

**ISQ COMO HERRAMIENTA DIAGNÓSTICA EN
IMPLANTES AFECTADOS CON PÉRDIDA OSEA.
ESTUDIO EXPERIMENTAL IN VITRO**

Autor: Dr. Ricardo Medina Madrid

Tutor: Dra. Ana Boquete Castro

**NEW YORK UNIVERSITY
COLLEGE OF DENTISTRY**



Linhart Continuing Dental Education Program

ABSTRACT

Purpose: this study aimed to evaluate the relationship between peri-implant bone defects and implant stability using resonance frequency analysis.

Methods: 40 implants were used in bovine ribs, 4 implants osteotomies were prepared for 4 groups: GI) defect in vestibular (V), GII) defect in vestibular and lingual (VL), GIII) defect in vestibular and mesial (VM), GIV) circumferencial defect. Implant stability quotient (ISQ) were measured at 3 different heights of periimplant defect: 0 bone loss, 1/3 bone loss and 2/3 bone loss.

Results: all implants started with a high ISQ measurements (>70). The 4 groups revealed that as the defect size increased, the ISQ value decreased.

Conclusion: larger defects were associated with greater increases in ISQ values. Implant stability is more affected when circumferencial bone defect.

Key Words: periimplantitis, implant stability, implant stability quotient (ISQ), resonance frequency analysis, defect type, defect depth.

AGRADECIMIENTOS

A mis dos maestros, el Dr. Esteban Padullés y el Dr. Guillermo Cabanes por guiarme en el nuevo mundo de la periimplantitis.

A la empresa GT Medical, y en especial a Martín y Tomás, por creer en la investigación y aportar los implantes sin los que no hubiese sido posible la realización de este estudio.

A la Dra. Ana Boquete por su inestimable ayuda y compromiso.

INTRODUCCIÓN

En 2017 se celebra un workshop con especialistas de carácter mundial en el que se establecen las definiciones para estado de salud periimplantario, mucositis y periimplantitis, esta última se define como una condición patológica asociada a placa dentobacteriana que afecta a los tejidos que rodean a los implantes dentales, caracterizada por inflamación de la mucosa periimplantaria y con subsecuente pérdida progresiva de hueso de soporte (1).

La prevalencia de periimplantitis en estudios de metaanálisis de media ponderada revelan una afectación del 22% (ci:14-30%) (2), en el sexto workshop europeo de periodoncia (EWOP), sobre periimplantitis se establece una afectación de periimplantitis entre el 28 y el 56% (3).

Aunque se reporta una gran variedad en la prevalencia de la periimplantitis, según señala (Tomasi & Derks 2012) posiblemente esta puede estar causado por problemas metodológicos en la investigación, falta de consenso en definiciones, diseños de estudios aplicados correctamente, etc (4).

Es notoria la importancia del conocimiento de esta patología para establecer un mejor diagnóstico y tratamiento.

El hecho de estar asociada a pérdida ósea, hace que las herramientas de diagnóstico para establecer la causa, el grado y tipo de pérdida ósea sean muy importantes para el estudio de la periimplantitis (5). Existe cierta controversia a la hora de usar métodos radiológicos como sistemas efectivos y con cierta exactitud en el diagnóstico de la pérdida ósea asociada a implantes. González-Martín y col. determinan en un estudio que el uso de radiografías periapicales e incluso CBCT tienen baja exactitud en el diagnóstico del hueso periimplantario, específicamente si la anchura bucal era menor a 1 mm o si estaba asociada a defectos periimplantarios marginales (6). Por otro lado, Insua y col. establecen el CBCT como un método viable y una herramienta válida para establecer un plan de tratamiento y diagnóstico de la periimplantitis (7), así mismo, métodos radiológicos de CBCT a bajas y ultra bajas dosis sí parecen ser efectivos para el diagnóstico de fenestraciones y dehiscencias de hueso alrededor de los implantes (8).

Es por ello que se ha propuesto otra herramienta diagnóstica secundaria como puede ser el uso del análisis de frecuencia de resonancia (Resonance Frequency Analysis, RFA) para monitorizar la pérdida ósea y la movilidad periimplantaria (9).

A mediados de los años 90, Meredith y col. desarrollaron análisis de frecuencia de resonancia como un método para medir la estabilidad de los implantes dentales (10).

En los últimos años el uso de dispositivos para medir la RFA se ha extendido a nivel mundial como método para medir la estabilidad primaria de los implantes dentales. Establecida en 2003, la unidad de medida que se emplea, es el coeficiente de estabilidad del implante (Implant Stability Quotient, ISQ) que se representa en un rango que varía entre el 1 y el 100.

Se ha considerado como un método de confianza, fácil de usar, no invasivo, tanto en la medición de la estabilidad primaria del implante como durante el proceso de osteointegración (11, 12).

Estas mediciones del ISQ también pueden ser empleadas para valorar el impacto de la pérdida ósea causada por periimplantitis (13, 14) e incluso la detección precoz en los cambios de estabilidad puede salvar la osteointegración del implante (15).

Tener una herramienta de diagnóstico de periimplantitis que no sea invasiva, que no sea costosa, rápida y que nos permita evaluar el estado de afectación del hueso adyacente al implante, así como de la monitorización del estado del implante previo a los tratamientos de periimplantitis puede ser de suma importancia puesto que aportaría datos muy valiosos para el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de la periimplantitis.

OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue determinar la relación entre la pérdida ósea que se produce durante el proceso de la periimplantitis con las variaciones de la estabilidad del implante usando métodos de medición de análisis de frecuencia de resonancia.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este estudio incluyeron un total de 40 implantes autoroscantes (Modelo Straight. Conexión octógono interno, Dentis Co., Corea del Sur), con diámetro 4.1 mm y longitud de 12 mm (foto1).

Los implantes fueron colocados en costillas de vaca siguiendo el protocolo de fresado recomendado por este sistema de implantes para hueso tipo de I y II. Con el uso de gafas de aumento x 2,5 se posicionaron en cada costilla un total de 5 implantes manteniendo una misma distancia (mesiodistal, M-D) de 20 mm entre implantes y en relación a los bordes anterior y posterior (tabla vestibular y lingual, V-L) (foto2).



Foto1. Implante.



Foto 2. Colocación de implantes en costilla de vaca

Para cada grupo de 10 implantes se establece una pérdida ósea de 0 mm (estado inicial), de 4 mm (simulando 1/3 de pérdida ósea) y de 8 mm (correspondiente a 2/3 de pérdida ósea) (foto3).



Foto.3. Simulación de pérdida ósea. 1/3 color azul. 2/3 color amarillo. 3/3 color rosa.

Para la realización de las osteotomías se emplearon fresas redondas y rectas en turbina de alta revolución y abundante irrigación, limpieza de restos de material se realizó exhaustivamente. Las mediciones de la osteotomía se realizaron con sonda periodontal (sonda periodontal codificada en color, Kerr) hasta el nivel de pérdida ósea correspondiente (foto 4).

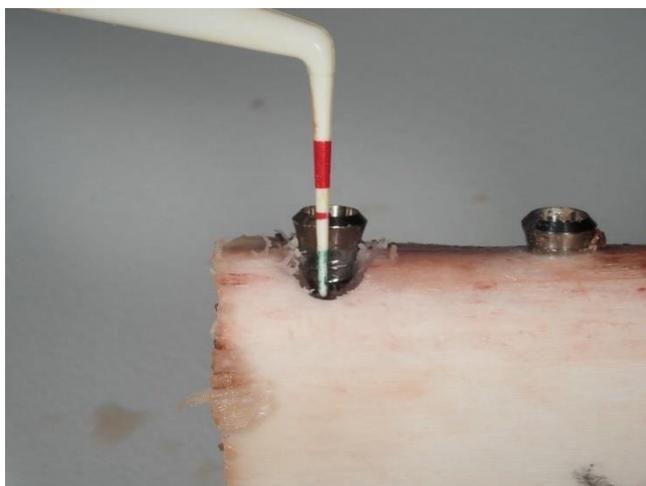


Foto 4. Medición de osteotomía.

A cada implante se realizó medición de RFA, para lo que se empleó el sistema OSSTELL BEACON (Ostell ab, Göteborg, Sweden). Las mediciones fueron realizadas según especificaciones del sistema, se enrosca el pilar de medición (SmartPeg) sobre el implante usando la fuerza de los dedos (aprox. 4-6 Ncm.) y se mantiene la punta del Ostell Beacon a una distancia de 3-5 mm de la punta magnética del SmartPeg, sin llegar a tocarlo. Se realizan tres mediciones en un punto por cada sentido, buco-lingual (VL) y mesio-distal (MD), apuntando como valor de referencia el promedio de las tres mediciones (foto 5).

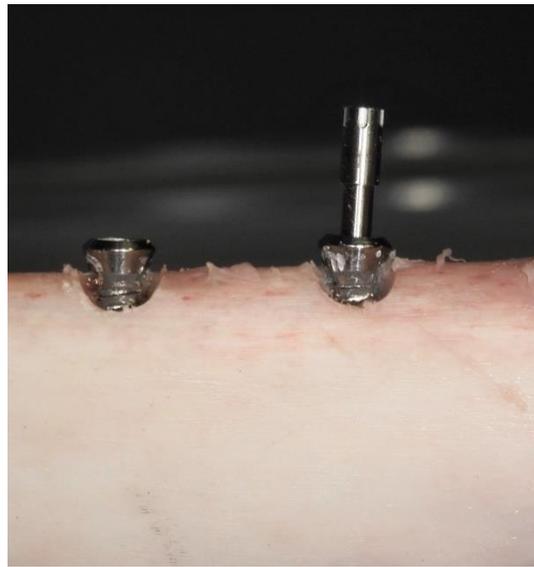


Foto 5. Medición de ISQ con Smartpeg.

Todas las mediciones fueron anotadas para su posterior evaluación.
 Todos los procedimientos fueron efectuados por el mismo operador.

Se establecieron 4 supuestos de estudio según la cara afectada del implante y profundidad de pérdida ósea (tabla 1).

Caso 1: pérdida ósea en una cara (cara vestibular) (foto 6).

Caso 2: pérdida ósea a dos caras opuestas (cara vestibular y lingual) (foto 7).

Caso 3: pérdida ósea a dos caras adyacentes (cara vestibular y mesial) (foto 8).

Caso 4: pérdida ósea 4 cuatros caras (circunferencial) (foto 9).

CASO	CARA AFECTADA	SIN PÉRDIDA ÓSEA	PÉRDIDA ÓSEA DE 1/3	PÉRDIDA ÓSEA DE 2/3
1	V	10	10	10
2	V + L	10	10	10
3	V+M	10	10	10
4	CIRCUNFERENCIAL	10	10	10

V, cara vestibular. L, cara lingual. M, cara mesial.

Tabla1. Casos estudiados.



Foto 6. Pérdida ósea de cara vestibular.

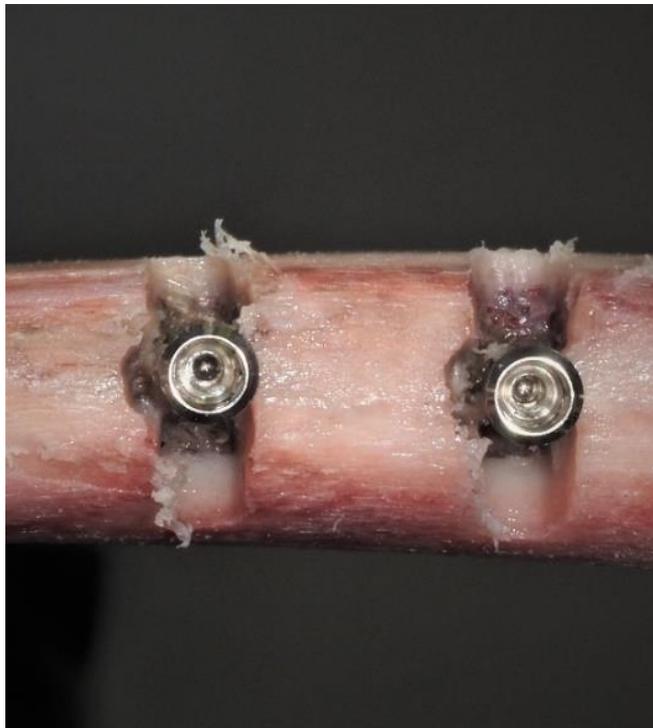


Foto 7. Pérdida ósea de cara vestibular y lingual.



Foto 8. Pérdida ósea cara vestibular y mesial.



Foto 9. Pérdida ósea circunferencial.

RESULTADOS

Se colocaron un total de 40 implantes en 8 costillas de vaca frescas. Todos los implantes se colocaron con un torque de inserción mayor de 35 ncm manteniendo un mínimo de distancia a las tablas vestibular y lingual de 2 mm y espacio entre implantes de 2 cm.

Las mediciones de ISQ se hicieron en sentido vestíbulo-lingual (V-L) y mesio-distal (M-D), obteniendo una media de ISQ de 73 V-L y de 74,8 M-D. (tabla 2).

COMPARACIÓN MEDICIONES INICIALES	VALOR ISQ	VALOR ISQ
CASO	VL	MD
1	76,2	77,6
2	72,7	76,1
3	70	72,5
4	73,1	73
PROMEDIO	73	74,8

Tabla 2. Promedio de mediciones iniciales.

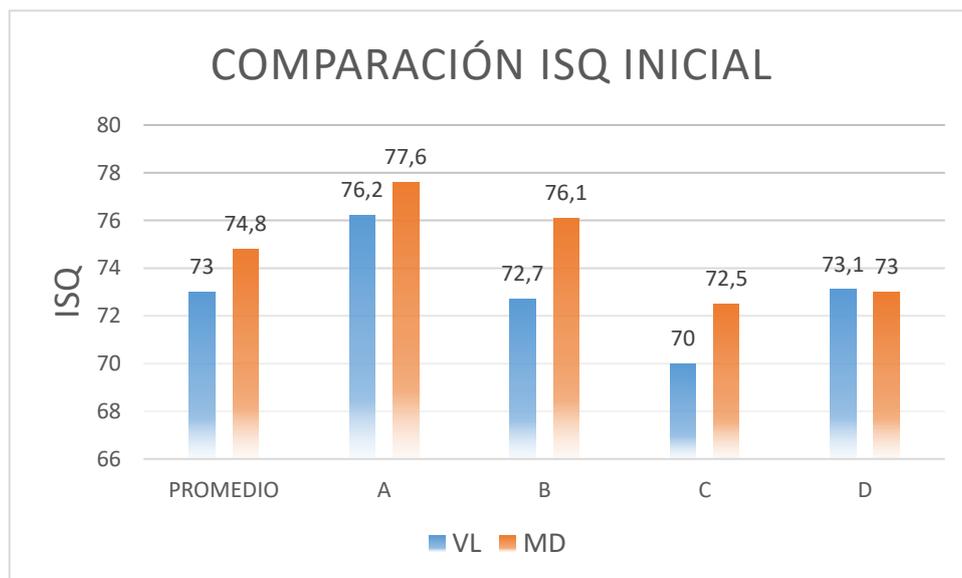


Gráfico 1. Comparación valores ISQ iniciales.

Los resultados de las mediciones del caso 1 (pérdida ósea vestibular) reflejaron los siguientes datos promedios: inicial V-L 76,2 M-D 77,6, pérdida de 1/3 V-L 74,5 y M-D 76, pérdida de 2/3 V-L 73,2 y M-D 75,1 (tabla 3).

CASO1	ISQ VL	ISQMD	CARA V	ISQ VL	ISQ MD	CARA V	ISQ VL	ISQ MD
1 CARA	INICIAL		PÉRDIDA 1/3			PÉRDIDA 2/3		
IMPLANTE			IMPLANTE			IMPLANTE		
1	72	72	1	75	76	1	75	75
2	80	75	2	78	76	2	75	76
3	75	79	3	78	78	3	76	78
4	75	80	4	72	78	4	76	76
5	77	80	5	75	76	5	73	73
6	73	78	6	73	77	6	73	76
7	78	78	7	75	77	7	71	75
8	75	80	8	71	78	8	68	72
9	80	77	9	75	76	9	74	75
10	77	77	10	73	75	10	71	75
PROMEDIO	76,2	77,6		74,5	76		73,2	75,1

Tabla 3. Valores de ISQ en pérdida ósea en una cara.

Los datos que se obtienen al estudiar la pérdida ósea en dos caras opuestas (V y L) se reflejan en la tabla 4.

CASO 2	ISQ VL	ISQ MD	CARA V+L	ISQ VL	ISQ MD	CARA V+L	ISQ VL	ISQ MD
2 CARAS OPUESTAS	INICIAL		PÉRDIDA 1/3			PÉRDIDA 2/3		
IMPLANTE			IMPLANTE			IMPLANTE		
1	76	77	1	74	75	1	70	72
2	75	77	2	70	75	2	70	75
3	72	76	3	70	76	3	64	71
4	75	79	4	69	76	4	36	75
5	64	74	5	70	72	5	66	71
6	78	77	6	73	77	6	72	75
7	72	76	7	72	77	7	70	75
8	70	70	8	72	76	8	65	70
9	75	78	9	69	75	9	65	70
10	70	77	10	70	69	10	69	67
PROMEDIO	72,7	76,1		70,9	74,8		64,7	72,1

Tabla 4. Valores de ISQ con pérdida ósea en caras vestibular y lingual.

El promedio de las mediciones de ISQ en el caso 3, (pérdida de hueso en caras contiguas mesial y lingual fueron de inicial V-L 70 M-D 72,5, pérdida de 1/3 V-L 65,3 M-D 69,9 y con pérdida de 2/3 V-L 62,5 M-D 65,1 (tabla 5).

CASO 3	ISQ VL	ISQMD	CASO 3	ISQ VL	ISQ MD	CASO 3	ISQ VL	ISQ MD
2 CARAS CONTIGUAS	PÉRDIDA 0		PÉRDIDA 1/3	CARA V+M		PÉRDIDA 2/3	CARA V+M	
IMPLANTE			IMPLANTE			IMPLANTE		
1	72	75	1	65	69	1	64	67
2	70	75	2	66	70	2	66	62
3	73	68	3	69	71	3	60	60
4	74	74	4	66	67	4	67	70
5	75	77	5	67	70	5	48	56
6	73	77	6	57	66	6	64	70
7	71	75	7	65	69	7	62	70
8	64	75	8	65	74	8	70	67
9	64	75	9	70	73	9	68	73
10	64	54	10	63	70	10	56	56
PROMEDIO	70	72,5		65,3	69,9		62,5	65,1

Tabla 5.

En la tabla 6 se reflejan los datos obtenidos al medir el ISQ en la deficiencia ósea circunferencial.

CASO 4	ISQ VL	ISQ MD	CASO 4	ISQ VL	ISQ MD	CASO 4	ISQ VL	ISQ MD
CIRCUNFERENCIAL	PÉRDIDA 0		PÉRDIDA 1/3	CARA V+M+L+D		PÉRDIDA 2/3	CARA V+L+M+D	
IMPLANTE			IMPLANTE			IMPLANTE		
1	72	75	1	51	46	1	17	14
2	71	71	2	62	59	2	28	35
3	75	75	3	61	63	3	20	22
4	75	75	4	52	55	4	20	17
5	75	76	5	58	64	5	43	48
6	72	75	6	43	39	6	6	11
7	72	58	7	41	43	7	3	10
8	73	75	8	57	60	8	7	22
9	73	75	9	52	56	9	28	30
10	73	75	10	55	58	10	7	10
PROMEDIO	73,1	73		53,2	54,3		17,9	21,9

Tabla 6.

DISCUSIÓN

Los valores de ISQ se han convertido en un factor importante en la valoración del éxito del implante. Los valores de ISQ se estudian en relación a otras variables con relación a los implantes como son técnicas de preparación del lecho implantario e injertos de hueso (16), implantes cortos y extra cortos (17,18), implantes inmediatos (19). En una revisión realizada por Huang, H. (20) se identifican 13 factores básicos que pueden influir las medidas de ISQ en implantes.

En la práctica clínica, se usan mediciones del ISQ tanto para la carga del implante como indicador de su posible fallo de osteointegración.

Como valor inicial de ISQ de los 40 implantes colocados superaron valores de 70, reflejando un promedio en sentido V-L de 73 y en sentido M-D de 74,8. Estos resultados coinciden con lo que se aprecia en el estudio de Monje y col. (21) en el que las mediciones en sentido M-D son mayores que las de sentido V-L. En estudios realizados sobre mandíbulas de cadáver Chan et al. Obtienen valores de 73.0 V-L y de 73,8 en sentido M-D (22), muy similares a los que se obtienen en el presente estudio con implantes colocados en costillas de vaca.

CASO 1: PÉRDIDA ÓSEA EN CARA VESTIBULAR

Las mediciones del ISQ en los 10 implantes en los que se realizó una dehiscencia ósea en la cara vestibular reflejaron una disminución de los valores a medida que la pérdida ósea afecta a mayor profundidad. Coincide con estudios publicados por Seung-Yun Shin y Hyun-jin Yim . (23, 24) (gráfico 2).

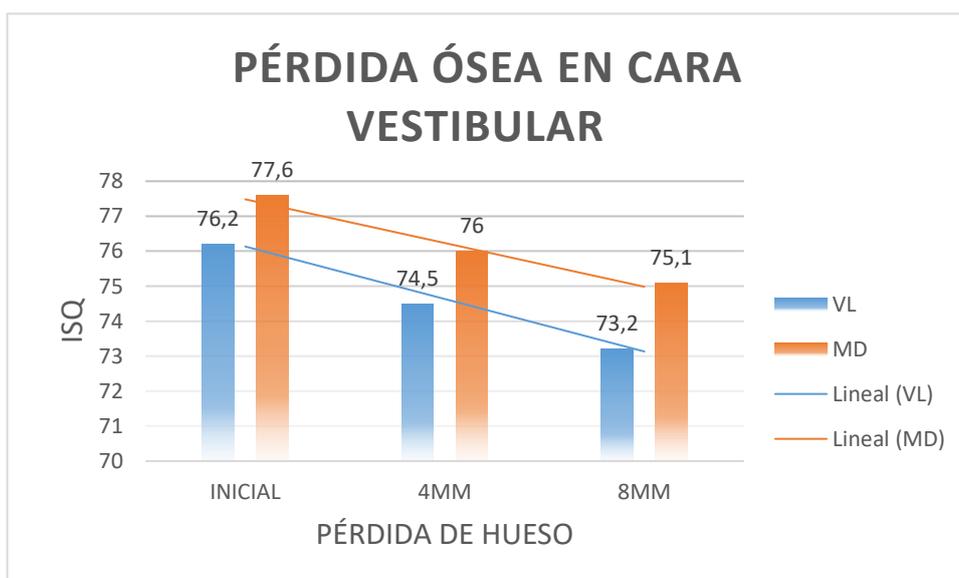


Gráfico 2.

CASO 2. PÉRDIDA ÓSEA EN CARAS OPUESTAS: VESTIBULAR Y LINGUAL

Al generar falta de hueso en dos caras opuestas (V y L) se observó un mayor descenso en los valores de ISQ cuando son 2/3 del implante los afectados. Siendo menor de 70 el valor promedio de las mediciones en sentido V-L cuando la pérdida es de 2/3 (64,7), un descenso de 8 puntos desde el valor promedio inicial (72,7) (gráfico 3).

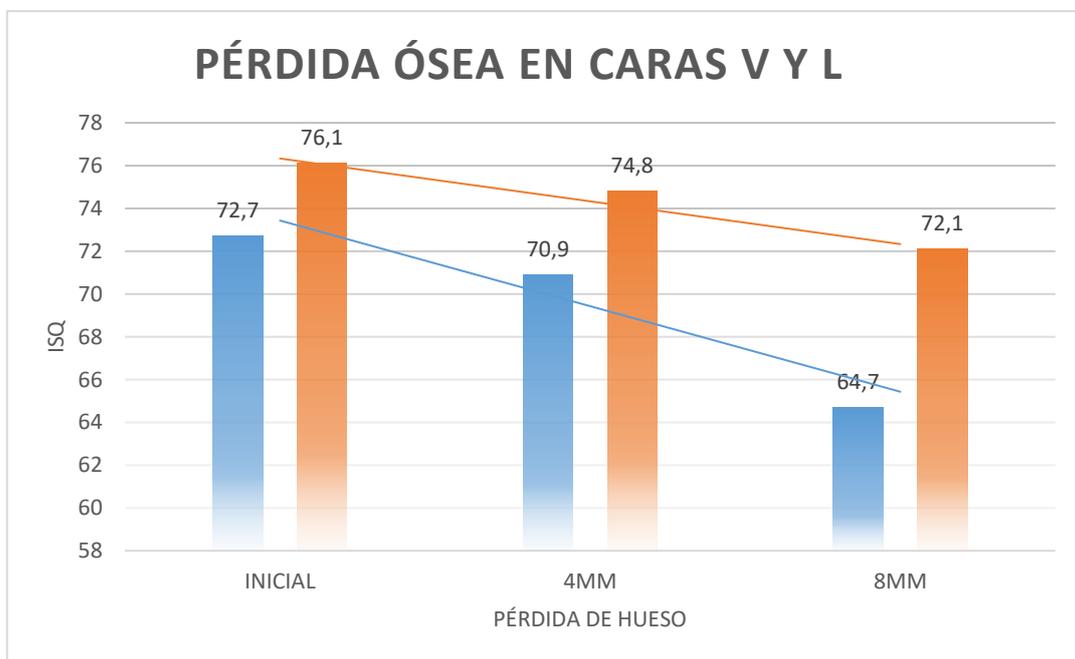


Gráfico 3.

CASO 3. PÉRDIDA ÓSEA EN CARAS CONTIGUAS: VESTIBULAR Y MESIAL

Los valores obtenidos de los 10 implantes en los que se realizaron osteotomías en las caras vestibular y mesial arrojan cifras de mayor descenso que en casos anteriores.

Los valores promedio con pérdida de 4 mm y de 8 mm se sitúan en todos los casos por debajo de 70. Las mediciones de ISQ en sentido M-D son menores que en los casos donde sólo se produce la pérdida ósea en un sentido (V-L) (gráfico 4).

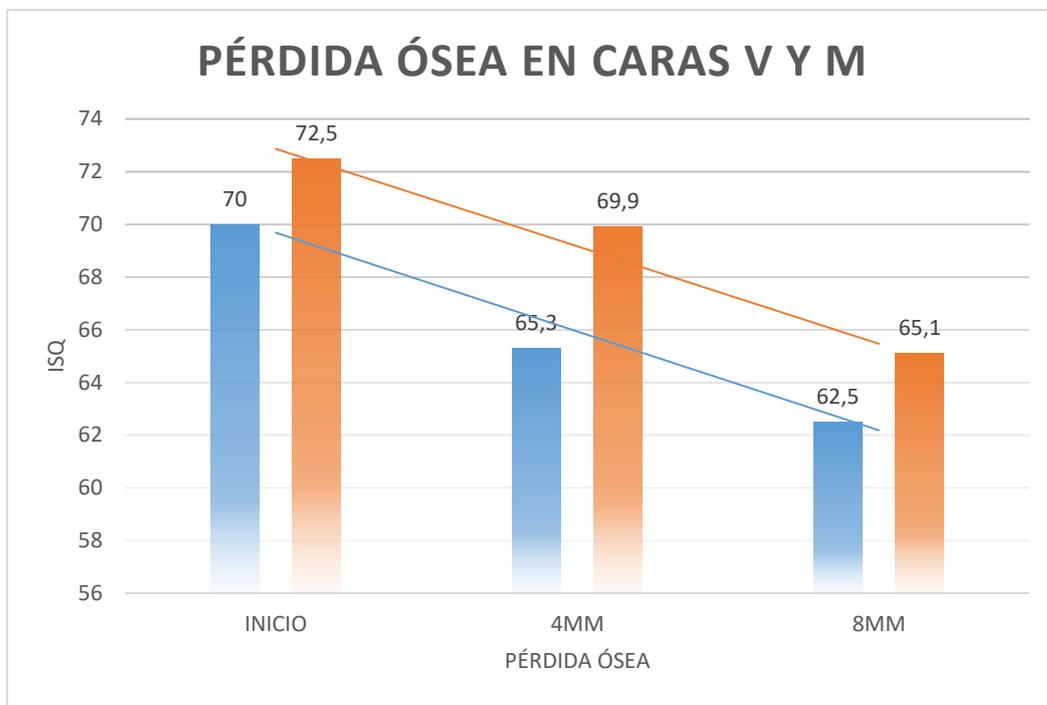


Gráfico 4.

CASO 4. PÉRDIDA ÓSEA CIRCUNFERENCIAL

Es notorio el descenso en los valores promedios de ISQ, con pérdida de 4 mm 38,9% en sentido V-L y de 39,6% en sentido M-D. Cuando son 2/3 el implante los afectados por la pérdida ósea los valores promedio de ISQ descienden hasta 17,9 (V-L) y 21,9 (M-D). En un estudio realizado por Seung-Yun Shiny col. (23) en Seúl se observaron valores muy similares en corticotomías circunferenciales realizadas a implantes con profundidad e 5 mm (57.43 ± 6.87). Por su parte Yao et al., al estudiar defectos circunferenciales estrechos (0,9 mm) recogieron datos similares de disminución de ISQ a medida que se profundiza la pérdida ósea siendo muy notable esa caída cuando los autores provocaban pérdida circunferencial de los 2 primeros milímetros corticales de hueso (25).

En el mismo estudio, coincidiendo con el nuestro, en las mediciones de los valores de ISQ no se observan diferencias cuando se miden en sentido V-L y M-D (gráfico 5).

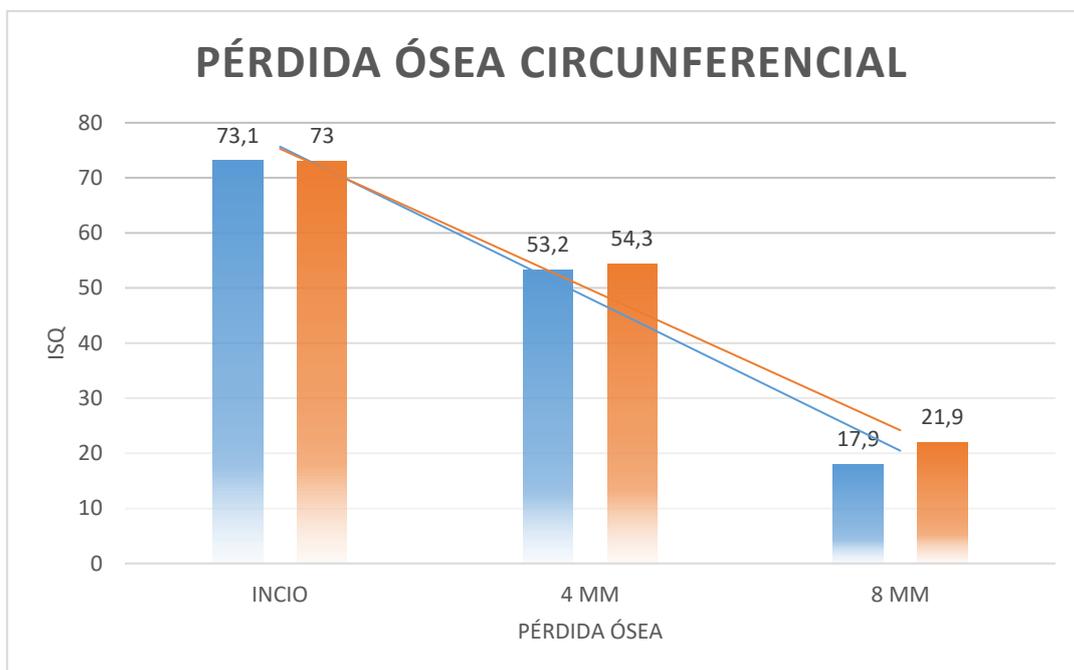


Gráfico 5.

CONCLUSIONES

A la vista del presente estudio, cuando la pérdida ósea se produce en una sola cara del implante los valores ISQ descienden, pero el implante mantiene una buena estabilidad (mayor de 70). Al igual ocurre cuando se afectan dos caras opuestas, siendo la cara no afectada la que menos descenso tiene de ISQ.

Si son dos caras contiguas las afectadas por la falta de hueso, los valores de ISQ cuando la pérdida ósea llega al primer tercio del implante son menores de 70 tanto en sentido VL como MD. De acuerdo con el presente trabajo la pérdida ósea circunferencial es la que más afecta a la estabilidad del implante, viéndose esta reducida junto con los valores de ISQ.

Son necesarios más estudios a largo plazo que permitan fijar unos límites de pérdida ósea y valor ISQ a partir de los cuales la supervivencia del implante se vea comprometida irreversiblemente.

BIBLIOGRAFIA

1. Smeets R, Henningsen A, Jung O, Heiland M, Hammächer C, Stein JM. Definition, etiology, prevention and treatment of peri-implantitis--a review. *Head Face Med.* 2014 Sep 3;10:34. doi: 10.1186/1746-160X-10-34. PMID: 25185675; PMCID: PMC4164121.
2. Berglundh T, Armitage G, et al. Peri-implant diseases and conditions: Consensusreport of workgroup 4 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Dis-eases and Conditions. *J Periodontol.* 2018;89(Suppl 1):S313–S318. <https://doi.org/10.1002/JPER.17-0739>.
3. Lindhe J, Meyle J; Group D of European Workshop on Periodontology. Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol.* 2008 Sep;35(8 Suppl):282-5. doi: 10.1111/j.1600-051X.2008.01283.x. PMID: 18724855.
4. Tomasi C, Derks J. Clinical research of peri-implant diseases--quality of reporting, case definitions and methods to study incidence, prevalence and risk factors of peri-implant diseases. *J Clin Periodontol.* 2012 Feb;39 Suppl 12:207-23. doi: 10.1111/j.1600-051X.2011.01831.x. PMID: 22533958.
5. Pérez-Pevida, Esteban; Consequences of Peri-Implant Bone Loss in the Occlusal Load Transfer to the Supporting Bone in terms of Magnitude of Stress, Strain, and Stress Distribution: A Finite Element Analysis. *BioMed Research International.* 9/2/2021, p1-10. 10p. DOI: 10.1155/2021/3087071.
6. González-Martín O, Oteo C, Ortega R, Alandez J, Sanz M, Veltri M. Evaluation of peri-implant buccal bone by computed tomography: an experimental study. *Clin Oral Implants Res.* 2016 Aug;27(8):950-5. doi: 10.1111/clr.12663. Epub 2015 Jul 14. PMID: 26178780.
7. Insua, Angel; Gañán, Yolanda; Macías, Yolanda; Garcia, Juan Alfonso; Monje, Alberto. Diagnostic Accuracy of Cone Beam Computed Tomography in Identifying Peri-implantitis-Like Bone Defects Ex Vivo. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, Nov/Dec2021, Vol. 41 Issue 6, pe223-e23.
8. Aktuna-Belgin C, Serindere G, Belgin HB, Serindere M, Orhan K. Efficacy of low dose and ultra-low dose on the visibility of peri-implant fenestration and dehiscences: a computed tomography study. *Pol J Radiol.* 2022 Jan 7;87:e24-e29. doi: 10.5114/pjr.2022.112466. PMID: 35140825; PMCID: PMC8814895.

9. Salvi, GE; Lang, np. Diagnostic parameters for monitoring peri-implant conditions. *International journal of oral & maxillofacial implants*; 2004; 19; p116-p127.
10. Meredith N, Alleyne D, Cawley P. Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. *Clin oral implants res* 1996;7:261–267.
11. Khuntia, Prachi; Nayak, Rashmita; Das, Abhaya Chandra; Mohanty, Rinkee; Satpathy, Anurag; Das, Sharmistha. Resonance Frequency Analysis and Oral Implant Stability: A Long Term Relationship *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*. Oct-Dec2020, Vol. 14 Issue 4, p8577-8580.
12. Raz P, Meir H, Levartovsky S, Peleg M, Sebaoun A, Beitlitum I. Reliability and Correlation of Different Devices for the Evaluation of Primary Implant Stability: An In Vitro Study. *Materials (Basel)*. 2021 Sep 24;14(19):5537. doi: 10.3390/ma14195537. PMID: 34639933; PMCID: PMC8509803.
13. Monje A, Insua A, Monje F, et al. Diagnostic accuracy of the implant stability quotient in monitoring progressive peri-implant bone loss: An experimental study in dogs. *Clin Oral Impl Res*. 2018;29:1016– 1024.
14. Yao, CJ; Ma, L; Mattheos, N. Can resonance frequency analysis detect narrow marginal bone defects around dental implants An ex vivo animal pilot study *Australian Dental Journal* , Dec2017, Vol. 62 Issue 4, p433-439, 7p.
15. David Palmer. Calculating ISQ Primary Stability of a Dental Implant through Micromotion. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 64(1), pp. 43–50, 2020.
16. Attanasio, F.; Antonelli, A.; Brancaccio, Y.; Averta, F.; Figliuzzi, M.M.; Fortunato, L.; Giudice, A. Primary Stability of Three Different Osteotomy Techniques in Medullary Bone: An in Vitro Study. *Dent. J.* 2020, 8, 21.
17. Silva, R; Villalón, P; Cáceres, F; Effect of macro-design in the primary stability of short and extra-short implants using resonance frequency analysis. An ex vivo study. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, ISSN: 2212-4268, Oct-Dec 2020. Vol: 10, Issue: 4, Page: 603-607.
18. González-Serrano J, Molinero-Mourelle P, Pardal-Peláez B, Sáez-Alcaide LM, Ortega R, López-Quiles J. Influence of short implants geometry on primary stability. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2018 Sep 1;23 (5):e602-7.

19. Bavetta G, Bavetta G, Randazzo V, Cavataio A, Paderni C, Grassia V, Dipalma G, Gargiulo Isacco C, Scarano A, De Vito D, Cantore S, Ballini A, Inchingolo F. A Retrospective Study on Insertion Torque and Implant Stability Quotient (ISQ) as Stability Parameters for Immediate Loading of Implants in Fresh Extraction Sockets. *Biomed Res Int.* 2019 Nov 3;2019:9720419. doi: 10.1155/2019/9720419. PMID: 31781659; PMCID: PMC6875416.
20. Huang, H; Wu, G; Hunziker, E. The clinical significance of implant stability quotient (ISQ) measurements: A literature review. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2020 Oct-Dec;10(4):629-638. doi: 10.1016/j.jobcr.2020.07.004. Epub 2020 Aug 14. PMID: 32983857; PMCID: PMC7494467.
21. Monje A, Insua A, Monje F, et al. Diagnostic accuracy of the implant stability quotient in monitoring progressive peri-implant bone loss: An experimental study in dogs. *Clin Oral Impl Res.* 2018;29:1016– 1024.
22. Chan, H. L., El-Kholy, K., Fu, J. H., Galindo-Moreno, P., & Wang, H. L. (2010). Implant primary stability determined by resonance frequency analysis in surgically created defects: A pilot cadaver study. *Implant Dentistry*, 19, 509–519. <https://doi.org/10.1097/ID.0b013e3181fa7f6a>
23. Shin, Seung-Yun, Seung-II Shin, Seung-Beom Kye, Jongrak Hong, Jun-Young Paeng, Seok-Woo Chang and Seung-Min Yang. “The Effects of Defect Type and Depth, and Measurement Direction on the Implant Stability Quotient Value.” *The Journal of oral implantology* 41 6 (2015): 652-6.
24. Yim HJ, Lim HC, Hong JY, Shin SI, Chung JH, Herr Y, Shin SY. Primary stability of implants with peri-implant bone defects of various widths: an in vitro investigation. *J Periodontal Implant Sci.* 2019 Feb;49(1):39-46.
25. Yao, C. J., Ma, L., & Mattheos, N. (2017). Can resonance frequency analysis detect narrow marginal bone defects around dental implants? An ex vivo animal pilot study. *Australian Dental Journal*, 62, 433-439. <https://doi.org/10.1111/adj.12536>