai iespējamā okluzālā pārslodze varētu ietekmēt gan uz implantātiem balstītas konstrukcijas kalpošanas ilgumu, gan pašu implantātu integritāti. Ir pētījumi, kas liecina, ka okluzālā pārslodze varētu būt par iemeslu kaula zudumam ap implantātu vai arī paša implantāta zaudēšanai [104, 105]. Turpretī citi autori uzskata, ka kaula vai paša implantāta zudumu primāri rosina periimplantāta infekcija [106, 107]. *Quirynen un līdzstrādnieki* [108] uzskata, ka uz implantātiem balstītas konstrukcijas ar lielām piekarēm var izraisīt pārslodzi un iespējamu kaula zudumu ap implantātiem un protēžu lūzumus. *Vidyasagar un Apse* [109] uzskata, ka dēļ stresa implantātu balstītās protēzēs veidojas mehāniskas komplikācijas. *Shackleton un līdzstrādnieki* [110] atklāja, ka piekares, kuru garums pārsniedz 15 mm, izsauc vairāk implantātu konstrukciju defektu veidošanos kā piekares, kas īsākas par 15 mm. Turpretī *Lindquist un līdzstrādnieki* [111] prospektīvā 15 gadus ilgā pētījumā secināja, ka nav atrodama vērā ņemama saistība starp implantātu marginālā kaula zudumu slodzes faktoriem – košanas spēku un piekares garumu. Par implantātu un uz tiem balstītu konstrukciju veiksmīgas kalpošanas svarīgāko faktoru tiek atzīta kaula kvalitāte [112].

Vairāki autori uzsver, ka svarīgi pievērst uzmanību slogojumam un izvairīties no implantātu pārslodzes dzīšanas fāzē tūlītēja implantāta slogošanas gadījumā, lai kaula un implantāta robežvirsmā izveidotos nervu gali un uzlabotos taktilais jūtīgums [17, 113]. *Kinsel un Lin* [97] uzskata, ka ankilotisku implantātu gadījumā nav gan periodonta receptoru signālu košanas muskuļu aizsargreakcijai, gan arī zudusi stresu absorbējošā funkcija, kas piemīt periodonta saitēm. Osseointegrētiem implantātiem nepiemīt dabīgo zobu sensorās uztveres mehānismi un mobilitāte. Periodonta saišu receptoriem ir nozīme košanas muskuļu aktivitātes kontrolē, bet tas nav vienīgais aferentais ceļš. Receptori pulpā, mutes gļotādā, muskuļos, cīpslās un locītavās arī piedalās šajā kontrolē [114]. Smaganu receptori reaģē uz mehāniskiem kairinātājiem un ir iesaistīti lūpu un bukālo muskuļu koordinācijā košļāšanas laikā [115, 116]. Sejas ādas mehanoreceptori reaģē uz sejas muskuļu iestiepumu un kontrakcijām, tie ir iesaistīti sejas kinestēzijā un motorajā kontrolē [65].

Apskatot implantātu slogojuma jautājumu, literatūrā atrodamas diskusijas par neaksiālas slodzes ietekmi uz implantātiem. Vairāki autori uzsver, ka vajadzētu izvairīties no neaksiālas slodzes, kur vien iespējams [117, 118, 119, 120]. Kā galvenie iemesli tiek minēti periodonta saišu kā bufersistēmas trūkums, kā arī neaksiālo spēku

izraisīta paaugstināta stresa koncentrācija atsevišķās implantāta un kaula saskares vietās. Šie abi apstākļi varētu būt par iemeslu uz implantātiem balstītu konstrukciju mehāniskiem defektiem (skrūves atskrūvēšanās, lūzums u.c.), taču neaksiālas slodzes negatīva ietekme uz implantātu osseointegritāti nav skaidri pierādīta. Vairāki dzīvnieku pētījumi rāda, ka implantātu neaksiāls slogojums neietekmē implantāta un kaula robežvirsmu [121, 122]. *Misch un Waren-Bidez* [123] uzskata, ka implantātu balstītas konstrukcijas jāveido „pašaizsargājošas”, tas ir, ierobežot aksiālu slogojumu, veidot vieglus kontaktus ar zobu antagonistu, ierobežot kontaktu ar pretkodienu zobiem apakšžokļa laterālu kustību laikā.

*Kim un līdzstrādnieki* [91], analizējot slodzes ietekmi uz implantātiem un uz tiem balstītām konstrukcijām, secināja :

1. Slodzes izraisītā stresa lielums un kaula kvalitāte ietekmē implantātu kalpošanas ilgumu.
2. Okluzālā pārslodze, kas, iespējams, veidojusies dēļ lielām piekarēm, izteiktiem priekšlaicīgiem kontaktiem, parafunkcionālām aktivitātēm, nepiemērota okluzālā dizaina (stāva pauguru inklinācija), implantātu balstītām neizņemamām konstrukcijām abos žokļos – var būt implantātu ilgstošas funkcionēšanas ierobežojošs faktors.
3. Priekšlaicīgu okluzālu kontaktu noņemšana un vienmērīga okluzālo spēku sadale, kā arī protētisko konstrukciju balstošo implantātu skaita palielināšana var nozīmīgi samazināt okluzālo pārslodzi uz implantātiem un protēzēm.
4. Okluzālā pārslodze var negatīvi ietekmēt implantātu osseointegrācijas procesu sliktas kvalitātes kaulā, šī ietekme var tikt samazināta, pagarinot dzīšanas periodu un uzmanīgi sekojot slogošanas procesam (progresīvā vai atliktā slogošana).

### **3.7. Sensoro un motoro reakciju salīdzinājums dažādās klīniskās situācijās**

Ir veikti vairāki pētījumi, lai salīdzinātu taktilo funkciju uz implantātiem balstītām protēzēm ar dabīgiem zobiem un totālām protēzēm. Periodontāliem mehanoreceptoriem jābūt lielai ietekmei uz taktilo izšķirtspēju. Tikai jautājums – cik liela tā ir? Lai gan implantācijas gadījumā šis sensorās uztveres mehānisms ir izjaukts, implantātu ievietošana ne tikai nodrošina restaurācijas balstu, stabilitāti un retensiju, bet

arī fizioloģisko parametru uzlabošanos. Gadījumos, kad zobu protēzes balstās uz osseointegrētiem implantātiem, motorā kontrole un percepcija ir lielākas salīdzinājumā ar konvencionālajām - totālajām un parciālajām, izņemamajām protēzēm [61].

Pacienti ar totālu adentiju līdzīgi pacientiem ar amputētiem locekļiem atzīmē jušanas uzlabošanos pēc implantātu balstītu protēžu izgatavošanas. Tas varētu būt izskaidrojams ar daļēju perifērā uztveres mehānisma esamību un aizvietotās ķermeņa daļas sajūtas veidošanos smadzeņu garozā [17]. Pacientiem pēc zobu ekstrakcijas un tālākas implantācijas modificējas somatosensorā uztvere, smadzenēs pa dažādiem aferentajiem ceļiem nonāk informācija par jauno protētisko konstrukciju, notiek mutes adaptācija jaunajai situācijai [6]. *Haraldson un līdzstrādnieki* [124] atklāja, ka maksimālais sakošanas spēks implantātu balstītu konstrukciju gadījumā ir mazāks kā dabīgo zobu situācijā, taču šis spēks ir lielāks, salīdzinot ar totālu protēžu gadījumu. *Jemt un līdzstrādnieki* [125] ziņoja par mutes atvēršanas ātruma pieaugumu pacientiem ar implantātu balstītām neizņemamām konstrukcijām salīdzinājumā ar totālu protēžu situāciju. Tomēr sensorās un motorās iespējas pacientiem ar implantātiem balstītām protēzēm ir zemākas kā pacientiem ar dabīgiem zobiem [55, 126]. Ņemot vērā, ka sensorās iespējas implantātu gadījumā ir zemākas kā dabīgu zobu situācijā, ārstam, pārbaudot oklūziju, vajadzētu būt uzmanīgam un nepaļauties tikai uz pacienta taktilo sajūtu [7]. *Keller un līdzstrādnieki* [127] pētīja taktilo jutīgumu apakšžoklī ievietotiem implantātiem vienā etapā. Viņi nekonstatēja taktilā jutīguma izmaiņas dzīšanas fāzē. Savukārt *El-Sheikh un līdzstrādnieki* [79] atklāja, ka taktilais jutīgums pēcimplantācijas dzīšanas fāzē ar laiku pieaug.

Literatūrā tiek apskatīts arī jautājums par protētiskajā konstrukcijā izmantojamā materiāla ietekmi uz implantāta un kaula robežvirsmu. Taktilajā izšķirtspējā nozīme ir materiālam, ko izmanto protētiskajā rekonstrukcijā. Uz metāla lējumiem stiprinātu plastmasas zobu okluzālā izšķirtspēja ir aptuveni 400 mikrometri, savukārt ar metālkeramikas restaurācijām pacienti sajūt pat 20 un mazāk mikrometrus plānus folijas gabaliņus. Tas nozīmē, ka metālkeramikas restaurāciju gadījumā pacients sajūtīs smalkākus objektus [128]. Vairāki autori uzskata, ka, izmantojot okluzālos materiālus ar zemu elasticitātes moduli, piem., dažādas plastmasas, tiek amortizēts okluzālās slodzes izraisītais stress uz implantātu [129, 130, 131]. Taču jāatzīmē, ka plastmasas vai kompozīta izmantošanas gadījumā bieži novērojamas tādas klīniskās komplikācijas kā skrūves atskrūvēšanās, plastmasas un kompozīta lūzumi un nodilums, savukārt, porcelāna izmantošana veicina mazāku mehānisko komplikāciju biežumu [132, 133,

134]. Protētiskajā konstrukcijā izmantojamā materiāla ietekme uz implantāta un kaula robežvirsmu ir diskutabla, ir maz pierādījumu, ka materiāli ar zemāku elasticitātes moduli ir piemērotāki par materiāliem ar augstāku moduli.

*Jacobs un van Steenberghe* [17], analizējot dažādus implantācijas aspektus, to ietekmi uz sensoro uztveri un atbildes reakciju, secināja :

1. Ārstēšanā izmantojot osseointegrētus implantātus, ārstam nevajadzētu paļauties uz pacienta taktilo jutīgumu.
2. Ņemot vērā, ka taktilā funkcija pilnveidojas dzīšanas laikā, vajadzētu izvairīties no pārslodzes īpaši pēcimplantācijas sākuma posmā.
3. Implantātu osseointegrāciju dzīšanas fāzē negatīvi ietekmē tādi parafunkcionāli ieradumi kā zobu griešana un stipra sakošana.
4. Bruksisms ir relatīva kontrindikācija implantātu tūlītējai pēcoperācijas slogošanai.

Implantātu izmantošana ļauj restaurācijai veiksmīgāk fizioloģiski integrēties mutes dobumā. Kaut gan vairums autoru uzsver, ka implantātu balstītās restaurācijas tomēr nesasniedz tos fizioloģiskos un subjektīvās apmierinātības rādītājus, kādi ir indivīdiem ar dabīgiem zobiem. *Klineberg un Murray* [6] uzskata, ka sensori-motorā sistēma vieglāk adaptēsies protētiskai konstrukcijai ar augstiem estētiskiem un funkcionāliem rādītājiem. Jo tuvāk protētiskā konstrukcija būs oriģinālam, piemēram, uz implantātiem balstītas neizņemamas konstrukcijas salīdzinājumā ar totālām protēzēm, jo neizmainītāki būs neirofizioloģiskie mehānismi.

### 3.8. Taktilā jutīguma noteikšana

Implantātu un zobu taktilā jutīguma noteikšanā izmanto psihofizioloģiskus testus. Lai raksturotu taktilo jutīgumu dažādās klīniskās situācijās, tiek izmantoti taktilās sajūtas sliekšņa mērījumi. Literatūrā tiek minēts aktīvais un pasīvais jušanas sliekšnis.

Pasīvā sliekšņa gadījumā implantāts vai zobs tiek stimulēts pasīvi no ārpuses, pats subjekts neizrāda nekādu fizisku aktivitāti. Tikko pacients sajūt slodzes iedarbību, viņš par to signalizē. Pasīvi nosakot taktilo jutīgumu, tiek veikts lokalizēts pētījums. Slodzes sensorajā uztverē piedalās noteiktas receptoru grupas, netiek iesaistītas viss plašais mutes dobuma receptoru komplekss. Nosakot šo jušanas sliekšni, liela nozīme ir periodonta receptoriem [135]. Pasīvais jušanas sliekšnis osseointegrētiem implantātiem ir līdz 50 reizēm lielāks kā dabīgiem zobiem [82, 135, 136], savukārt izņemamām

protēzēm tas ir līdz 75 reizēm lielāks kā dabīgiem zobiem [85]. *Karayiannis un līdzstrādnieki* [137] konstatēja, ka osseointegrētu implantātu vidējais pasīvās jušanas sliekšnis ir 3.42 N, taču dabīgajiem zobiem tas ir vidēji 0.34 N. *Mattes un līdzstrādnieki* [138] implantātam un zobam pasīvi noteica slodzes sajūtas rašanās ātrumu – tas ir, laiku no slodzes pielikšanas brīža līdz pacienta reakcijai. Šis rādītājs ir būtisks slodzes strauja pieauguma gadījumā košanas laikā, kad refleksa veidā zobi tiek pasargāti no traumatizējošas iedarbības. Vidējais reakcijas laiks implantātiem 220 milisekundes, zobiem 216 milisekundes. Autori atzīmē, ka šī atšķirība ir maznozīmīga un aizsargrefleksu efektivitāti praktiski neietekmē. Pasīvi tiek noteikts arī vibrotaktilais jutīgums. Vibrotaktilais jutīgums dabīgiem zobiem ir tikai nedaudz labāks salīdzinājumā ar osseointegrētiem implantātiem [55]. Savukārt anestēzija vibrotaktilo jutīgumu samazina vairāk zobiem salīdzinājumā ar implantātiem. Iespējams izskaidrojums varētu būt saistīts ar to, ka vibrācija dēļ implantātu ciešās integrācijas ar kaulu efektīvāk izplatās uz distālāk esošajiem receptoriem, savukārt periodonta saites amortizē vibrāciju [139].

Aktīvā sliekšņa noteikšanas gadījumā izmeklējamai personai starp zobiem vai implantātiem antagonistiem jānotur un jāmanipulē ar dažāda izmēra priekšmetiem, tos jānosaka. Šajos pētījumos pacients ņem aktīvu līdzdalību, apzināti veicot dažādas manipulācijas mutes dobumā. Aktīvais jušanas sliekšnis osseointegrētiem implantātiem ir līdz 5 reizēm lielāks kā dabīgiem zobiem, savukārt izņemamām protēzēm tas ir līdz 8 reizēm lielāks kā zobiem [135]. Krasās atšķirības starp pasīvo un aktīvo taktilā jutīguma sliekšņiem varētu izskaidrot ar apstākli, ka aktīvajā noteikšanas procesā piedalās vairākas receptoru grupas (muskulos, zobos, temporomandibulārajā locītavā, gļotādā u.c.) salīdzinājumā ar lokalizēto pasīvās mērīšanas procesu [17]. *Mericske-Stern* [140] savā pētījumā ar dažāda biezuma folijām atklāja, ka aktīvais taktilā jutīguma sliekšnis dabīgām saknēm ir zemāks kā osseointegrētiem implantātiem, savukārt *Fenton and Lundqvist* [141] neatklāja būtiskas atšķirības aktīvajā sensorajā uztverē osseointegrētiem implantātiem un dabīgajiem zobiem. *Johnsen, Svenson un Trulsson* [41, 42] savā aktīvajā sensorās uztveres pētījumā konstatēja, ka rieksta saturēšanai incīsvu rajonā cilvēki lietoja 0.60 N lielu spēku, kanīnu rajonā - 0.77 N, otrā premolāra rajonā – 1.15 N, bet pirmā molāra rajonā – 1.74 N. Viņi secināja, ka spēki, kurus cilvēks lieto barības kumosa satveršanai un tālākai tā sakošļāšanai, zobu lokā pieaug distālā virzienā, tas ir, molāru rajonā šis spēks ir lielāks kā incīsvu rajonā. Atšķirības varētu būt izskaidrojamas ar dažādajām priekšzobu un sānu zobu periodonta receptoru



sensitīvajām īpašībām. Orālā stereognoze ir viens no aktīvās sensorās testēšanas veidiem. Stereognoze ir spēja pazīt un atšķirt dažādas formas priekšmetus [142]. Šis testēšanas veids ir komplekss process, jo tajā iesaistītas dažādas receptoru grupas – periodonta, mēles, gļotādas u.c. *Litvak un līdzstrādnieki* [143] atklāja, ka pēc bilaterālas mandibulārās anestēzijas stereognostiskā spēja samazinās par 20 %, savukārt dabīgajiem zobiem ir ievērojami augstāka priekšmetu orālās manipulācijas spēja salīdzinājumā ar totālām protēzēm. Šie pētnieki atzīmēja, ka pacientiem ar totālu adentiju pēc totālo protēžu izņemšanas tika novērota stereognostisko spēju samazināšanās. *Lundqvist* [144] atzīmēja stereognozes uzlabošanos pēc osseointegrētu implantātu ievietošanas, turpretī *Jacobs un līdzstrādnieki* [145] savā pētījumā neatklāja nozīmīgas atšķirības uz implantātiem balstītu konstrukciju gadījumā salīdzinājumā ar izņemamām protēzēm.

Jušanas sliekšņus ietekmējošie faktori :

#### 1. Zoba pozīcija.

Vairāki pasīvā taktilā jušanas sliekšņa pētījumi atklāja periodonta mehanoreceptoru plašo funkcionalitāti. Zobi ir vairāk jutīgi pret laterāliem spēkiem kā aksiāliem, kas varētu būt viens no zoba aizsargmehānismiem [146]. Vairāki pētījumi atklāj, ka sānu zobiem ir augstāks jušanas sliekšnis kā priekšzobiem [42, 147].

#### 2. Pētījuma metodika.

Psihofizioloģiskajiem pētījumiem jānotiek klusā telpā, pētāmajam subjektam komfortabli jāsež krēslā, acīm jābūt aizvērtām [54]. Pacientus par pētījuma gaitu vajadzētu informēt ar vieniem un tiem pašiem vārdiem. Pirms īsto mērījumu uzsākšanas vēlami daži izmēģinājuma testi. Starp mērījumiem vajadzētu būt vismaz 5 sekunžu intervālam [148]. Lai izslēgtu automātismu izmeklējamās personas reakcijā, tiek rekomendēts pētījuma laikā izmantot „tukšos mēģinājumus”, piemēram, zināmu laiku nelikt slodzi, kaut pacients gaida [149].

#### 3. Vecums.

Ir pētījumi, kas liecina, ka ar gadiem samazinās cilvēka taktilais jutīgums [56, 150], taču citi pētījumi atklāj, ka gadiem nav nozīme taktilajā jutīgumā [151].

#### 4. Psiholoģiskie faktori.

Lai gan psihofizioloģiskajos testos ir objektīvi rādījumi, šajos mērījumos atbildi lielā mērā ietekmē pacienta subjektīvais faktors. Rezultāti ir atkarīgi no izmeklējamā subjekta uzmanības un attieksmes pret mērījumu procedūru, ieinteresētības tajā [54].

Psihofizioloģisko pētījumu salīdzinājums un analīze attēlots 2.tabulā. Jāatzīmē, ka taktilais jutīgums tiek noteikts ar dažādu metodiku palīdzību, kas varētu ietekmēt

atbildes reakciju un secinājumus. Lai gan vairākos pētījumos izmantojamie materiāli un metodes ir aprakstīti neskaidri, tomēr arī šādi pētījumi sniedz zināmu informāciju un ļauj pilnveidot psihofizioloģisko testu metodiku. Pētījumi dalās ne tikai aktīvajos un pasīvajos, bet arī pēc noteiktā kairinātāja sliekšņa veida :

- *absolūtais taktilais sliekšnis (ATS)* – vismazākais kairinātāja stiprums, kura iedarbība rada tikko manāmu specifisku sajūtu;
- *diferenciālais taktilais sliekšnis (DTS)* – vismazākā izmeklējamai personai pamanāmā kairinātāja stipruma atšķirība.

**2.tabula.** Taktilā jutīguma psihofizioloģisko pētījumu apkopojums

AUTORI	PĒTĪJUMA RAKSTUROJUMS	SECINĀJUMI PAR IETEKMI UZ TAKTILO JUTĪGUMU
<i>Manly un līdzstrādnieki</i> [152]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 6 personas ar dabīgiem zobiem 6 personas ar totālām platēm	DTS z = DTS prot Muskuļu receptori + Smaganu receptori -
<i>Watanabe</i> [153]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 15 personas ar dabīgiem zobiem (6 sievietes un 9 vīrieši) Vecums 21-52 gadi	Dzimums - Vecums +
<i>Riis, Giddon</i> [154]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 10 personas ar dabīgiem zobiem Vecums 20-30 gadi	Periodonta receptori +
<i>Loiselle un līdzstrādnieki</i> [155]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 20 personas ar dabīgiem zobiem un totālām izņemamām protēzēm Vecums 45-55 gadi	DTS z < DTS prot
<i>Siirilä, Laine</i> [151]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 17 personas ar dabīgiem zobiem (7 sievietes un 10 vīrieši) vecumā 21-43 gadi 6 personas ar totālām protēzēm (4 sievietes un 2 vīrieši) vecumā 52-57 gadi	Vecums - Dzimums - Mutes atvēruma pakāpe + DTS z = DTS prot
<i>Williams un līdzstrādnieki</i> [156]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 24 personas ar dabīgiem zobiem (12 sievietes un 12 vīrieši) Vecums 20-34 gadi	Dzimums + Mutes atvēruma pakāpe -
<i>Williams un La Pointe</i> [150]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 15 personas ar dabīgiem zobiem Vecums 20-33 gadi	Vecums - Mutes atvēruma pakāpe -
<i>Christensen un Levin</i> [157]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 6 personas ar dabīgiem zobiem 6 personas ar pārklājprotēzēm 6 personas ar totālām protēzēm	Košanas muskuļu vārpstiņas + Periodonta receptori - DTS z = DTS prot

AUTORI	PĒTĪJUMA RAKSTUROJUMS	SECINĀJUMI PAR IETEKMI UZ TAKTILO JUTĪGUMU
<i>Laine un Siirilä</i> [148]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 16 personas ar dabīgiem zobiem (8 sievietes un 8 vīrieši)  Vecums 20-62 gadi	Mutes atvēruma pakāpe + Muskuļu aktivitāte -
<i>Morimoto un līdzstrādnieki</i> [158]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 13 personas ar dabīgiem zobiem (1 sieviete un 12 vīrieši) vecumā 20-36 gadi 9 personas ar TML disfunkciju (3 sievietes un 6 vīrieši) vecumā 10-46 gadi	Vibrācija + TML receptori -
<i>Takagi un līdzstrādnieki</i> [159]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 45 personas ar dabīgiem zobiem 13 personas ar totālām protēzēm	DTS z = DTS prot
<i>Morimoto un Christensen</i> [160]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 25 vīrieši Vecums 21-31 gads	DTS z = DTS prot
<i>Morimoto un līdzstrādnieki</i> [161]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 21 vīrietis ar dabīgiem zobiem 17 vīrieši ar košanas muskuļu distrofiju	Košanas muskuļu vārpstiņas +
<i>Morimoto un līdzstrādnieki</i> [162]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 12 personas ar dabīgiem zobiem (3 sievietes un 9 vīrieši) 11 personas ar totālām protēzēm (7 sievietes un 4 vīrieši)	Mutes atvēruma pakāpe neietekmē DTS DTS z = DTS prot
<i>Van Willigen un Broekhuijsen</i> [163]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 11 personas ar dabīgiem zobiem (3 sievietes un 8 vīrieši)	Periodonta receptoriem ir neliela ietekme
<i>Broekhuijsen un Van Willigen</i> [164]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 10 vīrieši	Muskuļu aferentajiem nerviem ir nozīme apakšžokļa pozicionēšanā

AUTORI	PĒTĪJUMA RAKSTUROJUMS	SECINĀJUMI PAR IETEKMI UZ TAKTILO JUTĪGUMU
<i>Clark un līdzstrādnieki</i> [165]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 28 personas ar dabīgiem zobiem (16 sievietes un 12 vīrieši) vecumā 19-36 gadi 20 personas ar TML disfunkciju (16 sievietes un 4 vīrieši) vecumā 20-40 gadi	DTS <sub>z</sub> < DTS <sub>TMD</sub>
<i>Jacobs un Van Steenberghe</i> [135]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 12 personas ar dabīgiem zobiem (8 sievietes un 4 vīrieši) 18 personas ar neizņemamām konstrukcijām uz implantātiem (11 sievietes un 7 vīrieši) 6 personas ar implantātu balstītām pārklājprotēzēm (6 vīrieši)	DTS <sub>z</sub> < DTS <sub>im</sub> < DTS <sub>impp</sub>
<i>Siirilä un Laine</i> [166]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 36 personas ar dabīgiem zobiem (17 sievietes un 19 vīrieši)	Dzimums – ATS <sub>incisīviem</sub> = ATS <sub>molāriem</sub>
<i>Siirilä un Laine</i> [167]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 18 personas ar dabīgiem zobiem (12 sievietes un 6 vīrieši) vecumā 41-78 gadi	Dzimums -
<i>Caffesse un līdzstrādnieki</i> [168]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 15 personas ar dabīgiem zobiem (10 sievietes un 5 vīrieši) vecumā 22-35 gadi	TML receptoriem ir ietekme taktilo jutīgumu
<i>Öwall</i> [169]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 8 personas ar dabīgiem zobiem (3 sievietes un 5 vīrieši) vecumā 22-27 gadi	TML anestēzijai nav ietekme uz taktilo jutīgumu
<i>Fenton un Lundqvist</i> [141]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums Mērījumos izmantoja dažāda biezuma plastmasas plāksnītes	ATS <sub>z</sub> = ATS <sub>im</sub>

AUTORI	PĒTĪJUMA RAKSTUROJUMS	SECINĀJUMI PAR IETEKMI UZ TAKTILO JUTĪGUMU
<i>Lundqvist un Haraldson</i> [170]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 10 personas ar dabīgiem zobiem (5 sievietes un 5 vīrieši) vecumā 22-48 gadi 30 personas ar neizņemamām konstrukcijām uz implantātiem (23 sievietes un 7 vīrieši) vecumā 30-74 gadi 10 personas ar totālām protēzēm (7 sievietes un 3 vīrieši) vecumā 43-80 gadi	ATSz<ATSim<ATStp ATSincisīviem=ATSmolāriem
<i>Ravasini un līdzstrādnieki</i> [171]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 50 personas ar dabīgiem zobiem Vecums 23-47 gadi	ATSz=300µm
<i>Capurso un Papale</i> [172]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 22 personas ar dabīgiem zobiem (13 sievietes un 9 vīrieši) vecumā 17-26 gadi	Zoba lokalizācija – Dzimums -
<i>Jacobs un Van Steenberghe</i> [135]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 12 personas ar dabīgiem zobiem (8 sievietes un 4 vīrieši) 18 personas ar neizņemamām konstrukcijām uz implantātiem (11 sievietes un 7 vīrieši) 6 personas ar implantātu balstītām pārklājprotēzēm (6 vīrieši)	ATSz<ATSim<ATSimpp
<i>Jacobs un līdzstrādnieki</i> [56]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 20 personas ar dabīgiem zobiem (12 sievietes un 8 vīrieši) Vidējais vecums 35 gadi Pētījums veikts ar dažādu materiālu folijām (Al, St u.c.)	Folijas materiāls + Vecums +
<i>Öwall un Vorwerk</i> [173]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 88 personas ar dabīgiem zobiem (38 sievietes un 50 vīrieši) vecumā 20-35 gadi 43 personas ar totālām protēzēm (27 sievietes un 16 vīrieši) vecumā 38-48 gadi	ATSz<ATStp

AUTORI	PĒTĪJUMA RAKSTUROJUMS	SECINĀJUMI PAR IETEKMI UZ TAKTILO JUTĪGUMU
<i>Öwall</i> [174]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 100 personas ar dabīgiem zobiem Vecums 19-35 gadi	Vecums +
<i>Öwall</i> [175]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 98 personas ar totālām protēzēm Vecums 31-86 gadi	Vecums -
<i>Öwall</i> [169]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 8 personas ar dabīgiem zobiem (3 sievietes un 5 vīrieši) Vecums 22-27 gadi	TML anestēzijai nav ietekme uz taktilo jutīgumu
<i>Kiliaridis un Lidzstrādnieki</i> [149]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 25 personas ar dabīgiem zobiem (14 sievietes un 11 vīrieši) Vecums 20-31 gads	ATŠfunkcijā>ATŠstatiski
<i>Mericske-Stern Regina</i> [140]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 20 personas ar zobiem balstītām pārklājprotēzēm (12 sievietes un 8 vīrieši) 26 personas ar implantātiem balstītām pārklājprotēzēm (15 sievietes un 11 vīrieši)	ATŠz<ATŠim
<i>Enkling un Lidzstrādnieki</i> [176]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 62 personas ar dabīgiem zobiem un implantātiem	ATŠz=ATŠim
<i>Enkling un Lidzstrādnieki</i> [77]	Aktīvā taktilā jutīguma pētījums 32 personas gan ar dabīgiem zobiem, gan implantātiem (24 sievietes un 8 vīrieši) Vecums 25-63 gadi Dabīgie zobi tika anestezēti	Periodonta receptori + Implantātam sakodienā pretī esošam dabīgam zobam ir neliela ietekme uz ATŠim.

AUTORI	PĒTĪJUMA RAKSTUROJUMS	SECINĀJUMI PAR IETEKMI UZ TAKTILO JUTĪGUMU
<i>Bowman un Nakfoor</i> [177]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 50 personas ar dabīgiem zobiem	DTSaksiāli=DTSlabiāli
<i>Bonugaro un līdzstrādnieki</i> [178]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 60 personas ar dabīgiem zobiem	DTSaugšžoklī<DTSapakšžoklī DTSaksiāli=DTSlabiāli
<i>Soltis un līdzstrādnieki</i> [179]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 50 personas ar dabīgiem zobiem Vecums 11-17 gadi	Ortodontiskā ārstēšana + (DTS pieaug)
<i>Pacer un Bowman</i> [180]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 14 personas ar totālām protēzēm Vecums 28-81 gads	DTSz=DTStp
<i>Mühlbrädt un līdzstrādnieki</i> [82]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 20 personas ar implantātiem (9 sievietes un 11 vīrieši) Vecums 19-63 gadi	Pie lieliem spēkiem DTSz=DTSim
<i>Mühlbrädt un līdzstrādnieki</i> [181]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 42 personas ar implantātiem (21 sieviete un 21 vīrietis)	DTSz=DTSim
<i>Van Steenberghe un līdzstrādnieki</i> [182]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 10 personas ar dabīgiem zobiem (1 sieviete un 9 vīrieši) vecumā 22-31 gads 8 personas ar periodontītu (3 sievietes un 5 vīrieši) vecumā 24-40 gadi	Periodontīts + (ATS pieaug)
<i>Münch un Schrieffer</i> [183]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 3 personas ar dabīgiem zobiem Vecums 23-32 gadi	Pulpektomija -
<i>Adler</i> [184]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 55 personas ar dabīgiem zobiem (25 sievietes un 30 vīrieši) Vecums 11-19 gadi	ATSincisīviem<ATSmolāriem ATSAugšžoklis=ATSapakšžoklis ATSlabiāli<ATSaksiāli



AUTORI	PĒTĪJUMA RAKSTUROJUMS	SECINĀJUMI PAR IETEKMI UZ TAKTILO JUTĪGUMU
<i>Manly un līdzstrādnieki</i> [152]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 10 personas ar dabīgiem zobiem 8 personas ar totālām protēzēm	ATSincisīviem<ATSmolāriem ATSz<ATStp
<i>Loewenstein un Rathkamp</i> [23]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums Mērījumi veikti ar atsperveida dinamometru	ATSincisīviem<ATSmolāriem ATSaugsžoklis=ATSapakšžoklis ATSvit<ATSdevit
<i>Wilkie</i> [185]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 49 personas ar dabīgiem zobiem	ATSlabiāli=ATSaksiāli
<i>Edel un Wills</i> [186]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 4 sievietes ar dabīgiem zobiem vecumā 21-40 gadi 4 sievietes ar periodontītu vecumā 29-49 gadi	Periodonta receptori + Periodontīts -
<i>Linden</i> [22]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 9 vīrieši ar dabīgiem zobiem Vecums 21-35 gadi	ATSvit=ATSdevit
<i>Mühlbrädt un līdzstrādnieki</i> [187]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 8 personas ar dabīgiem zobiem 13 personas ar periodontītu	Periodontīts + (ATS pieaug)
<i>Mühlbrädt un Möhlman</i> [147]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 20 personas ar implantātiem (7 sievietes un 13 vīrieši) Vecums 12-57 gadi	ATSz<ATSim
<i>Mühlbrädt un līdzstrādnieki</i> [188]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 10 personas ar implantātiem	ATSz<ATSim
<i>Torneck un Howley</i> [189]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 16 personas ar dabīgiem zobiem (9 sievietes un 7 vīrieši) Vidējais vecums 25 gadi	ATSaugsžoklis=ATSapakšžoklis Vecums - Dzimums -
<i>Habre-Hallage un līdzstrādnieki</i> [45]	Pasīvā taktilā jutīguma pētījums 9 personas ar dabīgiem zobiem un implantātiem (6 sievietes un 3 vīrieši) Vecums 19-32 gadi	ATS pie implantāta smaganas nemainās dzīšanas fāzē

Analizējot literatūru par slodzes sensoru uztveri un mehānismiem dažādās klīniskās situācijās, var secināt :

1. Periodonta mehanoreceptori uztver slodzi, kas veidojas, kontaktējot augšžokļa un apakšžokļa zobiem. Šie receptori sniedz smadzenēm informāciju par zobu slogojumu. Impulsi pa mehanoreceptoru aferentajām nervu šķiedrām nonāk CNS, kur notiek informācijas analīze un veidojas atbildes reakcija, kas izpaužas košanas muskuļu aktivitātē.
2. Zobu taktilo funkciju primāri nosaka periodonta receptori. Kad periodonta receptoru nav vispār vai to skaits ir samazināts (ekstrakcijas, periodontīta, anestēzijas gadījumā), orālā taktilā funkcija pasliktinās.
3. Ievietojot kaulā implantātu pēc osseointegrācijas principa, starp kaulu un implantāta virsmu veidojas tiešs kontakts – implantāta ankiloze. Dabīgos zobus aizstājot ar implantātiem, sensori- motorā funkcija ir izmainīta.
4. Košanas funkcija osseointegrētu implantātu gadījumā ir apmierinoša un līdzīga dabīgo zobu situācijai. Maksimālais sakošanas spēks implantātu gadījumā ir zemāks kā zobiem.
5. Dēļ izmainītajiem neurofizioloģiskajiem slodzes sensorās uztveres mehānismiem uz implantātiem un to balstītām konstrukcijām varētu veidoties pārslodze, kas ietekmē restaurācijas kalpošanas ilgumu.
6. Implantātu izmantošana ļauj restaurācijai veiksmīgāk fizioloģiski integrēties mutes dobumā. Tomēr implantātu balstītās restaurācijas nerasniedz tos fizioloģiskos un subjektīvās apmierinātības rādītājus, kādi ir indivīdiem ar dabīgiem zobiem.
7. Implantātu un zobu taktilā jutīguma noteikšanā izmanto aktīvos un pasīvos psihofizioloģiskus testus, kas ļauj precīzāk izprast sensorās uztveres mehānismus un to ietekmi uz atbildes reakciju.

## 4. Materiāli un metodes

Pētījumā piedalījās 43 pacienti, kuriem gan implantācija, gan protezēšana tika veikta RSU Stomatoloģijas institūtā. Zobi un implantāti tika novērtēti gan ar intraorālu izmeklēšanu, gan rentgenoloģiski. Pēc rentgenoloģiskās apskates dabīgie zobi sadalīti 2 grupās – endodontiski ārstēti zobi (EĀZ) un endodontiski neārstēti zobi (ENZ). Pēc FDI nomenklatūras par endodontiski ārstētiem tika uzskatīti zobi, kam pulpas kamerā un/vai sakņu kanālā(-os) atrodas rentgenkontrastējošs materiāls [190]. Periapikālais statuss tika noteikts, izmantojot periapikālo indeksu (PAI), kur 1- periapikāli nenovēro izmaiņas, 2 – nelielas izmaiņas kaula struktūrā, 3- izmaiņas kaula struktūrā ar minerālvielu zudumu, 4 – periodontīts ar izteiktām rentgenoloģiski redzamām robežām, 5 – smags periodontīts saasināšanās periodā [191].

Kritēriji personas iekļaušanai pētījumā :

- vismaz 18 gadu vecums;
- pacienti, kuriem ir gan dabīgie zobi, gan implantāti;
- zobu periapikālais indekss 1 vai 2;
- implantāti ievietoti vismaz 5 mēnešus pirms pētījuma veikšanas;
- atsevišķi stāvoši zobi un implantāti;
- zobu kustīgums fizioloģiskās normas robežās;
- asimptomātiski zobi un implantāti.

Kritēriji personas izslēgšanai no pētījuma :

- zobi vai implantāti, kas iekļauti bloķētās konstrukcijās – tilti, bloķēti kroņi;
- slikta sadarbības iespēja ar pacientu;
- zobu periapikālais indekss 3 un vairāk;
- pacienti ar sūdzībām par sāpēm, jūtīgumu gan izmeklējamās, gan blakus stāvošajos zobos un implantātos;
- mutes atvēršanas grūtības, sāpes temporomandibulārajā locītavā.

Mērījumi notika Rīgas Stradiņa universitātes Cilvēka fizioloģijas un bioķīmijas katedrā speciāli pētījumam iekārtotā telpā. Visas izmeklējamās personas pirms pētījuma tika iepazīstinātas ar izmeklējuma norisi, kā arī parakstīja RSU Ētikas komisijas apstiprinātu pētījuma piekrišanas protokolu. Izmeklējumi notika klusā telpā, pēc iespējas ierobežojot ārējo faktoru ietekmi uz rezultātiem. Bez izmeklējamās personas telpā atradās 2 cilvēki – slodzes testu veicējs un datu reģistrētājs. Slodzes testi veikti ar

datorizētu spiedienjūtīgu mērinstrumentu („Power Lab” Data Acquisition System - modelis 4/25T, sensors – modelis MLT003/D; *ADInstruments*), kas modificēts pētījumiem mutes dobumā (8. un 9. attēls).



**8.attēls.** *ADInstruments* datorizēts spiedienjūtīgs mērinstruments



**9. attēls.** Slodzes testa mērinstruments modificēts pasīvā taktilā jutīguma sliekšņa mērīšanai zobārstniecības krēslā

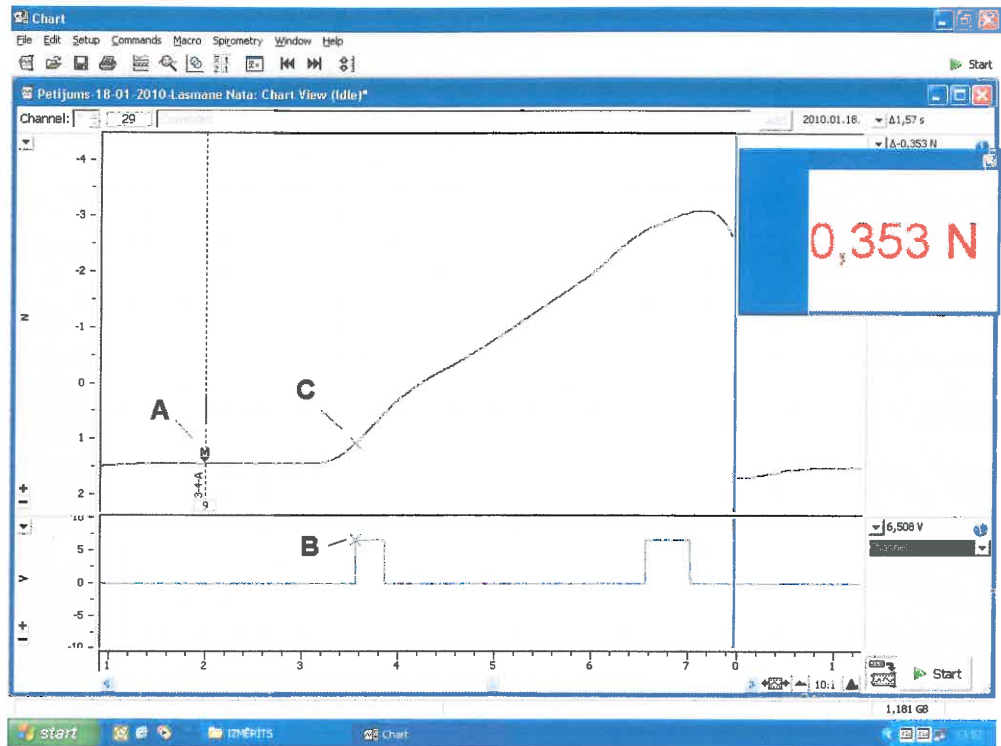
Mērinstrumenta kalibrēšanā tika izmantoti atsvari. Pētījuma laikā pacients atradās zobārstniecības krēslā sēdus pozā, viņa acis bija aizvērtas. Lai atvieglotu procedūru, tika izmantots mutes pletējs. Atsevišķi stāvoši zobi un implantāti tika slogoti aksiāli, tas ir, vertikālā virzienā paralēli garenasij (10.attēls).



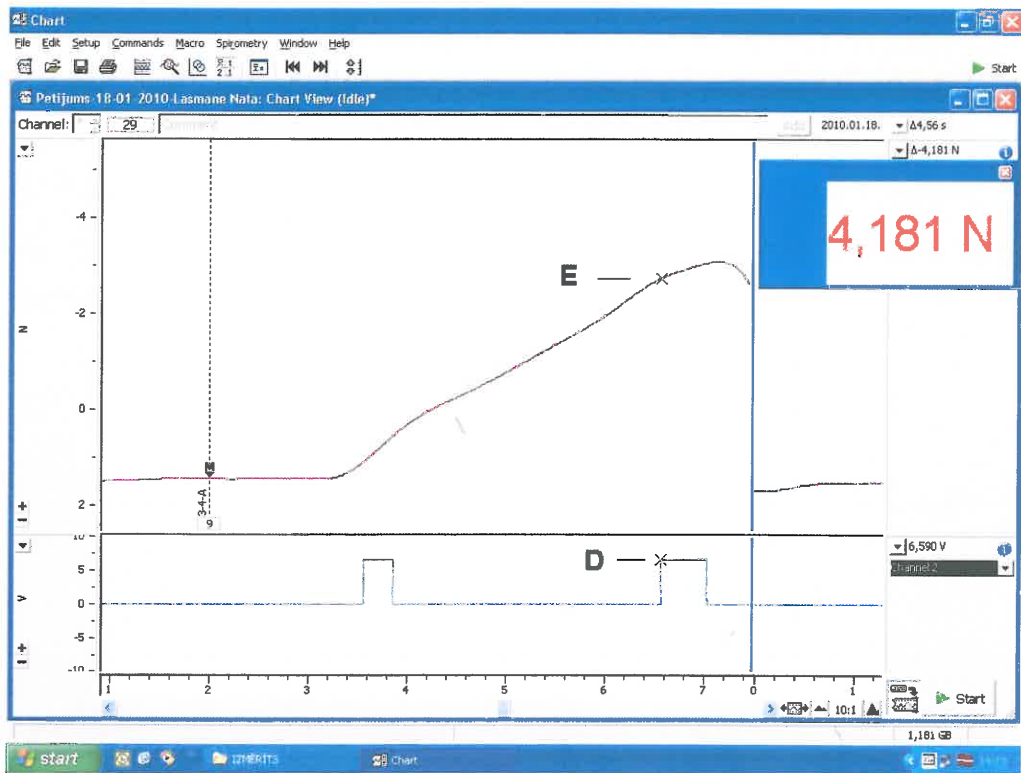
10. attēls. Slodzes testa shematisks attēlojums

Pacientam rokās bija signālpoga. Dabīgiem zobiem un osseointegrētiem implantātiem datorizēti tika reģistrēti slodzes absolūtās un diferenciālās jutības parametri, testējot ar vienmērīgi pieaugošu aksiālo spiedienu:

1. P1 – minimālā spiediena vērtība (N), kuru pacients sajuta kā sensora pieskārienu (*pasīvais absolūtais taktilais sliekšnis*) (11.attēls).
2. P2 - minimālā spiediena vērtība (N), spiedienam vienmērīgi palielinoties, kas tika atšķirta no P1 (12.attēls).



**11. attēls.** Slodzes testa līkne: A- mērījuma sākumpunkts, sensors vēl nebija pieskāries, B- brīdis, kad pacients sajuta pieskārienu un nospieda signālpogu, C- uz līknes tika nolasiāts atbilstošs mērījums ņūtonos (N) - šajā gadījumā P1 (*pasīvais absolūtais taktilais sliekšnis*) bija 0,353 N



**12.attēls.** Slodzes testa turpinājums: D- brīdis, kad pacients sajuta spiediena pieaugumu attiecībā pret *pasīvo absolūto taktilo sliekšni*, E - uz līknes tika nolasiāts atbilstošs mērījums ņūtonos (N) - šajā gadījumā P2 bija 4,181 N

Pirms pētījuma uzsākšanas tika veikti vairāki izmēģinājuma testi, lai pacients saprastu procedūras būtību. Pirms katra slodzes testa izmeklējamai personai tika paziņots mutiski par tā sākumu. Pētījumu veicošās personas savā starpā sazinājās ar nosacītiem apzīmējumiem, lai savstarpējā komunikācija neietekmētu izmeklējamās personas uzmanību. Izmeklējamais zobs vai implantāts tika iedalīts pēc lokalizācijas un statusa. Lokalizācija tika noteikta pēc zobārstniecībā pieņemtās klasifikācijas, kas ietver kvadranta numuru un kārtas numuru. Statusa noteikšanā tika pieņemts: A – endodontiski neārstēts zobs; B – endodontiski ārstēts zobs; C- implantāts. Piemēram, 24A – otrā kvadranta ceturtais zobs, endodontiski neārstēts; 16B – pirmā kvadranta sestais zobs, endodontiski ārstēts; 35C – implantāts trešā kvadranta piektā zoba rajonā.

Slodzes testi tika veikti 80 implantātiem, 173 endodontiski neārstētiem zobiem un 63 endodontiski ārstētiem zobiem. Katram atsevišķi stāvošajam zobam vai implantātam mērījumi tika atkārtoti 3 reizes. Pavisam tika veikti 948 slodzes testi.

#### Statistiskā analīze

Datu analīzē izmantotas aprakstošās un analītiskās statistikas metodes. Tika aprēķinātas dabīgo zobu un osseointegrētu implantātu PATS un PDTS vidējās vērtības. Vidējo vērtību atšķirības statistisko ticamību noteica, izmantojot t-testu. Par atšķirības statistiskās ticamības līmeni tika pieņemta p vērtība 0,05. Taktilā jutīguma savstarpējās saistības ar vecumu un dzimumu izvērtēšanai izmantoja ANOVA varianču analīzi.

Lai analizētu sakarību starp kairinātāja stiprumu un sajūtas intensitāti, tika izmantots *Vēbera likums* [8]. Diferenciācijas spēju kvantitatīvai vērtēšanai izmantoja diferenciālās jutības (Vēbera) koeficientu :

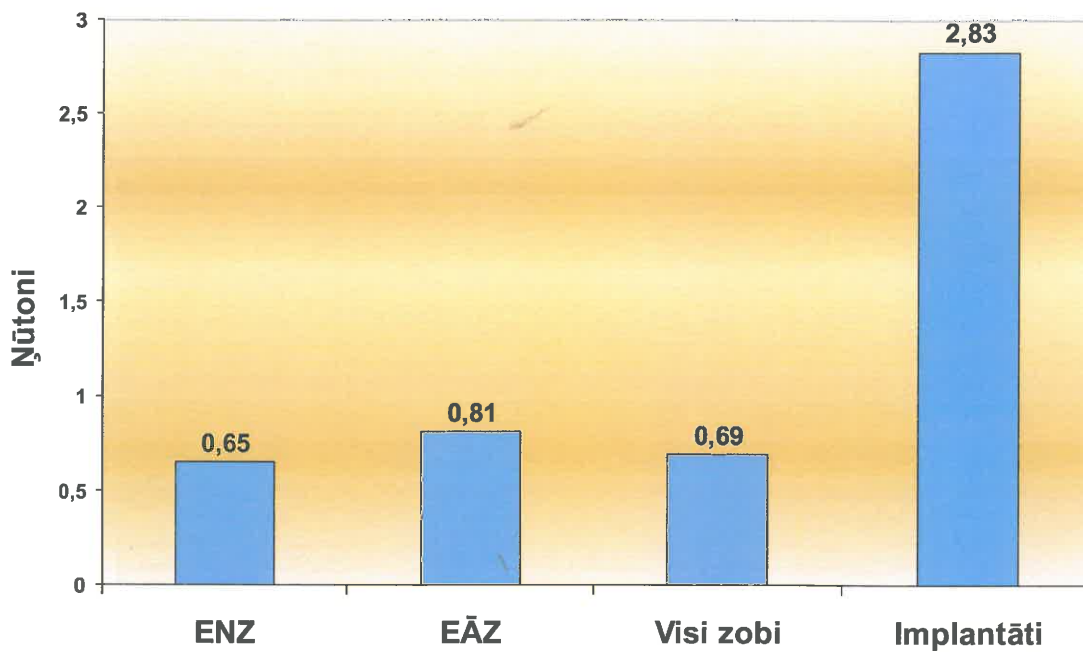
$$C = (P2 - P1) / P1 .$$

## 5. Rezultāti

Pētījumā piedalījās 43 pacienti, no kuriem 65,1% bija sievietes (n=28) un 34,9% (n=15) – vīrieši. Pētījuma dalībnieku vidējais vecums bija 40,1 gads (vecuma diapazons no 21 līdz 71 gadam). Sievietēm vidējais vecums bija 38,3 gadi, vīriešiem – 43,4 gadi.

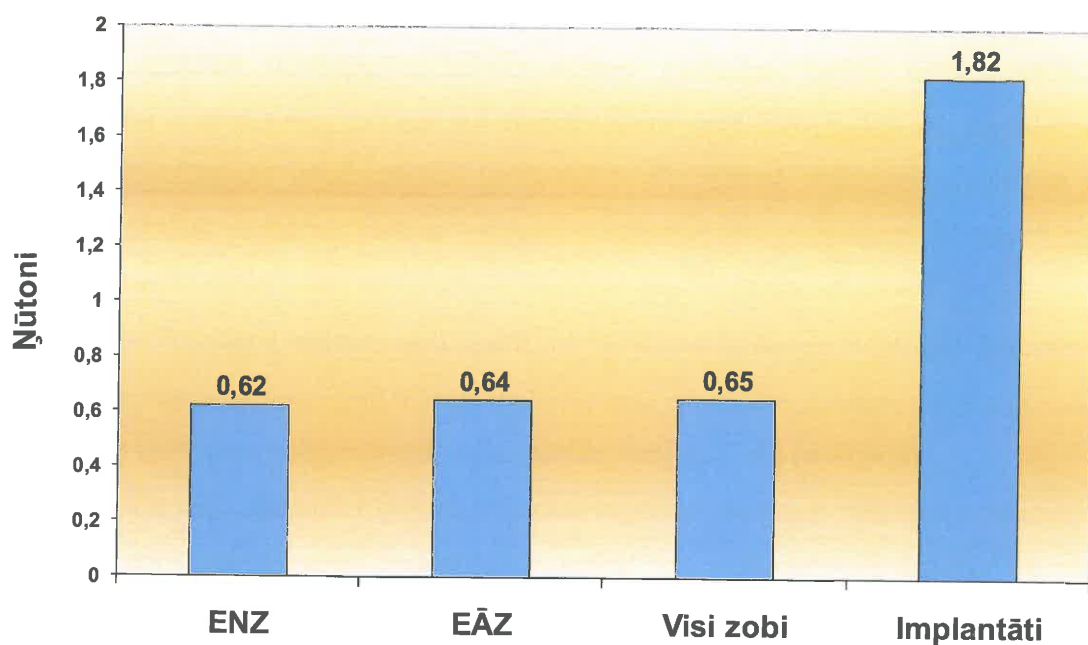
### 5.1. Pasīvais absolūtais taktilais sliekšnis dabīgiem zobiem un osseointegrētiem implantātiem

Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa (PATS) rādītāji zobiem – endodontiski ārstētiem un neārstētiem – un implantātiem parādīti 13., 14. un 15. attēlā.

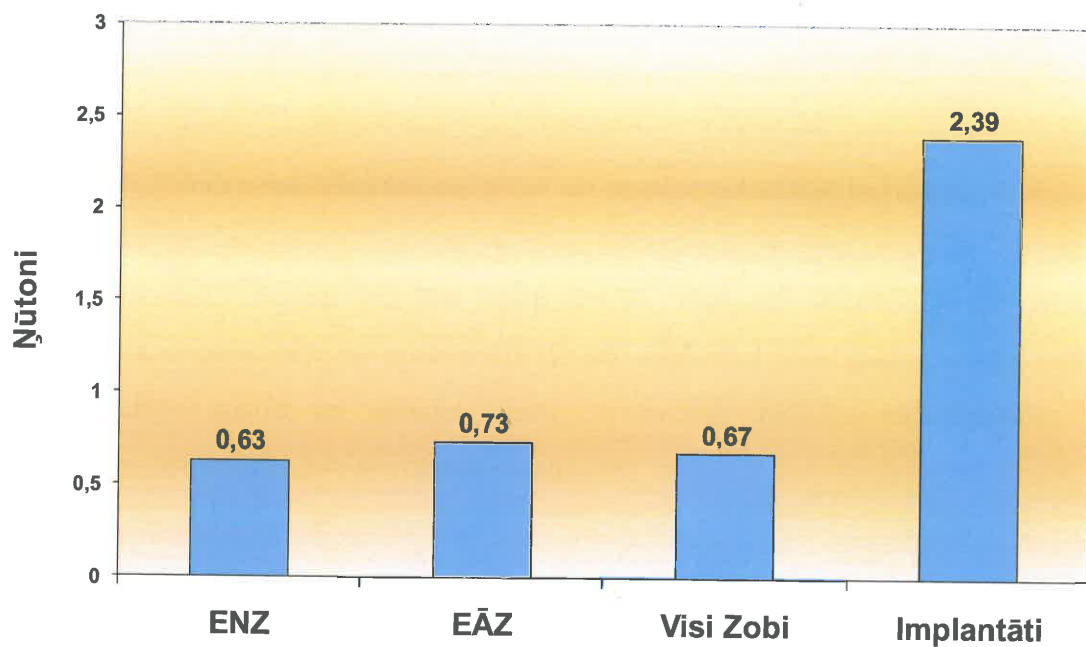


13.attēls. Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējie rādītāji augšžoklī





14.attēls. Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējie rādītāji apakšžoklī



15.attēls. Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējie rādītāji abos žokļos kopā

Implantātu PATS vidējie rādītāji kā augšžoklī, tā arī apakšžoklī un abos žokļos kopā bija ievērojami augstāki par zobu – endodontiski ārstētu un neārstētu – PATS rādītājiem.

Augšžoklī novēroja statistiski ticamu atšķirību PATS vidējos rādītājos endodontiski neārstētiem zobiem un implantātiem ( $p < 0,0001$ ), kā arī endodontiski ārstētiem zobiem un implantātiem ( $p < 0,0001$ ). Šī būtiskā atšķirība saglabājās arī, salīdzinot PATS rādītājus visiem zobiem, neatkarīgi no endodontiskā stāvokļa, ar implantātiem.

PATS vidējie rādītāji apakšžoklī arī būtiski atšķīrās endodontiski neārstētiem zobiem un implantātiem ( $p < 0,0001$ ), endodontiski ārstētiem zobiem un implantātiem ( $p = 0,0001$ ) un visiem zobiem kopā, salīdzinot ar implantātiem ( $p < 0,0001$ ).

Tādu pašu statistiski ticamu atšķirību augstāk minētajos rādītājos novēroja arī, salīdzinot abos žokļos kopā endodontiski neārstētus, endodontiski ārstētus un visus zobus ar implantātiem (visos trīs gadījumos  $p < 0,0001$ ).

Statistiski ticamu atšķirību PATS vidējos rādītājos endodontiski neārstētiem zobiem, salīdzinot ar endodontiski ārstētiem zobiem nekonstatēja ne augšžoklī, ne apakšžoklī, ne arī abos žokļos kopā.

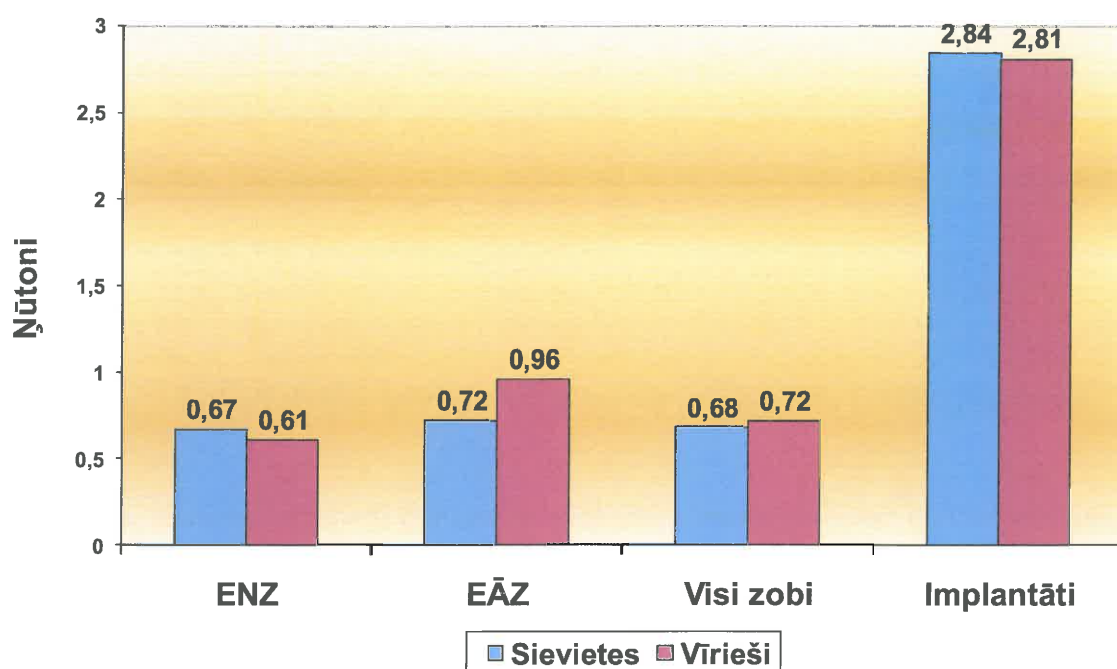
Salīdzinot augšžokli un apakšžokli, statistiski ticamu atšķirību PATS rādītājos novēroja tikai implantātiem ( $p = 0,042$ ).

## **5.2. Vecuma ietekme uz zobu un implantātu taktilo jutīgumu**

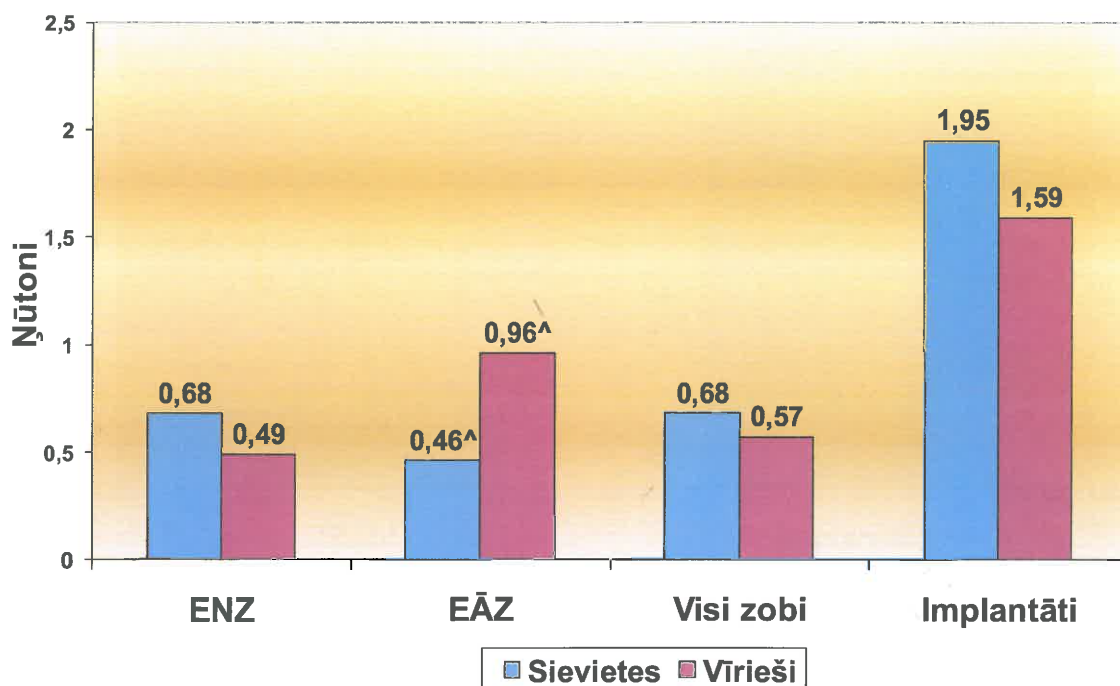
Statistiski ticamu saistību starp PATS vidējiem rādītājiem un vecumu nekonstatēja ne augšžoklī, ne apakšžoklī, ne arī, analizējot abus žokļus. PATS vidējie rādītāji nebija saistīti ar vecumu, proti, nenovēroja rādītāju palielināšanās vai samazināšanās tendenci līdz ar vecuma pieaugumu.

## **5.3. Dzimuma ietekme uz zobu un implantātu taktilo jutīgumu**

Vidējo PATS rādītāju salīdzinājums augšžoklī un apakšžoklī atkarībā no dzimuma parādīti 16. un 17. attēlā.



16.attēls. Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējo rādītāju salīdzinājums augšžoklī atkarībā no dzimuma

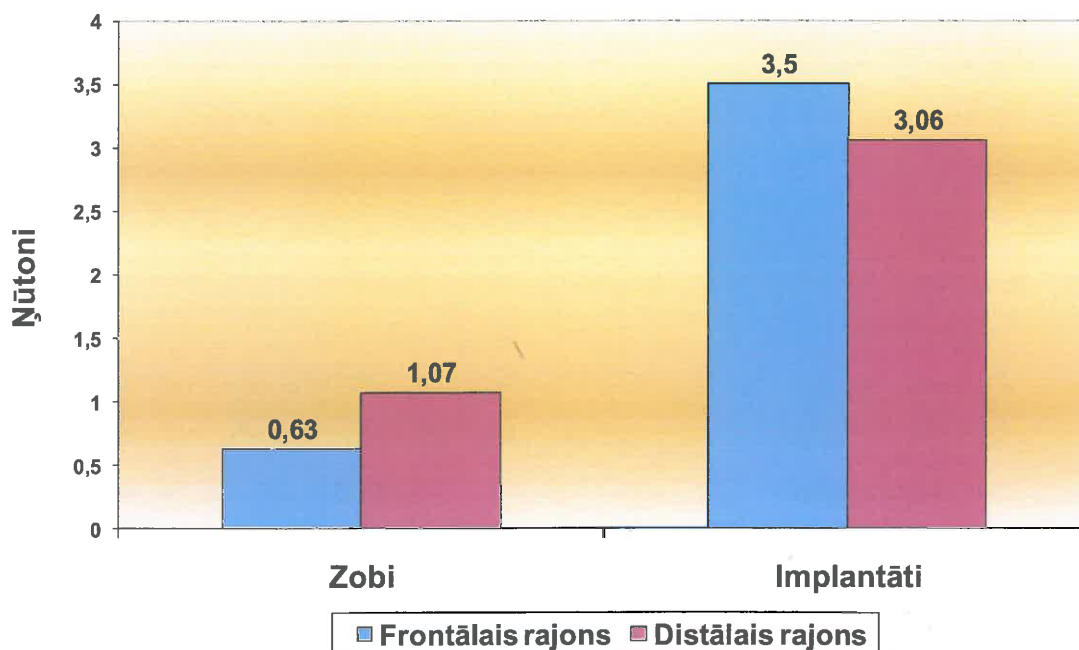


17.attēls. Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējo rādītāju salīdzinājums apakšžoklī atkarībā no dzimuma (^ p=0,04)

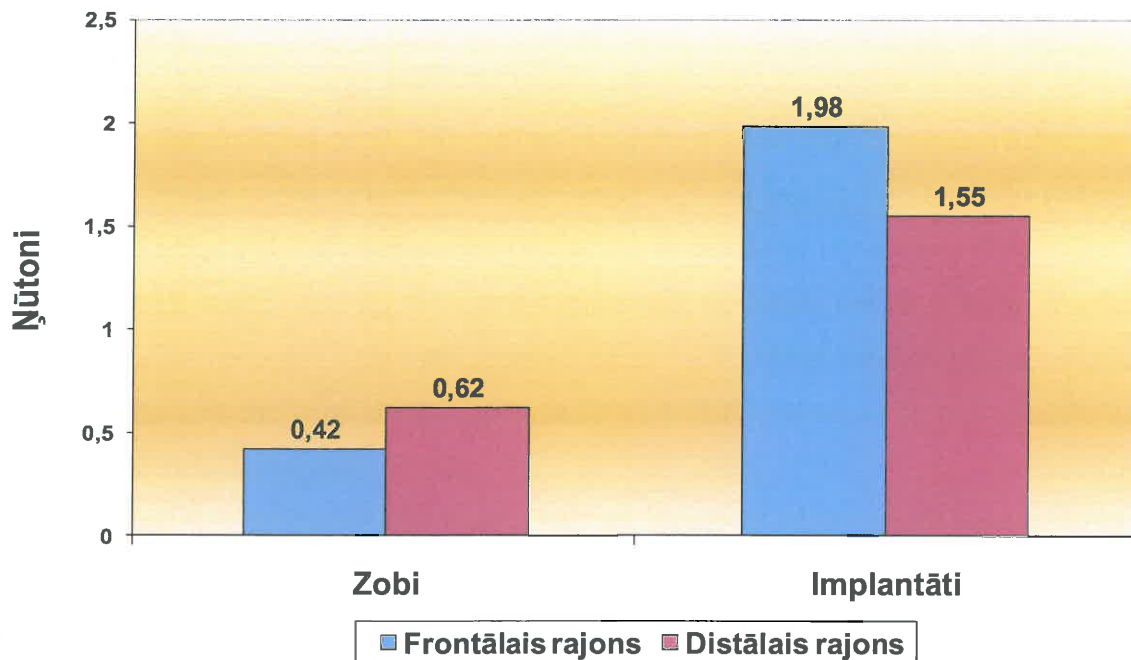
Salīdzinot vidējos PATS rādītājus augšžoklī un apakšžoklī atkarībā no dzimuma, statistiski ticamas atšķirības starp sievietēm un vīriešiem nekonstatēja, izņemot endodontiski ārstētus zobus apakšžoklī, kur pasīvā taktilā sliekšņa vidējais rādītājs sievietēm bija zemāks nekā vīriešiem (0,46 N, salīdzinot ar 0,96 N, atšķirības  $p=0,04$ ).

#### 5.4. Lokalizācijas ietekme uz zobu un implantātu taktilo jutīgumu

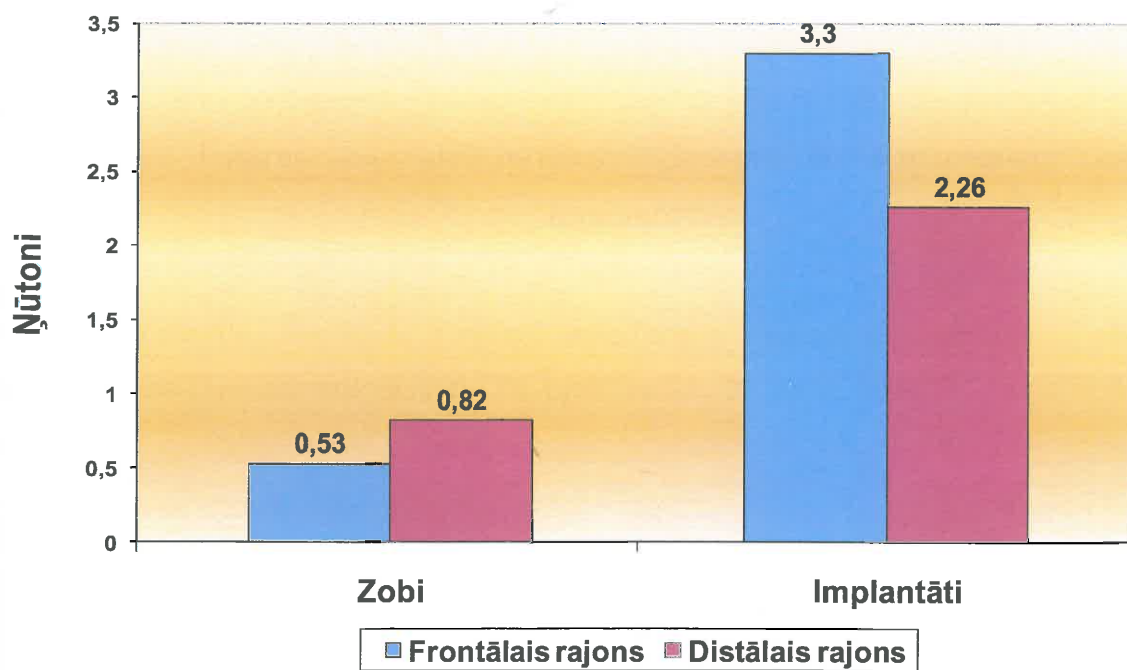
Lai analizētu zoba vai implantāta atrašanās vietas ietekmi uz taktilo jutīgumu, pēc lokalizācijas tika izdalītas 2 grupas – frontālais rajons un distālais rajons. Frontālajā rajonā tika iekļauti visu 4 kvadrantu 1.-ie un 2.-ie zobi un implantāti (incisīvu rajons), savukārt distālajā rajonā tika iekļauti visu 4 kvadrantu 5.-ie un 6.-ie zobi un implantāti (2. premolāra un 1. molāra rajons). Vidējo PATS rādītāju salīdzinājums zobu un implantātu grupās augšžoklī, apakšžoklī un abos žokļos kopā atkarībā no lokalizācijas parādīti 18., 19. un 20. attēlā.



**18.attēls.** Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējo rādītāju salīdzinājums augšžoklī atkarībā no lokalizācijas



19.attēls. Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējo rādītāju salīdzinājums apakšžoklī atkarībā no lokalizācijas



20.attēls. Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējo rādītāju salīdzinājums abos žokļos kopā atkarībā no lokalizācijas

Atkarībā no lokalizācijas implantātu PATS vidējie rādītāji kā augšžoklī, tā arī apakšžoklī un abos žokļos kopā bija statistiski ticami augstāki par zobu PATS vidējiem rādītājiem.

Augšžoklī novēroja statistiski ticamu atšķirību PATS vidējos rādītājos zobiem atkarībā no lokalizācijas ( $p=0,028$ ) – frontālā rajona zobiem PATS vidējie rādītāji bija zemāki kā distālā rajona zobiem. Savukārt augšžokļa implantātu PATS vidējo rādītāju atšķirība atkarība no lokalizācijas nebija statistiski ticama.

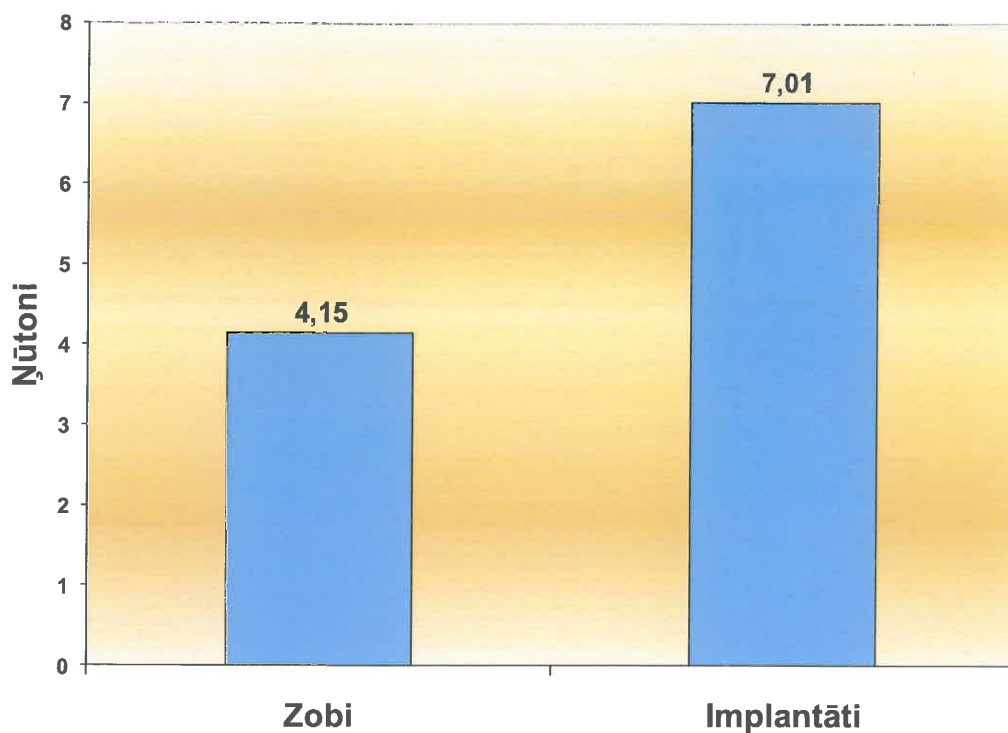
PATS vidējie rādītāji zobiem arī apakšžoklī statistiski ticami atšķīrās atkarībā no lokalizācijas ( $p=0,036$ ) - frontālā rajona zobiem PATS vidējie rādītāji bija zemāki kā distālā rajona zobiem. Apakšžokļa implantātu PATS vidējo rādītāju atšķirība atkarība no lokalizācijas nebija statistiski ticama.

Abos žokļos kopā PATS vidējie rādītāji zobiem distālajā rajonā bija statistiski ticami augstāki kā frontālajā rajonā ( $p=0,011$ ), savukārt implantātu PATS vidējo rādītāju atšķirība atkarībā no lokalizācijas – frontāli vai distāli - nebija statistiski ticama.

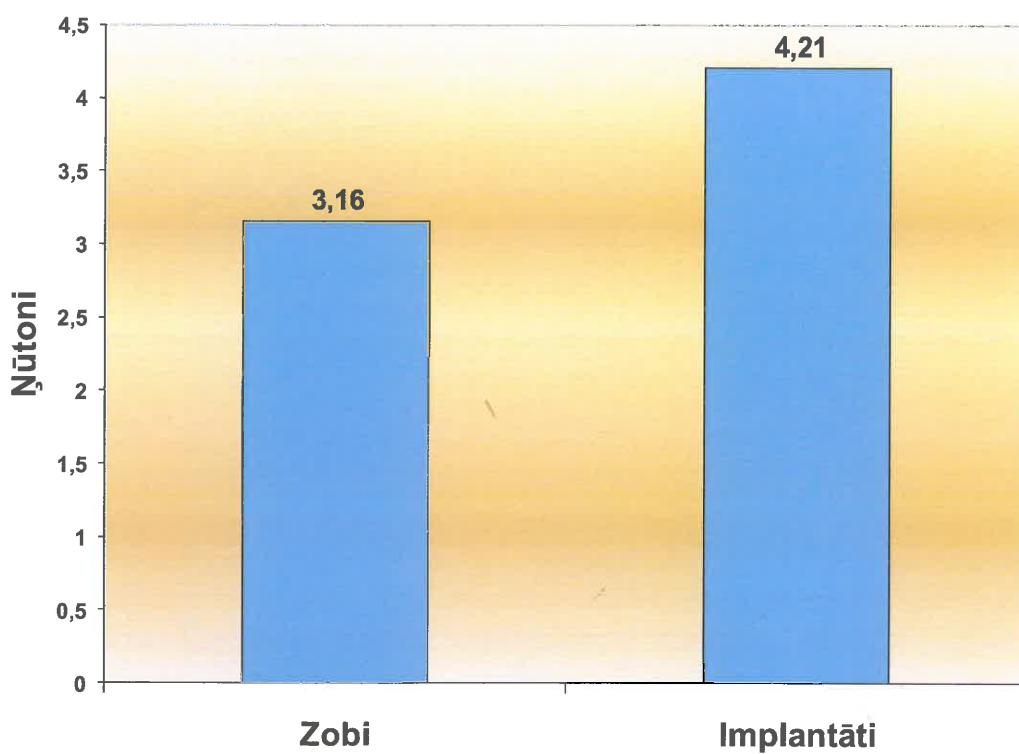
Salīdzinot augšžokli un apakšžokli, zobiem novēroja statistiski ticamu atšķirību PATS vidējos rādītājos gan frontālajā, gan distālajā rajonā ( $p=0,05$ ), savukārt implantātiem statistiski ticamu atšķirību augšžoklī un apakšžoklī konstatēja tikai distālajā rajonā ( $p=0,022$ ).

### **5.5. Diferenciālā taktilā jutība dabīgiem zobiem un osseointegrētiem implantātiem**

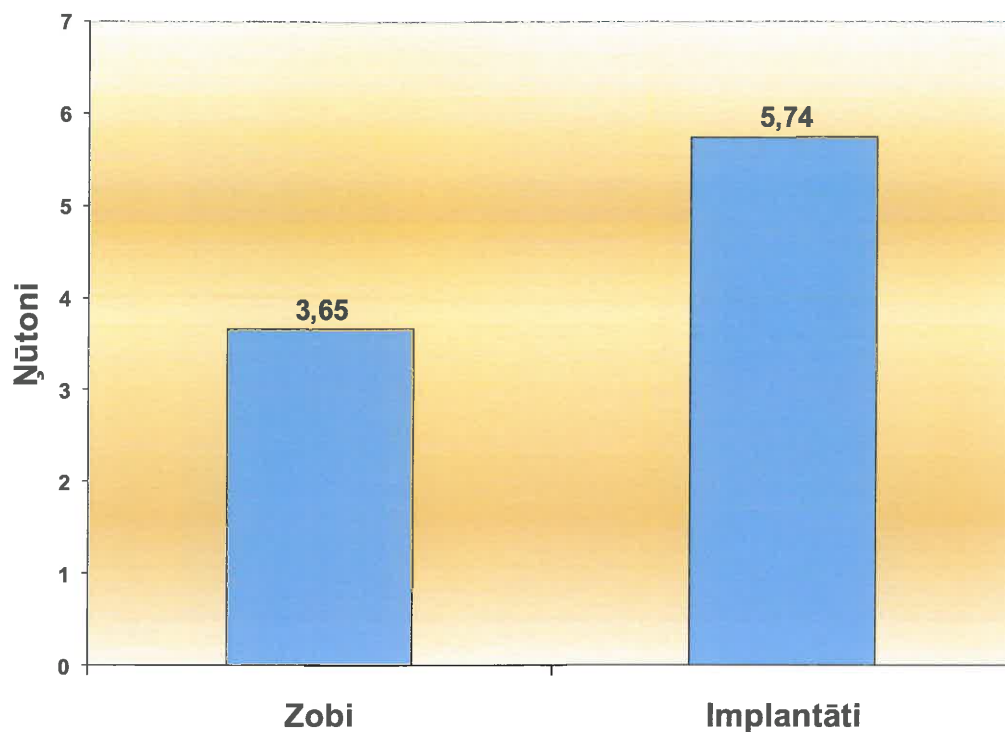
Minimālā spiediena vērtības, spiedienam vienmērīgi palielinoties, ko izmeklējamās personas atšķīra no PATS, parādītas 21., 22. un 23. attēlā.



21.attēls. Augšžokļa vidējā minimālā spiediena vērtība, spiedienam vienmērīgi palielinoties, kas tika atšķirta no pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa

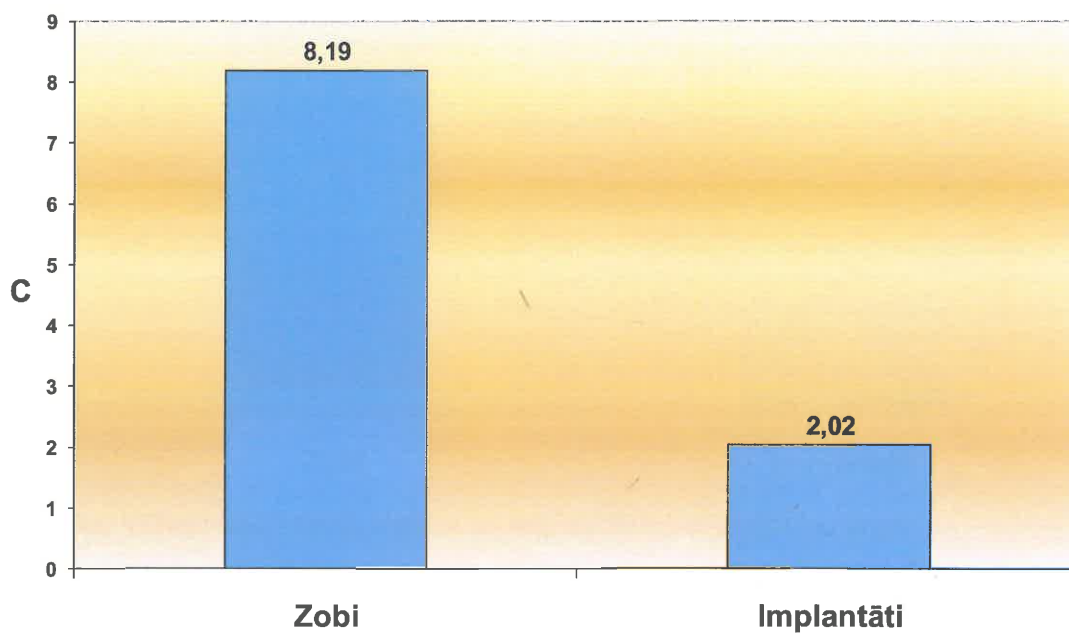


22.attēls. Apakšžokļa vidējā minimālā spiediena vērtība, spiedienam vienmērīgi palielinoties, kas tika atšķirta no pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa



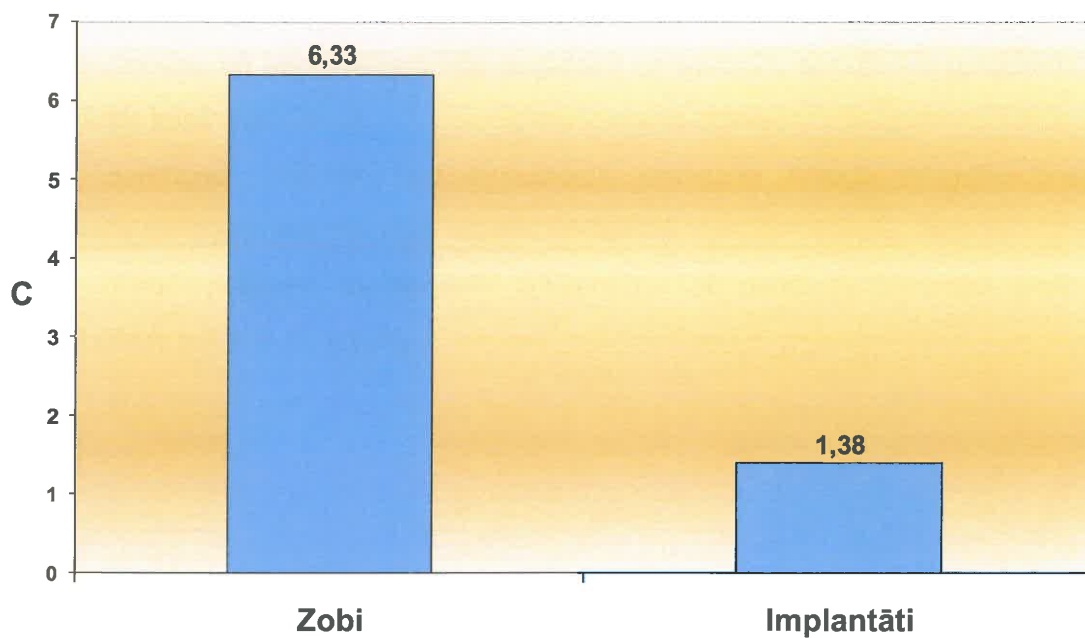
**23.attēls.** Augšžokļa un apakšžokļa vidējā minimālā spiediena vērtība, spiedienam vienmērīgi palielinoties, kas tika atšķirta no pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa

Diferenciālās jutības koeficients zobiem un implantātiem parādīts 24., 25. un 26. attēlā.

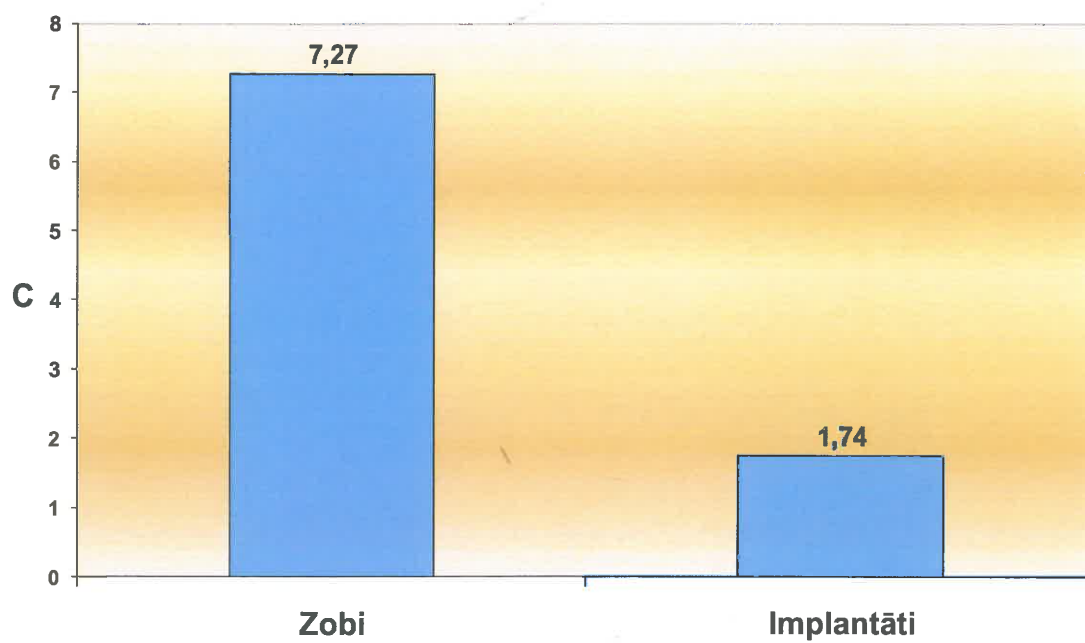


**24.attēls.** Vēbera koeficients zobiem un implantātiem augšžoklī





25.attēls. Vēbera koeficients zobiem un implantātiem apakšžoklī



26.attēls. Vēbera koeficients zobiem un implantātiem abos žokļos kopā

Vēbera koeficients zobiem kā augšžoklī, tā arī apakšžoklī un abos žokļos kopā bija ievērojami augstāks par implantātu rādītājiem. Statistiski ticama Vēbera koeficienta atšķirība zobiem un implantātiem bija augšžoklī ( $p=0,0002$ ), apakšžoklī ( $p<0,0001$ ) un abos žokļos kopā ( $p<0,0001$ ).

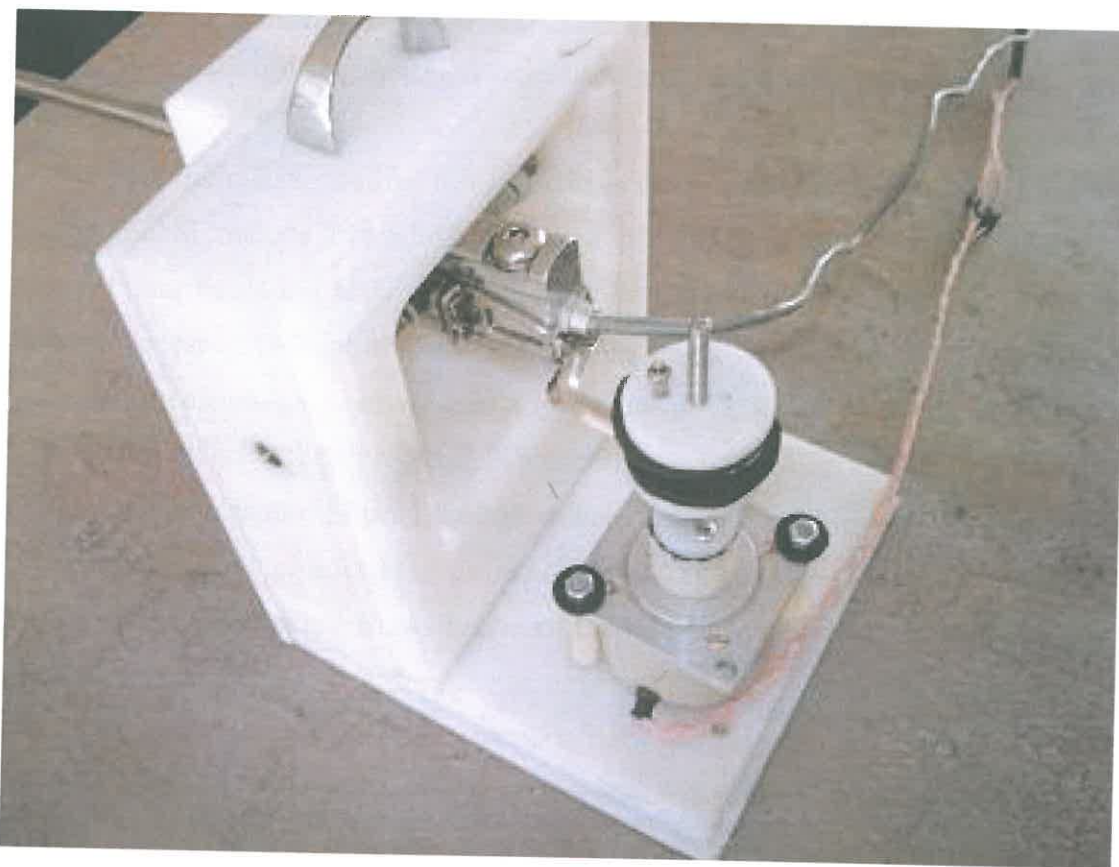
Salīdzinot augšžokli un apakšžokli, statistiski ticamu atšķirību Vēbera koeficienta rādītājos novēroja tikai zobiem ( $p=0,048$ ).

Visu pētījumā iegūto datu apkopojums ar standarta novirzēm atrodams PIELIKUMĀ NR.1 3.-7. tabulā.

## 6. Diskusija

### 6.1. Pētījuma metodikas izvērtējums

Izstrādājot slodzes testa veikšanas metodoloģiju, tika aprobētas vairākas metodes. Spiedienjūtīgā mērinstrumenta modifikācijas fāzē slodzes testi tika veikti manuāli. Tālāk pētījuma *in vivo* fāzē slodzes tests tika veikts ar speciāla elektromotora palīdzību, kas ļāva kontrolēt pieliktās slodzes ātrumu (27. un 28. attēls). Tomēr, izmantojot šo metodi, slodzes tests ieilga, kā rezultātā izmeklējamā persona nogura. Bija grūti arī pilnībā izslēgt elektromotora radītās vibrācijas uz mērinstrumenta uzgali, kā arī tā radīto troksni testēšanas laikā.



27.attēls. „Power Lab” Data Acquisition System (*ADInstruments*) spiedienjūtīgais sensors tika kustināts ar elektromotora palīdzību



**28.attēls.** Slodzes testa ātrums un virziens tika kontrolēts ar speciāla slēdža palīdzību

Kā optimālāko slodzes testa veikšanas veidu atradām spiešanas spēka manuālu pieaugumu. Šī metode ļāva salīdzinoši ātri un precīzi izpildīt mērījumu. Kā trūkums šai metodei minams slodzes testa veicēja individuālā ietekme uz šo procesu. Šis cilvēciskais faktors pēc iespējas minimizēts, visus mērījumus veicot vienai un tai pašai personai.

Spiedienjūtīgā mērinstrumenta testēšanas laikā, kā arī slodzes testa metodikas izstrādāšanas laikā aktuāla problēma bija izvairīšanās no mērinstrumenta uzgaļa saskares ar zobu vai implantātu. Šī priekšlaicīgā saskare traucēja izmeklējamai personai saprast procesa būtību, tai bija ietekme uz rezultātiem. Lai gan atsevišķi autori uzskata, ka pasīvā taktīlā sliekšņa mērīšanas gadījumā mērinstrumentam jābūt savienotam ar zobu [54], mēs slodzes testus veicām, mērinstrumentu vienmērīgi un lēnām tuvinot pie zoba vai implantāta. Šajā pētījumā neizmantojām tiešu mērinstrumenta savienojumu ar zobu vai implantātu, jo šāda savienojuma veida gadījumā pacienti atzīmēja pieskāriena un spiediena sajūtu jau pirms slodzes testa uzsākšanas. Gan osseointegrēti implantāti, gan īpaši dabīgie zobi uztver pat dažu gramu slogojumu [136], kas zināmā mērā sarežģī mērījumu veikšanu.

Taktilo sajūtu ietekmē arī materiāla, kurš kontaktē ar zobu vai implantātu, mehāniskās un termālās īpašības [192]. *Jacobs* un *Van Steenberghe* [54] uzskata, ka viens no pētījumu dažādo rezultātu iemesliem varētu būt testēšanā izmantojamo materiālu atšķirīgās īpašības, piemēram, plastmasa salīdzinājumā ar metālu, un ka zoba pulpas termoreceptori reaģē uz saskarsmē esošo materiālu, tā ietekmējot sensoru uztveri. Arī šajā pētījumā mēs izmēģinājām vairākus mērinstrumenta uzgaļa materiālus. Par optimālāko materiālu saskarei ar zobu un implantātu izvēlējāmies 3 mm diametrā un 2 mm biezu silikona cilindru.

Mērījumu procesu iespaidojošs faktors bija arī izmeklējamās personas ērta poza un salīdzinoši nekustīgas galvas pozīcijas nodrošināšana. Par optimālu tika atrasta sēdus poza zobārstniecības krēslā, galva tika atbalstīta speciālā kakla muskuļus relaksējošā spilvenā. Šādā veidā tika iegūts pietiekami stabils augšžokļa stāvoklis, savukārt salīdzinoši stabili apakšžokļa pozīciju ieguvām, izmeklējamai personai lūdzot saglabāt konstanti atvērtu muti. Mutes pletējs palīdzēja izvairīties no iedarbības uz zobam vai implantātam tuvumā esošajiem receptoriem (vaigu un lūpu gļotādā), kā arī vieglāk piekļūt zobu loka distālajiem rajoniem.

Lai izvairītos no izmeklējamo personu automātisma slodzes uztverē un signalizēšanā, ik pa brīdim tika izmantoti kontroles testi, tas ir, pieliktā slodze tika saglabāta konstantā līmenī un tika vērots, vai persona nesignalizē par slodzes pieaugumu. Tika arī variēts laiks no izmeklējamai personai pateiktā slodzes testa sākuma brīža līdz reālajam pieskāriena brīdim. Kontroles testus taktilā jutīguma mērījumos atzīst arī *Jacobs* un *Van Steenberghe* [54].

## 6.2. Taktilo jutīgumu raksturojošo parametru analīze

Šajā pētījumā tika konstatēts, ka atšķiras pasīvais absolūtais taktilais sliexsnis dabīgiem zobiem un osseointegrētiem implantātiem – zemākais sliexsnis tika reģistrēts endodontiski neārstētiem zobiem, nedaudz augstāks tas bija endodontiski ārstētiem zobiem, visaugstākais – implantātiem. Implantātu PATS vidējie rādītāji kā augšžoklī, tā arī apakšžoklī un abos žokļos kopā bija statistiski ticami augstāki par zobu – endodontiski ārstētu un neārstētu – PATS rādītājiem. Pētījumā vidējais pasīvais absolūtais taktilais sliexsnis implantātiem bija 3.6 reizes lielāks kā zobiem. Pacienti implantātu slogojumu sajuta pie lielāka spēka salīdzinājumā ar zobiem. Iegūtie dati

liecina, ka dabīgiem zobiem un osseointegrētiem implantātiem atšķiras taktilais jutīgums – zobi ir jutīgāki par implantātiem. Analizējot literatūru, arī citi autori pārsvarā uzskata, ka zobu taktilā jutība ir vairākas reizes augstāka par implantātu taktilo jutību [82, 135, 140, 147, 170, 173, 188]. Dabīgo zobu gadījumā taktilo sajūtu galvenokārt ietekmē periodonta receptori [135], savukārt implantātu gadījumā šis receptīvais mehānisms ir zudis, taču taktilais jutīgums joprojām saglabājas. Implantātu anestēzijas pētījumi ļauj secināt, ka slodzes iedarbību uz tiem sajūt receptori tuvumā esošos audos, piemēram, periostā, muskuļos un temporomandibulārajā locītavā. Diskutabls ir jautājums, vai pašā kaulā ir struktūras, kas atbild par taktilo sajūtu. Ir pētnieki, kas domā, ka kaulā ir mehanoreceptori [75, 193], savukārt tādu pētnieku kā *Klineberg, Calford, Dreher, Henry, Macefield, Miles, Rowe, Sessle* un *Trulsson (2005)* saskaņotajā viedoklī secināts, ka nav precīzu datu, kas liecinātu par kaulā, kaula smadzenēs vai periostā lokalizētu struktūru iesaisti sensorajā uztveres mehānismā.

Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējās vērtības atšķirās augšžoklī un apakšžoklī. Lai gan grupās VISI ZOBI, ENZ, EĀZ šis sliekšnis bija nedaudz zemāks apakšžoklī, tomēr statistiski ticama atšķirība zobu taktilajam jutīgumam augšžoklī un apakšžoklī netika atklāta. Savukārt IMPLANTĀTU grupā taktilā jutīguma atšķirība abos žokļos bija statistiski ticama ( $p=0,042$ ) - PATS vidējā vērtība augšžoklī bija par 55.5% lielāka kā apakšžoklī. Apakšžoklī pacienti implantātu slogojumu sajuta pie zemāka spēka salīdzinājumā ar augšžokli. Lielāku apakšžokļa jutību varētu veicināt papildus receptori temporomandibulārajā locītavā un muskuļos [27], šīs receptoru grupas nav iesaistītas, slogojot augšžokli.

Analizējot endodontiski ārstētu un endodontiski neārstētu zobu taktilo jutīgumu, gan augšžoklī, gan apakšžoklī, gan abos žokļos kopā PATS vidējās vērtības endodontiski ārstētiem zobiem bija augstākas, tomēr statistiski ticama atšķirība netika konstatēta. Nelielās atšķirības ENZ un EĀZ grupās varētu būt izskaidrojamas ar to, ka taktilo sajūtu vitāliem zobiem nodrošina gan periodonta, gan intradentālie pulpas mehanoreceptori [6], savukārt devitāliem zobiem zudusi pulpas sensorā uztvere. Pēc iegūtiem datiem var secināt, ka pulpas mehanoreceptoriem ir neliela ietekme uz zoba taktilo jutīgumu. Arī literatūrā atrodamajos pētījumos ir dažādi viedokļi par zoba pulpas ietekmi uz taktilo sajūtu. *Loewenstein un Rathkamp* [23] savā pasīvā taktilā jutīguma pētījumā secināja, ka absolūtais taktilais sliekšnis vitāliem zobiem ir zemāks kā devitāliem zobiem, savukārt *Linden* [22] atklāja, ka vitāliem un devitāliem zobiem

pasīvais absolūtais taktilais sliekšnis neatšķiras. Arī *Jacobs* un *Van Steenberghe* [17] uzskata, ka vitāliem un devitāliem zobiem ir līdzīgs taktilais jutīgums.

Šajā pētījumā netika konstatēta statistiski ticama saistība starp zobu un implantātu pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējiem rādītājiem un vecumu. PATS vidējos rādītājus neietekmēja vecums, proti, nenovēroja rādītāju palielināšanās vai samazināšanās tendenci līdz ar vecuma pieaugumu. Ir atrodami pētījumi, kas atklāj, ka vecumam ir ietekme uz taktilo jutīgumu [56, 153, 174], taču vairāki pētījumi neatklāj saistību starp taktilo jutīgumu un pacientu vecumu [150, 151, 175, 189]. Kopējo cilvēka taktilo sensoru uztveri vecums varētu ietekmēt tāpēc, ka ar gadiem vairāki zobi tiek endodontiski ārstēti, zobi tiek vispār zaudēti, to aizvietošanai tiek izmantotas konstrukcijas, ar kurām taktilais jutīgums ir samazināts. Visa tā rezultātā galvas smadzenes nesaņem tik pilnīgu orālo sensoru aferento informāciju kā situācijā ar dabīgiem zobiem, kam vesels periodontālais komplekss.

Salīdzinot vidējos pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa rādītājus zobiem un implantātiem atkarībā no dzimuma, statistiski ticamas atšķirības starp sievietēm un vīriešiem netika konstatētas, izņemot endodontiski ārstētus zobus apakšžoklī, kur PATS vidējais rādītājs sievietēm bija zemāks nekā vīriešiem ( $p=0,04$ ). Šajā pētījumā tika salīdzinātas vairākas zobu un implantātu grupas atkarībā no dzimuma, un tikai vienā grupā tika atklāta šī statistiski ticamā atšķirība, kas varētu būt izskaidrojama ar salīdzinoši nelielo endodontiski ārstēto zobu skaitu apakšžoklī. Iegūtie dati ļauj secināt, ka dzimumam nav ietekme uz taktilo jutīgumu. Vairumā pētījumu autori neatklāj dzimuma ietekmi uz taktilo jutīgumu [151, 153, 166, 167, 172, 189], un tikai atsevišķi pētnieki atraduši taktilās sensorās uztveres saistību ar izmeklējamās personas dzimumu [156].

Gan analizējot augšžokli un apakšžokli atsevišķi, gan abus žokļus kopā, novēroja statistiski ticamu atšķirību pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējos rādītājos zobiem atkarībā no lokalizācijas – frontālā rajona zobiem PATS vidējie rādītāji bija zemāki kā distālā rajona zobiem. Atšķirības taktilajā jutīgumā priekšzobiem un sānu zobiem varētu izskaidrot ar dažādajām periodonta receptoru sensitīvajām īpašībām atkarībā no lokalizācijas [41]. Dzīvnieku pētījumi atklāj, ka atšķiras periodonta saišu arhitektūra dažādām zobu grupām [194], kā arī sānu zobos ir aptuveni 50 % mazāk periodonta receptoru salīdzinājumā ar priekšzobiem [195]. *Johnsen* un *līdzstrādnieki* [42] aktīvajā taktilā jutīguma pētījumā zobiem atklāja, ka spēki, kurus cilvēks lieto barības kumosa satveršanai un tālākai tā sakošļāšanai molāru rajonā ir lielāki kā incīsiņu

rajonā. Pētnieki secināja, ka periodonta saites sānu zobu rajonā ir vājāk inervētas kā priekšzobu rajonā. *Johnsen* un *Trulsson* [196] pētījumā secināja, ka zoba lokalizācija zobu rindā ietekmē taktilo jutību un ka sensorās spējas ir atkarīgas no zobu kustīguma, kuru ietekmē gan periodonta saišu virziens, gan sakņu anatomija un izmērs. Ir pētījumi, kas norāda, ka absolūtais taktilais sliekšnis incisiviem ir vienāds ar molāriem [166, 170], taču vairāki pētījumi atklāj, ka incisīvu absolūtais taktilais sliekšnis ir zemāks kā molāriem [23, 152, 184]. Lai gan literatūrā ir atrodams salīdzinoši neliels skaits publikāciju par periodonta receptoru sensitīvajām īpašībām atkarībā no lokalizācijas, tomēr priekšzobu paaugstinātā taktilā jutība varētu būt izskaidrojama ar barības satveršanas funkciju, kad galvas smadzenēm nepieciešama precīza informācija par barības konsistenci un formu, lai tālāk precīzi un saskaņoti varētu veikt sakošanas funkciju, ko pārsvarā nodrošina sānu zobi, kuriem tik augsta jutība fizioloģiski nav nepieciešama.

Lai gan implantātu pasīvā absolūtā sliekšņa vidējā vērtība distālajā rajonā bija zemāka kā frontālajā rajonā, tomēr PATS vidējo rādītāju atkarība no implantātu lokalizācijas nebija statistiski ticama. Arī šie dati apstiprina periodonta receptoru nozīmi slodzes sensorās uztveres mehānismā.

Apakšžoklī gan frontālā, gan distālā rajona zobiem PATS rādītāji bija statistiski nozīmīgi zemāki par atbilstošajiem rādītājiem augšžoklī. Implantātiem statistiski ticamu zemāku PATS vidējo vērtību konstatēja tikai apakšžokļa distālajā rajonā salīdzinot ar augšžokļa distālo rajonu. Apakšžokļa zobu un implantātu paaugstinātā jutība varētu būt izskaidrojama ar papildus receptoru grupu (temporomandibilārās locītavas un muskuļu) iesaisti slogošanas procesā. Vairākos pētījumos netika atklāta atšķirība taktilajā jutīgumā, salīdzinot augšžokli ar apakšžokli [23, 184, 189].

Diferenciālās jutības (Vēbera) koeficients zobiem kā augšžoklī, tā arī apakšžoklī un abos žokļos kopā bija statistiski ticami augstāks par implantātu rādītāju. Vēbera koeficients tika izmantots zobu un implantātu atšķiršanas spēju kvantitatīvai vērtēšanai. Šis koeficients zobiem bija aptuveni 4 reizes augstāks nekā implantātiem. Tas norāda, ka zobiem bija jāpieliek ievērojami lielāks spēks, lai izmeklējamā persona sajustu spiediena pieaugumu salīdzinājumā ar absolūto taktilo sliekšni. Diferenciālās jutības atšķirības varētu izskaidrot ar dažādajām vidēm, kādās atrodas zobi un implantāti. Zobs pie kaula stiprinās ar periodonta saitēm, kas ir elastīga vide [54], savukārt implantāts ir cieši integrējies ar kaulu, ir praktiski nekustīgs. Zobs sajūt jau nelielas slodzes iedarbību, savukārt, lai sajustu inensīvāku spiedienu, nepieciešams



ievērojami lielāks stimulš kā sākotnējais, jo periodonta saites ļauj zobam „iegrimt” alveolā, neizraisot sensoru reakciju. *Trulsson* [5] uzskata, ka informāciju no mehanoreceptoriem smadzenes primāri izmanto nevis aizsargreakcijai, bet gan kontrolējot nelielus spēkus ēdiena satveršanas un košļāšanas laikā. Periodonta receptoru augsto jutīgumu varētu izskaidrot ar fizioloģisku nepieciešamību pirms sakošļāšanas novērtēt barību, lai galvas smadzenēs veidotos atbilstoša reakcija konkrētā barības kumosa apstrādei. Savukārt pašai sakošļāšanai, kad darbojas jau lieli košanas spēki, šī smalkā un precīzā informācija galvas smadzenēm nav tik nepieciešama. Iespējams, šī iemesla dēļ, košļājot mīkstu barību, kurā negaidīti atrodas kāds ciets svešķermenis, veidojas sāpīga reakcija vai pat plombu un zoba pauguru lūzumi, jo galvas smadzenes saņēma sākotnēji informāciju par mīkstu barību, kuras apstrādei ir noteikts algoritms, kurā neiekļaujas cietas konsistences materiāls, kura apstrādei ir cits algoritms. Implantātu gadījumā dēļ periodonta receptoru trūkuma šis sensorās uztveres mehānisms ir izjaukts. Nepieciešama ievērojami lielāka slodze, lai veidotos sensorā reakcija. Taču implantātiem salīdzinājumā ar zobiem jāpieliek ievērojami mazāks spēks, lai izmeklējamā persona sajustu spiediena pieaugumu attiecībā pret absolūto taktilo sliekšni. Šo varētu minēt kā implantātu fizioloģiskās integritātes rādītāju, kas liecina, ka salīdzinoši augstā diferenciācijas spēja, spiedienam palielinoties, varētu būt kavējošs faktors pārslodzes un stresa veidošanā implantātu balstītās konstrukcijās. Jāatzīmē gan, ka vidējā minimālā spiediena vērtība, spiedienam vienmērīgi palielinoties, kas tika atšķirta no PATS, implantātiem bija augstāka kā zobiem.

Pētījumi par dabīgo zobu un osseointegrētu implantātu sensoro uztveri atklāj, ka implantātu gadījumā ir pazemināts taktilais jutīgums. Pasīvais taktilās jušanas sliekšnis osseointegrētiem implantātiem ir līdz 50 reizēm lielāks kā dabīgiem zobiem [82, 135, 136], savukārt izņemamām protēzēm tas ir līdz 75 reizēm lielāks kā dabīgiem zobiem [85]. *Mericske-Stern un līdzstrādnieki* [12] atklāja nozīmīgas atšķirības zobu un implantātu grupās, pētot pasīvo taktilo sliekšni (PTS) vertikāla un horizontāla slogojuma gadījumā. Zobu sakņu grupā vidējais PTS vertikālas slodzes gadījumā bija 4.5 g, bet horizontālas slodzes gadījumā 3.8 g. Implantātu grupā vidējais PTS vertikālas slodzes gadījumā bija 700 g, bet horizontālas – 580 g. Implantātu grupā taktilais sliekšnis tika konstatēts aptuveni 100 reizes lielāks kā dabīgiem zobiem. Viņu pētījumā arī atklāts, ka, slogojot zobus un implantātus, tie ir jutīgāki pret horizontālas slodzes iedarbību, salīdzinot ar vertikālu slogojumu.

Arī citi pētījumi atklāj, ka zobi ir vairāk jutīgi pret laterāliem spēkiem salīdzinājumā ar aksiāli vēršiem spēkiem [152, 184] Zoba slogošana horizontālā virzienā rada izteiktāku iedarbību uz mehanoreceptoriem, kā arī zemāku taktilo sliekšni. Šis varētu būt viens no okluzālās slodzes iedarbības aizsargmehānismiem [146]. *El – Sheikh un līdzstrādnieki* [197] noteica pasīvo jušanas sliekšni pacientiem ar totālu adentiju. Šajā pētījumā autori meklēja sakarību taktilā jutīguma saistībai ar vecumu, dzimumu, implantātu ievietošanas laiku un attālumu starp implantātiem. Autori secina, ka šo parametru ietekme uz implantātu taktilo jutīgumu nav statistiski nozīmīga. Šajā pētījumā izmantotie materiāli un metodes ir skaidri un saprotami aprakstītas, taču pētījuma ticamību iespaido nelielais izmeklēto pacientu skaits – 20 cilvēki. *Yamauchi and Amano* [193] pētīja pasīvo taktilo sliekšni safīra implantātiem un dabīgiem zobiem. Mērījumi tika veikti ar kalibrētām *Fon Freija (von Frey)* šķiedrām. Pētījumā tika atklāts, ka PTS dabīgiem zobiem aksiāla slogojuma gadījumā ir robežās no 1 g līdz 21.4 g, savukārt implantātiem šis sliekšnis ir robežās no 54 g līdz 119.9 g. Arī šajā pētījumā zobi uzrādīja augstāku taktilo jutīgumu salīdzinājumā ar implantātiem. Abi pētnieki noteica arī PTS izmaiņas implantātiem pēc anestēzijas smaganu rajonā, kā arī pēc implantātu ietverošā alveolārā kaula anestēzijas. Mērījumi parādīja, ka smaganu anestēzija praktiski neietekmēja implantātu taktilo sliekšni, savukārt pēc alveolārā kaula anestēzijas šis sliekšnis ievērojami pieauga. Autori secināja, ka implantātu taktilo jutīgumu vairāk ietekmē periosta mehanoreceptori kā smaganu gļotādas mehanoreceptori. *Ulrich un līdzstrādnieki* [198] noteica izmeklējamu personu sajūtas, kādas veidojās, pasīvi slogojot dabīgo zobu un osseointegrētu implantātu. Pētnieki secināja, ka implantātu gadījumā ir vājāka lokalizācijas sajūta, kā arī neizteiktāka slodzes iedarbības sajūta. Slodzes lokalizācijas sajūta, pieaugot spēkam, zobam neizmainījās, savukārt implantātam tā uzlabojās. No šī pētījuma var secināt, ka periodonta receptori nodrošina arī taktilās sajūtas kvalitāti.

Līdzīgas sajūtas pēc slodzes testiem atzīmēja arī vairākas personas, kas piedalījās mūsu pētījumā. Zobu gadījumā taktilā uztvere bija asāka, sajūtām piesātinātāka, savukārt implantātu gadījumā sajūtas bija neizteiktākas. Atsevišķi pacienti atzīmēja, ka implantātu slogošana izraisa līdzīgas sajūtas kā anestezētam zobam. Pētījumi, kuros pasīvais taktilais jutīgums implantātiem tika mērīts ar un bez anestēzijas, kā arī ar un bez savienotājdaļas, atklāj, ka anestēzijai un savienotājdaļas noņemšanai (savienotājdaļas trūkums izslēdz smaganu mehanoreceptoru kairinājumu) nav būtiskas ietekmes uz taktilā jutīguma sliekšni. Savukārt zoba anestēzijas gadījumā pasīvais

taktilais jutīgums ievērojami samazinās [77]. *Yoshida* [199] savā klīniskajā pētījumā atklāja, ka pasīvais jušanas sliekšnis anestezētiem zobiem un implantātiem ir līdzīgs – aptuveni 6 N. Pasīvā taktilā sliekšņa mērījumi ir lokalizēti, sensorajā uztverē piedalās noteiktas receptoru grupas, netiek iesaistītas viss plašais mutes dobuma receptoru komplekss.

Nosakot aktīvo taktilo sliekšni, izmeklējamai personai starp zobiem vai implantātiem antagonistiem jāmanipulē ar dažāda izmēra priekšmetiem, tos jānosaka. Šajos pētījumos pacients apzināti veic dažādas manipulācijas mutes dobumā. *Jacobs un van Steenberghe* [135] savā pētījumā noteica aktīvo jušanas sliekšni, izmantojot dažāda biezuma alumīnija folijas. Pētījumā tika iekļauti 37 pacienti, izdalītas 4 salīdzinājuma grupas: zoba antagonists – zobs, implantāts – zobs, implantāts – implantāts, izņemama protēze – implantātu balstīta pārklājprotēze. Taktilā sajūta šajās grupās radās no attiecīgi 20, 48, 64 un 108 mikrometri biezām folijām. Šajā pētījumā tika mērīta arī izmeklējamo personu spēja atšķirt plānāku vai biezāku foliju salīdzinājumā ar 0.2 mm un 1 mm biezām standarta folijām. Visās 4 grupās atšķirības bija statistiski ticamas ( $p < 0.05$ ), izņemot grupās implantāts – implantāts un izņemama protēzes – implantātu pārklājprotēze. Autori secināja, ka implantātu taktilais jutīgums ir samazināts salīdzinājumā ar dabīgiem zobiem - aktīvais taktilais sliekšnis osseointegrētiem implantātiem bija līdz 5 reizēm lielāks kā dabīgiem zobiem, savukārt izņemamām protēzēm tas bija līdz 8 reizēm lielāks kā zobiem. Šis pētījums ir precīzi un saprotami aprakstīts, kā arī izmeklējamo pacientu skaits ļauj izdarīt pamatotus secinājumus.

*Enkling un līdzstrādnieki* [176] noteica aktīvo taktilo jutīgumu ar dažāda biezuma folijām divās grupās : implantāts - zobs antagonists un zobs – zobs antagonists. Pētījums ir saprotami aprakstīts, tajā piedalījās 32 personas. 1. grupā taktilais sliekšnis bija  $16.7 \pm 11.3$  mikrometri, bet 2. grupā  $14.3 \pm 10.6$  mikrometri. Lai gan grupā zobs – zobs antagonists vidējais sliekšnis bija zemāks kā 1. grupā, tomēr statistiski ticama atšķirība netika novērota. Autori secināja, ka taktilais sliekšnis implantātiem un zobiem neatšķiras. Autoru secinājums varētu būt apšaubāms, jo implantātam pretkodiēnā atradās zobs, kam ir neizmainīts sensorās uztveres mehānisms salīdzinājumā ar osseointegrētu implantātu. Iespējams, ka tieši dabīgais zobs nodrošināja līdzīgu taktilo sajūtu kā kontroles grupā. Korektākus un pilnīgākus secinājumus varētu izdarīt, ja tiktu salīdzinātas grupas implantāts – implantāts antagonists un zobs – zobs antagonists. *Trulsson un Johansson* [29] savā aktīvā taktilā jutīguma pētījumā secināja, ka spēks, kāds bija izmeklējamai personai nepieciešams, lai starp incisīviem saturētu riekstu, bija

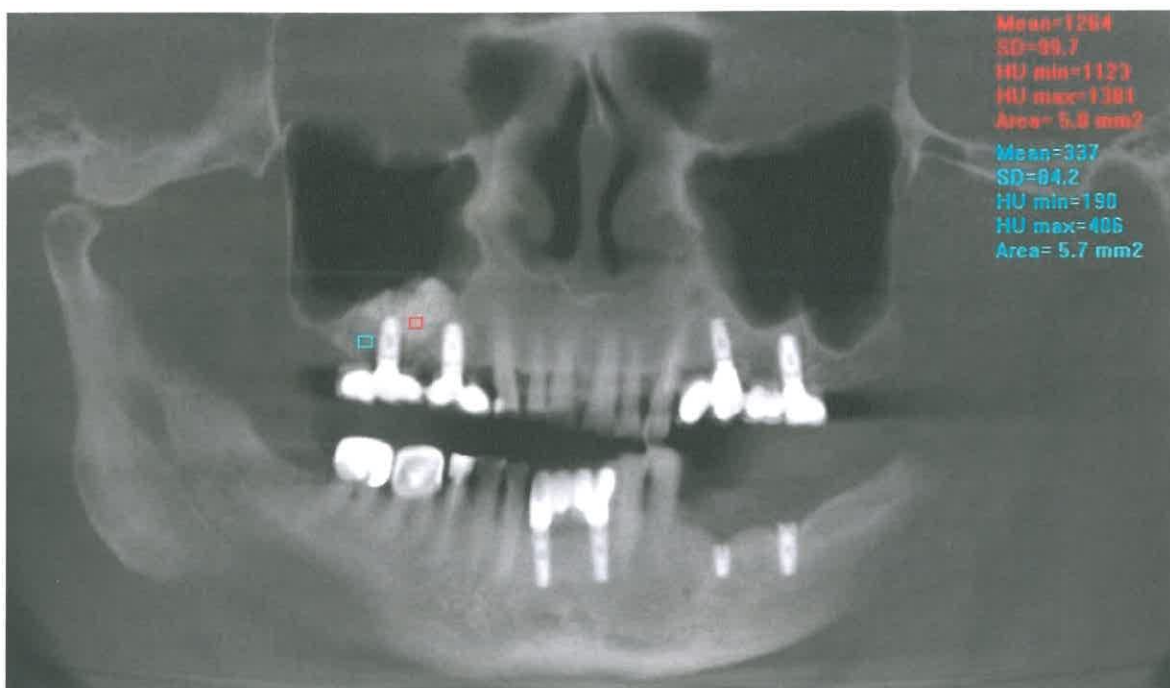
tuvs spēka lielumam, pie kura periodonta receptori ir visjūtīgākie uz izmaiņām. Autori uzskatīja, ka cilvēkiem priekšzobu periodonta receptoriem ir nozīmīga loma barības kumosa satveršanā un tālākajā tā pozicionēšanā košanas laikā. Pētnieki arī atklāja, ka pēc incisīvu anestēzijas rieksta satveršanas spēki pieauga. Pacientiem, kam trūkstošie zobi pilnībā aizstāti ar implantiem, okluzālā izšķirtspēja ir zemāka kā indivīdiem ar dabīgiem zobiem [82, 85, 136, 200]. Citā pētījumā *Enkling un līdzstrādnieki* [77] mērija 32 personu aktīvo taktilo jutīgumu zobiem un implantātiem. Šajā pētījumā iesaistītie zobi tika anestezēti. Dažāda biezuma folijas tika ievietotas starp implantātu un zobu antagonistu, kā arī starp zobu un zobu antagonistu kontroles grupā. Taktilais sliekšnis implantāta-zoba grupā bija  $20 \pm 11$  mikrometri, bet zobs-zobs grupā  $16 \pm 9$  mikrometri biezas folijas. Šīs atšķirības nebija statistiski nozīmīgas. Autori šajā pētījumā secināja, ka implantātam sakodienā pretī esoša zoba periodonta receptoriem ir neliela ietekme uz sensoro uztveri šādā situācijā. Osseopercepciju nodrošina mehānoreceptori implantātam apkārt esošajos audos, košanas muskuļos un temporomandibulārajā locītavā [201]. Literatūrā var atrast arī pētījumus, kuros nav konstatētas būtiskas atšķirības aktīvajā sensorajā uztverē osseointegrētiem implantātiem un dabīgajiem zobiem [141].

Atšķirības starp pasīvo un aktīvo taktilā jutīguma sliekšņiem varētu izskaidrot ar apstākli, ka aktīvais noteikšanas process ir daudz kompleksāks, sensorajā uztverē piedalās vairākas receptoru grupas (muskuļos, zobos, temporomandibulārajā locītavā, gļotādā u.c.) salīdzinājumā ar lokalizēto pasīvās mērīšanas procesu [17]. Tuvāks reālajam košanas un košļāšanas procesam ir aktīvs taktilā jutīguma mērījums, kurā neesoša zoba taktilā jutīguma spējas kompensē citi receptori. Tomēr pasīvais noteikšanas process ļauj precīzāk saprast lokālos sensorās uztveres mehānismus, kas ir pamatā sapratnei par plašo mehānoreceptoru kopu, kā arī par dažādajiem taktilās sajūtas veidošanās mehānismiem mutes dobumā. Analizējot pasīvā un aktīvā taktilā jutīguma pētījumus, korekti būtu salīdzināt zobu un implantātu jutīguma sliekšņu atšķirības viena pētījuma ietvarā. Vidējo vērtību atšķirības starp pētījumiem izskaidrojamas ar dažādo pētījumu metodiku un pacientu subjektīvo ietekmi uz rezultātiem.

Gan mūsu pētījuma rezultāti, gan citu taktilā jutīguma pētījumu rezultāti atklāj, ka implantāti ir nejūtīgāki salīdzinājumā ar dabīgiem zobiem. Pacienti ar implantātiem protēzes slogojumu subjektīvi sajūt pie lielāka spēka salīdzinājumā ar dabīgo zobu situāciju. Implantāti fizioloģiski atšķirīgi no dabīgiem zobiem uztver okluzālo slodzi. Implantātu gadījumā ir izmainīta uz smadzeņu garozu ejošā aferentā informācija, kas tālāk varētu ietekmēt arī atbildes reakciju.

Lai gan implantāti ļauj protētiskajai konstrukcijai veiksmīgāk fizioloģiski integrēties mutes dobumā, tomēr vairums autoru uzsver, ka to balstītās restaurācijas nesasniedz tos fizioloģiskos un subjektīvās apmierinātības rādītājus, kādi ir indivīdiem ar dabīgiem zobiem. Sensorās un motorās iespējas pacientiem ar implantātiem balstītām protēzēm ir zemākas kā pacientiem ar dabīgiem zobiem [55, 126].

Gan uz implantātiem, gan dabīgiem zobiem balstītām protētiskām restaurācijām iespējamās dažādas komplikācijas un neveiksmes. Par iemeslu šīm neveiksmēm varētu būt nepilnības ārstēšanas plānošanā, zobu tehniskajā laboratorijā pieļautās kļūdas, pašu pacientu izraisītās, nepildot ārsta rekomendācijas u.c. Uz implantātiem balstītu restaurāciju gadījumā sastopamas dažādas komplikācijas – implantātu lūzumi, marginālā kaula zudums, savienotājdaļu lūzumi, savienotājdaļu skrūvju atskrūvēšanās un lūzumi, porcelāna plaisāšana un lūzumi u.c. [202, 203, 204]. Dabīgu zobu balstītu restaurāciju gadījumos biežākās neveiksmes ir zobu lūzumi, atcementēšanās, porcelāna lūzumi, sekundārs kariess u.c. *Pjetursson un līdzstrādnieki* [96] savā pētījumā salīdzināja komplikācijas gan implantātu balstītām, gan dabīgo zobu balstītām konstrukcijām. Piecu gadu laikā tika konstatēts lielāks porcelāna lūzuma risks implantātu fiksētu konstrukciju gadījumā (8.8 %), salīdzinot ar dabīgu zobu balstītu konstrukcijām (2.9%). Vairāki autori runā par pārslodzi, kas var veidoties gan uz pašu implantātu, gan uz tā balstīto konstrukciju [17, 94]. *Bräger un līdzstrādnieki* [202] savā pētījumā salīdzināja 5 gadu laikā novērotās bioloģiskās un tehniskās komplikācijas fiksētām konstrukcijām, kas balstās uz zobiem un implantātiem. Viņi secināja, ka implantātu gadījumā biežāk tiek novērotas tehniskās komplikācijas – skrūvju un porcelāna lūzumi. Kā galvenais iemesls tiek minēts periodonta receptoru neesamība osseointegrētu implantātu gadījumā, kas samazina taktilo jutīgumu. Šī iemesla dēļ uz implantātiem balstītās protētiskās konstrukcijas košanas un košļāšanas laikā tiek pakļautas vairāk stresa iedarbībai salīdzinājumā ar dabīgo zobu situāciju [82, 136]. Taktilā jutīguma samazinājums implantātu balstītu konstrukciju gadījumā tiek kompensēts ar pretkodienu esošiem dabīgiem zobiem, kas galvas smadzenēm sniedz pilnīgāku informāciju par košanas un košļāšanas procesu. Taču gadījumos, kad implantāta antagonists ir cits implantāts (29. attēls), iespējams, ka sensorās uztveres mehānisms ir nepilnīgs, cilvēks varētu īsti nejust, ar kādu spēku viņš kož, tā pastiprinot stresu implantātu balstītās konstrukcijās.



**29.attēls.** Rentgenuzņēmums pacientam, kuram 2. un 3. kvadrantā pretkodiņā atradās implantātu balstīti tilti. Attēlā redzams, ka 3. kvadranta tiltu balstošie implantāti salūzuši

Lai gan literatūrā nav pārlicinoši dati, ka okluzālā slodze varētu ietekmēt gan uz implantātiem balstītas konstrukcijas kalpošanas ilgumu, gan pašu implantātu integritāti, tomēr vairāki autori runā par pārslodzi, kas veidojas uz šīm restaurācijām. Kā galvenais iemesls šai pārslodzei tiek minēts izmainītais slodzes sensorās uztveres mehānisms dēļ periodonta receptoru trūkuma.

Analizējot okluzālās slodzes ietekmi uz implantātu, ir aktuāli vairāki aspekti :

1. Implantātu gadījumā nav gan periodonta receptoru signālu košanas muskuļu aizsargreakcijai, gan arī zudusi stresu absorbējošā funkcija, kas piemīt periodonta saitēm [97].
2. Okluzālā pārslodze, kas, iespējams, veidojusies dēļ lielām piekarēm, izteiktiem priekšlaicīgiem kontaktiem, parafunkcionālām aktivitātēm, var būt implantātu ilgstošas funkcionēšanas ierobežojošs faktors [91].
3. Gadījumos, kad piekares tiek izmantotas, tiek rekomendēts tās veidot 100 μm infraoklūzijā, lai samazinātu slodzes iedarbību [205, 206].
4. Augšžoklī dēļ kaula kvalitātes salīdzinājumā ar apakšžokli tiek rekomendētas piekares mazākas par 10-12 mm [207, 208, 209].
5. Implantātu kalpošanas ilgumu ietekmē kaula kvalitāte un okluzālās slodzes izraisītā stresa lielums [91].

6. Osseointegrācijas procesu okluzālā pārslodze var negatīvi ietekmēt zema blīvuma kaulā, šī ietekme var tikt samazināta, pagarinot dzišanas periodu un kontrolējot restaurācijas slogošanas procesu [91].
7. Tiek rekomendēts implantātu aksiāls slogojums. Šādu slogojumu ir grūti nodrošināt dēļ daudzveidīgajām žokļu funkcionālajām kustībām. Tomēr no pārmērīgas neaksiālu spēku iedarbības varētu izvairīties, samazinot mākslīgo zobu pauguru inklinācijas stāvumu, kā arī veidojot platas fisūras [210, 211].
8. Pauguru ar lielu inklināciju veidošana varētu radīt augstāku porcelāna lūzuma risku [212].
9. Situācijās, kad slodzes iedarbība nav vēlama (tūlītēja implantātu slogošana, sākotnējā implantātu dzišanas fāze un/vai slikta kaula kvalitāte), tiek rekomendēta mīksta ēdiena diēta un okluzālā kontakta laukuma samazināšana [213].
10. Attāluma samazināšana starp implantātiem sānu zobu rajonā samazina pārslodzi [214].
11. Viena implantāta restaurācijas gadījumā tiek rekomendēts samazināt tai okluzālo kontaktu un palielināt okluzālā spēka iedarbību uz blakus stāvošo dabīgo zobu [215, 216].
12. Uz atsevišķa implantāta balstītam kronim sānu zobu rajonā tiek rekomendēts palielināt apksimālā kontakta laukumu, tā palielinot restaurācijas stabilitāti [217].
13. Gan skrūvējamu, gan cementējamu uz implantātiem balstītu konstrukciju gadījumā jāievēro pasīvās piekļaušanās princips [92].
14. Tiek rekomendēta okluzālo kontaktu centrēšana, lai okluzālā slodze pēc iespējas būtu aksiālāk vērsta. Šajā gadījumā veidojas īsāks spēka plecs [218, 219].

Lai gan atsevišķi okluzālās slodzes un osseointegrēta implantāta mijiedarbības secinājumi ir diskutabli, tiem dažkārt ir nepietiekama klīnisko pētījumu bāze, tomēr jāatzīmē, ka pilnvērtīga orālā taktīlā funkcija ir atkarīga no dabīgajiem zobiem. Tāpēc, veicot ārstēšanas plānošanu, svarīgi ir saglabāt zobus ar veselu periodontu. Ārstēšanas plāns, kas balstīts uz bioloģiskajiem, biomehāniskajiem un fizioloģiskajiem principiem, kā arī precīzas un pamatotas ķirurģiskās un protētiskās manipulācijas ir

priekšnosacījums ilglaicīgai implantātu un uz tiem balstītu konstrukciju kalpošanai mutes dobumā.



## 7. Secinājumi

1. Slogojot zobus un implantātus, sensorā reakcija ir atšķirīga.
2. Pasīvais absolūtais taktilais sliekšnis osseointegrētiem implantātiem ir augstāks kā dabīgiem zobiem, tas ir, pacienti implantātu slogojumu sajūt pie lielāka spēka salīdzinājumā ar zobiem.
3. Pasīvais absolūtais taktilais sliekšnis endodontiski ārstētiem un endodontiski neārstētiem zobiem neatšķiras.
4. Pasīvais absolūtais taktilais sliekšnis implantātiem ir augstāks augšžoklī salīdzinājumā ar apakšžokli, tas ir, apakšžoklī pacienti implantātu slogojumu sajūt pie zemāka spēka salīdzinājumā ar augšžokli. Zobiem pasīvais absolūtais taktilais sliekšnis augšžoklī un apakšžoklī neatšķiras.
5. Taktilo jutīgumu neietekmē vecums, proti, nenovēro pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa rādītāju palielināšanās vai samazināšanās tendenci līdz ar vecuma pieaugumu.
6. Nenovēro dzimuma ietekmi uz zobu un implantātu taktilo jutīgumu.
7. Pasīvais absolūtais taktilais sliekšnis frontālā rajona zobiem ir zemāks kā distālā rajona zobiem, tas ir, priekšzobi ir jutīgāki par sānu zobiem, savukārt implantātu taktilo jutīgumu neietekmē lokalizācija frontāli vai distāli.
8. Diferenciālās jutības (Vēbera) koeficients zobiem ir augstāks kā implantātiem, tas ir, zobiem ir jāpieliek ievērojami lielāks spēks, lai sajustu spiediena pieaugumu salīdzinājumā ar pasīvo absolūto taktilo sliekšni.
9. Veicot ārstēšanas plānošanu, svarīgi ir saglabāt dabīgos zobus ar veselu periodontu.

## 8. Rezumējums

Šajā pētījumā tika konstatēts, ka, slogojot zobus un implantātus, veidojas atšķirīga sensorā reakcija. Zemākais pasīvais absolūtais taktilais sliekšnis tika reģistrēts endodontiski neārstētiem zobiem, nedaudz augstāks tas bija endodontiski ārstētiem zobiem, visaugstākais – implantātiem. Iegūtie dati liecina, ka dabīgiem zobiem un osseointegrētiem implantātiem atšķiras taktilais jutīgums – zobi ir jutīgāki par implantātiem. Lai gan implantātu izmantošana ļauj protētiskajai konstrukcijai veiksmīgāk fizioloģiski integrēties mutes dobumā, tomēr implantātu balstītās restaurācijas nesasniedz tos fizioloģiskos un subjektīvās apmierinātības rādītājus, kādi ir indivīdiem ar dabīgiem zobiem. Sensorās un motorās iespējas pacientiem ar implantātiem balstītām protēzēm ir zemākas kā pacientiem ar dabīgiem zobiem. Pilnvērtīga orālā taktilā funkcija ir atkarīga no dabīgajiem zobiem. Tāpēc, veicot ārstēšanas plānošanu, svarīgi ir saglabāt zobus ar veselu periodontu. Pacientam individuāli izstrādāts ārstēšanas plāns, kas balstīts uz bioloģiskajiem, biomehāniskajiem un fizioloģiskajiem principiem, kā arī precīzas un pamatotas ķirurģiskās un protētiskās manipulācijas ir priekšnosacījums ilglaicīgai implantātu un uz tiem balstītu konstrukciju kalpošanai.

## 9. Publikācijas

1. Grieznis L, Apse P. The effect of 2 different diameter cast posts on tooth fracture resistance in vitro. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal* 2006; 8(1): 30-32.
2. Grieznis L, Apse P. Tactile sensibility of natural teeth and osseointegrated dental implants. Abstract. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal* 2006; Suppl.3.
3. Grieznis L, Apse P. Dabīgo zobu un implantātu taktilais jutīgums. *RSU Zinātniskie raksti* 2007: 328-332.
4. Grieznis L, Apse P. Dabīgo zobu un osseointegrētu implantātu taktilais jutīgums. 2007. gada RSU 6. zinātniskās konferences tēzes.
5. Grieznis L, Apse P. Tactile sensibility of natural teeth and osseointegrated dental implants – pilot study. Abstract. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal* 2007; Suppl.1(4).
6. Pinka D, Grieznis L. Propriocepcijas salīdzinājums dabīgiem zobiem un osseointegrētiem implantātiem. *Zobārstniecības raksti* 2008; 1: 12-15.
7. Grieznis L, Apse P. Dabīgo zobu un osseointegrētu implantātu taktilais jutīgums – pilotpētījums. 2008. gada RSU 7. zinātniskās konferences tēzes.
8. Grieznis L. Dabīgo zobu un dentālo implantātu propriocepcija (taktilais jutīgums). *Zobārstniecības raksti* 2009; 2: 13-17.
9. Grieznis L, Apse P. Augšžokļa dabīgo zobu un osseointegrētu implantātu taktilais jutīgums : pilotpētījums. 2010. gada RSU 9. zinātniskās konferences tēzes.
10. Grieznis L, Apse P, Blumfelds L. Augšžokļa dabīgo zobu un osseointegrētu implantātu pasīvais taktilais jutīgums. *Zobārstniecības raksti* 2010; 1: 14-16.

**11. Grieznis L, Apse P, Blumfelds L. Passive tactile sensibility of teeth and osseointegrated dental implants in the maxilla. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal* 2010; 12(3): 80-86.**

12. Grieznis L, Apse P, Blumfelds L. Tactile sensibility of teeth and osseointegrated dental implants in the maxilla. Abstract. 7th Congress of Baltic Association for Maxillofacial and Plastic Surgery 2010, p.51.

Akceptēts publicēšanai :

**Grieznis L, Apse P, Blumfelds L. Pasīvais taktilais jutīgums augšžokļa un apakšžokļa dabīgiem zobiem un osseointegrētiem implantātiem. *RSU Zinātniskie raksti* 2010.**

## **10.Promocijas darba rezultātu prezentācijas**

The 1st Baltic Scientific Conference in Dentistry (Pērnavā, Igaunija, 2006)

RSU 6. Zinātniskā konference (Rīga, Latvija, 2007)

The 2nd Baltic Scientific Conference in Dentistry (Rīga, Latvija, 2007)

RSU 7. Zinātniskā konference (Rīga, Latvija, 2008)

RSU 9. Zinātniskā konference (Rīga, Latvija, 2010)

7th Congress of Baltic Association for Maxillofacial and Plastic Surgery (Rīga, Latvija, 2010)

## 11. Literatūra

1. Laurina L, Soboleva U. Construction faults associated with complete denture wearers' complaints. *Stomatologija* 2006; 8(2): 61-64.
2. Haraldson T, Carlsson GE. Bite force and oral function in patients with osseointegrated oral implants. *Scand J Dent Res* 1977; 85: 200-208.
3. Haraldson T, Ingervall B. Silent period and jaw jerk reflex in patients with osseointegrated oral implant bridges. *Scand J Dent Res* 1979; 87: 365-372.
4. Hoshino K, Miura H, Morikawa O, Kato H, Okada D, Shinki T. Influence of occlusal height for an implant prosthesis on the periodontal tissues of the antagonist. *J Med Dent Sci* 2004; 51: 187-196.
5. Trulsson M. Sensory – motor function of human periodontal mechanoreceptors. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 262-273.
6. Klineberg I, Murray G. Osseoperception: sensory function and proprioception. *Adv Dent Res* 1999; 13: 120-129.
7. Abarca M, Van Steenberghe D, Malevez C, Jacobs R. The neurophysiology of osseointegrated oral implants. A clinically underestimated aspect. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 161-169.
8. Aberberga-Augškalne L, Āboltiņa-Ābola E, Aivars J, Gaile E, Valtneris A. *Cilvēka fizioloģija*. Rīga : Zvaigzne, 1986; 332-361.
9. Valtneris A. *Cilvēka fizioloģija – 2. izd.* Rīga : Zvaigzne ABC, 2004; 195-220.
10. Visell Y. Tactile sensory substitution : Models for enactment in HCI. *Interacting with Computers* 2009; 21: 38-53.
11. Linden RWA. Periodontal mechanoreceptors and their functions. In : *Neurophysiology of the Jaws and Teeth*, edited by A. Taylor. New York: Macmillan, 1990; 52-88.
12. Mericske-Stern R, Hofmann J, Wedig A, Geering AH. In vivo measurements of maximal occlusal force and minimal pressure threshold on overdentures supported by implants or natural roots: A comparative study, part 1. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993; 8: 641-649.
13. Dālmāne A, Koroļeva O. *Histoloģija*. Rīga : Zvaigzne, 1990; 359-361.
14. Lindhe J, Karring K, Lang N. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. 4th Ed. Oxford : Blackwell Publishing, 2003; 27-48, 809-819.

15. Nanci A, Bosshardt DD. Structure of periodontal tissues in health and disease. *Periodontology* 2000, 2006; 40: 11-28.
16. Listgarten MA, Lang NP, Schroeder HE, Schroeder A. Periodontal tissues and their counterparts around endosseous implants. *Clin Oral Impl Res* 1991; 2: 1-19.
17. Jacobs R, Van Steenberghe D. From osseoperception to implant – mediated sensory – motor interactions and related clinical implications. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 282-292.
18. Lambrichts I, Creemers J, Van Steenberghe D. Morphology of neural endings in the human periodontal ligament: an electron microscopic study. *J Periodont Res* 1992; 27: 191-196.
19. Van Steenberghe D, De Vries JH. Psychophysical threshold level of periodontal mechanoreceptors. *Archs Oral Biol* 1978; 23: 1041-1049.
20. Schoo WH, Van Steenberghe D, De Vries JH. Influence of the rate of force application on the absolute psychophysical threshold level of periodontal mechanoreceptors in man. *Archs Oral Biol* 1983; 28: 659-663.
21. Trulsson M, Johansson RS, Olsson KA. Directional sensitivity of human periodontal mechanoreceptive afferents to forces applied to the teeth. *J Physiol* 1992; 447: 373-389.
22. Linden RWA. Touch thresholds of vital and non-vital human teeth. *Exp Neurol* 1975; 48: 387-390.
23. Loewenstein WR, Rathkamp R. A study of pressureceptive sensibility of the tooth. *J Dent Res* 1955; 34: 287-294.
24. Närhi MVO, Hirvonen TJ, Hakumäki MOK. Responses of intradental nerve fibers to stimulation of dentine and pulp. *Acta Physiol Scand* 1982; 115: 173-178.
25. Dong WK, Chudler EH, Martin RF. Physiological properties of intradental mechanoreceptors. *Brain Res* 1985; 334: 389-395.
26. Jyvasjarvi E, Kniffki KD, Mengel MK. Functional characteristics of afferent C-fibers from tooth pulp and periodontal ligament. *Prog Brain Res* 1988; 74: 237-245.
27. Gartner JL, Mushimoto K, Weber HP, Nishimura I. Effect of osseointegrated implants on the coordination of masticatory muscles: A pilot study. *J Prosthet Dent* 2000; 84: 185-193.
28. Lund JP. Mastication and its control by the brain stem. *Crit Rev Oral Biol Med* 1991; 2: 33-64.

29. Trulsson M, Johansson RS. Forces applied by the incisor and roles of periodontal afferents during food holding and biting tasks. *Exp Brain Res* 1996; 107: 486-496.
30. Türker KS. Reflex control of human jaw muscles. *Crit Rev Oral Biol Med* 2002; 13: 85-104.
31. Van der Glas HW, De Laat A, Van Steenberghe D. Oral pressure receptors mediate a series of inhibitory and excitatory periods in the masseteric poststimulus EMG complex following tapping of a tooth in man. *Brain Res* 1985; 337: 117-125.
32. Brinkworth RS, Male C, Turker KS. Response of human jaw muscles to axial stimulation of a molar tooth. *Exp Brain Res* 2004; 159: 214-224.
33. Brinkworth RS, Turker KS, Savundra AW. Response of human jaw muscles to axial stimulation of the incisor. *J Physiol* 2003; 547: 233-245.
34. Lavigne G, Kim JS, Valiquette C, Lund JP. Evidence that periodontal pressreceptors provide feedback to jaw closing muscles during mastication. *J Neurophysiol* 1987; 58: 342-358.
35. Inoue T, Kato T, Masuda Y, Nakamura T, Kawamura Y, Morimoto T. Modifications of masticatory behavior after trigeminal deafferentation in the rabbit. *Exp Brain Res* 1989; 74: 579-591.
36. Morimoto T, Inoue T, Masuda Y, Nagashima T. Sensory components facilitating jaw-closing muscle activities in the rabbit. *Exp Brain Res* 1989; 76: 424-440.
37. Hidaka O, Morimoto T, Masuda Y, Kato T, Matsuo R, Inoue T. Regulation of masticatory force during cortically induced rhythmic jaw movements in the anesthetized rabbit. *J Neurophysiol* 1997; 77: 168- 179.
38. Ottenhoff FA, Van der Bilt A, Van der Glas HW, Bosman F. Control of elevator muscle activity during simulated chewing with varying food resistance in humans. *J Neurophysiol* 1992; 68: 933-944.
39. Ottenhoff FA, Van der Bilt A, Van der Glas HW, Bosman F. Peripherally induced and anticipating elevator muscle activity during simulated chewing in humans, *J Neurophysiol* 1992; 67: 75-83.
40. Ottenhoff FA, Van der Bilt A, Van der Glas HW, Bosman F. Control of human jaw elevator muscle activity during simulated chewing with varying bolus size. *Exp Brain Res* 1993; 96: 501-512.



41. Johnsen SE, Trulsson M. Receptive field properties of human periodontal afferents responding to loading of premolar and molar teeth. *J Neurophysiol* 2003; 89: 1478- 1487.
42. Johnsen SE, Svensson KG, Trulsson M. Forces applied by anterior and posterior teeth and roles of periodontal afferents during hold-and-split tasks in human subjects. *Exp Brain Res* 2007; 178: 126-134.
43. Feine J, Jacobs R, Lobbezoo F, Sessle BJ, Van Steenberghe D, Trulsson M, Fejerskov O, Svensson P. A functional perspective on oral implants – state-of-the-science and future recommendations. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 309-312.
44. Hansen JH. Neurohistological reactions following tooth extractions. *Int J Oral Surg* 1980; 9: 411-426.
45. Habre-Hallage P, Abbound-Naman NB, Reychler H, Van Steenberghe D, Jacobs R. Assessment of changes in the oral tactile function of the soft tissues by implant placement in the anterior maxilla: a prospective study. *Clin Oral Invest* 2010; 14: 161-168.
46. Jacobs R, Wu CH, Goossens K, Van Loven K, Van Hees J, Van Steenberghe D. Oral versus cutaneous sensory testing: a review of the literature. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 923-950.
47. Linden RW, Scott BJ. The effect of tooth extraction on periodontal mechanoreceptors represented in the mesencephalic nucleus of the cat. *Arch Oral Biol* 1989; 34: 937-941.
48. Hansen JH. Neurohistological reactions following tooth extractions. *Int J Oral Surg* 1980; 9: 411-426.
49. Weiner S, Klein M, Doyle JL, Brunner M. Identification of axons in the peri-implant region by immunohistochemistry. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995; 10: 689-695.
50. Wang YH, Kojo T, Ando H, Nakanishi E, Yoshizawa H, Zhang M, Fukuyama H, Wada S, Uchida Y. Nerve regeneration after implantation in peri-implant area: a histological study on different implant materials in dogs. In: Jacobs R ed. *Osseoperception*. Leuven: Catholic University Leuven, 1998; 3-11.
51. Lambrechts I. Histological and ultrastructural aspects of bone innervation. In: Jacobs R ed. *Osseoperception*. Leuven: Catholic University Leuven, 1998; 13-20.
52. Heasman PA. The myelinated fibre content of human inferior alveolar nerves from dentate and edentulous subjects. *J Dent* 1984; 12: 283-286.

53. Ishikawa H, Ezure H, Goto N, Kamiyama A, Yanai T. Morphometric difference in the human maxillary nerve fibers between dentulous and edentulous jaw subjects. *Okajimas Folia Anat Jpn* 2005; 81: 129-134.
54. Jacobs R, Van Steenberghe D. Role of periodontal ligament receptors in the tactile function of teeth: a review. *J Periodontal Res* 1994; 29: 153-167.
55. Jacobs R, Wu CH, Goossens K, Van Loven K, Van Steenberghe D. Perceptual changes in the anterior maxilla after placement of endosseous implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2001; 3: 148-155.
56. Jacobs R, Schotte A, Van Steenberghe D. Influence of temperature and hardness of foils on interocclusal tactile threshold. *J Periodontal Res* 1992; 27: 581-587.
57. Mason AG, Holland GR. The reinnervation of healing extraction sockets in the ferret. *J Dent Res* 1993; 72: 1215-1221.
58. Henry EC, Marasco PD, Catania KC. Plasticity of the cortical dentition representation after tooth extraction in naked mole-rats. *J Comp Neurol* 2005; 485: 64-74.
59. Braune S, Schady W. Changes in sensation after nerve injury or amputation: the role of central factors. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1993; 56: 393-399.
60. Miles TS. Reorganization of the human motor cortex by sensory signals: a selective review. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2005; 32: 128-131.
61. Calford MB. Degree of adaptability of the somatosensory cortex to change: prospects for integration of bone-mounted dental prostheses. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2005; 32: 115-118.
62. Hill EL, Elde R. Distribution of CGRP, VIP, D beta H, SP, and NPY immunoreactive nerves in the periosteum of the rat. *Cell Tissue Res* 1991; 264: 469-480.
63. Imai S, Matsusue Y. Neuronal regulation of bone metabolism and anabolism: calcitonin gene-related peptide, substance P, and tyrosine hydroxylase containing nerves and the bone. *Microsc Res Technol* 2002; 58: 61-69.
64. Lambrichts I, Creemers J, Van Steenberghe D. Morphology of neural endings in the human periodontal ligament : an electron microscopic study. *J Periodontal Res* 1992; 27: 191-196.
65. Nordin M, Hagbarth KE. Mechanoreceptive units in the human infra-orbital nerve. *Acta Physiol Scand* 1989; 135: 149-161.

66. Edin BB. Quantitative analysis of static strain sensitivity in human mechanoreceptors from hairy skin. *J Neurophysiol* 1992; 67: 1105-1113.
67. Sakada S. Mechanoreceptors in fascia, periosteum and periodontal ligament. *Bull Tokyo Med Dent Univ* 1974; 21: 11-13.
68. Klineberg I, Greenfield BE, Wyke BD. Afferent discharges from temporomandibular articular mechanoreceptors. An experimental analysis of their behavioral characteristics in the cat. *Arch Oral Biol* 1971; 16: 1463-1479.
69. Broekhuijsen ML, Van Willigen JD. Factors influencing jaw position sense in man. *Arch Oral Biol* 1983; 28: 387-391.
70. Lund JP. Specialization of the reflexes of the jaws. In : Neurophysiology of the jaws and teeth. Taylor A, editor. Hampshire: MacMillan Press, 1990; 142-161.
71. Jean A. Brainstem organization of the swallowing network. *Brain Behav Evol* 1984; 25: 109-116.
72. Bonte B, Linden RW, Scott BJ, Van Steenberghe D. Role of periodontal mechanoreceptors in evoking reflexes in jaw-closing muscles of the cat. *J Physiol* 1993; 465: 581-594.
73. Heraud J, Orofino J, Trub M, Mei N. Electrophysiologic evidence showing the existence of sensory receptors within the alveolar bone in anesthetized cats. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996; 11: 800-805.
74. Weiner S, Sirois D, Ehrenberg D, Lehrmann N, Simon B, Zohn H. Sensory responses from loading of implants: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19: 44-51.
75. Van Loven K, Jacobs R, Swinnen A, Van Huffel S, Van Hees J, Van Steenberghe D. Sensations and trigeminal somatosensory- evoked potentials elicited by electrical stimulation of endosseous oral implants in humans. *Arch Oral Biol* 2000; 45: 1083-1090.
76. Yuan Q, Gong P, Tan Z. Schwann cell graft: A method to promote sensory responses of osseointegrated implants. *Medical Hypotheses* 2007; 69: 800-803.
77. Enkling N, Heussner S, Nicolay C, Bayer S, Mericske-Stern Regina, Utz KH. Tactile sensibility of single-tooth implants and natural teeth under local anesthesia of the natural antagonistic teeth. *Clin Impl Dent* 2009; 1: 1-8.
78. Wada S, Kojo T, Wang Y. Effect of loading on the development of nerve fibers around oral implants in the dog mandible. *Clin Oral Implants Res* 2001; 12: 219-224.

79. El-Sheikh AM, Hobkirk JA, Howell PGT, Gilthorpe MS. Changes in passive tactile sensibility associated with dental implants following their placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003; 18: 266-272.
80. Klineberg I, Calford MB, Dreher B, Henry P, Macefield V, Miles T, Rowe M, Sessle B, Trulsson M. A consensus statement on osseoperception. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2005; 32: 145-146.
81. Schulte W. Implants and the periodontium. *Int Dent J* 1995; 45: 16-26.
82. Mühlbradt L, Ulrich R, Mohlmann H, Schmid H. Mechanoperception of natural teeth versus endosseous implants revealed by magnitude estimation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989; 4: 125-130.
83. Mühlbradt L, Meyle J, Lukas D, Schulte W. Die Tastsensibilität Tübingen Sofortimplantate. *Dtsch Zahnärztl Z* 1980; 35: 334-338.
84. Stanford CM. Biomechanical and functional behavior of implants. *Adv Dent Res* 1999; 13: 88-92.
85. Jacobs R, Van Steenberghe D. Comparison between implant-supported prostheses and teeth regarding passive threshold level. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993; 8: 549-554.
86. Jankovskis G, Beldava I, Čūriškis A, Strēlis K. Osteodiagnostika. Osteoprofilakse. Osteorefleksoterapija. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 2005; 8-32.
87. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindstrom J, Hallen O, Ohman A. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10 year period. *Scandinavian Journal of Plastic & Reconstructive Surgery* 1977; 16: 1-132.
88. Schroeder A, Polher O, Sutter F. Gewebsreaktion auf ein Titan-Hohlzylinderimplantat mit Titan-Spritzschichtoberfläche. *Schweizerische Monatschrift für Zahnheilkunde* 1976; 86: 713-727.
89. Sekine H, Komiyama Y, Hotta H, Yoshida K. Mobility characteristics and tactile sensitivity of osseointegrated fixture-supporting systems. In: Van Steenberghe D, eds. Tissue integration in oral maxillofacial reconstruction. Amsterdam: Excerpta Medica, 1986; 326-332.
90. Parfitt GJ. Measurement of physiological mobility of individual teeth in an axial direction. *J Dent Res* 1960; 39: 608-618.

91. Kim Y, Oh TJ, Misch CE, Wang HL. Occlusal considerations in implant therapy: clinical guidelines with biomechanical rationale. *Clin Oral Impl Res* 2005; 16: 26-35.
92. Zarb GA, Schmitt A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: the Toronto study. Part 3: problems and complications encountered. *J Prosthet Dent* 1990; 64: 185-194.
93. Haraldson T, Ingervall B. Muscle function during chewing and swallowing in patients with osseointegrated oral implant bridges. An electromyographic study. *Acta Odontol Scand* 1979; 37:207-216.
94. Glauser R, Ree A, Lundgren A, Gottlow J, Hammerle CH, Scharer P. Immediate occlusal loading of Branemark implants applied in various jawbone regions: a prospective, 1-year clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2001; 3: 204-213.
95. Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, Kan JY. Clinical complications in fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 2003; 90: 31-41.
96. Pjetursson BE, Brägger U, Lang NP, Zwahlen M. Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clin Oral Implants Res* 2007; 3: 97-113.
97. Kinsel R, Lin D. Retrospective analysis of porcelain failures of metal ceramic crowns and fixed partial dentures supported by 729 implants in 152 patients: Patient- specific and implant-specific predictors of ceramic failure. *J Prosthet Dent* 2009; 101: 388-394.
98. Fontijn-Tekamp FA, Slagter AP, Van Der Bilt A, Van Hof MA, Witter DJ, Kalk W, Jansen JA. Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *J Dent Res* 2000; 79: 1519-1524.
99. Carr AB, Laney WR. Maximum occlusal force levels in patients with osseointegrated oral implant prostheses and patients with complete dentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987; 2: 101-108.
100. Mericske-Stern R, Zarb GA. In vivo measurements of some functional aspects with mandibular fixed prostheses supported by implants. *Clin Oral Impl Res* 1996; 7: 153-161.
101. Braun S, Bantleon HP, Hnat WP, Freudenthaler JW, Marcotte MR, Johnson BE. A study of bite force, part 1: relationship to various physical characteristics. *Angle Orthod* 1995; 65: 367-372.

102. Woodmansey KF, Ayik M, Buschang PH, White CA, He J. Differences in masticatory function in patients with endodontically treated teeth and single-implant-supported prostheses: A pilot study. *Journal of Endodontics* 2009; 35: 10-14.
103. Van Steenberghe D, Jacobs R. Jaw motor inputs originating from osseointegrated oral implants. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 274-281.
104. Isidor F. Histological evaluation of peri-implant bone at implants subjected to occlusal overload or plaque accumulation. *Clin Oral Impl Res* 1997; 8: 1-9.
105. Miyata T, Kobayashi Y, Araki H, Ohto T, Shin K. The influence of controlled occlusal overload on peri-implant tissue. Part 3: a histologic study on monkeys. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000; 15: 425-431.
106. Tonetti M, Schmid J. Pathogenesis of implant failures. *Periodontology* 2000; 4: 127-138.
107. Lang NP, Wilson TG, Corbet EF. Biological complications with dental implants: their prevention, diagnosis and treatment. *Clin Oral Impl Res* 2000; 11: 146-155.
108. Quirynen M, Naert I, Van Steenberghe D. Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Brånemark system. *Clin Oral Impl Res* 1992; 3: 104-111.
109. Vidyasagar L, Apse P. Restorative factors that affect the biomechanics of the dental implant. *Stomatologija* 2003; 5 (4): 123-8
110. Shackleton JL, Carr L, Slabbert JC, Becker PJ. Survival of fixed implant-supported prostheses related to cantilever lengths. *J Prosthet Dent* 1994; 71: 23-26.
111. Lindquist LW, Carlsson GE, Jemt T. A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by osseointegrated implants. Clinical results and marginal bone loss. *Clin Oral Impl Res* 1996; 7: 329-336.
112. Lekholm U, Zarb GA. Patient selection and preparation. In: Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T, eds. *Tissue-integrated prostheses*. 1 ed. Quintessence Publishing Company; 1985 : 199-210.
113. Henry PJ, Van Steenberghe D, Blomback U, Polizzi G, Rosenberg R, Urgell JP, Wendelhag I. Prospective multicenter study on immediate rehabilitation of edentulous lower jaws according Branemark Novum protocol. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003; 5: 137-142.

114. Louca C, Cadden SW, Linden RW. The roles of periodontal ligament mechanoreceptors in the reflex control of human jaw-closing muscles. *Brain Res* 1996; 731: 63-71.
115. Johansson RS, Trulsson M, Olsson KA, Westberg KG. Mechanoreceptor activity from the human face and oral mucosa. *Exp Brain Res* 1988; 72: 204-208.
116. Johansson RS, Trulsson M, Olsson KA, Abbs JH. Mechanoreceptive afferent activity in the infraorbital nerve in man during speech and chewing movements. *Exp Brain Res* 1988; 72: 209-214.
117. Jimenez-Lopez V, Keogh TP. Oral rehabilitation with implant-supported prostheses. Chicago: Quintessence, 1999; 78.
118. Burke T, Schnader Y. Occlusal considerations to prevent prosthesis and component complications. In: Zinner IO, editor. *Implant Dentistry: from failure to success*. Chicago: Quintessence, 2004; 96.
119. Hobo S, Ichida E, Garcia L. Osseointegration and occlusal rehabilitation. Chicago: Quintessence, 1989; 260.
120. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. *Contemporary fixed prosthodontics*. 3rd ed. St. Louis: Mosby, 2001; 347.
121. Celletti R, Pameijer CH, Bracchetti G, Donath K, Persichetti G, Visani I. Histologic evaluation of osseointegrated implants restored in nonaxial functional occlusion with preangled abutments. *Int J Periodont Restorative Dent* 1995; 15: 563-573.
122. Asikainen P, Klemetti E, Vuillemin T, Sutter F, Rainio V, Kotilainen R. Titanium implants and lateral forces. An experimental study with sheep. *Clin Oral Impl Res* 1997; 8: 465-468.
123. Misch CE, Waren-Bidez M. Implant-protected occlusion: A biomechanical rationale. *Compend Contin Educ Dent* 1994; 15: 1330-1343.
124. Haraldson T, Jemt T, Stalblad PA, Lekholm U. Oral function in subjects with overdentures supported by osseointegrated implants. *Scand J Dent Res* 1988; 96: 235-242.
125. Jemt T, Lindquist L, Hedegard B. Changes in chewing pattern of patients with complete dentures after placement of osseointegrated implants in the mandible. *J Prosthet Dent* 1985; 53: 578-583.
126. Jacobs R, Branemark R, Olmarker K, Rydevik B, Van Steenberghe D, Branemark PI. Evaluation of the psychophysical detection threshold level for vibrotactile

- and pressure stimulation of prosthetic limbs using bone anchorage or soft tissue support. *Prosthet Orthot Int* 2000; 24: 133-142.
127. Keller D, Hämmerle CH, Lang NP. Thresholds for tactile sensitivity perceived with dental implants remain unchanged during a healing phase of 3 months. *Clin Oral Impl Res* 1996; 7: 48-54.
128. Henry PJ. Oral implant restoration for enhanced oral function. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2005; 32: 123-127.
129. Skalak R. Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. *J Prosthet Dent* 1983; 49: 843-848.
130. Davis DM, Rimrott R, Zarb GA. Studies on frameworks for osseointegrated prostheses: Part 2. The effect of adding acrylic resin or porcelain to form the occlusal superstructure. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988; 3: 275-280.
131. Gracis SE, Nicholls JI, Chlupnik JD, Yuodelis RA. Shock-absorbing behavior of five restorative materials used on implants. *Int J Prosthodont* 1991; 4: 282-291.
132. Van Steenberghe D, Lekholm U, Bolender C, Folmer T, Henry P, Herrmann I, Higuchi K, Laney W, Linden U, Astrand P. Applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: a prospective multicenter study on 558 fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990; 5(3): 272-281.
133. Lekholm U, van Steenberghe D, Hermann I, et al. Osseointegrated implants in treatment of partially edentulous jaws: A prospective multicenter study on 558 fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994; 9: 627-635.
134. Carlson B, Carlsson GE. Prosthodontic complications in osseointegrated dental implant treatment. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994; 9(1): 90-94.
135. Jacobs R, Van Steenberghe D. Comparative evaluation of the oral tactile function of teeth or implant-supported prostheses. *Clin Oral Implants Res* 1991; 2: 75-80.
136. Hammerle CH, Wagner D, Bragger U, Lussi A, Karayiannis A, Joss A, Lang NP. Threshold of tactile sensitivity perceived with dental endosseous implants and natural teeth. *Clin Oral Implants Res* 1995; 6: 83-90.
137. Karayiannis AL, Lussi A, Hammerle CH, Bagger U, Lang NP. Perceived pressure thresholds with natural teeth and single crowns on osseointegrated dental implants. *J Dent Res* 1991; 70: 460.



138. Mattes S, Ulrich R. Detection times of natural teeth and endosseous implants revealed by the method of reaction time. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12: 399-402.
139. Trulsson M. Sensory and motor function of teeth and implants : a basis for osseoperception. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2005; 32: 119-122.
140. Mericske-Stern R. Oral tactile sensibility recorded in overdenture wearers with implants or natural tooth : A comparative study, part 2. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994; 9: 63-70.
141. Fenton AH, Lundqvist S. Occlusal thickness perception of patients with osseointegrated implant bridges. *J Dent Res* 1981; 60 : 419.
142. Jacobs R, Bou Serhal S, Van Steenberghe D. Oral stereognosis: a review of the literature. *Clin Oral Investig* 1998; 2:3-10.
143. Litvak H, Silverman SI, Garfinkel L. Oral stereognosis in dentulous and edentulous subjects. *J Prosthet Dent* 1971; 25: 139-151.
144. Lundqvist S. Speech and other oral functions. *Swed Dent J* 1993; 91: 1-39.
145. Jacobs R, Bou Serhal S, Van Steenberghe D. Stereognosis with teeth and implants : a comparison between natural dentition, implant-supported fixed prostheses and overdentures on implants. *Clin Oral Investig* 1997; 1: 89-94.
146. Kannari K. Sensory receptors in the periodontal ligament of hamster incisors with special reference to the distribution , ultrastructure and three-dimensional reconstruction of Ruffini endings. *Arch Histol Cytol* 1990; 53: 559-573.
147. Mühlbrand L, Möhlmann H. Qualitative and quantitative Empfindungsmerkmale bei natürlichen Zähnen und Tübinger Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol* 1987; 3: 29-36.
148. Laine P, Siirilä HS. The effect of muscle function in discriminating thickness differences interocclusally and the duration of the perceptive memory. *Acta Odontol Scand* 1977; 35: 147-153.
149. Kiliaridis S, Tzakis MG, Carlsson GE. Short-term and long-term effects of chewing training on occlusal perception of thickness. *Scand J Dent Res* 1990; 98: 159-166.
150. Williams WN, LaPointe LL, Thornby JI. Interdental thickness discrimination by normal subjects. *J Dent Res* 1974; 53: 1404-1407.

151. Siirilä HS, Laine P. Sensory threshold in discriminating differences in thickness between teeth, by different degree of mouth opening. *Proc Finn Dent Soc* 1972; 68: 134-139.
152. Manly RS, Pfaffman C, Lathrop DD, Keyser J. Oral sensory thresholds of persons with natural and artificial dentition. *J Dent Res* 1952; 31: 305-312.
153. Watanabe M. Studies on oral sensory threshold. 2. Sex and age differences. *J Osaka Univ Dent Soc* 1962; 7: 17-20.
154. Riis D, Giddon DMD. Interdental discrimination of small thickness differences. *J Prosthet Dent* 1970; 24: 324-334.
155. Loiselle RJ, Crum RJ, Rooney GE, Stuever CH. The physiologic basis for the overlay denture. *J Prosthet Dent* 1972; 28: 4-12.
156. Williams WN, Lapointe LL. Relationship among oral form recognition, interdental thickness discrimination and interdental weight discrimination. *Percept Motor Skills* 1972; 35: 191-194.
157. Christensen LV, Levin AC. Periodontal discriminatory ability in human subjects with natural dentitions, overlay dentures and complete dentures. *J Dent Ass S Afr* 1976; 31: 339-342.
158. Morimoto T, Ozaki M, Yoshimura Y, Kawamura Y. Effects of the interpolated vibratory stimulation on the interdental dimension discrimination in normal and joint defect subjects. *J Dent Res* 1978; 58: 560-567.
159. Takagi M, Kobayashi J, Okane H, Nagasawa T, Tsuru K. Studies on the interdental thickness discrimination of objects. *Jap J Prosthet Dent* 1979; 23: 629-633.
160. Morimoto T, Christensen J. The effect of maximal mouth opening on dimension discrimination. *J Oral Rehabil* 1980; 7: 353-360.
161. Morimoto T, Takebe H, Hamada T, Kawamura Y. Oral kinaesthesia in patients with Duchenne muscular dystrophy. *J Neurol Sci* 1981; 49: 285-291.
162. Morimoto T, Hamada T, Kawamura Y. Alteration in directional specificity of interdental dimension discrimination with the degree of mouth opening. *J Oral Rehabil* 1983; 10: 335-342.
163. Van Willigen JD, Broekhuijsen ML. On the self-perception of jaw positions in man. *Archs Oral Biol* 1983; 28: 117-122.
164. Broekhuijsen ML, Van Willigen JD. Factors influencing jaw position sense in man. *Archs Oral Biol* 1983; 28: 387-391.

165. Clark GT, Jacobson R, Beemsterboer PL. Interdental thickness discrimination in myofascial pain dysfunction subjects. *J Oral Rehabil* 1984; 11: 381-386.
166. Siirilä HS, Laine P. The tactile sensibility of the periodontium to slight axial loading of the teeth. *Acta Odontol Scand* 1963; 21: 415-429.
167. Siirilä HS, Laine P. Occlusal tactile threshold in denture wearers. *Acta Odontol Scand* 1969; 27: 193-197.
168. Caffesse RG, Carraro JJ, Albano EA. Influence of the temporomandibular joint receptors on tactile occlusal perception. *J Periodont Res* 1973; 8: 400-403.
169. Öwall B. Interocclusal perception with anaesthetized and unanaesthetized TM-joints. *Swed Dent J* 1978; 2: 199-208.
170. Lundqvist S, Haraldson T. Occlusal perception of thickness in patients with bridges on osseointegrated oral implants. *Scand J Dent Res* 1984; 92: 88-92.
171. Ravasini G, Bonanini M, Palla S. Thickness discrimination threshold during conscious biting and chewing. *Helv Odontol Acta* 1984; 28: 195-200.
172. Capurso U, Papale G. Absolute perception threshold of widths between antagonist teeth. *Minerva Stomatol* 1990; 39: 511-519.
173. Öwall B, Vorwerk P. Analysis of a method for testing oral tactility during chewing. *Odont Revy* 1974; 25: 1-10.
174. Öwall B. Oral tactility during chewing. 2. Natural dentition. *Odont Revy* 1974; 25: 135-146.
175. Öwall B. Oral tactility during chewing. 3. Denture wearers. *Odont Revy* 1974; 25: 255-272.
176. Enkling N, Nicolay C, Utz KH, Jöhren P, Wahl G, Mericske-Stern R. Tactile sensibility of single-tooth implants and natural teeth. *Clin Oral Impl Res* 2007; 18: 231-236.
177. Bowman DC, Nakfoor PR. Evaluation of the human subject's ability to differentiate intensity of forces applied to the maxillary central incisors. *J Dent Res* 1968; 47: 252-259.
178. Bonaguro JG, Dusza GR, Bowman DC. Ability of human subjects to discriminate forces applied to certain teeth. *J Dent Res* 1969; 48: 237-241.
179. Soltis JE, Nakfoor PR, Bowman DC. Changes in ability of patients to differentiate intensity of forces applied to maxillary central incisors during orthodontic treatment. *J Dent Res* 1971; 50: 590-596.

180. Pacer FJ, Bowman DC. Occlusal force discrimination by denture patients. *J Prosthet Dent* 1975; 33: 602-609.
181. Mühlbrand L, Ulrich R, Möhlmann H, Schmid H, Wendler K. Die Wahrnehmung von überschwellung Kräften an endossalen Implantaten und natürlichen Zähnen. *Z Zahnärztl Implantol* 1990; 6: 161-165.
182. Van Steenberghe D, Van Den Bergh A, De Vries JH, Schoo WH. The influence of advanced periodontitis on the physiological threshold level of periodontal mechanoreceptors in man. *J Periodont Res* 1981; 16: 199-204.
183. Münsch J, Schriever H. Die Zähne als Sinneswerkzeug. *Zeitschr F Biol* 1931; 91: 75-85.
184. Adler P. Sensibility of teeth to loads applied in different directions. *J Dent Res* 1947; 26:279-289.
185. Wilkie JK. Preliminary observations on pressor sensory threshold of anterior teeth. *J Dent Res* 1964; 43: 962.
186. Edel A, Wills JD. A method of studying the effects of reduced alveolar support on the sensibility to axial force on the incisor teeth in humans. *J Clin Periodontol* 1975; 2: 218-225.
187. Mühlbrand L, Jenz KP, Lukas D. Die Berührungsschwelle bei gesunden und erkrankten Parodontien. *Dtsch Zahnärztl Z* 1976; 31: 406-410.
188. Mühlbrand L, Ulrich R, Möhlmann H, Schmid H. Adaptive Bestimmung der Tastschwelle bei natürlichen Zähnen und endossalen Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol* 1989; 5: 101-107.
189. Torneck CD, Howley TP. A comparison of pulpal and tactile detection threshold levels in young adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989; 96: 302-311.
190. Jimenez-Pinzon A, Segura-Egea JJ, Poyato-Ferrera M, Velasco-Ortega E, Rios-Santos JV. Prevalence of apical periodontitis and frequency of root-filled teeth in an adult Spanish population. *International Endodontic Journal* 2004; 37: 167-173.
191. Orstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endodontics and Dental traumatology* 1986; 2: 20-34.
192. Jacobs R, Schotte A, Van Steenberghe D. Influence of temperature and foil hardness on interocclusal tactile threshold. *J Periodont Res* 1992; 27: 581-587.

193. Yamauchi M, Amano N. Tactile sensibility of sapphire endosseous dental implants. *J Oral Health* 1992; 3: 23-30.
194. Pini M, Zysset P, Botsis J, Contro R. Tensile and compressive behavior of the bovine periodontal ligament. *J Biomech* 2004; 37: 111-119.
195. Byers MR, Dong WK. Comparison of trigeminal receptor location and structure in the periodontal ligament of different types of teeth from the rat, cat, and monkey. *J Comp Neurol* 1989; 279: 117-127.
196. Johnsen SE, Trulsson M. Encoding of amplitude and rate of tooth loads by human periodontal afferents from premolar and molar teeth. *J Neurophysiol* 2005; 93: 1889-1897.
197. El-Sheikh AM, Hobkirk JA, Howell PGT, Gilthorpe MS. Passive tactile sensibility in edentulous subjects treated with dental implants : A pilot study. *J Prosthet Dent* 2004; 91: 26-32.
198. Ulrich R, Muhlbradt L, Mohlmann H, Schmid H, Hoss A. Qualitative mechanoreception of natural teeth and endosseous implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993; 8(2): 173-178.
199. Yoshida K. Tactile threshold for static and dynamic loads in tissue surrounding osseointegrated implants. In: Jacobs R, ed. *Osseoperception*. Leuven: Catholic University Leuven, Department of Periodontology, 1998; 143-156.
200. Muhlbradt L, Mattes S, Mohlmann H, Ulrich R. Touch sensitivity of natural teeth and endosseous implants revealed by difference thresholds. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994; 9: 412-416.
201. Macefield VG. Physiological characteristics of low-threshold mechanoreceptors in joints, muscle and skin in human subjects. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2005; 32: 135-144.
202. Brägger U, Aeschlimann S, Bürgin W, Hämmerle CHF, Lang NP. Biological and technical complications and failures with fixed partial dentures on implants and teeth after four to five years of function. *Clin Oral Impl Res* 2001; 12: 26-34.
203. Jemt T, Lekholm U. Oral implant treatment in posterior partially edentulous jaws: a 5-year follow-up report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993; 8: 635-640.
204. Wennerberg A, Jemt T. Complications in partially edentulous implant patients: a 5-year retrospective follow-up study of 133 patients supplied with unilateral maxillary prostheses. *Clin Impl Dent* 1999; 1: 49-56.

205. Lundgren D, Falk H, Laurell L. Influence of number and distribution of occlusal cantilever contacts on closing and chewing forces in dentitions with implant-supported fixed prostheses occluding with complete dentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989; 4: 277-283.
206. Falk H, Laurell L, Lundgren D. Occlusal interferences and cantilever joint stress in implant-supported prostheses occluding with complete dentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990; 5: 70-77.
207. Rangert BR, Jemt TM, Jorneus L. Forces and moments on Branemark implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989; 4: 241-247.
208. Taylor TD. Fixed implant rehabilitation for edentulous maxilla. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991; 13: 539-545.
209. Rodriguez AM, Aquilino SA, Lund PS. Cantilever and implant biomechanics: a review of literature, Part 2. *Journal of Prosthodontics* 1994; 3:114-118.
210. Reilly DT, Burstein AH. The elastic and ultimate properties of compact bone tissue. *Journal of Biomechanics* 1975; 8: 393-405.
211. Rangert BR, Sullivan RM, Jemt TM. Load factor control for implants in the posterior partially edentulous segment. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12: 360-370.
212. Misch CE. Occlusal considerations for implant supported prostheses. In: Misch CE, eds. Contemporary implant dentistry. 2nd edition. St. Louis: Mosby, 1999; 609-628.
213. Morneburg TR, Pröschel PA. In vivo forces on implants influenced by occlusal scheme and food consistency. *Journal of Prosthodontics* 2003; 16: 481-486.
214. Belser UC, Mericske-Stern R, Bernard JP, Taylor TD. Prosthetic management of the partially dentate patient with fixed implant restorations. *Clin Oral Impl Res* 2000; 2: 126-145.
215. Lundgren D, Laurell L. Biomechanical aspects of fixed bridgework supported by natural teeth and endosseous implants. *Periodontology 2000* 1994; 4: 23-40.
216. Engelman MJ. Occlusion. In : Clinical decision making and treatment planning in osseointegration. 1st edition. Chicago: Quintessence Publishing Co, 1996; 169-176.
217. Misch CE. Endosteal implants for posterior single tooth replacement: alternatives, indications, contraindications, and limitations. *J Oral Implant* 1999; 25: 80-94.

218. Weinberg LA. Reduction of implant loading with therapeutic biomechanics.

*Implant Dentistry* 1998; 7: 277-285.

219. Curtis DA, Sharma A, Finzen FC, Kao RT. Occlusal considerations for implant restorations in the partially edentulous patient. *Journal of the California Dental Association* 2000; 28: 771-779.

## Pielikums Nr. 1

**3.tabula.** Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējie rādītāji (N) endodontiski neārstētiem zobiem, endodontiski ārstētiem zobiem, visiem zobiem kopā un implantātiem

	Augšžoklis		Apakšžoklis		Abi žokļi kopā	
	Vidējais	Standarta novirze	Vidējais	Standarta novirze	Vidējais	Standarta novirze
Endodontiski neārstēti zobi	0,65	0,56	0,62	0,85	0,63	0,72
Endodontiski ārstēti zobi	0,81	0,78	0,64	0,58	0,73	0,69
Visi zobi	0,69	0,58	0,65	0,85	0,67	0,72
Implantāti	2,83	2,26	1,82	1,21	2,39	1,92

**4.tabula.** Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējie rādītāji (N) atkarībā no dzimuma (♀ - sievietes, ♂ - vīrieši)

	Augšžoklis		Apakšžoklis	
	Vidējais	Standarta novirze	Vidējais	Standarta novirze
Endodontiski neārstēti zobi	♀ 0,67	0,08	♀ 0,68	0,95
	♂ 0,61	0,19	♂ 0,49	0,60
Endodontiski ārstēti zobi	♀ 0,72	0,11	♀ 0,46	0,29
	♂ 0,96	0,37	♂ 0,96	0,81
Visi zobi	♀ 0,68	0,07	♀ 0,68	0,95
	♂ 0,72	0,21	♂ 0,57	0,62
Implantāti	♀ 2,84	0,64	♀ 1,95	1,33
	♂ 2,81	0,39	♂ 1,59	0,96



**5.tabula.** Pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa vidējie rādītāji (N) atkarībā no lokalizācijas

		Augšžoklis		Apakšžoklis		Abi žokļi kopā	
		Vidējais	Standarta novirze	Vidējais	Standarta novirze	Vidējais	Standarta novirze
Zobi	Frontālais rajons	0,63	0,50	0,42	0,23	0,53	0,41
	Distālais rajons	1,07	0,84	0,62	0,41	0,82	0,67
Implantāti	Frontālais rajons	3,50	2,88	1,98	0,89	3,30	2,73
	Distālais rajons	3,06	2,70	1,55	0,78	2,26	2,06

**6.tabula.** Minimālā spiediena vērtības (N), spiedienam vienmērīgi palielinoties, ko izmeklējamās personas atšķīra no pasīvā absolūtā taktilā sliekšņa

		Augšžoklis		Apakšžoklis		Abi žokļi kopā	
		Vidējais	Standarta novirze	Vidējais	Standarta novirze	Vidējais	Standarta novirze
Zobi		4,15	2,06	3,16	1,45	3,65	1,85
Implantāti		7,01	2,38	4,21	1,37	5,74	2,42

**7.tabula.** Diferenciālās jutības (Vēbera) koeficients zobiem un implantātiem

		Augšžoklis		Apakšžoklis		Abi žokļi kopā	
		Vidējais	Standarta novirze	Vidējais	Standarta novirze	Vidējais	Standarta novirze
Zobi		8,19	8,40	6,33	4,49	7,27	6,76
Implantāti		2,02	1,57	1,38	0,66	1,74	1,29

## Pielikums Nr. 2

Veidlapa Nr E-9 (2)

### RSU ĒTIKAS KOMITEJAS LĒMUMS

Rīga, Dzirciema iela 16, LV-1007  
Tel.67409137

Komitejas sastāvs	Kvalifikācija	Nodarbošanās
1. Asoc. prof. Olafs Brūvers	Dr.miss.	teologs
2. Professore Vija Sīle	Dr.phil.	filozofs
3. Docente Santa Purviņa	Dr.med.	farmakologs
4. Asoc. prof. Voldemārs Arnis	Dr.biol.	rehabilitologs
5. Asoc. prof. Viesturs Liguts	Dr.med.	toksikologs
6. Professore Regīna Kleina	Dr.med.	patanatoms
7. Asoc. prof. Egils Korņevs	Dr.habil.med.	stomatologs

Pieteikuma iesniedzējs: Linards Grieznis  
RSU Zobu protezēšanas klīnika

Pētījuma nosaukums: Dabīgo zobu un osseointegrētu implantu taktilais jūtīgums.

Iesniegšanas datums: 21.04.2010.

Pētījuma protokols:

(X) Pētījuma veids: paredzēts veikt slodzes testus ar datorizētu „Power Lab” spiedienjūtīgu mērinstrumentu, kas modificēts pētījumiem mutes dobumā, lai noskaidrotu kā atšķiras pasīvais taktilais jūtīgums zobiem un implantiem.

(X) Pētījuma populācija: 43 pacienti

(X) Informācija par pētījumu:

(X) Piekrišana dalībai pētījumā:

Citi dokumenti:

1. RSU Cilvēka fizioloģijas un bioķīmijas katedras vadītāja atļauja
2. SIA „RSU Stomatoloģijas institūts” valdes priekšsēdētājas piekrišana

**Lēmums:** piekrist biomedicīniskajam pētījumam

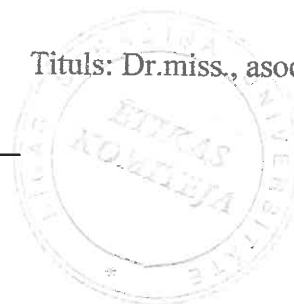
Komitejas priekšsēdētājs Olafs Brūvers

Paraksts



Tituls: Dr.miss., asoc.prof.

Ētikas komitejas sēdes datums: 06.05.2010.



### **Pielikums Nr. 3**

#### **Pacienta rakstiskās piekrišanas pētījumam paraugs.**

Lūdzam Jūs piedalīties pētījumā, kurā tiks noskaidrots dabīgo zobu un implantātu taktilais jutīgums.

Jums tiks noteikts zobu un implantātu jutīgums.

Pētījumā tiks garantēta Jūsu anonimitāte, un rezultāti tiks analizēti tikai apkopotā veidā.

Jums ir tiesības jebkurā laikā atteikties no turpmākās piedalīšanās pētījumā, un tas nekādā veidā neietekmēs Jūsu turpmāko darbību.

Ja Jūs piekrītat piedalīties pētījumā, lūdzu, aplieciniet to ar savu parakstu!

Paldies par atsaucību!

### 13. Pateicības

Izsaku pateicību zinātniskā darba vadītājam profesoram *Pēterim Apsem* par sapratni un atbalstu, kā arī zinātniskajam konsultantam docentam *Leonam Blumfeldam* un RSU Cilvēka fizioloģijas un bioķīmijas katedras kolektīvam par ieinteresētību un padomiem datu vākšanā un interpretēšanā.

Pateicos darba recenzentiem profesoram *Andrejam Skaģeram*, profesoram *Jurim Aivaram* un medicīnas doktoram *Tomas Linkevičius* par vērtīgajiem padomiem, piezīmēm un ieteikumiem.

Liels paldies RSU Stomatoloģijas institūta direktorei profesorei *Ilgai Urtānei* par palīdzību saspringtās situācijās.

Pateicos RSU Stomatoloģijas institūta Zobu protezēšanas klīnikas kolektīvam un īpaši vadītājai asociētajai profesorei *Unai Soboļevai* un virsmāsai *Kristīnei Jokumai* par palīdzību darba tapšanā.

Paldies *Irēnai Rogovskai* par palīdzību datu statistiskajā apstrādē un dakterei *Sabīnei Jurģei* par atsaucību.

Vislielākais paldies manai ģimenei un īpaši meitiņai *Gerdai* par prieku radīt.