



## Article Original

## Influence des Paramètres Démographiques et Géométriques Implantaires sur l'Ostéo-intégration des Implants Dentaires

### *Influence of demographic and implant geometric parameters on the osseointegration of dental implants*

Sokolo Richard<sup>1,2</sup>, Molimard Thierry<sup>1</sup>, Songo Florent<sup>3</sup>, Situakibanza Hippolyte<sup>4</sup>, Matanda Richard<sup>5</sup>, Mokassa Luc<sup>6</sup>, Thomas Thierry<sup>7</sup>

## RÉSUMÉ

**Objectifs.** Notre étude avait pour but d'analyser l'influence du sexe et de l'âge des patients, de la longueur et du diamètre des implants sur la stabilité secondaire. **Patients et méthodes.** Il s'agit d'une étude de cohorte monocentrique. Les variables de l'étude étaient : le sexe et l'âge des patients, la longueur et le diamètre implantaire, l'implant stability quotient (ISQ). Les patients ont bénéficié chacun de la pose d'un implant soit au maxillaire soit à la mandibule. Les implants de marque Straumann SLA de diamètre soit 4,1 mm, soit 4,8 mm et de longueur soit 8 mm soit 10 mm étaient posés. La mesure de l'ISQ était effectuée à la 10<sup>ème</sup> semaine post opératoire à l'aide de l'appareil Osstell. L'analyse de corrélation de Pearson était réalisée entre les variables âge, longueur, diamètre et ISQ. La comparaison des moyennes de l'ISQ chez les hommes et chez les femmes a été réalisée par le test de Student. **Résultats.** L'analyse de corrélation de Pearson n'a pas montré de corrélation statistiquement significative entre l'ISQ et l'âge des patients ( $r=0.2$ ), entre l'ISQ et la longueur ( $r=-0.01$ ) et entre l'ISQ et diamètre de l'implant ( $r=0.06$ ). La moyenne de l'ISQ n'était pas statistiquement significative entre les hommes et les femmes avec p valeur à 0.948. **Conclusion.** Cette étude n'a montré aucune influence de l'âge et du sexe des patients, de la longueur et le diamètre implantaire sur la stabilité secondaire. La microarchitecture trabéculaire et la surface implantaire joueraient un rôle capital dans l'atteinte et la maintenance de la stabilité secondaire (ostéo-intégration).

## ABSTRACT

**Objective.** To analyze the influence of the age and gender of the patients, the length and diameter of implants on secondary stability. **Patients and methods.** This was a single-center cohort study. The study variables were the age and gender of the patients, the length and diameter of implants, (implant stability quotient) ISQ. Each patient benefited from the placement of an implant in either the maxilla or the mandible. Straumann SLA brand implants with a diameter of either 4.1 mm or 4.8 mm and length of either 8 mm or 10 mm were placed. The ISQ measurement was carried out at the 10<sup>th</sup> post operative week using the Osstell device. Pearson's correlation analysis was performed between the variables age, length, diameter and ISQ. The comparison of means between ISQ and men and women was carried out by the Student t-test. **Results.** Pearson's correlation analysis did not show a statistically significant correlation between ISQ and patient age ( $r=0.2$ ), between ISQ and the length ( $r=-0.01$ ) and diameter of the implant ( $r=0.06$ ). The mean of ISQ was not statistically significant between men and women with p value at 0.948. **Conclusion.** The study showed no influence of the age and the gender of the patients, the length and diameter of implants on secondary stability. The trabecular microarchitecture and the implant surface would play a capital role in the achievement and maintenance of secondary stability (osseointegration).

<sup>(1)</sup> Service d'ORL et chirurgie maxillo-faciale, Centre hospitalier Emile Roux Le pur en Velay/ France

<sup>(2)</sup> Service de stomatologie et chirurgie maxillo-faciale, Département de chirurgie, Cliniques universitaires de Kinshasa, Université de Kinshasa

<sup>(3)</sup> Service d'odontologie pédiatrique, Cliniques universitaires de Kinshasa, Université de Kinshasa

<sup>(4)</sup> Service des maladies infectieuses, Cliniques universitaires de Kinshasa, Université de Kinshasa

<sup>(5)</sup> Service d'ORL, Cliniques universitaires de Kinshasa, Université de Kinshasa

<sup>(6)</sup> Service d'orthopédie et traumatologie, Cliniques universitaires de Kinshasa, Université de Kinshasa

<sup>(7)</sup> Service de rhumatologie, CHU de St Etienne/ France

## Auteur correspondant

Sokolo Richard  
Centre hospitalier Emile Roux,  
Service d'ORL et chirurgie maxillo-faciale  
12 BD Chantemesse 43000 Le Puy En Velay / France  
Email : [sokolofr@yahoo.fr](mailto:sokolofr@yahoo.fr)  
Téléphone : 0033666866042

**Mots-clés :** Longueur, Diamètre, Implant dentaire, Age, Sexe, Ostéo-intégration, ISQ.

**Keywords:** Length, Diameter, Dental implant, Age and gender, Osseointegration, ISQ.

## INTRODUCTION

L'implantologie dentaire est devenue l'une des options thérapeutiques les plus largement utilisées au cours de dernières décennies pour traiter (partiellement ou complètement) les patients édentés (1,2,3,4).

Le fondement principal de l'implantologie dentaire repose sur la notion d'ostéo-intégration.

L'ostéo-intégration est définie par Brånemark comme étant une apposition osseuse directe sur la surface implantaire (5). L'ostéo-intégration débute par la stabilité primaire et se

poursuit quelques semaines après la pose implantaire par la stabilité secondaire. L'ostéo-intégration est donc le résultat de la stabilité initiale mécanique complétée par la stabilité secondaire biologique.

La stabilité primaire, définie comme l'absence de mobilité au lit osseux après la pose de l'implant (6,7,8) dépend de l'ancrage implantaire (9) et est considérée comme un des plus importants prérequis pour l'ostéo-intégration (10,11). La stabilité primaire est un phénomène mécanique

dépendant de la quantité et de la qualité de l'os, de la technique chirurgicale et des caractéristiques de l'implant (12,13,14).

La stabilité secondaire est un processus biologique qui dépend de la formation et du remodelage osseux à l'interface os-implant (15). La régénération et le remodelage osseux sont influencés par la surface implantaire et le temps de cicatrisation osseuse (13). L'os trabéculaire est la source d'ostéoblastes et d'ostéoclastes qui sont largement responsables des changements physiologiques autour de l'implant (16).

En effet, l'insertion d'un implant dans l'os peut être comparée à la cicatrisation d'un os fracturé : le processus débute par la formation d'un caillot sanguin entre l'os résiduel et l'implant (17). Les cellules indifférenciées vont se différencier en suivant la lignée ostéoblastique et produire l'os immature ou os tissé. Si la surface implantaire est rugueuse, les cellules ostéogéniques vont migrer vers la surface implantaire et y produire l'os néoformé (ostéogénèse de contact) produisant la réaction de trabéculisation (18,19). Si la surface implantaire est lisse, les cellules ostéogéniques ne peuvent arriver directement à la surface de l'implant et produisent la réaction de corticalisation (18,19).

Ainsi connaître les facteurs qui influencent la stabilité implantaire est important pour mieux adapter la stratégie thérapeutique et atteindre le succès implantaire.

Plusieurs études se sont penchées sur les facteurs agissant sur la stabilité implantaire. La plupart de ces études sont centrées sur l'analyse des facteurs qui influencent la stabilité primaire de l'implant (2,4,6). Très peu d'entre elles ont recherché des facteurs qui influencent la stabilité secondaire (9,10,12). La stabilité secondaire qui est biologique peut-elle être influencée par des paramètres démographiques (sexe et âge) et géométriques (longueur et diamètre de l'implant) ?

Le but de cette étude était d'analyser l'influence du sexe et de l'âge du patient, de la longueur et du diamètre de l'implant sur la stabilité secondaire à la 10<sup>ème</sup> semaine post opératoire évaluée selon l'analyse de la fréquence de résonance et exprimée en quotient de stabilité implantaire ou implant stability quotient (ISQ).

## PATIENTS ET METHODES

### Type et site d'étude

Il s'agissait d'une étude de cohorte monocentrique d'une durée de 20 mois qui avait été proposé aux patients venus consulter pour la pose d'un implant dentaire au centre hospitalier Émile Roux / France.

### Population d'étude

La population d'étude était constituée de patients avec édentement venus consulter pour la pose d'implant dentaire

### Critères d'inclusion et de non-inclusion

Pour participer à l'étude, il fallait :

- Être affilié ou ayant droit d'un régime de sécurité sociale
- Être âgé d'au moins 18 ans, indépendamment du sexe
- Présenter une édentation partielle ou totale dont la hauteur et la largeur de l'os alvéolaire ne nécessitent pas de greffe osseuse ni de régénération osseuse guidée

N'étaient pas admis à l'étude :

- Les patients ayant bénéficié d'une chirurgie pré-implantaire (greffe osseuse, surélévation du sinus maxillaire, régénération osseuse guidée)
- Les patients sous corticothérapie au long cours
- Les patients ayant bénéficié de la radiothérapie cervico-faciale
- Les patients sous traitement par biphosphonates
- Les cas d'extraction implantation immédiate et de mise en charge immédiate implantaire.

### Variables de l'étude

Ces variables étaient : le sexe et l'âge du patient, la longueur et le diamètre de l'implant dentaire, l'ISQ.

### Échantillonnage

Il s'agissait d'un échantillon de convenance constitué sur base de l'acceptation du patient à participer à l'étude et sur base des critères d'inclusion. La taille de l'échantillon était de 57 patients.

### Déroulement de l'étude

Les patients inclus dans l'étude ont bénéficié chacun de la pose d'un implant soit au maxillaire soit à la mandibule. Les implants de marque Straumann SLA, de diamètre soit 4,1mm soit 4,8mm et de longueur soit 8mm soit 10mm étaient posés par le même opérateur selon la procédure chirurgicale décrite par le fabricant.

A la 10<sup>ème</sup> semaine post opératoire, la mesure de l'ISQ était effectuée par le même opérateur à l'aide de l'appareil Osstell dont le principe de mesure repose sur l'analyse de la fréquence de résonance ou resonance frequency analysis (RFA) exprimée en ISQ. Les fréquences de résonance (5 à 15 KHz) ont été converties en un chiffre arbitraire variant de 1(stabilité minimum) à 100 (stabilité maximum). La mesure s'effectuait en vissant sur l'implant un capteur ou SmartPeg et en approchant la sonde magnétique vers le SmartPeg sans le toucher dans la direction de l'implant. Les fréquences de résonance mesurées avec le SmartPeg étaient automatiquement converties en valeurs ISQ. La mesure de l'ISQ s'affichait ainsi sur l'écran. Deux mesures étaient prises, l'une dans le sens vestibulo-lingual et l'autre dans le sens mésio-distal. La moyenne de deux mesures était enregistrée.

### Analyses statistiques

La saisie des données a été réalisée sous le logiciel Microsoft Excel®. Les paramètres qualitatifs ont été décrits en termes d'effectifs et de pourcentages. Les paramètres quantitatifs ont été décrits en termes de moyennes/médianes et d'écart-types/intervalles interquartiles. Pour ces derniers, le choix des paramètres descriptifs s'est basé sur la normalité de la distribution qui a été évaluée graphiquement. L'association entre les paramètres géométriques implantaires, l'âge des patients et l'ISQ a été mesurée par le coefficient de corrélation de Pearson. Un test de nullité du coefficient de corrélation permettait de déterminer la significativité. La comparaison des moyennes de l'ISQ entre les hommes et les femmes a été réalisée par le test de Student. Le niveau de significativité a été fixé à 5%. L'analyse statistique a été réalisée sous le logiciel R « Statistical Computing » version 3.6.3.

### Considérations éthiques

Cette étude a obtenu l'accord du comité de protection des personnes du CHU de St Etienne enregistré sous le numéro 216-AO 680-51. Tous les patients ont reçu une note d'information sur l'étude et ont signé un consentement à y participer.

### RÉSULTATS

Au total, 57 implants ont été posés chez 57 patients (un implant par patient). Parmi les 57 implants, 36(63%) étaient posés chez les femmes et 21(37%) chez les hommes. La moyenne d'âge des patients était de 57±14,72 ans. Un implant était perdu à la 6<sup>ème</sup> semaine chez un homme de 44 ans. De tous ces implants, 21(37,5%) étaient de 4.1 mm de diamètre, 35(62,5%) de 4.8 mm; 34(60,7%) étaient de 8 mm de longueur et 22(39,3%) de 10 mm.

La moyenne de longueur des implants était de 8,81±0,99 mm tandis que celle de diamètre était de 4,53±0,34 mm. (Tableau I)

Sexe,% (n=57)	n	%
Homme	21	37
Femme	36	63
<b>Age (années), (n=57)</b>		
Moyenne (Ecart type)	57,00 (14,72)	
Médiane (Q1 - Q3)	58,00 (45-61)	
<b>Longueur de l'implant</b>		
Moyenne (Ecart type)	08,81(0,99)	
Médiane (Q1 - Q3)	08,00 (8-10)	
<b>Diamètre de l'implant</b>		
Moyenne (Ecart type)	04,53 (0,34)	
Médiane (Q1 - Q3)	04,80 (4,1-4,8)	
Q1 : premier quartile ; Q3 : troisième quartile		

La moyenne des valeurs ISQ pour la stabilité secondaire mesurée à la 10<sup>ème</sup> semaine post opératoire était de 75,59±7,56. (Tableau II)

Paramètres	n	Moyenne (écart-type)	Médiane (Q1-Q3)
ISQ	56	75,79 (7,56)	74,5 (70 - 82,25)
ISQ : implant stability quotient Q1 : premier quartile Q3 : troisième quartile			

Le tableau III montre la corrélation entre l'ISQ et la longueur, le diamètre des implants, l'âge des patients.

Paramètre	Coefficient de corrélation de Pearson	P
Longueur des implants	-0,01	0,944 ns
Diamètre des implants	0,06	0,655 ns
Âge	0,2	0,147 ns
ns : non significatif, ISQ : implant stability quotient		

L'analyse de corrélation de Pearson n'a pas montré de corrélation statistiquement significative entre l'ISQ et l'âge des patients ( $r=0,2$ ,  $p=0,147$ ), entre l'ISQ et la longueur de l'implant ( $r= -0,01$ ,  $p=0,944$ ) et entre l'ISQ et le diamètre

de l'implant ( $r=0,06$ ,  $p=0,655$ ). Par le test t de Student, la moyenne de l'ISQ n'était pas statistiquement significative entre les hommes et les femmes avec p value à 0,948.(Tableau IV)

Paramètre	Hommes	Femmes	p
Moyenne (écart-type)	75,5(6,82)	75,64(7,10)	0,948
ISQ : implant stability quotient			

### DISCUSSION

Notre étude analysait l'influence de l'âge et le sexe du patient, la longueur et le diamètre de l'implant sur la stabilité secondaire à la 10<sup>ème</sup> semaine post opératoire mesurée selon l'analyse de la fréquence de résonance (RFA) exprimée selon les valeurs ISQ. Elle n'a établi aucune influence de l'âge et du sexe du patient, de la longueur et du diamètre de l'implant sur la stabilité secondaire. En effet, l'analyse de corrélation de Pearson n'a montré aucune significativité entre l'ISQ et l'âge ( $r=0,2$ ,  $p=0,147$ ), entre l'ISQ et la longueur de l'implant ( $r= -0,01$ ,  $p=0,944$ ), entre l'ISQ et le diamètre implantaire ( $r=0,06$ ,  $p=0,655$ ). De Plus l'ISQ n'était pas statistiquement significatif entre les hommes (75,5 ±6,82 et les femmes (75,64 ±7,10) avec p valeur de 0,948.

L'âge du patient n'est pas considéré être un paramètre fiable pour le succès de l'ostéo-intégration (21,22,23) et n'a pas d'influence sur les valeurs ISQ (24,25). Vollmer et al (21) dans leur étude n'ont pas trouvé de corrélation significative entre la stabilité secondaire exprimée par les valeurs ISQ et le sexe et l'âge des patients. Dans l'étude de Quesada-Garcia et al (15), aucune association n'était trouvée entre les variables patients et l'ISQ à la 12<sup>ème</sup> semaine post opératoire. Dans l'étude de Zix et al (26), les hommes ont montré une stabilité implantaire plus élevée que les femmes.

Vollmer et al (21), Merheb et al (27) n'ont pas trouvé d'association significative de la longueur de l'implant avec la stabilité secondaire. Balleri et al (28) ont investigué la stabilité de 45 implants en utilisant Osstell et n'ont trouvé aucune corrélation entre la longueur de l'implant et la stabilité implantaire. L'étude de Miguel Gomes et al (9) a montré que la stabilité secondaire n'était pas substantiellement affectée par la longueur et le diamètre implantaire. Dans leur étude, Quesada-Garcia et al (15) ont trouvé que la longueur de l'implant ne montrait pas d'influence sur la stabilité de l'implant à la 12<sup>ème</sup> semaine. D'autres auteurs ont trouvé des différences dans la stabilité par rapport à la longueur de l'implant (32,33). Plusieurs investigateurs n'ont trouvé aucune relation significative entre la stabilité et le diamètre implantaire (15,25,26,32).

Hans et al (31) ont noté qu'il n'y avait pas d'influence du diamètre implantaire sur la RFA à la 12<sup>ème</sup> semaine. Bischof et al (33) ont montré que le diamètre implantaire ne contribuait pas à la variabilité de l'ISQ durant les premières 12 semaines. Cependant Aragonese et al (34), Gonzales-Garcia et al (35), Guler et al (10) dans leurs études ont constaté une augmentation des valeurs de l'ISQ en rapport

avec le diamètre implantaire à la période d'ostéo-intégration.

Kim et al (36) dans leur étude sur les facteurs qui influencent la stabilité post opératoire des implants dentaires au maxillaire postérieur édenté ont trouvé que l'implant long (>11mm) montrait une valeur ISQ significativement plus élevée que l'implant court (<11mm) et que l'implant de diamètre large(>5mm) montrait une valeur ISQ significativement plus élevée que l'implant de petit diamètre (<5mm). Leur étude quoiqu'elle ait montré des différences des valeurs ISQ parmi les groupes d'âge a conclu qu'il était difficile de trouver une corrélation ou la tendance entre l'âge et la stabilité implantaire. Ainsi la littérature semble fournir des résultats controversés de l'influence des paramètres démographiques (âge et sexe) et des paramètres géométriques (longueur et diamètre) de l'implant sur la stabilité secondaire.

Les notions tel que la densité, la quantité et la qualité osseuse et des paramètres géométriques (forme, longueur et diamètre de l'implant) sont fortement liés à la stabilité primaire (4,7,27) mais ces derniers sont rapportés ne pas influencer la stabilité secondaire après que l'ostéo-intégration ait eu lieu avec succès (27).

Les implants utilisés dans notre étude étaient de marque Straumann SLA à surface rugueuse. Tous les implants sauf un étaient bien ostéo-intégrés avec une moyenne de l'ISQ de 75,79(7,56).

La stabilité secondaire serait influencée par la surface de l'implant et le tissu osseux trabéculaire(microarchitecture) qui l'entoure. Elle augmente quand l'os nouveau croît autour de la surface de l'implant (37).

Au regard de la physiologie de la cicatrisation osseuse basée sur le phénomène de modelage et de remodelage entre la surface implantaire et l'os trabéculaire qui enveloppe la plus grande partie de l'implant, on pourrait comprendre que les facteurs tel que l'âge et le sexe du patient, la longueur et le diamètre de l'implant ne puissent influencer directement la stabilité secondaire de l'implant dentaire mais plutôt la stabilité primaire. Le rôle de la microstructure trabéculaire sur les implants dentaires est significatif puisque l'implant est entouré de l'os trabéculaire qui contribue directement à la stabilité de l'implant (38).

Notre étude n'a pas pu établir une quelconque influence des paramètres démographiques (sexe et de l'âge) du patient et géométriques (diamètre et de la longueur) de l'implant sur la stabilité secondaire à la 10<sup>ème</sup> semaine post opératoire. La microarchitecture trabéculaire et la surface implantaire joueraient un rôle capital dans l'atteinte et la maintenance de la stabilité secondaire ou ostéo-intégration compte tenu du fait que la grande partie de la surface implantaire est en contact direct avec l'os trabéculaire.

Des études devraient être réalisées pour bien comprendre le rôle de la microarchitecture trabéculaire autour de l'implant et son interaction avec la surface implantaire.



## RÉFÉRENCES

- Huang H, Wu G, Hunziker E. The clinical significance of implant stability quotient (ISQ) measurements: A literature review. *J Oral Biol Craniofac Res* 2020;10(4):629-638.
- Anwar B, Bataineh, Ala M. Al-dakes. The influence of length of implant on primary stability: An in vitro study using resonance frequency analysis. *J Clin Exp Dent* 2017;9(1):1-6.
- Grassi S, Piattelli A, Ferrari DS, Figueiredo LC, Feres M, Iezzi G. Histologic evaluation of human bone integration on machined and sandblasted acid-etched titanium surfaces in type IV bone. *J Oral Implantol*. 2007;33:8-12.
- Farré-Pagès N, Augé-Castro ML, Alaejos-Algarra F, Mareque-Bueno J, Ferrés-Prado E, Hernandez-Alfaro F. Relation between bone density and primary implant stability. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2011;16:62-7.
- Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallen O and al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10 year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1977;16:130-132.
- Hamidreza Barikani, Shadab Rashtak, Soolmaz Akbari, Samareh Badri, Niloufar Daneshparvar, Amirreza Rokn. The effect of implant length and diameter on the primary stability in different bone types. *J Dent (Tehran)* 2013;10(5):449-455.
- Javed F, Romanos GE. The role of primary stability for successful immediate loading implants. A literature review. *J Dent* 2010;38(8):612-20.
- Bilhan H, Geckili O, Mumcu E, Bozdog E, Sumbuloglu E, Kutay O. Influence of surgical technique, implant shape and diameter on the primary stability in cancellous bone. *L Oral Rehabil* 2010;37(12):900-7.
- Miguel Gomez-Polo, Rocio Ortega, Cristina Gomez-Polo, Cristina Martin, Alicia Celemin, Jaime del Rio. Does length, diameter, or bone quality affect primary and secondary stability in self-tapping dental implants? *J Oral Maxillofac Surg* 2016;74:1344-1356.
- Guler AU, Sumer M, Duran I, Sandikci EO, Telcioglu NT. Resonance frequency analysis of 208 Straumann dental implants during the healing period. *J Oral Implantol* 2013;39:161-167.
- Sennerby I, Roos J. Surgical determinants of clinical success of osseointegrated oral implants: a review of literature. *Int J Prosthodont* 1998;11:408-420.
- Bafijari D, Benedetti A, Stamatoski A, Bafijari F, Susak Z, Veljanovski D. Influence of resonance frequency analysis(RFA) measurements for successful osseointegration of dental implants during the healing period and its impact on implant assessed by Osstell Mentor Device. *Open Access Maced J Med SCI* 2019;7(23):4110-4115.
- Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont* 1998;11(5):491-501.
- Albrektsson T, Branemark PI, Hansson HA, Lindström J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 1981;52(2):155-70.
- Quesada-Garcia MP, Prados-Sanchez E, Olmedo-Gaya MV, Munoz-Soton E, Vallecillo-Capilla M, Bravo M. dental implant stability is influenced by implant diameter and localization and by the use of plasma rich

- in growth factors. *J Oral Maxillofac Surg* 2012;70:2761-2767.
16. Minkin C, Marinho VC. Role of the osteoclast at the bone-implant interface. *Adv Dent Res* 1999;13:49-56
  17. Chappard D. Modelage et remodelage au cours de l'ostéo-intégration. *Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Oral* 2013;114 :159-165.
  18. Szmukler-Moncler S, Davarpanah M, Bernard JP, Jakubowicz-Kohen B, Khoury PM. Physiologie des tissus durs et mous. Dans: Davarpanah M, Szmukler-Moncler S, Rajzbaum PH, Davarpanah K, Demurashvili G, eds. Manuel d'implantologie clinique. Concepts, intégration des protocoles et esquisse de nouveaux paradigmes. Wolters Kluwer :Cdp ;2012.p.23-55.
  19. Bernard JP, Szmukler-Moncler S, Pessotto S, Vasquez L, Belsler UC. The anchorage of Branemark and ITI implants of different lengths. I. An experimental study in the canine mandible. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:593-600.
  20. Watzak G, Zechner W, Ulm C, Tangl S, Tepper G. Histologic and histomorphometric analysis of three types of dental implants following 18 months of occlusal loading: a preliminary study in baboons. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:408-416.
  21. Vollmer A, Saravi B, Lang G, Adolphs N, Hazard D, Giers V, Stoll P. Factors influencing primary and secondary implant stability- A retrospective cohort study with 582 implants in 272 patients. *Appl Sci* 2020;10(22),p.8084
  22. Becker W, Hujuel P, Becker BE, Wohrle P. Dental implants in an aged population: evaluation of periodontal health, bone loss, implant survival, and quality of life. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016;18:473-479.
  23. Moy PK, Medina D, Shetty V, Aghaloo TL. Dental implant failure rates and associated risk factors. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:569-577.
  24. Otman PO, Hellman M, Wendelhang I, Sennerby L. Resonance frequency analysis measurements of implants at placement surgery. *Int J Prosthodont* 2006;19(1):77-83.
  25. Boronat Lopez A, Balaguer Martinez J, Lamas Pelayo J, Carrillo Garcia C, Penarrocha Diago M. Resonance frequency analysis of dental implant stability during the healing period. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008;13(4):244-247.
  26. Zix J, Kessler-Liechti G, Mericske-Stem R. Stability measurements of 1-stage implants in the maxilla by means of resonance frequency analysis: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:747-752.
  27. Merheb J, Vercruyssen M, Coucke W, Quirynen M. Relationship of implant stability and bone density derived from computerized tomography images. *Clin Implant Dent Relat Res* 2018;20:50-57.
  28. Balleri P, Cozzolino A, Ghelli L, Momicchioli G, Varriale A. Stability measurements of osseointegrated implants using Osstell in partially edentulous jaws after 1 year of loading: a pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2002;4:128-132.
  29. Winter W, Möhrle S, Holst S, et al/ Parameters of implant stability measurements based on resonance frequency and damping capacity: a comparative finite elements analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25:532-538.
  30. Sim Cp, Lang Np. Factors influencing resonance frequency analysis assessed by Osstell mentor during implant tissue integration: I. Instrument positioning, bone structure, implant length. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:598-604.
  31. Hans J, Lulic M, Lang NP. Factors influencing resonance frequency analysis assessed by Osstell mentor during implant tissue integration: II. Implant surface modifications and implant diameter. *Clin Oral Implants Res* 2010 Jun;21(6):605-11.
  32. Ohta K, Takechi M, Minami M, et al : Influence of factors related to implant stability detected by wireless resonance frequency analysis device. *J Oral Rehabil* 2010;37:131-137.
  33. Bischof M, Nedir R, Szmukler-Moncler s, Bernard JP, Samson J. Implant stability measurement of delayed and immediately loaded implants during healing. *Clin Oral Implants Res*. 2004;15(5):529-539.
  34. Aragonés JM, Suarez A, Brugal VA, Gomez M. Frequency values and their relationship with the diameter of dental implants. Prospective study of 559 implants. *Implant dentistry* 2019;28(3):279-288.
  35. Gonzalez-Garcia R, Monje F, Moreno-Garcia C. Predictability of the resonance frequency analysis in the survival of dental implants placed in the anterior non-atrophied edentulous mandible. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2011;16:664-9.
  36. Kim YH, Choi NR, Kim YD. The factors that influence postoperative stability of the dental implants in posterior edentulous maxilla. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2017;39:2-6.
  37. Raghavendra S, Wood MC, Taylor TD. Early wound healing around endosseous implants: a review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20(3):425-431.
  38. Fanuscu MI, Chang TL. Three-dimensional morphometric analysis of human cadaver bone: microstructural data from maxilla and mandible. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:213-218.