



ESCUELA DE DOCTORADO
INTERNACIONAL DE LA USC

Miguel Ricardo
Quevedo Bisonni

Tesis Doctoral

EVALUACIÓN DEL INJERTO DE
DENTINA OBTENIDO CON EL
DISPOSITIVO TOOTH
TRANSFORMER Y SU CALIDAD
ÓSEA EXPRESADA MEDIANTE
UNIDADES HOUNSFIELD

Santiago de Compostela, 2024



ESCOLA DE DOUTORAMENTO
INTERNACIONAL DA USC

TESIS DOCTORAL

**EVALUACIÓN DEL INJERTO DE
DENTINA OBTENIDO CON EL
DISPOSITIVO TOOTH TRANSFORMER
Y SU CALIDAD ÓSEA EXPRESADA
MEDIANTE UNIDADES HOUNSFIELD**

Autor

Miguel Ricardo Quevedo Bissoni

Directores: José M^a Suárez Quintanilla,

Tutor/a: José M^a Suárez Quintanilla

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

SANTIAGO DE COMPOSTELA
2024





DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

D. Miguel Ricardo Quevedo Bissoni declara no tener ningún conflicto de intereses en relación a la Tesis Doctoral titulada:

**Evaluación del injerto de dentina obtenido con el dispositivo
Tooth Transformer y su calidad expresada mediante unidades Hounsfield**

En Santiago de Compostela, a 16 de Abril de 2024

Fdo. Miguel Ricardo Quevedo Bissoni



*"La ciencia es un esfuerzo constante y
apasionado por entender el mundo que nos
rodea, un viaje inacabable de
descubrimiento que nunca cesa de
asombrarnos."*

Bernardo Houssay
Premio Nobel de Medicina en 1947

DEDICATORIA

A mi querida nonna Enriqueta, valiente pionera que, al cruzar el océano, fundó en Argentina, junto a mi abuelo Maurizio, un remanso de serenidad y sabiduría donde inculcar a sus hijos valores fundamentales como la laboriosidad, la honestidad y la perseverancia.

A mi madre, Antonia Bisonni, a quien agradezco por superar todas las expectativas, sorprenderme en cada ocasión y cultivar en mí la inquietud por vivir y la constante ambición de superarme un poco más cada día.

A mis queridos tíos Nelly, Pitty y Jorge por asumir el compromiso que mi madre comenzó y por ser compañeros inmejorables en esta etapa de mi vida.

A mis hermanos, cómplices de mi camino, quienes, cada uno a su manera, han contribuido a desarrollar las habilidades para afrontar la vida y me han enseñado el valor del compromiso hacia nuestra familia. En especial, a Silvia, por haberme acompañado en el momento crucial de salvar mi vida, y a Ricardo, mi Hermano-Padre ejemplar y sólida referencia, por su apoyo incondicional, sus sabias orientaciones, su vasta experiencia y su compromiso inquebrantable.

A mi hijo Catriel, mi fuente de alegría constante, agradezco su capacidad para motivarme a ser una mejor persona. Pero especialmente por el apoyo incondicional y la generosidad al dedicar el tiempo que podríamos haber compartido juntos, para garantizar el éxito de esta tesis.

A cada uno de mis sobrinos, seres imprescindibles cuya existencia convierte mi vida en una experiencia aún más emocionante.

Mi profundo agradecimiento a mi excepcional equipo de trabajo. En primer lugar, a Sandra Pérez, mi mano derecha, por confiar en mí y brindarme apoyo incondicional. A Natalia Rodríguez, por su inquebrantable curiosidad y constante ayuda en este desafío. A Natalia Sciaini, por su cariño, apoyo y sabios consejos. A las tres, mi reconocimiento por su profesionalidad, paciencia incansable, dedicación, habilidad excepcional y por ser figuras fundamentales tanto en mi vida personal como en mi trayectoria profesional.

A todos mis amigos que me han apoyado a lo largo de todo este camino y en la vida.

AGRADECIMIENTOS

Cada doctorado marca un hito significativo en una carrera académica, y en mi caso, también lo veo como el comienzo de un nuevo capítulo emocionante. Nada de esto se podría haber logrado, sin el apoyo incondicional, de muchas personas de mi entorno académico a las que deseo expresar mi profundo agradecimiento.

En primer lugar, agradezco al Dr. José María Suárez Quintanilla por haber confiado en mí, cuya guía experta y apoyo incondicional han sido fundamentales para alcanzar este logro. Su paciencia y su pasión por la enseñanza, su amplia experiencia y las incontables horas dedicadas a este proyecto, así como su compromiso y amistad, son aspectos que debo destacar y que nunca olvidaré.

Agradezco sinceramente a la Unidad Docente de Cirugía Oral de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela, y en especial a la Prof. Dra. Valeria Sciaini, quien ha sido un estímulo constante y un referente en cirugía, además de una gran amiga. También quiero expresar mi gratitud a los profesores Dres. Karen Rodríguez, María Nuñez, Javier Barbi y Esther Gala por su alegría, generosidad y las incontables horas compartidas de ciencia y amistad. Su apoyo y compañía han enriquecido significativamente mi experiencia académica y profesional.

A la empresa Imbiodent, Fidel Fernandez Fuertes, Prysma Dental, Cesar Porto y Rocío López Arribas, así como a la destacada colaboración de la empresa Tooth Transformer, por su sólido respaldo y la confianza depositada en mí.

A los doctores Edmundo Castro Sabugueiro, Samir Matar, Oscar Rodriguez Varela y M^a José García por ser parte importante de mi vida universitaria.

Al Hospital Veterinario Universitario Rof Codina, de la Universidad de Santiago de Compostela, y en particular al Prof. Dr. Fernando M. Muñoz Guzón, a quien quiero expresar mi agradecimiento por sus valiosas enseñanzas y sabios consejos, los cuales han ampliado mi visión respecto a la histología.

A todos los profesores y compañeros del curso de Experto Universitario en Implantología Oral, así como a sus directores, los Dres. Mario Pérez-Sayans y Manuel Somoza, por depositar su confianza en mí para formar parte de este enriquecedor curso.

A los Dres. José María Martínez, Inmaculada Tomás Carmona, Abel García, Eva Otero Rey, Pilar Gándara Vila, Andrés Blanco Carrión, Juan Suarez Quintanilla y Benjamín Martín-Biedma. Su aliento y buenos consejos fueron muy importantes en el impulso y desarrollo de este desafío.

También quiero expresar mi gratitud a los doctores Luis Sánchez-Labrador de la Universidad Complutense de Madrid y a Tomás Beca Campoy. Compartir la curiosidad y el interés por el estudio de la dentina con ellos es enriquecedor.

Parte fundamental en esta tarea fueron los pacientes que, de manera completamente desinteresada, colaboraron y confiaron en este trabajo. Además, agradezco profundamente a la Unidad Docente de Cirugía Oral de la Facultad de Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela, a la Clínica Social ASSOECO del Colegio de Odontólogos de A Coruña y a mi propia clínica privada. A todos: Muchísimas gracias.

Finalmente, agradezco de corazón a todos mis profesores y compañeros de la Universidad de Buenos Aires, quienes fueron parte integral de esos años formativos llenos de experiencias maravillosas. Su cariño y apoyo, que aún conservo, fueron esenciales para llegar al día de hoy.

RESUMEN

Introducción

El objetivo del presente estudio es el análisis de la calidad y estructura ósea obtenida tras realizar técnicas de preservación alveolar mediante injertos de dentina desmineralizada utilizando la tecnología Tooth Transformer. Se trata de un estudio clínico controlado aleatorizado, longitudinal y retrospectivo realizado de acuerdo con la declaración de Helsinki y que cuenta con la aprobación del comité de bioética de la Universidad de Santiago de Compostela.

Material y metodología

Se analizaron en este estudio las imágenes de una muestra inicial de 67 alvéolos regenerados con dentina autóloga desmineralizada, pertenecientes a 56 pacientes. De estos, 11 fueron implantados a los 6 meses de realizada la regeneración, y los 56 restantes fueron el objeto final del estudio, y por tanto observados a los 3, 6, 9 y 12 meses posteriores a la preservación alveolar. Los 56 pacientes que participaron en el estudio, 30 mujeres y 26 hombres, tenían entre 21 y 81 años de edad, con una media de 52.09 años (± 15.03),

Resultados y conclusiones

Hemos podido establecer un incremento de la densidad y estructura ósea del 24% en el área de regeneración ósea, al comparar los valores registrados entre los tres a los seis meses, tras su realización clínica con incrementos de 137.307 Unidades Hounsfield. No existen diferencias estadísticamente significativas al comparar los distintos sectores de la boca donde se han realizado los injertos. En aquellos alvéolos en los que posteriormente no se ha insertado un implante osteointegrado, se ha podido comprobar a lo largo de un año un incremento progresivo de las unidades Hounsfield, que han supuesto un incremento final del 60%

entre los meses 3 y 12 tras la aplicación de las técnicas de regeneración ósea. En los alveolos en los que posteriormente se llevó a cabo la inserción de un implante osteointegrado se ha podido comprobar una correlación muy favorable entre los valores del ISQ y la densidad ósea expresada en unidades Hounsfield

Palabras clave: Dentina autóloga desmineralizada, preservación alveolar, tooth transformer, unidades Hounsfield, ISQ

RESUMO

Introdución:

O obxectivo deste estudo é analizar a calidade e a estrutura ósea obtida despois de realizar técnicas de preservación alveolar mediante enxertos de dentina desmineralizada utilizando a tecnoloxía Tooth Transformer. Trátase dun estudo clínico controlado aleatoriamente, lonxitudinal e retrospectivo realizado de acordo coa declaración de Helsinki e coa aprobación do comité de bioética da Universidade de Santiago de Compostela.

Material e Metodoloxía:

Neste estudo analizáronse imaxes dunha mostra inicial de 67 alvéolos rexenerados con dentina autóloga desmineralizada, pertencentes a 56 pacientes. Destes, 11 foron implantados aos 6 meses de realizada a rexeneración, e os 56 restantes foron o obxecto final do estudo, e por tanto, observados aos 3, 6, 9 e 12 meses posteriores á preservación alveolar. Os 56 pacientes que participaron no estudo, 30 mulleres e 26 homes, tiñan entre 21 e 81 anos de idade, cunha media de 52,09 anos ($\pm 15,03$).

Resultados e Conclusións:

Puideron establecer un incremento do 24% na densidade e estrutura ósea na área de rexeneración ósea ao comparar os valores rexistrados entre os tres e os seis meses despois da súa realización clínica, con incrementos de 137.307 Unidades Hounsfield. Non existen diferenzas estatisticamente significativas ao comparar os diferentes sectores da boca onde se realizaron os enxertos. Naquel alvéolos nos que posteriormente non se inseriu un implante osteointegrado, puideron comprobar ao longo dun ano un incremento progresivo das unidades Hounsfield, que supuxeron un incremento final do 60% entre os meses 3 e 12 despois da aplicación das técnicas de rexeneración ósea. Nos

alvéolos nos que posteriormente se levou a cabo a inserción dun implante osteointegrado puideron comprobar unha correlación moi favorable entre os valores do ISQ e a densidade ósea expresada en unidades Hounsfield.

Palabras clave: Dentina autóloga desmineralizada, preservación alveolar, Tooth Transformer, unidades Hounsfield, ISQ.

ABSTRACT

Introduction:

The aim of this study is to analyze the quality and bone structure obtained after performing alveolar preservation techniques using demineralized autologous dentin grafts with Tooth Transformer technology. This is a randomized controlled clinical study, longitudinal and retrospective, conducted in accordance with the Helsinki Declaration and approved by the ethics committee of the University of Santiago de Compostela.

Material and Methods:

In this study, images of an initial sample of 67 alveoli regenerated with demineralized autologous dentin from 56 patients were analyzed. Among these, 11 were implanted 6 months after regeneration, while the remaining 56 were the final subjects of the study and were observed at 3, 6, 9, and 12 months following alveolar preservation. The 56 patients who participated in the study, including 30 women and 26 men, ranged in age from 21 to 81 years, with a mean age of 52.09 years (± 15.03).

Results and Conclusions:

We were able to establish a 24% increase in bone density and structure in the area of bone regeneration when comparing values recorded between 3 and 6 months after clinical procedures, with an increase of 137.307 Hounsfield Units. There were no statistically significant differences when comparing different areas of the mouth where grafts were performed. In those alveoli where no osseointegrated implant was subsequently inserted, a progressive increase in Hounsfield units was observed over a year, resulting in a final increase of 60% between months 3 and 12 after the application of bone regeneration techniques. In alveoli where osseointegrated implant placement was performed, a

very favorable correlation was observed between ISQ values and bone density expressed in Hounsfield Units.

Keywords: Demineralized autologous dentin, alveolar preservation, Tooth Transformer, Hounsfield Units, ISQ

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	18
1.1. IMPORTANCIA DEL PROCESO ALVEOLAR EN LA REHABILITACIÓN CON IMPLANTES OSTEOINTEGRADOS	18
1.2 COMPOSICIÓN HISTOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DEL HUESO	21
1.3 PROCESOS CELULARES DE APOSICIÓN Y REABSORCIÓN ALVEOLAR	22
1.4 HISTOLOGÍA Y FISIOLOGÍA ÓSEA.	23
1.5 PROCESOS BIOLÓGICOS TRAS LA EXODONCIA DENTARIA	25
1.6 BASES BIOLÓGICAS DE LA REGENERACIÓN ÓSEA GUIADA (R.O.G)	28
1.6.1 Técnicas de preservación alveolar (PAP)	31
1.6.2 Exodoncia atraumática	33
1.6.3 Técnicas para la preservación alveolar:	36
1.7 BIOMATERIALES (INJERTOS ÓSEOS)	39
1.7.1 Características de los Biomateriales.....	39
1.7.2 Clasificación de los Injertos óseos:	41
1.7.2.1 Origen sintético (Biomaterial Aloplástico):.....	41
1.7.2.2 Animal, Heterólogos o Xenógenos:	43
1.7.2.3 Homólogos o Aloinjertos:	44
1.7.2.4 Autólogo:	45
1.8. LOS DIENTES. UN NUEVO MATERIAL DE INJERTO	51
1.8.1 Dentina.....	52
1.8.1.1 Dentina. Matriz orgánica	53
1.8.1.2 Dentina. Matriz Inorgánica	54
1.8.1.3 Tipos de dentina.....	55
1.9. EXPERIMENTACIÓN CON DENTINA	56
1.9.1 Estudios actuales de experimentación en animales y seres humanos....	56
2. JUSTIFICACIÓN	62
3. HIPÓTESIS DE TRABAJO	67
4. OBJETIVOS	69
5. MATERIAL Y METODOLOGÍA	71
5.1 DISEÑO DEL ESTUDIO.....	71
5.2 RECURSOS HUMANOS.....	71

5.3	CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	71
5.3.1	Criterios de Inclusión.....	71
5.3.2	Criterios de exclusión.....	72
5.4	TAMAÑO MUESTRAL Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	72
5.5	CONSENTIMIENTO INFORMADO Y DE PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO	73
5.6	RECURSOS MATERIALES	73
5.6.1-	Materiales comunes.....	73
5.6.2-	aparatos e instrumental especial.....	74
5.6.3	Otros Instrumentales	78
5.6.4	Análisis de imágenes.....	79
5.7	PROTOCOLO CLÍNICO.....	79
5.7.1	Protocolo Previo a la técnica quirúrgica	79
5.7.2	Protocolo quirúrgico	79
5.7.3	Protocolo post-quirúrgico y seguimiento de los pacientes	86
5.7.3.1	<i>Mediciones de densidad:</i>	86
5.8	RECOGIDA DE DATOS:.....	88
5.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO:.....	88
6.	RESULTADOS	91
6.1	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL PERFIL SOCIO-DEMOGRÁFICO Y CLÍNICO DEL PACIENTE.....	91
6.2	ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PACIENTE SEGÚN ALVÉOLOS:	93
6.3	VALORES REGISTRADOS SEGÚN TIEMPO Y ZONA	95
6.3.1	Valores registrados en la primera medición (3 meses).....	95
6.3.2	Valores registrados en la segunda medición (6 meses).....	96
6.3.3	Valores registrados en la tercera medición (9 meses).....	98
6.3.4	Valores registrados en la cuarta medición (12 meses).....	99
6.4	EVOLUCIÓN DE LA DENSIDAD ÓSEA.....	100
6.4.1	Evolución de la densidad ósea en los alvéolos con solo regeneración..	102
6.5	RELACIÓN ENTRE HOUNSFIELD E ISQ.....	103
6.6	COMPLICACIONES QUIRÚRGICAS DE LA TÉCNICA DE INJERTO DE DENTINA DESMINERALIZADA	107
6.7	ESTUDIO HISTOMORFOMÉTRICO	108
7.	DISCUSIÓN.....	112

8. CONCLUSIONES.....	124
9. BIBLIOGRAFÍA	126
10. ANEXOS	140
10.1 INDICE DE TABLAS, FIGURAS Y FOTOS	141
10.2 CONSENTIMIENTO INFORMADO DENTINA DESMINERALIZADA.	144
10.3 CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO.....	146
10.4 HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN	147
10.5 INFORMACIÓN SOBRE PROTECCIÓN DE DATOS	151
10.6 CLÁUSULA RELATIVA A PROTECCIÓN DE DATOS DE CARÁCTER PERSONAL	152
10.7 FICHA PARA LA RECOGIDA DE DATOS CLÍNICOS DEL ESTUDIO	153
10.8 INFORME COMITÉ DE BIOÉTICA DA USC	158
10.9 ARTÍCULOS	159
ARTÍCULO 1. Assessment Of Bone Regeneration With Dentin Graft Obtained Using The Tooth Transformer Device And Bone Quality Quantification Expressed In Hounsfield Units.....	159
ARTÍCULO 2. Utilización del injerto de dentina desmineralizada y PRP como terapéutica complementaria en la exodoncia de un canino incluido en un paciente adulto. Caso clínico (I).	174
ARTÍCULO 3. Utilización de la tecnología Tooth Transformer y los dientes incluidos del paciente, como material de injerto en un tratamiento multidisciplinar.....	185

1.

Introducción

1. INTRODUCCIÓN

El incremento de la esperanza de vida, está teniendo importantes consecuencias en los planteamientos sanitarios y terapéuticos que de manera rutinaria aplicamos a nuestros pacientes y en Galicia, nuestra Comunidad Autónoma, según el último informe Eurostat de 2020 (1), la esperanza de vida al nacer está cerca de los 83.7 años.

Esto supone la existencia en la actualidad de una población envejecida, con múltiples patologías crónicas, muy polimedicada y por tanto, expuesta al proceso fisiológico de reabsorción de los maxilares durante más tiempo.

Si hasta hace pocos años, las prótesis convencionales eran una solución aceptable en la mayoría de los pacientes de edad avanzada, en la actualidad los adultos mayores, tienen unas exigencias estéticas y funcionales que nos exigen regenerar sus bases óseas y tisulares antes de iniciar el tratamiento con implantes osteointegrados.

Estas técnicas de regeneración tisular y ósea no solo dependen de la habilidad clínica de los profesionales, sino de su capacidad de integrar en su diagnóstico y planificación clínica conceptos fisiológicos, bioquímicos, inmunológicos y genéticos que en gran medida son los que van a establecer y garantizar la predictibilidad y duración del tratamiento a medio y largo plazo (2).

1.1. IMPORTANCIA DEL PROCESO ALVEOLAR EN LA REHABILITACIÓN CON IMPLANTES OSTEINTEGRADOS

Actualmente, con la introducción del concepto de implantología guiada por la rehabilitación protésica, el hecho de que se produzca osteointegración no es suficiente para establecer el éxito del tratamiento.

La posición ideal de un implante es aquella que ocupa el lugar del alveolo del diente extraído, pero como habitualmente los alveolos han sufrido un proceso de reabsorción nos vemos obligados a buscar otra localización, lo cual compromete no sólo la función sino otros aspectos como la orientación en las tres dimensiones del espacio del implante o la estética del perfil de emergencia (3). Por otra parte al alejarnos del hueso alveolar, podemos invadir de manera inadvertida otras estructuras anatómicas como el seno maxilar, el conducto dentario inferior o las fosas nasales.

Estas circunstancias nos separan de los criterios de excelencia de la implantología actual, que determinan que un implante aunque se encuentre osteointegrado y tenga una función adecuada, no cumple con su objetivo terapéutico si además no satisface las exigencias estéticas del paciente (4).

Otros de los factores decisivos en la actualidad es la consideración de la rehabilitación protésica sobre los implantes osteointegrados, que puede realizarse dependiendo de los criterios del profesional y las exigencias del paciente, de manera inmediata, mediata o cumpliendo los requisitos clásicos de la osteointegración (2).

Tras una exodoncia dentaria se producen en el alveolo un conjunto de cambios a nivel morfológico, histológico y dimensional y por ello se propuso en 2004 una clasificación (5) establecida sobre el momento de inserción del implante con respecto a la exodoncia:

- **Tipo I - Inserción inmediata**

Se realiza la cirugía del implante al mismo tiempo que la exodoncia, en un solo acto quirúrgico, aprovechando la apertura de los tejidos blandos y duros.

- **Tipo II – Inserción Temprana**

Se realiza cirugía de implantes entre el primer y segundo mes posterior a la exodoncia. Si bien los tejidos blandos están cicatrizados, el hueso aún no se encuentra estructurado.

- **Tipo III – Inserción Temprana.**

De tres a cuatro meses posteriores a la exodoncia. El tejido blando está cicatrizado, y el óseo no de manera integra

- **Tipo IV – Inserción Tardía**

Posterior a los 6 meses, el lecho óseo está totalmente cicatrizado.

Son varios los autores que recomiendan, implementar técnicas de regeneración ósea guiada (ROG), en aquellos casos en los que no es posible colocar el implante en una situación ideal desde el punto de vista de la prótesis, especialmente en el sector anterior donde el manejo del perfil de emergencia es más complejo (6).

Es por ello que el proceso de toma de decisiones basado en la lógica y las condiciones del paciente, es uno de los requisitos para el éxito de cualquier tipo de rehabilitación sobre implantes. Este diagnóstico y el posterior plan de tratamiento, estará establecido en gran medida, en las características que presenta el alveolo dentario previo a

la exodoncia, visión en la que nos ayudaran, las imágenes 2D, obtenidas mediante radiología convencional, y la imágenes 3D obtenidas a través de CBCT (7).

El grupo de investigación de Elian (8), propuso una clasificación de los alvéolos post-extracción, con la finalidad de facilitar el proceso diagnóstico, basándose en las características de los tejidos blandos y duros vestibulares.

Posteriormente el Dr. Stephen J Chu (9) diferenció los alvéolos de tipo 2, basándose en la proporción de la pared vestibular ósea y creando una nueva subclasificación:

Alveolo tipo 1. Tanto la pared ósea como los tejidos blandos vestibulares, permanecen intactos tras la exodoncia, y situados a un nivel normal con respecto a la línea amelo-cementaria del diente extraído

Alveolo tipo 2. Se conserva el tejido blando vestibular, pero la pared ósea esta parcial o totalmente ausente

- **Tipo 2A:** defecto de ausencia ósea, de hasta un tercio de la pared ósea vestibular, cuyo borde se sitúa a 5 mm – 6 mm del margen gingival libre.
- **Tipo 2B:** defecto de ausencia ósea desde el tercio medio al coronal, dos tercios de la pared ósea vestibular cuyo borde se sitúa a 7 mm a 9 mm del margen gingival libre.
- **Tipo 2C:** Defecto de ausencia ósea total de la pared vestibular cuyo borde se sitúa a 10 mm o más del margen gingival libre.

Alveolo tipo 3. Tanto la pared ósea como los tejidos blandos vestibulares están francamente disminuidos.

Por lo tanto, es necesario previamente tener en cuenta el estado del margen gingival, así como su relación con la cresta ósea, es fundamental no solo para la perfecta viabilidad del implante sino también para obtener la mejor estética posible.

Por todo ello, se debe determinar el biotipo periodontal al mismo tiempo que la posibilidad de una recesión periodontal (10-12).

Es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Cuando se realiza una exodoncia dentaria se inicia un proceso continuo de reabsorción de la cresta alveolar que lógicamente va a comprometer la futura rehabilitación protésica convencional o bien la inserción de un implante osteointegrado (13).

- b) La colocación inmediata de un implante tras la extracción atraumática permite el mantenimiento del hueso alveolar y una colocación adecuada del implante desde el punto de vista biológico y funcional, razón por la que resulta fundamental conocer la biología y la histología del hueso alveolar y los mecanismos de reabsorción que sufre al extraerse un diente (14).
- c) Evaluando el tipo de alvéolo nos podemos plantear el momento idóneo para la inserción del implante. Si lo haremos de modo inmediato, temprano o diferido, y además, nos plantearemos la necesidad aplicar técnicas regenerativas, con utilización o no de materiales de injerto.

1.2 COMPOSICIÓN HISTOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DEL HUESO

El hueso es un tejido conectivo mineralizado especializado que contiene principalmente fosfato cálcico (45%), además de agua (30%) y una matriz orgánica (25%).

La matriz mineral está formada por cristales de hidroxiapatita de baja cristalinidad siendo limitado su contenido en calcio ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), el agua está contenida principalmente en la sangre y en la médula ósea; y la matriz orgánica se compone en un 90 % de colágeno del cual, el 85,5% es de tipo I y el 4,5 % restante, de colágeno tipo III, V, y XII, lo que le proporciona resiliencia y elasticidad, previniendo de esta forma el riesgo de fractura.

El resto de la matriz orgánica está compuesto por proteínas no colagenadas, que son producidas por las células óseas tales como la osteonectina, osteocalcina, osteopontina, y BMP (Bone morphogenetic protein), FGF (Fibroblast growth factor), IGF (Insuline-like Growth Factor) TRAMP (Tyrosine Rich Acid Matrix Protein), proteoglicano óseo y sialoproteína ósea, muchas de ellas implicadas en los procesos de formación de osteoblastos.

La proporción de componentes inorgánicos /orgánicos es de aproximadamente 75 / 25 en peso y 65 / 35 en volumen. Encontramos en el organismo dos tipos de hueso, que son muy diferentes tanto en el aspecto macro, como en el aspecto micro. El hueso compacto y el hueso esponjoso o trabecular.

El hueso compacto forma la capa externa de todos los huesos, es un tejido muy organizado que supone el 80% del peso de los huesos, tiene un porcentaje muy alto de materia inorgánica, lo que lo vuelve muy resistente.

Por el contrario, el hueso esponjoso es un tejido de tipo reticular, con espacios interconectados por los vasos sanguíneos, que están rellenos por la médula ósea, roja (tejido hematopoyético) y amarilla (tejido graso), supone el 20% del peso de los huesos, aunque en volumen, es 10 veces superior al hueso compacto. Otro de los elementos que

diferencian a estos dos tipos de hueso son los poros. Los poros, su longitud, y su interconexión, son quienes permiten la difusión de nutrientes. Esto los hace fundamentales para los procesos celulares y obviamente para la formación ósea, o bien para la reparación o regeneración ósea. En el hueso esponjoso este puede llegar a tener un tamaño de 400 μm , sin embargo, en el compacto solo llegará hasta 100 μm .

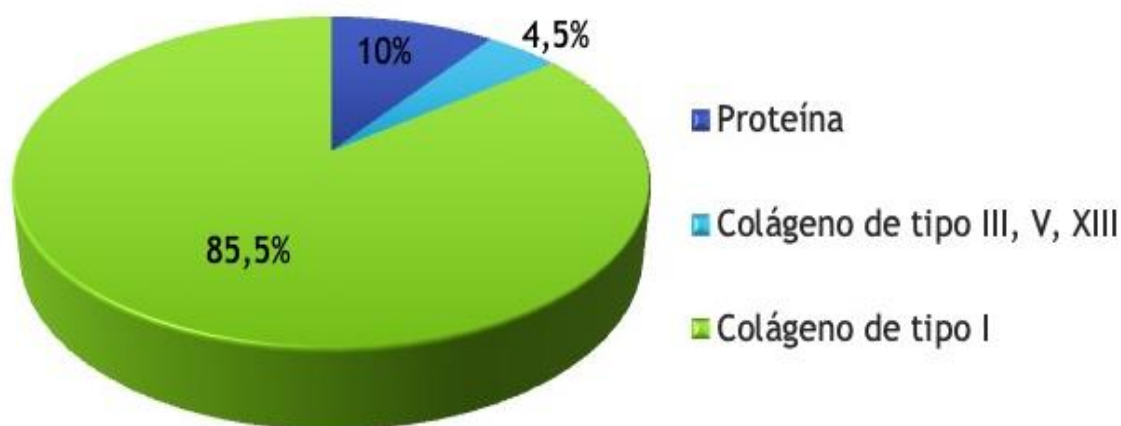


Figura I-1. Distribución porcentual de la materia orgánica en la matriz ósea. Elaboración propia

1.3 PROCESOS CELULARES DE APOSICIÓN Y REABSORCIÓN ALVEOLAR

En condiciones normales, en el hueso sano se están produciendo de manera continua procesos de remodelación ósea. La remodelación ósea es un equilibrio continuado de creación y destrucción de hueso, y la base que justifica que cada año se renueve el 10% del esqueleto.

Se trata de un proceso dinámico y continuado que adapta el hueso a esfuerzos localizados (15). Debido a ello, el hueso tiene una capacidad única de autoreparación. Sin embargo, existe un tamaño de defecto crítico, a partir del cual el hueso no es capaz de emprender la reparación empleando sus propios procesos de osteogénesis. Por tanto, cuando el defecto es de un tamaño mayor que el defecto crítico, se hace necesario el empleo de alguna técnica de injerto.

Los defectos óseos de los maxilares obedecen a causas muy variadas, como pueden ser las resecciones quirúrgicas, los traumatismos maxilares y dento-alveolares, la dificultad de osificación en edades avanzadas, las enfermedades periodontales y periimplantarias, los quistes periapicales, los defectos congénitos, etc. Sea cual sea la causa del defecto óseo, va a impedir el objetivo que persigue la rehabilitación protéticamente guiada.

Entre estas causas de pérdida ósea, los defectos óseos maxilares causados por la reabsorción alveolar post-extracción son muy frecuentes; éste es un fenómeno fisiológico

que ocurre tras la extracción dentaria por el cual la cresta ósea alveolar ve disminuida su altura y su anchura original, en una cantidad que varía no solo entre distintas localizaciones, sino que también varía entre distintos individuos, sexo, edad, y obviamente patologías.

Desde finales del siglo XX muchos autores observaron que la reducción ósea se producía tanto horizontal como verticalmente. Y recientes estudios han demostrado que hay una pérdida horizontal del 63 %, que es superior a la vertical que suele oscilar entre un 11-22 % dentro de los primeros 6 meses post quirúrgicos. Produciéndose otra reducción gradual posterior durante los siguientes 6 meses (16).

En cualquier caso, esta reabsorción, dependerá también el tipo de acto quirúrgico, área en donde se produzca la intervención, presencia previa de infecciones, espesor de las corticales vestibular y palatina, y que se verá francamente aumentada por el trauma producido durante la exodoncia.

Debido a esta última circunstancia, surge dentro de nuestra especialidad, el término *exodoncia atraumática*, que no es más que la necesidad de limitar al mínimo el daño quirúrgico, procurando la avulsión dentaria o solo la rotura del ligamento periodontal, además de aplicar un cuidado extremo durante la maniobra, con el fin de mantener integras las corticales óseas.

En esta técnica, es también importante valorar el levantamiento o no de colgajo mucoperióstico, dado que gran parte del aporte sanguíneo a las corticales depende del periostio. Por esto último y por razones estéticas, se indica no despegar el colgajo mucoperióstico, sobre todo en las zonas anteriores donde las corticales vestibulares son muy delgadas, la encía habitualmente muy fina y los requisitos estéticos muy elevados.

1.4 HISTOLOGÍA Y FISIOLÓGÍA ÓSEA.

Para la comprensión de la cicatrización de un alveolo es fundamental previamente conocer los procesos histológicos que producen en toda regeneración del tejido óseo, que no solo se limita a la aparición de osteoblastos y osteoclastos, sino, además, a diferentes mediadores, células y productos metabólicos.

Los osteoblastos provienen de las células precursoras mesenquimales pluripotenciales, por lo tanto podemos encontrarlos de dos tipos : (a) Determined Osteogenic precursor cells (DOPC) que son células se encuentran dentro del hueso o en el periostio y que se diferencian hacia osteoblastos por la influencia de BMP (Bone Morphogenetic Protein) y (b) Inductible Osteogenic Precursor Cells (IOPC), que son células mesenquimales que encontrándose en otros tejidos u órganos, bajo el estímulo adecuado se transforman en Osteoblastos.

Los osteoblastos, poseen un núcleo excéntrico con un gran nucléolo, y su aspecto en el microscopio electrónico es el de una célula con alta actividad de síntesis proteica, con un retículo endoplasmático muy extenso y numerosos ribosomas. Además, se pueden observar numerosas vesículas relacionadas con el aparato de Golgi, que sugieren que serán las precursoras de los componentes glicoproteicos de la sustancia fundamental.

Por lo tanto, producirán la matriz ósea a partir de la cual, y tras la deposición de minerales, en la que también intervienen, se convertirán en tejido duro. Finalmente, los osteoblastos rodeando el conducto de Havers, quedarán atrapados en dicha matriz como osteocitos. Estos, controlarán el transporte de diferentes iones a través de nexos de sus procesos citoplasmáticos, o uniones gap, y del mismo modo, alcanzan las superficies del periostio, los vasos sanguíneos, los conductos de Havers, así como la médula ósea en las superficies endocortical y trabecular.

Trabajos de investigación recientes demuestran que los osteocitos secretan citoquinas que regulan la generación de osteoclastos y participan en el reclutamiento y la diferenciación de los precursores osteoclásticos, iniciando así la remodelación ósea dirigida (17). De todas las células del linaje mesenquimal/osteoblástico, son las más diferenciadas, con una vida media de 25 años, los osteocitos constituyen más del 95% de las células en la matriz ósea.

Otros estudios, demuestran que los osteocitos detectan y responden a estímulos mecánicos y hormonales para coordinar la función de osteoblastos y osteoclastos. Un potente inhibidor de la formación ósea, la esclerostina, se expresa principalmente en osteocitos y es regulada negativamente por estímulos anabólicos óseos. Un reciente descubrimiento, identifica a esta molécula como uno de los tan buscados mensajeros por el cual los osteocitos afectan la función de las células de la superficie del hueso.

Los osteocitos son considerados los mecano-sensores del hueso, ya que presentan el potencial para detectar las fuerzas mecánicas, o microfracturas. Y traducirlas en las señales bioquímicas. Así, la supresión específica de los osteocitos tendría como resultado la pérdida ósea (18).

Por otra parte, los osteoclastos (que no provienen de células mesenquimales, sino hematopoyéticas), tienen receptores para la parathormona y la calcitonina, que son las hormonas que regulan la reabsorción ósea. Con un movimiento de tipo ameboide, son células muy grandes en cuyo citoplasma se pueden observar gran cantidad de lisosomas destinados a la destrucción ósea. Y es así como participan en la remodelación ósea, produciendo la destrucción del hueso, mediante la liberación de protones sobre la superficie dura que disminuyen el pH del medio, por otra parte, el colágeno expuesto tras este proceso, será disuelto mediante la actuación de enzimas lisosomales y colagenasas.

Cuando hay una acción organizada entre osteoblastos y osteoclastos, es decir reabsorción y aposición ósea hablaremos de una remodelación fisiológica del hueso. Sin embargo, cuando hay un traumatismo, habrá acción de citoquinas, que producirán inflamación y posteriormente se dará la reparación ósea.

Finalmente, la estructura ósea del hueso maduro, tanto en las trabéculas como en la cortical, tendrá una disposición de tipo lamelar.

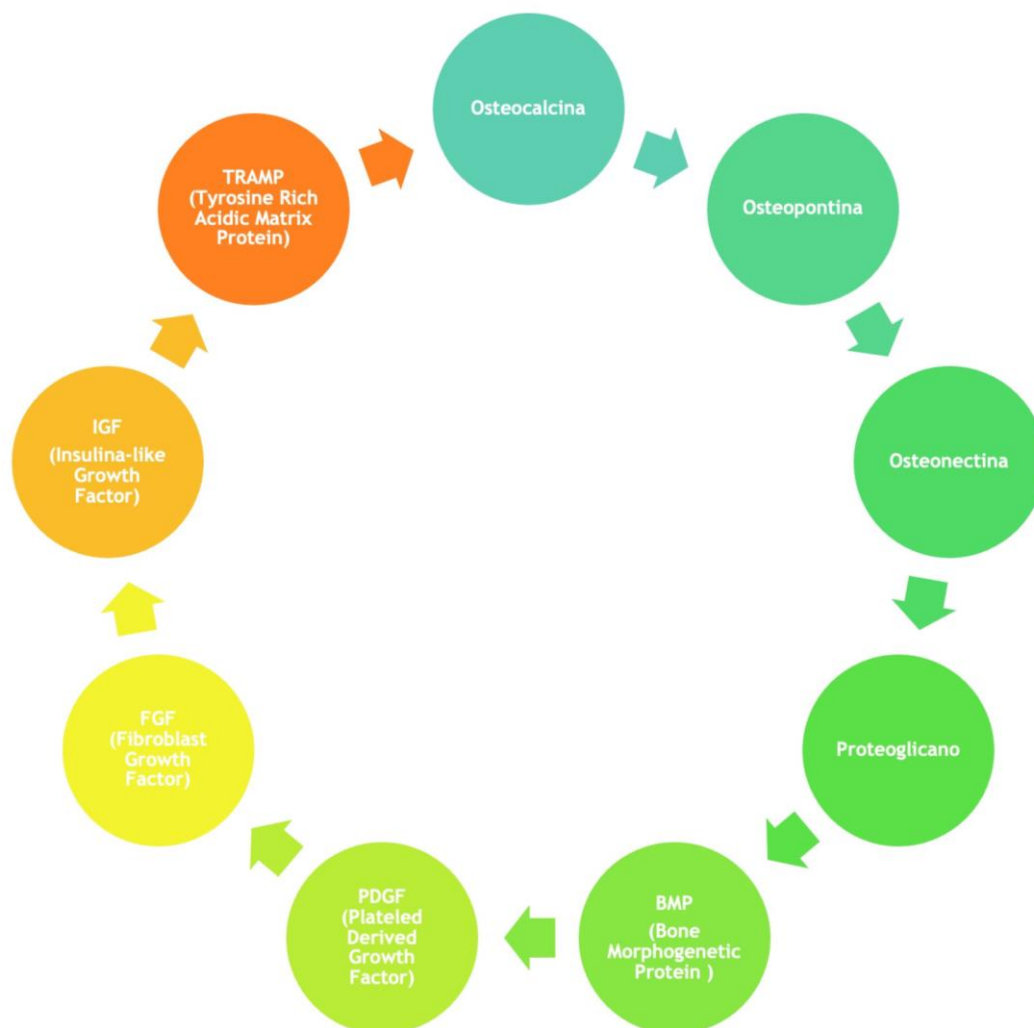


Figura I-2. Principales proteínas presentes en la matriz ósea. Elaboración propia

1.5 PROCESOS BIOLÓGICOS TRAS LA EXODONCIA DENTARIA

El proceso de curación alveolar tras una extracción dentaria está caracterizada por cambios internos, que conducen a la formación de hueso en el interior del alvéolo, y por cambios externos que generan a una marcada pérdida de la altura y anchura en la cresta alveolar.

Durante los primeros tres meses posteriores a la extracción de un diente se producen una serie de cambios en la cresta ósea residual, todos ellos estudiados ampliamente tanto radiológicamente en humanos como desde el punto de vista histológico en perros (19,20).

Debido a la destrucción del ligamento periodontal y a la desaparición de las fibras de Sharpey, el hueso alveolar carece de función biológica y comienza a reabsorberse, mientras se produce la cicatrización alveolar que pasa por varias fases:

- En principio durante las primeras 24 horas, el alvéolo residual se rellena por un coágulo sanguíneo, proceso seguido de una hemólisis y del inicio de un proceso inflamatorio.
- A los dos o tres días tiene lugar el reemplazo del coágulo por uno más organizado en cuyo interior encontraremos: tejido de granulación rico en fibras colágenas y vasos sanguíneos.
- A los cuatro días se observa un aumento del número de fibroblastos, así como una proliferación del epitelio desde el margen de la herida, y también aparecen osteoclastos que empiezan a reabsorber el hueso.
- A la semana comienza la formación de tejido óseo por lo que encontramos un tejido de granulación con una gran red vascular, el periodonto prácticamente disuelto, un tejido conectivo joven y osteoide en la porción apical del alvéolo, y finalmente, una cubierta epitelial sobre la herida. En la medular cercana encontramos gran proliferación de osteoclastos que participarán en la remodelación ósea.
- A las tres semanas se observan un tejido conectivo denso, con una gran maduración y trabéculas de tejido óseo inmaduro, desordenado, que empieza a formarse centrípetamente, desde las paredes del alvéolo hacia el interior del mismo, que a su vez van reemplazando al tejido conectivo partir de una trabécula inicial desde las que se dispondrán de modo irradiado las restantes, y que en última instancia formarán un hueso de tipo trabecular.
- Tras los primeros treinta días comienza el remodelado de este hueso inicial desorganizado, y a los dos meses se produce la aparición de la medula ósea entre las trabéculas, mientras que a los cien días hallaremos una cubierta compacta, bajo la cual habrá hueso trabecular. Esta formación tiene una gran densidad radiográfica.
- A los dos meses, la estructura ósea se encuentra organizada, pero se debe de tener en cuenta que no alcanzaremos a rellenar completamente el alvéolo. Hay que considerar también que el tejido blando se verá afectado por estos cambios de volumen y forma, de manera proporcional a la estructura ósea.

- A los tres meses, la zona apical y media del alvéolo experimentarán menor reabsorción, que la zona coronal del alvéolo. Estudios histomorfométricos nos ofrecen para estas zonas una reducción del 3-6 %, cifras que contrastan significativamente con el 35 % que registran para la zona coronal (21).
- A los 6 meses habrá una gran presencia de hueso lamelar, por lo que podremos hablar de una reparación completa, aunque este hueso seguirá remodelándose toda la vida.

Este proceso de remodelado en el hueso tendrá lugar por la acción conjunta de los osteoclastos que labrarán un túnel que posteriormente se repuebla de osteoblastos. En este túnel también proliferan estructuras vasculares que crecen a medida que avanzan los osteoclastos y los osteoblastos van cerrando este túnel labrado por los osteoclastos, y como resultado final de esta acción conjunta se forma lo que denominamos conductos de Havers (18).

Este proceso puede depender de muchos factores, y entre ellos, la extensión y profundidad del alvéolo es decisiva, puesto que los alvéolos más anchos necesitarán más tiempo que los estrechos para rellenarse (22).

Hay dos procesos fisiológicos importantes tras la exodoncia, que forman parte de la reparación. Por un lado se produce una interrupción de la vascularización que se origina a través del ligamento periodontal, y por otra parte hay una acción osteoclástica importante. En conjunto hacen que haya una tendencia inmediata a la reabsorción del alvéolo, sobre todo en las regiones donde el espesor cortical es pequeño, como ocurre en las regiones más estéticas, como son las vestibulares anteriores, tanto superiores como inferiores.

Ambos maxilares experimentan una mayor reabsorción tras la exodoncia, siendo más marcada en el primer año, sobre todo en los primeros tres meses. En la mandíbula esta reabsorción es más marcada, cuatro veces mayor, que en el maxilar. Debido a esta reabsorción se darán diferentes defectos en la cresta alveolar. Aunque existen diferentes clasificaciones para estos defectos, la más clara es la que propuso Seibert, en 1983 (23), clasifica los defectos del reborde alveolar en 3 clases atendiendo al componente horizontal y vertical del defecto:

- Defectos de clase I: Cuando la pérdida ósea es horizontal con una altura vertical normal.
- Defectos de clase II: En los que la pérdida ósea es vertical, conservando el ancho buco-lingual.
- Defectos de clase III: Que es una combinación entre los defectos de clase I y II.

Por su parte, Allen, en 1985 (16), según la profundidad que tenga el defecto los considerará del siguiente modo:

- Leve: Menor a 3 mm.
- Moderado: De 3 a 6 mm.
- Severo: Mayor de 6 mm

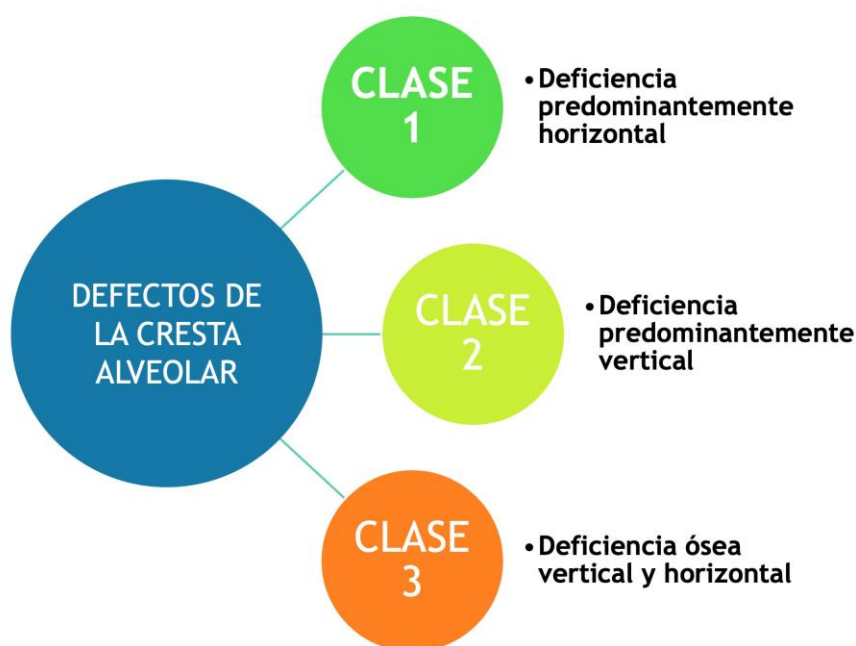


Figura I-3. Clasificación de Seibert - 1983. Elaboración propia

1.6 BASES BIOLÓGICAS DE LA REGENERACIÓN ÓSEA GUIADA (R.O.G)

En base a los conocimientos que se tienen respecto a los procesos de reabsorción ósea posteriores a la exodoncia, y de la actividad del tejido blando, surge la necesidad de contener al máximo las consecuencias de los mismos, no solo si la rehabilitación implanto-protética está enfocada a sectores estéticos, como los sectores anteriores superiores o inferiores, sino también en sectores donde las fuerzas oclusales pueden causar fracasos a nivel protético, implantario o ambos, debido fundamentalmente a la imposición de insertar el implante en un sitio inadecuado. Esta respuesta, en forma de técnicas quirúrgicas, se basó inicialmente en los conceptos de la *Regeneración tisular guiada* (RGT), que se sustenta básicamente en permitir que células progenitoras repueblen el defecto de un tejido dado. En el caso de la ROG, debido a que la velocidad de réplica es mayor en las células epiteliales que en las del tejido óseo, se hace necesario la interposición de una barrera que contenga a las primeras. Por tanto, como afirman muchos autores entre ellos Abou, la

interposición de una barrera que contenga la invasión de los tejidos conectivos y epiteliales dentro del proceso alveolar, es suficiente para la ROG, concediéndole al tejido óseo el tiempo necesario para que células osteoprogenitoras se transformen en osteoblastos, y rellenen el defecto sin interferencias (24).

Para que la técnica ROG sea previsible, es necesario que se cumplan cuatro condiciones que han descrito Wang y Boyapati (32).

1. Cierre primario de la herida.
2. Angiogénesis.
3. Creación y mantenimiento del espacio.
4. Estabilidad del coágulo

El cierre primario es fundamental porque protege y aísla a este espacio de agresiones físicas e infecciones además de ayudar a una mejor hemostasia (31). Si bien un cierre por primera intención es difícil, cuanto más cerca estén los bordes de la herida, menor repitelización exigirá, habrá menos contracción de la herida y a su vez cerrará más rápidamente. Por otra parte, los síntomas post-quirúrgicos serán menores cuanto más cerrada esté la herida. Aunque hay una condición fundamental, y es que el cierre debe estar sin tensión, porque si no se cumple esta condición, no es atípico que fracase, básicamente por falta de buena irrigación en la zona, o bien por dehiscencia o por la propia contracción de la mucosa sobre el injerto (32,33).

En cuanto a la angiogénesis, se sabe que hay una relación directa entre esta y la formación de tejido óseo (33). Células osteoblásticas que provienen de la medula ósea y periostio y por otra parte células mesenquimales, provenientes de otras partes del organismo colonizan la lesión. A los tres días de producida la lesión, comienza la proliferación de vasos sanguíneos y se mantiene así por semanas. Simultáneamente comienza a la semana, la formación de tejido osteoide, que finalmente se convertirá en hueso maduro. Una maniobra que se sabe aumenta la angiogénesis, es la decorticación, (también llamada perforación medular o perforación cortical). En una revisión de la literatura del año 2019, determinan que aunque este proceso ha sido comprobado mayormente en animales, (debido a que en el ser humano, la muestra la obtenemos en el momento de realizar el implante y no en las primeras fases de la cicatrización), los resultados histomorfométricos, de la decorticación mejora la angiogénesis en etapas tempranas de cicatrización ósea incrementando así la cantidad de hueso neoformado (34)

La utilización de membranas además de impedir la proliferación de estas células conectivas y epiteliales, crea un espacio cerrado que brinda un entorno óptimo para la curación ósea, permiten la estabilidad del coagulo sanguíneo (fundamental para el proceso de regeneración), e incluso algunas de ellas denominadas de *tercera generación*, (utilizadas

comúnmente en periodoncia), aportan elementos que inducen la transformación de células progenitoras en osteoblastos (25).

Estas membranas, están confeccionadas de diferentes materiales, y de acuerdo a su comportamiento post-quirúrgico las podemos dividir en *reabsorbibles* y *no reabsorbibles*. Todas las membranas, deben contar con ciertas características que las hacen aptas para su utilización, entre ellas, que sean biocompatibles, que permitan un cierre íntimo, fáciles de manejar, y que además de mantener el espacio tridimensional para el que fueron confeccionadas, a ser posible, que se produzca su integración tisular (26).

Las membranas reabsorbibles son aquellas que van desintegrándose paulatinamente o bien integrándose en el tejido. Comúnmente confeccionadas con colágeno de origen animal, o polímeros como el ac. Poliglicólico, son sumamente prácticas. Su gran ventaja, es que no requieren de una segunda cirugía para su remoción. Aunque dependiendo del defecto, no son útiles debido a su baja resistencia mecánica, lo que hacen que se colapsen cediendo al peso de los tejidos de su entorno, además de generar dudas sobre su grado de reabsorción, dado que no siempre es uniforme. No obstante, están reemplazando a las no reabsorbibles, porque no necesitan una segunda cirugía para su remoción y además, las de procedencia animal como las obtenidas del talón de Aquiles o de pericardio (que presentan fibras entrecruzadas y mayor densidad), son más resistentes y predecibles en la ROG. Son varios los autores que se decantan por la utilización de membranas de fibras de colágeno entrecruzadas (Cross-link) (27).

Las membranas no reabsorbibles, son membranas altamente resistentes que confeccionas en titanio (en láminas o mallas) o bien en politetrafluoroetileno (PTFE), que puede ser expandido o denso, e-PTFE y d-PTFE respectivamente. La diferencia fundamental entre estas membranas de PTFE, es su porosidad, que en las primeras es de 0,2 μm , y en las segundas de 5 a 30 μm . Además, estas membranas de PTFE pueden estar reforzadas con titanio.

La gran ventaja de las membranas no reabsorbibles, es que ofrecen una gran estabilidad tridimensional a la zona a regenerar. Su mayor inconveniente es que deben ser retiradas quirúrgicamente, y en el caso de las de PTFE, no se pueden exponer al medio bucal porque hacen peligrar la regeneración o corren un cierto riesgo de infección en el huésped (28).

El Coágulo por su composición, rico en fibrina y plaquetas, y su volumen cumple una función fundamental, en la ROG, junto con el hueso son los elementos más importantes de este proceso. El coagulo en sí, retiene células osteogénicas provenientes del torrente sanguíneo, factores de crecimiento que estimulan la diferenciación celular, además de atrapar linfocitos y eritrocitos. El factor de crecimiento derivado de plaquetas actúa como quimiotáctico, y estimula la formación de tejido de granulación (33). Por estas características podría ser considerado un óptimo material de regeneración autólogo. Su

remoción o su inestabilidad produciría un aumento del tiempo de regeneración, pérdida del volumen y colapso de la membrana (35). Con el fin de estabilizarlo contamos con las membranas, que además de preservar el espacio también colaboran en este fin, pero si además agregamos biomateriales a la herida, este coágulo tendrá mayor dureza y un volumen más estable.



Figura. I-4. Condiciones para la regeneración previsible (Wang y Boyapati). Elaboración propia

1.6.1 Técnicas de preservación alveolar (PAP)

Con el fin de reducir la pérdida ósea, posterior a la exodoncia, se han creado diversas técnicas de preservación de alveolar (PAP). Estos procedimientos son aplicados desde el inicio de la exodoncia, considerando que cuanto menos lesiva sea la exodoncia, menos hueso se habrá de reparar, y debido a la inmediatez de esta reabsorción, habrá que implementar rápidamente técnicas de ROG, con el fin de minimizar al máximo este efecto. Por tanto, consideramos PAP a la sumatoria de una exodoncia lo más conservadora posible, seguida de un relleno alveolar con material de injerto óseo y la finalización del proceso cubriendo el defecto con una membrana que intentaremos, permanezca inmóvil.

Todos estos procedimientos se realizan con la intención de mantener o mejorar un espacio óseo idóneo para la posterior inserción de un implante.

Las indicaciones para la preservación alveolar son las siguientes:

1. Mantenimiento de tejidos duro y blando remanente: Esto fundamentalmente cuando no se va a realizar una técnica de implante inmediato, como por ejemplo, en paciente adolescentes en los cuales sus estructuras óseas aún están en

crecimiento y posteriormente puede haber discrepancias estéticas. O bien por cuestiones puramente económicas, que condicionan al paciente a realizar la rehabilitación de su boca, cuando estas mejoren.


2. Mantenimiento de un volumen estable de la cresta alveolar con el objetivo de optimizar los resultados estéticos y funcionales, es decir con alta demanda estética y que requieran que se mantengan unas adecuadas condiciones de los contornos de tejidos blandos y duros. Sitios donde la pared vestibular (la más estética) sea menor a 1,5-2 mm de espesor, y en sitios donde hayan sido dañadas dos o más paredes alveolares.
3. Cuando es previsible que no se pueda lograr una buena estabilidad primaria, o bien intraquirúrgicamente esta no se logra y se decide diferir la inserción del implante. En múltiples extracciones dentarias que posteriormente requerirán de rehabilitación implanto soportada y se requiere de un volumen adecuado tanto en tejidos duros como blandos, y se desea simplificar las técnicas de implantología.
4. Cuando el riesgo de comprometer estructuras anatómicas importantes sea imprescindible como ocurre con el nervio dentario inferior o el seno maxilar, después de la remodelación del alvéolo (13).

Además de lo anteriormente expuesto, debe darse una condición fundamental para llevar a cabo las técnicas de preservación alveolar, y es que exista una adecuada relación coste beneficio.

No obstante, en la actualidad, se recurre cada vez con más frecuencia a estos procedimientos de preservación y regeneración, aún en defectos mínimos. Incluso en clínicas generalistas, se procura dentro de lo posible hacer algún intento de preservación alveolar, (Exodoncias mínimamente traumáticas, utilización de esponjas de colágeno, o bien de membranas, o una sutura cuidadosa) con el fin de evitar la mayor reabsorción posible.

Desde un punto de vista teórico, se aconsejan realizar estas técnicas con el objetivo primordial de estabilizar el coágulo que se forma tras la exodoncia, porque se sabe que así se proporciona un andamiaje para el correcto crecimiento de células y vasos que formaran finalmente el hueso. De este modo no solo se reduce la pérdida de tejido duro, sino que además se previene el colapso de los tejidos circundantes al diente (blando y duro)

Aunque el concepto de preservación alveolar se aplica expresamente, a la maniobra de rellenos alveolar con distintos tipos de materiales, para estabilizar el coágulo y aumentar la velocidad del proceso de reparación ósea, quizá habría que aplicarlo también a las maniobras quirúrgicas intraoperatorias; esto es, el llevar a cabo exodoncias atraumáticas.

 Llamamos exodoncias atraumáticas, a aquellas en las que el procedimiento quirúrgico para las mismas este ejecutado con gran precisión y que respete al máximo la

integridad de las paredes óseas, dado que algo que vaya más allá de la microfractura, como sería el perder una porción de la pared vestibular, echaría por tierra la expectativa inicial de preservación.

En cualquier caso, exceptuando las que realizamos mediante tracciones ortodónticas, aplicar a las restantes el término de *atraumáticas* es una contradicción en sí mismo, debido a que, aun tratándose de raíces extremadamente cónicas, y en las que utilizamos un movimiento puramente rotacional para su extracción, siempre produciremos trauma, aunque este sea mínimo. No obstante, es la expresión que se usa mayormente en la literatura científica, por lo que la seguiremos aplicando en este texto, aunque preferiríamos referirnos a ella como “con mínima invasión tisular”.

1.6.2 Exodoncia atraumática

Para la realización de las mismas se han desarrollado diferentes tipos técnicas, instrumentos y aparatologías, que acercan al cirujano, una alta probabilidad de éxito.

Estas técnicas podríamos diferenciar en cuatro grupos:

- A) **Con técnica de ortodoncia:** Son aquellas en la que una tracción suave y lenta, permite que el alvéolo que se vaya rellenando de tejido óseo a medida que la raíz va migrando coronalmente por efecto de la fuerza ortodóntica. Esto permite conservar el volumen óseo y el de los tejidos circundantes como las papilas de los dientes vecinos. La modificación de las estructuras periodontales por medio de movimientos ortodónticos para una posterior instalación de implantes, está íntimamente ligada con la relación existente entre diente-hueso-ligamento periodontal. El objetivo final será aumentar la cantidad de mucosa queratinizada y hueso alveolar, previamente a la instalación de los implantes. (29)
- B) **Sistemas de exodoncia verticales:** El trauma en estos sistemas no es evitable, pero al menos conceptualmente, no hay un trauma directo en las paredes si la tracción es en dirección axial desde su encaje de una forma controlada. Este es el principio central de los sistemas de extracción vertical disponibles en la actualidad.

Estos dispositivos son:

- **Benex®:** El sistema Benex® contiene un soporte de cuadrante que sirve para proteger las estructuras circundantes del diente a extraer y un sistema de polea que une al elemento anclado en la raíz.
- **Easy X-Trac®:** Posee tres brocas de diferentes tamaños y cuatro tornillos de diferentes diámetros, junto con un extractor especialmente diseñado para

levantar el diente de su lecho, sin ningún movimiento giratorio o de inclinación. Este método de extracción es útil para exodoncia de dientes uni o bi radicales, permitiendo la colocación inmediata del implante.

C) Técnicas Manuales:

- Forceps: Estos los utilizaremos en dientes uniradicales mediante movimientos de rotación procurando no realizar expansiones, o en dientes posteriores después de realizar una odontosección, o bien en combinación con botadores, pero solo para retirar el fragmento que se desea extraer.
- Periótomos: Presentado en la literatura inglesa por Schulte 1984 (15). Este instrumento posee un mango que puede tener 3 hojas cortantes diferentes en diámetro y forma, que se introducen en el ligamento periodontal, evitando de este modo dañar el hueso circundante. A la hora de iniciar la exodoncia, el instrumento se introduce en el surco con dirección a las fibras de inserción gingival, y se desplazará cubriendo toda la periferia del diente. Durante todo el procedimiento la angulación del instrumento debe ser de 20°, la presión firme y sin desgarrar tejido gingival. El periótomo es empujado hacia el ligamento periodontal rumbo al ápice del diente, repitiendo el procedimiento por toda la circunferencia del diente, cuando se completa el procedimiento la inserción de las fibras remanentes solo queda en la porción más apical del alveolo. De este modo es posible extraer el diente sin emplear el uso del forceps (30).
- Odontosección radicular: La odontosección está indicada básicamente para la exodoncia de dientes multiradicales. No obstante, puede ser considerada una técnica atraumática también en dientes uniradicales para dividir una raíz en dos. De este modo los fragmentos pueden desplazarse hacia la línea de corte con la ayuda de un periótomo.

Una variante especial de este procedimiento es Socket-shield que consiste en dejar la porción vestibular de la raíz con el objetivo de conservar el periodonto para preservar la altura de la cortical vestibular. Esta técnica es una de las técnicas más actuales, que combina implantología post-extracción, regeneración con dentina y preservación alveolar.

- Forceps físicos: Es un extractor dental, cuyo diseño y forma, permiten realizar la exodoncia mediante la fuerza de palanca de clase I sobre el diente. El diseño de este forcep permite que se comporte como un elevador lingual. Este diseño permite que una presión ligera y constante sea aplicada sobre el diente y al liberarse, produzca la expansión ósea y periodontal, produciendo como consecuencia la rotura de las fibras de Sharpey. Esto finalmente produce la liberación de la sujeción dental.

D) **Asistidas mediante nuevas tecnologías:** Con la aparición de *las nuevas tecnologías*, fueron desarrollándose diferentes aparatologías aplicadas a la cirugía dental. Estas no solo se desarrollaron con el objeto del labrado del lecho implantario, sino, además, con el fin de facilitar diferentes procedimientos quirúrgicos complejos, y que, además, se les dieron una utilidad para la exodoncia dental, simplificándola y haciéndola poco invasiva. De estas aparatologías destacamos dos:

- **Piezo-eléctrico:** es un dispositivo para la osteotomía basado en la vibración ultrasónica que tiene un corte muy preciso debido a una vibración de 60 a 200 um horizontalmente y de 20 a 60 um verticalmente, que corta solo tejidos duros y además debido a la cavitación mantiene el campo libre de sangre (31). La extracción con piezocirugía consiste en la microexpansión con puntas de vibración de todo el contorno del alvéolo que libera finalmente las fibras del ligamento periodontal.
- **Magnetic Mallet:** Este dispositivo, genera impactos (de origen electromagnético), de alta y corta intensidad, que aplicados mediante una espátula especial (alojada entre diente y alvéolo), producen deformación ósea y la consecuente avulsión del diente. Si bien la intensidad es alta, la utilización cuidadosa, y en combinación con elevadores rectos y odontosección, permite realizar la mayoría de exodoncias, disminuyendo significativamente el riesgo de producir fracturas de las paredes óseas.



Figura I-5. Técnicas y aparatología para exodoncia atraumática. Elaboración propia

1.6.3 Técnicas para la preservación alveolar:

Desde que se empezó acuñar el término, en él se han englobado mayormente términos como preservación de la cresta, relleno alveolar, injerto alveolar, etc. O como lo define la Academy of Prosthodontics, en el año 2005 *cualquier procedimiento quirúrgico para alterar el contorno del reborde alveolar residual*.

Como anteriormente se ha expuesto, la preservación alveolar per-sé, no es más que realizar una exodoncia muy cuidada, procurando causar el menor trauma posible, limpiar extremadamente el alvéolo de cualquier tejido de granulación y posteriormente rellenarlo con biomateriales o no, para terminar cerrando la herida mediante sutura, interponiendo previamente una membrana de contención (36). Todo ello con el objeto de procurar que se pierda la menor cantidad de tejido óseo en el proceso de curación del alvéolo, para el posterior tratamiento implantológico o protético.

Bajo estos términos y a grandes rasgos, en este tipo de regeneraciones, podemos implementar tres procedimientos:

1. Relleno de la cavidad, posterior oclusión de la herida mediante una membrana, y con el despegamiento de un colgajo mucoperióstico avanzar hasta el margen coronal de la herida, y por medio de la sutura realizar un cierre lo más hermético posible.
2. Una situación similar a la primera, pero sin membrana, considerando que el periostio es suficiente para detener el avance de los tejidos blandos
3. Membranas solas ocluyendo el alvéolo, sin relleno de ningún tipo y con cubrimiento parcial o total utilizando tejidos blandos (colgajo desplazado, injerto mucoso o ambos) (13).

Si bien la preservación alveolar se inicia con una exodoncia atraumática, previamente a esto, según la información clínica y radiográfica, obtendremos una información bastante aproximada del alvéolo post-extracción. Esto nos hará planificar una *cirugía con o sin colgajo*. Aunque este concepto es muy controvertido, porque se piensa que el levantamiento del colgajo produce corte del aporte vascular e inflamación, por lo que la reabsorción sería más acentuada. Si bien es cierto, que el avance del colgajo permite un cierre primario, también es cierto que se producen recesiones en los dientes vecinos, papilas interdentes defectuosas o pérdida de queratina. En contrapartida, si no se realiza el despegamiento del colgajo, existen muchas posibilidades de que la membrana se esponga con la consiguiente contaminación, aunque algunos autores afirman que esto no es significativo a la hora de compararlo con las que sí tuvieron un cierre primario (36).

Debido a que la exodoncia está justificada en base a que determinados procesos patológicos, hicieran que el diente fuera irrecuperable, el hallazgo de un alvéolo post-extracción ideal, es decir, que contenga todas sus paredes intactas, no es lo habitual. Y si se

diera el caso como en los alvéolos de tipo I, la opción de tratamiento inicial es la inserción inmediata del implante, con o sin relleno, dependiendo de si el tamaño del espacio implante-hueso o gap, que cuando es mayor a 2 mm, la opción es rellenarlo. (37) Esto también previene la reabsorción ósea, por lo tanto debemos considerarlo como *preservación alveolar con implante*.

Por último, con el centrifugado sanguíneo obtenemos plasma y coágulos de fibrina, que a su vez contienen factores de crecimiento y células madre. Si bien su efectividad en relación a la capacidad regenerativa ósea no es concluyente, si se sabe que tiene una gran influencia en la cicatrización de los tejidos blandos y que reduce los efectos del post operatorio.(38) Estos productos del centrifugado, según la velocidad y los tubos utilizados, tendrán determinadas características que los harán útiles para la confección de membranas, para ser depositados en el lecho quirúrgico, o bien mezclándolos con biomateriales, para rellenar defectos óseos o realizar elevaciones de seno, como por ejemplo el “Sticky Bone” o “Hueso pegajoso”.

Una vez realizado el diagnóstico de nuestro futuro alvéolo post extracción, o del defecto óseo que vamos a tratar, podemos seleccionar el tipo de cirugía y regeneración adecuado para cada caso en particular. Así podremos implementar, desde procedimientos mínimamente invasivos y prácticamente sin colgajos, hasta cirugías que requieran disyunciones de la cresta ósea o expansiones de la misma, injertos de hueso en bloque o la utilización de mallas de titanio o membranas reforzadas. Todo dependerá de las condiciones del alvéolo post extracción y de los posibles accidentes intra-quirúrgicos que puedan suceder, por ejemplo la fractura de parte de la tabla ósea vestibular.

Alvéolos tipo 1: En este tipo de alvéolo el borde de la cresta está a un nivel normal con respecto a los tejidos blandos y a la línea amelo-cementaria. Nos encontraríamos así, con un alvéolo ideal para una implantación inmediata. Sin necesidad de colgajo (36), podríamos realizar la inserción del implante teniendo en cuenta las siguientes pautas:

- a) El implante debe tener buena estabilidad primaria (40).
- b) El implante debe estar sumergido entorno a los 2 mm con respecto a la cresta ósea con el fin de compensar las reabsorciones que se producirán en sentido vertical.(39)
- c) El implante estará palatinizado, debido a que la pared vestibular es más delgada que la palatina, y su reabsorción es más marcada, sobre todo en el sector anterior (más estético).(39)
- d) El implante debe tener un diámetro reducido que permita un espacio de al menos 2 mm con respecto a la pared vestibular. Este defecto o gap, se rellenará con algún biomaterial.

- e) Utilizaremos una prótesis provisional que nos permita manejar de modo temprano los tejidos blandos y el perfil de emergencia. (36,41)

Alvéolos tipo 2: Estos alveolos pueden presentar desde una pequeña falta de pared vestibular (subdivisión a) hasta su ausencia total (subdivisión c). En estas situaciones debemos decidir, si contener el defecto sin hacer un despegamiento del periostio (con la finalidad de no interferir en el suministro sanguíneo), o realizar un colgajo mucoperióstico e introducir entre este y el hueso una membrana, o bien realizar una ROG con utilización de membranas reforzadas, injerto con biomateriales, etc. Además, en los casos en los que falta hasta dos tercios de la pared vestibular (Subdivisión a y b de Chu) (9), podemos plantearnos una implantación inmediata dependiendo de la estética, del biotipo óseo, o bien realizar la regeneración y diferir el implante.

En el primero de los casos, subdivisión a, utilizaremos una membrana cortada en forma de triángulo que, con su vértice hacia apical y la base hacia coronal, introducimos en la vertiente alveolar de la pared vestibular, y sin separar el periostio obliteramos esta dehiscencia. Entre esta membrana y el implante colocamos biomaterial. Posteriormente la base de este triángulo, se repliega sobre la parte superior del alvéolo y se sutura al colgajo palatino. A esta técnica se la conoce como “Ice cream cone” o del “Cono de helado”. (42)

Una situación que se puede presentar, es que en un alvéolo de tipo 1, ocurra una ligera fractura con desprendimiento de parte de la pared vestibular, al realizar la exodoncia. En este caso realizaremos esta técnica, con la inserción inmediata del implante.

En los casos en que sea necesario contener el avance de los tejidos blandos disminuyendo el colapso del alveolo, se recurre a diferentes membranas, o bien una membrana de colágeno de densidad alta tipo Cross-link, o bien una malla de titanio, que previamente adaptada se sujeta por vestibular mediante microtornillos “Técnica de la malla de titanio”.

Alvéolos tipo 3: En este tipo de alvéolos y según la pérdida que presenten, tendremos que proponernos la recuperación de una gran cantidad de tejido blando y duro. Por lo que una membrana de gran consistencia será fundamental para el éxito de la maniobra.

En defectos muy grandes, hay que crear una zona de contención tridimensional, con una malla de titanio que abarcando el defecto desde palatino hasta vestibular, se sujeta mediante microtornillos, o bien una técnica “Tent Pole” (43), que con tornillos insertados en el defecto de modo vertical, mantendrán por encima del defecto una membrana reabsorbible a modo de tienda, que se rellena con biomaterial. (7) Siempre tendremos que realizar, utilicemos la técnica que utilicemos, regeneración concomitante de los tejidos

1.7 BIOMATERIALES (INJERTOS ÓSEOS)

Los biomateriales, también llamados sustitutos óseos, son injertos que tienen la función de sustituir, aumentar o reparar el tejido óseo. Por una parte tienen un comportamiento mecánico que va a depender del tipo, tamaño y forma de su presentación, y por otra, un comportamiento biológico de acuerdo a su composición y los estímulos que esta genere. No son inertes “per se”, ni pasan desapercibidos, sino que generan una reacción que es deseable en el sitio donde son implementados. Evidentemente su éxito también dependerá de múltiples factores, como es la aplicación de mediante maniobras correctas, de la correcta irrigación, de factores locales, y de los factores sistémicos. (45)

De acuerdo con el Dr. Vega del barrio, estos deben ser biocompatibles, entendiendo como tal, la capacidad de generar una respuesta conveniente en un tejido determinado, con la finalidad deseada y en un individuo concreto (46)

1.7.1 Características de los Biomateriales

Para que se produzca la regeneración ósea, son necesarios básicamente tres elementos: Células Mesenquimales capaces de transformarse, o bien osteoblastos procedentes de la médula o el periostio, factores capaces de estimular la transformación de estas células mesenquimales o bien que ejerzan una función quimiotáctica, y finalmente una matriz que ofrezca un espacio favorable al que estas células puedan migrar para formar finalmente tejido óseo.(36) Para que se produzca la regeneración de este espacio, en los procedimientos de preservación alveolar, se utilizan diversos tipos de biomateriales que deben ser correctamente implementados, en zonas preparadas previamente para recibir una buena vascularización, en un entorno sistémico y local apropiado. (45)

En los procedimientos que se instrumentan en la ROG, los biomateriales deben poseer alguna de las siguientes características, que modificaran el microambiente en la cicatrización ósea. Estos son:

Osteoconducción: Es la capacidad que posee un biomaterial, de proporcionar un entorno propicio para la diferenciación y el crecimiento celular, donde células madre mesenquimales, osteoblastos y osteoclastos, actúen en el proceso de neoformación ósea. De este modo se comporta como un andamio o estructura en la cual se forma hueso nuevo. (44).

Osteoinducción: Es la propiedad que posee un biomaterial de propiciar la transformación de células mesenquimales, o preosteoblásticas en condroblastos u osteoblastos, o bien que tenga propiedades quimiotácticas. Para que se produzca la osteoinducción el biomaterial debe poseer diversas proteínas que produzcan por diferentes vías este efecto. Estas están incorporadas en la matriz del propio biomaterial, y se van

expresando paulatinamente a medida que el biomaterial se desmineraliza. No solo liberan factores transformantes, sino también otros que estimulan la angiogénesis. (45)

Osteogénesis: Es lo que singulariza al biomaterial que aporta células mesenquimales, preosteoblásticas u osteoblastos. Células capaces de generar hueso nuevo (45).

La función fundamental de los biomateriales es el mantenimiento del espacio entre el defecto óseo y la membrana, para estabilizar el coágulo e impedir el colapso de esta última, y que obviamente permitan la colonización celular.

Un biomaterial ideal, debería de contar con determinadas características, inicialmente que sea Biocompatible, osteogénico, osteoinductor y osteoconductor, pero además debe tener un soporte estructural capaz de soportar su propio peso y función, y que se adapte fácilmente al defecto óseo. Teniendo en cuenta que entre la superficie injerto/implante, no existe osteointegración, sería deseable que estos sean progresivamente reabsorbibles una vez que hayan cumplido con su función, y que den espacio para la formación de un hueso de buena calidad, es decir que sean totalmente reabsorbibles. Y esta debe ser una reabsorción paulatina y acorde con los tiempos de regeneración del hueso. No todos los biomateriales poseen esta característica llegando algunos a permanecer por tiempo indeterminado dentro de la regeneración. Por otra parte los injertos o sustitutos óseos, no deben ser tóxicos, ni producir reacciones inmunológicas y obviamente ser incapaces de transmitir enfermedades. No pueden desplazarse, por tanto sería más que interesante que tuvieran autocontención, aunque comúnmente debemos ayudarnos de membranas, tornillos, chinchetas, etc. para impedir este desplazamiento

En cuanto a su obtención, tiene que ser sencilla; en cantidad suficiente y con procedimientos quirúrgicos mínimamente traumáticos. También que podamos seguir su comportamiento radiológicamente, y para finalizar, es muy deseable que tenga coste asequible y en concordancia al tipo de cirugía en que se implemente.

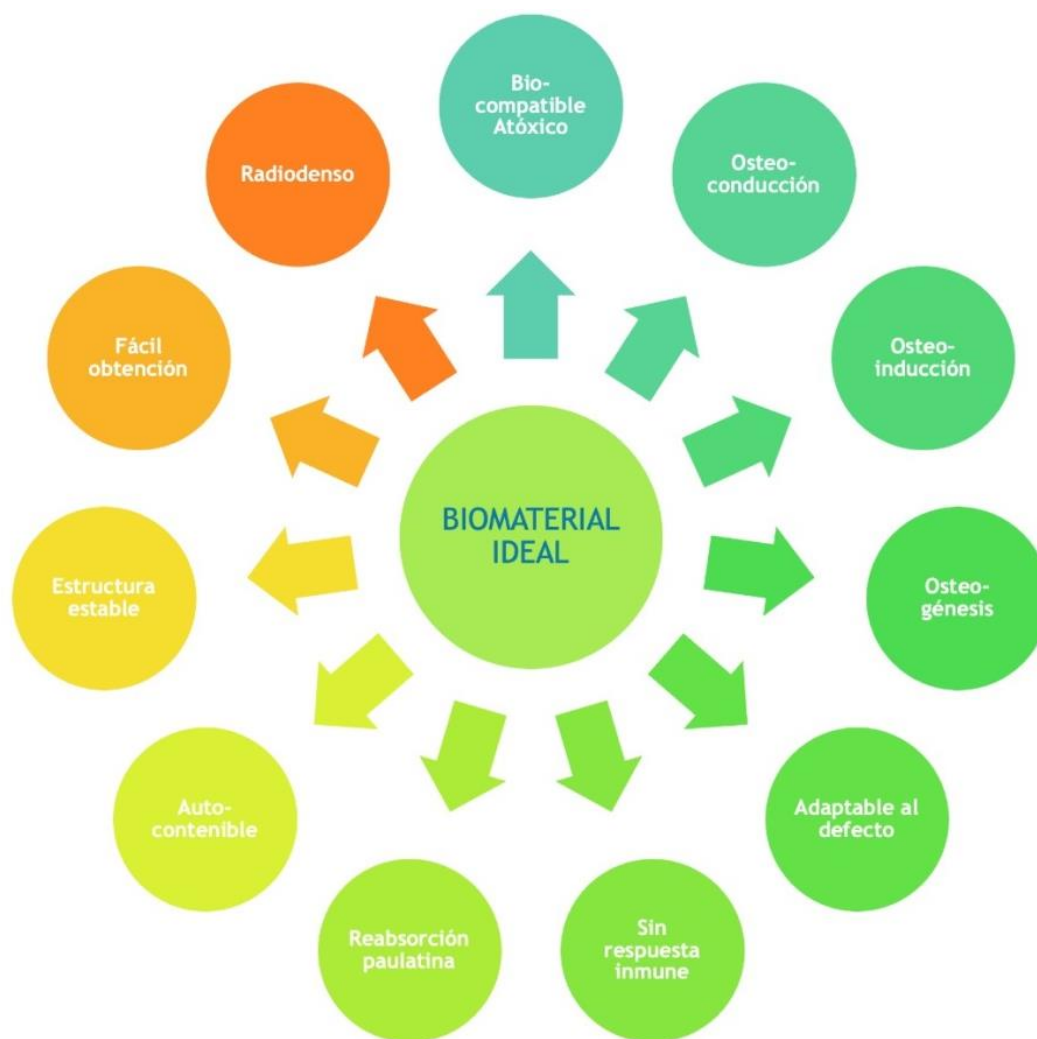


Figura I-6. Características ideales de los biomateriales para la regeneración ósea. Elaboración propia

1.7.2 Clasificación de los Injertos óseos:

Los injertos que se utilizan en la preservación alveolar, se obtienen de diferentes fuentes. Pueden ser de procedencia sintética, animal, humana de banco o del propio paciente. Por lo tanto, con el fin de clasificarlos, lo haremos por su procedencia.

1.7.2.1 Origen sintético (Biomaterial Aloplástico):

Este tipo de injertos son inertes, de origen sintético, y poseen diferentes tipos de formatos y presentaciones, que se adaptan a las necesidades de un defecto determinado. Son diferentes entre sí, tanto en su estructura y composición, como en su respuesta biológica. Así pueden presentarse en polvo, gránulos de diferentes tamaños y porosidades, o en cristales, que tratan de imitar alguno de los aspectos del tejido óseo. Por su tamaño, forma y textura, hacen que se parezcan bastante al tejido natural, aunque hasta el momento no se ha logrado ni su rugosidad, ni su porosidad (49).

Todos ellos son básicamente osteoconductores, y a diferencia de otro tipo de biomateriales, no pueden transmitir enfermedades cruzadas, dado que su naturaleza es puramente sintética. Su respuesta biológica va a depender en gran medida, además de su composición, de determinados factores como su porosidad, grado de reabsorción y cristalinidad. Deben tener una porosidad que además de la vascularización permitan la adherencia celular (45).

1.7.2.1.1 Hidroxiapatita sintética:

La Hidroxiapatita $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ es muy similar a la de los cristales que componen al hueso natural, por eso fue uno de los primeros materiales que se utilizó como sustituto óseo, y sobre el cual, hay numerosos estudios que avalan su utilidad en preservación alveolar. Es de origen cerámico, y como todos los aloinjertos es osteoconductora, dado que permite que sobre su superficie se depositen los osteoclastos y se inicie la deposición ósea. Existen varias presentaciones de este tipo de material que son hidroxiapatita reabsorbible, hidroxiapatita no reabsorbible, presentada en bloques o bien en partículas porosas o densas (47). La hidroxiapatita puede presentarse comercialmente acompañada de colágeno, y la combinación de estos dos materiales crea una aceleración de la osteogénesis. El colágeno combinado con la hidroxiapatita, favorece la neoformación de vasos sanguíneos y su unión a los factores de crecimiento, lo cual favorece mucho a la regeneración ósea. Por otra parte, siendo la hidroxiapatita, muy frágil a la compresión, el colágeno le confiere flexibilidad. Y si además hay un agregado de fosfato de calcio el material tendrá mayor estabilidad y resistencia (48).

1.7.2.1.2 β -Fosfato tricálcico (β -TPC):

El β -TPC es osteoconductor, aunque a diferencia de hidroxiapatita es reabsorbible, y lo hace muy fácilmente, por lo que se reemplaza por hueso nuevo en un tiempo que oscila entre los 4 y 20 meses (48,49). Previo a su reabsorción es disuelto y brinda iones Ca y Mg, que confieren al medio un ambiente propicio para la activación de la fosfatasa alcalina, fundamental en la síntesis ósea (36).

Sus cristales son más pequeños que los de la hidroxiapatita, lo cual hace que se acelere parcialmente su degradación y absorción. El β -TPC posee estructuras porosas interconectadas las cuales ayudan directamente a la invasión fibrovascular y remodelado óseo, pero como consecuencia minimiza las propiedades mecánicas. Puede ser reabsorbido mediante fagocitosis, entre 6 y 24 meses en algunos casos puede durar hasta años. Si además los combinamos con células osteoprogenitoras y péptidos bioactivos, se produciría lo que llamamos *osteoinductividad diseñada* (48,50).

1.7.2.1.3 Biovidrios:

Estos Biomateriales poseen la capacidad de establecer un enlace químico con el hueso, y al entrar en contacto con fluidos corporales liberan iones como el calcio y el fosfato. El vidrio bioactivo inicialmente compuesto por óxido de calcio (CaO), sodio (Na), óxido de silicio (SiO₂), óxido de fósforo (P₂O₅), y modificados posteriormente mediante el agregado de óxidos de potasio, manganeso y bórico, se fija al tejido óseo mediante una capa de hidroxiapatita carbonatada que se forma sobre ellos estableciendo un verdadero enlace químico. Al interactuar con fluidos se protege con una doble capa que tiene gel de sílice y fosfato de calcio. Tiene varias propiedades, pero una de las más importantes es que esta capa de hidroxiapatita, absorbe proteínas y atrae células osteoprogenitoras, por lo que inicia y dirige la osteogénesis lo cual ayuda a la veloz formación de hueso (50). Se le pueden atribuir ciertas ventajas como que un material bioreabsorbible (aproximadamente 6 meses), no representa ningún tipo de riesgo para el receptor como enfermedades y reacciones inmunitarias, posee gran capacidad osteoconductiva y por último sirve de gran ayuda en la hemostasia. Este material debe ser previamente hidratado antes de su uso ya sea con solución salina o plasma y además puede usarse en combinación con algún otro tipo de injerto óseo (50,51).

1.7.2.1.4 Polímeros:

Aunque existen polímeros naturales como el colágeno y se usan ligeramente solos en lugar de en combinación con HA, en este apartado nos centraremos en los polímeros sintéticos.

Los polímeros sintéticos pueden ser biodegradables o no, entre los primeros encontramos al Ácido Poliláctico (PLA) y entre los segundos al Polimetilmetacrilato (PMMA). Lo interesante del PLA, es que al ser totalmente biodegradables, permite una reparación ósea completa y no deja como rastros cuerpos extraños. Los poliésteres como la coprolactona se fabrican imitando a una matriz colágena, porosa y osteoconductora. Además utilizándolo como portador de moléculas bioactivas, por ejemplo con factores de crecimiento, hace posea la osteoinducción como característica añadida.

1.7.2.2 Animal, Heterólogos o Xenógenos:

Son aquellos que se obtienen de diferentes especies animales, comúnmente de origen Bovino (el más utilizado), Porcino o Equino. Por su estructura porosa (similar a la del hueso humano) ofrecen un medio muy adecuado para la neoformación ósea, son reabsorbibles, y osteoconductores. Uno de los riesgos que presentan, es el de transmisión de enfermedades o el de reacciones inmunológicas, aunque con la finalidad de eliminar estas posibilidades, son tratados mediante procedimientos físico-químicos, que además de eliminar patógenos y proteínas, también actúan sobre la propia estructura transformando

así alguna de sus características. Otras de sus desventajas son el alto coste, y cuestiones éticas debido a su procedencia.

Otro tipo de injerto de procedencia animal, es el de coral que son naturales, pero pueden ser también artificiales. Existen algunas especies de coral marino producen una estructura hecha de fosfato cálcico similar al hueso esponjoso humano. Su uso está limitado por sus características mecánicas y su falta de reabsorción, y sus ventajas son la ausencia de transmisión de enfermedades, la compatibilidad inmunológica y la Osteoconducción (48).

1.7.2.3 Homólogos o Aloinjertos:

Estos provienen de donantes de la misma especie, pero genéticamente diferentes, que obtenidos de un individuo donante se trasplanta a otro receptor. Son Biocompatibles, osteoinductores y osteoconductores. Para su obtención no es necesaria una cirugía concomitante con la de la regeneración, lo que obviamente disminuye la morbilidad, el riesgo de infecciones, que permite un post-operatorio más llevadero, y evita la necesidad de anestesia general. Es una gran alternativa al hueso autólogo.

Su gran ventaja es la gran disponibilidad de biomaterial, su presentación en bloque o partículas, cortical u esponjoso, y que puede adaptarse fácilmente al defecto óseo.

Sus desventajas son: la probabilidad de transmitir enfermedades, reacciones inmunológicas y razones éticas o religiosas. En cuanto a las primeras debe tener una trazabilidad adecuada, y conocimiento exhaustivo de su procedencia, tanto del individuo como de su familia. Deben ser tratados adecuadamente mediante procedimientos antigénicos y de desinfección. No se suelen utilizar aloinjertos frescos, sino procesados y modificados, por lo que deben proceder de bancos fiables y con protocolos exhaustivos. Existe un protocolo de selección de paciente establecido por la Asociación Americana de bancos de Tejidos (53), en la que establece distintos procedimientos que se deben seguir para la selección del donante y así prevenir la transmisión de enfermedades. Entre ellas encontramos por un lado la confección de una historia clínica exhaustiva, y por otro una prueba analítica completa. Además estos donantes de tejidos óseos, deben estar exentos de portar determinadas enfermedades, por lo que se realizarán pruebas específicas para anticuerpos de hepatitis b, hepatitis c, VIH-1, HN-2, o PCR (Pruebas para la reacción en cadena de la polimerasa). Otras pruebas que también establece este protocolo son las serológicas para sífilis, enfermedad de Chagas Masa, cultivo de hongo, y bacterias aerobias y anaerobias (54).

Con la finalidad de reducir las respuestas inmunitarias a los injertos, es necesarios someterlos a distintos procedimientos, con el fin de disminuir su antigenicidad, mediante métodos físicos, desbridamiento, tratamiento con óxido de etileno, irradiación con rayos gamma para eliminación de esporas, y finalmente lavados con diferentes antibióticos (52, 53).

De este modo y según su procesado encontraremos: hueso congelado, liofilizado y desmineralizado o bien, hueso irradiado (45).

1.7.2.4 Autólogo:

El injerto autólogo es aquel que obtenido del propio individuo, y tras un tratamiento o procedimiento para su adaptabilidad, se injerta en el paciente. Comúnmente solemos señalar como injerto autólogo únicamente al hueso, que es el que cumple sobradamente con muchas de las características del *Biomaterial ideal*, tal es así, que es considerado el *Gold Estándar* por poseer entre sus virtudes la Osteoconducción, Osteoinducción y osteogénesis. Si tuviéramos la posibilidad de obtener cantidades ilimitadas, con cirugías simples y con baja morbilidad seguramente no nos plantearíamos la necesidad de otro biomaterial. Sin embargo, esto no es así, lo que nos aboca necesariamente a buscar otras alternativas para la regeneración ósea.

Últimamente además del injerto autólogo de procedencia ósea y tras muchos estudios, han irrumpido en esta área injertos de procedencia sanguínea, derivados del plasma, y otro en gran auge que es procedencia dentaria. La dentina autóloga. Por tanto, en este apartado plantearemos los injertos autólogos según su procedencia, y estos son:

- injertos derivados de hueso
- injertos derivados de la sangre.
- Injertos derivados del diente.

1.7.2.4.1 Injertos derivados del hueso

El hueso autólogo es evidentemente el mejor de los injertos que podríamos desear, por sus propiedades en las que se incluyen las tres características ideales para la regeneración ósea: osteoconducción, osteoinducción y osteogénesis. Pero este hueso no solo es importante por aportar células y osteointegrarse, sino que además de activar la angiogénesis, es histocompatible y no genera respuesta inmune. Por lo tanto, su utilización evita a transmisión de enfermedades, así como de inmunoreacciones (53-55).

La obtención de hueso autólogo, puede hacerse de forma Intra o extraoral. Intraoralmente, pueden obtenerse de sitios tales como: tuberosidad de maxilar, rama ascendente mandibular, sínfisis mandibular, y de algunas exostosis: torus palatino, torus mandibular, etc. Todos aquellos injertos procedentes de fuera de la cavidad oral, los denominamos extraorales y son obtenidos principalmente de la cresta ilíaca, de la bóveda craneal o bien, de la tibia (56).



El gran inconveniente de los injertos óseos autólogos, es la limitada cantidad de injerto de la que disponemos. Además, a este condicionante, hay que sumarle otros

aspectos limitantes tanto o más importantes que el primero, como son la morbilidad del sitio donante, inflamación, calidad ósea diversa y no predecible, posibilidades de hemorragias importantes e infecciones en el sitio donante, lo que aumenta inevitablemente la morbilidad del mismo (55,57-59).

Los injertos óseos en bloque, una vez trasplantados, cicatrizan mediante un proceso denominado de “sustitución progresiva”. Una vez injertado en el lecho quirúrgico, comienza una alta actividad osteoclástica con el fin de reabsorber al mismo, de este modo permite el crecimiento de fibroblastos y se crea una matriz que permite la vascularización del injerto. Los osteoclastos en su avance, van creando espacios que son rellenados por tejidos osteoide, producido por los osteoblastos que van migrando a los mismos. Posteriormente esta matriz osteoide se mineraliza, creando un hueso nuevo que entrara de inmediato en un proceso continuo de remodelación y maduración (60,61).

Una vez que el injerto es trasplantado, comienza su cicatrización. El suministro de sangre para que este injerto sea revascularizado, proviene fundamentalmente del propio hueso receptor y de los tejidos blandos vecinos al mismo. Debido a que el proceso de cicatrización se inicia casi de inmediato, es fundamental que el injerto este inmovilizado, para que no se produzca la formación de fibrocartílago, en vez de la formación de hueso maduro (62). Durante la primera semana y a consecuencia de la liberación por parte de las plaquetas de factores de crecimiento, se estimulan la quimiotáxis, la mitogénesis y angiogénesis. La liberación de factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF) estimula la mitogénesis, y el factor de crecimiento β transformante (TGF- β) activa a los fibroblastos y a los preosteoblastos a multiplicarse y diferenciarse hacia su forma madura, al tiempo que se van formando gran cantidad de capilares, apoyados por el factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF), el cual juega un papel importante en el mantenimiento, desarrollo y en supervivencia de los vasos (63), y ya alrededor de las 72 horas se ven vasos penetrando en el injerto, para tenerlo revascularizado alrededor de los 14 días (81). Esta revascularización continúa desde la tercer hasta la octava semana, y da soporte nutricional a los osteoblastos que depositan matriz ósea y a los fibroblastos que brindan un soporte estructural mediante el depósito de una matriz de colágeno. Esta nueva matriz osteoide secretada, libera a su vez factores que estimulan la actividad osteoclástica, pasando así, a una nueva fase de remodelación de la cicatrización ósea, que desde la octava semana se prolongara durante toda la vida ósea. Normalmente, alrededor de los 6 meses, este injerto ya será hueso maduro (62).

El injerto de hueso particulado y del esponjoso, se comporta de otra forma, su cicatrización se produce mediante aposición ósea de modo centrípeto, desde los límites del defecto óseo, hacia el centro del mismo, por lo tanto comienza con aposición ósea. Este tipo de injertos proporcionan un andamio necesario para el crecimiento de osteoblastos y contienen componentes propios de la medula ósea, como células madre y osteoblastos, que sobreviven inicialmente, por difusión plasmática de nutrientes y oxígeno (62).

1.7.2.4.2 Injertos derivados de la sangre

Los concentrados plaquetarios deben entenderse como biomateriales autólogos, que se obtienen mediante el centrifugado sanguíneo. Tras muchas investigaciones con este biomaterial durante las dos últimas décadas, se han comprendido mucho mejor sus propiedades fisiológicas, lo que ha llevado a estos concentrados a ser utilizados en diferentes aplicaciones, especialmente en cirugía e implantología oral (64). Al ser una preparación autóloga la transmisión de enfermedades, y de reacciones inmunogénicas son bajas, a no ser que se utilice combinado con otros biomateriales como alo o xenoinjertos (71).

Estos concentrados autólogos, consisten en una fracción de plasma en cuyo interior el concentrado de plaquetas es muy superior al habitual, y que no solo posee plaquetas, sino que además está integrado por leucocitos y fibrina (65,66). Su implementación, se basa científicamente en el proceso natural de cicatrización, donde las plaquetas (en la fase inflamatoria) liberan, mediante su degranulación, diferentes sustancias con moléculas quimiotácticas y un amplio abanico de factores de crecimiento tales PDGF, VEGF, factor de crecimiento transformante (TGF), factor angiogénico derivado de plaquetas (PDAF), etc. Como ya se ha explicado anteriormente, estos factores, son fundamentales para la transformación del tejido mesenquimal y para la iniciación del proceso de reparación tisular (67).

Hay una gran confusión, en cuanto a la clasificación y diferenciación de los distintos concentrados plaquetarios, por lo que preferimos (por su gran capacidad didáctica) utilizar la que en el año 2009 planteó Dohan Ehrenfest (66), que dividió los derivados plaquetarios en cuatro grupos en función de su contenido leucocitario y arquitectura de fibrina: plasma rico en plaquetas puro, plasma rico en plaquetas y leucocitos, fibrina rica en plaquetas, y fibrina rica en plaquetas y leucocitos.

Tanto el Plasma Rico en Plaquetas Puro (P-PRP) como el Plasma Rico en Plaquetas y Leucocitos (L-PRP), son concentraciones líquidas de plaquetas, con y sin leucocitos, que se pueden utilizar como inyectables o bien transformadas en gel tras la activación de la trombina mediante cloruro de calcio, batroxobina y otros agentes (67). La red de fibrina de estas familias es siempre ligera y no muy bien estructurada. En cambio en el P-PRF (Fibrina puras ricas en plaquetas) y L-PRF (Fibrina rica en plaquetas y leucocitos)(66), la activación posterior de las plaquetas se produce sin la adición de sustancias activadoras, generando una matriz de fibrina densa y fuertemente estructurada (68,69).

Para la obtención de PRP, se requiere de la implementación de un protocolo de centrifugado en el que, la sangre venosa es mezclada con un anticoagulante con el fin de evitar la activación plaquetaria y la liberación de sus gránulos citoplasmáticos. Tras un primer centrifugado, se obtienen plasma pobre en plaquetas y PRP, que sometidos a un segundo centrifugado, se obtiene una capa más densa de PRP. Esta capa, se gelificará en el

momento en el que se vaya a utilizar, mediante su activación con trombina bovina y cloruro de calcio (66).

El PRF, puede ser considerado como una segunda generación en cuanto a los concentrados plaquetarios se refiere. Su obtención es sumamente sencilla, dado que para la obtención del mismo, requiere simplemente de una centrifugadora y de un lapso de tiempo corto, 10 minutos. En ese tiempo se somete al tubo con sangre sin anticoagulante, a un centrifugado de 3000 rpm (66). La ausencia de agentes gelificantes, y de anticoagulantes hace que podamos considerar esta segunda generación de concentrados plaquetarios como más pura, en el que la activación de las plaquetas se dará por el simple contacto de las mismas con las paredes del tubo de cristal, y así, se produce la consecuente cascada de coagulación. Tras la centrifugación, en el fondo del tubo observaremos una gran concentración de glóbulos rojos, en la parte alta, plasma acelular, y en el centro del tubo un gran coágulo de fibrina del cual es necesario separar mediante tijera el coágulo de células rojas, pero no completamente, con la finalidad de preservar la mayor cantidad de plaquetas y leucocitos posible.

Actualmente, prima el uso de PRF sobre el PRP, debido a la capacidad del primero de generar un coágulo más estable y firme, lo que permite una mejor manipulación. Pero además el PRF, mantiene las propiedades de PRP, pero en mayor proporción. También se consideran para su elección, la facilidad con que se manipula y recolecta, lo que también influye en una clara reducción de costes (67,68). Es evidente el papel que los factores de crecimiento que llevan las plaquetas desempeñan en el comportamiento biológico del PRF, donde la densidad y arquitectura del coágulo, además de la concentración de los leucocitos, son claves en la composición de este entramado (66). Pero no solo los factores de crecimiento, sino también la densidad de esta membrana es determinante en la biología de estos materiales, ya que se intuye que es la responsable de la liberación lenta de los factores de crecimiento y glicoproteínas durante aproximadamente 7 días. Además, según Dohan Ehrenfest et al., los leucocitos atrapados en este entramado de fibrina, continúan produciendo cantidades elevadas de TGFbeta-1 y VEG (70). Choukroun, pionero en esta técnica, afirma que la acción en la cicatrización que desempeña el PRF, es angiogénesis, control en la inmunidad, aprovechamiento de las células mesenquimales circundantes, y protección de las heridas mediante recubrimiento epitelial (72). Hoy en día sabemos que gran parte de los mecanismos de regeneración tisular constituyen un auténtico cóctel de moléculas bioactivas: proteínas adhesivas, citoquinas, factores de coagulación, proteínas antimicrobianas, glicoproteínas, proteasas y antiproteasas, condroitina, albúmina, inmunoglobulinas y otras proteínas esenciales como el factor plaquetario 4, tromboglobulina y endostatinas (73,74).

Un paso más allá en estos preparados derivados de la sangre lo da el Dr. Sacco en el año 2006, al introducir dentro estos preparados una variante en el centrifugado. Mientras que el centrifugado para la obtención de PRF es de 3000 rpm, de modo constante, una maquina centrífuga especial (Medifuge MF200, Silfradent srl, Forlì, Italia), hace variar la

velocidad de centrifugado desde 2400 hasta 2700 rpm, lo que permite la separación de una matriz de fibrina que es mucho más densa, más grande y más rico en factores de crecimiento. Los bloques de CGF poseen mayor estabilidad y resistencia a la tracción, un gran comportamiento elástico, por lo que son óptimos para la confección de membranas, o bien para ser mezclados con biomaterial para la conformación de hueso adhesivo o Sticky bone (75,76).

Tanto las técnicas para la obtención de PRF o CGF, tienen una clara indicación en implantología y cirugía oral como técnicas de regeneración complementarias. Han dado excelentes resultados no solo en técnicas de elevación de seno maxilar, donde estimulan significativamente la formación ósea y la reparación en la membrana de Schneider (77,78), sino además en las técnicas de preservación alveolar. Asimismo, se ha podido comprobar una alta eficacia en el control del dolor y el postoperatorio (79). Todos los elementos que componen este biomaterial se encuentran en el propio organismo, y se expresan y transforman mediante procesos casi fisiológicos, que concentran los diferentes elementos en la zona que deseamos regenerar (80).

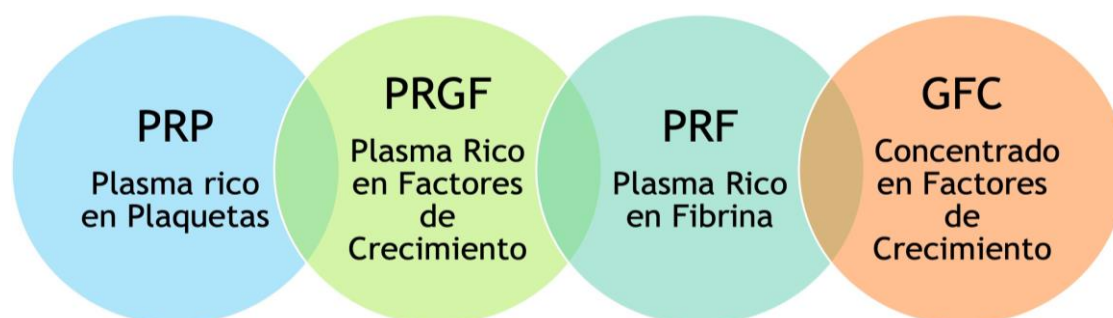


Figura I-7. Evolución de los concentrados plaquetarios. Elaboración propia

1.7.2.4.3 Injertos derivados del diente

La exodoncia es uno de los procedimientos más practicados en la consulta odontológica diaria. Ya sea por razones ortodónticas, periodontales, trauma o porque las piezas están gravemente afectadas por caries o procesos periradiculares, la extracción dental muchas veces es la única respuesta que damos a este tipo de patologías, y obviamente, la pieza dental exodonciada es considerada material de desecho biomédico.

Ahora bien, cuando se trasplanta o reimplanta un diente, se producen unos procesos de reparación en dicha zona, que culminan con la anquilosis, es decir con la pieza integrada en el hueso circundante. Al ser el cemento y la dentina, en cuanto a su composición, similares al hueso, los osteoblastos depositan su material directamente sobre ellas, dando como resultado interfaces dentina-hueso anquilosadas, que de hecho es lo que ocurre, cuando los dientes avulsionados se reimplantan (82). Este hecho llevo a pensar a varios

científicos, que el tanto el cemento como la dentina convenientemente tratados podrían llegar a ser útiles como materiales de injerto (83,84).

Otro evento que nos puede sugerir el hecho de que en diente puede ser un buen material de injerto, es el que ocurre en el seno del órgano pulpar, y es la existencia de dentinas reactivas o reparadoras, formadas por procesos similares a los de la formación ósea, pero sin la existencia de *odontoclastos*, ni procesos remodelación (85,89).

Hoy en día somos conocedores que tanto los dientes como el hueso alveolar derivan de las células de la cresta neural y están compuestos por el mismo tipo de colágeno, que es el Tipo I, y además, que porcentualmente presentan una misma proporción de materia orgánica e inorgánica, que el hueso (86). Por tanto podríamos considerar el diente como un portador de elementos propios del tejido óseo, y que podría ser utilizado, (una vez limpio, desinfectado y procesado de un modo apropiado), como material de injerto.

Urist en 1967 fue el primero que impulso esta idea obteniendo resultados positivos en animales, mientras que el primer autoinjerto de dentina se informó en el “International Association for Dental Research awards 2003”. Fue Murata quien realizó la primera publicación presentando una elevación de seno en humanos con dentina. Y posteriores trabajos, de este mismo equipo los ha llevado a convertirse en uno de los mayores referentes científicos que presento a la dentina como matriz portadora de Proteínas Morfogenéticas del hueso (BMP2) (87,88). En estos últimos 55 años, son muchos los equipos de investigadores que, mayormente con éxito, han estudiado la dentina como un nuevo biomaterial con características muy válidas para la regeneración ósea.

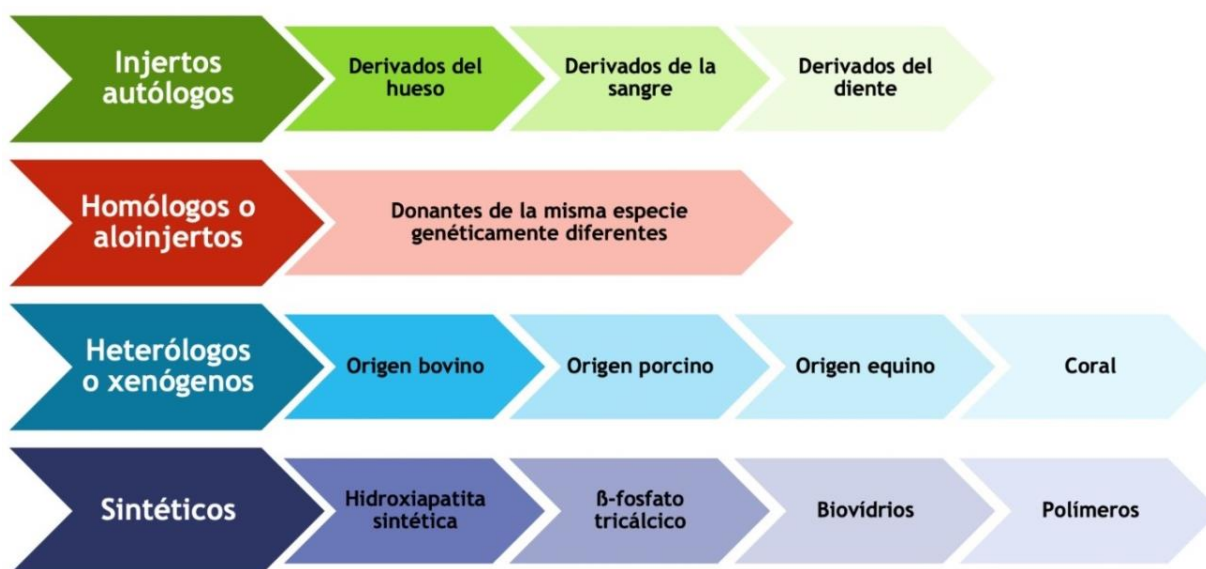


Figura I-8. Clasificación de los biomateriales para la regeneración ósea según su procedencia. Elaboración propia

1.8. LOS DIENTES. UN NUEVO MATERIAL DE INJERTO

El diente más allá de ser conocido como un órgano, compuesto por diferentes tejidos con gran riqueza orgánica e inorgánica, rico en sales minerales tales como el fosfato de calcio, y además colágeno y otros elementos orgánicos, es fundamentalmente, un gran almacén de dentina. Está recubierto coronalmente por esmalte, un tejido muy radiopaco, altamente mineralizado que actúa como escudo protector. El mayor espesor del esmalte se alcanza en los bordes incisales anteriores y las cúspides posteriores, cuyo espesor oscila entre los 2,5 y 3 mm respectivamente (89). Apicalmente este recubrimiento estará dado por el cemento, que presenta una estructura de láminas concéntricas, que se va engrosando desde el límite amelocementario hasta alcanzar su mayor espesor a nivel apical, y finalmente esta raíz va a estar íntimamente unida al hueso alveolar por medio las fibras de Sharpey.

El diente lleva en su interior un tejido blando, no mineralizado, rico en vasos sanguíneos, terminaciones nerviosas, y células mesenquimales: *la pulpa*. Esta contiene células pluripotenciales, *células madre de pulpa dental*, capaces de diferenciarse en odontoblastos, osteoblastos, adipocitos y condrocitos (90). En sus límites la pulpa, da alojamiento a las células que forman la dentina, los odontoblastos, que lejos de ser encerrados en el propio tejido (como sucede con los osteoblastos al convertirse en osteocitos), retroceden a medida que forman dentina, permaneciendo siempre dentro del tejido pulpar, dándole a la dentina una característica que la diferencia radicalmente del hueso, la carencia de células. La dentina a diferencia del hueso es acelular.

Los tejidos duros dentales, provienen de diferentes capas embrionarias. El esmalte es formado por ameloblastos de origen ectodérmico, y la dentina formada por los odontoblastos de origen mesodérmico (91).

Del mismo origen embrionario que la dentina son la pulpa, el cemento y el hueso alveolar, por lo que no sorprende que no solo compartan el mismo tipo de colágeno, de tipo I, sino que además desde su origen la mayor parte de las proteínas que los componen y que son comunes para todos estos tejidos. Así se comprende que, en mayor o menor medida, estos tejidos contienen proteínas morfogenéticas que favorecen la formación de hueso, y proteínas no colagenadas como son la osteocalcina, la osteonectina y fosfoproteínas, implicadas todas ellas en la formación de la arquitectura ósea (92).

En relación a su composición orgánica e inorgánica, podemos decir que, el esmalte, el tejido más duro del cuerpo, está compuesto por un 96% de elementos inorgánicos y 4% de elementos orgánicos. En la dentina esta proporción se establece en 70% -30% similar a la del hueso (65% : 35%), y finalmente el cemento en el que estos porcentajes, son más equilibrados 45% inorgánico y 55 % orgánico (93).

De este modo, podríamos concluir que el diente en sí, es muy similar al hueso, aunque con unas características estructurales distintas, claramente adaptadas para la función que debe cumplir.

Son muchos los estudios que se han realizado desde el siglo pasado hasta la actualidad, que han utilizado al diente, con distintos procesados (desmineralizados, semi-desmineralizados, sin desmineralizar), con diferentes presentaciones (bloque, polvo o gránulos), de distintas procedencias (Autólogo, Homólogo y heterólogo), y en distintos modelos (humano y animal no humano). Y otros tantos estudios que comparan al diente y su capacidad regenerativa con diversos biomateriales de distintas procedencias.

Todo ello nos induce a pensar que el diente tiene un potencial como material para la regeneración ósea digno de tomar en cuenta. No solo por poseer factores de crecimiento óseo y proteínas morfogénicas, sino además porque puede ser enriquecido, por ejemplo, con factores de crecimiento y células madre, procedentes del plasma autólogo (94,95).

Si bien es cierto que los tejidos que conforman el diente han sido implementados en las terapias regenerativas con éxito, al ser la dentina el tejido con más presencia dentaria, y con el que más se ha investigado, nos centraremos más en su histología y su composición, y su utilidad en regeneración ósea.

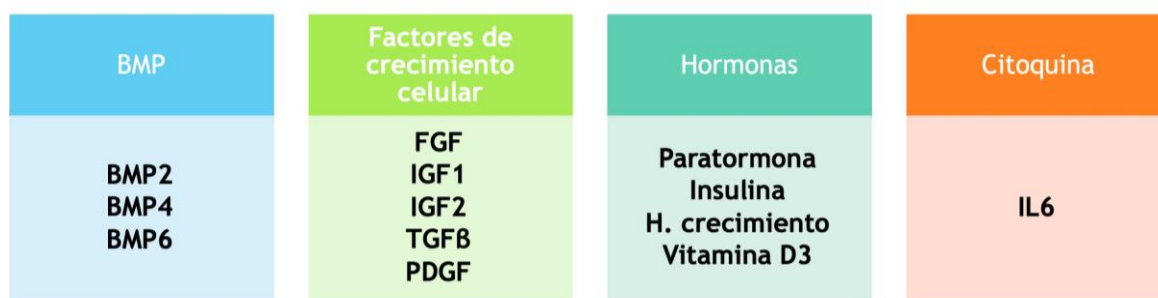


Figura I- 9. Factores que favorecen la formación de osteoblastos. Elaboración propia

1.8.1 Dentina

La dentina es el tejido de mayor dureza después del esmalte, ligeramente más dura y radiopaca que el hueso. Está compuesta a semejanza del hueso por un 70 % de materia, un 18% de materia orgánica, siendo agua el 12 %. La dentina está menos mineralizada que el esmalte que es del 96%, pero más que el hueso o el cemento con alrededor del 65%. (85,89)

La dentina es el tejido más abundante en el diente, es de color blanco amarillento (puede variar con la edad), y a veces grisáceo si el diente está desvitalizado. Su cuerpo está completamente atravesado por los conductos dentinarios, desde la superficie pulpar (donde

se encuentran los odontoblastos) hasta su propio límite externo. Dentro de los túbulos dentinarios, encontraremos una prolongación del citoplasma de los odontoblastos, llamada *prolongación o proceso odontoblástico*, que se introducen en los mismos, luego de atravesar la pre-dentina (una capa de dentina *no mineralizada*) y los recorren en toda su longitud. Vale la pena señalar que los odontoblastos polarizantes paralelos a la membrana basal muestran algunos brotes. Estas protuberancias de la membrana se desprenden y se convierten en vesículas de matriz muy similares a lo que se ha descrito en el cartílago y el hueso, y se cree que estas vesículas contribuyen a la mineralización inicial de la dentina (96)

El espesor de la dentina es variable según la pieza dentaria: en los incisivos inferiores es mínimo, de 1 a 1,5 mm, mientras que en caninos y molares es de 3 mm aproximadamente (89). La dentina tiene mucha menos dureza que el esmalte, y también posee menor translucidez, aunque en sectores donde es delgada podemos llegar a percibir la pulpa dental. Es mucho más elástica que el esmalte, y debido a la existencia de los túbulos dentinarios posee una gran permeabilidad.

En la exploración radiográfica es menos radiopaca que el esmalte, pero más radiopaca que el hueso por lo que le permite diferenciarse claramente en una imagen radiográfica. Aunque su porcentaje inorgánico sea mucho mayor que el orgánico, este último tiene gran diversidad de proteínas, por lo que los describiremos por separado.

1.8.1.1 Dentina. Matriz orgánica

Los odontoblastos son los encargados de la producción de la matriz orgánica de la dentina, y son también los actores fundamentales en el organizado proceso de mineralización que se da posteriormente. Esta matriz orgánica está constituida fundamentalmente por colágeno de tipo I, que constituye el 90% de la matriz. También en proporciones muy pequeñas se hayan presentes colágenos de tipo III, IV, V, y VI. Proteínas no colagenadas como la osteonectina y la osteopontina, al igual que en el hueso se encuentran en esta matriz orgánica, pero además en la misma encontramos la proteína Gla de la dentina que contiene ácido glutámico, y también están presentes en esta matriz, proteoglicanos y los glucosaminoglicanos como el condroitin 4-sulfato y el condroitin 6-sulfato, aunque este último está más presente en la pre-dentina.

Hay tres proteínas que son propias de la dentina, y son: la fosforina dentinaria que junto al colágeno es el componente más abundante de la dentina, la proteína de matriz dentinaria 1 y la sialoproteína dentinaria. Esta última secretada por los preameloblastos y dentinoblastos jóvenes, y las primeras por los dentinoblastos.

COMPONENTES DE LA MATRIZ EXTRA CELULAR DE LA DENTINA

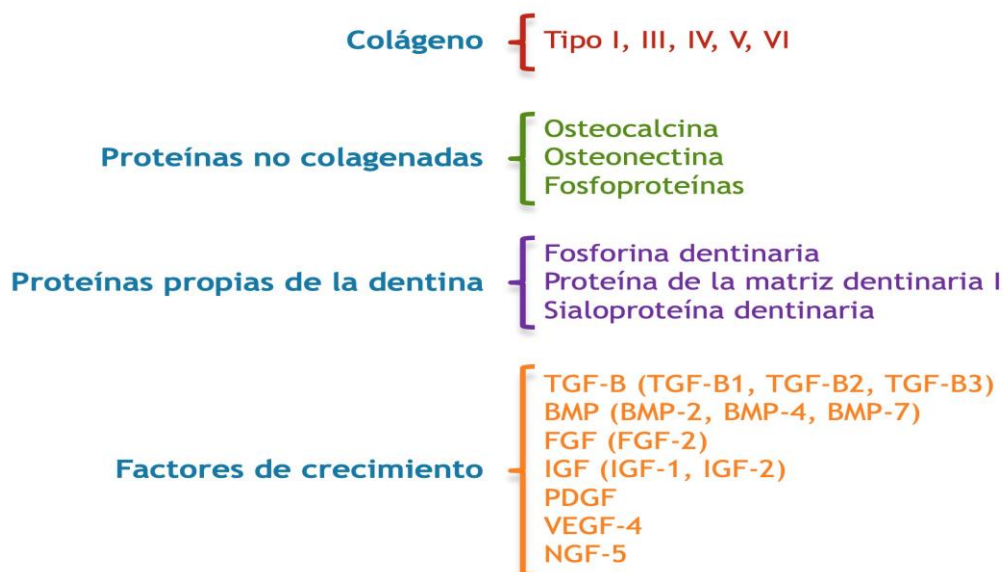


Figura I-10. Composición de la matriz extracelular dentinaria. Elaboración propia

1.8.1.2 Dentina. Matriz Inorgánica

Los cristales de hidroxiapatita, son los componentes fundamentales de esta matriz inorgánica, lo que hace que la dentina tenga una gran semejanza química al esmalte, al cemento y al hueso. La dimensión de estos cristales es muy inferior a la de los cristales del esmalte, y se orientan paralelos a las fibras de colágeno. Además de estos cristales, hay gran cantidad de oligoelementos como cobre, flúor, magnesio, hierro, zinc, etc., y cierta cantidad fosfatos, carbonatos y sulfatos.

La fase mineral los dientes tienen fosfato de calcio natural en 5 formas (hidroxiapatita, fosfato tricálcico, fosfato octacálcico, fosfato de calcio amorfo y brushita). Todas estas formas interactúan entre sí; y es conocido que mediante la introducción de fosfato de calcio en un sistema vivo se puede lograr una buena remodelación ósea. La apatita que hallamos en la dentina posee un tamaño de partícula que está en el nivel de decenas de nanómetros. En cambio la hidroxiapatita sintética, creada por sinterización a altas temperaturas, posee un tamaño muy grande, que hace casi imposible la reabsorción de la misma por parte de los macrófagos en el cuerpo humano. El tamaño de cristal de la hidroxiapatita natural, es fácilmente reabsorbible, por lo que su osteoconducción es más efectiva. (93)

1.8.1.3 Tipos de dentina

Hay diversos tipos de dentina, que distintos autores han querido distinguir de acuerdo al momento en que fueron formadas, y así tenemos la dentina primaria, secundaria y terciaria también llamada reparativa o reaccional, y otras que han sido definidas según en la situación espacial en la que se encuentran, y estas son las dentinas Intertubular y Peritubular, así llamadas según se encuentren, entre los túbulos dentinarios, y dentro o alrededor de los mismos respectivamente.

De este modo consideraremos *dentina primaria*, a aquella que se forma en las primeras etapas de la dentinogénesis, hasta que el diente entra erupción (y aun cuando el diente no erupcione o este retenido). Un vez que el diente entra en contacto con su antagonista, y participa en la mecánica de la masticación, es habitual observar que la cavidad pulpar, va disminuyendo paulatinamente, debido al avance y crecimiento de otra capa de dentina, la *dentina secundaria*, que seguirá depositándose hasta que los ápices dentarios estén totalmente formados. Su depósito y formación, es mucho más lento que en el caso de la dentina primaria, y continúa durante toda la vida del diente, en un entorno fisiológico normal.

Los dientes está sujetos a diferentes tipos de estímulos propios de la función que desempeñan, y para los cuales están diseñados y absolutamente preparado. Ahora bien, cuando estos estímulos sufren alguna alteración, por ejemplo en el aumento de la fuerza y la frecuencia del contacto interoclusivo, como en el caso de un bruxista, con el objetivo de proteger a la pulpa de este tipo de estímulos, se forma otra capa de dentina, denominada *dentina terciaria*, o reparativa. También podemos observar la formación de este tipo de dentina, cuando en un proceso de avance de caries dental, observamos un tipo de dentina reparativa que se forma proyectada en dirección al avance ácido, y que tendrá un mayor o menor espesor, de acuerdo a la intensidad y a la duración del estímulo.

A pesar que la formación de la dentina terciaria, tiene por objeto la protección de la pulpa subyacente, esta puede inflamarse, y su normalización dependerá de su estado previo, y de la duración e intensidad del estímulo nocivo.

Por último hay una capa de dentina *no mineralizada* cuya función consiste en mantener la integridad de la dentina, a la cual llamamos *Predentina*. Esta capa se encuentra entre los odontoblastos y la dentina mineralizada, y está constituida fundamentalmente por colágeno de tipo I y II, además de proteoglucanos, fosfoproteínas dentarias y glucoproteínas.

1.9. EXPERIMENTACIÓN CON DENTINA

1.9.1 Estudios actuales de experimentación en animales y seres humanos

Son muy variados los estudios que en la actualidad revelan distintos métodos de procesado de la dentina utilizada como elemento de ingeniería ósea tisular. Todos ellos coinciden en el hecho de que el proceso de desmineralización de la dentina, incrementa de forma exponencial la osteinducción y paralelamente disminuye sus propiedades inmunológicas.

Este razonamiento es la causa de que, a partir del año 2007, todos los estudios referenciados en la bibliografía y realizados en animales de experimentación y en humano, hayan utilizado matriz de dentina, ya que en realidad el proceso de desmineralización parcial lo que va a prevenir es la desnaturalización de las proteínas, y de manera paralela mantiene los factores de crecimiento y por tanto una cantidad de proteínas suficientes para promover el proceso de osteinducción.

Una de las primeras experimentaciones en animales, consistió en rellenar los alvéolos de 32 ratas realizando posteriormente varios análisis histológicos, morfométricos, e inmunohistoquímicos hasta 21 días después de realizar la intervención quirúrgica en los animales de experimentación, generándose en todos ellos un incremento de la expresión de factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF), que es el factor angiogénico más importante del que dependen los procesos de formación vascular, tanto fisiológica, como patológica. (100,101)

Otros estudios también realizados en animales de experimentación, han comparado la utilización de dentina desmineralizada humana y la misma mezclada con BMP2, demostrándose, que la matriz de dentina humana desmineralizada, de una manera nítida, aceleraba la actividad de BMP2, que en realidad actúa como una estructura que engrana este factor de crecimiento acelerando la formación de hueso y cartílago, y que supuestamente actúa como andamiaje para las células que se formen. La alta solubilidad de estas proteínas precisa necesariamente de un transportador, en este caso la dentina, para ejercer efectivamente su acción.

Este concepto explica los resultados obtenidos en un reciente trabajo de investigación publicado por equipo de investigación de Reddy en el año 2019 (102), quien evaluó el injerto de dentina autóloga asociado al alojerto de hueso liofilizado, desmineralizado, con la utilización de una membrana coreónica en el tratamiento de las lesiones de furca de grado II y III, demostrando en sus conclusiones la mejoría del estado periodontal en la mayoría de los pacientes y disminuyendo de manera significativa, el estado inflamatorio en la proximidad de las lesiones.

Los estudios realizados por Kim en el año 2010, en los que realizó exodoncia seriadas en varios dientes definitivos, para posteriormente triturarlos y utilizarlos como material de injerto de manera simultánea a la colocación de implantes (103), fueron claves para iniciar los ensayos clínicos en pacientes. El grupo de Kim, a los tres meses y coincidiendo con la segunda fase quirúrgica, realizaron pequeñas biopsias comprobando, que la mayor parte de la dentina se había reabsorbido y había sido sustituida por una proporción del 39 al 79 %, por hueso nuevo. En los estudios histológicos de estas biopsias, se pudo comprobar la existencia de numerosos componentes inorgánicos, entre ellos hidroxiapatita, betafosfato tricálcico, fosfato octacálcico y fosfato cálcico amorfo, estos componentes también se detectaron tanto en la dentina como en el hueso.

Como continuación de este estudio, este mismo equipo de investigación, 6 años después, evaluó al pérdida ósea marginal de varios implantes, en los cuales se había colocado un injerto de dentina, en el mismo momento de la inserción de los implantes, controlando la posible ganancia o pérdida ósea mediante la realización de un CBCT (Cone Beam Computer Tomografic) realizado antes de la intervención quirúrgica, otro tras la colocación de la prótesis, y un último estudio por imagen tras 5 años de colocación de la prótesis definitiva (104). Aunque los resultados de este trabajo no fueron concluyentes, si se pudo advertir que había una disminución en la pérdida ósea marginal, y que esta era uniforme en todos los implantes insertados. Como en todos los estudios actuales, se sigue sugiriendo la necesidad de ampliar el número de estudios y de pacientes tratados.

Numerosos estudios como los de Lee (105), ofrecen excelentes resultados que amparan la existencia de una respuesta eficaz, del injerto de dentina ya sea o no combinada con xenoinjerto, no encontrando en estos trabajos complicaciones secundarias como infección, reabsorción o dehiscencia de la suturas., Sin embargo la mayoría de estos trabajos eran estudios heterogéneos en cuanto al tipo de material utilizado, con un seguimiento muy corto de su evolución, y sin documentar el estado previo del hueso antes de la colocación del injerto de dentina. Otros estudios como los de Jeong (106), intentaron demostrar la eficacia de dentina desmineralizada en la técnica de elevación de seno, realizando técnica de biopsia a los 6 meses de realizada la técnica quirúrgica en 27 pacientes, y pudiendo evidenciar una adecuada formación de hueso (46-87 % de los caos a los 6 meses), y con una supervivencia de los implantes del 78 %.

Estudios más protocolizados como el de Pang (107), intentaron demostrar mediante un ensayo clínico aleatorizado, en el que realizaron regeneración con dentina autógena y con xenoinjerto bovino (Bioss®), evaluando que el comportamiento clínico de ambos injertos fue muy similar, demostrándose en el análisis histológico que la proporción del hueso formado y el porcentaje de material injertado residual, era muy similar en ambos grupos. El grupo de investigación de Kabir, fue el primero que de una manera protocolizada, utilizo el injerto de dentina desmineralizada tras la exodoncia de un tercer molar superior, para prevenir la reabsorción ósea distal del segundo molar que habitualmente se produce tras esta técnica quirúrgica (108), pudiendo evaluar tras controles

clínicos y radiográficos a los 3 y 12 meses tras la exodoncia quirúrgica del tercer molar superior, comprobando una adecuada sustitución de gran parte de la matriz de dentina desmineralizada, por un nuevo tejido óseo que en parte limito las consecuencias indeseables sobre el segundo molar.

El equipo de investigación de nuestra unidad docente también ha publicado recientemente los resultados de la utilización de la tecnología toohtransformer® aplicada tras la exodoncia de dientes supernumerarios, caninos incluidos y terceros molares, y a pesar de que se trata de trabajos exclusivamente clínicos, si hemos podido comprobar radiográficamente, la adecuada formación de hueso a los 6 y 12 meses tras la realización de la técnica quirúrgica. (109) En un trabajo similar recientemente publicado por el equipo del doctor Martínez González, evaluaron la eficacia del injerto de dentina simultáneo a la exodoncia del 3º molar inferior, evaluando entre sus objetivos la densidad ósea, el mantenimiento de la cresta alveolar a los 6 meses de la cirugía, el dolor, la inflamación, y la capacidad de apertura de boca al 2º y 7º día después de la cirugía.

Los resultados mostraron como la profundidad de sondaje, la densidad ósea radiográfica, y el mantenimiento de la cresta ósea alveolar mostraron diferencias significativas entre los lados de prueba y de control, manifestando así que el injerto de dentina autógena es un biomaterial eficaz, para limitar la reabsorción distal del 2º molar inferior tras la exodoncia del 3º molar inferior incluido (110).

Las últimas revisiones sistemáticas (111) ponen de manifiesto que no existen grandes diferencias estadísticamente significativas entre utilizar la dentina, en gránulo o en bloque, ni entre usarla sola o en combinación con otros materiales de injerto biocompatibles. Sí parece claro el análisis de que existe sobre este tema una enorme variabilidad de estudios, con diferentes localizaciones, consideraciones anatómicas, y métodos de evaluación, y también diferentes tipos de técnicas quirúrgicas, cuya falta de uniformidad influyen de manera decisiva en el resultado de dichos estudios.

Los estudios de Schwarz (112), han dado resultados en la misma dirección, demostrando en la segunda fase quirúrgica tras la inserción de los implantes que, en comparación con los injertos de bloque de hueso autógeno, el injerto de dentina desmineralizada mostraba una mayor integración, más homogénea y con un menor grado de reabsorción, concluyendo que este tipo de injerto es una adecuada alternativa para la regeneración ósea en anchura. En un estudio publicado en 2019 por el equipo de Del Canto y Martínez González (92), en el que se formaron dos grupos, uno control en el que no se rellenó el alveolo post extracción y otro en el que se rellenó el defecto alveolar con dentina desmineralizada recién procesada, para posteriormente realizar análisis dimensionales y densitométricos de los alveolos, pudo concluir que la técnica del injerto de dentina, se trata de una técnica prometedora que necesita de protocolos uniformes. Un reciente ensayo clínico aleatorizado y prospectivo del equipo de Pang (113) comparo la dimensión vertical del hueso injertado en 24 pacientes de los cuales 12 habían sido tratados con un injerto de dentina desmineralizada, mientras que los otros 12 se les aplico como injerto Bioss®,

demonstró que en ambos casos se produjo una evolución favorable de la herida quirúrgica, como un coeficiente de estabilidad del implante que indicaba niveles similares de osteointegración y una maduración ósea periimplantaria confirmada mediante biopsia y el consiguiente estudio histológico.

En este mismo sentido el equipo de Fracaso Moraes (114), intentó establecer diferencias de la matriz humana desmineralizada como material viable para la preservación de la cresta alveolar en un modelo con ratas Wistar, utilizando 4 grupos experimentales, uno de dentina humana, otro el propio coagulo de sangre, hueso autógeno y xenoinjerto de origen bovino, no pudiendo encontrar diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los grupos experimentales.

El equipo Elfana (115), modificó el planteamiento del estudio y planificó un ensayo controlado, aleatorizado en el que evaluó los cambios radiográficos, y la cicatrización histológica después de la preservación de la cresta alveolar utilizando por un lado dientes enteros autógenos como grupo control frente al injerto de dentina desmineralizada autógena. En sus conclusiones pudo evidenciar como ambas técnicas son igualmente eficaces en la preservación de la cresta alveolar tras la exodoncia, pero en los casos tratados con dentina desmineralizada autógena la histología pudo evidenciar una mejor remodelación del injerto, mayor integración y una optimización de las propiedades osteoinductivas.

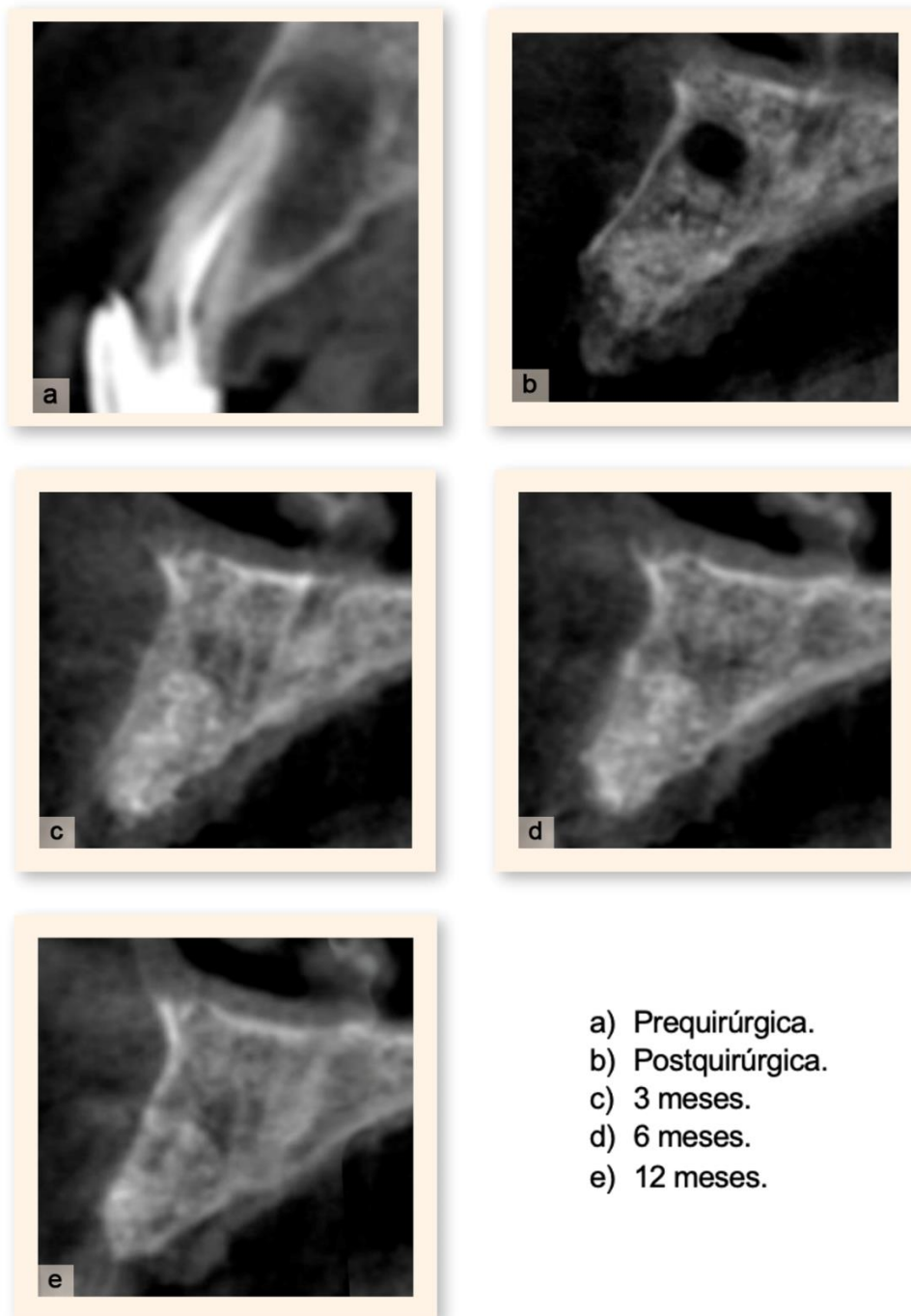
Una de las últimas revisiones bibliográficas fue publicada en el año 2022 por el equipo de investigación de Grawish (116) analizando, todos las búsquedas en las bases de datos Pubmed y Medline hasta octubre de 2021, que incluían todos los artículos relevantes sobre la utilización del injerto de dentina desmineralizada como material de regeneración ósea, no llega a ninguna conclusión definitiva, tampoco señala una indicación clara dentro de las posibles técnicas quirúrgicas a nivel oral pero señala que utilizando el tamaño de partícula adecuado y respetado sus propiedades biológicas, puede utilizarse de manera eficiente sustituyendo a alguno de los biomateriales de regeneración que hasta ahora se utilizaban de manera habitual en las técnicas de regeneración ósea guiada.

La última revisión bibliográfica sistemática a la que hemos podido acceder, ha sido la realizada por Luis Sánchez-Labrador de la universidad Complutense de Madrid, que incluyó artículos clínicos relevantes, publicados antes del 10 de marzo del 2022 (117), abarcando estudios en humanos, de al menos cuatro pacientes en cuyo tratamiento y posterior regeneración incluía al menos una técnica quirúrgica. Sus principales conclusiones, fueron que, tras la exodoncia de un diente, el injerto de dentina autógena desmineralizada, es eficaz en el mantenimiento del volumen óseo mostrando resultados prometedores en el análisis histológico e histomorfométrico al tiempo que se reflejan una baja tasa de complicaciones.

Sin embargo, el mismo autor, haciendo una revisión crítica de los datos los señala que existen pocos estudios comparativos, ya que los parámetros utilizados no se encuentran muy estandarizados, por lo que propone que es preciso realizar un mayor número de

investigaciones básicas, que nos proporcionen datos a largo plazo y ensayos clínicos que al tiempo nos permitan, confirmar las evidencias científicas que hasta ahora han ofrecido los estudios de investigación realizados.

EVOLUCIÓN DEL INJERTO DE DENTINA



- a) Prequirúrgica.
- b) Postquirúrgica.
- c) 3 meses.
- d) 6 meses.
- e) 12 meses.

Figura I-11. Evolución del injerto de dentina hasta los 12 meses, donde se puede observar el el relleno completo del defecto oseó

2.

Justificación

2. JUSTIFICACIÓN

El proceso de envejecimiento global y la inevitable transición demográfica, ha generado un nuevo relato del proceso de deterioro fisiológico, transformándolo en un envejecimiento saludable, activo e integrador que ha modificado de manera sustancial, la manera de ver esta última parte de la vida, en los seres humanos.

Detrás de esta nueva actitud se encuentran también numerosos intereses sociales, políticos, económicos y publicitarios, pero al tiempo, otras circunstancias de carácter multidimensional que hasta ahora nunca se habían producido: aumento exponencial de la esperanza de vida, prevención de enfermedades y disminución de las discapacidades, mantenimiento de la función física y cognitiva gracias a unas nuevas condiciones de vida y la incorporación que los *nuevos abuelos* que han asumido un papel protagonista en las actividades sociales, productivas y de protección en las familias.

Existe una probada relación entre la calidad de vida y el número de dientes que tenemos, y de hecho, sabemos que los adultos mayores que tienen menos dientes tienen una mayor probabilidad de pasar del estado de salud al de enfermedad, o bien estando enfermos acelerar el proceso de la muerte. También porque entre otras razones, el edentulismo y la pérdida dental se han relacionado con la hipertensión arterial, la obesidad al aumentar el consumo de carbohidratos, la diabetes, los trastornos autoinmunes y el síndrome metabólico.

En Europa con proyecciones de más de tres décadas, cada año que pasa a partir de los 75 años se tiene un 11% más de probabilidades de padecer pérdidas dentarias, y esta cifra se incrementa en un 275%, cuando nos referimos a los sectores con bajo nivel educativo o personas en situaciones socio-económicas de vulnerabilidad. Por lo tanto, la reposición dentaria sea completa o parcial, con prótesis convencionales o implantes osteointegrados, se ha convertido en un problema sanitario y social de primera magnitud.

Hasta hace pocos años el objetivo principal de la implantología oral era la osteointegración, es decir, conseguir que los implantes osteointegrados permanecieran estables en los maxilares el mayor tiempo posible y por dicha razón, se limitaba su indicación en personas de edad muy avanzada, con problemas sistémicos, polimedicados y en todos aquellos, donde existiese una cantidad o calidad insuficiente de hueso remanente. Pero evidentemente esta filosofía clínica se ha ido modificando en estos últimos quince años, por el incremento exponencial de la esperanza de vida, la polimedicación universal, el aumento de los requerimientos estéticos y funcionales de las personas mayores y porque

nos enfrentamos a una nueva situación fisiológica: la mayor parte de nuestros pacientes no poseen las condiciones tisulares y óseas necesarias para colocar de manera predecible un implante osteointegrado.

Por lo tanto las técnicas de regeneración tisular y ósea que utilizábamos de manera excepcional a partir de la década de los años 2010, se han convertido en un procedimiento clínico habitual en todos los centros de odontología en los que se aplica la terapia con implantes osteointegrados y por lo tanto, era necesario, optimizar su técnica clínica, aumentar su seguridad y predictibilidad y disminuir paralelamente su coste económico.

En la actualidad se están realizando estudios que comparan la efectividad de diferentes materiales de injerto óseo, analizando la histología del alveolo tras su realización, así como los cambios dimensionales producidos al utilizar las distintas técnicas, y está claro que la evidencia científica no nos ha podido proporcionar unas directrices claras y específicas, en cuanto al tipo de biomaterial más indicado o el procedimiento quirúrgico con el que se consigue disminuir la morbilidad.

El injerto de hueso autólogo se considera un material regenerativo adecuado para los pacientes, ya que es más económico que los demás materiales de injerto y posee escasas complicaciones clínicas e inmunogénicas, aunque no debemos de olvidar las dificultades clínicas del área donante y sobre todo la existencia de una reabsorción secundaria a medio plazo que suele ensombrecer el pronóstico a largo plazo. Hace pocos años, que se ha planteado la posibilidad de utilizar material autólogo procedente de los propios dientes del paciente, asociando las ventajas ya descritas en este tipo de injertos, a la disponibilidad clínica de su obtención, la práctica ausencia de morbilidad y la capacidad osteoproliferativa aportada por las células pluripotenciales procedentes de los tejidos dentarios.

En nuestro trabajo, y aunque no sea el objetivo principal del mismo, incorporamos en numerosos casos clínicos, la utilización del plasma rico en fibrina -PRF- que es una lógica evolución de las técnicas de -PRP- introducidas en nuestro país en el ámbito de la Odontología por el Dr. Eduardo Anítua, recientemente propuesto como Premio Princesa de Asturias a la innovación científica y tecnológica, profesional que diseñó y aconsejó su aplicación inicial en el proceso de regeneración y rehabilitación del maxilar atrófico y en los grandes defectos óseos de ambos maxilares, tras haber constatado previamente su utilidad, en el ámbito de la traumatología y los trasplantes de tejidos.

Pero la utilización del injerto de dentina autóloga plantea a su vez otro conjunto de justificaciones profesionales, económicas y éticas, que multiplicarán sus indicaciones en los próximos años.

La pérdida de uno o varios dientes, supone además del inicio del proceso inexorable de reabsorción alveolar, un fracaso biológico o clínico dependiendo del cual haya sido la causa y las circunstancias en las que se haya producido.

Es por ello, que recuperar el poder biológico del diente del paciente, tiene para éste una gran importancia, no solo porque en el mismo acto clínico se produce la exodoncia y la reposición del material obtenido en el alveolo creado, sino por el efecto psicológico de utilizar un material biológico propio creado a través del procesamiento de un diente que se había perdido para siempre. Hoy ya no podemos contemplar la pérdida de un diente, como un proceso exclusivamente biológico o físico, puesto que ha dejado de ser habitual y por lo tanto, se interioriza como un fracaso en la relación Odontólogo – paciente, en la que en muchas ocasiones se expresa de manera inconsciente la disminución de confianza, la alteración de la propia imagen, la necesidad de reposición y los cambios de comportamiento que ello conlleva o incluso el sentimiento de culpabilidad, derivado de una elección profesional incorrecta o unos cuidados orales no adecuados.

Por esa razón, esta técnica clínica no solo da una segunda oportunidad a los dientes perdidos, sino que disminuye la ansiedad del propio paciente, al saber que el material que se utilizará para realizar el injerto procede de sus propios dientes, es por tanto compatible, aporta un volumen de injerto que en ningún caso podría obtenerse a través de las otras técnicas clásicas, y por último tiene una repercusión económica individual y social. Individual, porque la realización del injerto de dentina supone un ahorro importante con respecto a la utilización de los otros biomateriales, extremo este que debe ser conocido por el paciente, para en parte aumentar su grado de aceptación.

Pero sin duda también tiene un componente económico y social, ya que con esta técnica y especialmente en sectores sociales desfavorecidos, podremos indicar la realización de técnicas de regeneración ósea, aumentando por tanto el número de pacientes que de otro modo, no podrían acceder a estas técnicas sofisticadas pero también hasta ahora, inalcanzables para una buena parte de los pacientes.

El injerto autólogo de dentina tiene también en sus indicaciones una serie de consideraciones éticas y deontológicas que nunca deben ser olvidadas. En primer lugar que su prescripción debe obedecer a un objetivo claro, es decir, poder posteriormente rehabilitar la función oclusal, la disponibilidad ósea o la estética de un paciente. En segundo lugar, debe realizarse en pacientes sanos o con las mínimas complicaciones sistémicas, ya que no conocemos aún su comportamiento a largo plazo, en paciente con trastornos autoinmunes, con tumores activos, con trastornos hematológicos o cualquier otra condición que pueda comprometer el éxito del tratamiento. Y es precisamente la falta de estudios a largo plazo, basados en las ciencias básicas, con sus posibles consecuencias, lo que debe aumentar nuestra precaución a la hora de indicar y predecir esta técnica.

Estamos seguros que en esta próxima década, con la tecnología de edición genética CRISPR, nuestros conceptos sobre el injerto de dentina sufrirán una profunda transformación, y por ello, no deberíamos dar por sentado que la evolución de la técnica y de la especie humana está guiada por algún tipo de providencia para alcanzar los mejores resultados éticos.

Como refirió Peter Singer *“Abrigo la esperanza de que utilizaremos la tecnología para lograr una vida mejor para todos de un modo más equitativo para que pueda ayudar a los más desfavorecidos. Y es ahí, donde podemos hacer y lograr el mayor bien”*.

3.

Hipótesis de trabajo

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

En relación a los antecedentes descritos en la introducción y la justificación, la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación es la siguiente:

Hipótesis nula:

La utilización del injerto de dentina desmineralizada mediante la utilización de la técnica *Tooth Transformer* no aumenta la cantidad y calidad ósea en las técnicas de preservación alveolar que aplicamos tras la exodoncia de los dientes

Hipótesis alternativa:

La utilización del injerto de dentina desmineralizada mediante la utilización de la técnica *Tooth Transformer* aumenta la cantidad y calidad ósea en las técnicas de preservación alveolar que aplicamos tras la exodoncia de los dientes

4.

Objetivos

4. OBJETIVOS

En función de la hipótesis planteada, los objetivos propuestos para la confirmación de la misma son los siguientes:

Primero

Comprobar la regeneración ósea a nivel de los alveolos dentarios post extracción a los 3, 6, 9 y 12 meses tras la realización de injertos de dentina desmineralizada en esas mismas localizaciones, utilizando para ello la tecnología *Tooth Transformer*

Segundo

Determinar la evolución de la densidad y estructura ósea del área regenerada mediante su valoración en unidades Hounsfield, estableciendo diferencias entre los sectores anteriores y posteriores de los maxilares

Tercero

Comprobar la relación existente entre la consolidación biológica y estructural del injerto y el proceso de osteointegración, expresado en el valor del coeficiente de estabilidad del implante ISQ

Cuarto

Cuantificar las complicaciones inmediatas y mediatas existentes en los pacientes, tras la utilización de la técnica *Tooth Transformer* en los procedimientos de preservación alveolar.

5.

Material y Metodología

5. MATERIAL Y METODOLOGÍA

5.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

El presente trabajo es un estudio clínico controlado aleatorizado, longitudinal y retrospectivo, que se ha realizado en la unidad docente de cirugía oral de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela.

El estudio se realizó de acuerdo con la declaración de Helsinki, y cuenta con el informe favorable del comité de Bioética de la Universidad de Santiago de Compostela con fecha 24 de Mayo de 2023 y código: **USC 21/2023. (Anexo 10.7)**

5.2 RECURSOS HUMANOS

Hemos seleccionado pacientes susceptibles de realizar la exodoncia de uno o más dientes en los que sea viable la obtención de dentina, por lo tanto, dientes que no posean restauraciones muy grandes o grandes destrucciones por caries, o aquellos en las que la obtención de tejido sano sea mínima, dientes con endodoncias en cuyo procedimiento se pueda observar que hayan sido muy invasivas, portadores de pernos o tornillos metálicos, y que posteriormente requieran rehabilitación mediante prótesis implantosportadas.

Los pacientes seleccionados fueron tratados en la unidad docente de cirugía oral de la Facultad de Odontología de la USC (calle Entreríos s/n – Santiago de Compostela – A Coruña), Clínica social ASSOECO del Colegio de Odontólogos de A Coruña en A Coruña (Calle Ciudad de Lugo nº 11- bajo – A Coruña), y en la clínica privada Miguel Quevedo-Bissoni (Avda. Galicia nº 6 – 1º B- 36470- Salceda de Caselas. Nº de Registro Sanitario C-36-001485)

5.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Los pacientes fueron seleccionados con los siguientes criterios;

5.3.1 Criterios de Inclusión



Pacientes adultos sanos mayores de 18 años

- Pacientes que precisaban la exodoncia de uno o más dientes, útiles para la obtención de dentina y en los cuales diferentes razones clínicas estaba indicada su exodoncia.
- Pacientes que aceptaron las condiciones del estudio, firmaron su consentimiento informado escrito y que aceptaron acudir a las revisiones de control
- Pacientes sin problemas sistémicos que puedan influir en la evolución del injerto
- Pacientes que comprendan el objetivo del estudio

5.3.2 Criterios de exclusión

- Pacientes que no deseen participar en el estudio
- Pacientes con trastornos endocrinos o metabólicos o sistémicos que puedan afectar a la preservación alveolar.
- Pacientes cuya formación dentaria sea incompleta, deficiente o anómala
- Pacientes embarazadas
- Pacientes con trastornos psiquiátricos, o que estaban dispuestos a asumir el compromiso del estudio.
- Pacientes con patologías que hubieran podido verse exacerbadas por la cirugía en sí, o por medicación intra o post-operatoria.
- Pacientes inmunodeprimidos
- Pacientes que hayan sido tratados con bifosfonatos orales o inyectables.
- Pacientes que hayan sido tratados mediante quimioterapia o radioterapia, 6 meses antes del estudio
- Pacientes que fumaron más de 10 cigarrillos por día en el último año.

5.4 TAMAÑO MUESTRAL Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Basándonos en los trabajos publicados en la literatura que hacen referencia a la utilización de esta técnica hemos seleccionado las imágenes de una muestra inicial de 67 alvéolos regenerados con dentina autóloga desmineralizada, pertenecientes a 56 pacientes, que contaban entre 21 y 81 años de edad. De estos, 11 fueron implantados a los 6 meses de realizada la regeneración, y los 56 restantes fueron el objeto final del estudio, y por tanto observados a los 3, 6, 9 y 12 meses posteriores a la preservación alveolar.

5.5 CONSENTIMIENTO INFORMADO Y DE PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO

Todos los casos fueron seleccionados y tratados por el mismo investigador clínico.

Los individuos fueron entrevistados por este investigador y recibieron una explicación detallada del procedimiento, tanto quirúrgico como de la regeneración, del tratamiento del material previo a su utilización (molido, desinfección e hidratación), así como de las ventajas que supone utilizar un material autólogo frente a otros materiales que no lo son.

También se les explico sobre los posibles riesgos que conlleva cualquier cirugía a nivel oral, además de aquellos que son propios de la regeneración ósea.

Todos los pacientes fueron advertidos claramente que no aceptar participar en el estudio, no influiría negativamente en su tratamiento, ni en su relación con los profesionales del centro sanitario.

Se les expuso que el investigador no tiene intereses económicos y que ellos tampoco percibirían ninguna retribución económica por participar en ella. También que podrían tener conocimiento de todos los resultados, y que sus datos personales serían convenientemente tratados de conformidad con el Reglamento UE 2016/679 y con la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos y Garantías de los Derechos Digitales, los datos recabados serán incorporados por la Universidad de Santiago de Compostela (USC).

Todos aquellos que aceptaron participar y que cumplieron con los criterios de selección firmaron un documento de conformidad, antes de ser incluidos en la muestra.

Igualmente los pacientes firmaron un documento de consentimiento informado para todos los tratamientos posteriores incluida la instalación de implantes osteointegrados, donde se especifican limitaciones, riesgos y complicaciones, además de las alternativas a estos procedimientos quirúrgicos.

5.6 RECURSOS MATERIALES

Para realizar este estudio hemos utilizado en todos los pacientes los siguientes materiales;

5.6.1- Materiales comunes

- Mascarillas, guantes de látex y batas estériles



- Compresor venoso para extracción de sangre

- Palomilla para recolección sanguínea 21G Vacutainer “Safety-Lok”, campana de vacío y tubos estériles de borosilicato sin excipientes
- Kit Quirúrgico
- Gasas estériles
- Clorhexidina al 20% extrabucal, y 0,12 % colutorio bucal
- Jeringa tipo Carpule y agujas cortas (30 G 25 mm) y largas (27 G 38 mm)
- Anestesia local articaína /epinefrina (40 mg/ml + 0,01mg/ml y 40mg/ml + 0,005mg/ml) 1,8 ml por ampolla y Mepivacaína 3% (30 mg/ml) 1,7 ml por ampolla
- Tríada y sonda
- Sonda periodontal y cureta periodontal Hu-Friedy 5/6, 7/8
- Mango de bisturí y hojas de bisturí nº 15 c y bisturí periodontal de Orban
- Periostotomos (Freer, Prichard, Molt)
- Separadores (Langenbeck, Minnesota, Farabeuf, Branemark)
- Pinzas quirúrgicas
- Juego de fórceps para exodoncia
- Elevadores Rectos
- Cucharillas para hueso Hemingway, y Lucas
- Fresas quirúrgicas de odontosección bola (redondas) NiTi 141-023 / 141-027
- Porta agujas y tijeras
- Sutura monofilamento poliamida no reabsorbible N° 4/0 y N° 5/0

5.6.2- aparatología e instrumental especial

- Magnetic Mallet (Meta Ergonómica srl - Vía Monte Nero, 19 20029 Turbigo Milano): Este dispositivo, genera impactos (impulsos electromagnéticos), de alta y corta intensidad, que aplicados mediante una espátula especial (alojada entre diente y alvéolo), producen deformación ósea por microfractura y la consecuente

avulsión del diente. Si bien la intensidad es alta, la utilización cuidadosa, y en combinación con elevadores rectos, permite realizar las exodoncias sin fracturas de las paredes óseas.



Foto V-1. Imagen de Magnetic Mallet (Meta Ergonomica srl - Vía Monte Nero, 19 20029 Turbigo Milano)

- Piezo-eléctrico NSK (Nakanishi INC.-700 Shimohinata Kanuma- Tochigi – Japan): Dispositivo para la osteotomía basado en la vibración ultrasónica que tiene un corte muy preciso debido a una vibración de 60 a 200 μm horizontalmente y de 20 a 60 μm verticalmente, que corta solo tejidos duros y además debido a la cavitación mantiene el campo libre de sangre. En nuestro caso lo utilizamos para la exodoncia mínimamente invasiva.



Foto V-2. Imagen de Piezo Eléctrico NSK (Nakanishi INC.-700 Shimohinata Kanuma- Tochigi - Japan)

- Centrifuga Medifuge (Silfradent srl, Forlì, Italia): Dispositivo para la obtención de coágulos de CGF (Concentrated Grown Factors), cuyo ciclo de centrifugado tiene una duración de 13 minutos oscilando desde 2700 rpm (2 min), 2400 rpm (4 min), 2700 rpm (4min) y finalmente 3000 rpm (3min). Esta oscilación en las revoluciones, permite obtener un coágulo más compacto y a su vez impedir la degranulación de las plaquetas.



Foto V-3. Imagen de Centrífuga Medifuge (Silfradent srl, Forlì, Italia)

- Bandeja porta tubos (Silfriadent)
- Pinza formadora de membranas (Silfriadent)
- Espátula para aplicar membrana (Silfriadent)
- Compactador (Silfriadent)
- 3D CBCT 3D ProMax Mid (Planmeca – Helsinki – Finlandia): Unidad de rayos X inteligente/multipropósito, que proporciona imágenes digitales panorámicas y 3D (CBCT).
- Tooth Transformer (TT Tooth Transformer srl, Milano, Italia): Dispositivo medico cuya finalidad es obtener a través de dos ciclos diferenciados, dentina desmineralizada, apta para su utilidad como material de injerto en técnicas de preservación alveolar. En el primer ciclo cuya duración máxima es de 4 minutos, se tritura el diente hasta obtener partículas entre 0.4 y 0.8 mm, que posteriormente en un segundo ciclo, cuya duración es de 25 min, mediante líquidos contenidos en cartuchos monouso, se desmineralizan, desinfectan e hidratan para obtención de la dentina desmineralizada apta para su uso.



Foto V- 4. Imagen del dispositivo Tooth Transformer (TT Tooth Transformer srl, Milano, Italia)

- Kit accesorios y cartuchos Monouso: Contiene vaso receptor de material y cartucho con líquidos (0,1M ac. clorhídrico, agua oxigenada al 10 %, y agua desmineralizada para el lavado).
- Pinza porta aguja Crile-Wood CT: para la sujeción de la pieza dentaria durante el corte
- Fresa de diamante troncocónica NTI 848/018S FG
- Disco de diamante NTI 806 104 355 514: Para el corte dentario

5.6.3 Otros Instrumentales

- Motor para implantes SurgicPro NSK ((Nakanishi INC.-700 Shimohinata Kanuma- Tochigi – Japan)
- Caja de fresas quirúrgicas para implantología IHDE dental - implantes Hexacone
- Fresas de Trefina 3 mm de diámetro para toma de muestras histológicas
- Ostell (W&H – Bürmoos - Austria): Dispositivo que emplea frecuencia de resonancias (kHz) que traduce en una escala de utilidad clínica, que va de 1 a 100, los ISQ (Implant Stability Quotient); la misma indica que con valores inferiores a 60 ISQ el implante tendrá baja estabilidad, entre los 60 y 65 la estabilidad del implante será media y más de 70 la estabilidad será alta.



Foto V- 5. Imagen del dispositivo Ostell (W&H - Bürmoos - Austria)

5.6.4 Análisis de imágenes

Blue Sky Bio 4 (Blue sky Bio, LLC, 800 Liberty Dr. Libertyville, IL 60030 EEUU): Software de visualización de imágenes obtenidas mediante CBCT para la planificación de tratamiento de implantes dentales.

5.7 PROTOCOLO CLÍNICO

5.7.1 Protocolo Previo a la técnica quirúrgica

Los pacientes recibieron una evaluación médica preliminar antes del procedimiento quirúrgico, que incluyeron una Historia clínica, revisión bucal completa, y analítica sanguínea completa.

Se tomaron imágenes radiográficas y tomográficas en todos los casos, y además del análisis de las áreas a tratar, se observó que tuvieran todos los ápices dentarios totalmente formados.

Se les realizó una limpieza bucal exhaustiva y cuando procedió, tratamiento previo de la gíngiva con el objetivo de obtener una encía lo suficientemente sana como para lograr un buen sellado durante la sutura.

Los individuos seleccionados recibieron una terapia vitamínica previa al menos 30 días antes de cirugía, con calcio y colecalciferol, en comprimidos masticables una vez al día. (Calcio/Vitamina D3 Sandoz 1000 mg/ 880 U.I), ya que está demostrado sobre todo en traumatología quirúrgica, que esta terapia aumenta la calidad de la cicatrización ósea, y a su vez disminuye el tiempo en que esta se produce, además de prevenir otras fracturas (156).

Todos los pacientes fueron medicados con Antibiótico que debían comenzar a tomar 1 día antes de la cirugía

5.7.2 Protocolo quirúrgico

- Extracción sanguínea de la zona antecubital en tubos de borosilicato, para la obtención mediante centrifugado de membranas de CGF. Estos tubos fueron introducidos en la centrífuga, siempre de pares, y en el caso de ser impares se introdujo un tubo con agua para equilibrar el dispositivo, que tiene una capacidad máxima de 8 tubos. Estos se centrifugaron durante 13 minutos, y posteriormente se dejaron reposar en portatubos hasta el momento de la cirugía en las que se requerían las membranas. Tiempo antes de requerirse las mismas, se extrajo del tubo el coágulo completo. Este tenía dos zonas bien diferenciadas; una inferior roja en cuyo interior quedaron atrapados los eritrocitos, y otra superior de color amarillento compuesta fundamentalmente de fibrina en el cual estaban atrapadas

plaquetas y células madre. La fracción roja se separó de la superior amarilla cuidadosamente mediante una espátula, dado que la utilización de una tijera podría haber cortado parte de la fracción amarilla. La fracción roja se descartó. Posteriormente, mediante la utilización de la pinza para confección de membranas, se comprimió el coágulo hasta la expresión total del suero que llevaba, quedando así la membrana conformada, con una superficie cuya textura reticulada fue directamente apoyada cubriendo la regeneración, y la lisa expuesta coronalmente sobre la cual se realizó posteriormente el cierre del colgajo.

SECUENCIA PARA LA OBTENCIÓN DE LA MEMBRANA GFC



Foto V-6. Procesado sanguíneo para la obtención de membrana de CGF. (a) Venopunción de la zona antecubital. (b) Inserción de los tubos para su centrifugado. (c) Obtención de Coágulo con zona amarilla y roja. (d) Fabricación de membrana mediante pinza y conformación de zona reticulada para impedir su desplazamiento

DE COMPOSTELA

- Inmediatamente después de la extracción sanguínea se inició el procedimiento de la exodoncia atraumática de las piezas dentarias, con la realización de un colgajo mucoperióstico previo. Para tal fin, no solo se utilizó el instrumental quirúrgico manual habitual en estos procedimientos, tales como elevadores, fórceps, sindesmótomos, etc.; Sino además toda aquella aparatología, que nos facilitó realizar el procedimiento quirúrgico con el menor daño posible al entorno óseo.
- Los dientes extraídos fueron inmediatamente procesados: Mediante fresas de diamante troncocónicas, se limpiaron los restos de sarro y tejido periodontal adheridos a la raíz de los dientes extraídos. También se eliminaron restos de amalgamas, composites, gutapercha o de cualquier tipo de restauración que los dientes pudieran tener, además de remover un poco más de este tejido (aunque parezca apropiado para la obtención de dentina), como margen de seguridad, con la finalidad de remover además materiales o productos no visibles tales como óxidos de la amalgama, adhesivos, etc. Posteriormente y utilizando un disco de diamante NTI 806 104 355 514, además de sujetar el diente con una pinza porta aguja Crile-Wood CT, los dientes se fraccionaron de un modo seguro, en trozos no superiores a 4 o 5 mm. Estas fracciones dentarias se lavaron con suero fisiológico, y fueron secadas posteriormente mediante aire comprimido libre de aceites. Estos trozos dentarios se colocaron en cantidad necesaria como para no atascar el propio triturador, y en varias tandas se introdujeron en el dispositivo Tooth-transformer durante 5 minutos. Así se obtuvo un biomaterial cuyas partículas no solo fueron dentinarias, sino también de esmalte, cuyo tamaño osciló entre 0,4 y 0,8 mm. Las partículas de menor tamaño fueron tamizadas y desechadas, desde el propio receptáculo para el material procesado, en cuya base posee unas perforaciones destinadas a tal fin. Una vez que observamos que el diente estaba suficientemente triturado y que no quedaban en el recipiente trozos no apropiados por su tamaño para su procesado, se procedió a continuación a perforar e insertar el cartucho, para que la máquina se encargara posteriormente en un segundo ciclo de desmineralizarlos, desinfectarlos, lavarlos e hidratarlos.

SECUENCIA PARA LA OBTENCIÓN DE DENTINA PARCIALMENTE DESMINERALIZADA

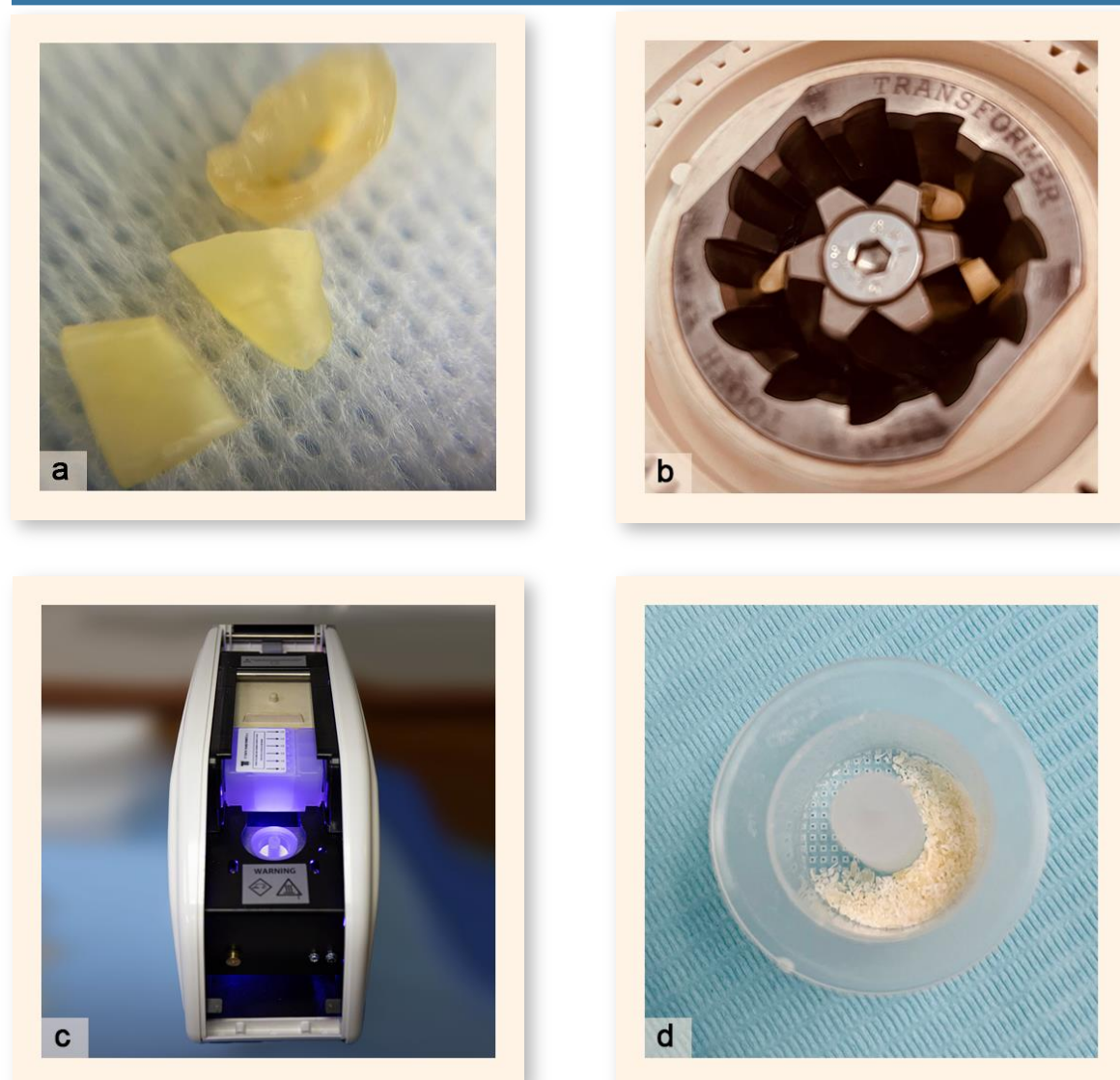


Foto V-7. Secuencia para la obtención de dentina semidesmineralizada. (a) Diente troceado en fragmento no superiores a 5 mm. (b) Presentación de los fragmentos en el molinillo de Tooth Transformer. (c) Tooth Transformer en procesamiento (d) Material obtenido, ya procesado y apto para su utilización

- Durante la preparación de los materiales de injerto, los alvéolos fueron cubiertos con gasas hidratadas con suero fisiológico Vitulia 9%, y una vez que el dispositivo Tooth-transformer, inició el segundo ciclo, retomamos la cirugía procediendo a un legrado alveolar exhaustivo y completo, y para finalizar se fresó ligeramente toda el área a regenerar con una fresa redonda de carburo Tungsteno, con la finalidad de que las superficies óseas que conforman el alvéolo, estén libres de cualquier otro tejido que no sea el óseo, y que además el mismo presente un sangrado suficiente.
- Una vez consideramos que el alvéolo estaba apto para su regeneración, procedimos a la misma, rellenando el alvéolo con la dentina procesada, sin condensarla mucho. Posteriormente sellamos el alveolo por la porción coronal con una membrana de atelocolágeno, de tipo I, altamente purificado y de origen equino con 0,2 mm de espesor (Collygen), inmovilizada mediante chinchetas quirúrgicas, tornillos, puntos de sutura al colgajo mucoperióstico, o bien permitiendo que el propio peso de este las sujetara. A su vez se recubrió esta con una membrana autóloga de CGF (Concentrado de factores de crecimiento)
- Se repusieron los colgajos, realizándole a estos cuando fue necesario, las maniobras quirúrgicas previas que nos proveyeron de una elongación, que junto con puntos simples de nylon, nos aseguró un sellado importante del lecho quirúrgico.
- A los 10 días posteriores a la cirugía, realizamos control, de la herida y retirada de puntos de sutura

SECUENCIA DE LOS PROCEDIMIENTOS QUIRÚRGICOS PAP

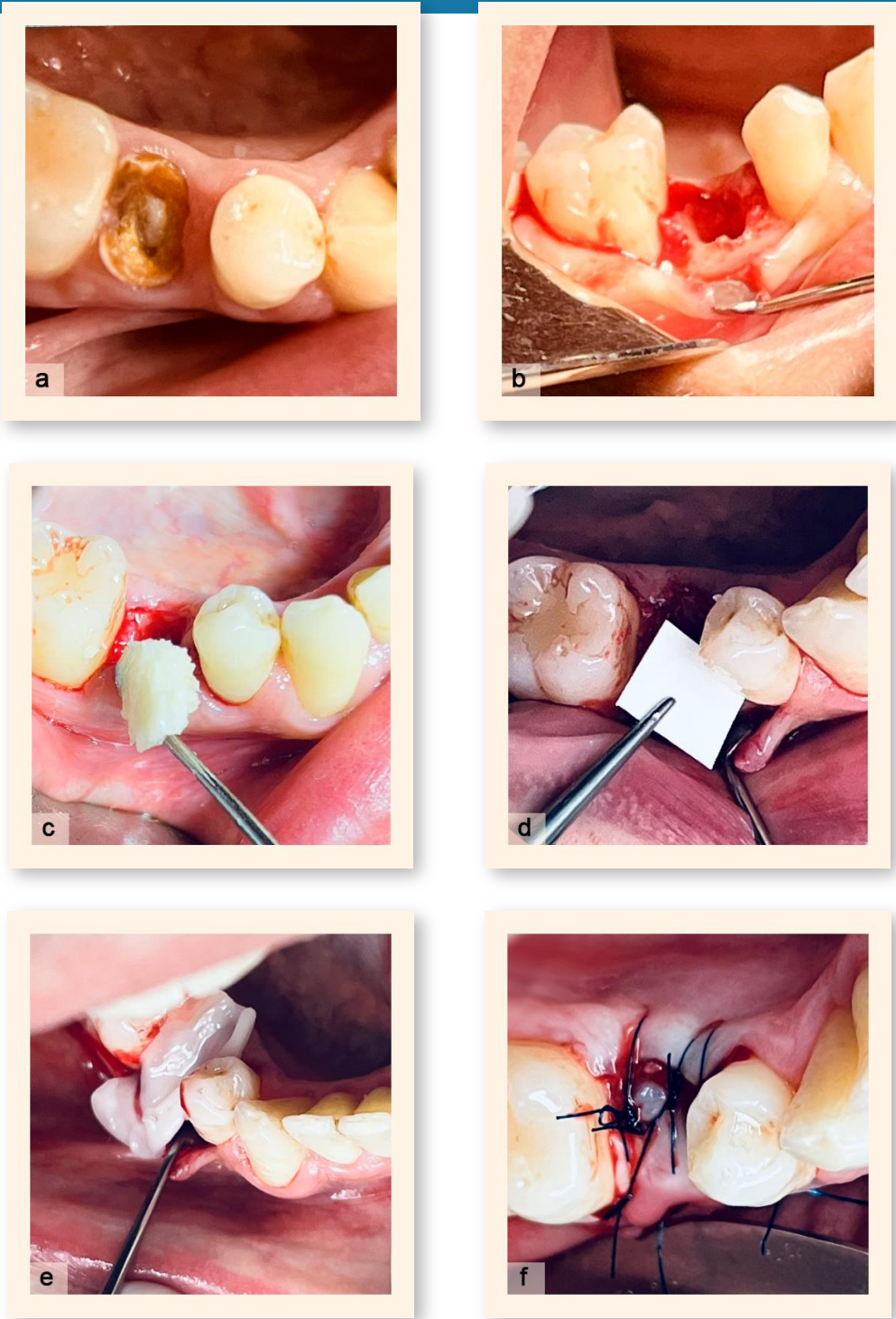


Foto V-8. Secuencia del procedimiento quirúrgico de la preservación alveolar. (a) Estado inicial previo a la exodoncia. (b) Alveolo post-extracción con todas sus paredes conservadas. (c) Injerto de dentina. (d) Colocación de membrana de colágeno sobre el injerto. (e) Cobertura de la regeneración con membrana de CGF. (f) Reposición del colgajo y sutura

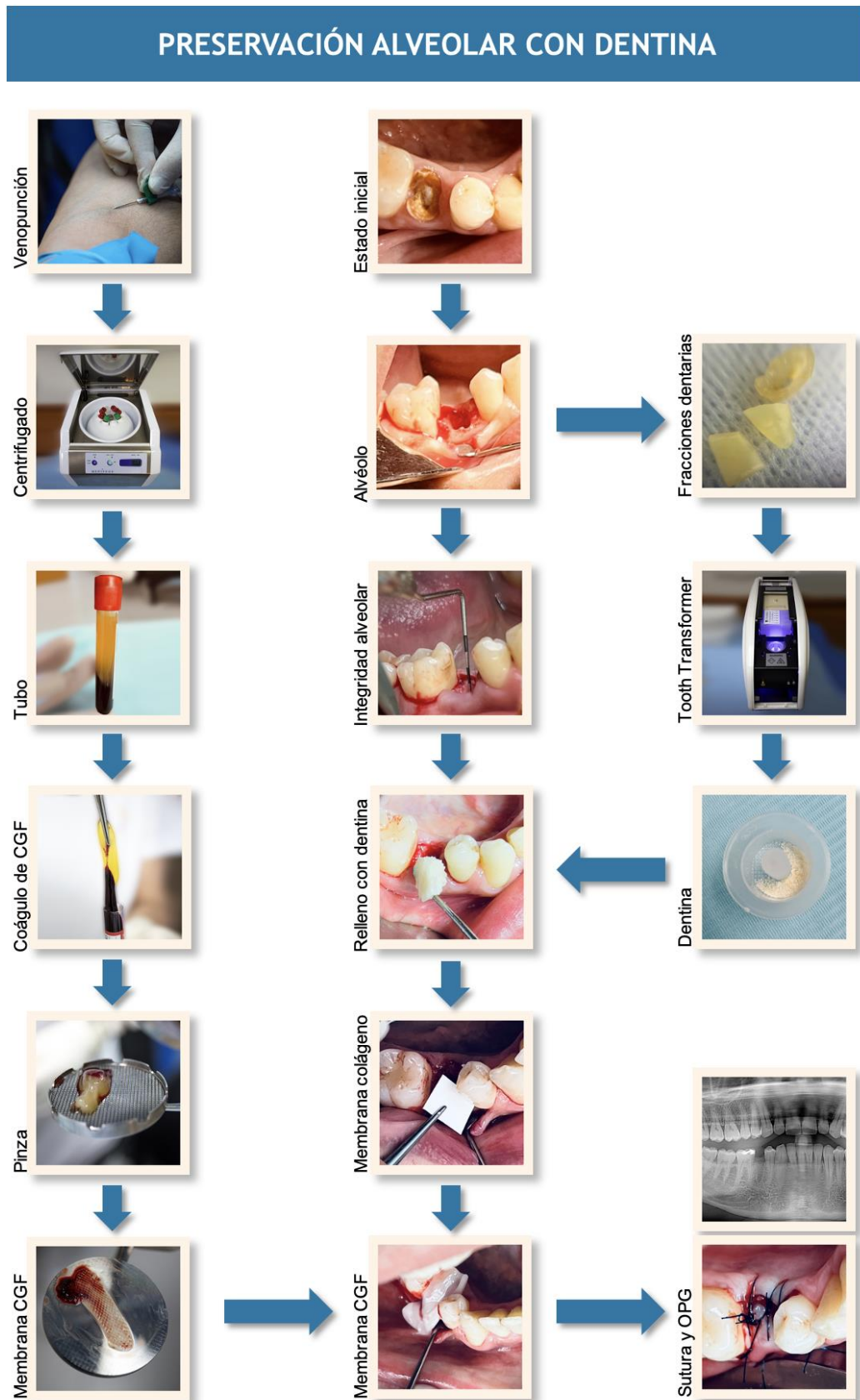


Foto V-9. Resumen fotográfico de todos los procedimientos llevados a cabo en el protocolo de preservación alveolar con dentina desmineralizada

5.7.3 Protocolo post-quirúrgico y seguimiento de los pacientes

Considerando que la cicatrización en una reparación ósea post extracción en condiciones normales no se produce en su totalidad hasta pasados los seis meses, y que posteriormente se produce un proceso de maduración del tejido que corresponde a una reorganización trabecular que dura entre tres y seis meses más, el análisis del alvéolo se hizo del siguiente modo:

En las imágenes obtenidas mediante CBCT, y visualizadas y analizadas mediante el software Blue Sky Bio 4, se obtuvieron mediciones de densidad mediante unidades Hounsfield en el area del alvéolo regenerado, a los 3, 6, 9 y 12 meses, posteriores a la cirugía.

5.7.3.1 Mediciones de densidad:

Las mediciones de densidad se realizaron analizando las imágenes obtenidas mediante CBCT en el software Blue Sky Bio 4. Una vez cargados los STL (Standard Triangle Language) en el software, se diseñó en el área regenerada a implantar un cuadrilátero, que no incluyera las tablas óseas vestibulares y palatinas/linguales y se dividió en 6 zonas, tres vestibulares y tres bucales (palatinas/linguales), correspondientes a la zona coronal, medial y apical, resultando así las abreviaturas Vc, Vm y Va para las vestibulares, y Bc, Bm y Ba para las palatinas o linguales.

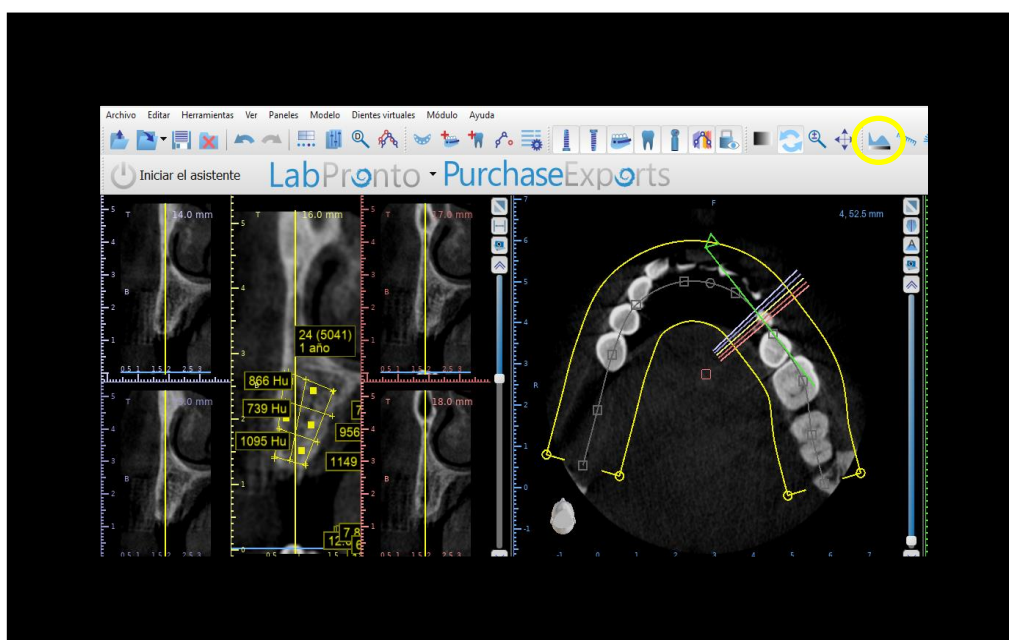


Foto V-10. Captura que exhibe la interfaz del programa de procesamiento Blue Sky Bio 4, destacando la herramienta destinada a la determinación de Unidades Hounsfield, ubicada dentro de un círculo amarillo en la esquina superior derecha de la imagen.

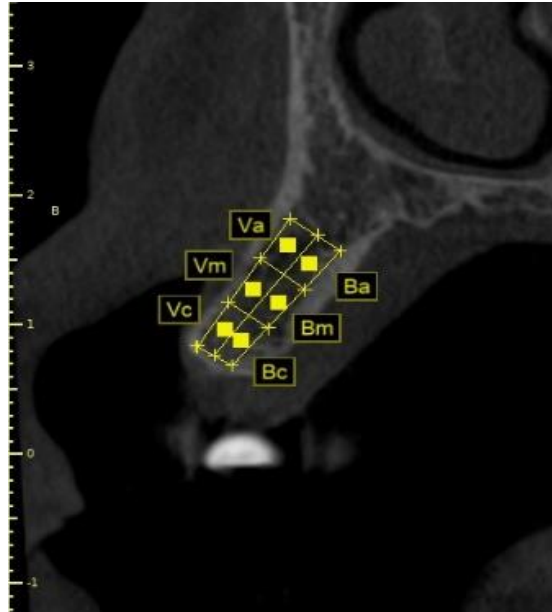


Foto V-11. Corte sagital CBCT donde se muestran las zonas de medición del área regenerada. Vc: Vestíbulo-coronal. Vm: Vestíbulo-medial. Va: Vestíbulo-apical. Bc: Buco-coronal. Bm: Buco-medial. Ba: Buco-apical

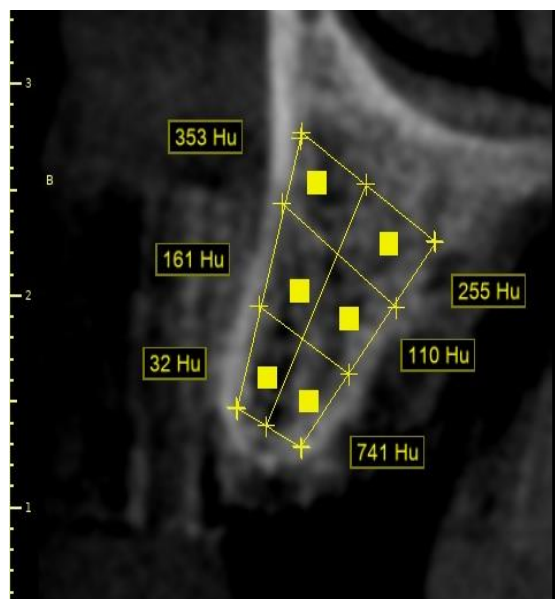


Foto V-12. Corte sagital de CBCT que ilustra las áreas de medición del área regenerada, con la presentación detallada de sus respectivos valores en unidades Hounsfield.

En el centro de cada una de ellas, con una herramienta del programa destinada a tal fin, determinamos las unidades Hounsfield y finalmente las promediamos. Este procedimiento lo realizamos en las imágenes obtenidas en el área regenerada en los meses 3, 6, 9 y 12, exceptuando en 11 de ellos en los que se realizaron estos análisis a los 3 y 6 meses, y posteriormente se les realizó la cirugía de implantes. En estos implantes se midieron los ISQ mediante el dispositivo Ostell.

5.8 RECOGIDA DE DATOS:

La recogida de datos previos a la cirugía se llevó a cabo por el investigador principal, y los mismos se anotaron en un formulario confeccionado con tal fin. En el mismo se especificaron los siguientes parámetros. Sexo, edad y antecedentes clínicos (Diabetes, Hepatitis, Alergias, Hipertensión arterial, Antecedentes Cardíacos) y además, hábito tabáquico y toma de medicamentos.

Posteriormente a la cirugía, se apuntaban en unas cuadrículas confeccionadas para los 3, 6, 9, 12 meses, la zona de diente donde se regeneró y las unidades Hounsfield obtenidas en cada una de estas áreas.

Para las zonas que se implantaron, además de esto, se especificó en las mismas las mediciones de ISQ obtenidas mediante el dispositivo Ostell.

5.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Todos los datos recogidos se asentaron en una hoja de cálculo de Excel (MS Excell 2007, Microsoft Inc., Redmond, WA, EE.UU.). Una profesional estadística analizó los datos con el software estadístico IBM SPSS Statistics 26.

Para las variables categóricas, se muestran las frecuencias y los porcentajes. Las diferencias de parámetros entre grupos (tipo alveolo) se evaluaron con la prueba no paramétrica Chi² de Pearson y, solo en el caso de tablas 2x2, se aplicó la prueba exacta de Fisher. Las diferencias en los parámetros continuos entre grupos se evaluaron mediante pruebas paramétricas de ANOVA factorial dada su normalidad. Todas las comparaciones múltiples se ajustaron por la corrección de Bonferroni. Todos los contrastes significativos son acompañados del estimador del tamaño del efecto para completar la interpretación de los resultados. Para variables categóricas fue la V de Cramer y, para las continuas, fue la d de Cohen. El criterio para la clasificación de la magnitud del efecto fue para:

- d de Cohen¹: pequeño (d = 0,2-0,4), medio (d= 0,5-0,8) y grande (d= superior a 0,8)
- V de Cramer²: 0.00-0.09 como despreciable, 0.10-0.29 como bajo, 0.30-0.49 como medio y a partir de 0.50 como alto

Para analizar la evolución de los Hounsfield y compararla entre grupos, se aplicaron modelos multinivel medidos mediante modelos mixtos lineales generales con intercepto aleatorio y medidas repetidas y ajustadas por tabaco. Los modelos mixtos lineales

¹ Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd edition). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.

² Diehl, J. M. / Kohr, H.U. (1999). Deskriptive Statistik. («Estadística descriptiva») 12ª edición. Klotz Eschborn, p.161.

generales (MMLG) se ejecutaron con estimación potente (covarianzas robustas) para manejar posibles infracciones de los supuestos del modelo. Para todos ellos, se muestran las medias marginales e intervalos de confianza al 95%.

Se emplearon distintos niveles de significatividad en los análisis (1% ($\alpha=0.01$), 5% ($\alpha=0.05$), 10% ($\alpha=0.1$)). Se emplearán distintos *niveles de significatividad* en los análisis (1% ($\alpha=0.01$), 5% ($\alpha=0.05$)³, 10% ($\alpha=0.1$)).

Los modelos multinivel, en este caso el modelo lineal mixto, permiten que las observaciones de los alveolos de un mismo paciente puedan estar correlacionados, aunque se mantiene el supuesto de incorrelación entre observaciones de alveolos de pacientes diferentes.

Así pues, los modelos multinivel proporcionan la flexibilidad de modelar no sólo la media de la variable respuesta sino también su estructura de covarianza.

En el modelo que se aplicó, se incorporaron 3 predictores fijos en el nivel 1 (implante) permitiendo que las constantes varíen entre pacientes (nivel 2).

Se puede escribir de 2 modos diferentes el modelo de constante aleatoria (random intercept model):

$$(a) \quad Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 * POSICIÓN_{ij} + \mu_j + \varepsilon_{ij}$$

o bien

$$(b) \quad \text{Nivel 1: } Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_1 * POSICIÓN_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Nivel 2: $\beta_{0j} = \beta_0 + \mu_j$ (la constante para el paciente j es la suma del coeficiente de la relación global entre Y y X más el residuo μ_j que sigue una distribución normal con media 0 y varianza σ_u^2)

La parte fija sería la relación entre la media de Y y las variables explicativas ($\beta_{0j} + \beta_1 * POSICIÓN_{ij}$, *parámetros fijos* β_{0j}, β_1) y la parte aleatoria contiene los residuos del nivel 1 y 2 ($\mu_j + \varepsilon_{ij}$, *con parámetros* σ_u^2 y σ_e^2)

³ El p-valor es, suponiendo que no hay diferencias entre grupos, la probabilidad de que los resultados obtenidos puedan ser debidos al azar. Cuanto menor es el p-valor, menor será la probabilidad de que los resultados obtenidos se deban al azar y mayor evidencia habrá en contra de la hipótesis nula (inexistencia de diferencias).

Cualquier p-valor menor a 0.05 es indicativo de una relación estadísticamente significativa. Por contra, un p-valor mayor o igual a 0.05 indica ausencia de relación.

6.

Resultados

6. RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL PERFIL SOCIO-DEMOGRÁFICO Y CLÍNICO DEL PACIENTE.

Por lo que respecta a los resultados de nuestro trabajo de investigación, nuestra muestra estaba integrada por 56 pacientes, en los que se observaron 67 alvéolos. De ellos 30 (53.6% de pacientes) eran mujeres y 26 (46.4% de pacientes) eran hombres.

De los 67 alveolos, 11 de ellos fueron sometidos a cirugía de implantes a los 6 meses, mientras que los 56 alveolos restantes fueron solo observados mediante análisis de imágenes obtenidas a través de CBCT

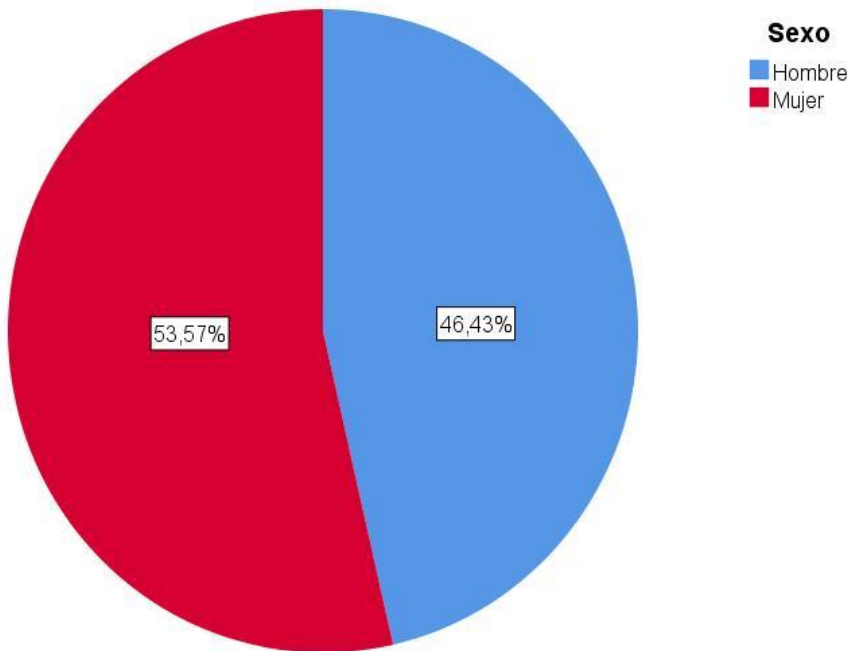


Figura VI-1. Distribución porcentual según sexo. Elaboración propia.

La edad media del paciente es de 52.09 años (± 15.03).

	Mínimo	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Máximo
EDAD	21,00	40,00	51,50	65,00	81,00

Tabla 1. Distribución de la edad. Elaboración propia.

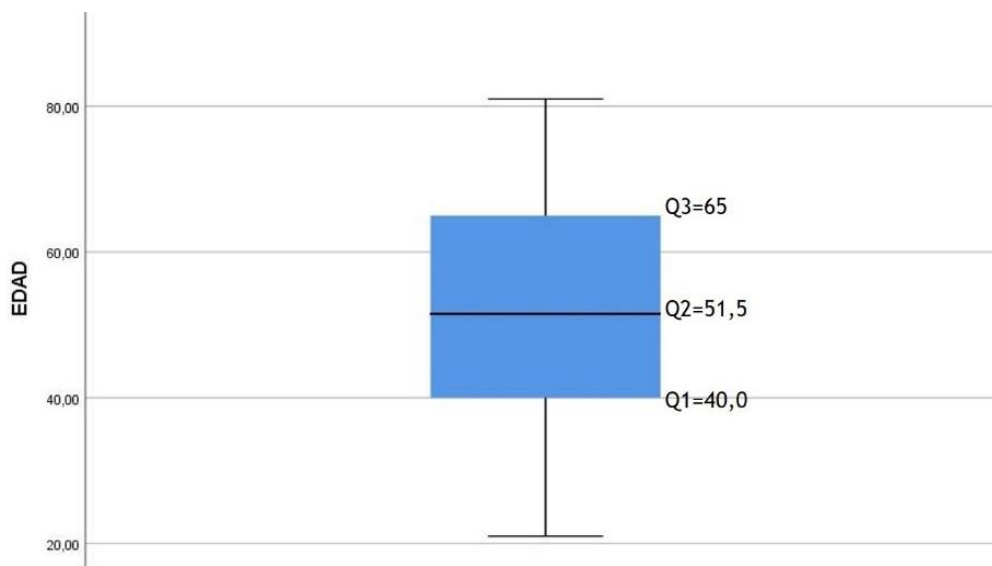


Figura VI-2. Box-plot de la edad del paciente (Q1 percentil 25, Q2 mediana, Q3 percentil 75). Elaboración propia.

El número medio de comorbilidades por paciente es de 0.79 (± 0.85) siendo 0 el mínimo y 3 el máximo. Un 44.6% (n=25) de los pacientes no presenta ninguna comorbilidad, un 35.7% (n=20) presenta una comorbilidad y el 19.7% restante (n=11) presenta 2 o 3.

Las comorbilidades más frecuentes son: Un 25% de los pacientes se encuentra bajo tratamiento farmacológico, un 21% son fumadores, un 11% sufre de hipertensión, otro 11% padece alguna forma de alergia, un 9% es diabético, y, por último, un 2% presenta una afección cardíaca.

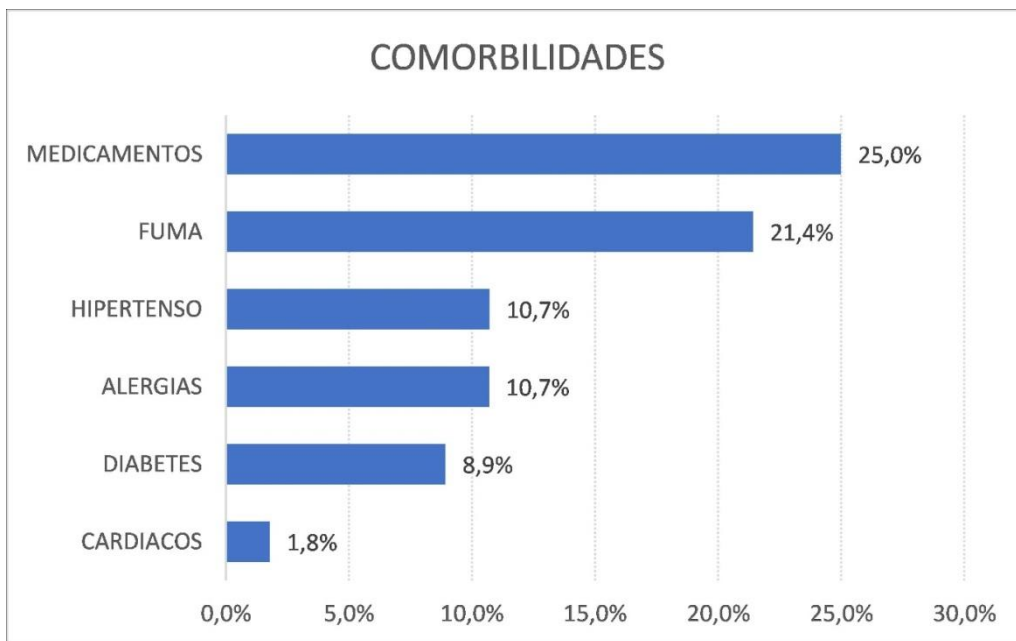


Figura VI-3. Listado de las comorbilidades en los pacientes. Elaboración propia.

Un 80,4 % de los pacientes tiene un solo alvéolo regenerado, y el 19,6 % restante tiene dos.

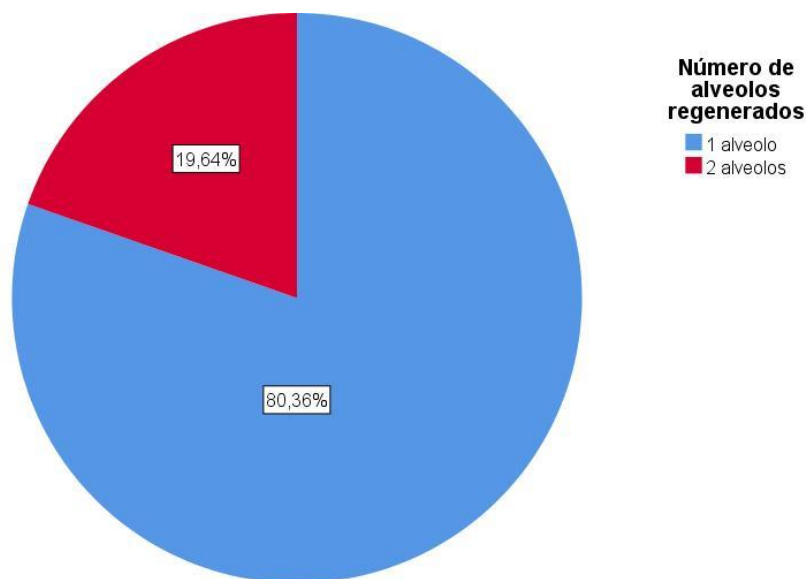


Figura VI-4. Distribución porcentual del nº de alveolos regenerados. Elaboración propia.

6.2 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PACIENTE SEGÚN ALVÉOLOS:



El 52.2% de los alveolos en la zona Superior Anterior (SA) pertenecen a mujeres, en comparación con el 47.8% que pertenecen a hombres. En el sector Superior Posterior (SP),

el 43.8% de los alveolos corresponden a mujeres, mientras que el 56.3% pertenecen a hombres. En la zona Inferior Anterior (IA), el 50% de los alveolos son de mujeres y el 50% de hombres. En el sector Inferior Posterior (IP), un 64.3% de los alveolos pertenecen a mujeres, en contraste con el 35.7% que corresponden a hombres. No se observan diferencias significativas en la distribución por sexo entre las distintas áreas de la boca ($p>0.05$).

	LOCALIZACION										Chi2 (Estadístico, gl) p valor
	Total		Superior Anterior		Superior Posterior		Inferior Anterior		Inferior Posterior		
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Total	67	100,0%	23	100,0%	16	100,0%	14	100,0%	14	100,0%	Chi2 (1.305,3) 0.728
Sexo											
Hombre	32	47,8%	11	47,8%	9	56,3%	7	50,0%	5	35,7%	
Mujer	35	52,2%	12	52,2%	7	43,8%	7	50,0%	9	64,3%	

Tabla 2. Sexo del paciente según la localización en boca del alveolo regenerado. Elaboración propia.

La edad media del paciente con alveolos en la muestra es de 52.91 años (± 15.0) no habiendo diferencias entre zonas de la boca (p valor ANOVA $0.235>0.05$).

	LOCALIZACION					Estadístico (valor, gl) p-valor
	Total	Superior Anterior	Superior Posterior	Inferior Anterior	Inferior Posterior	
EDAD N válidos	67	23	16	14	14	F(1.455,3,63) 0.235
Media	52,91	52,52	48,69	59,71	51,57	
Desviación estándar	15,00	14,29	14,68	10,87	18,85	
Mediana	52,00	49,00	43,50	59,00	55,00	
Percentil 25	40,00	42,00	39,00	58,00	31,00	
Percentil 75	65,00	63,00	58,50	66,00	71,00	

Tabla 3. Edad del paciente según la localización en boca del alveolo regenerado. Elaboración propia.

Un 28.4% de los alveolos regenerados pertenece a pacientes que están medicados, un 25.4% de los alveolos regenerados pertenece a pacientes que fuman, un 11,9% pertenece a hipertensos, y finalmente un 9 % a diabéticos.

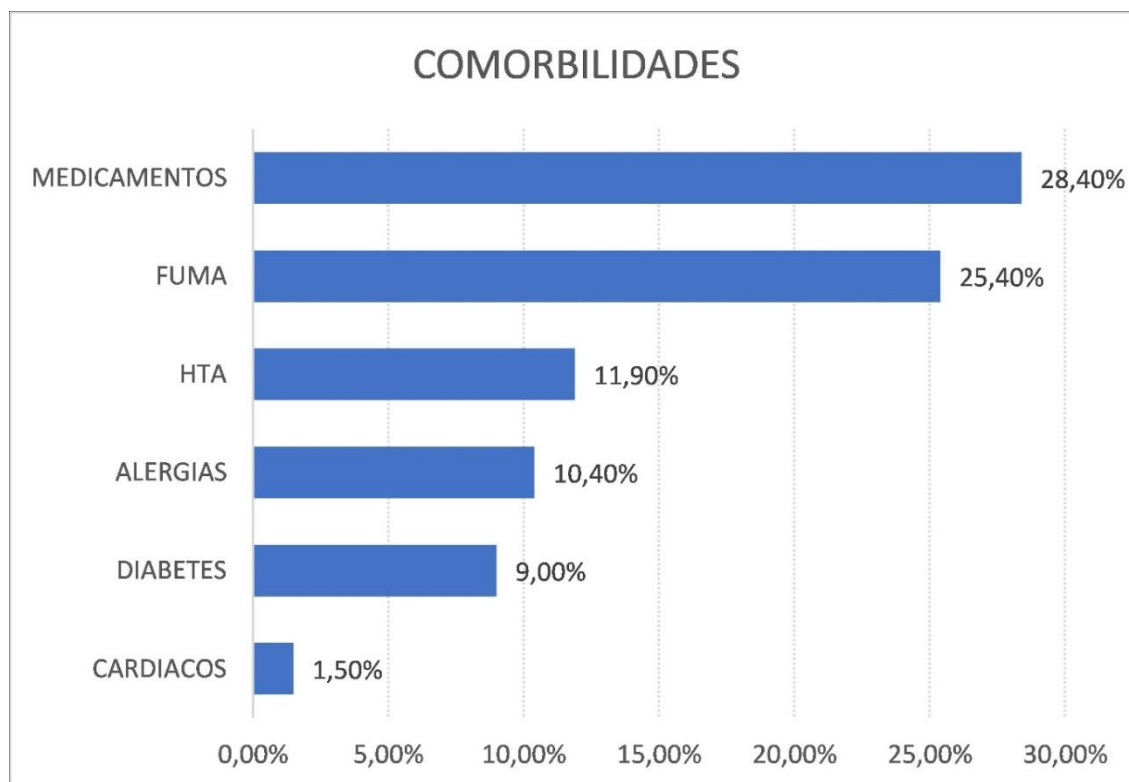


Figura VI-5. Listado de las comorbilidades en los pacientes con base de cálculo el nº total de alveolos (N=67). Elaboración propia.

6.3 VALORES REGISTRADOS SEGÚN TIEMPO Y ZONA

6.3.1 Valores registrados en la primera medición (3 meses)

El valor medio de unidades Hounsfield es de 583,64 ($\pm 185,81$) a los 3 meses siendo mayor en la zona Inferior Anterior que en las zonas Superior posterior e Inferior Posterior (magnitudes del efecto grandes, $d > 1$).

		LOCALIZACION					(Estadístico, gl) p-valor (d de Cohen)
		Total	Superior Anterior (SA)	Superior Posterior (SP)	Inferior Anterior (IA)	Inferior Posterior (IP)	
Hu_VC_3	N válidos	67	23	16	14	14	F(3.842,3,63) 0.014** IA-SP: d=1.018 IA-IP: d=1.031
	Media	633,42	604,17	571,44	738,86	646,86	
	Desviación estándar	233,22	252,99	117,46	293,74	217,29	
	Mediana	654,00	665,00	596,50	713,50	716,50	
	Percentil 25	495,00	337,00	496,00	512,00	397,00	
Hu_VM_3	Percentil 75	767,00	726,00	668,00	812,00	817,00	
	N válidos	67	23	16	14	14	
	Media	594,12	648,39	499,63	717,64	489,43	
	Desviación estándar	314,82	355,92	263,65	305,53	266,11	
	Mediana	578,00	579,00	491,50	693,50	592,50	
Hu_VA_3	Percentil 25	340,00	416,00	330,50	579,00	222,00	
	Percentil 75	700,00	700,00	547,00	771,00	702,00	
	N válidos	67	23	16	14	14	
	Media	605,01	561,70	528,31	802,29	566,57	
	Desviación estándar	252,39	244,63	220,99	169,48	288,09	
Hu_BC_3	Mediana	652,00	510,00	494,50	777,00	686,00	
	Percentil 25	379,00	356,00	351,50	701,00	315,00	
	Percentil 75	764,00	738,00	693,50	909,00	725,00	
	N válidos	67	23	16	14	14	
	Media	545,78	648,35	462,75	568,36	449,57	
Hu_BM_3	Desviación estándar	220,29	230,27	102,14	272,67	180,67	
	Mediana	519,00	646,00	469,50	560,50	473,00	
	Percentil 25	415,00	451,00	383,50	350,00	345,00	
	Percentil 75	655,00	790,00	549,50	813,00	571,00	
	N válidos	67	23	16	14	14	
Hu_BA_3	Media	541,24	566,22	478,19	683,57	429,93	
	Desviación estándar	228,17	238,18	199,94	219,56	181,20	
	Mediana	525,00	619,00	464,00	641,00	502,50	
	Percentil 25	413,00	415,00	367,00	525,00	203,00	
	Percentil 75	661,00	675,00	606,50	758,00	529,00	
Hu_media_3	N válidos	67	23	16	14	14	
	Media	582,27	546,35	568,06	732,86	506,93	
	Desviación estándar	249,82	218,99	254,14	205,74	292,89	
	Mediana	591,00	575,00	580,00	759,50	484,00	
	Percentil 25	370,00	360,00	400,50	649,00	251,00	
Hu_media_3	Percentil 75	750,00	703,00	666,00	899,00	813,00	
	N válidos	67	23	16	14	14	
	Media	583,64	595,86	518,06	707,26	514,88	
	Desviación estándar	185,81	202,20	135,56	194,61	141,08	
	Mediana	549,17	549,17	493,08	687,00	544,08	
Hu_media_3	Percentil 25	459,67	461,83	427,25	601,17	428,50	
	Percentil 75	666,00	689,83	555,17	786,17	607,33	

Tabla 4. Descripción de los valores Hu a los 3 meses en cada posición vestibular y bucal según localización del alveolo. Elaboración propia.

6.3.2 Valores registrados en la segunda medición (6 meses)

El valor medio de unidades Hounsfield es de 722,36 ($\pm 142,71$) a los 6 meses siendo mayor en la zona Inferior Anterior que en las zonas Superior posterior e Inferior Posterior (magnitudes del efecto grandes, $d > 1$)

		LOCALIZACION					(Estadístico, gl) p-valor (d de Cohen)
		Total	Superior Anterior (SA)	Superior Posterior (SP)	Inferior Anterior (IA)	Inferior Posterior (IP)	
Hu_VC_6	N válidos	67	23	16	14	14	F(7.431,3,63) 0.000*** IA-SP: d=1.340 IA-IP: d=1.265
	Media	785,94	763,35	744,75	896,36	759,71	
	Desviación estándar	189,57	211,59	93,97	198,14	200,93	
	Mediana	791,00	719,00	735,50	920,00	822,00	
	Percentil 25	695,00	601,00	707,50	710,00	732,00	
	Percentil 75	907,00	893,00	819,00	1001,00	928,00	
Hu_VM_6	N válidos	67	23	16	14	14	
	Media	691,19	747,00	551,69	855,07	595,07	
	Desviación estándar	252,10	204,22	216,01	194,00	303,76	
	Mediana	709,00	713,00	537,00	819,50	655,00	
	Percentil 25	539,00	627,00	401,50	785,00	298,00	
	Percentil 75	827,00	791,00	681,00	1074,00	875,00	
Hu_VA_6	N válidos	67	23	16	14	14	
	Media	714,24	783,13	618,88	772,71	651,57	
	Desviación estándar	196,30	164,35	180,53	161,54	242,33	
	Mediana	715,00	812,00	568,50	780,00	625,00	
	Percentil 25	555,00	662,00	504,50	695,00	455,00	
	Percentil 75	854,00	917,00	761,00	917,00	823,00	
Hu_BC_6	N válidos	67	23	16	14	14	
	Media	720,15	773,83	671,00	817,50	590,79	
	Desviación estándar	204,11	210,47	191,02	173,81	167,13	
	Mediana	712,00	716,00	707,00	833,50	600,50	
	Percentil 25	611,00	690,00	617,00	653,00	452,00	
	Percentil 75	853,00	898,00	817,50	986,00	676,00	
Hu_BM_6	N válidos	67	23	16	14	14	
	Media	694,55	698,17	626,94	867,21	593,21	
	Desviación estándar	217,46	211,00	195,71	199,58	178,63	
	Mediana	690,00	692,00	620,00	810,00	571,50	
	Percentil 25	523,00	610,00	472,00	732,00	493,00	
	Percentil 75	822,00	827,00	718,00	1019,00	618,00	
Hu_BA_6	N válidos	67	23	16	14	14	
	Media	728,07	709,35	661,62	813,79	749,07	
	Desviación estándar	199,08	153,28	233,51	141,79	252,98	
	Mediana	772,00	747,00	739,50	847,50	701,50	
	Percentil 25	580,00	595,00	462,50	813,00	498,00	
	Percentil 75	871,00	859,00	812,00	891,00	953,00	
Hu_media_6	N válidos	67	23	16	14	14	
	Media	722,36	745,80	645,81	837,11	656,57	
	Desviación estándar	142,71	109,81	121,25	127,37	150,94	
	Mediana	714,83	728,50	614,58	834,92	690,58	
	Percentil 25	635,83	692,67	571,08	777,67	556,83	
	Percentil 75	801,50	781,67	698,42	887,00	756,67	

Tabla 5. Descripción de los valores Hu a los 6 meses en cada posición vestibular y bucal según localización del alveolo. Elaboración propia.

6.3.3 Valores registrados en la tercera medición (9 meses)

Para los solo regenerados, la media de unidades Hu a los 9 meses es de 826,36 ($\pm 173,09$) siendo mayor en SA (Superior Anterior) que en SP (Superior posterior) y IP (inferior posterior) y en IA que en IP (inferior posterior) (magnitudes del efecto grandes, $d > 1$).

		LOCALIZACION					(Estadístico, gl) p-valor (d de Cohen)
		Total	Superior Anterior (SA)	Superior Posterior (SP)	Inferior Anterior (IA)	Inferior Posterior (IP)	
Hu_VC_9	N válidos	56	20	13	12	11	
	Media	914,30	917,25	866,38	1067,67	798,27	
	Desviación estándar	192,73	162,36	112,91	185,21	234,82	
	Mediana	925,00	926,00	888,00	1062,00	875,00	
	Percentil 25	833,00	873,00	762,00	959,50	588,00	
Hu_VM_9	Percentil 75	1002,50	992,50	923,00	1209,00	964,00	
	N válidos	56	20	13	12	11	
	Media	804,96	880,60	681,92	1036,33	560,45	
	Desviación estándar	264,07	156,75	136,89	208,31	324,83	
	Mediana	816,50	832,50	672,00	1008,50	563,00	
Hu_VA_9	Percentil 25	681,00	791,50	616,00	895,00	229,00	
	Percentil 75	932,00	964,50	769,00	1174,50	870,00	
	N válidos	56	20	13	12	11	
	Media	770,68	907,25	589,54	947,33	543,73	
	Desviación estándar	286,63	196,13	164,94	254,53	317,49	
Hu_BC_9	Mediana	802,50	915,00	571,00	975,00	512,00	
	Percentil 25	523,00	840,00	425,00	718,50	322,00	
	Percentil 75	924,00	928,00	743,00	1037,00	819,00	
	N válidos	56	20	13	12	11	
	Media	847,09	903,10	778,08	980,67	681,09	
Hu_BM_9	Desviación estándar	195,60	108,42	164,99	208,34	208,57	
	Mediana	850,50	907,00	818,00	907,00	697,00	
	Percentil 25	761,50	812,50	729,00	836,50	578,00	
	Percentil 75	948,50	1001,00	890,00	1096,00	809,00	
	N válidos	56	20	13	12	11	
Hu_BA_9	Media	788,23	825,40	646,62	917,25	747,27	
	Desviación estándar	212,26	214,49	160,44	236,99	130,63	
	Mediana	796,00	841,50	712,00	904,50	694,00	
	Percentil 25	674,00	744,00	612,00	776,00	661,00	
	Percentil 75	906,50	956,50	763,00	916,00	839,00	
Hu_media_9	N válidos	56	20	13	12	11	F(17.423,3,52) 0.000***
	Media	826,36	880,68	710,09	997,32	678,48	SA-SP: d=0.985 SA-IP: d=1.168 IA-SP: d=1.659 IA-IP: d=1.842
	Desviación estándar	173,09	83,06	90,92	146,81	188,25	
	Mediana	833,00	857,00	730,83	952,83	605,17	
	Percentil 25	744,83	818,58	653,00	908,50	557,00	
	Percentil 75	933,67	935,83	768,00	1098,75	830,50	

Tabla 6. Descripción de los valores Hu a los 9 meses en cada posición vestibular y bucal según localización del alveolo que sólo ha sido regenerado. Elaboración propia.

6.3.4 Valores registrados en la cuarta medición (12 meses)

Para los sólo regenerados, la media de unidades Hu a los 12 meses es de 934,15 ($\pm 222,74$) siendo mayor en SA que en SP e IP y mayor en IA que en IP (magnitudes del efecto grandes, $d > 1$).

		LOCALIZACION					(Estadístico, gl) p-valor (d de Cohen)
		Total	Superior Anterior (SA)	Superior Posterior (SP)	Inferior Anterior (IA)	Inferior Posterior (IP)	
Hu_VC_12	N válidos	56	20	13	12	11	F(14.130,3,52) 0.000*** SA-SP: d=1.083 SA-IP: d=1.411 IA-SP: d=1.299 IA-IP: d=1.627
	Media	1041,02	1118,80	942,38	1212,25	829,36	
	Desviación estándar	260,46	140,42	234,59	327,98	205,10	
	Mediana	1045,50	1118,50	958,00	1113,50	887,00	
	Percentil 25	915,00	1003,00	800,00	1023,00	613,00	
Hu_VM_12	Percentil 75	1162,00	1230,50	1071,00	1257,00	1001,00	
	N válidos	56	20	13	12	11	
	Media	884,30	1021,65	755,00	1040,92	616,55	
	Desviación estándar	271,23	191,50	103,06	328,39	189,24	
	Mediana	829,50	989,00	784,00	1024,00	643,00	
Hu_VA_12	Percentil 25	734,50	874,50	719,00	774,50	427,00	
	Percentil 75	1033,50	1136,50	815,00	1332,50	795,00	
	N válidos	56	20	13	12	11	
	Media	927,29	1124,55	724,69	1122,83	594,73	
	Desviación estándar	338,21	207,89	210,82	357,09	233,83	
Hu_BC_12	Mediana	884,50	1174,00	711,00	1040,00	570,00	
	Percentil 25	700,50	923,00	647,00	870,00	408,00	
	Percentil 75	1179,50	1238,00	910,00	1259,50	732,00	
	N válidos	56	20	13	12	11	
	Media	901,46	967,70	823,15	1008,83	756,45	
Hu_BM_12	Desviación estándar	262,98	188,10	269,36	350,56	192,86	
	Mediana	950,50	976,00	952,00	1014,00	701,00	
	Percentil 25	699,00	885,50	620,00	793,50	629,00	
	Percentil 75	1038,00	1059,50	1003,00	1109,50	914,00	
	N válidos	56	20	13	12	11	
Hu_BA_12	Media	859,18	978,65	755,69	926,92	690,36	
	Desviación estándar	264,59	212,59	189,28	367,51	168,22	
	Mediana	827,50	1000,00	751,00	851,50	719,00	
	Percentil 25	719,50	878,00	600,00	760,00	540,00	
	Percentil 75	1000,00	1078,50	819,00	945,00	805,00	
Hu_media_12	N válidos	56	20	13	12	11	
	Media	991,66	1038,45	801,00	1226,58	875,64	
	Desviación estándar	280,49	183,86	264,23	255,04	283,71	
	Mediana	995,00	1004,50	897,00	1188,50	850,00	
	Percentil 25	840,00	947,50	615,00	1092,50	700,00	
Hu_media_12	Percentil 75	1169,00	1188,00	1002,00	1358,50	1023,00	
	N válidos	56	20	13	12	11	
	Media	934,15	1041,63	800,32	1089,72	727,18	
	Desviación estándar	222,74	100,51	173,70	257,26	148,76	
	Mediana	958,33	1053,17	883,33	1029,42	754,83	
Hu_media_12	Percentil 25	800,83	962,92	699,33	951,83	584,83	
	Percentil 75	1070,92	1101,83	907,83	1184,92	838,33	

Tabla 7. Descripción de los valores Hu a los 12 meses en cada posición vestibular y bucal según localización del alveolo que sólo ha sido regenerado. Elaboración propia.

6.4 EVOLUCIÓN DE LA DENSIDAD ÓSEA

Una vez hecho el recuento de alvéolos y su localización, el resultado fue el siguiente:

		Recuento	%
LOCALIZACION	Total	67	100,0%
	Superior Anterior	23	34,3%
	Superior Posterior	16	23,9%
	Inferior Anterior	14	20,9%
	Inferior Posterior	14	20,9%

Tabla 8. Distribución porcentual de las localizaciones en boca. Elaboración propia.

En este estudio de investigación hemos trabajado con la media de unidades Hounsfield de las 6 posiciones que habíamos determinado en el área regenerada, tres vestibulares (Vc, Vm, Va) y tres bucales (palatinas o linguales), correspondientes a las zonas coronal, medial o apical.

Resultando así la abreviaturas Vc, Vm, Va, para las vestibulares y Bc, Bm y Ba para las palatinas o linguales

El modelo mixto lineal general de medidas repetidas ofrece información sobre varios tipos de efecto: el efecto tiempo (si hay evolución del parámetro en general), el efecto grupo (si el promedio de los valores basales y finales son iguales entre grupos -zonas de la boca-) y el efecto tiempo*grupo (si los cambios se producen igual en las 4 zonas de la boca).

Hay cambio significativo de los valores de Hounsfield entre los 3 y los 6 meses (efecto TIEMPO: $F(116.646,1,125)$, $p < 0.000$): en general, se produce un aumento de 137,307 unidades Hu (d de Cohen 0.617, tamaño medio de la magnitud del efecto), pasando de 578,771 unidades Hu a los 3 meses a 716,078 unidades Hu a los 6 meses.

Sin embargo, no hay diferencias en los cambios según zona de la boca ($F(0.190,3,128)$, $p < 0.903$):

- En el sector Superior Anterior, el aumento es de 149.942 Hu ($t(4.311,125)$ $p < 0.001$) (d de Cohen 0.674, tamaño medio)
- En el sector Superior Posterior, el aumento es de 127.750 Hu ($t(9.038,125)$ $p < 0.001$) (d de Cohen 0.574, tamaño medio)
- En el sector Inferior Anterior, el aumento es de 129.845 Hu ($t(4.643,125)$ $p < 0.001$) (d de Cohen 0.584, tamaño medio)

- En el sector Inferior Posterior, el aumento es de 141.690 Hu ($t(7.083,125) p<0.001$) (*d de Cohen 0.637, tamaño medio*)

En todas las localizaciones de la boca, tanto la densidad inicial como la final están situadas en el tramo de un hueso tipo D3 aunque se observa que en la zona Inferior Anterior los valores están más cercanos al umbral superior de cambio de hueso a D2 (850UH).

LOCALIZACION	TIEMPO	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
				Inferior	Superior
Superior Anterior	3 meses	562,562	43,461	476,548	648,576
	6 meses	712,504	26,350	660,353	764,655
Superior Posterior	3 meses	534,763	37,262	461,017	608,508
	6 meses	662,513	35,718	591,823	733,203
Inferior Anterior	3 meses	705,553	52,478	601,692	809,414
	6 meses	835,398	35,320	765,496	905,301
Inferior Posterior	3 meses	512,207	35,122	442,696	581,717
	6 meses	653,897	39,498	575,726	732,068

Tabla 9. Evolución de los valores Hu entre los 3 y 6 meses para cada localización en boca. Elaboración propia.

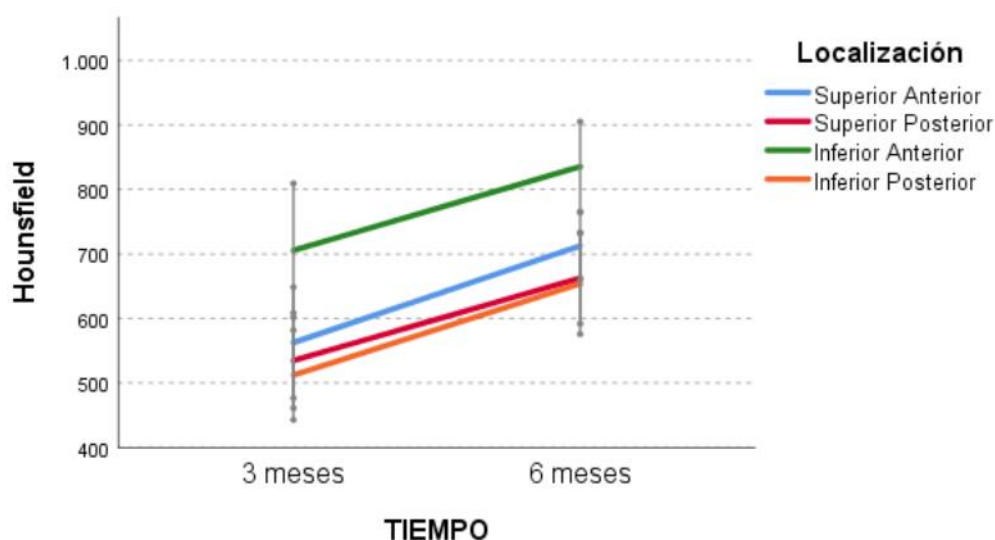


Figura VI-6. Comparativa de la evolución de los valores Hu según localización. Se observan 2 circunstancias: que los valores de Hu son, en general, más elevados en el sector inferior posterior (efecto LOCALIZACIÓN, $F(4.384,3,125) p 0.006$, línea verde más alta que el resto -se detalla mejor en la tabla de abajo-) y que los patrones de cambio son idénticos en las 4 zonas (líneas paralelas, $F(0.190,3,125), p 0.903$).

6.4.1 Evolución de la densidad ósea en los alvéolos con solo regeneración

Hay evolución significativa de los valores de Hounsfield a los largo de 1 año (efecto TIEMPO: $F(50.609,3,207)$, $p < 0.000$): en general, se produce un aumento de 140.709 Hu a los 6 meses ($t(9.707,207)$ $p < 0.000$, $d=0.614$, tamaño medio); otro aumento de 104.883 Hu a los 9 meses ($t(6.418,207)$ $p < 0.000$, $d=0.458$, tamaño medio-bajo); y un aumento final a los 12 meses de 98.070 Hu ($t(4.595,207)$ $p < 0.000$, $d=0.428$, tamaño bajo).

En total, entre los 3 meses y el año, el aumento es de 343.662 Hu ($t(10.857,207)$ $p < 0.000$, $d=1.500$, tamaño del efecto grande).

Además, esta evolución es diferente en cada zona de la boca ($F(3.982,9,207)$, $p < 0.000$): para las zonas Superior (anterior y posterior), se produce un aumento progresivo a lo largo del seguimiento; para las zonas Inferior, en Anterior no hay cambio entre los 9 y los 12 meses ($t(1.377,207)$ $p < 0.170$) y para Posterior, no hay cambio ni entre los 6 y los 9 ($t(1.320,207)$ $p < 0.188$) ni entre los 9 y los 12 meses ($t(1.822,207)$ $p < 0.070$). Así pues, el aumento global en Superior anterior es de 456.108 Hu ($t(10.802,207)$ $p < 0.001$, $d=1.991$, tamaño grande), en Superior Posterior de 296.295 Hu ($t(5.471,207)$ $p < 0.001$, $d=1.293$, tamaño grande), en Inferior Anterior de 389.639 Hu ($t(3.779,207)$ $p < 0.001$, $d=1.700$, tamaño grande) y en Inferior Posterior de 232.606 Hu ($t(8.716,207)$ $p < 0.001$, $d=1.015$, tamaño grande).

LOCALIZACION	TIEMPO	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
				Inferior	Superior
Superior Anterior	3 meses	552,021	49,509	454,415	649,627
	6 meses	712,704	28,479	656,558	768,850
	9 meses	847,179	22,531	802,760	891,598
	12 meses	1008,129	29,576	949,821	1066,438
Superior Posterior	3 meses	531,968	40,469	452,184	611,751
	6 meses	656,173	35,570	586,048	726,298
	9 meses	738,032	27,856	683,114	792,950
	12 meses	828,263	48,393	732,856	923,669
Inferior Anterior	3 meses	686,723	62,592	563,322	810,123
	6 meses	813,625	42,288	730,254	896,997
	9 meses	983,959	58,493	868,640	1099,278
	12 meses	1076,361	82,267	914,173	1238,550
Inferior Posterior	3 meses	496,748	38,397	421,049	572,446
	6 meses	647,793	47,336	554,471	741,115
	9 meses	680,657	57,423	567,448	793,866
	12 meses	729,354	46,889	636,913	821,794

Tabla 10. Evolución de los valores Hu en el tiempo para cada localización en boca. Elaboración propia.

En la región Anterior Superior, se logra alcanzar la densidad correspondiente al tramo D2 a los 9 meses, mientras que en la región Inferior Anterior, este nivel se alcanza a los 12 meses.

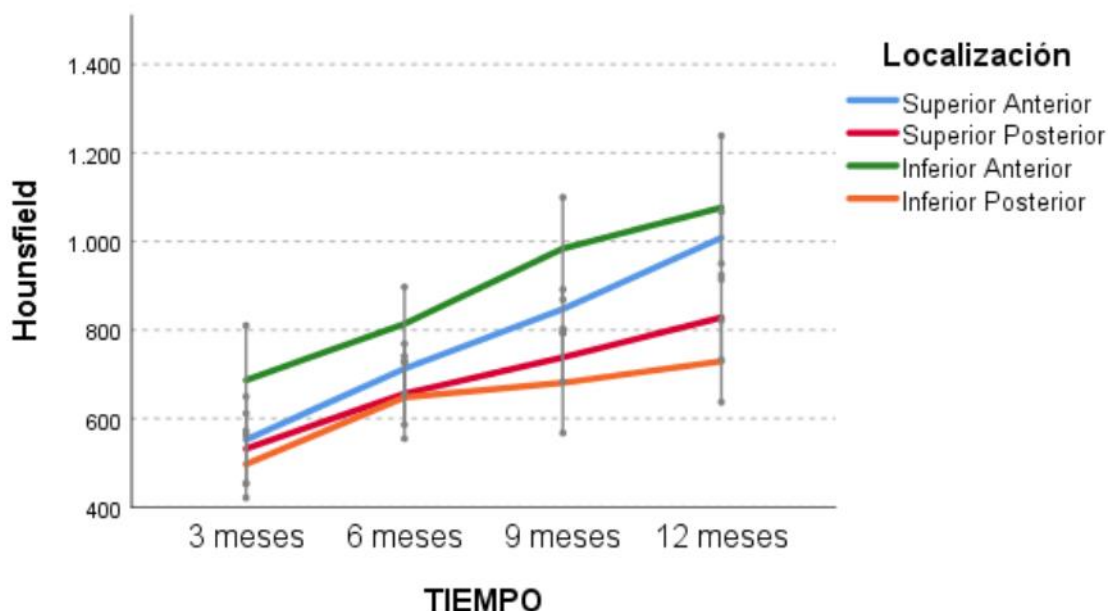


Figura VI-7. Comparativa de la evolución de los valores Hu según localización. Se observan 2 circunstancias: que los valores de Hu son, en general, diferentes entre zonas (efecto GRUPO, $F(8.475,3,207)$ $p < 0.000$, líneas a distintas alturas) de manera que en Superior posterior e Inferior posterior son iguales (líneas roja y naranja), en Superior Anterior mayores que en los dos anteriores y en Inferior Anterior, mayores que en las otras 3 zonas (línea verde más alta que todas, azul más alta de roja y naranja) y que los patrones de cambio varían en las zonas según se ha explicado arriba (líneas no paralelas). Elaboración propia.

6.5 RELACIÓN ENTRE HOUNSFIELD E ISQ

Para los implantados ($n=11$), se dispone de los valores de ISQ a los 6 meses. El promedio de Hu. A los 6 meses es de 752,83 Hu. ($\pm 123,81$) y el promedio de ISQ está en torno a 70. Es decir, se obtuvieron valores de alta estabilidad en ISQ (en torno a 70), relacionados con un promedio de Hu. de 752,83 Hu. ($\pm 123,81$).

	N	Media	Desviación estándar	Minimum	Mediana	Percentil 25	Percentil 75	Maximum
Hu_media_6	11	752,83	123,81	561,00	753,17	642,00	869,50	908,67
ISQ_BP_6	11	69,45	5,54	58	72,00	65,00	73,00	75
ISQ_MP_6	11	70,64	4,92	61	73,00	66,00	75,00	76

Tabla 11. Distribuciones de los valores Hu e ISQ para alveolos regenerados e implantados. Elaboración propia.

La Rho de Spearman⁴ es un coeficiente que oscila entre 0 y 1: 0 incorrelación total, 1 correlación perfecta. Cuánto más cerca de 1, mayor correlación hay entre las variables.

Existe correlación positiva y elevada entre ISQ y Hounsfield a los 6 meses (Rho de Spearman: 0.752, $p < 0.001$ con ISQ_BP_6 y Rho:0.694, $p > 0.001$ con ISQ_MP_6).

		Hu_media_6	ISQ_BP_6
ISQ_BP_6	Rho de Spearman	,752**	
	Sig. (bilateral)	,008	
	N	11	
ISQ_MP_6	Rho de Spearman	,694**	,783**
	Sig. (bilateral)	,018	,004
	N	11	11

Tabla 12. Correlaciones entre la ISQ y los valores Hu a los 6 meses
 ** La correlación es significativa al 1% ($p < 0.01$). Elaboración propia.

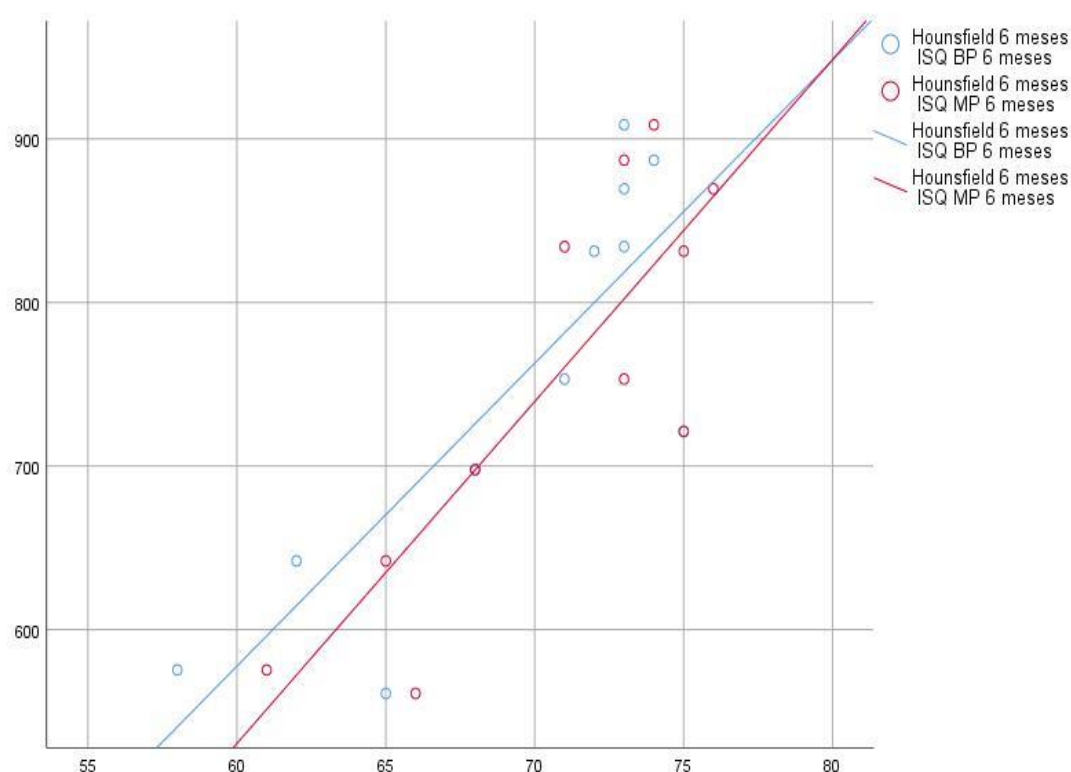


Figura VI-8. Diagrama de dispersión entre los valores Hu a los 6 meses y las dos medidas de ISQ con línea de ajuste. Elaboración propia.



⁴ Se usa la Rho de Spearman y no el coeficiente de correlación de Pearson puesto que la muestra de 11 casos imposibilita la normalidad de los datos

TABLA 13		3 meses	6 meses	Diferencia 6 meses-3 meses	Tamaño del efecto (d de Cohen)	P- VALOR	
		media e IC95%	media e IC95%	media e IC95%	valor e IC95%		
Hu	total	578.771 (537.298,620.244)	716.078 (682.393,749.763)	137.307 *** (112.146,162.468)	0.617 (0.504,0.730)	0.000***	
	Localización	Superior Anterior (n=23)	562.562 (476.548,648.576)	712.504 (660.353,764.655)	149.940 *** (81.101,218.783)		0.674 (0.365,0.984)
		Superior Posterior (n=16)	534.763 (461.017,608.508)	662.513 (591.823,733.203)	127.75 *** (99.776,155.724)		0.574 (0.449,0.700)
		Inferior Anterior (n=14)	705.553 (601.692,809.414)	835.398 (765.496,905.301)	129.845 *** (74.501,185.19)		0.584 (0.335,0.833)
		Inferior Posterior (n=14)	512.207 (442.696,581.717)	653.897 (575.726,732.068)	141.690 *** (102.099,181.282)		0.637 (0.459,0.815)

Tabla 13. Diagrama de la evolución de los valores Hu a los 6 meses en total y por localización Media marginal estimada. Elaboración propia.

Primer p-valor: efecto tiempo (si hay, en general, cambio significativo a 6 meses, sin separar por grupos)

Segundo p-valor: efecto tiempo*grupo (diferencias entre los cambios por zona de la boca)

Dentro de cada cambio entre instantes, se señala con asteriscos si el cambio es significativo o no. Se muestra

*p-valor<0.1 (resultado significativo al 90%)

**p-valor<0.05 (resultado significativo al 95%)

***p-valor<0.01 (resultado significativo al 99%)

TABLA 14		3 meses	6 meses	9 meses	12 meses	Diferencia 6 meses-3 meses	Diferencia 9 meses-6 meses	Diferencia 12 meses-9 meses	Diferencia 12 meses-3 meses	Tamaño del efecto (d de Cohen)	P- VALOR	
		media e IC95%	media e IC95%	media e IC95%	media e IC95%	media e IC95%	media e IC95%	media e IC95%	media e IC95%	valor e IC95%		
Hu	total	566.865 (518.623,615.107)	707.574 (666.399,748.748)	812.457 (761.651,863.2662)	910.527 (851.169,969.885)	140.709*** (112.132,169.286)	104.883*** (72.664,137.101)	98.070*** (55.995,140.145)	343.662*** (281.255,406.069)	1.500 (1.227,1.772)	0.000***	
	Localización	Superior Anterior (n=20)	552.021 (454.415,649.627)	712.704 (656.558,768.85)	847.179 (802.76,891.598)	1008.129 (949.821,1066.438)	160.683*** (84.987,236.38)	134.475*** (103.309,165.641)	160.95*** (112.119,209.781)	456.108*** (372.906,539.311)	1.991 (1.627,2.354)	0.000***
		Superior Posterior (n=13)	531.968 (452.184,611.751)	656.173 (586.048,726.298)	738.032 (683.114,792.95)	828.263 (732.856,923.669)	124.205*** (92.936,155.474)	81.859*** (39.039,124.679)	90.231** (15.14,165.322)	296.295*** (189.521,403.069)	1.293 (0.827,1.759)	
		Inferior Anterior (n=12)	686.723 (563.322,810.123)	813.625 (730.254,896.997)	983.959 (868.64,1099.278)	1076.361 (914.173,1238.55)	126.903*** (62.424,191.381)	170.333*** (62.389,278.277)	92.403 (-39.876,224.681)	389.639*** (186.379,592.899)	1.700 (0.813,2.588)	
		Inferior Posterior (n=11)	496.748 (421.049,572.446)	647.793 (554.471,741.115)	680.657 (567.448,793.866)	729.354 (636.913,821.794)	151.045*** (103.516,198.575)	32.864 (-14.184,79.911)	48.697* (-3.988,101.382)	232.606*** (179.995,285.217)	1.015 (0.789,1.245)	

Tabla 14. Diagrama de la evolución de los valores Hu hasta los 12 meses en total y por localización para implantes sólo regenerados. Elaboración propia.

Media marginal estimada

Primer p-valor: efecto tiempo (si hay, en general, cambio significativo a lo largo del seguimiento, sin separar por grupos)

Segundo p-valor: efecto tiempo*grupo (diferencias entre los patrones evolutivos por zona de la boca)

Dentro de cada cambio entre instantes, se señala con asteriscos si el cambio es significativo o no. Para el cambio 3-12 meses, se muestra el tamaño del efecto (d de Cohen)

*p-valor<0.1 (resultado significativo al 90%)

**p-valor<0.05 (resultado significativo al 95%)

***p-valor<0.01 (resultado significativo al 99%)

6.6 COMPLICACIONES QUIRÚRGICAS DE LA TÉCNICA DE INJERTO DE DENTINA DESMINERALIZADA

No podemos considerar que en ninguno de los pacientes se hayan producido complicaciones derivadas directamente de la aplicación de la técnica *tooth transformer* y la mayoría de éstas han sido las habituales que se producen tras una intervención de cirugía bucal.

Las complicaciones que hemos podido registrar tras la intervención de los pacientes han sido las siguientes: Edema e inflamación en 15 casos (26,8%), dolor postquirúrgico moderado en 25 casos (44,6%), exposición parcial de la membrana en 2 casos, que requirieron una sutura inmediata (3,6%), hemorragia postquirúrgica en 1 caso (1,8%) y dehiscencia parcial de la sutura con reposición de la misma en tres casos (5,4%):

Ninguna de estas complicaciones registradas ha impedido la normal evolución del injerto no interfiriendo en el proceso final de cicatrización.

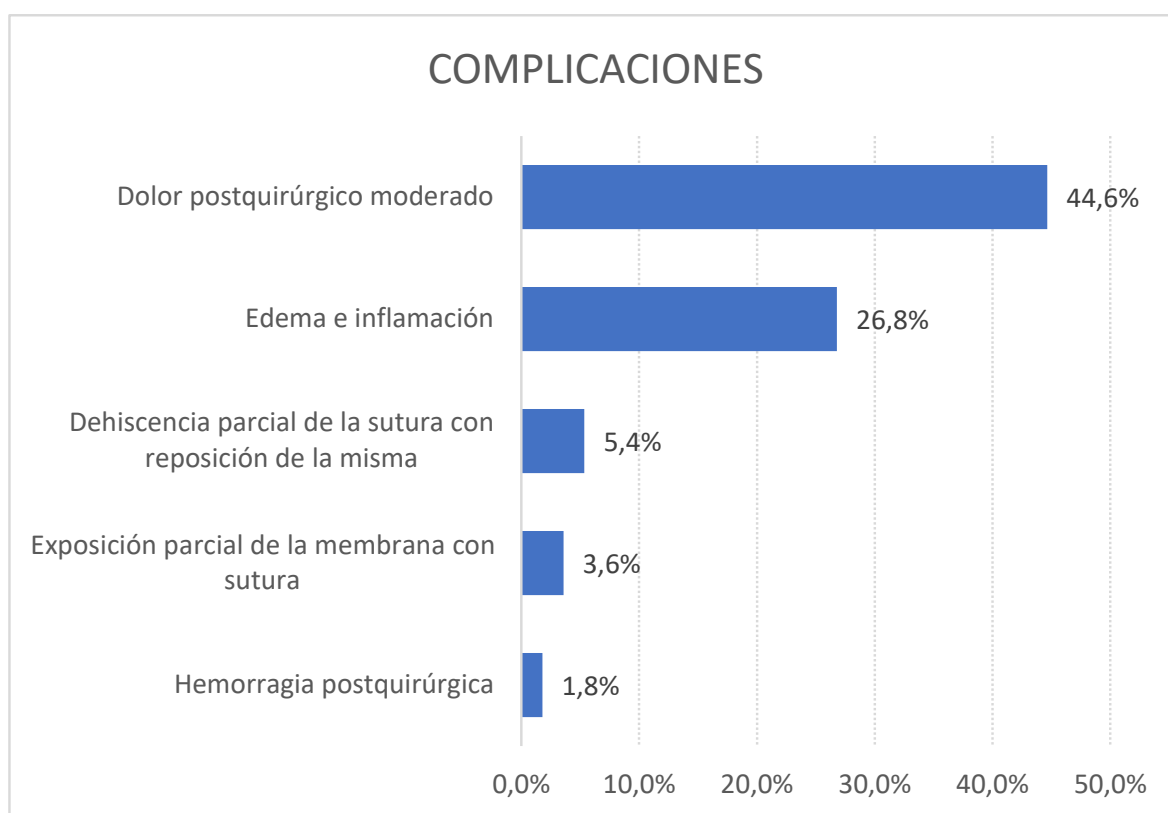


Figura VI-9. Listado de complicaciones quirúrgicas. Elaboración propia.

6.7 ESTUDIO HISTOMORFOMÉTRICO


Al tiempo que nos encontrábamos realizando el presente estudio, comenzamos a realizar una evaluación histomorfométrica de nuestros resultados clínicos, contando para ello con la inestimable colaboración del *Prof. Dr. Fernando M. Muñoz Guzón*, de la Fundación Rof Codina de la Facultad de Veterinaria en Lugo de la Universidad de Santiago de Compostela. Este estudio que lógicamente no forma parte de esta Tesis Doctoral, intentará evaluar los procesos de integración tisular a nivel histológico y la estabilidad del injerto a medio y largo plazo.

El procedimiento del presente estudio histológico implica la obtención de muestras de la zona regenerada con dentina parcialmente desmineralizada, recopiladas en diversas etapas del proceso de regeneración. Con el fin de preservar la integridad del fresado y facilitar la posterior inserción del implante, hemos seleccionado una trefina de 2.8 mm de diámetro. Cada muestra se dispone en envases individuales especialmente diseñados para fijado y transporte, conteniendo una solución de formaldehído al 10%. Una vez en el laboratorio dedicado al estudio histológico, llevamos a cabo la meticulosa identificación y numeración de cada muestra.

El procesamiento de las muestras inicia con la deshidratación, utilizando concentraciones progresivas de etanol (80%, 96%, 100% y 100%) en intervalos de 3 días. La inclusión se realiza mediante un agitador de vaivén y una resina a base de glicolmetacrilato, fotopolimerizable en concentraciones crecientes en solución alcohólica, en pasos de 3 días. La polimerización se ejecuta con luz azul de alta intensidad mediante equipo especializado. Los bloques resultantes se preparan para su seccionado y desbaste utilizando maquinaria del sistema Exakt (Exakt Aparatbau GMBH, Norderstedt, Alemania), obteniendo entre una y tres láminas de cada biopsia.

Una vez obtenidas las láminas delgadas, se procede a su tinción mediante el método de Levai Laczkó, siguiendo un protocolo meticuloso:

1. Inmersión de las muestras en peróxido de hidrógeno al 30% durante 5 minutos con agitación constante.
2. Aclarado con agua.
3. Desmineralización de la superficie mediante inmersión en ácido acético al 5% durante un minuto.
4. Aclarado con agua.
5. Inmersión de las láminas en una solución compuesta por una parte de Azur II, una parte de azul de metileno y dos partes de Na_2CO_3 al 1%, durante veinte minutos.
6. Aclarado con agua.
7. Inmersión individual en "Pararosanilina" durante 5 segundos.
8. Aclarado con agua y secado.

 Aunque nos encontramos en las fases iniciales, ya podemos ofrecer algunos resultados preliminares, que expresamos junto a las imágenes histológicas.

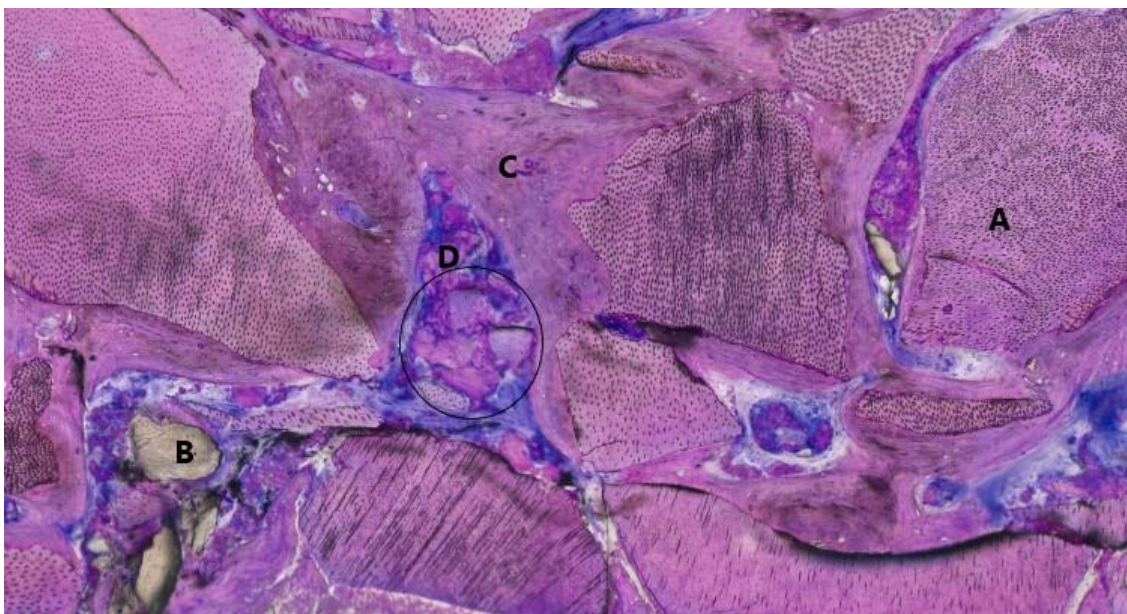


Foto VI-1. Histología tomada tres meses después de la cirugía de regeneración, que revela la presencia de diversas partículas de dentina, algunas coloreadas (A) y otras sin teñir (B), todas inmersas en un entorno de tejido óseo desarrollado (C). Además, se aprecia la existencia de tejido óseo de neoformación alrededor de las partículas de dentina (Zona D), evidenciando la notable actividad osteoinductora generada por la dentina.

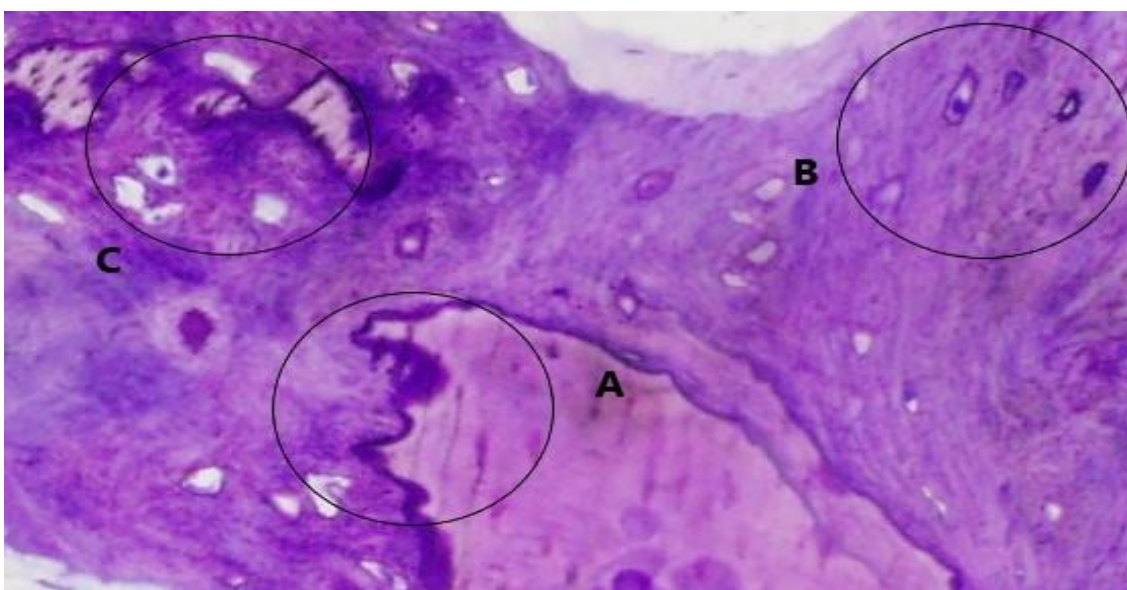


Foto VI-2. Histología obtenida tras 6 meses de la intervención de regeneración, revelando de manera notable la reabsorción dentinaria llevada a cabo por los osteoclastos (Zona A), evidenciada mediante el característico festoneado y la formación de lagunas de Howship. Además, se distingue el tejido óseo plenamente constituido, junto con la presencia de osteocitos que exhiben núcleos y prolongaciones celulares, destacando la eficiente integración de las partículas de dentina (Zona C) en el proceso simultáneo de reabsorción y aposición ósea.

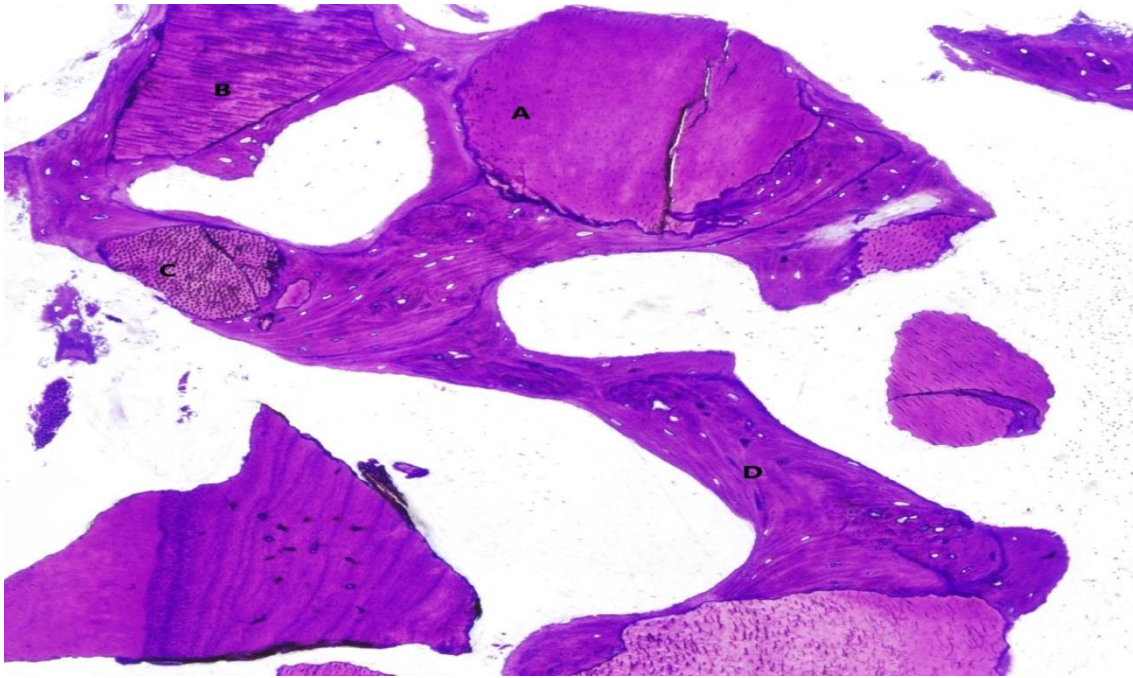


Foto VI-3. En la muestra, se distingue una partícula de dentina con línea de fractura (A). Observamos, además, otras partículas de dentina en pleno proceso de reabsorción, revelando los túbulos dentinarios y su aspecto en los cortes longitudinales (B) y transversales (C). En esta perspectiva, también se aprecia el tejido óseo (D) en plena fase de maduración, subrayando la integración de las partículas de dentina. Es notorio que estas últimas, al no generar ningún tipo de rechazo, participan activamente en los procesos de reabsorción y aposición ósea, adoptando un papel análogo al de las partículas óseas en el mismo contexto.

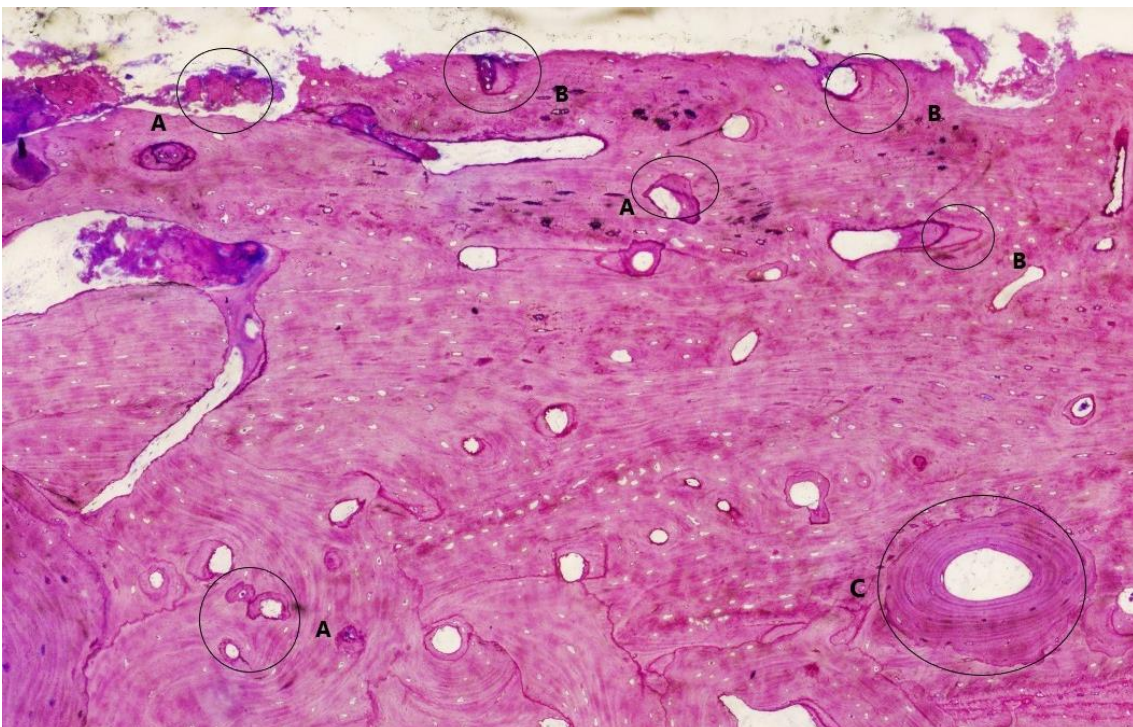


Foto VI-4. La muestra histológica tras un periodo de regeneración de 9 meses, revela un hueso maduro, con algunas partículas de dentina en proceso de reabsorción en la Zona A. En la Zona B, se destacan áreas donde estas partículas se han integrado de manera notable. No obstante, la imagen pone de manifiesto la notable cantidad de tejido óseo formado, con un recambio prácticamente total de las partículas de dentina por un hueso que exhibe diferentes grados de trabeculado y presenta zonas de remodelación ósea, con la formación de lamelas alrededor de los vasos sanguíneos en la zona C.

7.

Discusión

7. DISCUSIÓN

La obtención de tejido óseo mediante técnicas de Regeneración Ósea Guiada (ROG) representa un procedimiento altamente complejo en el campo de la cirugía oral (119,120). Su complejidad se deriva de una serie de factores individuales, sistémicos e inmunológicos que exigen una cuidadosa indicación y planificación.

Estos factores suponen un diagnóstico exacto, cierta experiencia del profesional para realizar el procedimiento quirúrgico, una valoración de las condiciones sistémicas e inmunológicas del paciente, que van a influir en su capacidad de cicatrización y curación, así como la ubicación y extensión de la lesión ósea que pretendemos regenerar. A todo ello, habría que añadir la difícil elección del tipo de injerto que vamos a indicar en función de la edad, el sexo, la valoración sistémica, el coste, la extensión del mismo y la dificultad de la técnica quirúrgica en la obtención y colocación posterior del tejido injertado.

La pérdida dental conlleva una serie de cambios morfológicos, histológicos y dimensionales, que incluyen modificaciones en los tres planos del espacio. Estos cambios plantean un desafío significativo a la hora de abordar los defectos óseos, los cuales podemos regenerar, utilizar otras técnicas alternativas o combinarlos con la inserción de implantes osteointegrados (121-123).

En los últimos años, se han explorado diversos biomateriales, sin embargo, ninguno hasta el momento ha demostrado ser completamente idóneo, ya sea debido a sus propiedades intrínsecas o a los métodos utilizados para su obtención (124-126). Además de evaluar estas técnicas y los materiales específicos empleados, se plantean también consideraciones éticas, religiosas y sociales que cuestionan su aplicación rutinaria en el ámbito de la odontología.

Dentro del abanico de alternativas en cuanto a sustitutos óseos, destacan los injertos alogénicos, los cuales se caracterizan por su biocompatibilidad y sus propiedades osteoinductoras y osteoconductoras. No obstante, es importante mencionar que investigaciones, como el estudio realizado por Kloss y cols (127), sugieren que existe un riesgo, aunque reducido, de posible transmisión de infecciones cruzadas del donante tras su utilización.

Otros tipos de injertos, como los de origen bovino, porcino o equino, han sido ampliamente aceptados según varios estudios (126-132). No obstante, es importante

señalar que estos injertos no cumplen con las tres características esenciales presentes en el hueso autólogo: osteoconducción, osteoinducción y osteogénesis.

Los materiales sintéticos son inherentemente osteoconductivos, y muchos de ellos, a pesar de poseer exclusivamente esta característica, han demostrado ser efectivos en la Regeneración Ósea Guiada (ROG) según varios estudios (133-136). Sin embargo, un desafío común asociado a estos materiales es su reabsorción incompleta, ya que en muchos casos permanecen en el área regenerada durante más de 10 años.

Finalmente, la dentina ha emergido como un material claramente adecuado para la Regeneración Ósea Guiada (ROG), tal como lo sugieren numerosos estudios. Por lo tanto, consideramos que su investigación en profundidad y su contribución a la ROG son valiosas y merecen una atención detenida.

La dentina, al igual que otros biomateriales, presenta propiedades de osteoconducción; sin embargo, su verdadero valor es su capacidad osteoinductora que se manifiesta al estimular directamente la formación de tejido óseo a través de proteínas morfogenéticas (87,97). Varias investigaciones, como las de Lee (137), respaldan la efectividad de la regeneración con dentina, ya sea sola o en combinación con xenoinjertos, ya sea en forma de partículas o en bloque. En estos estudios, las complicaciones secundarias son mínimas o inexistentes. Incluso, la de procedencia alógena, que debido al propio procedimiento de desmineralización, reduce la antigenicidad e inmunogenicidad de la matriz dentinaria, e inactiva enfermedades virales transmisibles (99).

En un estudio realizado por Young-Kyun Kim y col (138), se llevaron a cabo técnicas de preservación alveolar con dentina desmineralizada de origen alógeno en 18 pacientes. Estos pacientes fueron monitorizados durante los primeros 7 a 10 días después de la intervención, y no se observaron cambios significativos en su respuesta inmune.

Numerosos autores como Ramanauskaite (139) han señalado la baja incidencia de complicaciones existente en el período intra y postoperatorio, en comparación con otros procedimientos quirúrgicos en los que se produce una lesión más extensa del periostio y del área receptora del injerto. Sin embargo, en nuestro estudio hemos coincidido con autores como Gual-Vaquez (111) en el sentido de que la mayoría de las complicaciones no son derivadas de la utilización o aplicación del injerto de dentina, sino de la propia técnica quirúrgica convencional encontrando un 29.1% de complicaciones en forma de hematomas, infección alveolar, dehiscencia de la herida y exposición de membranas y pérdida ósea marginal. Igualmente los trabajos de Pang (107) comparando las complicaciones existentes utilizando injertos de dentina desmineralizada en comparación con otras técnicas convencionales de injerto, no han demostrado un incremento significativo de complicaciones a medio o largo plazo.

En este mismo sentido los trabajos de investigación del grupo de Young Kyun (127) demostraron la presencia de una ligera inflamación en la respuesta a corto plazo tras la exodoncia de seis dientes y relleno inmediato con injerto de dentina. Dicho proceso no tuvo ningún tipo de influencia a medio plazo sobre la formación ósea, y en la mayoría de los casos este proceso inflamatorio estaría relacionado con las dificultades de la exodoncia y el relleno de alvéolos que previamente habrían tenido una lesión granulomatosa o bien una afectación periodontal de larga evolución.

En nuestro protocolo se utilizó dentina parcialmente desmineralizada, dado que este tipo de tratamiento ha revelado en numerosos estudios mayor efectividad en la inducción ósea. Tal como reflejan los estudios del equipo de Nina Bono (140), en el que no solo estudian la dentina, sino además el esmalte, y en el que corroboran la idea que el proceso de desmineralización conduce a un aumento de la biodisponibilidad de BMP-2. En cualquier caso esta desmineralización no debe ser muy intensa ni prolongada, en este mismo sentido, el equipo de William S Pietrzak (141), analizó el contenido de BMP-7 en polvo de huesos bovino desmineralizándolo en diversas condiciones con HCl (0,125 N, 0,25 N, o 0,5N) y variando el tiempo desde 5 minutos a 24 horas. Tanto los niveles medios de calcio se obtuvieron a los 90 min, y los niveles máximos de BMP-7 también se obtuvieron a los 90 minutos y estos valores de BMP-7 disminuyeron al 50% tras 24 horas de tratamiento ácido. Estos resultados, tal como también pensamos nosotros en la actualidad, sugieren la necesidad de no desmineralizar de una manera exagerada los tejidos duros.

Numerosos estudios, como los de Jeong (142), se centraron en demostrar la eficacia de la dentina desmineralizada en la técnica de elevación del seno maxilar. Realizaron biopsias seis meses después de la cirugía en 27 pacientes y observaron una formación ósea adecuada (que varió del 46 al 87% en ese período), junto con una tasa de supervivencia de los implantes del 78%.

Las características de la dentina autóloga también fueron establecidas en dientes deciduos que con otra estructura, presentan también el potencial de ser usados como material de injerto óseo. En el año 2018, Mirae Park y su equipo de investigadores (143) llevaron a cabo un estudio innovador en el que emplearon dientes deciduos triturados y desmineralizados en el contexto de la regeneración de 20 defectos craneales en ratas Sprague-Dawley. Durante este estudio, se llevaron a cabo exhaustivos análisis radiográficos e histológicos, así como análisis histomorfométricos. Los resultados revelaron que, a pesar de poseer un menor contenido de calcio, una menor cristalinidad de la hidroxiapatita y una mayor exposición de estructuras orgánicas a la desmineralización, este material demostró una respuesta sorprendentemente positiva. De hecho, a los 8 meses, se observó una mejora significativamente mayor en comparación con el grupo de control, que no había experimentado regeneración en los defectos craneales.

En nuestra investigación, optamos por emplear el diente procesado inmediatamente después de la exodoncia. Sin embargo, resulta interesante destacar que algunos estudios han explorado la viabilidad de utilizar estos dientes después de un año de la extracción, y han logrado obtener resultados comparables a los nuestros. Estos investigadores llevaron a cabo controles tanto a los 4 como a los 13 meses después de la preservación alveolar. Este enfoque, respaldado por el estudio llevado a cabo por los doctores Tazaki y Murata (144), sugiere de manera concluyente que los dientes conservados de manera adecuada, mantienen un potencial osteoinductivo significativo, lo que respalda su consideración como un biomaterial eficaz en su aplicación en las técnicas quirúrgicas de regeneración ósea.

Las revisiones sistemáticas más recientes (111) han revelado que no se observan diferencias estadísticamente significativas relevantes entre el uso de dentina en forma de gránulos o bloques, ni tampoco entre su aplicación de manera aislada o en combinación con otros materiales de injerto biocompatibles. Lo que sí queda patente en los análisis, es la considerable variabilidad presente en los estudios relacionados con este tema. Esta variabilidad se manifiesta en términos de diversas ubicaciones anatómicas, enfoques quirúrgicos, métodos de evaluación, y técnicas quirúrgicas. La falta de uniformidad en estos aspectos ejerce una influencia determinante en los resultados de estos estudios.

Una de las revisiones bibliográficas más recientes, publicada en el año 2022 por el equipo de investigación liderado por Grawish (116), llevó a cabo un análisis exhaustivo de todas las búsquedas realizadas en las bases de datos Pubmed y Midline, abarcando hasta octubre del año 2021. Esta revisión se centró en recopilar todos los artículos relevantes relacionados con la utilización de injerto de dentina desmineralizada como material para la regeneración ósea. Aunque no llegó a una conclusión definitiva, señaló que, mediante el empleo de un tamaño de partícula apropiado y el respeto de sus propiedades biológicas, este material podría utilizarse de manera eficaz en lugar de algunos de los biomateriales convencionales utilizados en las prácticas habituales de regeneración ósea guiada. Aunque no se proporciona una indicación clara entre las diversas técnicas quirúrgicas en el ámbito oral, se destaca el potencial de la dentina desmineralizada como una alternativa eficaz siempre que se establezca una indicación racional y biológica.

En lo que respecta a la técnica de preparación del injerto de dentina, en nuestro estudio hemos optado por no eliminar el esmalte de los dientes, siguiendo la pauta de otros autores como Kabir (108). Por otro lado, algunos grupos de investigación, como el de Valdec (145), prefieren retirar tanto el esmalte como el tejido pulpar y el cemento, y han obtenido resultados similares. Sin embargo, consideramos que esta última técnica, además de ser técnicamente más compleja, podría generar un aumento de la generación de calor, lo que a su vez podría desnaturalizar o dañar la estructura de los tejidos remanentes que se emplearán posteriormente en el injerto.

En cuanto al tamaño de las partículas, en nuestro estudio de investigación hemos empleado partículas con un tamaño que oscila entre 400 y 800 micrómetros. Este rango de tamaño de partícula coincide con el que se ha utilizado en muchas de las investigaciones que sirvieron para establecer nuestra hipótesis de trabajo.

En varios trabajos publicados (146) el tamaño de partículas ideal propugnado por la mayoría de los autores se encontraría entre 300 y 1200 micras, ya que por otra parte estudios previos no han demostrado diferencias significativas (147) entre la utilización de la dentina en gránulos o en bloque, ni en los estudios histológicos que han analizado la utilización del injerto de dentina solo o bien combinado con otros materiales de injerto, técnica esta última que no ha incrementado la estabilidad secundaria a medio plazo.

En el año 2017, el equipo de investigadores liderado por Takamitsu Koga (148) llevó a cabo un estudio pionero en el que procesaron dientes humanos. Estos dientes procesados se dividieron en tres grupos con tamaños de partículas de 200, 500 y 1000 micras, y a su vez, cada uno de estos grupos se subdivide en dentina no desmineralizada, parcialmente desmineralizada y totalmente desmineralizada. Estas muestras se implantaron en defectos craneales de ratas, y se realizaron análisis histológicos y radiográficos después de 4 a 8 semanas.

Los resultados obtenidos a través de imágenes y muestras revelaron que la dentina parcialmente desmineralizada promovía una mayor formación ósea, y que los osteoblastos mostraban una mayor afinidad por las partículas cercanas a 1000 micras. Estos hallazgos sugieren que el tamaño de partícula en torno a las 1000 micras es especialmente adecuado para el proceso de osteoconducción.

Como señalábamos anteriormente, en nuestro estudio, utilizando el protocolo de la tecnología del Tooth Transformer, hemos obtenido un tamaño de gránulos entre 0.4 y 0.8 mm, este volumen de material no varía a lo largo del tiempo bajo presión, por lo que aporta unas cualidades idóneas para conseguir una regeneración homogénea, vascularizada y adecuadamente mineralizada.

Nuestro equipo de investigación optó por seleccionar el dispositivo Tooth Transformer para la obtención de dentina desmineralizada, y la razón principal de esta elección radicó en su protocolo de procesamiento, ya que tras su utilización previa al inicio del trabajo, se reveló como una opción segura, repetible, predecible y uniforme en todos los casos que hemos tratado. Lo que resultó aún más valioso es que este procedimiento no dependía en lo más mínimo de la intervención de factores humanos, asegurando así la estandarización de los resultados.

Existen varios métodos para el procesamiento de dentina con el fin de obtener material suficiente para el injerto. El primero de estos métodos, del que tenemos conocimiento, fue desarrollado en 2010 por los doctores Murata y Akasawa (149). Esta

técnica implementaba el uso de un molinillo automático diseñado para el procesamiento de huesos y dientes, con un recipiente y una cuchilla hechos de óxido de circonio. La máquina funcionaba a una velocidad de 12.000 revoluciones por minuto. Los gránulos resultantes se sometían a una desmineralización en ácido nítrico al 2 % durante 20 minutos, seguido de un lavado en solución salina fría antes de su implementación.

Con el tiempo, se desarrollaron otros métodos, que requerían la manipulación manual de los dientes utilizando herramientas como martillos, masas o morteros. Sin embargo, esta forma de manipulación manual tenía el inconveniente de desnaturalizar las proteínas presentes en la dentina, lo que a su vez disminuía la capacidad osteoinductora del injerto resultante.

Un enfoque adicional implicaba el uso exclusivo de la raíz dentaria, que se sometía a un proceso de congelación a $-169\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante dos semanas. Posteriormente, una vez descongelada, se fracturaba utilizando un martillo y se sumergía en una solución de gentamicina y alcohol etílico al 70 %.

En cualquier caso, se han implementado numerosos procedimientos para la obtención de estos injertos, y muchos de ellos se detallan en el libro del Dr. Elio Minetti "Il Dente come Materiale da Innesto" (49).

En la actualidad, el mercado ofrece cuatro dispositivos para la obtención de dentina desmineralizada, a saber: el *Smart Dentin Grinder* (Kometabio Inc., Nueva Jersey, EE. UU.), el *Vacuasonic* (Cosmobiomedicare, Gangnamgu, Seúl, Corea), el *Tooth Transformer* (TT Tooth Transformer srl, Milán, Italia) y el *Bon Maker* (Korea Dental Solution Co. Ltd.).

De estas opciones, las tres primeras producen gránulos de dentina; sin embargo, el dispositivo "Bon Maker" tiene la singularidad de también poder tratar la dentina en bloques. Por otro lado, el "Tooth Transformer" requiere que los dientes se seccionen en trozos no superiores a 5 mm antes de introducirlos en el molinillo, lo que, si bien puede exponer al operador a cortes accidentales (aunque no se registraron incidentes en nuestro equipo), el molinillo opera a baja velocidad, preservando la integridad de las proteínas contenidas en la dentina. En contraste, los otros tres dispositivos requieren un fraccionamiento previo con impacto de martillo y sus molinillos funcionan a alta velocidad, lo que incrementa la probabilidad de desnaturalización de las proteínas.

Como también hemos podido comprobar, desde el punto de vista de la granulometría del injerto, también existe disparidad de criterios y así, mientras un grupo de investigadores utilizan un protocolo con estructura particulada, otros utilizan el injerto en bloque, con resultados que sinceramente no son radicalmente distintos. Siempre hemos coincidido con Beca Campoy (150) en que los principales problemas que hoy plantea este tipo de protocolos son, por un lado, poder determinar la cantidad de BMP y colágeno tipo I disponible en el procesado del diente, establecer el protocolo exacto antes de comenzar el

tratamiento, lo que por otra parte exige disponer y seleccionar que parte o partes del diente vamos a utilizar y por último, considerar siempre el factor humano.

La importancia de los resultados de nuestro estudio radica en su capacidad para arrojar luz sobre el proceso de regeneración utilizando dentina, especialmente después de un período de espera de un año. Un atributo crucial de un biomaterial ideal es su completa reabsorción, evitando así ocupar un espacio que debería ser ocupado por el nuevo tejido óseo, y permitiendo un contacto integral entre el implante y el hueso. Estudios realizados por Kim han demostrado, a través de biopsias realizadas a los tres meses, una considerable reabsorción de la dentina, lo que resulta en la formación de hueso nuevo en un rango que va del 39% al 79% (151).

Estos resultados coinciden con muestras histológicas tomadas por nuestro equipo a los 3 meses en pacientes regenerados con dentina.

El equipo de investigación liderado por Kabir y Murata (152) realizó una evaluación exhaustiva del injerto de dentina a través de controles clínicos y radiográficos a los 3 y 12 meses posteriores al procedimiento. Sus hallazgos revelaron una sustitución satisfactoria de una gran parte de la matriz de dentina desmineralizada por un nuevo tejido óseo, lo que demostró su eficacia en la prevención de la reabsorción ósea del área distal al segundo molar.

Otro estudio realizado por Ryuichiro Tanoue y su equipo (153) se centró en una investigación a nivel ultraestructural que involucró el uso de un injerto de dentina parcialmente desmineralizada y su interacción con el tejido óseo circundante de nueva formación, y para llevar a cabo esta exploración, emplearon una técnica de reconstrucción tridimensional mediante microscopía electrónica de barrido. Tras examinar muestras del injerto a los 3 meses, se observó que una red de osteocitos en el tejido óseo recién formado se organizó en una red interconectada, generando matriz y tejido óseo. Además, se pudo destacar que los procesos celulares se extendieron hacia los túbulos dentinarios. Este hallazgo, resalta la compleja interacción entre la dentina desmineralizada y el tejido óseo circundante, lo que puede tener importantes implicaciones en la regeneración y la calidad del injerto.

En el año 2019, el equipo liderado por Minetti y col. (154) llevó a cabo un estudio que usó injertos dentales autólogos en 11 pacientes para promover la regeneración ósea. Tras un período de cuatro meses, se observó que no se registraron reacciones inflamatorias alrededor del injerto. Además, se pudo comprobar como el injerto se encontraba parcialmente reabsorbido y había logrado una integración sólida en el tejido circundante. Estos resultados respaldaron la participación activa del injerto en el proceso de remodelación ósea, lo que subraya su efectividad en la regeneración ósea y los mínimos componentes inmunológicos en su respuesta.

En nuestro trabajo de investigación, también hemos podido observar una evolución significativa en esta dirección en diferentes momentos, lo cual se respaldó con la obtención de muestras histológicas que confirmaron que, a los seis meses, se detectaron muy pocas partículas del injerto que había sido insertado. Estos resultados respaldan la eficacia de la técnica y su capacidad para promover la formación de tejido óseo.

En un estudio comparativo realizado por Adel Al-Asfour et al (155) en conejos, se observó que, después de doce semanas, la tasa de reabsorción tanto de dentina como de hueso mostraba notables similitudes. Esto era especialmente evidente en la interfaz dentina/hueso y en el propio hueso nativo. Estos hallazgos resaltan la equiparación en la reabsorción entre los injertos de dentina y hueso, destacando la viabilidad de la dentina como un material efectivo en la regeneración ósea.

El Dr. Kim y su equipo (151) realizaron un estudio de seguimiento a lo largo de 5 años a partir del año 2010, y observaron que las reabsorciones en el ancho y la altura del reborde alveolar, así como la estructura del hueso cortical y esponjoso, se mantuvieron en gran medida sin cambios significativos tras la regeneración con dentina autóloga. Hubo una excepción, donde se registró una reabsorción ósea bucal de 1 mm después de 6 años de observación, aunque se trataba de un caso aislado.

El propósito central de nuestro estudio fue evaluar la calidad del tejido óseo obtenido en un periodo de un año después de realizar la preservación alveolar con dentina autóloga. Esta evaluación se llevó a cabo utilizando unidades Hounsfield como indicador de la densidad ósea, y para ello se realizaron análisis de las imágenes adquiridas a través de tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) mediante el software Blue Sky Bio 4.

La densidad ósea se puede medir con alta reproducibilidad mediante tomografías computarizadas, que proporcionan valores estandarizados en la escala de Hounsfield (HU) por medio de la escala de grises, y en este sentido, existen claras diferencias entre los CBCT y la utilización de técnicas radiográficas convencionales (157).

Las unidades Hounsfield (UH), bautizadas en honor al inventor de la tomografía computarizada (TC), se emplean para cuantificar la densidad de los tejidos en el cuerpo humano. En esta escala, se establece que el agua tiene un valor de 0 UH, mientras que el aire se sitúa en -1000 UH. En cuanto a los materiales sumamente densos, como los materiales dentales, pueden alcanzar valores de hasta 3000 UH.

Siguiendo la clasificación propuesta por Misch (3), se identifican diversas categorías de calidad ósea que abarcan desde D1, que representa la máxima densidad, hasta D5, la menor densidad ósea. De acuerdo con esta clasificación, si el valor de Hounsfield es inferior a 150 UH, se clasificaría como tipo D5. En el rango de 150 a 300 UH, se consideraría tipo D4. En el intervalo de 350 a 850 UH, se catalogaría como tipo D3. Si el

valor se sitúa entre 850 y 1250 UH, se clasificaría como D2. Por último, si supera los 1250 UH, se trataría de hueso tipo D1.

Estos parámetros desempeñan un papel fundamental en el diagnóstico y la planificación de cirugías de implantes, ya que determinan el protocolo quirúrgico que debemos planificar. Esto permite que el cirujano seleccione previamente el tipo y la velocidad de fresado, así como las medidas y morfología de implante adecuado que debe seleccionar en función de las características óseas y estructurales del paciente.

Los resultados de nuestro estudio revelan que la densidad ósea medida es de aproximadamente 584 unidades Hounsfield a los tres meses, situándose en el rango correspondiente al tipo de hueso D3. Sin embargo, es fundamental destacar un incremento significativo a los 6 meses, llegando a alcanzar las 723 unidades, lo que sugiere una transición hacia un tipo de hueso cercano al D2. A los nueve meses, la densidad ósea ya se clasifica como D2, y después de un año, en algunos casos, supera las 1000 unidades Hounsfield, indicando un hueso D2 o incluso en ciertas mediciones superando esta categoría hasta llegar al nivel de D1.

Estos hallazgos resaltan un aumento en la densidad ósea en el transcurso de 9 a 12 meses, con un incremento de alrededor del 60% desde el tercer al duodécimo mes, sugiriendo la posibilidad de lograr densidades óseas más elevadas, incluso alcanzando el estándar del hueso tipo D1 en alguno de los casos tratados.

Esta evolución que se da en nuestro trabajo coincide con los trabajos del equipo de investigación de García Carrasco (159) quién utilizando una metodología similar a la nuestra pudo comprobar como desde un punto de vista de la imagen con el Cone- Bean se observó un proceso progresivo de osteointegración del material injertado desde el primer al tercer mes y observando una consolidación y estabilización del injerto de dentina a los 12 meses tras la colocación del material en el maxilar.

También coinciden estos valores con los descritos por el equipo de Canto Díaz (92), en el que realizaron un CBCT postoperatorio, encontrando a las 8 y a las 16 semanas unos valores densitométricos (unidades Hounsfield) estables y homogéneas en las áreas apical, medial y coronal del alveolo, sugiriendo la eficacia y predictibilidad de esta técnica en los procedimientos de preservación alveolar

Somos conscientes de que debido a la utilización de los umbrales en el proceso de elaboración en los datos del CBCT y paralelamente a la falta de estandarización de estos valores de grises entre los programas informáticos, la densidad ósea en unidades Hounsfield en CBCT debe ser siempre interpretada con ciertas limitaciones (157). A pesar de que la densidad ósea tiene un enorme poder informativo y predictivo en la toma de decisiones clínicas, ofrecen una visión general y localizada, que siempre debe ser completada mediante técnicas avanzadas de corrección de la propia información.

Los hallazgos de nuestro estudio subrayan que el hueso obtenido a lo largo de un año exhibe una calidad excepcional, lo que lo convierte en una opción óptima para la rehabilitación con implantes osteointegrados. Esta calidad, no solo se manifiesta en la preservación del volumen y la altura ósea, sino también en la consecución de una destacada estabilidad, evaluada a través del índice ISQ.

Los estudios conducidos por Cardaropoli y su equipo (158) revelaron que tras 24 semanas de la preservación, el volumen óseo se mantuvo sin cambios significativos. Además, los análisis radiológicos e histológicos demostraron una excelente cicatrización del tejido, lo que proporciona un contexto óptimo para la inserción de implantes osteointegrados de manera predecible.

En nuestros estudios, hemos identificado que a los seis meses se desarrolla un tipo de hueso con características similares a la tipología D3, lo que se traduce en una densidad cercana a los 750-800 Unidades Hounsfield. Según nuestra experiencia clínica, este tipo de hueso responde de manera muy favorable, ya que no requiere un fresado de alta velocidad, lo que nos permite emplear un fresado biológico sin aumentar en exceso, la temperatura intraósea. También esta circunstancia se traduce en la aplicación de un torque de inserción adecuado, sin provocar pequeñas isquemias ni necrosis óseas. Por otra parte, este tipo de hueso exhibe una sólida estabilidad primaria, respaldada por valores ISQ en torno a 70, circunstancia que es favorable para la realización de técnicas de carga inmediata.

La última revisión bibliográfica sistemática a la que hemos podido acceder, ha sido la realizada por Luis Sánchez-Labrador en la Universidad Complutense de Madrid, que siguiendo las pautas prisma incluyó artículos clínicos relevantes, publicados antes del 10 de marzo del 2022 (117).

La revisión incluyó estudios en humanos, de al menos 4 pacientes en cuyo tratamiento y posterior regeneración incluía al menos una técnica quirúrgica. Sus principales conclusiones, fueron que, tras la exodoncia de un diente, esta técnica, es eficaz en el mantenimiento del volumen óseo mostrando resultados prometedores en el análisis histológico e histomorfométrico al tiempo que se reflejaban una baja tasa de complicaciones.

Sin lugar a dudas, la realización de estudios y ensayos clínicos que incluyan series de pacientes más amplias y estudios histológicos y morfométricos mantenidos a lo largo del tiempo, nos permitan esclarecer el auténtico reto biológico que en la actualidad supone, la utilización del injerto de dentina desmineralizada, en el ámbito de la Odontología.

ESTUDIOS CLÍNICOS Y EXPERIMENTALES SOBRE EL INJERTO DE DENTINA DESMINERALIZADA	
Lee y col.	•Utilización de dentina sola o con xenoinjertos
Young-Kyun Kim y col.	•Técnicas de preservación alveolar con dentina desmineralizada de origen alógeno
Ramanaukaite y col.	•Bajo nivel de complicaciones post-quirúrgicas
Gual-Vaquéz y col.	•Complicaciones similares a cualquier acto quirúrgico
Pang y col.	•Sin complicaciones a medio y largo plazo
Nina Bono y col.	•La semidesmineralización aumenta la disponibilidad de BMP-2
Pietrzak y col.	•La desmineralización total disminuye la disponibilidad de BMP-7
Jeong y col.	•Formacion de hueso tras la elevación de seno con dentina desmineralizada
Mirae Park y col.	•Utilidad de dientes deciduos en regeneración con dentina
Tazaki, Murata y col.	•Utilidad de los dientes tras un año exodonciados
Kabir y col.	•Utilidad del diente con esmalte
Takamitsu Koga y col.	•Afinidad de los osteoblastos por partículas cercanas a las 1000 micras
Kabir, Murata y col.	•Observación de nuevo tejido óseo en controles radiológicos
Ryuchiro Tanoue y col.	•Compleja interacción entre dentina y tejido óseo en microscopia electrónica de barrido
Adel Al-Asfour y col.	•Estudio comparativo de regeneración de dentina/hueso, con resultados similares
Kim y col.	•Estabilidad de la regeneración tras 5 años
García Carrasco y col.	•Estabilizacion del injerto de dentina tras 12 meses
Del Canto Díaz y col.	•Unidades Hounsfield estables tras 16 meses
Cardaropoli y col.	•Conservación del volumen óseo sin cambios significativos

Figura VII-1. Estudios experimentales con dentina

8.

Conclusiones

8. CONCLUSIONES

Primera

Hemos podido establecer un incremento de la densidad y estructura ósea del 24% en el área de regeneración ósea, al comparar los valores registrados entre los tres a los seis meses tras su realización clínica con incrementos de 137.307 Unidades Hounsfield.

Segunda

No existen diferencias estadísticamente significativas al comparar los distintos sectores de la boca donde se han realizado los injertos

Tercera

En aquellos alvéolos en los que posteriormente no se ha insertado un implante osteointegrado, se ha podido comprobar a lo largo de un año un incremento progresivo de las unidades Hounsfield, que han supuesto un incremento final del 60% entre los meses 3 y 12 tras la aplicación de las técnicas de regeneración ósea.

Cuarta

En los alveolos en los que posteriormente se llevó a cabo la inserción de un implante osteointegrado se ha podido comprobar una correlación muy favorable entre los valores del ISQ y la densidad ósea expresada en unidades Hounsfield

Quinta

Las complicaciones que hemos podido registrar en este estudio, no se derivan de la aplicación de la técnica *Tooth Transformer* sino que son comunes a otros procedimientos quirúrgicos tales como: edema e inflamación, dehiscencia de la sutura y exposición de membrana

9.

Bibliografía

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Europea. Informe sobre España 2020 - Bruselas, 26.2.2020 SWD (2020) 508 final.
2. Sanz Sánchez A, Fernández Cáliz F, Cañaverl Cavero, E, Martínez González, JM, Barona Dorado, C. Toma de decisiones en el sector estético: Preservación alveolar, implante inmediato o protocolo diferido. *Labor Dental Clínica: Av. Clín Odontoestomatol.* 2020; 21(2):8-16.
3. Misch CE. *Implantología contemporánea*. 3ª ed. Barcelona: Elsevier España; 2009.
4. Buser D, Chappuis V, Belser UC, Chen S. Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late?. *Periodontology* 2000. 2017; 73(1):84-102.
5. Hämmerle CH, Chen ST, Wilson TG Jr. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the placement of implants in extraction sockets. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19:26-8.
6. Caubet Biayna J, Heras Rincón I, Sánchez Mayoral J, Morey Mas M, Iriarte Ortabe J I. Manejo de defectos óseos anteroposteriores en el frente estético. *Rev Esp Cirug Oral y Maxilofac.* 2009; 31(2):81-97.
7. Tolstunov L. Classification of the alveolar ridge width: implant-driven treatment considerations for the horizontally deficient alveolar ridges. *J Oral Implantol.* 2014; 40:365–370.
8. Elian N, Cho S, Froum S, Smith RB, Tarnow DP. A simplified socket classification and repair technique. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2007;19(2):99-104.
9. Chu S, Sarnachiaro G, Hochman M, Tarnow D. Subclassification and clinical management of extraction sockets with labial dentoalveolar dehiscence defects. *Compend Contin Educ Dent.* 2015;36(7):516-522.
10. Sclar AG. Strategies for management of single-tooth extraction sites in aesthetic implant therapy. *J Oral Maxillofac Surg.* 2004;62(2):90-105.

11. Velez Echeverri MA, Henao Arismendy, N. Preservación de Alveolo previo a la colocación de implantes. Revisión de literatura. Trabajo de grado. Universidad de Medellín – Colombia. 2011.
12. Caplanis N, Lozada JL, Kan JY. Extraction defect assessment, classification, and management. *J Calif Dent Assoc.* 2005;33(11):853-63.
13. García Gargallo M, Yassin García S, Bascones Martínez A. Técnicas de preservación de alveolo y de aumento del reborde alveolar: Revisión de la literatura. *Av Period Implantol Oral* 2016;28 (2):71-81.
14. Wojtovicz Salomon EL. El tratamiento con implantes dentales postextracción. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla - Sevilla. 2017.
15. Fernández-Tresguerres Hernández-Gil I, Alobera Gracia MA. A., Del Canto Pingarrón M, Blanco Jerez L. Bases fisiológicas de la regeneración ósea I. Histología y fisiología del tejido óseo. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2006;11(1):47-51.
16. Rebolledo Cobos M, Harris Ricardo J, Higgins Samper E, Molinares Camargo L. Cicatrización y regeneración ósea de los maxilares después de una quistectomía: reporte de un caso y revisión de la literatura. *Univ Odontol.* 2011;30(65):71-78.
17. Saletta JM, Rodríguez Gutiérrez FJ, De la Plaza A. Actualización en Preservación de Cresta Alveolar. Revisión de la literatura. *Cient Dent.* 2014;11(2):83-92.
18. Bellido T, Pellegrini G. Osteocitos y la regulación de la formación ósea. *Acta bioquím clín latinoam.* 2016;50(3):423-27.
19. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2003;23(4):313-23.
20. Araújo M G, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005;32(2):212-8.
21. Vignoletti F, Matesanz P, Rodrigo D, Figuero E, Martin C, Sanz M. Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction. A systematic review. *Clin Oral Impl Res.* 2012;23(5):22-38.
22. Darby I, Chen S, De Poi R. Ridge preservation: what is it and when should it be considered. *Aust Dent J.* 2008;53(1):11-21.
23. Seibert JS. Reconstruction of deformed, partially edentulous ridges, using full thickness onlay grafts, Part I. Technique and wound healing. *Compend Contin Educ Dent.* 1983;4(5):437-53.

24. Abou Neel EA, Bozec L, Knowles JC, Syed O, Mudera V, Day R, Hyun JK. Collagen-emerging collagen based therapies hit the patient. *Adv Drug Deliv Rev.* 2013;65(4):429-56.
25. Sam G, Pillai BRM. Evolution of barrier membranes in periodontal regeneration-“are the third generation membranes really here?”. *J Clin Diagn Res.* 2014;8(12):14-17.
26. Scantlebury TV. 1982-1992: A decade of technology development for guided tissue regeneration *J Periodontol.* 1993;64 (11):1129-37.
27. Vargas J. Membranas de uso en regeneración ósea guiada. *Odontol Vital.* 2016;24:35-42.
28. Bottino MC, Thomas V, Schmidt G, Vohra YK, Chu TMG, Kowolik MJ, et Al. Recent advances in the development of GTR/GBR membranes for periodontal regeneration-A materials perspective. *Dent Mater.* 2012;28(7):703-21.
29. Almeida JM, Macarini VC, Novaes VCN, Braite MA, Tinoco EJJ, Pazmino VFC. Extrusión ortodóncica lenta para recuperación de papilas interdentes: caso clínico. *Av Periodon Implantol.* 2016;28(2):83-88.
30. Quayle AA. Atraumatic removal of teeth and root fragments in dental implantology. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1990;5(3):293-96.
31. González J, García-Rosado R, De la Plaza A. Cierre primario en ROG. Colgajos e injertos mucogingivales. *Cient Dent* 2009;6(1):49-60.
32. Sande Sardina A, Barreiro Torres J, Somoza Martín M, García García A. Movilización del nervio dentario inferior con PIEZOSURGERY®. *RCOE.* 2019;24(1):6-10.
33. Wang H, Boyapati L. “PASS” Principles for Predictable Bone Regeneration. *Implant Dent.* 2006;15(1):8-17.
34. Malpartida-Carrillo V, Tinedo-López PL, Guerrero ME, Ortiz-Culca F. Influencia de las perforaciones corticales en regeneración ósea guiada: Revisión de la literatura. *Rev. Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral.* 2019;12(1):37-40.
35. Lizarazo MA. El coágulo como biomaterial en regeneración ósea. *Gac Dent Ind Prof.* 2021;337:64-79.
36. Barone A, Nannmark U. Bone, Biomaterials & Beyond – Técnicas quirúrgicas y biomateriales para el aumento de los tejidos duros y blandos en cirugía implantar. *AMOLCA, Actualidades Médicas, C.A;*2015

37. Ferrus J, Cecchinato D, Pjetursson EB, Lang NP, Sanz M, Lindhe J. Factors influencing ridge alterations following immediate implant placement into extraction sockets. *Clin Oral Impl Res.* 2010;21(1):22-29.
38. Annunziata M, Guida L, Nastri L, Piccirilo A, Sommese L, Napoli C. The Role of Autologous Platelet Concentrates in Alveolar Socket Preservation: A Systematic Review. *Tranfus Med Hemother.* 2018;45(3):195-203.
39. Caneva M, Salata LA, Scombatti De Souza S, Baffone G, Lang NP, Botticelli D. Influence of implant positioning in extraction sockets on osseointegration: Histomorphometric analysis in dogs. *Clin Oral Impl Res.* 2010;21(1):43-49.
40. Becker W, Sennerby L, Bedrossian E, Becker BE, Lucchini JP. Implant Stability measurements for implants placed at the time of extraction: a cohort, prospective clinical trial. *J periodontol.* 2005;76(3):391- 97.
41. Tarnow DP, Chu SJ, Salama MA, Stappert CF, Salama H, Garber DA, et al. Flapless postextraction socket implant placement in the esthetic zone: part 1. The effect of bone grafting and/or provisional restoration on facial/palatal ridge dimensional change-a retrospective cohort study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2014;34(3):323-31.
42. Tan-chu JHP, Tuminelli FJ, Kurts KS, Tarnow DP. Analysis of buccolingual dimensional changes of the extraction socket using the “ice cream cone” flapless grafting technique. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2014;34(3):399-403.
43. Sande Sardina A, Barreiro Torres J, Somoza Martín M, García García A. Regeneración ósea vertical en sector anterior mediante técnica de tent-pole. *RCOE.* 2022;27(2):229-33.
44. Khan SN, Cammisa FPJr, Sandhu HS, Diwan AD, Girardi FP, Lane JM. The Biology of bone grafting. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13(1):77-86.
45. Tortolini P, Rubio S. "Diferentes alternativas de rellenos óseos". *Avances en periodoncia e implantología oral.* 2012;24(3):133-138.
46. Vega del Barrio JM. Biocompatibilidad de biomateriales: Un viejo concepto, una nueva complejidad. *Academia de Ciencias Odontológicas de España.* 2015:13.
47. De Almeida J C, Viana M F. "Regeneración ósea en el seno maxilar." *Odontol Vital.* 2016; (24): 29-34.
48. Hernández Ó, Fernández. “Sustitutivos óseos”. *Mon Act Soc Esp Med Cir Pie Tobillo.* 2017;9(1):45-53.
49. Mineti E. *Il dente come materiale da innesto.* 1ª Ed. Milano : Edra SpA; 2021.

50. Wang W, Yeung KW. Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: A review. *Bioactive materials*. 2017;2(4):224-247.
51. De Almeida J C, Viana M F. "Regeneración ósea en el seno maxilar." *Odont Vital*. 2016;24:29-34.
52. D'Aloja E, Santi E, Aprili G, Franchini M.). Fresh frozen homologous bone in oral surgery. *Cell and tissue banking*. 2008;9(1):41-46.
53. Kao ST, Scott DD. A review of bone substitutes. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2007;19(4):513-21.
54. Contar CMM, Sarot JR, Da Costa MB, Bordini JrJ, De Lima AAS, Alanis LRA, et al. Fresh-frozen bone allografts in maxillary ridge augmentation: histologic analysis. *J Oral Implantol*. 2011;37(2):223-231.
55. Jimi E, Hirata S, Osawa K, Terashita M, Kitamura C, Fukushima, H. The current and future therapies of bone regeneration to repair bone defects. *Int. J Dentistry*. 2012;148261
56. Acocella, A., Bertolai, R., Colafranceschi, M., & Sacco, R. Clinical, histological and histomorphometric evaluation of the healing of mandibular ramus bone block grafts for alveolar ridge augmentation before implant placement. *J Cranio-Maxillofac Surg*. 2010;38(3):222-30.
57. García-Gareta, Elena, Coathup M J, Blum GW. "Osteoinduction of bone grafting materials for bone repair and regeneration." *Bone*. 2015;8:112-121.
58. Froum SJ, Wallace SS, Elian N, Cho SC, Tarnow DP. Comparison of mineralized cancellous bone allograft (Puros) and anorganic bovine bone matrix (Bio-Oss) for sinus augmentation: histomorphometry at 26 to 32 weeks after grafting. *Int J Periodontics Restor Dent*. 2006;26(6):542-551.
59. Hawthorne AC, Xavier SP, Okamoto R, Salvador SL, Antunes AA, Salata LA. Immunohistochemical, tomographic, and histological study on onlay bone graft remodeling. Part III: allografts. *Clin Oral Implants Res*. 2013;24(10):1164-72.
60. Elnayef B, Monje A, Lin GH, Gargallo-Albiol J, Chan HL, Wang HL, Hernandez-Alfaro F. Alveolar ridge split on horizontal bone augmentation: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2015;30(3):596-606.
61. Demetter RS, Calahan BG, Mealey BL. "Histologic evaluation of wound healing after ridge preservation with cortical, cancellous, and combined cortico-cancellous freeze-dried bone allograft: a randomized controlled clinical trial. *J Periodontol*. 2017;88(9):860-868.

62. Roden RD. Principles of bone grafting. *Oral Maxillofac Surg Clin.* 2010;22(3):295-300.
63. Winder T, Lenz HJ. Vascular endothelial growth factor and epidermal growth factor signaling pathways as therapeutic targets for colorectal cancer. *Gastroenterology.* 2010;138(6):2163-76.
64. Gupta V, Bains BK, Singh GP, Mathur A, Bains R. Regenerative potential of platelet rich fibrin in dentistry: Literature review. *Asian J Oral Health Allied Sci.* 2011;1:22-28.
65. Thanasrisuebwong P, Kiattavorncharoen S, Deeb GR, Bencharit S. Preparación del sitio del implante. Aplicación de fibrina rica en plaquetas inyectable para la regeneración ósea vertical y horizontal: informe clínico. *J Oral Implantol.* 2022;48(1):43–50.
66. Dohan Ehrenfest DM, Rasmusson L, Albrektsson T. Classification of platelet concentrates: from pure platelet-rich plasma (P-PRP) to leucocyte-and platelet-rich fibrin (L-PRF). *Trends Biotechnol* 2009;27:158-67.
67. Salgado-Peralvo ÁO, Salgado-García Á, Arriba-Fuente L. (2017). Nuevas tendencias en regeneración tisular: fibrina rica en plaquetas y leucocitos. *Rev Esp Cir Oral Maxilofac.* 2017;39:91-98.
68. Madurantakam P, Yoganasimha S, Hasan FK. Characterization of Leukocyte-platelet rich fibrin. A novel biomaterial. *J Vis Exp.* 2015;103:53221.
69. Preeja C, Arun S. Platelet-rich fibrin: Its role in periodontal regeneration. *Saud J Dent Res.* 2014;5(2):117-122.
70. Dohan Ehrenfest DM, de Peppo GM, Doglioli P, Sammartino G. Slow release of growth factors and thrombospondin-1 in Choukroun's platelet-rich fibrin (PRF): a gold standard to achieve for all surgical platelet concentrates technologies. *Growth Factors.* 2009;27(1):63-9.
71. Marx RE, Carlson ER, Eichstaedt RM, Schimmele SR, Strauss JE, Georgeff KR. Platelet-rich plasma: Growth factor enhancement for bone grafts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1998;85(6):638-46.
72. Choukroun J, Diss A, Simonpieri A, Girard MO, Schoeffler C, Dohan SL et al. Platelet-rich fibrin (PRF): a second-generation platelet concentrate. Part V: histologic evaluations of PRF effects on bone allograft maturation in sinus lift. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101(3):299-303.

73. Anitua E, Pelacho B, Prado R, Aguirre J, Sánchez M, Padilla S, et al. Infiltration of plasma rich in growth factors enhances in vivo angiogenesis and improves reperfusion and tissue remodeling after severe hind limb ischemia. *J Control Release*. 2015;202:31-9.
74. McLellan J, Plevin S. Temporal release of growth factors from platelet-rich fibrin (PRF) and platelet-rich plasma (PRP) in the horse: A comparative in vitro analysis. *Int J Appl Res Vet Med*. 2014;12:44-53.
75. Isobe K, Watanebe T, Kawabata H, Kitamura Y, Okudera T, Okudera H, et al. Mechanical and degradation properties of advanced platelet-rich fibrin (A-PRF), concentrated growth factors (CGF), and platelet-poor plasma-derived fibrin (PPTF). *Int J Implant Dent*. 2017;3(1):17.
76. Ahmed W, Srivastava D, Awasthi H, Nandy BC. Comparative study on anti-inflammatory Synergistic activity of Lornoxicam using turmeric oil in TDDS. *J Biomed Pharm Res*. 2018;7(3):13-20.
77. Jeong SM, Lee CU, Son JS, Oh JH, Fang Y, Choi BH. Simultaneous sinus lift and implantation using platelet- rich fibrin as sole grafting material. *J Craniomaxillofac Surg* 2014;42:990-994.
78. Oncu E, Kaymaz E. Assessment of the effectiveness of platelet rich fibrin in the treatment of Schneiderian membrane perforation. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2017;19(6):1009-14.
79. Ozgul O, Senses F, Er N, Tekin U, Tuz HH, Alkan A, et al. Efficacy of platelet rich fibrin in the reduction of the pain and swelling after impacted third molar surgery: Randomized multicenter split-mouth clinical trial. *Head Face Med*. 2015;11(1):1-5.
80. Leigha R. Potential of platelet rich fibrin in regenerative periodontal therapy: literature review. *Can J Dent Hyg*. 2013;47(1):33-7.
81. Marx RE, Garg AK. Bone structure, metabolism, and physiology: its impact on dental implantology. *Implant Dent*. 1998;7(4):267-76.
82. Andersson L, Blomlöf L, Lindskog S, Feiglin B, Hammarström L. Tooth ankylosis. Clinical, radiographic and histological assessments. *Int J Oral Surg*. 1984;13(5):423-31.
83. Binderman, I., Hallel, G., Nardy, C., Yaffe, A., & Sapoznikov, L. Processing extracted teeth for immediate grafting of autogenous dentin. *Implant Pract US*. 2015;8(2):43-46.

84. Minetti E, Gianfreda F, Palermo A, Bollero P. Autogenous Dentin Particulate Graft for Alveolar Ridge Augmentation with and without Use of Collagen Membrane: Preliminary Histological Analysis on Humans. *Materials*. 2022;15(12):4319.
85. Goldberg, M, Kulkarni AB, Young M, Boskey A. Dentin: Structure, Composition and Mineralization: The role of dentin ECM in dentin formation and mineralization. *Front biosci (Elite edition)*. 2011;3(2):711-35.
86. Kim YK, Kim SG, Byeon JH, Lee HJ, Um IU, Lim SC et al. Development of a novel bone grafting material using autogenous teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010;109(4):496-503.
87. Yeomans JD, Urist MR. Bone induction by decalcified dentine implanted into oral, osseous and muscle tissues. *Arch Oral Biol*. 1967;12(8):999-1008.
88. López Sacristán H, Gracia A, Clemente de Arriba C, Seco Calvo JA. Propiedades osteoinductivas de la dentina en regeneración ósea. Estudio preliminar. *Av Odontoestomatol*. 2021; 37(1):39-46.
89. Coscarelli NY, Mosconi EB, Pólvora B, Saporitti FO, Friso NE, Bustichi GS, et al. *Bioquímica del medio bucal*. 1ª edición La Plata: Facultad de Odontología (UNLP) Argentina; 2016.
90. Stevens A, Zuliani T, Olejnik C, LeRoy H, Obriot H, Kerr-Conte J, et al. Human dental pulp stem cells differentiate into neural crest-derived melanocytes and have label-retaining and sphere-forming abilities. *Stem Cells Dev*. 2008;17(6):1175-84.
91. About I, Bottero MJ, De Denato P, Camps J, Franquin JC, Mitsiadis TA. Human dentin production in vitro. *Exp Cell Res*. 2000;258(1):33-41.
92. Del Canto-Díaz A, De Elío-Oliveros J, Del Canto-Díaz M, Gracia MA, Del Canto Pingarrón M, Martínez González JM. Utilización de material dentario autólogo como injerto en el alveolo post-extracción. Estudio piloto. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*. Ed. Española. 2019;24(5):317-324.
93. Kim YK, Yeo HH, Yang IS, Seo JH, Cho JO. Implantation of Toothash combined with plaster of Paris; Experimental Study. *Maxillofac. Plast Reconstr Surg*. 1994;16(2):122-29.
94. Sarala C, Chauhan M, Sandhya PS, Dharmendra CH, Mitra N. Autogenous tooth bone graft: Ingenious bone regeneration material. *Indian J Dent Sci*. 2018;10(1):56-59.
95. Quevedo Bisonni M, Sciaini Lewis V, Suarez González M, Gomes Souto I, Pose Rodríguez JM. Utilización del injerto de dentina desmineralizada y PRP como

- terapéutica complementaria en la exodoncia de un canino incluido en un paciente adulto. Caso clínico (I). RCOE. 2019;24(2):51-58.
96. Slavkin HC, Croissant RD, Bringas P, Matrosian P, Wilson P, Mino W, et al. Matrix vesicles heterogeneity: possible morphogenetic functions for matrix vesicles. (1976, February). Matrix vesicle heterogeneity: possible morphogenetic functions. *Fed Proc.* 1976;35(2):127-34.
 97. Urist MR. Bone: formation by autoinduction. *Science.* 1965; 150(3698):893-9.
 98. Finkelman RD, Mohan S, Jennings JC, Taylor AK, Jepsen S, Baylink DJ. Quantitation of growth factors IGF-I, SGF/IGF-II, and TGF-beta in human dentin. *J Bone Miner Res.* 1990;5(7):717-23.
 99. Kim YK, Bang KM, Murata M, Mitsugi M, Um IW. Retrospective clinical study of allogenic demineralized dentin matrix for alveolar bone repair. *J Hard Tissue Biol.* 2017;26(1):95-102.
 100. Murata M, Sato D, Hino J, Akazawa T, Tazaki J, Ito K et al. Acid-insoluble human dentin as carrier material for recombinant human BMP-2. *J Biomed Mater Res.* 2012; 100(3):571-7.
 101. Jeong KI, Kim SG, Kim YK, Oh JS, Jeong MA, Park JJ. Clinical study of graft materials using autogenous teeth in maxillary sinus augmentation. *Implant Dent.* 2011;20(6):471-5.
 102. Reddy GV, Abhinav A, Malgikar S, Bhagyashree C, Babu PR, Reddy GJ, et al. (2019). Clinical and radiographic evaluation of autogenous dentin graft and demineralized freeze-dried bone allograft with chorion membrane in the treatment of Grade II and III furcation defects-: A randomized controlled trial. *Indian J Dent Sci.* 2019;11(2):83-98.
 103. Kim YK, Kim SG, Byeon JH, Lee HJ, Um IU, Lim SC, et al. Development of a novel bone grafting material using autogenous teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109 (4): 496-503.
 104. Kim YK, Lee JH, Um IW, Cho WJ. Guided bone regeneration using demineralized dentine matrix: Long-term follow-up. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016;74(3):515-21.
 105. Lee JY, Kim YK, Yi YJ, Choi JH. Clinical evaluation of ridge augmentation using autogenous tooth bone graft material: case series study. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2013.39:156-60.

106. Jeong KI, Kim SG, Kim YK, Oh JS, Jeong MA, Park JJ. Clinical study of graft materials using autogenous teeth in maxillary sinus augmentation. *Implant Dent.* 2011;20(6):471-5.
107. Pang K-M, Um I-W, Kim Y-K, Woo J-M, Kim S-M, Lee J-H. Autogenous demineralized dentin matrix from extracted tooth for the augmentation of alveolar bone defect: a prospective randomized clinical trial in comparison with anorganic bovine bone. *Clin Oral Impl Res.* 2017;28:809-15.
108. Kabir AM, Murata M, Kusano K, Akazawa T, Shibata T. Autogenous demineralized dentin graft for third molar socket regeneration. *Dentistry.* 2015;5(11):11-14.
109. Quevedo Bisonni M, Sciaini Lewis V, Rodríguez Pena K, Núñez Otero M, Barbi Actis J, Tábara Rodríguez JJ. Utilización de la tecnología Tooth Transformer y los dientes incluidos del paciente, como material de injerto en un tratamiento multidisciplinar. *RCOE.* 2022;27(4):284-292.
110. Sánchez-Labrador L, Martín-Ares M, Ortega-Aranegui R, López-Quiles J, Martínez-González JM. Autogenous dentin graft in bone defects after lower third molar extraction: a split-mouth clinical trial. *Materials.* 2020;13(14):3090.
111. Gual-Vaqués P, Polis-Yanes C, Estrugo-Devesa A, Ayuso-Montero R, Marí-Roid A, López-López J. Autogenous teeth used for bone grafting: A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2018;23(1):112-19.
112. Schwarz F, Hazar D, Becker K, Sader R, Becker J. Efficacy of autogenous tooth roots for lateral alveolar ridge augmentation and staged implant placement. A prospective controlled clinical study. *J Clin Periodontol.* 2018;45(8):996-1004.
113. Pang KM, Um IW, Kim YK, Woo JM, Kim SM, Lee JH. Autogenous demineralized dentin matrix from extracted tooth for the augmentation of alveolar bone defect: a prospective randomized clinical trial in comparison with anorganic bovine bone. *Clin Oral Impl Res.* 2017;28(7):809-15.
114. Moraes GF, Caetano RO, Prochnow FHO, Pupo YM, Schussel JL, Schwartz-Filho HO. Demineralized human dentin matrix for alveolar ridge preservation using a volumetric and histologic analyses in rats. *Braz Dent J.* 2022;33(3):82-91.
115. Elfana A, El-Kholy S, Saleh HA, Fawzy El-Sayed K. Alveolar ridge preservation using autogenous whole-tooth versus demineralized dentin grafts: A randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2021;32(5):539-48.
116. Grawish ME, Grawish LM, Grawish HM, Grawish MM, Holiel AA, Sultan N, El-Negoly SA. Correction: Demineralized Dentin Matrix for Dental and Alveolar Bone

- Tissues Regeneration: An Innovative Scope Review. *Tissue Eng Regen Med.* 2022;19(4):887-89.
- 117.Sanchez Labrador L, Bazal Bonelli S, Perez Gonzalez F, Saez Alcaide L, Cortés Bretón J, Martínez Gonzalez JM. Autogenous particulated dentin for alveolar ridge preservation. A Systematic review. *Ann Anat.* 2023;246:152024.
- 118.Martinez Laguna D. El papel del calcio y la vitamina D en la prevención y el tratamiento de la osteoporosis. *Osteoporos metabolic miner.* 2019;111(1):13-17.
- 119.Andres Veiga M, Barona Dorado C., Martínez González MJS, López-Quiles J Martínez, Martínez González JM. Influence of the patients' sex, type of dental prosthesis and antagonist on residual bone resorption at the level of the premaxilla. *Med oral pat oral cir bucal.* 2012;17(1):178-82.
- 120.López Quiles J, Garcés R, Trapote S, Paterna E, Cáceres E, Martínez González JM. Distracción ósea en el maxilar sobre injerto de cresta iliaca previo y rehabilitación con implantes: a propósito de un caso. *Dental pract.* 2010;1(2):32-36.
- 121.Wood, MR,Vermilyea SG. A review of selected dental literature on evidence-based treatment planning for dental implants: report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed Prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 2004;92(5):447-462.
- 122.Knezović-Zlatarić D, Čelebić A, Lazić B. Resorptive changes of maxillary and mandibular bone structures in removable denture wearers. *Acta Stomatol Croat.* 2002;36(2):253-259.
- 123.Wallace SC. Guided bone regeneration for socket preservation in molar extraction sites: histomorphometric and 3D computerized tomography analysis. *J Oral Implantol.* 2013;39(4):503-509.
- 124.Al Yafi F, Alchawaf B, Nelson K. What is the optimum for alveolar ridge preservation?. *Dental Clinics.* 2019;63(3):399-418.
- 125.Spiekerman H. Atlas de Implantología. Barcelona: Mason; 1995.
- 126.Park JW, Ko HJ, Jang JH, Kang H, Suh, JY. Increased new bone formation with a surface magnesium-incorporated deproteinized porcine bone substitute in rabbit calvarial defects. *J Biomed Mater Res Part A.* 2012;100A(4):834-840.
- 127.Kim YK, Lee JH, Um IW, Cho WJ. Guided Bone Regeneration Using Demineralized Dentin Matrix: Long-Term Follow-Up. *J Oral Maxillofac Surg.* 2015;74(3):1-9.

128. Torres J, Tamimi F, Tresguerres IF, Alkhraisat MH, Khraisat A, Blanco L, et al. Effect of combining platelet-rich plasma with anorganic bovine bone on vertical bone regeneration: early healing assessment in rabbit calvariae. *Int. J Oral Maxillofac Implants*. 2010;25(1):123-129.
129. Volkov AV, Alekseeva IS, Kulakov AA, Gol'Dshtein DV, Shustrov SA, Shuraev AI, et al. Regeneration of skull bones in adult rabbits after implantation of commercial osteoinductive materials and transplantation of a tissue-engineering construct. *Bull Exp Biol Med*. 2010;149:505-510.
130. Schlegel KA, Donath K, Rupprecht S, Falk S, Zimmermann R, Felszeghy E, et al. De novo bone formation using bovine collagen and platelet-rich plasma. *Biomaterials*. 2004;25(23):5387-5393.
131. Terheyden H, Jepsen S, Möller B, Tucker MM, Rueger DC. Sinus floor augmentation with simultaneous placement of dental implants using a combination of deproteinized bone xenografts and recombinant human osteogenic protein-1. A histometric study in miniature pigs. *Clin Oral Impl Res*. 1999;10(6):510-521.
132. Heinemann F, Hasan I, Schwahn C, Bourauel C, Mundt T. Bone level change of extraction sockets with Bio-Oss collagen and implant placement: a clinical study. *J. Anat.* 2012;194(6):508-512.
133. Flichy-Fernández AJ, Blaya-Tárraga JA, O'Valle F, Padiál-Molina M, Peñarrocha-Diago M, Galindo-Moreno P. Sinus floor elevation using particulate PLGA-coated biphasic calcium phosphate bone graft substitutes: A prospective histological and radiological study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2019;21(5):895-902.
134. Helder MN, van Esterik FA, Kwehandjaja MD, Ten Bruggenkate CM, Klein-Nulend J, Schulten EA. Evaluation of a new biphasic calcium phosphate for maxillary sinus floor elevation: Micro-CT and histomorphometrical analyses. *Clin Oral Impl Res*. 2018;29:488-498. 2018;29(5):488-498.
135. Machtei EE, Mayer Y, Horwitz J, Zigdon-Giladi H. Prospective randomized controlled clinical trial to compare hard tissue changes following socket preservation using alloplasts, xenografts vs no grafting: Clinical and histological findings. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2019;21(1):14-20.
136. Canullo L, Tronchi M, Kawakami S, Iida T, Signorini L, Mordini L. Horizontal Bone Augmentation in the Anterior Esthetic Area of the Maxilla Using a Flap Design Adapted from Mucogingival Surgery in Association with PLA Membrane and β -TCP. *Int J Periodontics Restor Dent*. 2019; 39(2):195-201.

- 137.Lee JY, Kim YK, Yi YJ, Choi JH. Clinical evaluation of ridge augmentation using autogenous tooth bone graft material: case series study. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2013;39:156-60.
- 138.Kim YK, Bang KM, Murata M, Mitsugi M, Um IW. Retrospective clinical study of allogenic demineralized dentin matrix for alveolar bone repair. *J Hard Tissue Biol.* 2017;26(1):95-102.
- 139.Ramanauskaitė A, Sahin D, Sader R, Becker J, Schwarz F. Efficacy of autogenous teeth for the reconstruction of alveolar ridge deficiencies: A systematic review. *Clin Oral Invest.* 2019;23:4263-87.
- 140.Bono N, Tarsini P, Candiani G. Demineralized dentin and enamel matrices as suitable substrates for bone regeneration. *J Appl Biomater Funct Mater.* 2017;15(3):236-243.
- 141.Pietrzak WS, Ali SN, Chitturi D, Jacob M, Woodell-May JE. (2011). BMP depletion occurs during prolonged acid demineralization of bone: characterization and implications for graft preparation. *Cell tissue bank.* 2011;12:81-88.
- 142.Jeong KI, Kim SG, Kim YK, Oh JS, Jeong MA, Park JJ. Clinical study of graft materials using autogenous teeth in maxillary sinus augmentation. *Implant Dent.* 2011;20(6):471-5.
- 143.Park M, Mah YJ, Kim DH, Kim ES, Park EJ. Demineralized deciduous tooth as a source of bone graft material: its biological and physicochemical characteristics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2015;120(3):307-314.
- 144.Tazaki J, Murata M, Yuasa T, Akazawa T, Ito K, Hino J, et al. Autograft of human tooth and demineralized dentin matrices for bone augmentation. *J Ceram Soc Jpn.* 2010;118(1378):442-445.
- 145.Valdec S, Pasic P, Soltermann A, Thoma D, Stadlinger B, Rucker M. Alveolar ridge preservation with autologous particulated dentin – a case series. *Int J Implant Dent* 2017;3(12):1-9.
- 146.Khanijou M, Seriwatanachai D, Boonsiriseth K, Suphangul S, Pairuchvej V, Srisatjaluk RL, et al. Bone graft material derived from extracted tooth: A review literature. *J Oral Maxillofac Surg Med Path.* 2019;31(1):1-7.
- 147.Gual-Vaqués P, Polis-Yanes C, Estrugo-Devesa A, Ayuso-Montero R, Marí-Roid A, López-López J. Autogenous teeth used for bone grafting: A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2018;23(1):112-9.

- 148.Koga T, Minamizato T, Kawai Y, Miura KI, I T, Nakatani Y, et al. Bone regeneration using dentin matrix depends on the degree of demineralization and particle size. *Plos one*. 2016;11(1):e0147235.
- 149.Murata M, Akazawa T, Takahata M, Ito M, Tazaki J, Hino J, et al. (2010). Bone induction of human tooth and bone crushed by newly developed automatic mill. *J Ceram Soc Jpn*. 2010;118(1378):434-37.
- 150.Beca Campoy T. Fractura vertical: Socket Shield e injerto autólogo de dentina. *RCOE*. 2019;24(1):22-29.
- 151.Kim YK, Lee JH, Um IW, Cho WJ. Guided bone regeneration using demineralized dentine matrix: Long-term follow-up. *J Oral Maxillofac Surg*. 2016;74(3):515-21.
- 152.Kabir AM, Murata M, Kusano K, Akazawa T, Shibata T. Autogenous demineralized dentin graft for third molar socket regeneration. *Dentistry*. 2015;5(11):9-13.
- 153.Tanoue R, Ohta K, Miyazono Y, Iwanaga J, Koba A, Natori T, et al. Three-dimensional ultrastructural analysis of the interface between an implanted demineralised dentin matrix and the surrounding newly formed bone. *Scientific reports*. 2018;8:2858.
- 154.Minetti E, Palermo A, Trisi P, Taschieri SL. Tooth transformer®: A new method to prepare autologous tooth grafts—Histologic and histomorphometric analyses of 11 consecutive clinical cases. *Int J Growth Factors Stem Cells Dent*. 2019;2(3).56-61.
- 155.Al-Asfour A, Farzad P, Al-Musawi A, Dahlin C, Andersson L. (2017). Demineralized xenogenic dentin and autogenous bone as onlay grafts to rabbit tibia. *Implant dentistry*. 2017;26(2):232-37.
- 156.Martinez-Laguna D. El papel del calcio y la vitamina D en la prevención y tratamiento de la osteoporosis. *Rev Osteoporos Metab Miner*. 2019;11(1):13-17.
- 157.Lumetti S, Galli C, Manfredi E, Consolo U, Marchetti C, Ghiacci G, et al. Correlation between density and resorption of fresh-frozen and autogenous bone grafts. *BioMed Res Int*. 2014; 508328.
- 158.Cardaropoli D, Nevins M, Schupbach P. New Bone Formation Using an Extracted Tooth as a Biomaterial: A Case Report with Histologic Evidence. *Int J Periodontics Restorative Den*. 2019; 39(2).157-63.
- 159.Garcia Carrasco JY, Cabrera A. Injerto de dentina autógena aplicado para la preservación de reborde residual. Reporte de un caso clínico. *Rev Odont Mex*. 2019;23(3):182-191.

10.

Anexos

10.1 INDICE DE TABLAS, FIGURAS Y FOTOS

TABLAS

Tabla 1.	Distribución de la edad.....	92
Tabla 2.	Sexo del paciente según la localización en boca del alveolo regenerado.....	94
Tabla 3.	Edad del paciente según la localización en boca del alveolo regenerado	94
Tabla 4.	Descripción de los valores Hu a los 3 meses en cada posición vestibular y bucal según localización del alveol.....	96
Tabla 5.	Descripción de los valores Hu a los 6 meses en cada posición vestibular y bucal según localización del alveol.....	97
Tabla 6.	Descripción de los valores Hu a los 9 meses en cada posición vestibular y bucal según localización del alveolo que sólo ha sido regenerado	98
Tabla 7.	Descripción de los valores Hu a los 12 meses en cada posición vestibular y bucal según localización del alveolo que sólo ha sido regenerado	99
Tabla 8.	Distribución porcentual de las localizaciones en boca	100
Tabla 9.	Evolución de los valores Hu entre los 3 y 6 meses para cada localización en boca.....	101
Tabla 10.	Evolución de los valores Hu en el tiempo para cada localización en boca	102
Tabla 11.	Distribuciones de los valores Hu e ISQ para alveolos regenerados e implantados	103
Tabla 12.	Correlaciones entre la ISQ y los valores Hu a los 6 meses ** La correlación es significativa al 1% ($p < 0.01$)	104
Tabla 13.	Diagrama de la evolución de los valores Hu a los 6 meses en total y por localización Media marginal estimada	105
Tabla 14.	Diagrama de la evolución de los valores Hu hasta los 12 meses en total y por localización para implantes sólo regenerados	106

FIGURAS

Figura I-1.	Distribución porcentual de la materia orgánica en la matriz ósea.	22
Figura I-2.	Principales proteínas presentes en la matriz ósea.	25
Figura I-3.	Clasificación de Seibert – 1983.	28
Figura. I-4.	Condiciones para la regeneración previsible (Wang y Boyapati).....	31
Figura I-5.	Técnicas y aparatología para exodoncia atraumática.	35
Figura I-6.	Características ideales de los biomateriales para la regeneración ósea.	41
Figura I-7.	Evolución de los concentrados plaquetarios.....	49

Figura I-8.	Clasificación de los biomateriales para la regeneración ósea según su procedencia.	50
Figura I- 9.	Factores que favorecen la formación de osteoblastos. Elaboración propia	52
Figura I-10.	Composición de la matriz extracelular dentinaria. Elaboración propia	54
Figura I-11.	Evolución del injerto de dentina hasta los 12 meses, donde se puede observar el el relleno completo del defecto oseos.....	60
Figura VI-1.	Distribución porcentual según sexo.....	91
Figura VI-2.	Box-plot de la edad del paciente (Q1 percentil 25, Q2 mediana, Q3 percentil 75).....	92
Figura VI-3.	Listado de las comorbilidades en los pacientes.	93
Figura VI-4.	Distribución porcentual del nº de alveolos regenerados..	93
Figura VI-5.	Listado de las comorbilidades en los pacientes con base de cálculo el nº total de alveolos (N=67).	95
Figura VI-6.	Comparativa de la evolución de los valores Hu según localización. Se observan 2 circunstancias: que los valores de Hu son, en general, más elevados en el sector inferior posterior (efecto LOCALIZACIÓN, $F(4.384,3,125)$ p 0.006, línea verde más alta que el resto -se detalla mejor en la tabla de abajo-) y que los patrones de cambio son idénticos en las 4 zonas (líneas paralelas, $F(0.190,3,125)$, p 0.903).	101
Figura VI-7.	Comparativa de la evolución de los valores Hu según localización Se observan 2 circunstancias: que los valores de Hu son, en general, diferentes entre zonas (efecto GRUPO, $F(8.475,3,207)$ p 0.000, líneas a distintas alturas) de manera que en Superior posterior e Inferior posterior son iguales (líneas roja y naranja), en Superior Anterior mayores que es los dos anteriores y en Inferior Anterior, mayores que en las otras 3 zonas (línea verde más alta que todas, azul más alta de roja y naranja) y que los patrones de cambio varían en las zonas según se ha explicado arriba (líneas no paralelas).....	103
Figura VI-8.	Diagrama de dispersión entre los valores Hu a los 6 meses y las dos medidas de ISQ con línea de ajuste..	104
Figura VI-9.	Listado de complicaciones quirúrgicas.	
Figura VII-1.	Estudios experimentales con dentina.....	122

FOTOS

Foto V-1.	Imagen de Magnetic Mallet.....	75
Foto V-2.	Imagen de Piezo Eléctrico NSK	76
Foto V-3.	Imagen de Centrífuga Medifuge	76
Foto V- 4.	Imagen del dispositivo Tooth Transformer.....	77
Foto V- 5.	Imagen del dispositivo Ostell	78

Foto V-6.	Procesado sanguíneo para la obtención de membrana de CGF.	80
Foto V-7.	Secuencia para la obtención de dentina semidesmineralizada.	82
Foto V-8.	Secuencia del procedimiento quirúrgico de la preservación alveolar.	84
Foto V-9.	Resumen fotográfico de todos los procedimientos llevados a cabo en el protocolo de preservación alveolar con dentina desmineralizada.	85
Foto V-10.	Captura que exhibe la interfaz del programa de procesamiento Blue Sky Bio 4, destacando la herramienta destinada a la determinación de Unidades Hounsfield, ubicada dentro de un círculo amarillo en la esquina superior derecha de la imagen.	86
Foto V-11.	Corte sagital CBCT donde se muestran las zonas de medición del área regenerada.	87
Foto V-12.	Corte sagital de CBCT que ilustra las áreas de medición del área regenerada, con la presentación detallada de sus respectivos valores en unidades Hounsfield.	87
Foto VI-1.	Histología tomada tres meses después de la cirugía de regeneración, que revela la presencia de diversas partículas de dentina, algunas coloreadas (A) y otras sin teñir (B), todas inmersas en un entorno de tejido óseo desarrollado (C).	109
Foto VI-2.	Histología obtenida tras 6 meses de la intervención de regeneración, revelando de manera notable la reabsorción dentinaria llevada a cabo por los osteoclastos (Zona A), evidenciada mediante el característico festoneado y la formación de lagunas de Howship.	109
Foto VI-3.	En la muestra, se distingue una partícula de dentina con línea de fractura (A). Observamos, además, otras partículas de dentina en pleno proceso de reabsorción, revelando los túbulos dentinarios y su aspecto en los cortes longitudinales (B) y transversales (C).	110
Foto VI-4.	La muestra histológica tras un periodo de regeneración de 9 meses, revela un hueso maduro, con algunas partículas de dentina en proceso de reabsorción en la Zona A. En la Zona B, se destacan áreas donde estas partículas se han integrado de manera notable.	110

10.2 CONSENTIMIENTO INFORMADO DENTINA DESMINERALIZADA.



Unidad docente de cirugía oral

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA REGENERACION OSEA MEDIANTE INJERTO DE DENTINA DESMINERALIZADA.

DON/DOÑA.....
con fecha de nacimiento el...../...../....., con D.N.I./Pasaporte /N.I.E N°.....y
domicilio calle N.... Población/ciudad..... C.P
Provincia
Mayor de edad y con plena capacidad de facultades,

DECLARO:

Que el Doctor Jose María Suarez Quintanilla, investigador principal, y el Dr. Miguel Ricardo Quevedo Bisonni, investigador responsable de recabar información y consentimientos me han explicado que en mi situación clínica, es conveniente proceder a la regeneración ósea, y que la propuesta en mi caso es:

TRATAMIENTO DE REGENERACION OSEA MEDIANTE INJERTO DE DENTINA AUTÓLOGA DESMINERALIZADA

- 1) He recibido información y comprendo el propósito y la naturaleza del procedimiento quirúrgico de REGENERACIÓN. Comprendo que es necesario para llevar a cabo posteriormente TRATAMIENTO DE REHABILITACION BUCAL MEDIANTE PROTESIS IMPLANTO SOPORTADA (fijada mediante implantes)
- 2) El odontólogo ha revisado mi boca cuidadosamente, se me ha explicado las alternativas a este tratamiento.
- 3) Además he recibido información sobre los posibles riesgos y complicaciones que acarrea la cirugía dadas por los medicamentos y / o anestésicos. Tales complicaciones pueden ser dolor, hinchazón, infección, parestesias y otras propias del acto quirúrgico como entumecimiento de la lengua, labios, mentón, mejillas o dientes. Es también posible la inflamación de venas, daños a los dientes presentes, fractura de huesos, penetración en los senos maxilares o lesión del nervio dentario inferior, cicatrización retardada, reacciones alérgicas a los medicamentos utilizados, etc.
- 4) Comprendo que si no se hace nada alguna de las siguientes cosas podría suceder: pérdida ósea, inflamación de las encías, aflojamiento de los dientes seguido de la necesidad de extracción. Son también posibles los trastornos de la mandíbula (articulación temporomandibular), dolores de cabeza, dolores irradiados a la parte de atrás del cuello y músculos faciales, como así también que los músculos podrían manifestar cansancio al masticar.
- 5) El odontólogo me ha explicado que no hay ningún método para predecir exactamente la capacidad de cicatrización del hueso o de la encía en cada paciente después de la colocación de estos injertos.
- 6) Se me ha explicado que a veces los injertos y biomateriales no se integran y hay que retirarlos.

- 7) Se me ha informado y comprendo que la ciencia odontológica no es una ciencia exacta y su práctica no supone por parte del profesional garantía de éxito ni seguridad en cuanto a los resultados del tratamiento o de la cirugía.
- 8) Comprendo que el fumar, el alcohol y el azúcar podrían afectar a la buena cicatrización y limitar el éxito, y hasta acarrear el fracaso del injerto
- 9) Estoy de acuerdo en seguir las instrucciones del odontólogo para los cuidados en el hogar posteriores a los actos odontológicos necesarios, y acudir a las citas de control para exámenes regulares según sus instrucciones Y autorizo así mismo a realizar y solicitar cuantas exploraciones sean necesarias, para lograr el exitoso fin del tratamiento
- 10) Accedo al tipo de anestesia seleccionada por mi odontólogo, y convengo en no conducir un vehículo de motor o un artefacto peligroso hasta por lo menos 24 horas o más después de que me haya recuperado por completo de los efectos de la anestesia y/o de los medicamentos utilizados.
- 11) Según mi entendimiento he dado información exacta acerca de mi historial de la salud mental y física. También he dado información acerca de reacciones anteriores poco usuales como reacciones alérgicas a medicamentos, a alimentos, a picaduras de insectos, anestésicos, polen, polvo, sangre o enfermedades corpóreas, reacciones de la encía o la piel, sangrados anormales o cualquier otra condición relacionada a mi salud.
- 12) Doy mi consentimiento para que me tomen fotografías, películas o se hagan grabaciones y radiografías de los procedimientos a llevarse a cabo para el avance de la odontología con tal de que no se divulgue mi identidad.
- 13) Pido y autorizo servicios médicos/ dentales para mí, incluyendo: Regeneración ósea con dentina, implantes y otras cirugías.
- 14) Comprendo plenamente que durante el propuesto procedimiento, cirugía o tratamiento podrían manifestarse ciertas condiciones que necesitarían a juicio del odontólogo tratamiento adicional o alternativo pertinente al éxito del tratamiento completo.
- 15) Apruebo cualquier modificación en el diseño, materiales o cuidados si se cree que es para mi provecho.
- 16) Debo seguir los consejos y pautas del tratamiento dados por el profesional y consultar cualquier eventualidad que ocurra y que no me parezcan normales. Además, debo seguir meticulosamente las instrucciones previas y posteriores a la cirugía, Sobre medicación y pauta de la misma, sobre higiene propia y de las prótesis, y acudir a las revisiones periódicas acordadas con el profesional. Se me ha informado que estas revisiones serán frecuentes y que debo acudir a las mismas con toda la premura que me sea posible. Además de informar de inmediato, siempre que tenga cualquier molestia o duda sobre el tratamiento. He comprendido las explicaciones que se me han facilitado en un lenguaje claro y sencillo, y el facultativo que me ha atendido me ha permitido realizar todas las observaciones y me ha aclarado todas las dudas que le ha planteado. También comprendo que, en cualquier momento y sin necesidad de dar ninguna explicación, puedo revocar el consentimiento que ahora presto.
Por, ello manifiesto que estoy satisfecho con la información recibida y que comprendo el alcance y los riesgos del tratamiento.

Y en tales condiciones, CONSIENTO:

Que se me practique **TRATAMIENTO DE REGENERACION OSEA MEDIANTE INJERTO DE DENTINA DESMINERALIZADA**

En.....
Fdo: Miguel R. Quevedo Bisonni
El Odontólogo

A fecha.....
Fdo:
El paciente



10.3 CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO.



Unidad docente de cirugía oral

Consentimiento para participar en el estudio

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

Título: Evaluación del injerto de dentina obtenido con el dispositivo Tooth Transformer y su calidad ósea expresada mediante unidades Hounsfield.

Yo, _____

- He leído la hoja de información como participante del estudio arriba mencionado que se me entregó, pude conversar con D. Miguel Ricardo Quevedo Bisonni y hacer todas las preguntas necesarias para comprender las condiciones del mismo.
- Considero que he recibido suficiente documentación sobre el estudio.
- Comprendo que mi participación es voluntario, y que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones y sin que esta repercuta en mis cuidados médicos.
- Accedo a que se utilice mis datos en las condiciones detalladas en la hoja de información al participante
- Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

En cuanto a los resultados de las pruebas realizadas,

- DESEO Conocer los resultados de mis pruebas
- NO DESEO conocer los resultados de mis pruebas

El/la participante,

el/la investigador/a,

Firmado:

Firmado:

Fecha:

Fecha:



10.4 HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN



Unidad docente de cirugía oral

Hoja de información al participante del estudio de Investigación

Título: : Evaluación del injerto de dentina obtenido con el dispositivo Tooth Transformer y su calidad ósea expresada mediante unidades Hounsfield.

INVESTIGADORES: Dr: José María Suarez Quintanilla (Investigador principal)
Dr. Miguel Ricardo Quevedo Bisonni (Investigador para la
recabación de información e intervenciones clínicas)

Este documento tiene como objetivo proporcionar información sobre un estudio de investigación sobre **regeneración ósea mediante el injerto de dentina desmineralizada**, en el que se le invita a participar.

Este estudio se lleva a cabo en la unidad docente de cirugía oral de la USC (calle Entreríos s/n – Santiago de Compostela – A Coruña), Clínica social de La Coruña (Calle Ciudad de Lugo nº 11- bajo – A Coruña), y en la clínica privada Quevedo-Bisonni (Avda. Galicia nº 6 – 1º B- 36470- Salceda de Caselas. Nº de Registro Sanitario C-36-001485)

Si usted decide participar, debe recibir información personalizada del investigador, leer este documento y hacer todas las preguntas que usted necesite para comprender todos los detalles al respecto. Si usted lo desea, puede llevarse el documento para leerlo con otras personas, y tomarse el tiempo necesario para decidir si participa o no. La participación en este estudio es completamente voluntaria, y usted puede decidir no participar, o en el caso en el que acepte, puede cambiar de parecer retirando el consentimiento en cualquier momento sin obligación de dar explicaciones. Le aseguramos que esta decisión, no afectará a la relación con el personal de la clínica ni a la asistencia de calidad a la que tiene derecho.

¿Cuál es el propósito del estudio?

El interés del presente estudio radica fundamentalmente en la utilización del diente que le exodoncamos a usted, como material de autoinjerto. De esta forma se evita por una parte; realizar una segunda cirugía, con el fin de obtener hueso de otras zonas donantes (intra o extraorales), con lo que usted se sometería a dos cirugías, con el aumento de las complicaciones que esto supone; y por otra parte recurrir a otro tipo de injertos de distinta procedencia, o bien animal, de bancos humanos o de material sintético. Y por otra parte abarataría significativamente el tratamiento con implantes



Son muchos los estudios que demuestran que la composición de dentina y hueso son similares, y que la dentina tratada adecuadamente posee diferentes factores que activan distintos mecanismos para la regeneración ósea.

Una vez realizada la cirugía de regeneración con dentina, por medio de TACs que le tomaremos cada dos o tres meses, evaluaremos la calidad del hueso que se forma y si este es apto para la colocación de implantes.

El beneficio que podría arrojar este estudio, es la presentación de la dentina como un material fiable para la regeneración del hueso, cuyo beneficio no sería solo biológico, sino además económico

¿Por qué he sido elegido para participar en este estudio?

La selección de los invitados a participar en este estudio, depende de varios criterios que se describen en un protocolo de investigación. En principio porque usted es mayor de 18 años, y precisa la exodoncia de uno o más dientes, siendo que estos dientes son útiles para la obtención de dentina, y para la regeneración ósea donde en un futuro se colocaran implantes osteointegrados.

Por otra parte no posee usted, problemas sistémicos, ni hábitos tóxicos que puedan afectar a la regeneración ósea.

Además está usted completamente capacitado como para comprender las condiciones del estudio, sus objetivos y la importancia de acudir a las revisiones de control

Esperamos que al igual que usted aproximadamente otras 50 personas participen en este estudio.

¿Qué riesgos o inconvenientes tiene?

Los inconvenientes que puede causar su participación en el estudio son de dos tipos: El primero es quirúrgico, y son manifestaciones comunes a todos los procedimientos de cirugía bucal es decir; dolor, hinchazón, infección, parestesias y otras propias del acto quirúrgico como entumecimiento de la lengua, labios, mentón, mejillas o dientes. Es también posible la inflamación de venas, cicatrización retardada, reacciones alérgicas a los medicamentos utilizados, etc.

Y por otra parte, las exploraciones en revisiones periódicas y la entrevista de las mismas que nos requerirá un tiempo aproximado de una hora.

En cualquier caso dispondrá usted siempre de un número telefónico de contacto, para recibir ayuda por parte del investigador en el momento en que surja algún inconveniente.

Si durante el curso del estudio se conocen datos relevantes que afecten a la relación riesgo beneficio de su participación, se le notificará para que pueda decidir continuar o abandonar.

¿Obtendré algún beneficio por participar?

No se espera que usted tenga ningún beneficio directo de su participación en el estudio, más allá de la regeneración ósea en sí, y en el caso en que la investigación resulte exitosa, la probabilidad de una mayor osteointegración del implante en el hueso una vez que se realice.

¿Recibiré la información obtenida en el estudio?

Usted puede obtener los resultados de las pruebas y exploraciones en el caso que lo solicite. Estos resultados serán puestos a disposición de su médico de familia quien será el que interprete los resultados.

¿Se publicaran los resultados de este estudio?

Los resultados de este estudio serán publicados en revistas científicas de difusión, pero en ningún caso transmitirá ningún dato que pueda conducir a la identificación de los participantes.

¿Cómo se protegerá la confidencialidad de mis datos?

De conformidad con el Reglamento UE 2016/679 y con la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos y Garantías de los Derechos Digitales, los datos recabados serán incorporados por la Universidad de Santiago de Compostela (USC) en el tratamiento de “Gestión de los datos de la investigación” con la finalidad de la Gestión de los datos de las investigaciones en actividades científicas, históricas, culturales y lingüísticas para crear resultados de investigación con fines científicos.

El responsable de dicho tratamiento es la Universidad de Santiago de Compostela, Praza do Obradoiro s/n, 15782 - Santiago de Compostela, correo-e protecciondedatos@usc.gal

El contacto con el Delegado de Protección de Datos es dpd@usc.gal

La base de justificación de este tratamiento es el consentimiento expresado por las personas interesadas para uno o varios fines específicos.

Se podrán ceder datos a administraciones públicas con competencias en la materia, y en los supuestos de obligaciones legales.

Las personas interesadas pueden ejercer ante el responsable los derechos de acceso, rectificación, supresión, limitación de tratamiento oposición y portabilidad a través de la sede electrónica de la USC:

<https://sede.usc.gal/sede/publica/catalogo/procedemento/55/ver.htm>

También pueden dirigirse a la Agencia Española de Protección de Datos para realizar la reclamación que consideren oportuna.

Los datos serán conservados durante el período en el que se realice la finalidad para la que fueron recogidos, o el tiempo necesario para cumplir con las obligaciones legales.

La política de privacidad y protección de datos de la USC se puede consultar en

<https://www.usc.gal/es/normativa/protecciondatos/index.html>

¿Qué pasará con las muestras obtenidas?

No existen.

¿Qué pasará si hay alguna consecuencia negativa de mi participación?

No se prevé ningún riesgo por la mera participación en el estudio.

¿Hay intereses económicos en este estudio?

Los investigadores no reciben una compensación económica por su dedicación al estudio.

Usted no recibirá dinero alguno por su participación

Es posible que de los resultados del estudio se deriven productos comerciales y patentes.

En este caso, usted no participaría en los beneficios económicos que puedan derivarse.

¿Quién Puede darme más información?

Puede ponerse en contacto con el Dr. Miguel Ricardo Quevedo Bisonni

En el teléfono 675688253 para más información.

Muchas gracias por su cooperación.

10.5 INFORMACIÓN SOBRE PROTECCIÓN DE DATOS



Unidad docente de cirugía oral

Información sobre protección de datos

Compromiso para cumplir la “ley de Protección de Datos”

Manifestación explícita de compromiso del investigador principal

Dr. José María Suarez Quintanilla

Unidad Docente de Cirugía Oral – Facultad de Medicina y Odontología

Universidad de Santiago de Compostela

Hace constar:

- ✓ Que conoce el protocolo del estudio
Título: Evaluación del injerto de dentina obtenido con el dispositivo Tooth Transformer y su calidad ósea expresada mediante unidades Hounsfield.
- ✓ Que dicho estudio respeta las normas éticas aplicables a este tipo de estudio de investigación y garantiza la adopción de las medidas de índole técnica y organizativa necesaria para mantener la confidencialidad, integridad y seguridad de los datos de carácter personal, y evitar su pérdida, alteración, tratamiento o acceso no autorizado, habida cuenta del estado de la tecnología y la naturaleza de los datos almacenados; siendo consciente el usuario de que la seguridad en Internet no es inexpugnable.
- ✓ Que participará como investigador principal del mismo.
- ✓ Que cuenta con los recursos materiales y humanos necesarios para su realización sin que esto interfiera con otros estudios ni con otras tareas profesionales asignadas.
- ✓ Que se compromete a cumplir el protocolo presentados por el promotor y aprobados por el comité ético de investigación clínica en todos sus apartados, así como las sucesivas modificaciones por este último.
- ✓ Que respeta las normas éticas y legales aplicables, especialmente la declaración de Helsinki y el convenio de Oviedo y seguirá así mismo las normas de buena práctica en investigación en seres humanos en su realización.
- ✓ Que los investigadores colaboradores necesarios son idóneos.

En Santiago, a de de 202.....



10.6 CLÁUSULA RELATIVA A PROTECCIÓN DE DATOS DE CARÁCTER PERSONAL



Unidad docente de cirugía oral

Título del Estudio : Evaluación del injerto de dentina obtenido con el dispositivo Tooth Transformer y su calidad ósea expresada mediante unidades Hounsfield.

CLÁUSULA RELATIVA A PROTECCIÓN DE DATOS DE CARÁCTER PERSONAL

De conformidad con el Reglamento UE 2016/679 y con la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos y Garantías de los Derechos Digitales, los datos recabados serán incorporados por la Universidad de Santiago de Compostela (USC) en el tratamiento de “Gestión de los datos de la investigación” con la finalidad de la Gestión de los datos de las investigaciones en actividades científicas, históricas, culturales y lingüísticas para crear resultados de investigación con fines científicos.

El responsable de dicho tratamiento es la Universidad de Santiago de Compostela, Praza do Obradoiro s/n, 15782 - Santiago de Compostela, correo-e protecciondedatos@usc.gal

El contacto con el Delegado de Protección de Datos es dpd@usc.gal

La base de justificación de este tratamiento es el consentimiento expresado por las personas interesadas para uno o varios fines específicos.

Se podrán ceder datos a administraciones públicas con competencias en la materia, y en los supuestos de obligaciones legales.

Las personas interesadas pueden ejercer ante el responsable los derechos de acceso, rectificación, supresión, limitación de tratamiento oposición y portabilidad a través de la sede electrónica de la USC: <https://sede.usc.gal/sede/publica/catalogo/procedemento/55/ver.htm>

También pueden dirigirse a la Agencia Española de Protección de Datos para realizar la reclamación que consideren oportuna.

Los datos serán conservados durante el período en el que se realice la finalidad para la que fueron recogidos, o el tiempo necesario para cumplir con las obligaciones legales.

La política de privacidad y protección de datos de la USC se puede consultar en <https://www.usc.gal/es/normativa/protecciondatos/index.html>

Doy mi consentimiento para el tratamiento de los datos proporcionados de acuerdo con la legislación vigente.

Nombre y Apellidos :

Firma:

En Santiago, a de de 202.....





Ficha para la recogida de datos clínicos del estudio

Nombre y Apellidos (Iniciales):

Diagnóstico:

Plan del tratamiento:

1º Visita:

2º Visita:

3º Visita:

4º Visita:

5º Visita:

6º Visita:

7º Visita:

8º Visita:

9º Visita:

Duración estimada del tratamiento:





Ficha para la recogida de datos clínicos del estudio

Nombre y Apellidos (Iniciales):

 	E.I	C.R	C.I	E.F
Fecha				

E.I= Estado Inicial C.R=Cirugía Regeneración C.I= cirugía de Implantes E.F=Evaluación Final

Z/D = zona/diente. Valoración Hounsfield (Hu): $H\mu_0$ = pre quirúrgico $H\mu_1$ Post regeneración: **1** = (3 meses) **2** = (6 meses) **3** = (9 meses) **4** = (12 meses) \neq_1 Diferencia Inicio/Evaluación

Comentarios:

Control Densidad (C.D₁)

 	Hounsfield ₁						
	V ₁	V ₂	V	B	B ₂	B	\bar{x}

Control Densidad (C.D₂)

 	Hounsfield ₂						
Z/	V ₁	V ₂	V	B	B ₂	B	\bar{x}

Control Densidad (C.D₃)

 	Hounsfield ₄						
Z/	V ₁	V ₂	V	B	B ₂	B	\bar{x}

Control Densidad (C.D₄)

 	Hounsfield ₄						
Z/	V ₁	V ₂	V	B	B ₂	B	\bar{x}

C.D₁ = Control densidad 3 meses C.D₂ = Control densidad 6 meses C.D₃ = Control densidad 9 meses C.D₄ = Control densidad 12 meses Z/D =Zona/ Diente. Baremos:-V₁= vestibulo Coronal -V₂= vestibulo Medial -V₃= vestibulo Apical B₁= Buco o Linguo coronal -B₂= Buco o Linguo Medial B₃= Buco o Linguo Apical





Ficha para la recogida de datos clínicos del estudio

Nombre y Apellidos (Inicial):

Implantes					ISQ		
Fecha	Pieza	Implante (marca)	Referencia	Medidas	BL	MD	Fecha de carga

Valores de ISQ indicados para rehabilitación protética

ISQ	P. Unitarios	P. Parciales	Prótesis totales
<60	Carga convencional después de 2 o más meses		
60-64	Carga convencional	Carga diferida	Carga inmediata
65-69	Carga temprana	Carga inmediata	Carga inmediata
>70	Carga inmediata		





Ficha para la recogida de datos clínicos del estudio

Nombre y apellidos (Iniciales):

Biopsia:

Fecha de toma de muestra: _____ Fecha de resultados: _____

Biopsia Descripción:

Imagen 1:

Imagen 2:

Imagen 3:

Imagen 4:

Comentario:

Evaluación final:



10.8 INFORME COMITÉ DE BIOÉTICA DA USC



VICERREITORÍA DE INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN
Oficina de Investigación e Tecnoloxía
Servizo de Convocatorias e Recursos Humanos de I+S
Edificio CACTUS – Campus Vida
15782 Santiago de Compostela
Tel 981 547 040 - Fax 981 547 077
Correo electrónico: citinfo@usc.es
<http://imaisd.usc.es>

JOSÉ MANUEL CIFUENTES MARTÍNEZ, PRESIDENTE DO COMITÉ DE BIOÉTICA DA UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA,

INFORMA:

O Comité de Bioética da USC ten ponderado os aspectos metodolóxicos, éticos e legais do proxecto de investigación cuxos datos se refiren a continuación, e se teñen avaliado a cualificación do investigador responsable e do equipo investigador, así como as posibilidades do proxecto conforme a lexislación vixente.

Por todo elo o Comité **ACORDA** a emisión de **INFORME FAVORABLE**

Título do proxecto: **Evaluación del injerto de dentina obtenido con el dispositivo Tooth Transformer y su calidad ósea expresada mediante unidades Hounsfield**

Código: **USC 21/2023**

Investigador responsable: **José María Suárez Quintanilla**

Lugo, 24 de maio de 2023.

10.9 ARTÍCULOS

ARTÍCULO 1. **Assessment Of Bone Regeneration With Dentin Graft Obtained Using The Tooth Transformer Device And Bone Quality Quantification Expressed In Hounsfield Units**

Quevedo Bisonni MR, Barbi Actis, J, Gouveia MA, Suarez Quintanilla JM.. IORS Journal of Dental and Medical Sciences. 2023;22(11):41-50. DOI: 10.9790/0853-2211014150

<https://www.iosrjournals.org/iosr-jdms/papers/Vol22-issue11/H2211014150.pdf>

e-ISSN: 2279-0853, p-ISSN: 2279-0861

Artículo Open Access

Indicadores de calidad:

El artículo ha sido publicado en el IOSR Journal of Dental and Medical Sciences, el cual posee un **factor de impacto de 1.576** (2020) según el **African Quality Centre for Journals (AQCJ)**, posicionada en el puesto 33 de su categoría. Esta revista está debidamente indexada en reconocidas bases de datos como Indian Citation Index (ICI), Google Scholar, J-Gate y ResearchGate.

Contribución específica en la publicación:

En el artículo arriba mencionado, el doctorando Miguel Ricardo Quevedo Bisonni ha sido responsable del desarrollo inicial del protocolo, su validación y verificación, la visualización, plasmación y procesamiento de datos, además de encargarse del análisis formal y la elaboración del borrador original.

Contribucion de los autores:

Conceptualización: Javier Barbi Actis y Dr.José María Suarez Quintanilla.

Metodología: Miguel Ricardo Quevedo Bisonni, Javier Barbi Actis, Dr.Miguel Angelo Gouveia y Dr.José María Suarez Quintanilla.

Validación: Miguel Ricardo Quevedo Bissonni, Javier Barbi Actis, Dr.Miguel Angelo Gouveia y Dr.José María Suarez Quintanilla

Análisis formal: Miguel Ricardo Quevedo Bissonni, Javier Barbi Actis, Dr.Miguel Angelo Gouveia.

Tratamiento de datos: Miguel Ricardo Quevedo Bissonni, Javier Barbi Actis, Dr.Miguel Angelo Gouveia.

Redacción y preparación del borrador original: Miguel Ricardo Quevedo Bissonni y Dr.José María Suarez Quintanilla

Redacción-revisión y edición: Dr.José María Suarez Quintanilla.

Visualización: Miguel Ricardo Quevedo Bissonni, Javier Barbi Actis, Miguel Angelo Gouveia.

Supervisión: Dr.José María Suarez Quintanilla

Traducción al Inglés: Dr.Miguel Angelo Gouveia y Javier Barbi Actis.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito

Reproducción total o parcial del artículo en la tesis:

El artículo ofrece una visión parcial de la tesis, centrándose principalmente en el estudio realizado con pacientes. Se inicia con una breve introducción que contextualiza y justifica la regeneración utilizando dentina parcialmente desmineralizada. Luego, se detallan los materiales y métodos empleados, junto con los criterios de selección y exclusión, el protocolo clínico, el análisis de imágenes y la metodología estadística utilizada. Además, se incluyen gráficos y tablas que presentan los resultados del estudio. Las conclusiones expuestas en el artículo son las mismas que se detallan en la tesis.



IOSR Journals
International Organization
of Scientific Research

Detailed Review Report

Publisher :	International Organization of Scientific Research	Date :	2023-11-02
Office Code :	R1218	MIC Code :	2248
A/C Status :	P	Review Report :	Final
Article Id :	L28505	ISSN :	2279_0853

Journal Name : IOSR Journal of Dental and Medical Sciences

Article Title : Assessment of Bone Regeneration with Dentin Graft Obtained using the Tooth Transformer Device and Bone Quality Quantification Expressed in Hounsfield Units.

	Rating of article (5 = excellent, 1 = poor)	5	4	3	2	1
1	Relevant to the themes of the journal	✓				
2	Contribution to academic debate		✓			
3	Structure of the paper				✓	
4	Standard of English	✓				
5	Appropriateness of the research/study method		✓			
6	Relevance and clarity of drawing, graphs and tables			✓		
7	Appropriateness of the abstract as a description of paper		✓			
8	Appropriateness/ number of keywords				✓	
9	Discussion and conclusion		✓			
10	Reference list, adequate and correctly cited			✓		
11	Appropriateness of the contribution to knowledge	✓				





Decision regarding the paper

- (*) Accept the paper in its current format
- () Accept the paper with minor changes
- () Resubmit with the major changes
- () Decline the submission

First Reviewer's Comment (Double Blind Peer Review Process)

This paper is well organized and followed the manuscript guidelines of the journal to a large extent. The introduction section is good and shows the importance of the study. Literature review is adequate. Outcomes of the study are consistent with the findings. The approach used is praiseworthy. In my opinion, it should be published with no revision although implication to the research needs to be explicit.

Second Reviewer's Comment (Double Blind Peer Review Process)

I have now looked at the paper. The abstract, key words are OK. The paper is relevant to the theme of the journal and will contribute to academic debate. The paper is well structured and the APPROACH used for the study are sound. In my opinion, the subject matter of research problem is highly appreciable. It will surely make a contribution to the relevant field of research. The presentation of thoughts in the paper is notable. The paper should be published with no significant revision.

Sign,

Executive Director,
Reviewer Panel,
IOSR Journals

www.iosrjournals.org
support@iosrjournals.org

----- End of Report -----





Australia | Qatar | India | New York | Malaysia

Certificate

Office Code :	M1867	Date :	2023-11-05
MIC No. :	2854	Status :	Published

Article Details

This is to certify that following paper has been published in IOSR Journals.

Article Title :	Assessment Of Bone Regeneration With Dentin Graft Obtained Using The Tooth Transformer Device And Bone Quality Quantification Expressed In Hounsfield Units
Author's Name :	Quevedo Bisonni, Miguel Ricardo, Barbi Actis, Javier ,Gouveia, Miguel Angelo, Suarez Quintanilla, Jose Maria
Journal Name :	IOSR Journal of Dental and Medical Sciences
ISSN :	2279-0853
Publisher Name :	International Organization of Scientific Research
Journal Url :	www.iosrjournals.org
Publishing Model :	Open Access Publishing
Review Type :	Blind Peer Review Process
Journal Type :	Indexed Refereed Journal
Volume No. :	22
Issue No. :	11
Article DOI :	10.9790/0853-2211014150



Signature
 Editorial Manager
 IOSR Journals
 support@iosrmail.org



"Assessment Of Bone Regeneration With Dentin Graft Obtained Using The Tooth Transformer Device And Bone Quality Quantification Expressed In Hounsfield Units.

Author

Quevedo Bisonni, Miguel Ricardo

Professor and Clinical Tutor in the Oral Surgery Unit at the University of Santiago de Compostela - Spain.

Barbi Actis, Javier

Professor and Clinical Tutor in the Oral Surgery Unit at the University of Santiago de Compostela - Spain.

Gouveia, Miguel Angelo

D.D.S -Professor in the Oral Surgery Unit at the University of Santiago de Compostela - Spain.

Suarez Quintanilla, José María.

D.D.S - Full Professor of the Oral Surgery Unit at the University of Santiago de Compostela - Spain.

Abstract:

Purpose: The purpose of this study is to analyze the bone quality obtained after alveolar preservation using autologous dentin graft obtained with the Tooth Transformer technology. The analysis involved assessing the Hounsfield Units (HU) within the previously regenerated implantation area. These measurements were derived from 3D images using the assistance of Blue-Sky Bio 4 Software.

Materials and Methods:

We have analyzed 67 images of regenerated alveoli using demineralized autologous dentin. From the initial cohort, 11 alveoli received an implant 6 months after the regeneration procedure, while the remaining 56 alveoli constituted the final subject of the study.

In this investigation, we examined imagery derived from an initial set of 67 regenerated alveoli treated with demineralized autologous dentin. Within this initial group 11 alveoli underwent implantation 6 months subsequent to the regeneration procedure, while the remaining alveoli formed the focal point of the study sample. The 56 patients who participated in the study, included 30 females and 26 males, aged between 21 and 81 years old, with an average age of 52.09 years (± 15.03).

They were follow up visits at 3, 6, 9, and 12 months after the alveolar preservation.

Results:

Following the 6 months visit, the alveolar regeneration with dentin, presented a 24% increase in bone density compared to the 3 month mark.

In contrast, the regenerated alveoli that did not receive an implant, had a progressive increase in Hounsfield Unit (HU) values over the course of a year, representing a 60% improvement in bone density compared to the 3 month measurement.

For the alveoli regenerated using this technique and subsequently implanted after 6 months, a highly positive correlation is observed between the Implant Stability Quotient (ISQ) measured immediately after implant insertion and the bone density expressed in Hounsfield Units (HU).

Keywords: Autologous dentin, alveolar preservation, Tooth Transformer, Hounsfield units, Blue Sky Bio 4.

Date of Submission: 26-10-2023

Date of Acceptance: 06-11-2023

I. Introduction:

Currently, tissue and bone regeneration techniques not only rely on the clinical skill of professionals but also on their ability to integrate physiological, biochemical, immunological, and genetic concepts into their diagnosis. These factors play a significant role in establishing and ensuring the predictability of long-term oral rehabilitations through osseointegrated implants (1).

Following tooth extraction, a series of changes occur in the alveolus, both morphologically, histologically, and three-dimensionally, which deviate from the criteria of excellence in current implantology. These criteria dictate that an implant, even if osseointegrated and functionally adequate, fails to fulfill its therapeutic objective if it does not meet the patient's aesthetic demands (2).

The ideal position for an implant is where the root of the extracted tooth used to be. However, due to the process of resorption, we are compelled to seek an alternative location, compromising not only the function but also aspects such as the three-dimensional orientation of the implant in space and the aesthetics of the emergence profile (3, 4).

It is widely known that both bone and dentin originate from the same embryonic layer and share similar characteristics in terms of their organic and inorganic composition, except for their respective forming cells (5). However, the bone, due to its biomaterial nature, contributes to regeneration through bone-forming cells known as osteoblasts, making it the ideal material for this purpose. It is osteoconductive, osteoinductive and osteogenic. Nevertheless, one of its disadvantages is that it always requires a donor site. In this regard, dentin has an advantage over bone as it can be obtained either from the regenerating site itself or from donor sites that are commonly necessary to intervene, such as impacted, retained or supernumerary teeth.

Since the mid-twentieth century, specifically with the research of Urist (6) up until today, dentin has been studied as a biomaterial for bone regeneration. Over the years, the quantity and variety of studies on dentin have increased, with the majority of them establishing that it is a suitable material for this purpose (7). Additionally, dentin has the advantage of gradually and completely resorbing, taking about 8 months, which gives the bone the necessary time to regenerate "ad integrum". Moreover, due to its complete resorption, there will be no implant-biomaterial interface in the future without osseointegration (8).

Once the alveolus has been regenerated, and prior to implant insertion, the treatment plan will be largely determined by the clinical observation of the regenerated area and its radiological characteristics. The diagnosis is aided by 2D images obtained through conventional radiology and 3D images obtained through Cone Beam Computed Tomography (CBCT) (9). Analyzing these 3D images using reliable software such as Blue Sky Bio 4 allows us to determine the density of the regenerated zone, which is expressed in Hounsfield Units (HU). The HU values provide information about the density of different materials: -1000 HU represents air density, 1600 to 2400 HU for dentin, and +3000 HU for dental materials. By reading these HU values, we can assess bone density, considering that bone type IV ranges from 150 HU to 400 HU, bone type III from 400 HU to 800 HU, bone type II from 800 HU to 1200 HU, and bone type I has more than 1200 HU (3).

This study analyzed the evolution of the density in the area regenerated with autologous dentin during the year following the intervention, with radiological evaluations conducted at 3, 6, 9, and 12 months.

II. Materials and Methods:

Study Design:

This study is an "longitudinal observational case-control study" conducted at the Oral Medicine Teaching Unit in the Faculty of Medicine and Dentistry at the University of Santiago de Compostela.

The trial adhered to the principles of the Declaration of Helsinki and obtained approval from the Ethics Committee of the University of Santiago de Compostela, to ensure its alignment with ethical and governance standards.

Participants:

Those patients who were candidates for the extraction of one or more teeth from which viable dentin could be obtained and who subsequently required rehabilitation through implant-supported prostheses were selected.

The following inclusion and exclusion criteria were applied for their selection:

Inclusion Criteria:

- Healthy adult patients over 18 years of age.
- Patients in need of the extraction of one or more teeth suitable for obtaining dentin and for which clinical indications justified their extraction.
- Patients who agreed to participate in the study, signed their informed written consent, and agreed to attend follow-up visits.

"Assessment Of Bone Regeneration With Dentin Graft Obtained Using The Tooth Transformer... .."

- Patients without systemic issues that could influence the graft's evolution.
- Patients who understood the purpose of the study.

Exclusion Criteria:

- Patients unwilling to participate in the study.
- Patients with endocrine, metabolic, or systemic disorders that could affect alveolar preservation.
- Patients with incomplete, deficient, or abnormal dental formation.
- Pregnant patients.
- Patients with psychiatric disorders or those unwilling to commit to the study.
- Patients with pathologies that could have been exacerbated by the surgery itself or by intra or post-operative medication.
- Immunocompromised patients.
- Patients who have been treated with oral or injectable bisphosphonates.
- Patients who have undergone chemotherapy or radiotherapy within 6 months before the study.
- Patients who smoked more than 10 cigarettes per day in the last year.

Materials:

To perform both the clinical and radiological procedures, in addition to the standard instruments commonly used in regenerative surgery, we used the following technological devices:

Tooth Transformer (TT Tooth Transformer s.r.l, Milan, Italy) is a medical device specifically designed to obtain autologous dentin for use as a graft material in alveolar preservation techniques. The process involves two distinct cycles:

1. In the first cycle, lasting a maximum of 4 minutes, the tooth is triturated to obtain particles ranging between 0.4 and 0.8 mm in size.
2. The second cycle, which lasts 25 minutes, involves the use of liquids contained in single-use cartridges to demineralize, disinfect, and hydrate the dentin. This process yields autologous demineralized dentin that is suitable for use as a graft material in the alveolar preservation procedure.

Medifuge CGF Centrifuge (Silfradent s.r.l, Forlì, Italy): This centrifuge machine has a 13 minute long centrifugation cycle consisting of diverse speeds: 2700 rpm for 2 minutes, 2400 rpm for 4 minutes, 2700 rpm for 4 minutes, and finally 3000 rpm for 3 minutes. These speed variations allow the fibrin matrix to become denser, larger, and richer in growth factors. The CGF (Concentrated Growth Factors) blocks produced through this process exhibit higher stability and tensile strength, with excellent elastic behavior, making them ideal for creating membranes or mixing with biomaterial for the formation of sticky bone or sticky dentin.

CBCT 3D ProMax 3D Mid (Planmeca – Helsinki – Finland): Intelligent/Multipurpose X-ray Unit, providing panoramic and 3D digital images (CBCT).

Ostell (W&H – Bürmoos - Austria): This device uses resonance frequency analysis (in kHz) to translate Implant Stability Quotient (ISQ) into a clinically useful scale ranging from 1 to 100. ISQ values below 60 indicate low implant stability, while values between 60 and 65 indicate moderate stability, and values above 70 indicate high stability.

Clinical protocol:

Prior Protocol:

Following the completion of the medical history, a comprehensive oral examination and complete blood analysis were performed. After obtaining radiographic and tomographic images and analyzing the areas to be treated, it was ensured that all dental apices were fully formed.

Selected individuals received a vitamin therapy at least 30 days before surgery through chewable tablets containing calcium and colecalciferol (Calcium/Vitamin D3 Sandoz 1000 mg/880 IU). This therapy has been proven, especially in surgical traumatology, to enhance the quality of bone healing and reduce the healing time, in addition to preventing other fractures (10).

All patients were prescribed antibiotics, which they were required to start taking one day before the surgery.

Surgical Protocol:

- Blood extraction from the antecubital area using borosilicate tubes for obtaining CGF membranes through centrifugation. Tubes were always placed in pairs, and in the case of an odd number, one tube filled with water was included to balance the device, which has a maximum capacity of 8 tubes. After centrifugation, the tubes were left in a tube holder until the membranes were required for surgery. When necessary, the complete clot was extracted from the tube.

The clot presented two distinct zones: a lower red portion where red blood cells were trapped, and an upper yellowish portion composed mainly of fibrin, where platelets and stem cells were trapped. The red fraction

"Assessment Of Bone Regeneration With Dentin Graft Obtained Using The Tooth Transformer"

was carefully separated from the yellow upper portion using a spatula to avoid damaging the yellow fraction. The red fraction was discarded, and then, using a membrane preparation forceps, the clot was compressed to completely express the serum, forming the membrane.

- Immediately after blood extraction, the atraumatic exodontia of the dental pieces was performed, with the previous creation of a mucoperiosteal flap.
- The extracted teeth were immediately processed: Using frustoconical diamond burs, deposits of tartar and periodontal tissue adhered to the root of the extracted teeth were cleaned. Any remaining amalgams, composites, gutta-percha or restorations present on the teeth were removed, along with a small margin of additional tissue (even if it seemed suitable for obtaining dentin) as a safety measure to remove any non-visible materials or products such as amalgam oxides, adhesives, etc.

The teeth were safely fractionated into pieces no larger than 4 or 5 mm using a diamond disc NTI 806 104 355 514, while holding the tooth with a Crile-Wood CT needle holder. These dental fractions were washed with saline solution and then dried using oil-free compressed air. The pieces were placed in the Tooth Transformer device in necessary amounts to prevent overloading the grinder. In several batches, the portion were processed for 5 minutes, resulting in a biomaterial ranging in size between 0.4 and 0.8 mm. Smaller particles were sieved and discarded from the receptacle containing the processed material, which has perforations at its base for this purpose.

Once it was observed that the tooth was sufficiently triturated and that no inappropriate-sized pieces remained in the container, the cartridge was perforated and inserted to allow the machine to proceed with a second cycle of demineralization, disinfection, washing, and hydration.

- During the graft material preparation, the alveoli were covered with gauzes moistened with saline solution (Vitulia 9%). When the second cycle of the Tooth-transforming device commenced, the surgical procedure recommenced, involving a thorough and comprehensive curettage of the alveolar area. Finally, the entire region to be regenerated underwent a gentle milling process using a round carbide Tungsten to ensure that only bone tissue remained in the alveolus and that it had sufficient bleeding.
- Once the alveolus was deemed suitable for regeneration, it was filled with the processed dentin. Subsequently, the coronal portion of the alveolus was sealed with a 0.2 mm thick type I highly purified equine atelocollagen membrane (Collygen), immobilized with suture points to the mucoperiosteal flap or allowed to be held in place by the weight of the flap. Additionally, this membrane was covered with an autologous CGF membrane (Concentrated Growth Factors).
- The flaps were repositioned, and in cases where necessary, prior surgical maneuvers were performed to ensure elongation coupled with basic nylon sutures for effective closure of the surgical site.
- At 10 days post-surgery, wound checks were performed, and sutures were removed.

Image Analysis:

- The image analysis was performed using the Blue Sky Bio 4 software, with images obtained from a Planmeca CBCT device, the ProMax 3D Mid.
- For the analysis, once the STL (Standard Triangle Language) files were loaded into the software, a quadrilateral was designed in the regenerated area to be implanted, excluding the buccal and palatal/lingual bone plates. This quadrilateral was divided into 6 zones: three vestibular zones and three buccal (palatal/lingual) zones. These zones were labeled Vc, Vm, and Va (coronal, medial and apical successively) for the vestibular areas, and Bc, Bm, and Ba for the buccal or palatal/lingual areas. At the center of each zone, using a dedicated tool in the program, the Hounsfield units were determined, and the average values were calculated (Fig 1). This procedure was carried out for images obtained in the regenerated area at 3, 6, 9, and 12 months, except for 11 cases where the analysis was performed at 3 and 6 months before subsequent implant surgery. In these implant cases, the Implant Stability Quotient (ISQ) was measured using the Ostell device.

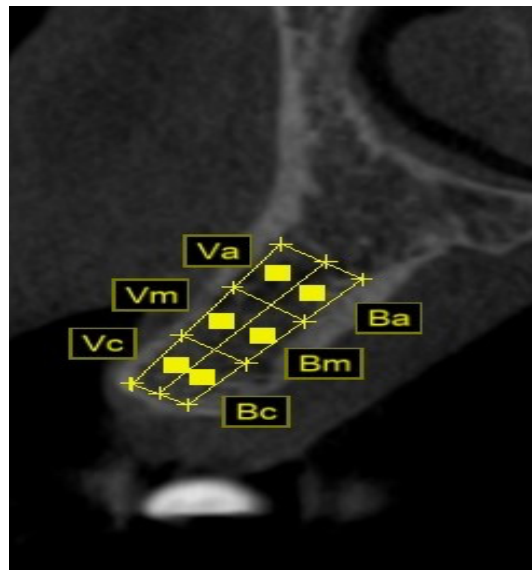


Fig. 1 Vc, Vm, and Va (coronal, medial and apical vestibular area) and Bc, Bm, and Ba (buccal or palatal/lingual areas).

Statistical Analysis:

To analyze the evolution of the Hounsfield units and compare them between groups, we used mixed-effects linear regression models with random intercepts and repeated measures, adjusted for tobacco use. Generalized Linear Mixed Models (GLMM) were run with robust covariance estimation to handle potential violations of model assumptions. Marginal means and 95% confidence intervals are reported for all analyses. Different levels of significance were employed in the analyses (1% ($\alpha=0.01$), 5% ($\alpha=0.05$), 10% ($\alpha=0.1$)). IBM SPSS Statistics 26 software was used for all statistical analyses.

III. Results:

A total of 56 patients were included in this study, comprising 30 women and 26 men, with ages ranging from 21 to 81 years and an average of 52.09 years of age (± 15.03) (Fig. 2). Among the participants, 25% were taking medications, 21% were smokers, and 11% had hypertension (Fig 3).

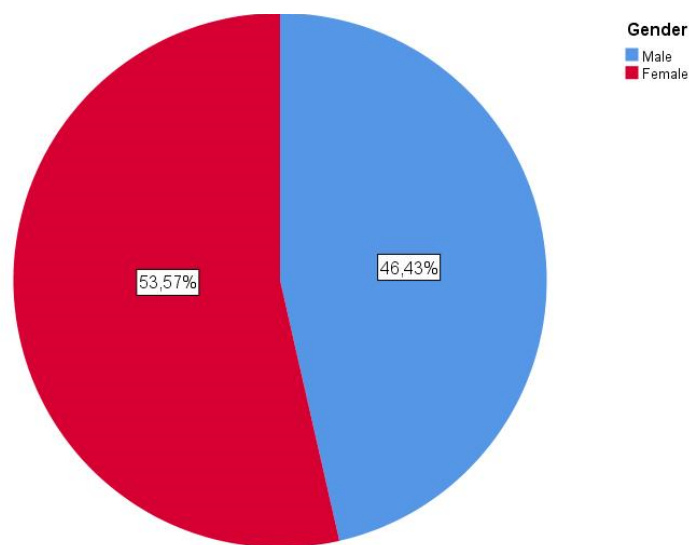
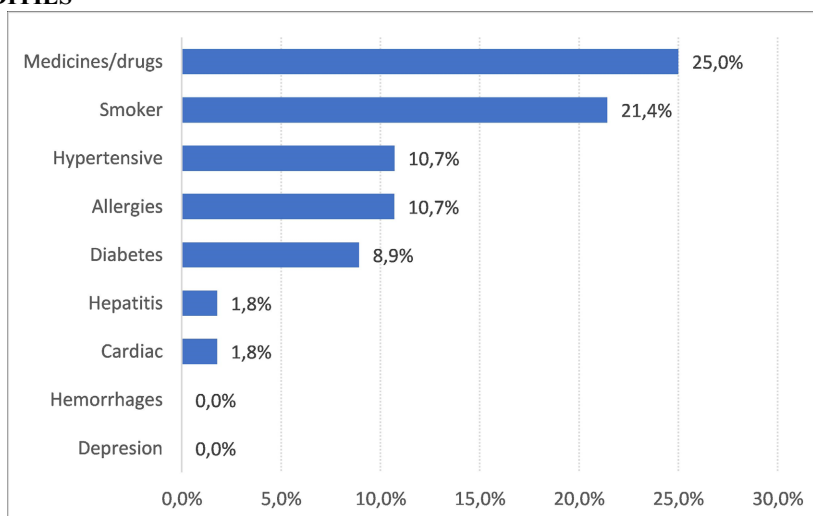


Fig 2

*"Assessment Of Bone Regeneration With Dentin Graft Obtained Using The Tooth Transformer"***COMORBIDITIES****Fig.3**

Based solely on the alveoli, 28.4% of the alveoli belong to patients who take medications, and 25.4% of the alveoli belong to patients who smoke.

To evaluate this study, we have established four distinct zones:

1. **UF** (Upper Front): Includes the upper canines and incisors.
2. **UB** (Upper Back): Includes the upper premolars and molars.
3. **LF** (Lower Front): Includes the lower canines and incisors.
4. **LB** (Lower Back): Includes the lower premolars and molars.

Evaluating all alveoli together without differentiating between regenerated and regenerated/implanted, there is an average increase of 137,307 Hounsfield units at 6 months, rising from 578,771 Hounsfield units at 3 months to 716,078 Hounsfield units at 6 months (+24%) (F(116.646,1,125), p 0.000).

However, there are no significant differences in the changes according to the mouth zone (F(0.190,3,128), p 0.903) (see Table 1):

- In the UF sector, the increase is 149,942 Hu.
- In the UB sector, the increase is 127,750 Hu.
- In the LF sector, the increase is 129,845 Hu.
- In the LB sector, the increase is 141,690 Hu.

For those who were only regenerated and not implanted, the mean value in Hounsfield units (Hu) at three months after the regeneration was 566,865 [518,623; 615,107], indicating a bone density compatible with type III bone. At six months, the density increased by approximately 25%, reaching an average of 707,574 Hu [666,399; 748,748] (t(9.707, 207) p 0.000), which brings it closer to type II bone (800-1200 Hu). At nine months, the density further increased to 812,457 Hu [761,651; 863,262] (+15% compared to six months and 43% over three months) (t(6.418, 207) p 0.000). Finally, at 12 months, there was a further increase, with an average of 910,527 Hu [851,169; 969,885] (t(4.595, 207) p 0.000), which is compatible with high-quality type II bone, and in some cases approaching type I bone (Table 1).

Overall, the evolutionary pattern of Hounsfield units differs significantly between mouth zones (F(3.982, 9,207), p 0.000). Between three and six months, the behavior is uniform in all mouth zones, with Hounsfield units increasing to the same extent. Between six and nine months, all zones show a similar increase in average Hounsfield units, except for the Lower Back zone (orange line), where there is no significant change (t(1.320,207) p 0.188). Between nine and twelve months, only the Upper Front and Upper Back zones show a significant increase (t(6.498,207) p<0.001 and t(2.369,207) p 0.019, respectively). (Fig 4)

Additionally, in general, the average Hounsfield units reached at each follow-up time differ significantly between zones (F(8.475,3,207) p 0.000). The average Hounsfield unit values are statistically higher in the Lower Front zone compared to the rest of the zones throughout the follow-up. At nine and twelve months, the average Hounsfield unit values in the Upper Front zone are also higher than in the Backs zones (UB and LB) (Table 2).

"Assessment Of Bone Regeneration With Dentin Graft Obtained Using The Tooth Transformer....."

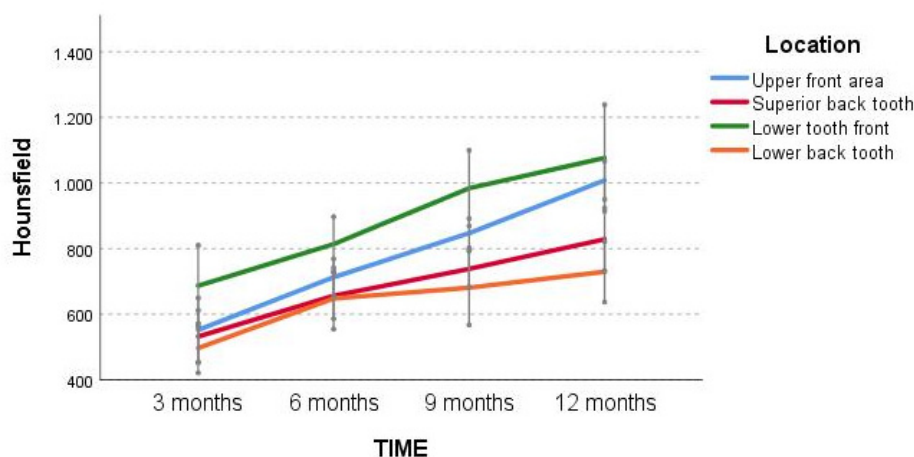


Fig 4

Among the participants patients, 11 of them underwent implant surgery six months after the regeneration process. High stability values, averaging around 70 in ISQ, were achieved correlating with average of 752.83 Hu (± 123.81). A noteworthy and affirmative correlation between ISQ and Hounsfield units was observed at 6 months (Spearman's Rho: 0.752, $p < 0.001$ with ISQ_BP_6 and Rho: 0.694, $p < 0.001$ with ISQ_MP_6). (Fig 5)

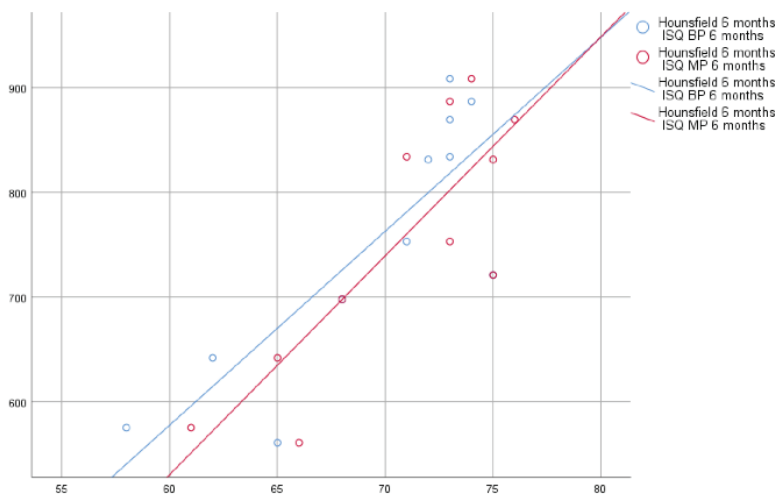


Fig 5

IV. Discussion:

The aim of this study was to evaluate the bone quality obtained over the course of one year following alveolar preservation with autologous dentin, as expressed by Hounsfield units.

While all biomaterials offer osteoconduction, not all of them are osteoinductive, like dentin, which directly stimulates bone formation through morphogenetic proteins.

Numerous studies, such as Lee's (11), provide excellent results supporting the existence of an effective response to dentin grafting, whether combined with xenograft or not, without finding any secondary complications in these works. Other studies, like Jeong's (12), attempted to demonstrate the effectiveness of demineralized dentin in the sinus lift technique. These had performed biopsies six months after the surgical technique in 27 patients and were able to observe adequate bone formation (46-87% of cases at six months) and implant survival of 78%.

"Assessment Of Bone Regeneration With Dentin Graft Obtained Using The Tooth Transformer"

One of the main characteristics of an ideal biomaterial is complete resorption: not occupying space that should be taken by new bone. In this regard, studies conducted by Kim et al. (13) have demonstrated significant resorption of dentin grafts at three months, leaving behind 39% to 79% of new bone based on biopsy findings. The research group of Kabir and Murata (14) evaluated dentin grafts through clinical and radiographic controls at 3 and 12 months, revealing the adequate replacement of a significant portion of demineralized dentin matrix with new bone tissue, preventing the distal bone resorption of the second molar that commonly occurs after third molar extraction.

The latest systematic reviews (15) highlight that there are no statistically significant differences between using dentin in granules or in block form, nor between using it alone or in combination with other biocompatible graft materials. Nonetheless, it is evident that a substantial variability exists within studies concerning this topic, characterized by diverse locations, anatomical considerations, evaluation methods and surgical techniques being employed. This lack of uniformity significantly impacts the resultant outcomes.

In a study published in 2019 by the team of Del Canto and Martínez González (16) two groups were established: a control group in which the alveolus remained unfilled after tooth extraction, and another group in which the alveolar defect was filled with freshly processed demineralized dentin. Subsequently, dimensional and densitometric analyses of the alveoli were conducted. The study concluded that the dentin grafting technique is a promising approach that requires standardized protocols.

One of the latest literature reviews was published in 2022 by the research team of Grawish (17). They analyzed all the searches in the Pubmed and Midline databases up until October 2021, which included relevant articles on the use of demineralized dentin grafts as a material for bone regeneration. The review did not reach any definitive conclusion and did not indicate a clear indication within the possible oral surgical techniques. However, it pointed out that by using the appropriate particle size and respecting its biological property, demineralized dentin can be efficiently used as a substitute for some of the commonly used biomaterials in guided bone regeneration techniques.

The latest systematic review we have been able to access was conducted by Luis Sanchez-Labrador from the Complutense University of Madrid. Following the PRISMA guidelines, this review included relevant clinical articles published before March 10, 2022 (18).

The review included studies in humans, with at least 4 patients whose treatment and subsequent regeneration involved at least one surgical technique. Its main conclusions are that, after tooth extraction, this technique is effective in maintaining bone volume, showing promising results in histological and histomorphometric analysis, while reflecting a low rate of complications.

Furthermore, this newly formed bone must have sufficient quality to receive an implant, as primary stability is essential for the success of implants. In a recent randomized and prospective clinical trial conducted by Pang's team (19), they compared the vertical dimension of the grafted bone in 24 patients, with 12 of them treated with demineralized dentin grafts and the other 12 with Bioss® grafts. The study demonstrated that both groups showed favorable surgical wound healing, similar coefficients of implant stability indicating comparable levels of osseointegration, and peri-implant bone maturation confirmed by biopsy and subsequent histological analysis.

V. Conclusions:

1. At 6 months after alveolar regeneration with autologous dentin, there is a 24% increase in bone density compared to 3 months.
2. There are no significant differences between the different areas of the mouth, as the magnitudes of the increases in each zone are statistically equal (Table 1).
3. In the alveoli that underwent regeneration without immediate implantation, there was a progressive increase in Hu values over the course of a year, resulting in a final 60% increase in bone density compared to 3 months, with some variations depending on the mouth area (Table 2 and Fig. 5).
4. In the alveoli regenerated using this technique and subsequently implanted at 6 months, we observed a highly positive and strong correlation between the immediately measured ISQ (Implant Stability Quotient) values after implant insertion and the bone density expressed in Hu (preoperative values) in that area.
5. This study highlights the efficacy of alveolar preservation using autologous dentin and its positive influence on bone quality expressed in Hounsfield units. These results suggest that this technique may be a viable option to enhance bone quality in edentulous areas before dental implant placement, which could have a significant impact on the predictability and long-term success of implant supported dental rehabilitations. However, further research is needed to confirm these findings and assess the clinical applicability in different patient populations.

"Assessment Of Bone Regeneration With Dentin Graft Obtained Using The Tooth Transformer....."

Table 1		3 months	6 months	Difference 6 months-3 months	P- VALUE	
		mean e IC95%	mean e IC95%	mean e IC95%		
Hu	total	578.771 (537.298,620.244)	716.078 (682.393,749.763)	137.307 *** (112.146,162.468)	0.000***	
	Location	Upper Front (n=23)	562.562 (476.548,648.576)	712.504 (660.353,764.655)		149.940 *** (81.101,218.783)
		Upper Back (n=16)	534.763 (461.017,608.508)	662.513 (591.823,733.203)		127.75 *** (99.776,155.724)
		Lower Front (n=14)	705.553 (601.692,809.414)	835.398 (765.496,905.301)		129.845 *** (74.501,185.19)
		Lower Back (n=14)	512.207 (442.696,581.717)	653.897 (575.726,732.068)		141.690 *** (102.099,181.282)

First p-value: Time effect (if there is, in general, a significant change at 6 months, without separating by groups)
 Second p-value: Time*Group effect (differences between changes per mouth area) Within each change between moments, significance is indicated with asterisks:
 *p-value < 0.1 (significant result at 90%)
 ** p-value < 0.05 (significant result at 95%)
 *** p-value < 0.01 (significant result at 99%)

TABLE 2 Only regenerated		3 mont hs	6 mont hs	9 mont hs	12 mont hs	Difference 6-3 months	Difference 9-6 months	Difference 12- 9months	Difference 12 - 3months	P- VAL UE	
		mean & IC95 %	mean & IC95 %	mean & IC95 %	mean & IC95 %	mean & IC95 %	mean & IC95 %	mean & IC95 %			
Hu	total	566.8 65 (518.6 23, 615.1 07)	707.5 74 (666.3 99, 748.7 48)	812.4 57 (761.6 51, 863.2 662)	910.5 27 (851.1 51, 969.8 85)	140.709** * (112.132,1 69.286)	104.883** * (72.664,13 7.101)	98.070*** (55.995,14 0.145)	343.662** * (281.255,4 06.069)	0.000 ***	
	Locat ion	Upp er Fro nt (n=2 0)	552.0 21 (454.4 15, 649.6 27)	712.7 04 (656.5 58, 768.8 5)	847.1 79 (802.7 51, 891.5 98)	1008. 129 (949.8 21, 1066. 438)	160.683** * (84.987,23 6.38)	134.475** * (103.309,1 65.641)	160.95*** (112.119,2 09.781)		456.108** * (372.906,5 39.311)
		Upp er Bac k (n=1 3)	531.9 68 (452.1 84, 611.7 51)	656.1 73 (586.0 48, 726.2 98)	738.0 32 (683.1 14, 792.9 5)	828.2 63 (732.8 56, 923.6 69)	124.205** * (92.936,15 5.474)	81.859*** (39.039,12 4.679)	90.231** (15.14,165. 322)		296.295** * (189.521,4 03.069)
		Low er Fro nt (n=1 2)	686.7 23 (563.3 22, 810.1 23)	813.6 25 (730.2 54, 896.9 97)	983.9 59 (868.6 4, 1099. 278)	1076. 361 (914.1 73, 1238. 55)	126.903** * (62.424,19 1.381)	170.333** * (62.389,27 8.277)	92.403 (- 39.876,224 .681)		389.639** * (186.379,5 92.899)
		Low er Bac k (n=1 1)	496.7 48 (421.0 49, 572.4 46)	647.7 93 (554.4 71, 741.1 15)	680.6 57 (567.4 48, 793.8 66)	729.3 54 (636.9 13, 821.7 94)	151.045** * (103.516,1 98.575)	32.864 (- 14.184,79. 911)	48.697* (- 3.988,101. 382)		232.606** * (179.995,2 85.217)

First p-value: Time effect (if there is a significant overall change throughout the follow-up, without separating by groups)
 Second p-value: Time*Group effect (differences in evolutionary patterns by mouth area)
 Within each change between moments, it is indicated with asterisks if the change is significant or not.
 * p-value < 0.1 (significant result at 90%)
 ** p-value < 0.05 (significant result at 95%)
 *** p-value < 0.01 (significant result at 99%)



*"Assessment Of Bone Regeneration With Dentin Graft Obtained Using The Tooth Transformer"***Bibliography:**

- [1]. Sanz SA, Fernández CF, Cañaveral CE, Martínez GJM, Barona DC. Toma de decisiones en el sector estético: Preservación alveolar, implante inmediato o protocolo diferido. *Labor dental clínica: Avances clínicos en odontoestomatología*. 2020; 21(2): 8-16.
- [2]. Vercellotti T. Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery. *Minerva Stomatol*. 2004; 53: 207-14
- [3]. Misch CE. *Implantología contemporánea*. 3ª ed. Barcelona: Elsevier España; 2009.
- [4]. Buser D, Chappuis V, Belser UC, Chen S. (2017). Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late? *Periodontology* 2000. 2017; 73(1): 84-102.
- [5]. Caubet BJ, Heras RI, Sánchez MJ, Morey MM, Iriarte Ortabe J I. Manejo de defectos óseos anteroposteriores en el frente estético. *Rev Esp Cirug Oral y Maxilofac*. 2009; 31(2): 81-97.
- [6]. Urist MR. Bone: formation by autoinduction. *Science*. 1965; 150(3698): 893-9. Sarala C, Chauhan M, Sandhya PS, Dharmendra CH, Mitra N. Autogenous tooth bone graft: Ingenious bone regeneration material. *Indian J Dent Sci*. 2018; 10(1): 56-59
- [7]. Quevedo Bisonni M, Sciami Lewis V, Suarez González M, Gomes Souto I, Pose Rodríguez JM. Utilización del injerto de dentina desmineralizada y PRP como terapéutica complementaria en la exodoncia de un canino incluido en un paciente adulto. Caso clínico (I). *RCOE: Revista del Ilustre Consejo General de Colegios de Odontólogos y Estomatólogos de España*. 2019; 24(2): 51-58.
- [8]. Minetti E. *Il dente come material da innesto*. 1ª Edición Milano: Edra S.P.A Italia; 2021.
- [9]. Tolstunov L. Classification of the alveolar ridge width: implant-driven treatment considerations for the horizontally deficient alveolar ridges. *J Oral Implantol*. 2014; 40: 365–370.
- [10]. Martínez Laguna D. El papel del calcio y la vitamina D en la prevención y el tratamiento de la osteoporosis. *Osteoporosis metabólica*. 2019; 111(1): 13-17.
- [11]. Lee JY, Kim YK, Yi YJ, Choi JH. Clinical evaluation of ridge augmentation using autogenous tooth bone graft material: case series study. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2013; 39: 156-60.
- [12]. Jeong KI, Kim SG, Kim YK, Oh JS, Jeong MA, Park JJ. Clinical study of graft materials using autogenous teeth in maxillary sinus augmentation. *Implant Dent* 2011; 20(6): 471-5.
- [13]. Kim YK, Lee JH, Um IW, Cho WJ. Guided bone regeneration using demineralized dentine matrix: Long-term follow-up. *J Oral Maxillofac Surg*. 2016; 74(3): 515-21.
- [14]. Kabir AM, Murata M, Kusano K, Akazawa T, Shibata T. Autogenous demineralized dentin graft for third molar socket regeneration. *Dentistry* 2015; 5(11): 11-14.
- [15]. Gual-Vaqués P, Polis-Yanes C, Estrugo-Devesa A, Ayuso-Montero R, Mari-Roid A, López-López J. Autogenous teeth used for bone grafting: A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2018; 23(1): e112-19.
- [16]. Uso de material de injerto derivado de diente autólogo en el alvéolo dental post-extracción. Estudio piloto. A Del Canto-Díaz 1, J de Elío-Oliveros, M Del Canto-Díaz, MA Alobera-Gracia, M Del Canto-Pingarrón, JM Martínez-González
- [17]. Grawish ME, Grawish LM, Grawish HM, Grawish MM, Holiel AA, Sultan N, El-Negoly SA. Correction: Demineralized Dentin Matrix for Dental and Alveolar Bone Tissues Regeneration: An Innovative Scope Review. *Tissue Eng Regen Med*. 2022; 19(4): 887-89.
- [18]. Sanchez Labrador L, Bazal Bonelli S, Perez Gonzalez F, Saez Alcaide L, Cortés Bretón J, Martínez Gonzalez JM. Autogenous particulated dentin for alveolar ridge preservation. A Systematic review. *Ann Anat*. 2023; 246: 152024.
- [19]. Pang KM, Um IW, Kim YK, Woo JM, Kim SM, Lee JH. Autogenous demineralized dentin matrix from extracted tooth for the augmentation of alveolar bone defect: A prospective randomized clinical trial in comparison with anorganic bovine bone. *Clin Oral Impl Res*. 2017; 28: 809-15.

ARTÍCULO 2. Utilización del injerto de dentina desmineralizada y PRP como terapéutica complementaria en la exodoncia de un canino incluido en un paciente adulto. Caso clínico (I).

Quevedo Bisonni M, Sciaiini Lewis V, Suárez González M, Gomes Souto I, Pose Rodríguez JM.

RCOE. 2019;24(2):51-58.

<https://rcoe.es/articulos/80-utilizacin-del-injerto-de-dentina-desmineralizada-y-prp-como-teraputica-complementaria-en-la-exodoncia-de-un-canino-incluido-en-un-paciente-adulto-caso-clnico-i.pdf>

Indicadores de calidad:

El artículo ha sido publicado en la RCOE: Revista del Ilustre Consejo General de Colegios de Odontólogos y Estomatólogos de España, con ISSN 1138-123X, en el Volumen 24, Número 2 (Junio) de 2019. Esta revista se dedica a la publicación de artículos originales de naturaleza científica o práctica relacionados con la Odontología. La revista RCOE está indexada en varias bases de datos reconocidas, incluyendo el Directory of Open Access Journals (DOAJ), Índice Bibliográfico Español en Ciencias de la Salud (IBECS), Latindex-Directorio, MIAR, SciELO, Índice Médico Español (IME), Dialnet y Google Scholar.

Contribución específica en la publicación:

En el artículo mencionado anteriormente, el doctorando Miguel Ricardo Quevedo Bisonni ha sido responsable de concebir la idea original, desarrollar el diseño y la metodología del protocolo clínico, así como de observar los diferentes estadios de la regeneración y redactar el borrador original

Contribucion de los autores:

Conceptualización: Valeria Sciaiini Lewis y Dr. José Manuel Pose Rodríguez.

Metodología: Miguel Ricardo Quevedo Bisonni, Marisol Suárez Gonzalez y Dr. José Manuel Pose Rodríguez.

Validación: Miguel Ricardo Quevedo Bisonni, Valeria Sciaiini Lewis y Marisol Suárez Gonzalez.

Análisis formal: Miguel Ricardo Quevedo Bisonni, Valeria Sciaiini

Lewis, Isabel Gomes Souto y Marisol Suárez Gonzalez.

Redacción y preparación del borrador original: Miguel Ricardo Quevedo Bisonni, Isabel Gomes Souto y Dr. José Manuel Pose Rodriguez.

Redacción-revisión y edición: Miguel Ricardo Quevedo Bisonni y Dr. José Manuel Pose Rodriguez.

Visualización: Miguel Ricardo Quevedo Bisonni, Valeria Sciami Lewis. Marisol Suarez Gonzalez, Isabel Gómez Souto y Dr. José Manuel Pose Rodriguez.

Supervisión: Dr. José Manuel Pose Rodriguez.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito

Reproducción total o parcial del artículo en la tesis:

El artículo reproduce parcialmente la tesis, enfocándose principalmente en el protocolo clínico, la obtención de injertos y su tratamiento. Comienza con una breve introducción que contextualiza y justifica el uso de dentina parcialmente desmineralizada para la regeneración, destacando su capacidad osteoconductora y osteoinductora. Se presenta el dispositivo Tooth Transformer y su proceso para tratar el diente, así como la obtención de membranas de PRP. En el mismo, se presenta un caso clínico que ilustra la aplicación de la regeneración con dentina semidesmineralizada y su resolución radiográfica después de un año.

RCOE



José María Suárez Quintanilla, DNI 33250776K, y director de la revista RCOE, autoriza a Miguel Ricardo Quevedo Bisonni a utilizar dos de sus artículos publicados en la Revista RCOE en su tesis doctoral. Los artículos en cuestión son:

1. Título del artículo: Utilización del injerto de dentina desmineralizada y PRP como terapéutica complementaria en la exodoncia de un canino incluido en un paciente adulto. Caso clínico.

Publicado en: Año 2019, Volumen 24, Número 2.

2. Título del artículo: Utilización de la tecnología Tooth Transformer y los dientes incluidos del paciente, como material de injerto en un tratamiento multidisciplinar.

Publicado en: Año 2022, Volumen 27, Número 4.

José María Suárez Quintanilla
Director de RCOE

Utilización del injerto de dentina desmineralizada y PRP como terapéutica complementaria en la exodoncia de un canino incluido en un paciente adulto. Caso clínico (I)

Quevedo Bisonni, Miguel* Sciaini Lewis, Valeria* Suárez González, Marisol* Gomes Souto, Isabel* Pose Rodríguez, José Manuel**

RESUMEN

El propósito de este caso clínico es evaluar los efectos del injerto de dentina desmineralizada —DDM— y PRP en la preservación alveolar en un paciente, tras la exodoncia de un canino superior incluido. El procedimiento consiste en limpiar y lavar el diente, la mayor parte dentina, y a continuación se procesa utilizando un equipamiento específico denominado *Tooth Transformer*. Las partículas de dentina entre 300 y 1200 μm se filtran a través de un sistema especial de granulometría. Estas partículas de dentina desmineralizadas utilizadas como injerto tras las exodoncias pueden considerarse bajo un estándar de calidad para la preservación del alveolo, el aumento de volumen óseo y el tratamiento de los defectos óseos. Además de las técnicas mínimamente invasivas y con el poder regenerativo que encierra el propio diente del paciente, vamos a intentar cambiar el paradigma y ofrecer una alternativa razonable a las técnicas de mayor riesgo y de mayor morbilidad para el paciente.

PALABRAS CLAVE: *Dentina desmineralizada, regeneración ósea, escudo alveolar, tooth transformer.*

ABSTRACT

The purpose of this case report is to evaluate the effects of a patient's own demineralized dentin matrix —DDM— and PRP for socket preservation after upper included canine extraction. The procedure consists in clean and dry tooth, mostly dentin, is immediately grinded using a specially designed *Tooth Transformer*. The dentin particulate of 300–1200 μm is sieved through a special sorting system. Autogenous mineralized dentin particulate grafted immediately after extractions be considered as the gold standard for socket preservation, bone augmentation and bone defects. Along with minimally invasive techniques and taking advantage of the regenerative power that encloses the patient's own tooth, we will try to change the paradigm and give a reasonable alternative to more risky techniques and with greater morbidity for the patient.

KEY WORDS: *Demineralized dentin, bone regeneration, socket shield, tooth transformer.*

INTRODUCCIÓN

La extracción de un diente genera, a corto y medio plazo, un conjunto de cambios morfológicos y fisiológicos a nivel alveolar, que en la actualidad podemos minimizar mediante la utilización de diferentes técnicas quirúrgicas de promoción ósea¹.

Las técnicas de preservación alveolar tienen como principal objetivo limitar los cambios estructurales verticales y horizontales del alveolo que se producen tras la exodoncia de un diente, con la intención de que, una vez finalizado el proceso de cicatrización, se disponga del mayor volumen óseo que facilite una rehabilitación protésica lo más estética y funcional posible tras la inserción de los implantes osteointegrados.

A pesar de todo ello, y aun contando con las actuales técnicas de preservación alveolar, es imposible impedir o limitar un cierto grado de reabsorción, que se va a producir sea cual sea el procedimiento utilizado².

En el ser humano, la dentina posee un contenido mineral muy superior a cualquier derivado óseo, además de ser comparable con el hueso autógeno en dos de sus propiedades: es osteocompatible y osteoconductor, razón por la cual se encuentra en disposición biológica de poder proporcionar una matriz física sobre la que asentar una nueva formación ósea, razones por las que

*Profesor Tutor Clínico

Unidad Docente de Cirugía Oral
Facultad de Medicina y Odontología
Universidad de Santiago de Compostela

*Profesor Asociado

Facultad de Medicina y Odontología
Unidad Docente de Cirugía Oral
Universidad de Santiago de Compostela

Correspondencia:

Miguel Quevedo Bisonni
Facultad de Medicina y Odontología de Santiago
C/ Enterríos s/n. 15782-Santiago de Compostela
Teléfono: 981563100 – Ext 12358 - USC

MULTIDISCIPLINAR



FIGURA 1. Toma de sangre con vía en el árez antecubital.



FIGURA 2. Procesado de la sangre del paciente para la técnica de PRP.

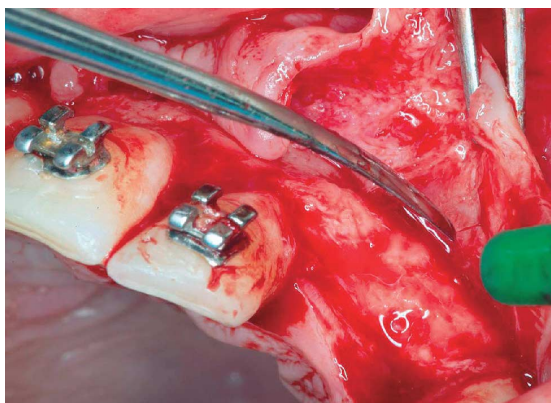


FIGURA 3. Sindesmotomía y colgajo mucoperiostico vestibular.

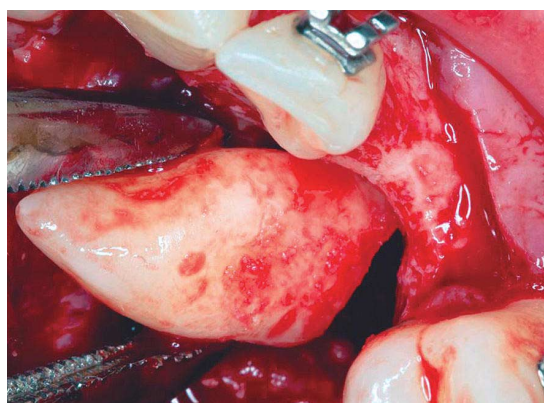


FIGURA 4. Odontosección y exodoncia de la corona del diente.

podemos considerar a la dentina como un material biológico y bioactivo óptimo para la regeneración de los tejidos duros.

La osteogénesis, la osteoinducción y la osteoconducción son los principales procesos biológicos que integran la osteointegración. La osteogénesis es el proceso mediante el cual el hueso neoformado se desarrolla a partir de células osteoprogenitoras. La osteoinducción es la estimulación y activación de células osteoprogenitoras del tejido circundante a la lesión, mientras que la osteoconducción, es el proceso mediante el cual se facilita el desarrollo de los vasos sanguíneos que transportan los elementos reparadores³.

Todos aceptamos que los injertos autólogos convencionales son, por su histocompatibilidad y por su predictibilidad, la mejor elección quirúrgica para la obtención de hueso; sin embargo, no están exentos de complicaciones y limitaciones como son: la cantidad limitada de material

de injerto que solemos obtener, la morbilidad del área donante, la duración de la intervención quirúrgica y el conjunto de molestias y complicaciones postoperatorias. Este nuevo protocolo clínico que hoy aplicamos aporta osteogénesis, al favorecer el proceso de formación de tejido óseo, también induce la osteoconducción al aportar la capacidad osteoconductiva del material que crea para las células osteogénicas y también osteoinducción al transformar las células mesenquimales indiferenciadas perivasculares en células osteoformadoras, en presencia de ciertas sustancias como son las BMP-2³. Por lo tanto, podemos considerar a nuestros dientes como elementos portadores de proteínas que pueden comportarse como un injerto convencional, ya que su composición y estructura biológica es muy parecida al hueso alveolar.

Hoy en día sabemos que tanto los dientes como el hueso alveolar derivan de las células de la cresta neural

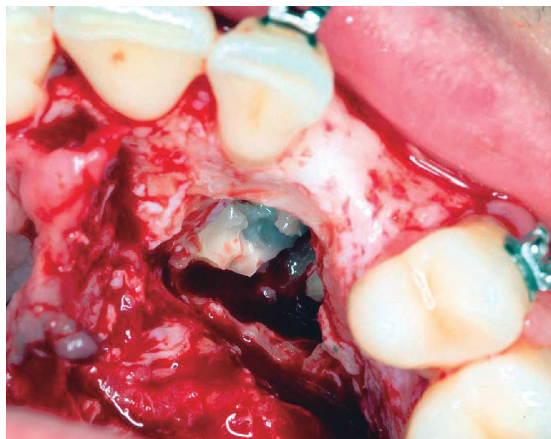


FIGURA 5. Colocación de membrana de colágeno.

y están compuestos por el mismo tipo de colágeno, que es el Tipo I⁴.

La mayor parte de las proteínas desde su origen son comunes para hueso, dentina y cemento. La dentina, como sabemos, representa más del 80% de la estructura del diente, contiene proteínas morfogenéticas que favorecen la formación de hueso, y proteínas no derivadas del colágeno como son la osteocalcina, la osteonectina y fosfoproteínas, implicadas todas ellas en la formación de la arquitectura ósea².

Desde el punto de vista de su composición, la dentina posee un contenido inorgánico del 70% del que la mayor parte es colágeno de tipo I y un contenido orgánico cercano al 30%, mientras que en el hueso alveolar el contenido inorgánico es del 60% y el orgánico se aproxima al 25%.

Fue Murata en el año 2003³ el primer investigador que publicó la realización de un autoinjerto de dentina humana. Posteriormente, este mismo grupo de investigación planteó la utilización de la dentina como un nuevo biomaterial y también como matriz portadora de BMP (BMP-2) que, como sabemos, se encuentra involucrada en el proceso de formación ósea. Estos autores demostraron que los tejidos muy calcificados como la dentina no generan una osteoinducción precoz ni la formación de tejido esponjoso⁶. También comprobaron que, tras la desmineralización de la dentina, siguen quedando bioactivas determinadas BMP, en concreto las BMP-2, BMP-4 y BMP-7, que se unen en matrices ricas de colágeno, al igual que ocurre de manera fisiológica en el hueso⁷.

El grupo de investigación de Kim⁴ ha podido constatar que, tras la aplicación de este protocolo, se genera un adecuado proceso de cicatrización, tanto por la evaluación radiológica, histológica y clínica, como por un

adecuado mantenimiento e integridad de la cresta ósea tras más de 30 meses de seguimiento clínico.

En este mismo sentido, estudios recientes de Murata⁶ han podido determinar que el hueso así formado es estable, se mantiene en las tres dimensiones del espacio y, por tanto, es apto para poder ser considerado un injerto autólogo.

Las últimas modificaciones técnicas aportadas por el grupo de Binderman⁸ también han supuesto una clara innovación al simplificar el protocolo y concebirlo como hoy lo planteamos; es decir, para poder ser aplicado en el mismo momento de la exodoncia del diente. Este autor también considera que la principal indicación de esta técnica quirúrgica son los dientes, cuya exodoncia se realiza por compromiso periodontal y también aquellos dientes que están, como en nuestro caso, parcial o totalmente incluidos en los maxilares.

Al tratarse de una técnica protocolizada, siempre que sea posible debemos descartar los dientes con tratamientos de endodoncia previa o cirugía periapical, así como todos aquellos que presentan obturaciones complejas, o con escaso material dentario remanente, que pudieran distorsionar el resultado final del tratamiento⁸.

CASO CLÍNICO

El presente caso clínico ha sido realizado en la Unidad Docente de Cirugía Oral de la USC, en un paciente varón de 24 años, en el que inicialmente habíamos planificado la exodoncia de un canino incluido a nivel palatino y colocación simultánea de un implante inmediato postextracción. Sin embargo, la amplia ostectomía necesaria para su exodoncia, el gran tamaño de la capsula eruptiva que rodeaba al diente incluido y la escasa disponibilidad ósea, aconsejaron diferir la inserción del implante a un segundo tiempo quirúrgico.

El protocolo del tratamiento lo iniciamos con la extracción de sangre al paciente de la región antecubital, unos minutos antes de iniciarse el acto quirúrgico (figura 1) utilizando un acceso venoso a través de una cánula, para iniciar el procesado del PRP⁹, con el objetivo de utilizarlo como membrana para estabilizar el injerto y al tiempo inducir y favorecer la mitogénesis, la angiogénesis y estimular la liberación de factores de crecimiento y promover la síntesis de fibroblastos (Figura 2)¹.

Tras la anestesia convencional procedimos a levantar un colgajo mucoperióstico por vestibular y palatino, dada la posición angulada del canino y por su cercanía a los incisivos superiores (Figura 3). A pesar de contar con un CBCT previo que nos orientaba sobre su posición espacial, el diente presentaba en su luxación cierto grado de anquilosis por lo que, valorando su proximidad a otros dientes, decidimos la realización de una odontosección (Figuras 4 y 5). Tras eliminar de manera cuidadosa la capsula eruptiva y lavar el área quirúrgica procedimos a

3 >>>

MULTIDISCIPLINAR

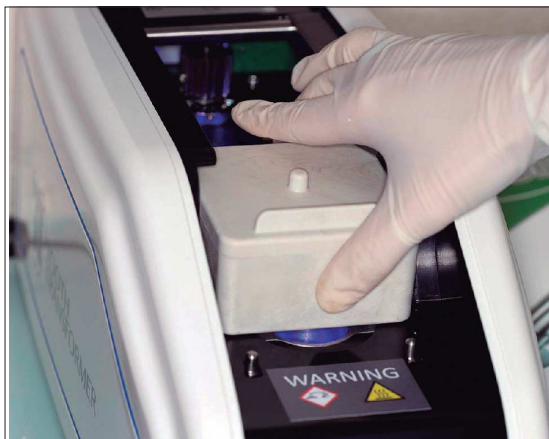


FIGURA 6 Equipo base del Tooth Transformer.

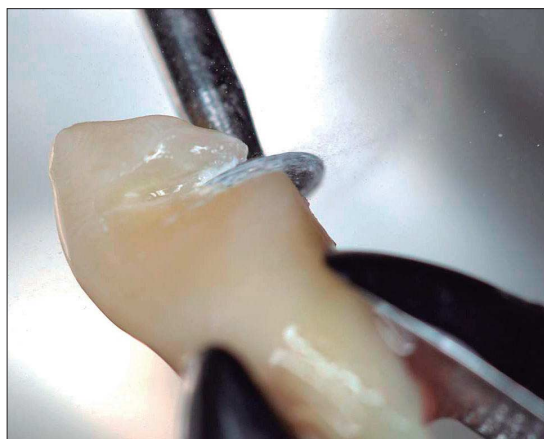


FIGURA 7 Limpieza, pulido y corte del diente

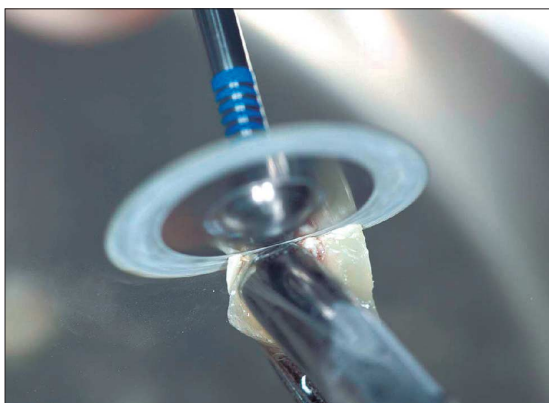


FIGURA 8 Sección del diente con disco antes de su procesado.

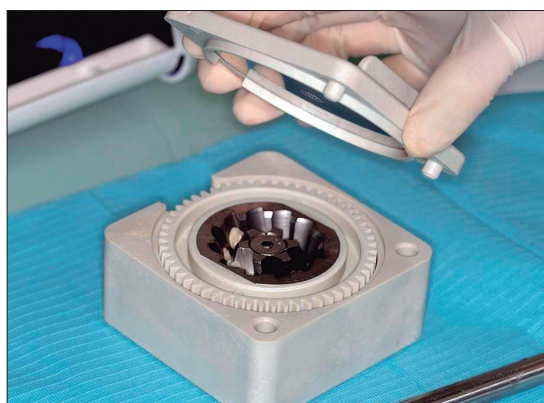


FIGURA 9 Partes independientes del triturador.

hidratar de manera continua el colgajo mucoperióstico y la cavidad residual con suero fisiológico, mientras iniciábamos el procesado de los dientes con el equipo *Tooth Transformer* (Figura 6).

El protocolo establecido se inicia con el lavado de toda la superficie del diente y el pulido para eliminar todos los elementos orgánicos adheridos, también con una fresa de diamante eliminamos el contenido del canal radicular intentando ensanchar ligeramente sus paredes e irrigando de manera continua con suero fisiológico. Conservamos el esmalte del diente y aunque en este caso no ha sido necesario al tratarse de un diente incluido, procederíamos también a eliminar cualquier restauración o anomalía estructural del diente. A continuación lo secamos con gasas y aire evitando la contaminación superficial con aceite (Figura 7).

El proceso continúa con el tratamiento del diente y para ello, y utilizando un disco nuevo, vamos a seccionarlo en

trozos pequeños para facilitar la degranulación y evitar el bloqueo posterior del dispositivo por el excesivo diámetro de las porciones. Al tiempo que irrigamos continuamente con suero fisiológico, debemos de ser muy cuidadosos con la sección superficial del esmalte del diente para que no se deteriore ni se generen grietas en su superficie (Figura 8). El triturador consta de tres partes independientes que, a su vez, se esterilizan por separado (Figura 9). Resulta fundamental colocar y ordenar los trozos del diente en sentido correcto en el triturador, evitando saturar con múltiples trozos el triturador ya que esta circunstancia podría afectar al volumen de la granulometría (Figura 10).

El proceso de trituración es esencial y tras él se produce un aumento de volumen, lo que nos permitirá la obtención de unos gránulos de 0,4 a 0,8 mm (Figura 11), lo cual favorecerá su utilización y su posterior adaptabilidad a los defectos óseos. El proceso de tratamiento con el

◀ 4

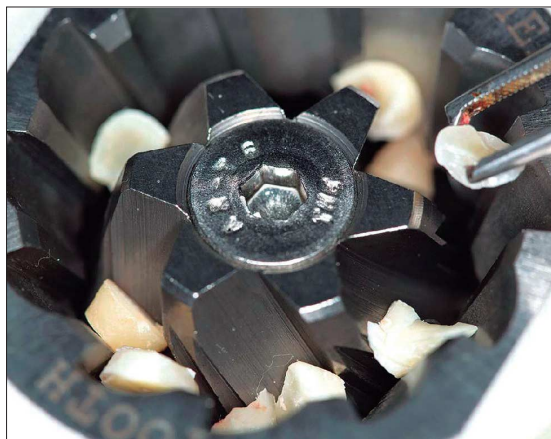


FIGURA 10 Partes del diente colocadas de manera orientada.



FIGURA 11 Aspecto del diente tras su trituración.



FIGURA 12 Todo el proceso dura entre 30 - 40 minutos.

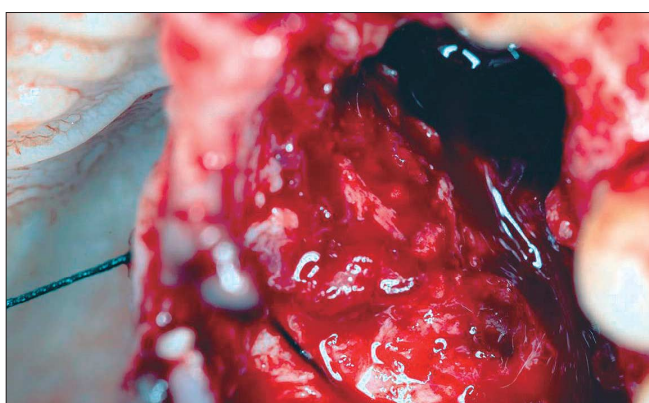


FIGURA 13 Cavidad residual tras la exodoncia del canino.

5 >>>

Tooth Transformer tiene dos fases, tras finalizar la primera hay que comprobar que el diámetro del granulado obtenido es el correcto y se encuentra entre 300 y 1200 micras. La totalidad del proceso dura 40 minutos aproximadamente (Figura 12).

En nuestro caso, cureteamos la cavidad residual para inducir el sangrado de las paredes óseas y procedimos a la colocación del injerto de dentina desmineralizada en la cavidad (Figuras 13 y 14). Es necesario recordar que el volumen de injerto obtenido multiplica por 2'5 el volumen del canino que hemos extraído, lo que nos permitirá también la utilización de una parte del injerto, a nivel vestibular.

Recordamos que, cuando se produce la inclusión del canino superior, en la mayoría de los pacientes se genera una falta de desarrollo de la fosa y eminencia canina, por lo que para conseguir un adecuado perfil de emergencia del implante que colocaremos en el segundo tiempo

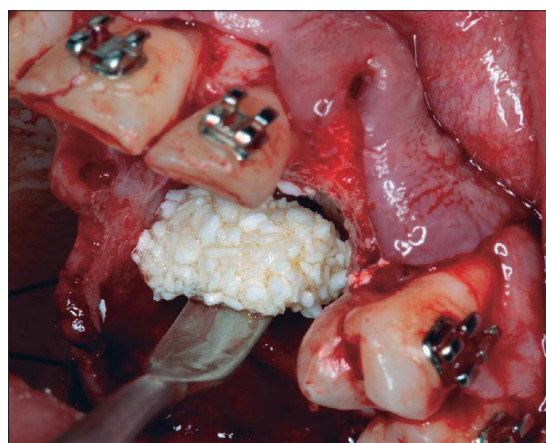


FIGURA 14 Se puede observar el diámetro adecuado de los gránulos

MULTIDISCIPLINAR

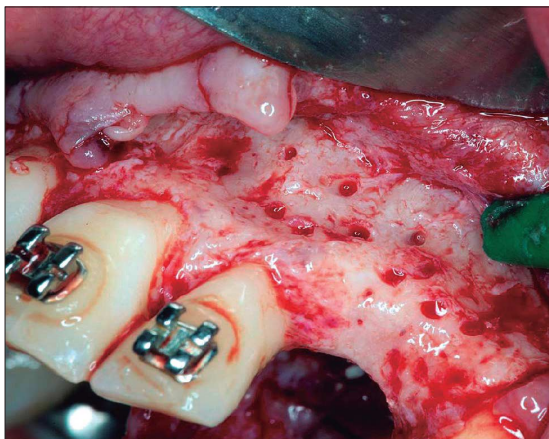


FIGURA 15 Perforaciones corticales para recibir el injerto.

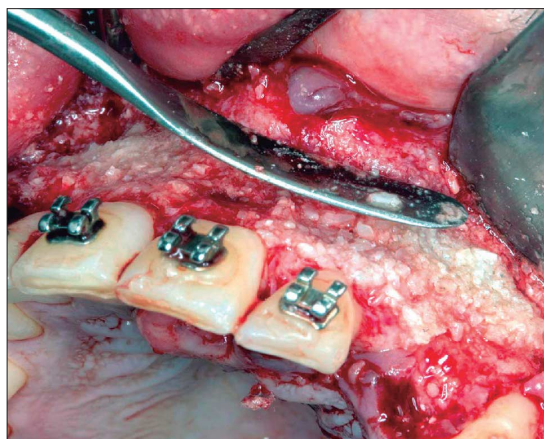


FIGURA 16 Colocación del injerto para crear un adecuado perfil de emergencia.

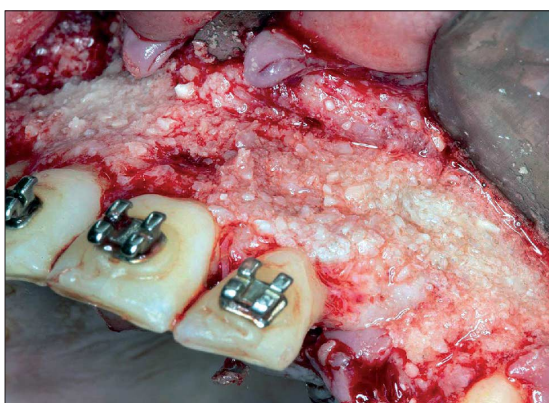


FIGURA 17 El injerto lo humectamos con suero fisiológico.



FIGURA 18 Preparación del PRP.

quirúrgico, es necesario también colocar de manera simultánea un injerto de dentina a nivel vestibular. Para ello, perforamos previamente la cortical ósea con la ayuda del *piezo surgery* (Figuras 15, 16 y 17).

Una vez obtenido el plasma rico en plaquetas (Figura 18) lo aplicamos en el área vestibular y palatina adoptando la forma de una membrana de estabilización del injerto (Figura 19), favoreciendo así la revascularización del área quirúrgica, la migración de las células pluripotenciales y aumentando la mitogénesis de células osteoprogenitoras y fibroblastos. Creemos que es necesario estabilizar con la mayor precisión posible la membrana de PRP sobre toda la extensión del injerto (Figura 20), para evitar pérdidas prematuras del material o la dehiscencia de la propia membrana. Preferimos sobrecontornear el perfil de emergencia en dos o tres milímetros puesto que, en los meses siguientes a la intervención, siempre se producirá cierto grado de reabsorción.

La intervención quirúrgica finaliza con la reposición del colgajo mucoperióstico y la sutura con monofilamento. En nuestro caso, y a pesar de que diversos autores en la literatura⁸ señalan un período de dos o tres meses para realizar la cirugía de inserción del implante, creemos más conveniente esperar cuatro meses, para poder así conseguir un perfil de emergencia más estético y funcional sobre el que poder establecer la rehabilitación protésica.

DISCUSIÓN

Numerosos autores en los últimos años, entre ellos Lindhe⁹, han referido que la composición no orgánica y orgánica de la dentina se parece mucho a la del tejido óseo. En particular, su matriz orgánica también está dominada por fibras de colágeno tipo I y presenta proteínas de composición no colágena, tales como fosfoproteínas, osteocalcina, proteoglicanos y glicoproteínas. Los estudios de investigación más recientes han podido

◀ 6



FIGURA 19 Conformación del PRP en forma de membrana oclusiva.

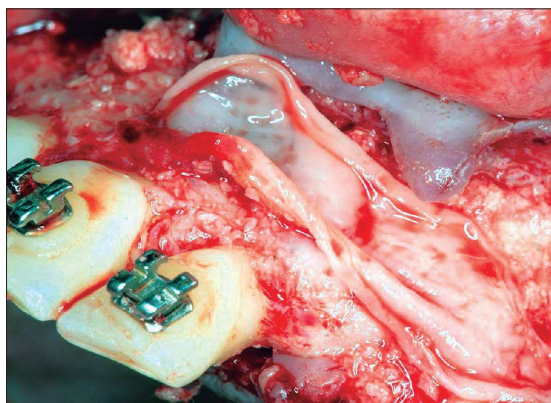


FIGURA 20 Estabilización de la membrana de PRP sobre el injerto.

demostrar que la dentina utilizada con estructura particulada o bien en bloques presentaba propiedades osteoconductoras y osteoinductivas, que podrían considerarse por tanto parte fundamental del proceso de remodelado óseo^{4,10,11}.

En la actualidad existen dos protocolos de utilización del injerto de dentina desmineralizada como sustituto óseo. Por un lado, el que requiere ser procesado mediante un procedimiento de desmineralización^{5,6} similar al que utilizamos en el procesamiento del hueso alogénico, o bien protocolos con material autógeno en fresco, en los que la dentina se utiliza sin desmineralizar¹³.

En la primera alternativa, aunque la dentina desmineralizada expone los factores de diferenciación para una osteogénesis efectiva, este hueso recién formado posee una estructura muy débil para poder generar una osteointegración inmediata.

Por el contrario, en la segunda alternativa, con el *Tooth*

Transformer que es el protocolo que hemos utilizado en nuestro caso clínico, nos va a vehicular una preparación de dentina libre de bacterias y, por lo tanto, su utilización y estructuración inmediata como biomaterial. Desde el punto de vista de la granulometría del injerto, también existe disparidad de criterios y así, mientras un grupo de investigadores utilizan el protocolo particulado^{6,13}, otros utilizan el injerto en bloque^{14,15}.

El grupo de investigación de Binderman⁸ ha utilizado un protocolo clínico similar al nuestro, aunque a diferencia de nuestro caso insertaban el implante el mismo día de la colocación del injerto. En sus estudios histológicos pudieron comprobar cómo la estructura de la cresta alveolar y de los tejidos blandos se mantenía inalterable a medio y corto plazo, con valores similares a los obtenidos utilizando hueso autógeno cortical u otros biomateriales^{2,8}. También valores superiores a las técnicas convencionales ha obtenido en sus estudios Calvo Guirado¹³ aunque es preciso considerar que este estudio ha sido realizado en animales de experimentación, con las lógicas similitudes pero también las claras diferencias con el medio humano oral.

Tanto Schwarz como Becker^{14,15} en sus últimos estudios han utilizado bloques radiculares dentinarios procesados, obteniendo un reemplazo más homogéneo de hueso en comparación a los injertos autógenos óseos convencionales, y esta circunstancia es debida a que la dentina se remodela muy lentamente en comparación a la mayoría de los biomateriales^{4,10}. Es innegable que estos dos estudios destacan el potencial estructural y biológico de esta técnica, como método alternativo a los injertos clásicos.

Coincidimos con Beca Campoy¹⁶ en que los principales problemas que hoy plantea este tipo de protocolos son, por un lado, poder determinar la cantidad de BMP y colágeno tipo I disponible en el procesamiento del diente, establecer el protocolo exacto antes de comenzar el tratamiento, lo que exige establecer que parte o partes del diente vamos a utilizar y por último considerar siempre el factor humano al no poder estandarizar los procedimientos o los líquidos empleados para desmineralizar correctamente BMP y el colágeno tipo I.

En nuestro caso clínico, utilizando el protocolo del *Tooth Transformer*, hemos obtenido un tamaño de gránulos entre 0'4 y 0'8 mm, este volumen de material no varía a lo largo del tiempo bajo presión, por lo que aporta unas cualidades idóneas para conseguir una regeneración homogénea, vascularizada y bien mineralizada.

CONCLUSIÓN

El injerto de dentina desmineralizada supone una nueva opción terapéutica ante aquellos casos clínicos en los que precisamos obtener una importante cantidad de injerto. A pesar de que faltan estudios clínicos y experimentales a

7 >>>

MULTIDISCIPLINAR

medio y largo plazo, creemos que se obtiene un material de injerto adecuado, por su composición casi idéntica a la del hueso humano en iones de calcio y fósforo organizado como hidroxiapatita y TCP.

Sabemos que, su fase orgánica contiene abundante colágeno tipo I y factores de crecimiento, además de su característica organización en microtúbulos que va a propiciar el crecimiento óseo y favorecer la osteoconducción, al tiempo que ha demostrado un comportamiento superior al de los xeno-derivados u otro tipo de injertos.

Con los estudios que disponemos en la actualidad, que como hemos mencionado son limitados, podemos afirmar que el injerto de dentina autóloga no provoca reacción inmune, por lo que su incorporación biológica y funcional es rápida, efectiva y predecible.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ten Heggeler JM, Slot DE, Van der Weijden GA. Effect of socket preservation therapies following tooth extraction in non-molar regions in humans: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2011; 22:779-88.
2. Del Canto Díaz A. Utilización de material dentario autólogo como injerto en el alveolo post-extracción. TFM. Facultad de Odontología. Universidad Complutense de Madrid. 2016.
3. Calvo Guirado J, Fernández M. Utilización de dentina como biomaterial para relleno óseo. *El dentista moderno.* 2019; 38-43.
4. Kim YK, Kim SG, Byeon JH. Development of a novel bone grafting material using autogenous teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109:496.
5. Al-Namnam NM, Shanmugasuntharam P, Ha KO, Siar CH. Processed Allogenic Dentine as A Scaffold for Bone Healing: An in vivo study. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.* 2010;4(12):5932-40.
6. Murata M, Um I, Kim K, Mitsugi M, Akazawa T, Kim Y. Human dentin as novel biomaterial for bone regeneration. *INTECH Open Access Publisher;* 2011.
7. Al-Namnam NM, Shanmugasuntharam P, Ha KO, Siar CH. Processed Allogenic Dentine as A Scaffold for Bone Healing: An in vivo study. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.* 2010; 4(12): 5932-40.
8. Binderman I, Hallel G, Nardy C, Yaffe A, Sapoznikov L. A Novel Procedure to Process Extracted Teeth for Immediate Grafting of Autogenous. *D J Interdiscipl Med Dent Sci.* 2014;2(6): 154.
9. García V. Plasma rico en plaquetas y su utilización en implantología dentaria. *Avances en periodoncia.* 2004:2340-420.
10. Lindhe J. Periodontología clínica e implantología odontológica. Ed. Panamericana: Madrid; 2000: 604-54.
11. Andersson L. Dentin xenografts to experimental bone defects in rabbit tibia are ankylosed and undergo osseous replacement. *Dental Traumatology* 2010; 26, 398-402.
12. Qin X, Raj RM, Liao X, Shi W, Ma B, Gong SQ, Chen wm, Zhou B. Using rigidly fixed autogenous tooth graft to repair bone defect: an animal model. *Dental Traumatology* 2014; 30: 380-4.
13. Calvo Guirado JL. Nuevo procedimiento para procesar los dientes extraídos como injerto en alveolos postextracción. Estudio experimental en perros. *Gaceta Dental.* 2017:290:96-113.
14. Schwarz F, Golubovic V, Mihatovic I, Becker J. Periodontally diseased tooth roots used for lateral alveolar ridge augmentation. A proof-of-concept study. *J Clin Periodontol* 2016; doi:10.1111/jcpe.12579.
15. Becker K, Drescher D, Honscheid R, Golubovic V, Mihatovic I, Schwarz F. Biomechanical, micro-computed tomographic and immunohistochemical analysis of early osseous integration at titanium implants placed following lateral ridge.
16. Beca Campoy T. Fractura vertical: Socket Shield e injerto autólogo de dentina. *RCOE.*2019:vol 24 nº 1.

◀◀ 8

ARTÍCULO 3. Utilización de la tecnología Tooth Transformer y los dientes incluidos del paciente, como material de injerto en un tratamiento multidisciplinar

Quevedo Bisonni M, Sciaiini Lewis V, Rodríguez Pena K, Núñez Otero M, Barbi Actis J, Tábara Rodríguez JJ.

RCOE 2022;27(4):284-292.

Este artículo fue premiado por la FDE (Fundación Dental Española), como el mejor artículo inédito publicado por la revista RCOE durante el año 2022.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8732692>

Indicadores de calidad:

El artículo ha sido publicado en la RCOE: Revista del Ilustre Consejo General de Colegios de Odontólogos y Estomatólogos de España, con ISSN 1138-123X, Vol. 27, Nº 4. 2022 (Diciembre), págs. 284-292.

Esta revista se dedica a la publicación de artículos originales de naturaleza científica o práctica relacionados con la Odontología. La revista RCOE está indexada en varias bases de datos reconocidas, incluyendo el Directory of Open Access Journals (DOAJ), Índice Bibliográfico Español en Ciencias de la Salud (IBECS), Latindex-Directorio, MIAR, SciELO, Índice Médico Español (IME), Dialnet y Google Scholar.

Contribución específica en la publicación:

En el artículo arriba mencionado, el doctorando Miguel Ricardo Quevedo Bisonni ha sido responsable del desarrollo inicial del protocolo, su validación y verificación, la visualización, plasmación del resultado clínico y la elaboración del borrador original.

Contribucion de los autores :

Conceptualización: Javier Barbi Actis y Valeria Sciaiini Lewis

Metodología: Miguel Ricardo Quevedo Bisonni, Dra. Karen Rodriguez Pena y Valeria Sciaiini Lewis.

Validación: Miguel Ricardo Quevedo Bisonni, Valeria Sciaiini Lewis y María Nuñez Otero.

Análisis formal: Miguel Ricardo Quevedo Bissonni, Valeria Sciaiini Lewis, Javier Barbi Actis, y Dra. Karen Rodriguez Pena.

Redacción y preparación del borrador original: Miguel Ricardo Quevedo Bissonni, Jorge Juan Tábara Rodriguez.

Redacción-revisión y edición: Miguel Ricardo Quevedo Bissonni y Dra. Karen Rodriguez Pena.

Visualización: Miguel Ricardo Quevedo Bissonni, Valeria Sciaiini Lewis, María Nuñez otero, Javier Barbi Actis, Dra. Karen Rodriguez Pena y Jorge Juan Tábara Rodriguez.

Supervisión: Dra. Karen Rodriguez Pena

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito

Reproducción total o parcial del artículo en la tesis:

El artículo presenta una reproducción parcial de la tesis, destacando principalmente los excelentes resultados radiológicos de los injertos de dentina desmineralizada, observados a los 100 días después de su implementación y comparándolos con las imágenes pre y post-quirúrgicas correspondientes. En el mismo se exploran tres opciones de obtención de dentina y su aplicación en diversas situaciones clínicas. Asimismo, se analiza la evolución del injerto de dentina en el ámbito científico.

Tanto el artículo como la tesis en su introducción, reproducen las imágenes mencionadas anteriormente.

Utilización de la tecnología *Tooth Transformer* y los dientes incluidos del paciente, como material de injerto en un tratamiento multidisciplinar

Miguel Quevedo Bisonni¹, Valeria Sciaini Lewis¹, Karen Rodríguez Pena¹, María Núñez Otero¹, Javier Barbi Actis¹, Jorge Juan Tábara Rodríguez²

RESUMEN

Toda extracción dentaria va a generar una reducción de las dimensiones de la cresta ósea, así como un conjunto de cambios fisiológicos a nivel del hueso alveolar. Para contrarrestar o disminuir estas variaciones dimensionales en los alveolos post-extracción existen diversas técnicas regenerativas.

El caso que aquí se presenta se ha realizado en la Facultad de Medicina y Odontología de Santiago de Compostela. En el mismo, se empleó un injerto autólogo de dentina desmineralizada como material de regeneración en la zona de 2.1 y 1.2, tras la exodoncia de un tercer molar, un incisivo lateral y un incisivo central retenido. Estas piezas extraídas sirvieron como material de osteoregeneración tras haber sido procesadas por la tecnología denominada *Tooth Transformer*. Mediante este procesado obtenemos partículas de dentina desmineralizada (DDM) cuyo tamaño oscila entre 300-800 µm. Este material será posteriormente introducido en los alveolos posextracción del central retenido, del lateral y en el defecto residual tras la quistectomía.

Esta técnica puede considerarse una alternativa viable a las tradicionales técnicas regenerativas, de mayor riesgo y morbilidad para el paciente, pues parece demostrar eficacia y eficiencia en la preservación alveolar posextracción, en el aumento de volumen óseo y en el tratamiento de defectos óseos periodontales, entre otros procedimientos. Además, nos ofrece capacidad osteogénica, osteoinductiva y osteoconductiva.

PALABRAS CLAVE: plasma rico en fibrina, dentina desmineralizada, *Tooth Transformer*, diente incluido, regeneración ósea.

ABSTRACT

Teeth extractions entail a reduction in the dimensions of the bone crest, as well as a set of physiological changes at the level of the alveolar bone. To counteract or reduce dimensional variations in the post-extraction alveoli, there are various regenerative techniques.

The case presented here has been carried out at the Faculty of Dentistry of Santiago de Compostela. In it, an autologous demineralized dentin graft was used as regeneration material in the area of 2.1 and 1.2, after the extraction of a third molar, a lateral incisor and a retained central incisor. These extracted pieces served as osteoregeneration material after being processed by a machine created for this purpose, called *Tooth Transformer*. Through this process we obtain demineralized dentin particles (DDM) whose size ranges between 300-800 µm. They will be introduced in the post-extraction alveoli of the retained central, lateral and the defect left after the cystectomy.

This technique can be considered a viable alternative to traditional regenerative techniques, with higher risk and morbidity for the patient, since it seems to demonstrate efficacy and efficiency in post-extraction alveolar preservation, in bone volume increase and in the treatment of periodontal bone defects, among other procedures. In addition, by having osteogenic, osteoinductive and osteoconductive capacity

KEY WORDS: plasma-Rich Fibrin, demineralized dentin, *Tooth Transformer*, embedded tooth, bone regeneration.

¹Profesor Tutor Clínico. Unidad Docente de Cirugía Oral. Facultad de Medicina y Odontología. Universidad de Santiago de Compostela.

²Alumno de Grado. Facultad de Medicina y Odontología. Universidad de Santiago de Compostela.

Correspondencia:

Facultad de Medicina y Odontología de Santiago de Compostela
c/ Entrerrios s/n. 15782 Santiago de Compostela
Teléfono: 981563100 – Ext 12358 – USC

Mail: miguelquevedo@clinicaquevedo.com

INTRODUCCIÓN

De todos los tejidos que intervienen en la composición de un diente, la dentina posee un contenido mineral superior a cualquier derivado óseo, además de ser comparable con el hueso autógeno en dos de sus propiedades: se trata de un material biológico osteocompatible y osteoconductor. Esta es la razón por la cual se encuentra en disposición de poder proporcionar una matriz física sobre la que asentar nuevas formaciones óseas, por lo tanto, podemos considerar a la dentina como un material biológico y bioactivo óptimo para la regeneración de los tejidos duros.

MULTIDISCIPLINAR

La osteogénesis, la osteoinducción y la osteoconducción son los procesos biológicos principales que integran la osteointegración. La osteogénesis es el proceso por el que el hueso neoformado se desarrolla a partir de células osteoprogenitoras. La osteoinducción es la estimulación y activación de células osteoprogenitoras del tejido circundante a la lesión, mientras que la osteoconducción, es el proceso mediante el cual se facilita el desarrollo de los vasos sanguíneos que vehiculizan los elementos clave que van a intervenir en el proceso de regeneración ósea guiada.

En estos últimos años, los avances en la utilización de tejidos nos han demostrado que los injertos autólogos convencionales son, por su histocompatibilidad y por su predictibilidad, la mejor elección quirúrgica para la obtención de hueso, sin embargo, tienen complicaciones y limitaciones como son: la poca cantidad de material de injerto que podemos obtener, la morbilidad de la zona donante, la duración de la intervención quirúrgica y el conjunto de molestias y complicaciones postoperatorias, incluidas las psicológicas por parte del paciente^{1,2}.

Este nuevo protocolo clínico que hoy modificamos aporta osteogénesis, al favorecer el proceso de formación de tejido óseo, también induce la osteoconducción, al aportar la capacidad osteoconducciona del material que crea para las células osteogénicas y también, osteoinducción, al transformar las células mesenquimales indiferenciadas perivasculares en células osteoformadoras, en presencia de ciertas sustancias como son las BMP-2.

Por lo tanto, podemos considerar a nuestras estructuras dentales como elementos portadores de proteínas que pueden comportarse como un injerto convencional, ya que su composición y estructura biológica es muy parecida a la del hueso alveolar.

Cuando realizamos la extracción de un diente^{3,4} se producen a medio plazo un conjunto de cambios morfológicos que en la actualidad podemos regular y prever mediante la utilización de técnicas de promoción ósea. Este conjunto de cambios son más intensos en los pacientes de edad avanzada.

Es por ello que las técnicas de preservación alveolar en su conjunto, tienen como principal objetivo controlar el conjunto de cambios estructurales a nivel vertical y horizontal que se producen a nivel alveolar una vez que finaliza la exodoncia quirúrgica de un diente, y por otra parte, facilitan la promoción ósea asegurando un adecuado perfil de emergencia cuando por ejemplo, posteriormente reabilitamos con una corona protésica un implante osteointegrado.

Numerosos factores hormonales y locales actúan favoreciendo el aumento o disminución de la reabsorción ósea, el aumento del número y actividad de los osteoblastos, y también la mineralización o el aumento de la matriz osteoide.

Tal como ocurre con las hormonas tiroideas y paratiroideas, la insulina, los glucocorticoides, los andrógenos y estrógenos y numerosos factores de crecimiento y citoquinas, todos ellos, con mecanismos de acción muy complejos y totalmente involucrados en los procesos de regeneración ósea que se producen a nivel oral⁵.

En el nuestro sistema óseo, pueden repararse pequeñas lesiones, sin que se produzcan apenas pérdidas de volumen mineral, pero la restauración del proceso alveolar siempre conlleva una pérdida de volumen, que es proporcional al proceso de reabsorción previo. El complejo proceso de la renovación ósea, es secundario a la cicatrización, y sabemos que el nuevo tejido formado no presenta las mismas características estructurales que el inicial, y que por lo tanto en la mayoría de las ocasiones, no podemos garantizar la reparación total de la estructura histológica.

EVOLUCIÓN DEL INJERTO DE DENTINA DESMINERALIZADA

Uno de los primeros estudios en los que se pudo intuir la posible utilización del injerto de dentina humana, en el proceso de reparación de lesiones óseas, consistió en la utilización de matriz de dentina humana desmineralizada, perforada artificialmente, en seis defectos de cresta ilíaca de ovejas, sacrificando tres ovejas a los dos meses y tres ovejas a los cuatro meses, demostrando nueva formación ósea en los bordes del bloque de dentina desmineralizada a los dos meses, pero no dentro del material. Sin embargo, sí que hubo formación ósea dentro del bloque de dentina a los cuatro meses, donde se observó una regeneración ósea excelente.

En este estudio se pudo comprobar que la BMP-2 producía mejor osteoinducción en materiales porosos que en materiales no porosos, ya que poros de 300 micrómetros de diámetro permitieron la infiltración de células formadoras de hueso y osteoclastos. Los andamiajes de dentina con perforaciones artificiales mostraron angiogénesis por la formación de nuevos capilares y desarrollo de los ya existentes, y por tanto, una mejor difusión del transporte de oxígeno y otros nutrientes⁶.

Esta matriz de dentina humana desmineralizada también se ha utilizado como material de injerto en otro estudio, en alveolos de 32 roedores, realizando un análisis histológico, morfométrico e inmunohistoquímico a los 3, 7, 14 y 21 días después de la cirugía, y dando como resultado un aumento de la expresión del VEGF, que es el factor proangiogénico más importante en los procesos de neovascularización fisiológica y patológica⁷.

Una revisión sistemática sobre los métodos de procesado de la dentina en ingeniería ósea titular ha podido poner de manifiesto que el proceso de desmineralización de la dentina aumenta la osteoinducción y disminuye la antigenicidad, siendo esta la razón por la cuál a partir de 2008 todos los estudios en humanos y animales usan matriz de



dentina desmineralizada, ya que el proceso de desmineralización previene la desnaturalización de proteínas, para mantener los factores de crecimiento y las proteínas involucradas en la osteoinducción. Además, concluyen que el tamaño de partícula ideal para promover la regeneración ósea es de 75-500 micrómetros de diámetro⁸.

Fue Murata en el 2003⁹ el primer investigador que de una manera sistemática, publicó la realización de un autoinjerto de dentina humana. Años más tarde, este mismo grupo de investigación planteó el uso de la dentina como un nuevo biomaterial y también como matriz portadora de BMP (BMP-2) que, como sabemos, se encuentra involucrada en la formación ósea.

Estos autores demostraron que los tejidos muy calcificados, como la dentina, no generan una osteoinducción precoz ni la formación de tejido esponjoso. También comprobaron que, tras la desmineralización de la dentina, siguen quedando bioactivas determinadas BMP, en concreto las BMP-2, BMP-4 y BMP-7, que se unen en matrices ricas de colágeno, tal y como sucede de forma fisiológica en el hueso. Este mismo grupo de investigación, en estudios posteriores, ha podido certificar que el hueso que se forma de esta manera es muy estable, se mantiene en las tres dimensiones del espacio y por tanto, tiene todas las características histológicas y físicas para poder ser considerado como un injerto autólogo.

Las últimas modificaciones técnicas aportadas por el grupo de Binderman¹⁰ también han supuesto una clara innovación al simplificar el protocolo y concebirlo como hoy lo planteamos. Es decir, para poder ser aplicado en el mismo momento de la exodoncia del diente. Este autor también considera que la principal indicación de esta técnica quirúrgica son los dientes, cuya exodoncia se realiza por compromiso periodontal y también aquellos dientes que están, como en nuestro caso, parcial o totalmente incluidos en los maxilares.

Al tratarse de una técnica protocolizada, siempre que sea posible debemos descartar los dientes con tratamientos de endodoncia previa o cirugía periapical, así como aquellos que presentan obturaciones complejas, o con escaso material dentario remanente, ya que podría distorsionar el resultado final del tratamiento

JUSTIFICACIÓN DEL CASO CLÍNICO

Hoy sabemos que la técnica de PRF no solo es un escalón evolutivo del PRP, ya que aunque aparentemente tiene similares objetivos terapéuticos, es capaz de liberar los factores de crecimiento de una manera secuencial y progresiva, de manera que sus efectos a corto y medio plazo se prolongan en el tiempo.

Los factores de crecimiento son los elementos que estimulan las células madre, que a la vez de una manera programada mejoran el colágeno y la elastina de la piel, basándose en el principio biológico, de que las plaquetas del

PRF sobreviven mejor que las del PRP y por ello, se induce un proceso de estabilización y cicatrización más intenso.

Pero existe por supuesto, una justificación clínica y social de gran importancia para la Medicina y la Odontología. Desde hace unos 25 años, se ha incrementado de manera exponencial la esperanza de vida de nuestros pacientes. Pacientes que en la mayoría de los casos se encuentran polimedificados, padecen enfermedades crónicas y tienen un grado muy limitado de autonomía, no solo en el concepto de movilidad, sino también en el económico y en los autocuidados.

Debido a estas circunstancias se ha incrementado el número de defectos óseos en nuestros pacientes al hacerlo también las lesiones periodontales de larga evolución, al padecer un mayor número de lesiones granulomatosas y quísticas, y también, debido a la aparición de fenómenos clínicos indeseables como puede ser la osteonecrosis de los maxilares inducida por el consumo crónico de los bisfosfonatos.

No podemos olvidar tampoco que la mayoría de estos pacientes, poseen enfermedades que van a complicar y dificultar el proceso de regeneración ósea como pueden ser las enfermedades autoinmunes, la hipertensión arterial, la diabetes, los trastornos de la coagulación y en general, se encuentran tratados con fármacos cuyos componentes pueden interferir con el normal proceso de osteogénesis, como es el caso de los inhibidores selectivos de la recaptación de serotonina.

En nuestro caso clínico, se trataba paralelamente de aprovechar la misma estirpe dentaria de dos dientes incluidos para rellenar el defecto creado por las lesiones quísticas y la exodoncia previa del diente, no incrementando el gasto por parte del paciente, pero lo que creemos que es más importante, crear una estructura ósea estable, cuya regeneración se mantendrá en el tiempo y con la ausencia de las complicaciones inmunológicas derivadas de la utilización de un injerto heterólogo.

CASO CLÍNICO

Paciente mujer de 20 años, sin antecedentes de importancia que acude a la Unidad Clínica de Cirugía oral de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela.

La paciente acude a nuestra unidad refiriendo un dolor agudo irradiado en el área del incisivo lateral superior derecho, por lo que se determina realizar diferentes pruebas complementarias clínicas y por la imagen.

En la ortopantomografía (*Figura 1*) inicial pudimos observar una imagen radiolúcida de aspecto quístico en el incisivo lateral derecho asociada a una fractura radicular por compresión, y también de manera paralela, se diagnosticó la inclusión del incisivo central superior, la inclusión del tercer molar superior izquierdo y de ambos terceros molares inferiores.

287 >>

MULTIDISCIPLINAR



FIGURA 1. Ortopantomografía inicial de la paciente.



FIGURA 2. Extensión palatina del quiste del diente 12.



FIGURA 3. Posición del diente incluido en el maxilar.



FIGURA 4. Distribución irregular del espacio disponible.

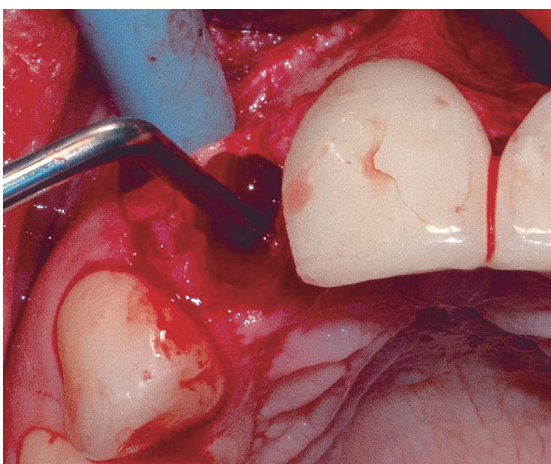


FIGURA 5. Legrado del diente 12.

Indicamos también la realización de un CBCT para establecer la extensión palatina del quiste apical y determinar la posición mixta del diente incluido en el maxilar superior para orientar su exodoncia (Figuras 2, 3).

La paciente nos refiere también en esta primera consulta, que desea realizar modificaciones en las coronas de cerámica del sector anterior y mejorar la distribución de espacio de sus corredores bucales. Por dicha razón, se le plantea la realización de un tratamiento multidisciplinar que incluye técnicas de cirugía bucal, ortodoncia, periodoncia y prótesis (Figura 4).

Antes de iniciar el procedimiento quirúrgico realizamos la extracción de sangre de la vena antecubital del paciente en tubos de 9 ml y se procede a su inmediata centrifugación, utilizando en este caso la centrífuga *IntraSpin*, a 2.700 rpm durante 12 minutos. Los tubos que utilizamos en la extracción sanguínea tienen que estar aprobados para su uso clínico según la norma ISO 10993, ya que los tubos que utilizamos habitualmente para otros fines pueden inducir citotoxicidad, mutagenicidad, irritación intradérmica y hemólisis, entre otros muchos efectos indeseables. Iniciamos el tratamiento con la exodoncia del diente 12 en dos fragmentos, legrando la cavidad residual que tenía una amplia extensión hacia palatino y que posteriormente será cubierta con una membrana de colágeno —*Collygen*— (Figura 5).

◀ 288

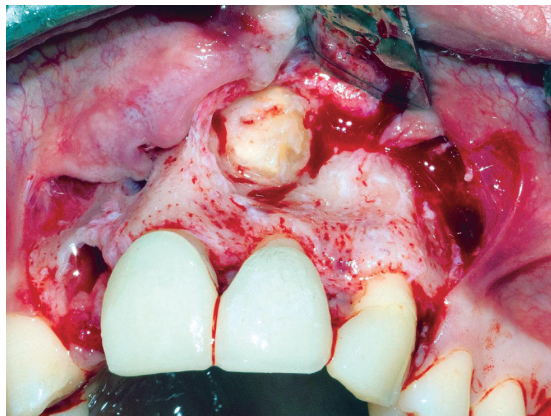


FIGURA 6. Posición mixta del diente incluido.

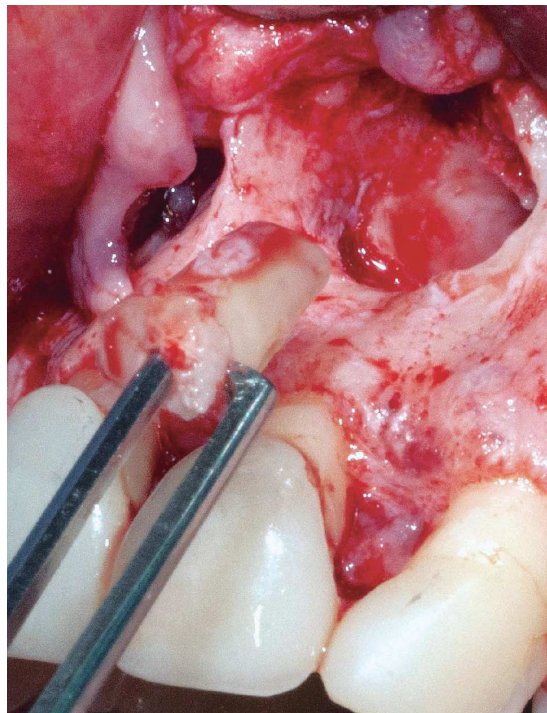


FIGURA 7. Exodoncia con ostectomía y odontosección..

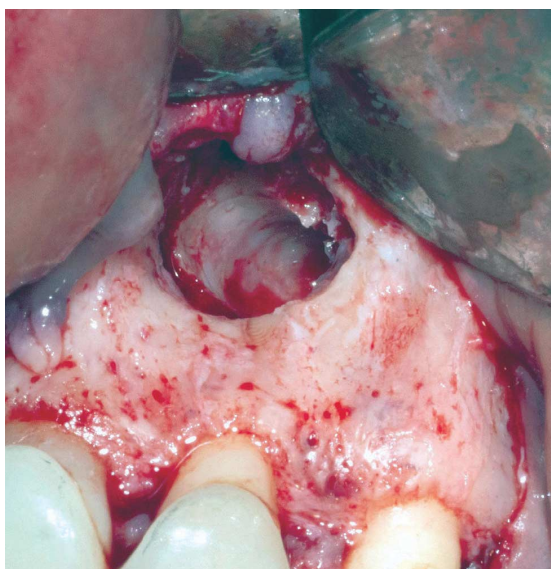


FIGURA 8. Defecto óseo residual tras la exodoncia.



FIGURA 9. Posición correcta de los trozos en la trituradora.



FIGURA 10. Aspecto de la dentina y su granulado..

De manera simultánea realizamos la exodoncia del diente 28 y del diente 21, con ostectomía y odontosección, ya que permanecía incluido en la posición anterior del maxilar en situación mixta (Figuras 6, 7, 8). Ambos dientes serán procesados al mismo tiempo en el *Tooth Transformer*, mientras preparamos las áreas receptoras del injerto de dentina desmineralizada.

El proceso de trituración de los dientes es determinante y, tras él, se produce un aumento de volumen, lo que nos permitirá la obtención de unos gránulos de 0,4 a 0,8 mm, lo cual favorecerá su utilización y su posterior adaptabilidad a los defectos óseos.

Esta parte del tratamiento tiene dos fases y, tras finalizar la primera, hay que comprobar que el diámetro del

granulado obtenido es el correcto y se encuentra entre 300 y 1200 micras. Todo el proceso de elaboración mecánica de la dentina se prolonga durante 40 minutos aproximadamente (Figuras 9, 10).

MULTIDISCIPLINAR



FIGURA 11. Relleno del área ocupada por el incisivo..

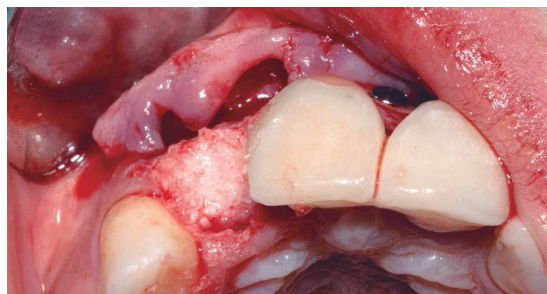


FIGURA 12. Relleno del área ocupada por el quiste en el incisivo lateral.

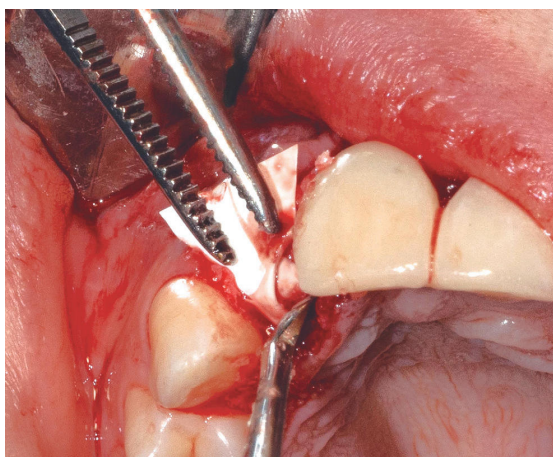


FIGURA 13. Membrana colocada en el área del incisivo lateral..

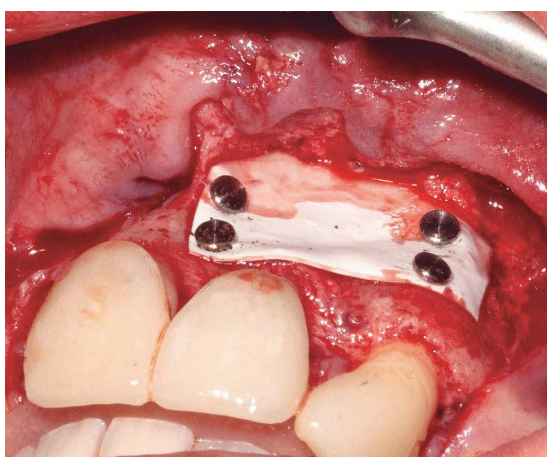


FIGURA 14. Membrana fijada con microtornillos..

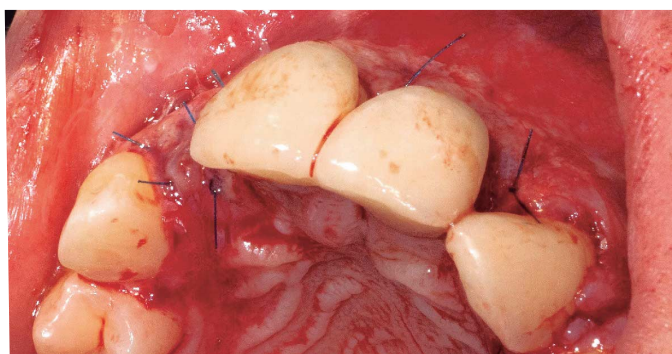


FIGURA 15. Reposición del colgajo y sutura..

Tras irrigar convenientemente con suero fisiológico, procedimos a rellenar todas las cavidades existentes en los dientes 12, 21 y el alvéolo del diente 28 que acabamos de extraer (Figuras 11, 12).

Por último, para evitar la pérdida del material de injerto y conseguir una cierta estabilidad tridimensional procedemos a colocar membranas de colágeno —Collygen—

fijadas con microtornillos para evitar su desplazamiento (Figuras 13, 14).

El tratamiento finaliza con la reposición del colgajo mucoperióstico y la sutura con Nylon 4.0—Biosintex— mediante puntos sueltos evitando la tensión excesiva en el colgajo que induciría un incremento de la reabsorción en las primeras horas (Figura 15).

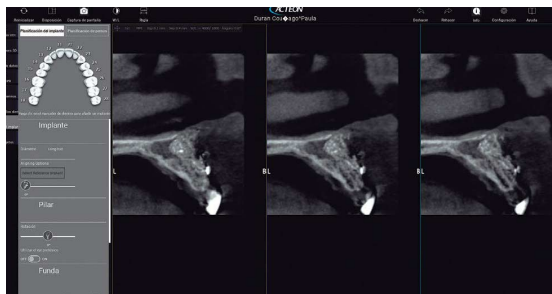


FIGURA 16. Imagen mediata posquirúrgica.



FIGURA 17. Imagen a los 100 días de realizarse el injerto.

En las diferentes proyecciones del CBCT, realizadas tras el tratamiento quirúrgico, podemos comprobar como de manera inmediata y cien días después de la colocación del injerto de dentina desmineralizada, este se encuentra ya siendo sustituido por tejido óseo cuyo proceso termina definitivamente entre los 6–8 meses (Figuras 16, 17).

El tratamiento multidisciplinar se ha iniciado a los seis meses tras la colocación del injerto, mediante la utilización de alineadores para desplazar, mesializar y distalizar dientes, para posteriormente insertar un implante osteointegrado y finalizar el tratamiento con la rehabilitación protésica que incluirá un ajuste oclusal y la colocación de unas nuevas coronas de Zirconio.

DISCUSIÓN

En la actualidad existen dos protocolos de utilización del injerto de dentina desmineralizada como sustituto óseo. Por un lado, el que requiere ser procesado mediante un procedimiento de desmineralización similar al que utilizamos en el procesamiento del hueso alógeno, o bien protocolos con material autógeno en fresco, en los que la dentina se utiliza sin desmineralizar.

En la primera de las técnicas, aunque la dentina desmineralizada expone los factores de diferenciación para una osteogénesis efectiva, este hueso recién formado posee una estructura muy débil para poder generar una osteointegración inmediata.

Por el contrario, en la segunda alternativa, con el *Tooth Transformer*—que es el protocolo que llevamos utilizando en nuestra Unidad clínica de Cirugía Oral de la Universidad de Santiago desde hace cuatro años—, nos va a proveer una preparación de dentina libre de bacterias y, por lo tanto, su estructuración previsible y su utilización inmediata como biomaterial¹¹.

Desde el punto de vista de la granulometría del injerto, también existe disparidad de criterios y así, mientras un grupo de investigadores utilizan el protocolo particulado, otros utilizan el injerto en bloque, con resultados que sinceramente no son radicalmente distintos. Siempre hemos coincidido con Beca Campoy¹² en que los principales

problemas que hoy plantea este tipo de protocolos son, por un lado, poder determinar la cantidad de BMP y colágeno tipo I disponible en el procesado del diente, establecer el protocolo exacto antes de comenzar el tratamiento, lo que exige disponer qué parte o partes del diente vamos a utilizar y, por último, considerar siempre el factor humano, al no poder estandarizar los procedimientos o los líquidos empleados para descristalizar correctamente BMP y el colágeno tipo I.

En nuestro caso clínico, utilizando el protocolo del *Tooth Transformer*, hemos obtenido un tamaño de gránulos entre 0.4 y 0.8 mm, este volumen de material no varía a lo largo del tiempo bajo presión, por lo que aporta unas cualidades idóneas para conseguir una regeneración homogénea, vascularizada y bien mineralizada.

El empleo de estos materiales y estas técnicas en Odontología se basa principalmente en la alta aceptación tisular al tratarse de componentes autógenos. Estudios muestran que el añadir fibrinógeno a biomateriales sustitutivos de hueso, tanto alógenos como xenógenos, puede influir en la actividad osteoblástica *in vivo*. A nivel molecular, avalan una mejor respuesta tisular, tanto a nivel de los tejidos blandos como de los tejidos duros, ante una mayor presencia de familias moleculares propias.

Coincidimos también con otros muchos autores que establecen comparaciones entre la dentina desmineralizada y diversos injertos utilizados en el tratamiento de defectos óseos mandibulares. Un trabajo realizado por Pang y Cols^{13,14} ha evidenciado la eficacia de este tipo de injerto en series más amplias en las que han evaluado la estabilidad de la trabeculación ósea a los seis meses tras realizado el injerto.

Una revisión sistemática reciente también ha permitido aproximarse a la fiabilidad de los injertos de dentina autógena en casos de aumento de reborde alveolar previos a la colocación de implantes, mostrando una tasa de supervivencia medida del implante del 97,7% con un periodo de seguimiento medio de 28,1 meses.

En este mismo sentido, el estudio de Del Canto-Díaz y cols¹⁵ también ha mostrado resultados favorables con el

291 >>>

MULTIDISCIPLINAR

uso de este tipo de injerto. Sus resultados muestran un notable aumento de la densidad ósea y una reducción de la contracción alveolar, tanto vertical como horizontal, con el empleo de dentina autóloga, respecto al grupo control sin ningún tipo de injerto.

En la actualidad, nos encontramos realizando los primeros estudios histológicos en colaboración con la Fundación Rof Codina, en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Santiago de Compostela (Campus de Lugo), cuyos resultados aún no tenemos en su totalidad, pero sí podemos afirmar que revelan un claro incremento de la densidad y trabeculación ósea en aquellas áreas en las que previamente habíamos utilizado el injerto de dentina. Se establece también que, aproximadamente, a los ocho o nueve meses desaparece casi por completo la dentina del injerto y es sustituida por hueso estable desde un punto de vista tridimensional.

En la actualidad, y con la misma línea de actuación clínica, nos encontramos realizando estudios prospectivos y retrospectivos para poder establecer el grado de eficacia de la técnica del injerto de dentina en alveolos postextracción en pacientes con edad avanzada, midiendo en CBCT las unidades Hounsfield, en su rango de valor útil que abarca desde 1024 HU hasta 3071 HU.

CONCLUSIÓN

El injerto de dentina desmineralizada, asociado a la utilización de plasma rico en fibrina, supone una nueva opción terapéutica ante aquellos casos clínicos en los que precisamos obtener una importante cantidad de injerto ante la existencia de diversos grados de reabsorción ósea. A pesar de que faltan estudios básicos clínicos y experimentales a medio y largo plazo, creemos que nos proporcionan un volumen de injerto adecuado, por su composición similar a la del hueso humano.

Esta técnica se encuentra especialmente indicada y reforzada cuando podemos disponer de dientes incluidos en los maxilares del mismo paciente, ya que nos aporta una cantidad suficiente de injerto para hacer frente a los requerimientos de la intervención quirúrgica. Por otra parte, no hay que olvidar que los dientes incluidos suelen tener su estructura dental conservada, han permanecido aislados del medio oral, sin contaminación bacteriana y también nos ofrecen una estirpe genética similar.

BIBLIOGRAFÍA

- Kim YK, Kim SG, Byeon JH. Development of a novel bone grafting material using autogenous teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*; 2010; 109:496.
- Calvo Guirado J, Fernández M. Utilización de dentina como biomaterial para relleno óseo. *El dentista moderno*. 2019; 38-43.
- Ten Heggeler JM, Slot DE, Van der Weijden GA. Effect of socket preservation therapies following tooth extraction in non-molar regions in humans: a systematic review. *Clin Oral Implants Res*. 2011; 22:779-88.
- Del Canto Díaz A. Utilización de material dentario autólogo como injerto en el alveolo posextracción. TFM. Facultad de Odontología. Universidad Complutense de Madrid; 2016.
- Tresguerres IF, Alobera Gracia MA, del Canto Pingarrón M. Bases fisiológicas de la regeneración ósea II. El proceso de remodelado. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2006;11:51-7.
- Reis-Filho CR, Silva ER, Martins AB, Pessoa FF, Gomes PV, de Araujo MS y cols. Demineralised human dentine matrix stimulates the expression of VEGF and accelerates the bone repair in tooth sockets of rats. *Arch Oral Biol* 2012; 57 (5): 469-76.
- Jeong KI, Kim SG, Kim YK, Oh JS, Jeong MA, Park JJ. Clinical study of graft materials using autogenous teeth in maxillary sinus augmentation. *Implant Dent* 2011; 20 (6): 471-5.
- Murata M, Sato D, Hino J, Akazawa T, Tazaki J, Ito K y cols. Acid-insoluble human dentin as carrier material for recombinant human BMP-2. *J Biomed Mater Res A* 2012; 100 (3): 571-7.
- Murata M, Um I, Kim K, Mitsugi M, Akazawa T, Kim Y. Human dentin as novel biomaterial for bone regeneration. INTECH Open Access Publisher; 2011.
- Binderman I, Hallel G, Nardy C, Yaffe A, Sapoznikov L. A Novel Procedure to Process Extracted Teeth for Immediate Grafting of Autogenous. *D J Interdiscipl Med Dent Sci*. 2014;2(6): 154.
- Calvo Guirado JL. Nuevo procedimiento para procesar los dientes extraídos como injerto en alveolos postextracción. Estudio experimental en perros. *Gaceta Dental*.
- Beca Campoy T. Fractura vertical: Socket Shield e injerto autólogo de dentina. *RCOE*. 2019; vol 24 no 1.
- Pang KM, Um IW, Kim YK, Woo JM, Kim SM, Lee JH. Autogenous demineralized dentin matrix from extracted tooth for the augmentation of alveolar bone defect: a prospective randomized clinical trial in comparison with anorganic bovine bone. *Clin Oral Implants Res* 2017; 28 (7): 809-15.
- Gual-Vaqués P, Polis-Yanes C, Estrugo-Devesa A, Ayuso-Montero R, Mari-Roig A, López-López J. Autogenous teeth used for bone grafting: A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2018; 23 (1): 112-19.
- Del Canto-Díaz A, de Elío-Oliveros J, Del Canto-Díaz M, Alobera-Gracia MA, Del Canto-Pingarrón M, Martínez-González JM. Use of autologous tooth-derived graft material in the post-extraction dental socket. Pilot study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2019; 24 (1): 53- 60.



Alcalá, 79
28009 MADRID
Tel.: 91 426 44 10
Fax: 91 577 06 39
www.fundaciondental.es

D.ª AGURTZANE MERUELO CONDE, secretaria de la Fundación Dental Española,

CERTIFICA:

Que el DR. D. **MIGUEL R. QUEVEDO BISONNI** es coautor del artículo “**Utilización de la tecnología Tooth Transformer y los dientes incluidos del paciente, como material de injerto en un tratamiento multidisciplinar**” que resultó galardonado con el *Premio nacional al mejor artículo inédito publicado por la revista RCOE*, correspondiente al año 2022.

Y para que conste a los efectos oportunos, se expide la presente Certificación en Madrid, a 26 de diciembre de 2023.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. R. Quevedo Bisonni', enclosed within a hand-drawn rectangular box.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Óscar Castro Reino', written in a cursive style.

Vº Bº

Óscar Castro Reino
Presidente

LA

FUNDACIÓN DENTAL ESPAÑOLA

OTORGA EL PREMIO

MEJOR ARTÍCULO INÉDITO PUBLICADO EN LA REVISTA “RCOE” DURANTE 2022

A

D. Miguel R. Quevedo Bissoni

ARTÍCULO: Utilización de la tecnología Tooth Transformer y los dientes incluidos del paciente, como material de injerto en un tratamiento multidisciplinar

MADRID, 15 DE DICIEMBRE DE 2023

DR. D. ÓSCAR CASTRO REINO
PRESIDENTE



DRA. D. AGURTZANE MERUELO CONDE
SECRETARIA GENERAL

El objetivo del presente estudio es el análisis de la calidad y estructura ósea obtenida tras realizar técnicas de preservación alveolar mediante injertos de dentina desmineralizada utilizando la tecnología Tooth Transformer. Se trata de un estudio clínico controlado aleatorizado, longitudinal y retrospectivo realizado de acuerdo con la declaración de Helsinki y que cuenta con la aprobación del comité de bioética de la Universidad de Santiago de Compostela.

Se analizaron en este estudio las imágenes de una muestra inicial de 67 alvéolos regenerados con dentina autóloga desmineralizada, pertenecientes a 56 pacientes. De estos, 11 fueron implantados a los 6 meses de realizada la regeneración, y los 56 restantes fueron el objeto final del estudio, y por tanto observados a los 3, 6, 9 y 12 meses posteriores a la preservación alveolar. Los 56 pacientes que participaron en el estudio, 30 mujeres y 26 hombres, tenían entre 21 y 81 años de edad, con una media de 52.09 años (± 15.03).