



Preservación Alveolar.

Revisión bibliográfica

Requisito para optar al Título de
Especialista en Periodoncia e
Implantología

Residente: Dra. Pamela Maldonado Yanza.
Directora del programa: Dra. María Soledad
Lopetegui B.
Profesor guía: Dr. Mauricio Embry O.
Cátedra de Periodoncia.

Valparaíso, 2018

Dedicatoria

**A mi hijo Joaquín, para ti, por todo y por tanto.
Te amo**

Agradecimiento

A mis padres René y Mercedes por haberme formado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con el más puro amor y sabiduría y me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos, sin ustedes no hubiese sido posible alcanzar este logro.

A Danny mi compañero de vida y confidente, que paso a paso me acompañó en esta travesía, por la paciencia y el amor infinito, por cuidar a mi mayor tesoro, por no dejarme regresar.

A mi familia porteña, a cada uno de ustedes gracias por estar siempre ahí en cada momento de felicidad y tristeza, por hacer de esta experiencia algo inolvidable, por su amor y apoyo, los llevaré siempre en mi mente y corazón a cada uno de ustedes.

Al Dr. Mauricio Embry por su ayuda desinteresada y ayudarme a concluir este trabajo investigativo, gracias por su tiempo, por sus palabras y el ánimo brindado para seguir adelante durante todo este tiempo, gracias por el abrazo sincero.

A la Dra. María Soledad Lopetegui por su calidez humana y motivación constante.

INDICE

1. Introducción
2. Hueso Alveolar
 - 2.1 Características histológicas del hueso alveolar
 - 2.1.1 Tejido óseo compacto
 - 2.1.2 Periostio
 - 2.1.3 Tejido óseo esponjoso
 - 2.1.4 Endostio
 - 2.1.5 Componentes del tejido óseo
 - 2.1.5.1 Componente celular
 - 2.1.5.2 Componente extracelular
 - 2.1.6 Clasificación del tejido óseo
 - 2.1.6.1 Según su densidad
 - 2.1.6.2 Según su formación
 - 2.1.7 Remodelado Óseo
 - 2.2. Características anatómicas
 - 2.3. Biotipo periodontal
3. Extracción
4. Cicatrización del alveolo post extracción
 - 4.1. Cambios dimensionales del alveolo post extracción
 - 4.1.1. Cambios dimensionales del alveolo post extracción en sentido apico - coronal
 - 4.1.2. Cambios dimensionales del alveolo post extracción en sentido vestibulo – lingual
 - 4.1.3. Cambio dimensionales en los tejidos blandos
 - 4.1.4. Factores que influyen los cambios dimensionales post extracción
 5. Defectos del reborde alveolar post extracción
 - 5.1. Clasificación de los defectos post extracción
6. Preservación alveolar
 - 6.1 Justificación
 - 6.2 Biomateriales para la preservación alveolar
 - 6.2.1 Tipos de Injerto óseos
 - 6.2.2 Membranas de Barrera
 - 6.2.2.1 Criterios para la elección de membrana
 - 6.2.2.2 Tipos de membranas de barrera
 - 6.2.3 Otros biomateriales usados para la preservación alveolar
 - 6.3 Procedimientos para la preservación alveolar
 - 6.3.1 Mantenimiento de la raíz
 - 6.3.2 Colocación inmediata de los implantes
 - 6.3.3 Preservación alveolar con membrana de barrera
 - 6.3.4 Injerto óseo alveolar
 - 6.4 Protocolos para la preservación alveolar
 - 6.5 Análisis comparativo de la técnica y los biomateriales
 - 6.6 Técnica quirúrgica

- 6.7** **Vía clínica de la técnica de preservación alveolar**
- 7.** **Conclusiones**
- 8.** **Sugerencias**
- 9.** **Resumen**
- 10.** **Anexos**

1. Introducción

Existen diferentes situaciones clínicas por las que se realiza la extracción dental, ya sea por mal pronóstico periodontal, protésico, endodóntico; es un procedimiento que se realiza frecuentemente y a menudo sin ninguna consideración para la preservación de la cresta alveolar, posterior a la extracción dental sucede una serie de procesos fisiológicos, cambios estructurales y dimensionales tanto en los tejidos duros y blandos, la remodelación ósea comienza y continúa durante varios meses, con la mayoría de los cambios ocurriendo en los primeros tres meses.¹

Se ha estimado que los cambios óseos alveolares después de la extracción causan una reducción del 50% en sentido vestibulo lingual del hueso alveolar^{1, 2, 3, 4,5} y una pérdida adicional de altura³. En los primeros seis meses después de la extracción dental la cresta alveolar muestra una reducción media de 3.8 mm en sentido vestibulo lingual y 1.24 mm en sentido apico coronal.⁶

Existe una considerable reabsorción de la tabla ósea vestibular y es la que sufre reabsorción más rápidamente⁷, existe una mayor reabsorción en anchura que la altura, el hueso mandibular presenta una tasa más alta de reabsorción que el hueso maxilar⁸, además, también se ha identificado una tendencia a la palatinización de la cresta, en relación con la posición original del diente⁹. Todos estos cambios que experimentan los tejidos blandos y duros pueden afectar el resultado de las terapias subsiguientes destinadas a restaurar la dentición perdida, ya sea limitando la disponibilidad ósea para la colocación ideal del implante o comprometiendo el resultado estético de las restauraciones protésicas.^{10, 11, 12, 13,14}

Para contrarrestar estos cambios tempranos del tejido después de la extracción dental, se han propuesto la preservación alveolar que tiene por objetivo el mantenimiento o el mejoramiento de la arquitectura gingival vestibular y del nivel de las papilas interproximales, manteniendo las características morfológicas del reborde óseo de manera que se pueda obtener la rehabilitación de la zona preservada con resultados estéticos y funcionales ideales.^{10, 11, 15, 16}

Las técnicas de preservación alveolar van desde una cuidadosa extracción de diente que apunta a una cicatrización no alterada^{17,18} la colocación de diferentes materiales de injerto, con o sin el uso de membranas hasta la colocación inmediata de implantes dentales.¹⁸

La literatura reporta una reducción significativamente menor en las dimensiones verticales y horizontales en la cresta alveolar después de la preservación alveolar.^{10,19} sin embargo la eficacia clínica de los materiales y procedimientos de injerto para la preservación alveolar sigue siendo controvertida, con cada uno de ellos afirmando superioridad en la limitación de la reabsorción alveolar horizontal y vertical de la cresta.²⁰

Existen diversas técnicas quirúrgicas encaminadas a prevenir o minimizar los cambios dimensionales en alveolos post extracción y otras destinadas a la reconstrucción de dichas alteraciones anatómicas. De ahí la importancia de establecer protocolos que guíen al clínico para la toma de decisiones, en defectos pequeños o moderados una técnica de aumento de tejidos blandos puede ser suficiente. Sin embargo, en defectos más severos o en aquellas localizaciones en las que se planifique la posterior colocación de implantes, un enfoque combinado.

El objetivo de este trabajo de investigación es realizar una revisión de los cambios dimensionales del alveolo post extracción, las técnicas quirúrgicas y biomateriales más comúnmente usados para la preservación alveolar y los protocolos que encaminen al odontólogo para la toma de decisiones para el manejo del alveolo post extracción.

2. Hueso alveolar

El hueso es un tejido vital mineralizado que proporciona soporte estructural y metabólico para una amplia variedad de funciones interactivas¹⁵ siendo el único tejido del organismo capaz de regenerarse, permitiendo la “restitutio ad integrum” tras el trauma, cuando se produce una fractura, se coloca un implante osteointegrado o se realiza un injerto para aumentar el tejido óseo antes de la inserción de implantes²¹

Entre los tejidos especializados del hueso, el hueso alveolar que sostiene el diente en el maxilar y la mandíbula se caracteriza por rasgos distintivos como el remodelado continuo y rápido en respuesta a los estímulos por la fuerza ^{22,23} el hueso alveolar se encuentra en una adaptación incesante a las demandas funcionales, tales como las fuerzas derivadas de la masticación y la deglución, y en ausencia de tales estímulos, el hueso alveolar sufre un proceso de reabsorción ^{24,25} Además, frente a los sitios de fractura ósea, usualmente considerados un medio estéril, los tejidos orales que rodean al hueso alveolar están bajo un desafío microbiano constante²⁶.

2.1. Características histológicas del hueso alveolar

2.1.1. Tejido óseo compacto

El hueso compacto contiene osteonas cada uno de los cuales alberga un vaso sanguíneo situado en un conducto de Havers. El vaso sanguíneo está rodeado por laminillas concéntricas, mineralizadas para formar el osteón. El espacio entre los diferentes osteones está lleno de las llamadas láminas intersticiales. Los osteones en el hueso cortical no son sólo unidades estructurales, sino también unidades metabólicas. Así, la nutrición del hueso es asegurada por los vasos sanguíneos en los canales de Havers y los vasos de conexión en los canales de Volkmann³¹.

2.1.2. Periostio

Este tejido es la cubierta externa que se extiende por el cuerpo del hueso o diáfisis, salvo los sitios en los que se insertan los tendones y músculos en el hueso, es una cubierta de tejido conectivo colagenoso no calcificado, denso irregular que reviste al hueso sobre su superficie externa y se insertan en el mismo por medio de las fibras de Sharpey, este tejido está compuesto por dos capas, una capa fibrosa externa cuya función primaria es distribuir el riesgo sanguíneo y la inervación hacia el hueso y una cubierta o envoltura celular interna que posee células osteoprogenitoras. ^{27,28}

2.1.3. Tejido óseo esponjoso

Muestra un patrón de trabéculas y espículas óseas ramificadas que nacen de la superficie interna del hueso compacto hacia la cavidad medular. No existe sistema de Havers en este tipo de hueso, pero si distribuciones irregulares de laminillas, estas contienen lagunas que albergan a los osteocitos, que se nutren por difusión desde la cavidad medular, que está llena de esta. ^{27, 28}

En medio de la cortical vestibular y lingual suele haber tejido óseo medular, trabecular o esponjoso excepto a nivel de las crestas alveolares, donde ambas corticales entran en

contacto, este hueso ocupa la mayor parte de los septos interdentes, pero sólo una porción relativamente pequeña de las tablas óseas vestibulares y palatinas, el hueso esponjoso contiene trabéculas óseas, cuya arquitectura y tamaño se determinan por una parte genéticamente y por otra es el resultado de las fuerzas a las que se exponen los dientes durante la función suele discriminarse de acuerdo a las imágenes radiográficas dos tipos de trabéculas ^{20,24,26,31,32}.

Trabéculas de tipo I: regulares, gruesas y horizontales, semejantes a gradas, son típicas del maxilar inferior

Trabéculas de tipo II: finas, delicadas y dispuestas irregularmente, los espacios entre las trabéculas están ocupados por medula ósea

Endostio

El endostio reviste todas las superficies internas, incluyendo los espacios medulares y conductos vasculares. Contiene células osteoprogenitoras, se continúa con la capa interna del periodonto en los orificios de desembocadura de los conductos vasculares que perforan al hueso. Está formada por células aplanadas, las funciones, al igual que el periostio, son la nutrición del hueso y el aporte de osteoblastos para permitir el crecimiento del tejido óseo y su reparación ante una fractura. ^{27,28}

Desde un punto de vista histológico, el hueso es un tejido conectivo mineralizado muy vascularizado e innervado, constituido por tres componentes: ^{21,29,30}

- Células, como células osteoprogenitoras, los osteoblastos, células de revestimiento de hueso, osteocitos, osteoclastos y pericitos.
- Componente orgánico abarcando un 20 %, de este aproximadamente el 90% es colágeno tipo I
- Componente mineral en un 60 % y 20 % de agua.

La resistencia (resistencia a la deformación) y la rigidez lo aporta el componente inorgánico, mientras que la tenacidad (resistencia a la fractura) lo aporta el componente orgánico. ^{29,31}

2.1.4. Componentes del tejido óseo

2.1.4.1. Componente Celular

Células osteoprogenitoras

Las células osteoprogenitoras constituyen células madre mesenquimáticas (stem cells) las células madre provienen del tejido hematopoyético, son fusiformes y de citoplasma escaso, se encontrarían en el periostio, endostio y en los conductos vasculares del hueso Estas células, derivadas del mesénquima embrionario, pueden experimentar división

mitótica y tienen el potencial de diferenciarse en osteoblastos. Estas células son activas al máximo durante el periodo de crecimiento óseo intenso²¹

Osteoblastos:

Los osteoblastos son células cuboides mononucleadas²¹ surgen de las células osteoprogenitoras a medida que se diferencian, se comprometen con la vía osteoblástica, adquieren progresivamente las características del fenotipo osteoblástico y son capaces de segregar matriz mineralizable cuando están maduras.³²

Son células especializadas en síntesis, secreción, mineralización de la matriz orgánica comprometidos con la formación ósea, generalmente se encuentran tapizando la superficie ósea, separados de la matriz ósea calcificada por una zona de matriz no mineralizada, denominada sustancia osteoide²⁹ poseen receptores para la paratohormona y para la vitamina D, los osteoblastos tienen varios papeles importantes en la remodelación ósea: expresión de factores osteoclastogénicos, producción de proteínas de la matriz ósea y mineralización ósea.^{29,33}

Osteoclastos:

Los osteoclastos son células encargadas de la degradación de la matriz, es decir de la reabsorción ósea. Los osteoclastos son células grandes multinucleada se derivan de células precursoras mononucleares del linaje monocito-macrófago. Se han identificado células precursoras de monocitos monocíclicos-macrófagos en diversos tejidos, pero se cree que las células precursoras de monocitos-macrófagos de médula ósea dan lugar a la mayoría de los osteoclastos.²²

Una vez que han migrado a la superficie ósea, los preosteoclastos, bajo la influencia de la médula ósea, se diferencian en osteoclastos maduros que intervienen en la reabsorción del hueso^{22,32} participan activamente en la producción de energía y síntesis, particularmente la producción de enzimas lisosómicas, entre otras funciones se ha demostrado que los osteoclastos producen factores llamados clastoquinas que controlan los osteoblastos durante el ciclo de remodelación ósea, otra evidencia reciente es que los osteoclastos también pueden regular directamente el nodo de células madre hematopoyéticas²⁸

Los osteoclastos se localizan en la superficie del endostio del sistema de Havers y en la superficie del periostio. Una característica muy importante es que posee un borde rugoso que consiste en una serie de proyecciones citoplasmáticas finas adyacentes al hueso; allí se lleva a cabo la reabsorción ósea.³² Ocupan excavaciones superficiales en los bordes del tejido óseo en remodelación llamadas lagunas de Howship que señalan zonas de reabsorción del hueso, cuando los osteoclastos se retiran, esas lagunas son invadidas por osteoblastos que forman nuevo tejido óseo.³⁰

Osteocitos

Los osteocitos, que comprenden el 90-95% de las células óseas totales, son las células más abundantes y de larga vida, con una vida útil de hasta 25 años.²⁸

El osteocito se reconoce como un orquestador principal de la actividad esquelética, capaz de detectar e integrar señales mecánicas y químicas de su entorno para regular tanto la formación ósea como la reabsorción.²³

Los mecanismos que usan los osteocitos para detectar estímulos y regular las células efectoras como los osteoblastos y osteoclastos están directamente acoplados al ambiente que habitan, dentro de la matriz mineralizada del hueso y conectados entre sí en redes multicelulares. La comunicación dentro de estas redes es tanto directa, a través de los contactos célula-célula en las uniones gap como indirecta, vía señalización paracrina por señales secretadas. Además, el movimiento de las señales paracrinas depende del movimiento de los solutos y fluidos a través del espacio que rodea inmediatamente a los osteocitos es decir, el “Sistema Lacunar-Canalicular”.^{22, 23}

Célula de revestimiento óseo

Son osteoblastos quiescentes fusiformes y aplanados que revisten la matriz ósea en aquellos lugares en los que ni se forman osteoblastos ni se destruyen osteoclastos, se unen unas con otras y con las prolongaciones de los osteocitos por medio de uniones comunicantes.^{29, la} actividad secretora de las células de revestimiento óseo depende del estado fisiológico del hueso, por lo que estas células pueden readquirir su actividad secretora, mejorando su tamaño y adoptando una apariencia cuboidal.²⁸ Estos muestran poco signo de la actividad sintética, como lo demuestra su contenido de organelos. Se consideran osteoblastos post-proliferativos, al cubrir la superficie ósea, la protegen de cualquier actividad reabsorptiva de los osteoclastos, pueden reactivarse para formar osteoblastos.³⁴, estas células evitan la interacción directa entre los osteoclastos y la matriz ósea, cuando la reabsorción ósea no debe ocurrir y también participan en la diferenciación de los osteoclastos, produciendo osteoprotegerina (OPG) y el factor nuclear kappa-B ligando (RANKL).²⁸

Pericito:

Como la osteogénesis por lo general está estrechamente relacionada con un crecimiento de tejido vascular dentro de la matriz, la célula perivascular estrellada; el pericito, es considerada como la célula osteoprogenitora principal, la diferenciación y el desarrollo de osteoblastos a partir de células osteoprogenitoras dependen de la liberación de factores de crecimiento osteoinductores u osteopromotores como las proteínas morfogenéticas del hueso (BMP) y otros factores de crecimiento como el factor del crecimiento similar a la insulina (IGF), el factor de crecimiento derivado de las plaqueta (PDGF), y el factor de crecimiento fibroblástico (FGF).³⁶

2.1.4.2. Componente extracelular

Dentro de los componentes del tejido óseo también encontramos, la matriz orgánica que contiene proteínas colágenas (90%), predominantemente colágeno tipo I, y las proteínas no constituyentes del colágeno incluyendo osteocalcina, osteonectina, osteopontina, la fibronectina y la sialoproteína ósea II, proteínas morfogenéticas óseas (BMPs) y factores de crecimiento⁶. También hay pequeños proteoglicanos ricos en leucina incluyendo

decorina, biglicano, lumican, osteoaderin, y proteínas séricas.²⁸ el material inorgánico de hueso compuesto principalmente de iones de fosfato y de calcio; sin embargo, cantidades significativas de bicarbonato, sodio, potasio, citrato, magnesio, carbonato, fluorita, zinc, bario y estroncio también están presentes²⁸ debe considerarse a la matriz mineralizada extracelular como algo más que un reservorio de iones de calcio y fosfato, ya que constituye una reserva de proteínas que participan en la regulación de la diferenciación celular y en la integridad y función del tejido óseo²¹ junto con el colágeno, las proteínas de matriz no colágenas forman un andamio para la deposición de hidroxapatita y dicha asociación es responsable de la rigidez y la resistencia típica del tejido óseo²⁸. La matriz ósea proporciona soporte mecánico y cumple un papel fundamental en la homeostasis ósea.³⁰

2.1.5. Clasificación del tejido óseo

2.1.5.1. Según su densidad:

En 1988, Misch expuso cuatro grupos de densidad ósea, de forma independiente a las regiones de los maxilares.¹⁵; huesos corticales, denso y poroso, se encuentran en la superficies externas y los huesos trabeculares, espeso y fino, están por dentro de la envoltura externa de cortical.

Estas cuatro diferencias macroscópicas, pueden ir de la más densa a la menos densa, como lo describió Robert y cols.¹⁵

1. Cortical densa
2. Cortical porosa
3. Trabecular espesa
4. Trabecular fina.

Misch utiliza estas cuatro densidades macroscópicas para establecer cuatro categorías de hueso¹⁵:

D1: Hueso cortical densa

D2: Cortical densa y porosa, pero gruesa en la cresta, con hueso trabecular espeso por dentro.

D3: Cresta cortical porosa más delgada y hueso trabecular fino.

D4: Casi sin cortical, hueso trabecular fino, casi constituye la totalidad de volumen óseo.

D5: Habitualmente hueso inmaduro, con mineralización incompleta.

2.1.5.2. Según su formación:

Se pueden distinguir los siguiente tipos de hueso: reticular, lamelar, compuesto y fasciculado, el primer hueso formado es hueso reticular relativamente inmaduro. El hueso reticular se compacta para formar un hueso compuesto (osteonas primarias). Este hueso

se remodela posteriormente para dar lugar a hueso lamelar. Para apreciar el mecanismo biológico de la curación y adaptación óseas, el clínico debe conocer estos tipos de huesos.¹⁵

Hueso reticular

El hueso reticular juega un papel fundamental en la cicatrización de las heridas debido a que 1) rellena rápidamente los defectos óseos, 2) proporciona una continuidad inicial a las fracturas, los segmentos de las osteotomías y los implantes endoóseos y 3) refuerza un hueso debilitado por una cirugía o un traumatismo. El primer hueso formado en respuesta a la cicatrización de las heridas es el hueso reticular. Este hueso no se encuentra en el esqueleto adulto en condiciones normales de reposo; más bien se compacta para formar hueso compuesto, se remodela a hueso lamelar o se reabsorbe rápidamente si es sometido a carga prematuramente. Las limitaciones funcionales del hueso reticular son un aspecto importante de la retención ortodóncica así como en la cicatrización postoperatoria de los implantes y de los segmentos de cirugía ortognática.¹⁵

Hueso lamelar

Hueso lamelar es un hueso fuerte, muy organizado y mineralizado que supone más del 99% del esqueleto humano adulto. Cuando se forma hueso lamelar nuevo, los osteoblastos depositan una parte del componente mineral (hidroxiapatita) durante la mineralización primaria. La mineralización secundaria, que completa el componente mineral, es un proceso físico (crecimiento cristalino) que requiere muchos meses. Dentro de los límites fisiológicos, la resistencia del hueso está directamente relacionada con su contenido mineral^{24,26} las fuerzas relativas de los diferentes tipos histológicos de tejidos óseos hacen que el hueso reticular sea más débil que el hueso lamelar nuevo (compuesto), que a su vez es más débil que el hueso lamelar maduro. El hueso adulto humano es casi enteramente de la variedad remodelada: osteonas secundarias y esponjosa.⁷ La resistencia completa del hueso lamelar que soporta un implante endoóseo no se alcanza hasta aproximadamente 1 año después de la cirugía, lo cual es una consideración importante a la hora de planificar la carga funcional de una prótesis implantosoportada.¹⁵

Hueso compuesto

El hueso compuesto es un tejido óseo formado por la deposición de hueso lamelar en la parte inferior de una matriz de hueso reticular, proceso denominado compactación esponjosa. Este proceso es un método rápido de producir un hueso relativamente fuerte en un corto período de tiempo. El hueso compuesto es un tipo intermedio e importante de hueso en la respuesta fisiológica a la carga funcional y suele ser el tejido óseo predominante para la estabilización durante el proceso inicial de cicatrización postoperatoria. Cuando el hueso se forma en la configuración de compactación fina, el hueso compuesto resultante de la unión de hueso reticular y lamelar forma estructuras conocidas como osteonas primarias. A pesar de que el hueso compuesto puede ser de

alta calidad (un tejido óseo que soporta la carga), suele remodelarse a osteonas secundarias.¹⁵

Hueso fasciculado

El hueso fasciculado es una adaptación funcional de la estructura lamelar para permitir la inserción de tendones y ligamentos ^{6,9} las fibras de Sharpey, son la principal característica del hueso fasciculado. Suelen verse capas de este tipo de hueso adyacentes al ligamento periodontal a lo largo de las superficies formadoras de hueso fisiológico. El hueso fasciculado es el mecanismo de inserción de los ligamentos y los tendones en todo el cuerpo. Se pensaba que la primera generación de implantes formaba una inserción ligamentosa al hueso, denominada pseudoperiodonto. Pero los estudios histológicos no pudieron demostrar inserciones del tejido conjuntivo fibroso al hueso en la interfase. La encapsulación del tejido fibroso no juega un papel fisiológico; en realidad, se trata de un tejido cicatricial equivalente a la falta de unión en una mala reparación de una fractura¹⁵

2.1.7 Remodelado óseo.

El hueso está siendo constantemente remodelado en un proceso dinámico en el que los osteoblastos son responsables de la formación de hueso y los osteoclastos son responsables de su reabsorción, los osteoblastos tiene un papel en la regulación de la reabsorción ósea a través de receptor activador del factor – kappa B (RANK) y ligando nuclear (RANKL), que se une a su receptor (RANK) en la superficie de células pre-osteoclástica, induciendo su diferenciación y activación. Por otro lado, los osteoblastos secretan un receptor señuelo soluble (osteoprotegerina, OPG) que bloquea RANK/RANKL interacción mediante la unión a RANKL, por lo tanto, impide la diferenciación de los osteoclastos y la activación. Por lo tanto, el equilibrio entre RANKL y OPG determina la formación y la actividad de los osteoclastos.³⁷

2.2. Consideraciones anatómicas del hueso alveolar

La apófisis alveolar también denominada proceso alveolar se define como la parte de los maxilares superior e inferior que forma y sostiene los alvéolos de los dientes, la apófisis alveolar está compuesta de hueso que se forma tanto por células del folículo dental, el hueso alveolar fasciculado y por células que son independientes del desarrollo dentario junto con el cemento, el ligamento periodontal forma el aparato de inserción del diente.^{29,36}, los procesos alveolares están formados por tejido óseo que rodea a un diente completamente erupcionado y se forma en armonía con el desarrollo y la erupción de los dientes²⁶ siendo por esta razón que el volumen como la forma del proceso alveolar están relacionadas con el tamaño y la forma del diente, el sitio de la erupción dental y la inclinación del diente erupcionado²⁰ los procesos alveolares forman parte de los huesos maxilares, pero no existe un límite anatómico preciso entre la porción basal y los procesos alveolares propiamente dichos²⁹ se propone los siguientes límites, coronalmente se haya limitado por los márgenes óseos de las paredes del alveolo dental, mientras que una línea imaginaria que corta el fondo del alveolo en una dirección perpendicular al eje largo de la raíz, lo limita apicalmente. ²⁰

Los alveolos dentarios pueden estar clasificadas en cavidades simples o compuestas, con dos o tres tabiques internos, según estén ocupados por dientes uni, bi o tri radiculares²⁹ cada alveolo se compone de tablas alveolares libres ya sea vestibular o palatina , siendo una cara alveolar y otra libre, también se pueden apreciar tabiques alveolares , pudiendo diferenciar el tabique interdentario que separan los alveolos de dos dientes adyacentes, de los tabiques interradiculares que separan dos divertículos del mismo alveolo.²⁹ ,en un corte vestibulo lingual/palatino, las tablas alveolares presentan una forma triangular cuya base se continua con el cuerpo del maxilar, el vértice superior corresponde a la cresta alveolar, estructura que se encuentra ubicada cerca del cuello anatómico.^{29,38}.

La vertiente que corresponde a la cara libre corresponde al hueso fasciculado (en el desarrollo de este trabajo se citará como “bundle bone”) es un hueso de 0,2 a 0,4 mm de ancho, que se forma en capas en un orientación paralela a la dirección coronal-apical del diente ^{20,26} esta pared alveolar esta perforada por canales a través de los cuales los vasos sanguíneos y las fibras nerviosas conectan los espacios de la médula al ligamento periodontal²⁶ ; debido a la inserción de las fibras de Sharpey, esta pared alveolar revela una doble orientación fibrilar. Las fibras de Sharpey forman el componente extrínseco, que corre perpendicular a la superficie del hueso. Su colágeno es producido por los fibroblastos del ligamento periodontal, ^{20,26,39} a su inserción en el hueso, se mineralizan, con su periferia hipermineralizada y su núcleo hipomineralizado ,la red fibrilar intrínseca, establecida por los osteoblastos entre las fibras de Sharpey, está irregularmente dispuesta y menos densa. ²⁰ ,el “bundle bone” puede parecer más grueso en un lado del alveolo, el lado de aposición, pero sólo su capa externa es probablemente funcional, el cemento actúa como límite entre hueso formado en ambos lados interrumpiendo o modificando el curso de las fibras extrínsecas, esto da lugar a la formación de capas funcionales sucesivas, dicha adaptación probablemente adapte el ángulo de aparición de las fibras de Sharpey a la posición del diente en evolución, tal como se propone para el cemento ^{31,38} (Figura 1).

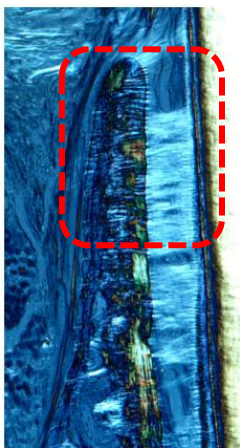


Figura1. Sección bucal-lingual que ilustra la porción más coronal de la pared ósea vestibular. La pared vestibular por lo general está conformada por “bundle bone”²⁰.

La actividad de modo general en la pared alveolar es asimilable al proceso de modelado que asegura la formación de huesos durante el crecimiento ³¹.

El modelado también permite las adaptaciones al uso mecánico y la sobrecarga, ya que da lugar a cambios en la arquitectura ósea que reducen las deformaciones bajo una carga dada. Durante el modelado, un lado de una estructura ósea se somete a aposición mientras que el otro se somete a reabsorción. Estas actividades se producen durante largos periodos de tiempo sin interrupción, siempre que sea requerido por la demanda mecánica⁴⁰.

Una capa externa, el hueso cortical, es más gruesa formada por placas corticales se extiende desde el hueso de la mandíbula y forma las superficies linguales y vestibulares del proceso alveolar, es de tipo lamelar pero compuesto de laminillas concéntricas e intersticiales y de médula. En general, el “bundle bone” y la tabla ósea vestibular frecuentemente presentan un espesor similar en la región anterior del diente. Por lo tanto, la mayor parte de la delgada pared del hueso vestibular es una estructura dependiente del diente.

La tabla palatina o lingual por lo general suele ser más gruesa que el aspecto vestibular, otra característica que podemos encontrar es que varía el grosor de la tabla de una región a otra, en la zona de molares suelen ser más gruesas las tablas vestibular y palatina pero se adelgaza a medida que se acerca a la zona anterior^{36,29}. En un estudio de Janeiro en el 2011, en el que el objetivo del estudio fue determinar las dimensiones de la tabla ósea vestibular en la dentición maxilar anterior por medio de una tomografía computarizada cone beam para obtener esto realizó la siguientes mediciones; distancia entre el límite amelocementario y la cresta ósea; y el espesor de la tabla ósea vestibular, las dimensiones fueron evaluadas en tres posiciones diferentes en relación con la cresta ósea, es decir, a distancias de 1, 3 y 5mm apical a la cresta ⁴¹.

La distancia entre el límite amelocementario (L.A.C) y la cresta ósea (C.O) varió entre 1,6 y 3 mm la distancia fue mayor en los caninos maxilares siendo de $2,5 \pm 3$ mm que en los incisivos centrales que fue de $1,6 \pm 1,8$ mm y estas medidas no se ven alteradas con la edad ⁴¹. El grosor total medio de la pared varía dentro de un intervalo muy estrecho $0,5 \pm 0,4$ mm y fue similar en diferentes lugares a lo largo de la pared (1, 3 y 5 mm apical a la cresta ósea) no varía con la edad ni tampoco existe variación por el cuadrantes derecho o izquierdo de la mandíbula ⁴¹.

Las mediciones demostraron que la placa ósea vestibular en todos los sitios de los dientes anteriores examinados, era ≤ 1 mm de espesor (espesor promedio 0,5 mm) y que cerca del 50% de los sitios tenían espesor $\leq 0,5$ mm. En conclusión, los sitios dentales en el maxilar anterior presentan una tabla vestibular delgada^{41,42}. En el aspecto bucal de maxilar superior o inferior a veces podemos encontrar una falta de cobertura ósea en la parte coronal de las raíces a la cual denominamos dehiscencia, pero si existe presencia de hueso de la parte más coronal del defecto se denomina fenestración, por lo general estos defectos encontramos en dientes que han sido desplazados fuera del arco, siendo más prevalente en dientes anteriores que posteriores³². Aunque fundamentalmente comparable a otros tejidos óseos del cuerpo, el hueso alveolar se somete a un remodelado continuo y rápido asociado con la erupción del diente y posteriormente a las demandas funcionales de la masticación ³¹, la capacidad del hueso alveolar para someterse a remodelación rápida también es importante para la adaptación posicional de los dientes, pero puede ser perjudicial para la progresión de la enfermedad periodontal ³¹

2.2 Biotipo periodontal

Cada vez está más clara la influencia de la morfología del alvéolo en el grado de reabsorción ósea posterior, de ahí la importancia del biotipo periodontal caracterizado por el ancho y espesor del contorno marginal y papilar, y la proporción y altura del hueso subyacente, la clasificación del biotipo periodontal indica dos biotipos: un biotipo periodontal grueso y un biotipo periodontal fino⁴⁴, la evaluación del biotipo periodontal puede lograrse insertando una sonda periodontal en el surco vestibular y evaluando la visibilidad de la sonda, si la sonda se puede ver a través del tejido gingival, el biotipo se clasifica como delgado. Por el contrario, si la sonda no puede ser vista a través del tejido gingival, el biotipo se clasifica como grueso⁴⁵. (Figura 2). El biotipo periodontal grueso está asociado con formas dentarias cortas y anchas. Este biotipo se caracteriza por papilas interproximales cortas y planas; Una encía fibrosa gruesa que es resistente a la recesión; zonas anchas de tejido queratinizado; y hueso alveolar subyacente grueso que es resistente a la resorción. La cicatrización de heridas es ideal en este biotipo periodontal, ya que la reabsorción ósea y la recesión de tejidos blandos son mínimas después de procedimientos quirúrgicos, incluyendo extracciones y cirugía de implantes⁴⁵ (Tabla 1).

	Biotipo periodontal fino	Biotipo periodontal grueso
Apariencia	Fina y delicada	Densa y fibrótica
Festoneado	Marcado	Poco Marcado
Morfología coronal	Rectangular	Cuadrada
Hueso subyacente	Fino	Grueso

Tabla 1. Características el biotipo delgado y el biotipo grueso.

La estética ideal de los tejidos blandos del implante se puede lograr de manera predecible en pacientes con este biotipo. Por el contrario, el biotipo periodontal fino, se asocia usualmente con formas dentales largas, estrechas y triangulares. Este biotipo se caracteriza por papilas interproximales largas y puntiagudas; una encía delgada y friable; el hueso alveolar subyacente delgado donde la dehiscencia y fenestración suelen ser frecuente, después de procedimientos quirúrgicos, la recesión marginal y interproximal del tejido conjuntamente con la reabsorción alveolar se puede esperar en pacientes con este biotipo⁴⁵. Una técnica de extracción cuidadosa, mínimamente traumática realizada con los instrumentos microquirúrgicos es necesaria en estos pacientes para ayudar a preservar la arquitectura del sitio. Cook et al. ⁴⁶, determinaron que el biotipo periodontal está significativamente relacionado con el grosor de la cortical ósea vestibular, de la posición de la cresta alveolar, ancho de tejido queratinizado, arquitectura gingival, y la visibilidad de la sonda. Se ha determinado que pacientes con un biotipo periodontal grueso presentan una cortical ósea vestibular más gruesa y una menor distancia de LAC a la cresta alveolar que los sujetos de biotipo periodontal fino, este conocimiento es de relevancia para el tratamiento y pronóstico de diferentes procedimientos; como la colocación de implantes en donde la presencia de suficiente cantidad de volumen óseo es el requisito previo más importante, ya que los tejidos blandos peri-implantarios dependen en gran medida de la estructura ósea subyacente para el desarrollo y

mantenimiento de contornos sanos y estéticos. Naass et al.¹³² encontraron que en una pared ósea vestibular más delgada, se observaba mayor reabsorción post extracción, lo que implicaba menores resultados estéticos en implantes inmediatos comparado con tablas óseas de mayor grosor (Tabla II)⁵².

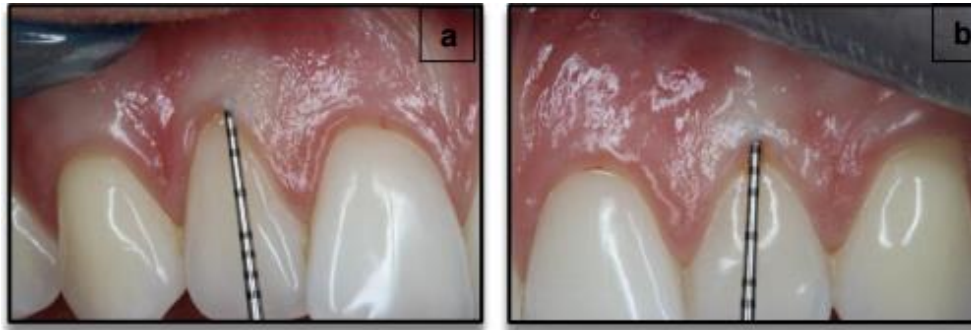


Figura 2. Biotipo periodontal medido mediante transparencia de la sonda: a) biotipo grueso, no se observa contorno de la sonda subyacente al margen gingival; b) biotipo fino, se observa contorno de la sonda subyacente al margen gingival.

El biotipo fino, con tabla vestibular < 1 mm de grosor, como va a ser más proclive a la pérdida de volumen bucal. Igualmente decisivos serán la localización del ápice y la inclinación de la raíz. Hay tres estudios significativos, uno por mediciones directas⁴² y otros dos por CBCT^{47, 48,49}, cuya conclusión múltiple sería: de cada 4 casos, 3 tienen < 1 mm. De grosor vestibular. Por lo tanto en esta zona, la reducción de volumen puede ser previsiblemente alta en las dimensiones combinadas: sobre todo horizontal y algo menos de vertical. (Figura 3)⁵⁰.

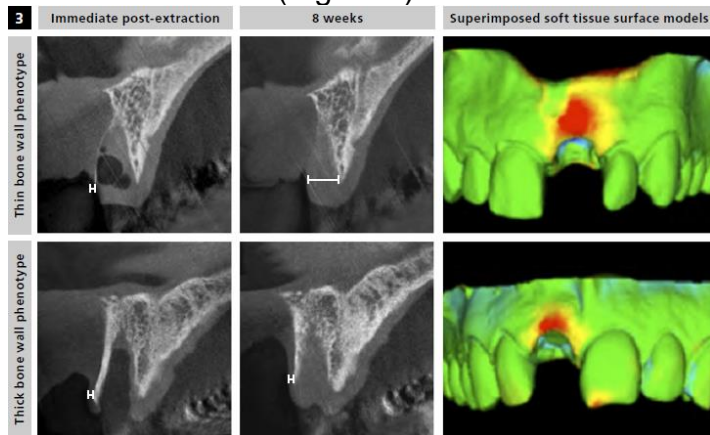


Figura 3. En el biotipo periodontal grueso óseo, el alveolo proporciona un defecto óseo autónomo, que favorece el crecimiento de las células progenitoras desde las paredes óseas y el espacio circundante de la médula ósea. En este biotipo, las dimensiones de tejido blando en el aspecto vestibular permanecen sin cambios durante la cicatrización. Esto contrasta con el biotipo fino de la tabla ósea, en los que las dimensiones de los tejidos blandos revelaron un aumento después de la cicatrización, lo que se denominó espesamiento espontáneo de tejidos blandos. Se podría plantear la hipótesis de que la

pared del hueso facial delgada que resorbe rápidamente favorece el crecimiento del tejido blando facial debido a su alta tasa proliferativa. Posteriormente, estas células de tejido blando ocupan la mayor parte del espacio disponible en el área crestral de un defecto de un alveolo post extracción⁵⁰.

Respuesta de los tejidos a la inflamación, la cirugía y la extracción del diente		
	Biotipo periodontal fino	Biotipo periodontal grueso
Inflamación	Tejidos blandos: recesión gingival sin formación de bolsas. Tejidos duros: pérdida de la delgada placa ósea vestibular.	Tejidos blandos: inflamación marginal con formación de bolsas, sangrado al sondaje y edema. Tejidos duros: formación de infraóseo defectos.
Cirugía	Delicada e impredecible cicatrización de los tejidos (recesión)	Predecible curación de tejidos blandos y duros.
Extracción dental	Resorción extensa de la cresta ósea en dirección apical y lingual.	Mínima reabsorción de la cresta ósea

Tabla II. Respuesta de los tejidos a la inflamación, la cirugía y la extracción del diente⁵².

3. Extracción

Dentro del campo de la odontología uno de los procedimientos más frecuente y ampliamente realizados por diferente motivos es la extracción dental, dentro de las causas más habituales serían caries, enfermedad periodontal, trauma dentoalveolar y fracasos endodonticos¹.La extracción dental debe ser lo más atraumática posible intentando respetar los tejido blandos adyacentes, separando las fibras del ligamento periodontal con un periostotomo y en los casos de exodoncias de piezas multirradiculares realizando una correcta odontosección que favorezca la correcta salida de las raíces evitando causar un daño mayor a los tejidos, como cualquier herida la cicatrización de la herida dependerá en gran medida del daño causado previamente, cuanto menor sea la lesión de los tejidos adyacentes a la pieza a extraer más favorable será el proceso de cicatrización⁴².La extracción dental per se es un procedimiento traumático y, durante su curso, los tejidos blandos se rompen, se dañan o destruyen las estructuras vasculares del ligamento periodontal y se cortan las fibras principales del ligamento periodontal ⁴² además, está bien establecido en la literatura que la elevación de un colgajo, con el fin de obtener acceso a la raíz, puede causar la reabsorción de paredes óseas delgadas.

Sin embargo, diferentes estudios clínicos y de animales no han apoyado el concepto de que la extracción dental sin elevación de colgajo evita la reabsorción de la cresta^{6,21,34} estos estudios indican que el trauma quirúrgico promovido por la extracción del propio diente se superpone con el trauma quirúrgico promovido por la elevación de un colgajo de espesor total⁴¹, el trauma quirúrgico causado por la extracción dental puede estar limitado por procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos⁴³ tales procedimientos tienen por objeto impedir la dilatación del alveolo, que de otro modo puede romper las delgadas paredes óseas adyacentes. Con este fin, no se recomienda el uso de fórceps para luxar el diente mediante la aplicación de fuerzas hacia los aspectos vestibulares palatinos / linguales del alveolo. Del mismo modo, los fórceps no deben realizar movimientos de rotación, ya que la forma de la sección transversal de una raíz rara vez es circular. Varios instrumentos quirúrgicos nuevos están disponibles comercialmente, estos promueven la extracción dentaria mínimamente invasiva⁴³, los periostotomos y los sistemas verticales de extracción de dientes se encuentran entre los instrumentos más utilizados para este propósito. Los periostotomos son instrumentos diseñados para cortar las fibras del ligamento periodontal en los aspectos mesial y distal del alveolo, con el fin de facilitar y mejorar la eficiencia de los elevadores radiculares. Por otro lado, los sistemas verticales de extracción de dientes están diseñados para extraer las raíces en una dirección vertical y, por lo tanto, evitar cualquier daño a las paredes del alveolo. En ambas técnicas descritas anteriormente, no se aplica presión a la pared vestibular; sin embargo, tales técnicas son eficaces solamente para las raíces cónicas o rectas²⁰. La extracción dental provoca una lesión tanto de los tejidos duros como de los tejidos blandos, desencadenando, el proceso fisiológico de la cicatrización que con lleva eventos histológicos como cambios dimensionales internos y externos del alveolo post extracción, además cambios dimensionales de la mucosa.

4. Cicatrización del alveolo post extracción

La cicatrización es: “una reacción de cualquier organismo multicelular ante el daño de tejidos para así restaurar la continuidad y función del tejido u órgano”, y la respuesta general de los tejidos blandos y mineralizados a los traumatismos y procedimientos quirúrgicos, puede variar la calidad del proceso de cicatrización por ser este proceso, altamente sensible, incluso a los menores cambios.

Los eventos que ocurren tras la extracción dental se han identificado mediante el examen de material histológico animal y biopsias humanas, han permitido describir las etapas que sigue el proceso de cicatrización de los alveolos post extracción. A pesar de que en las diferentes especies el proceso se da de manera progresiva semejante, es importante resaltar que existen diferencias temporales, pues la neoformación tisular en animales se da de una manera más rápida comparada con la que ocurre en los seres humanos²⁰.

Un estudio clásico sobre la cicatrización del alveolo Amler⁵² informó sobre la formación de nuevos tejidos posterior a la extracción dental, se monitoreó la cicatrización del alveolo y se tomaron biopsias de tejidos blandos, se analizaron los sitios de extracción después de intervalos variables, de 48 h a 32 días, de sus observaciones Amler⁵² describen 5 etapas de cicatrización de un alveolo post extracción:

- **Etapa 1.** Se forma inmediatamente un coágulo de glóbulos blancos y glóbulos rojos produciéndose hemostasia.
- **Etapa 2.** El tejido de granulación reemplaza el coágulo sobre el cuarto o quinto día. Se inicia la angiogénesis a través de la cadena de células endoteliales y formación de capilares.
- **Etapa 3.** El tejido conectivo reemplaza gradualmente al tejido de granulación en 14 – 16 días y tiene lugar el recubrimiento epitelial completo.
- **Etapa 4.** Inicio de la calcificación de tejido osteoide, comenzando en la base y periferia del alveolo (7 – 10 días). A las 6 semanas, el hueso trabecular rellena casi al completo el alveolo, existe una máxima actividad osteoblástica, proliferación de elementos celulares y de tejido conectivo con osteoblastos debajo de tejido osteoide alrededor de laguna inmaduras de hueso (4º – 6º semana post-extracción). Tras la octava semana, la osteogénesis parece disminuir.
- **Etapa 5.** Tras 4 – 5 semanas hay epitelización completa del alveolo. El relleno óseo completo se produce entre la 5ª y 10ª semana. A las 16 semanas se completa el relleno óseo, con poca actividad osteogénica.

Una observación al estudio de Amler es que la biopsia estaba restringida a la región superficial del alveolo (porción más coronal). Por lo tanto, los eventos que precedieron o estuvieron involucrados en la formación de tejido duro en el compartimento central y apical del sitio de extracción no fueron incluidos en la investigación.

Cardaropoli et al.⁵² describe el proceso de cicatrización de alveolos en nueve perros de raza Mongrel realizando seguimientos al día 1, 3, 7, 14, 30, 60, 90, 120 y 180 después de realizada la exodoncia. (Anexo 1)

Al día 1 después de la extracción, el zócalo estaba ocupado por un coágulo; Este coágulo estaba compuesto principalmente de eritrocitos y plaquetas que estaban atrapados en una matriz fibrosa. Inmediatamente adyacente a la pared del tejido duro se encontraba el "bundle bone", y las fibras principales del ligamento periodontal (fibras de Sharpey) podían encontrarse invertidas en el "bundle bone". Estos también estaban en contacto directo con el coágulo.

Al día 3, el coágulo había sido reemplazado por un tejido de granulación ricamente vascularizado.

Al día 7, los vasos sanguíneos recién formados eran evidentes en la matriz primaria. Varios tipos de leucocitos y fibras de colágeno han tomado el lugar del ligamento periodontal residual así como el tejido de granulación.

El día 14, en mayor parte había desaparecido el "bundle bone", y en su lugar, adyacente a los vasos sanguíneos recién formados, el "woven bone" empezó a extenderse desde el hueso remanente de las paredes del alveolo hacia el centro del receptáculo.

Al día 30, el "woven bone" se sometió a reabsorción, lo que sugiere que el proceso de remodelación había comenzado. Al día 60, los puentes de tejido duro separaron la mucosa marginal de la cavidad, y la médula ósea reemplazó el "woven bone" en el centro de la cavidad anterior.

Al día 90, el "woven bone" fue reemplazado por hueso lamelar.

A los días 120 y 180, la mayor parte del hueso tejido había sido reemplazado por hueso lamelar.

Araujo⁷ realizó un estudio en perros mongrel para estudiar las alteraciones dimensionales de la cresta alveolar que se produjo después de la extracción dental, así como los procesos de modelado óseo y remodelación asociados con dicho cambio.(Figura 4)y observó lo siguiente:

Primera semana:

El tejido conectivo: signos modestos de inflamación, mayor cantidad de estructuras vasculares y células inflamatorias y bajo contenido colágeno.

La porción marginal de la pared lingual del hueso de la cavidad de extracción fue marcadamente más ancha que la correspondiente porción de la pared bucal.

Paredes óseas vestibular y lingual contenían un gran número de espacios de médula ósea bien definidos.

El “bundle bone” se encuentra recubriendo el alveolo, sobre esta se encuentran osteoclastos.

Se evidenció ligamento periodontal cortado que incluía fibroblastos, fibras de colágeno claramente orientadas, estructuras vasculares y células inflamatorias.

Las regiones crestales de las paredes óseas estaban compuestas de “bundle bone”

Gran número de osteoclastos estaban presentes en la superficie externa de la región crestral de ambas paredes óseas.

La porción interna de la cavidad de extracción estaba ocupada por coágulo (signos de lisis), tejido de granulación (vasos, pocos fibroblastos y células inflamatoria), matriz provisional (fibroblastos, vasos recién formados, fibras de colágeno) y pequeñas cantidades de hueso recién formado.

A nivel apical se observó pequeñas islas de “woven bone” recién formado estaban presentes alrededor de unidades vasculares cerca del “bundle bone”

Segunda semana:

La mucosa sin células inflamatorias pero con presencia de mayor cantidad de fibroblastos

La región crestral de la pared lingual sin “bundle bone” mientras que en la pared vestibular, el “bundle bone” estaba presente que en la región correspondiente de la pared bucal,

Se encontraron varios osteoclastos en la zona crestral y en la superficie externa de las paredes óseas vestibulares y linguales.

Se produjeron grandes cantidades de hueso recién formado en las porciones apical y lateral del alveolo. El tejido de matriz provisional se encuentra en la zona central y marginal del alveolo, ya no existe tejido del ligamento periodontal lateral, la superficie del “woven bone” estaba revestida con osteoblastos densamente empaquetados e incluía una médula ósea primitiva.

Cuarta semana:

No se evidencia “bundle bone” en la región crestral, gran parte del hueso es remplazado por “woven bone”, y la superficie de este tejido exhibió signos de remodelación.

Presencia de osteoclastos en la superficie externa de las paredes ósea vestibular y lingual.

La matriz provisional del tejido se encontró en la parte más central del alveolo.

El tejido mineralizado y la médula ósea ocupaban los segmentos restantes del alveolo. La porción de tejido mineralizado se compone principalmente de “woven bone”, que parecía estar en el proceso de modelado y remodelación.

La médula ósea era de carácter primitivo (tejido conectivo suelto, células inflamatorias y vasos grandes) o madura (grandes adipocitos, pocas células inflamatorias, pequeñas cantidades de fibras de colágeno y unidades vasculares). Las porciones grandes de “bundle bone” habían sido sustituidas al parecer por el hueso laminar y la médula.

Octava semana:

Se observó que la pared lingual del hueso también estaba en este intervalo considerablemente más ancha que la pared vestibular.

Se evidencio una amplia zona de tejido mineralizado uniendo las paredes del hueso vestibular y lingual. Este puente que tenía una orientación oblicua incluía “woven bone” así como hueso lamelar. Se encontraron numerosos osteoclastos tanto en la superficie externa de la cresta como en regiones más apicales del hueso vestibular.

Se encontraron osteoclastos dispersos en la ubicación correspondiente a la pared lingual del hueso. La porción interna de la región del alveolo estaba ocupada por la médula ósea, pero incluía pocas trabéculas de tejido mineralizado que se componían de “woven bone” y hueso lamelar.

4.1. Cambios dimensionales del alveolo post extracción

La eliminación de un diente generalmente dará como resultado una pérdida de hueso alveolar, así como cambios estructurales y de composición en el tejido blando que lo recubre dando como resultado no sólo cambios de la arquitectura ósea, sino que afecta también a los tejidos blandos suprayacentes del alvéolo¹.

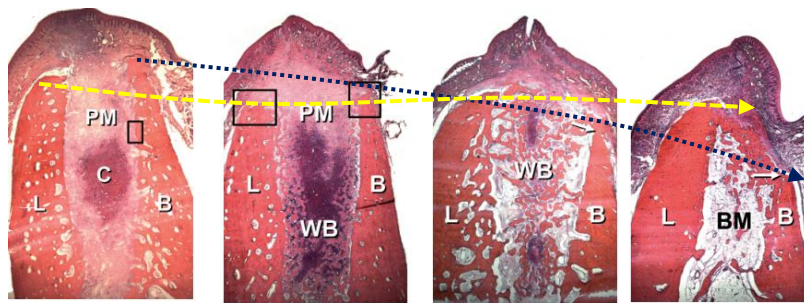
Los estudios en animales ^{7,53} han demostrado que hay cambios dimensionales marcados de la cresta alveolar en los primeros 2-3 meses post-extracción, con cambios más pronunciados en la tabla vestibular⁷. De forma crítica, la reabsorción ósea horizontal bucal se ha demostrado llegar hasta un 56%, mientras que la reabsorción ósea lingual se ha reportado hasta un 30% ⁵⁴ se ha informado de que la reducción global de la anchura de la cresta horizontal alcanza el 50%¹. Una cresta más estrecha y más corta puede ser una secuela esperada del proceso de reabsorción ⁵² y en efecto, el proceso de reabsorción a menudo resulta en la reubicación de la cresta a una posición más lingual ^{1,20} el proceso de remodelado de la cresta se complica aún más si se pierde la tabla ósea vestibular como resultado de procesos inflamatorios o la propia extracción¹.

En estudios en animales, se encontró que la reabsorción de las paredes bucal / lingual se produjo en dos fases superpuestas. En una primera fase, el “bundle bone” se reabsorbió y se reemplazó con “woven bone”, la segunda fase incluyó reabsorción desde la superficie externa de ambas paredes óseas ⁵³ se dijo que la razón de esta pérdida ósea adicional no se entendía. En otro estudio con perros, se encontró que los alveolos post extracción se llenaban con “woven bone” después de 1 mes y después de 3 meses se había formado una cresta cortical que incluía woven bone y lamelar. Después de 6

meses el woven bone estaba siendo remplazado por hueso lamelar y medula ósea^{6, 53}, obviamente, la función del “bundle bone” es anclar el diente en el hueso alveolar a través del ligamento periodontal. A medida que se extrae el diente, el “bundle bone” perderá su función, y posteriormente, se reabsorberá. Esto puede explicar la reabsorción más pronunciada⁴⁴.

Después de la extracción de un solo diente, la cresta muestra una reducción limitada en su dimensión vertical, pero la reducción horizontal es sustancial. Araujo² menciona que podemos esperar:

- (I) Que se produzca una reducción de hasta el 50% de la anchura original del reborde
- (II) La cantidad de reabsorción ósea será mayor en el aspecto vestibular que en su contraparte lingual / palatina.
- (III) Una mayor cantidad de reducción del hueso alveolar tendrá lugar en las regiones molares²⁰.



a.1 semana b. 2 semana c.4 semana d.8 semana

Figura 3. Proceso de modelado de la cresta alveolar post extracción

4.1.1. Cambios dimensionales del alveolo pos extracción en sentido apico - coronal

Aimetti⁵⁵ tres meses después de la extracción de los dientes maxilares anteriores, se informó una reducción vertical media de $1,2 \pm 0,8$ mm en la tabla vestibular, $0,9 \pm 1,1$ mm en la tabla ósea palatina y $0,5 \pm 0,9$ mm en los sitios mesial y distal.

Lekovic et al.⁴ informo que a los seis meses después de la extracción de dientes anteriores y premolares, había una reducción media de $1,2 \pm 0,13$ mm en la altura vertical de la tabla ósea vestibular. Lekovic et al.⁵ y Camargo et al.² informaron una reducción del $1,50 \pm 0,26$ mm y $1,00 \pm 2,25$ mm respectivamente.

Más tarde, Pelegrine et al.⁵⁶ demostraron que seis meses después de la extracción de los dientes anteriores maxilares, la reducción vertical media de la altura de la cresta alveolar bucal $1,17 \pm 0,26$ mm

Tan⁶ indica en su revisión sistemática que a los seis meses después de la extracción en la tabla vestibular se observa una reducción $1,24 \pm 0,11$ mm, $0,84 \pm 0,62$ mm en la zona mesial y $0,80 \pm 0,71$ mm en el distal.

Rasperini et al.⁵⁵ informaron sobre los cambios dimensionales de 3 y 6 meses de la cresta alveolar después de la extracción de los molares superiores, utilizando una guía acrílica y una sonda periodontal para obtener las medidas; se realizaron mediciones desde la superficie del hueso hasta la superficie externa del acrílico. La reducción observada en

la altura de la tabla vestibular a los 3 meses fue de 2.2 mm y 6 meses fue de 5,7 mm, cuando la tabla vestibular estaba intacta después de la extracción.

Carlsson y Persson⁵⁷ hicieron uso de la radiografía cefalométrica lateral para demostrar el cambio de altura longitudinal en la cresta alveolar mandibular después de la extracción de al menos cinco a seis dientes anteriores inferiores y cargar con prótesis dentales convencionales 2 meses después de la extracción. El estudio tuvo tiempos de observación a los 2, 4, 6, 12, 24 y 60 meses. Las reducciones de la altura alveolar fueron 2,0 mm a los 2 meses, 2,9 mm a los 4 meses, 3,4 mm a los 6 meses y 4,1 mm a los 12 meses, en comparación con la medición inicial de base. A partir de este estudio, podemos observar una tendencia en la que existe una gran reducción de la altura ósea alveolar en los primeros 2 meses después de la extracción, seguida de una reabsorción gradual continua a partir de entonces. Se debe interpretar con cautela los valores obtenidos en este estudio, con puntos de tiempo de observación superiores a 2 meses; 2 meses después de la extracción, se insertaron dentaduras completas en el grupo convencional y no podemos con total confianza afirmar que la inserción y el uso de prótesis dentales No tuvieron impacto en el patrón de reabsorción.

En general, con respecto al cambio dimensional vertical, podemos ver una tendencia donde hay una mayor reducción en la tabla vestibular y lingual en comparación con los sitios mesial y distal⁶

Después de 6 meses de cicatrización, la reabsorción vertical del hueso alveolar fue del 11-22%, mientras que la reabsorción horizontal del hueso alveolar fue del 29 al 63%. Cuando se incluyó tejido blando junto con el tejido duro en las evaluaciones dimensionales a los 3 meses de cicatrización, hubo incluso un aumento de 0,4 mm en la dimensión vertical. A los 12 meses de cicatrización, la reabsorción vertical de la cresta alveolar fue de 0,8 mm, horizontalmente, la reabsorción del tejido blando y duro juntos fue de 1,3 mm y 5,1 mm después de 3 y 12 meses de cicatrización, respectivamente⁶.

El papel del "bundle bone" en el cambio dimensional en la cresta alveolar fue investigado en varios estudios con animales⁷ la cresta ósea vestibular era 0,3 mm coronal a la cresta ósea lingual, pero a las 2 semanas después de la extracción, la cresta vestibular se volvió 0,3 mm apical a la cresta lingual. Esta distancia relativa se incrementó a 0,9 y 1,9 mm a las 4 y 8 semanas después de la extracción, respectivamente. También se observó que la región crestal de la pared ósea bucal se componía exclusivamente de "bundle bone", mientras que la región correspondiente del hueso lingual estaba formada por una combinación de "bundle bone" y hueso lamelar⁴⁴

4.1.2. Cambios dimensionales del alveolo pos extracción en sentido vestibulo- lingual.

Un total de ocho estudios ^{3, 4, 5, 55, 56, 58, 59, 60,} informó sobre los cambios horizontales en el tiempo en el tejido duro a nivel de la cresta alveolar.

Dos estudios ^{55,56} informaron que la reducción horizontal de 3 meses es de $2,20 \pm 3,20$ mm, otro estudio ⁵⁹ se indicó que a los 7 meses existe una reabsorción de $4,5 \pm 0,8$ ms. Lekovic et al. ^{4,5}, Camargo et al.², Lasella et al.³ y Pelegrine et al.⁶⁰ documentaron una reducción horizontal de 6 meses en el tejido duro de la cresta alveolar de 4,40; 4,56; 3,06; 2.63 y 2,46 mm, respectivamente.

Una revisión sistemática reciente evaluó los cambios dimensionales en los tejidos duros y blandos del proceso alveolar hasta 12 meses después de la extracción dental⁶. Se concluyó que después de 3 meses de cicatrización, la reabsorción horizontal del hueso alveolar fue de 2,2 mm en la cresta, y de 1,3; 0,59 y 0,3 mm a 3, 6 y 9 mm apical a la cresta, respectivamente.

A modo en general es importante recordar que en porcentajes, es importante recordar es que a los 6 meses se ha perdido el 29-63% del volumen alveolar en horizontal y el 11-22% en vertical⁶.

4.1.3. Cambios dimensionales en los tejidos blandos.

Inmediatamente tras la extracción dental, no existe tejido blando cubriendo la entrada del alveolo residual, el alveolo va a cicatrizar por segunda intención. En las semanas posteriores, se produce un incremento del volumen de tejidos blandos gracias a la proliferación celular, sellando la entrada al alveolo. Los cambios en el contorno de los tejidos blandos se corresponden con los cambios que afectan al perfil de tejidos duros subyacente, que rodea el área de la extracción dental ¹.

La epitelización completa del alveolo se establece en la quinta semana de curación, la organización y maduración del colágeno en la lámina propia subyacente tarda más en ocurrir. La síntesis de la matriz comienza a los 7 días y alcanza su punto más alto a las 3 semanas, esto es seguido por un proceso continuo de maduración hasta que la resistencia a la tracción completa se restablece varios meses después, la falta de resistencia a la tracción en la mucosa de los alveolos pos extracción puede dar lugar a dehiscencia de la herida. Se han reportado tasas de dehiscencia del 5% al 24% en sitios de implante tardíos tratados con membranas reabsorbibles y no reabsorbibles, a pesar de la presencia de volumen de tejido adecuado para lograr el cierre primario¹.

Sólo un solo estudio⁵⁸ informó sobre los cambios longitudinales de los tejidos blandos, dimensiones en el alvéolo post extracción. Este estudio demostró una ganancia de 0,4-0,5 mm de grosor de tejido blando a los 6 meses, medida en sitios vestibulares y linguales a 3 mm de la cresta alveolar. Oclusalmente, el tejido blando con un espesor de 2,1 mm se desarrolló después de 6 meses para completar la cobertura de tejido blando de la herida⁵⁸

La entrada al alveolo puede ser restaurada entre 10 y 20 semanas ⁶⁰, y el relleno óseo radiográfico observado entre 3 y 6 meses después de la extracción²⁰. Mientras que la mayoría de los cambios dimensionales que comprenden la cicatrización de los alveolos ocurren durante los primeros 3 meses, la reorganización de la cresta alveolar puede continuar hasta un año después de la extracción^{22, 62}.

Es razonable sugerir que la tasa de cicatrización del alveolo está influenciada por las diferencias biológicas entre los individuos, el tamaño del receptáculo alveolar (grandes versus pequeñas tomas) y la extensión del trauma quirúrgico inducido durante el procedimiento de extracción²⁰.

4.1.4. Factores que influyen en los cambios dimensionales post extracción

Una variedad de factores puede influir en los cambios dimensionales del hueso después de la extracción dental, y está claro que el conocimiento actual es limitado en muchas áreas. Los factores sistémicos pueden incluir la salud y los hábitos generales del paciente. Los factores locales incluyen las razones de la extracción, el número y la proximidad de los dientes que se van a extraer, la condición del alveolo antes y después de la extracción dental, la influencia del biotipo periodontal en la cicatrización, las diferencias locales entre un sitio y otro, los arcos dentales, y el tipo de rehabilitación protésica intermedia utilizada⁶³, la atrofia por desuso, la disminución del suministro de sangre y la inflamación localizada pueden desempeñar un papel importante en la reabsorción ósea. Sin embargo, ahora es evidente que la remodelación ósea es un proceso complejo involucrando factores estructurales, funcionales y fisiológicos y que el trauma quirúrgico de la extracción induce microtrauma al hueso circundante, lo que acelera el remodelado óseo^{7, 16, 20}.

Podemos asociar factores que influyen la reabsorción como las dimensiones del alveolo (profundidad), el grosor de la mucosa, factores metabólicos y cargas funcionales⁶⁴. La tasa de resorción de las crestas alveolares es más rápida durante los primeros seis meses después de la extracción y procede a un promedio de 0,5-1,0% por año durante toda la vida. La altura de un alveolo curado nunca alcanza el nivel coronal de hueso en presencia del diente, y la reabsorción horizontal parece ser mayor en la región molar en comparación con el área premolar^{1, 7, 16, 53, 65}.

5. Defectos del reborde alveolar post extracción

Los defectos del reborde, como ya se ha mencionado, pueden llevar consigo resultados estéticamente inaceptables. Más aún, cuando las pérdidas afectan al sector anterior. Es importante conocer el pronóstico de las deformidades antes de empezar el tratamiento para conocer las limitaciones que existen y seleccionar la técnica idónea para obtener el mejor resultado posible. El pronóstico es peor cuando se trata de defectos en altura (dimensión apico coronaria) o combinados (altura y anchura); cuanto mayor sea la pérdida de inserción de los dientes adyacentes y/o cuanto mayor sea el número de dientes ausentes⁶⁶.

5.1. Clasificación de los defectos de alveolos pos extracción.

Según Seibert⁴⁰ los defectos del reborde alveolar pueden ser:

- Defectos de clase I: pérdida buco lingual y dimensiones apicocoronales normales.
- Defectos de clase II: pérdida apicocoronal y dimensiones bucolinguales normales.
- Defectos de clase III: defectos combinados en anchura y altura.

Por su parte, Allen¹² introduce el concepto de severidad, considerando el defecto:

- Leve: Menor a 3 mm.
- Moderado: De 3 a 6 mm.

— Severo: Mayor de 6 mm.

Clasificación de Elian et al.⁶⁷

Esta clasificación se basa en la presencia de tejido blando y pared ósea vestibular. (Figura 5)

Tipo I: Los tejidos blandos y la pared ósea bucal están al nivel normal de la unión cemento esmalte en el diente previo a la extracción y post-extracción. Resulta fácil de tratar y con resultados muy predecibles

Tipo II: Los tejidos blandos bucales están en la posición normal pero hay pérdida parcial de tabla ósea vestibular post extracción. Resulta difícil de diagnosticar y el clínico puede confundirlo con un tipo I.

Tipo III: Pérdida de tabla ósea y de tejidos blandos vestibular post extracción. Resulta difícil de tratar

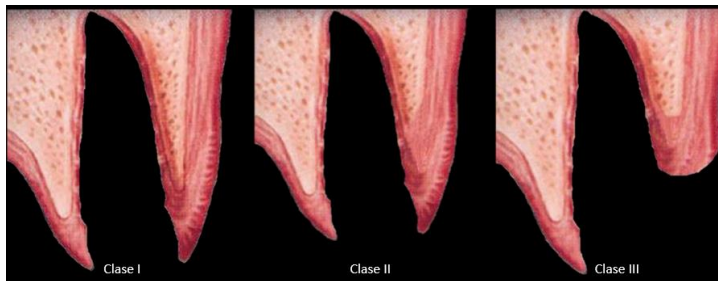


Figura 5. Tres tipos de alveolos, definida por el tejido blando facial y la placa vestibular de hueso presente.

Clasificación EDS Caplanis⁴⁵

La clasificación EDS utiliza una plantilla quirúrgica para realizar mediciones a puntos de referencia inmediatamente después de la extracción del diente.

La EDS describe el estado de los tejidos duros y blandos inmediatamente después de la extracción dental, antes de la cicatrización y remodelación del alveolo y proporciona pautas básicas de tratamiento para lograr la integración predecible del implante y la estética. (Figura 6)

EDS-1 Alveolo sano de una sola raíz con un biotipo periodontal grueso en un paciente sistémico sano. Este defecto permite la colocación inmediata predecible del implante en una posición ideal protésica. El EDS-1 tiene cuatro paredes óseas intactas incluyendo un grosor de la tabla vestibular crestal de 1 mm o más. Con la plantilla quirúrgica en posición y utilizando el margen cervical de la futura restauración como referencia, el margen

gingival debe estar al nivel o por encima del punto de referencia y la cresta alveolar no debe estar más allá de 3 mm.

EDS-2 Alveolo con un grado leve de daño óseo de la cresta o pérdida interproximal de tejido de 2 mm, con un biotipo fino o grueso, un grosor de tabla vestibular inferior a 1 mm, o cualquier combinación de éstos, de forma sistémica Paciente sano. No más de una pared del alveolo está comprometida. El EDS-2 incluye fenestraciones que no comprometen la integridad del aspecto crestal de la placa bucal, como el daño endodónico apical. Otro ejemplo de un EDS-2 incluiría un alveolo ideal tal como se define por el EDS-1 que tiene un biotipo delgado en lugar de grueso. Un ejemplo adicional incluiría un alveolo bicúspide de una sola raíz, donde la distancia entre el margen de restauración de la plantilla quirúrgica y la cresta alveolar es mayor de 3 mm pero no más de 5 mm. Todos los alveolos con múltiples raíces con cualquiera de las condiciones anteriores se consideran EDS-2.

EDS-3 Alveolo con un compromiso moderado de los tejidos locales en un paciente sistémicamente sano. Esto incluye una pérdida vertical o transversal de tejido duro y / o blando de 3 mm a 5 mm, una o dos paredes óseas comprometidas, un biotipo periodontal grueso o delgado o cualquier combinación de los mismos. Con la plantilla quirúrgica en posición y utilizando el margen cervical de la futura restauración como referencia, el margen gingival se sitúa a 3 mm a 5 mm de distancia de este punto de referencia de margen cervical y la cresta de 6 mm a 8 mm de distancia. Un ejemplo de este sería cualquier alveolo con una dehiscencia de tabla vestibular de 7 mm desde el punto de referencia.

EDS-4 Alveolo severamente comprometido con más de 5 mm de pérdida vertical o transversal de tejido duro y / o blando, dos o más paredes del alveolo comprometidas en un individuo sistemáticamente sano. El biotipo periodontal en estas situaciones es grueso o delgado. Un ejemplo de un defecto de EDS-4 incluyen sitios con una historia extensa de enfermedad periodontal que conduce a una destrucción de las tablas vestibulares y palatales. Otro ejemplo sería 5 mm de pérdida ósea interproximal entre alveolos post extracción múltiples. Con la plantilla quirúrgica en su lugar, la distancia entre el margen gingival y el margen cervical restaurador supera los 5 mm. La cresta alveolar se posiciona a más de 8 mm de distancia de este punto de referencia.

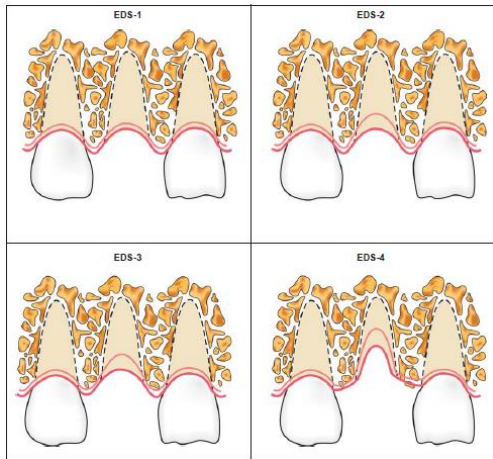


Figura 6. Clasificación EDS⁴⁵

Clasificación de Misch y Dietsch¹⁵

- Defecto de cinco paredes: Cinco paredes ósea gruesas rodeándola el alveolo (>2mm)
- Defecto de cuatro o cinco paredes: Se denomina defecto de 4 paredes cuando la tabla vestibular está ausente, o la tabla vestibular tiene un grosor menor a 1,5 mm.
- Defecto de dos a tres paredes
- Defecto de una pared.

La clasificación de Misch y Dietsch está orientada a clasificar por el número de paredes existentes en el alveolo y su posible manejo terapéutico.

Esta sección será detallada para una mejor comprensión en el capítulo de protocolos para la preservación alveolar

6. Preservación alveolar

Antes de detallar claramente el concepto de preservación de alveolo es de gran importancia realizar una clara distinción entre los siguientes términos.

La preservación de la cresta es un procedimiento clínico que se realiza en el momento de la extracción dental para minimizar la reabsorción ósea de las paredes del alveolo mientras que la preservación del alveolo implica colocar un material de injerto óseo en el receptáculo inmediatamente después de la extracción¹⁰.

6.1. Justificación

A pesar de realizar técnicas de extracción a traumáticas, en ocasiones el cirujano bucal se encuentra ante el desafío de solventar la pérdida de tabla ósea a nivel vestibular del alveolo. Sin una correcta planificación es posible que los defectos a nivel vestibular no sean percibidos y se realice un implante inmediato post extracción sin técnicas de regeneración previas. En estos casos, colocar un implante sin solventar dicho déficit de tejido duro vestibular previamente, supondrá una falta de estabilidad del caso, seguido de un fracaso a nivel estético en diferentes grados y de difícil solución^{52, 68}.

Muchos estudios han demostrado que la reabsorción de la tabla ósea vestibular puede tener consecuencias devastadoras funcionales y estéticas ya que la dimensión vertical y horizontal insuficiente de hueso alveolar podría eventualmente estar presente en los sitios de extracción, afectando la ejecución tanto de prótesis tradicionales como de implantes dentales^{7,52,65}. Así, durante los últimos 20 años se han introducido diversos procedimientos quirúrgicos, con diferentes nomenclaturas, con el objetivo de mantener un perfil de cresta ideal en sitios estéticos y prevenir el colapso alveolar de la cresta, preservando dimensiones adecuadas del hueso para facilitar la colocación correcta del implante.

La preservación de alveolo tiene como objetivo principal minimizar la reabsorción de la cresta y maximizar la formación de hueso dentro del alveolo⁷⁰ de tal manera que provee mayor control y mayor previsibilidad mientras previene el colapso del sitio y el compromiso estético⁶⁹

El concepto de preservación de alveolo está basado en el hecho de que existe una remodelación ósea significativa tras una extracción dental ^{36,38} produciendo cambios estructurales y dimensionales, como consecuencia la reducción media de volumen óseo a los 6 meses fue: 1.24 mm en vertical y 3.8 mm en horizontal. Al año, el volumen combinado de hueso y tejido blando daba un valor medio de 0.1 a±0.9 mm en vertical y 1.3 ±5.1 mm en horizontal. En porcentajes, es importante a recordar es que a los 6 meses se ha perdido el 29-63% del volumen alveolar en horizontal y el 11-22% en vertical ^{3,6,15,26,64}.

Como se explicó en una sección anterior el proceso natural de cicatrización está caracterizado por una combinación de crecimiento óseo dentro del alveolo y reabsorción de proceso alveolar en las dimensiones vestibulo-lingual así como apico-coronal²⁹

Además la ausencia de dientes por un tiempo prolongado provoca que el reborde alveolar edéntulo se encuentre en una posición más lingual o palatina y tenga una altura reducida, convirtiendo la colocación del implante en un desafío, se ha demostrado que las dimensiones alveolares se reducen significativamente tras la extracción dental, mostrando una mayor pérdida de anchura y altura en el maxilar superior que en la mandíbula^{3, 6, 15,43}.

El colapso del alveolo y la significativa atrofia del reborde pueden continuar hasta los 12 meses post-extracción. Sin embargo, notables alteraciones de anchura y altura del reborde alveolar parecen ser más pronunciadas los 3 primeros meses del proceso de cicatrización, la atrofia de la cresta alveolar puede tener un impacto considerable en la terapia de reemplazo de los dientes, particularmente cuando se planifican restauraciones

con implantes. Por lo tanto, la preservación de la cresta alveolar se ha convertido en un componente clave de la odontología clínica contemporánea⁷¹.

Entonces la preservación alveolar pretende disminuir pero no eliminar la reabsorción ósea horizontal y vertical tras una extracción dental. Por lo tanto, el objetivo es mantener el volumen óseo⁴⁶ manteniendo un volumen de cresta estable para optimizar los resultados funcionales y estéticos, simplificando los procedimientos de tratamiento posteriores a la preservación del alveolo^{17,19}.

En el informe de Consenso de Osteología¹⁰ dieron las siguientes indicaciones y contraindicaciones para la preservación de alveolo:

Indicaciones para la preservación de alveolo.

- Cuando la colocación del implante se planifica en un momento posterior a la extracción dental, es decir:
 - (I) Cuando no es recomendable la implantación inmediata o temprana
 - (II) Cuando los pacientes no están disponibles para la colocación inmediata o temprana del implante.
 - (III) Cuando no se puede obtener la estabilidad primaria de un implante
 - (IV) En los adolescentes (hasta poder colocar los implantes)
- Contorno de la cresta para tratamiento protésico convencional.
- Siempre que la relación costo / beneficio sea positiva.
- Reducir la necesidad de elevación del suelo sinusal⁵⁹

Las contraindicaciones para la preservación de la cresta son:

- Contraindicación general contra intervenciones quirúrgicas orales.
- Infecciones en el sitio previsto para la preservación de alveolo, que no se puedan manejar durante la cirugía de preservación de alveolo.
- Pacientes que se han sometido a radioterapia (cabeza y cuello)
- Pacientes que toman bifosfonatos.

6.2. Biomateriales para la preservación alveolar.

Desafortunadamente, tanto los estudios clínicos como los estudios en animales^{7, 13, 17, 62,66} han demostrado que aunque se minimice, debe esperarse alguna pérdida ósea independientemente de la elección del tratamiento seleccionado después de la extracción.

Una de las características principales que debe cumplir un material utilizado como injerto óseo para preservación de alveolos post extracción es la biocompatibilidad. Deben ser materiales que no generen ningún tipo de reacción alérgica o inmune y deben por lo tanto ser bien tolerados por el individuo receptor, integrándose con los tejidos del huésped de una manera adecuada, proporcionando idealmente un andamiaje para que ocurra neoformación ósea dentro de él⁶⁶.

Es primordial que los materiales óseos de injerto tengan la capacidad de inducir regeneración (neogénesis) independientemente del sitio donante de hueso⁷⁵ Es así que las características ideales de un sustituto óseo según Solis⁷⁶ y Haddad⁷⁷ son:

- Fácil de usar y manejar.
- No propenso a migrar o a infección.
- Que posea una superficie capaz de liberar factores de crecimiento óseo en el área quirúrgica.
- Fácilmente asequible.
- No tenga la posibilidad de transmitir enfermedades infecciosas al paciente.
- Capaz de formar un buen soporte óseo para posterior colocación de implantes.
- Tener capacidad para producir hueso por proliferación celular de osteoblastos viables trasplantados (osteogénesis).
- Proveer una matriz para el crecimiento de hueso nuevo a través de ella (osteoconducción).
- Poseer la facultad de producir hueso por osteoinducción de las células mesenquimatosas recogidas en el injerto.
- Permitir la liberación de factores biológicos que estimulen la regeneración ósea.
- Proveer soporte mecánico y protección de estructuras más profundas durante la cicatrización ósea.
- Prevenir el crecimiento de tejido blando.
- Ser reemplazado por hueso nativo a través del tiempo.
- Mantenimiento del hueso regenerado maduro a través del tiempo sin que la función cause pérdida del mismo

La regeneración ósea es mediada por tres mecanismos biológicos básicos que pueden acontecer aislada o simultáneamente en función del sustituto óseo utilizado, promoviendo la curación del alveolo post extracción y que se conocen como:

Osteogénesis: Es el proceso de formación y desarrollo de hueso nuevo mediado por el trasplante de células vivas (osteocitos, osteoblastos) en el injerto óseo, que llevan a cabo la regeneración ósea de una forma directa² Este mecanismo es propio de los autoinjertos y es especialmente importante en los autoinjertos córtico-esponjosos y particulados de hueso esponjoso, debido a la más rápida revascularización⁷⁶

Osteoinducción: Es la capacidad de formación de hueso nuevo por la diferenciación de células del tejido conectivo locales no comprometidas de la zona receptora (células mesenquimales indiferenciadas perivasculares derivadas del sitio receptor o de la circulación) en osteoblastos bajo la influencia de uno o más agentes inductores, estimulando la neogénesis ósea. El hueso puede crecer o extenderse por una zona donde normalmente no se encuentra ^{2,75,76} son ejemplo de materiales osteoconductivos el autoinjerto, en la fase de reabsorción que libera proteínas morfogenéticas óseas; el plasma rico en factores de crecimiento que estimulan la quimiotaxis, diferenciación y proliferación celular; y las proteínas morfogenéticas ósea² ·

En los últimos años, se ha desarrollado la forma recombinante de las proteínas morfogenéticas ósea (rhBMP). Estas presentan un mecanismo puro de osteoinducción,

y obviarían la necesidad de obtener hueso autógeno. Han demostrado resultados preliminares interesantes mejorando la angiogénesis y cicatrización ósea. En la actualidad la ingeniería tisular trabaja arduamente para conseguir su comercialización clínica^{75, 76}.

Osteoconducción: sucede cuando el material de injerto muestra propiedades de biocompatibilidad y tiene propiedades estructurales que favorecen la deposición ósea, proporcionando así un soporte estructural para la formación de hueso nuevo que complementa el perfil óseo existente ⁷⁵ es así que el injerto implantado sirve de guía o matriz para el crecimiento óseo ya que es progresivamente colonizado por vasos sanguíneos y células osteoprogenitoras de la zona receptora, que van lentamente reabsorbiéndolo y depositando hueso nuevo, desde los márgenes del defecto ^{2,76}.

6.2.1. Tipos de injerto óseo

Entre las diferentes opciones de injertos óseos disponibles se encuentran^{78, 79}.

Autoinjerto óseo (autólogo o autógeno; extra oral, intraoral): Es aquel que procede del mismo individuo. Las células óseas vivas son trasplantadas de una parte a otra del mismo organismo.

Aloinjerto óseo (homólogo o alógeno): Es aquel que procede de individuos de la misma especie, genéticamente diferentes, por ejemplo el hueso liofilizado humano.

Xenoinjerto óseo (heterólogo o xenógeno; bovino o porcino): Es aquel que procede de individuos de diferente especie.

Aloplástico: son materiales sintéticos como por ejemplo la hidroxiapatita o el fosfato tricálcico.

Injertos autólogos, autógenos o autoinjertos.

En cuanto a sus propiedades biológicas, se considera el “Gold Standard” ya que es el único que posee las tres propiedades de osteogénesis, osteoinducción y osteoconducción. Posee nula capacidad antigénica por obtenerse del mismo individuo. Se pueden obtener de diferentes zonas donantes intraorales (mentón, tuberosidad maxilar, rama mandibular, rebordes edéntulos o torus) o extraorales (cresta ilíaca, tibia, calota) ^{66,69} las últimas se utilizan en forma de injertos en bloque en casos de pérdidas óseas avanzadas, pero su inconveniente es que requieren de anestesia general para su obtención. Otra desventaja de los injertos autólogos es su rápida tasa de reabsorción, sufriendo un abandono progresivo del estado de hueso autólogo, a lo que tratamos de remediar mediante el uso de biomateriales que expresan propiedades osteoconductoras completas^{65,75} por lo que en ocasiones se combinan con aloinjertos o xenoinjertos para mejorar esta propiedad. Hay diferencias en cuanto a la reabsorción vertical según los sitios extraorales donantes: cresta ilíaca 12-60% y calota 0-15%. La reabsorción horizontal de los injertos en bloque autólogos se ha reportado entre el 10-50% ⁶⁶

A modo resumen la reabsorción temprana de este hueso autógeno, la morbilidad de las zonas donantes y las limitaciones en la cantidad de hueso disponible fueron algunas de las razones que impulsaron el desarrollo de sustitutos del hueso autógeno ^{13,74}.

Las ventajas y desventajas de los injertos autólogos son las siguientes:

Ventajas del Autoinjerto

-
- Tiene todos los mecanismos de regeneración ósea (osteoconducción, osteoinducción, oseointegración, osteogénesis) ^{68,80}
- El autoinjerto es biocompatible, esta característica constituye precisamente el argumento de mayor peso para su uso ^{77,78}
- Es totalmente histocompatible y no hay riesgo de transmisión de enfermedades (nula capacidad antigénica) ^{77,81,82}
- Es el injerto que está en mejores condiciones para soportar las fuerzas de la masticación, prótesis o fuerzas musculares y el que mejor se adecúa al contorno óseo. ^{83, 84}
- Tiene estabilidad en el tiempo. ^{77,81,83}

Desventajas del Autoinjerto

- La obtención de autoinjerto está asociado con un rango de complicaciones mayores de 8.6% y un rango de complicaciones menores de 20.6% ^{68,80 83}.
- Dificultad de obtener una cantidad suficiente de material de injerto, especialmente de sitios intraorales ⁸⁵
- Complicaciones postoperatorias como las infecciones, sangrado, dolor, hinchazón, daños a las raíces dentales adyacentes al sitio de la zona dadora (obviamente sin una planificación adecuada) o alteraciones visibles de la región mandibular después de la extracción de hueso autógeno. ^{82,77, 81}.
- Prolongado tiempo operatorio. ⁸¹
- Morbilidad del sitio donador. ¹³
- Reabsorción ósea durante la cicatrización. Diversos estudios han demostrado hasta 60% de reabsorción después del proceso de aumento óseo de la cresta alveolar. ^{77,84}
- Tienen una alta tasa de reabsorción, que lleva a la disminución del volumen del reborde residual de hasta un 50% después de 6 meses ^{75,77,78}

Aloinjerto

Los aloinjertos son tejidos extraídos de miembros genéticamente no idénticos de la misma especie. Están disponibles en grandes cantidades para su uso y no tienen las deficiencias tradicionales asociadas con los autoinjertos ⁷⁴

La primera publicación de utilización exitosa de un aloinjerto óseo fue hecha en 1881 por McEwen. Desde la fecha, su uso se ha difundido ampliamente considerándose un recurso necesario en todo centro donde se tratan patologías de alta complejidad. No se han publicado estimaciones estadísticas chilenas, pero en Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU.) se realizarían más de 150.000 cirugías con uso de aloinjertos óseos anualmente

Los aloinjertos fueron introducidos como materiales de injerto en cirugía periodontal en los años 70, inicialmente bajo la presentación mineralizada: Injertos óseo liofilizados (FDBA), y desde finales de los años 80 como injertos desmineralizados: aloinjertos óseos liofilizados desmineralizado (DFDBA) ⁸⁴.

El uso de estos aloinjertos a diferencia del uso de hueso fresco congelado ha reducido el problema de inmunogenicidad que se asoció con dicho hueso. Los aloinjertos son comúnmente utilizados para la preservación alveolar⁶⁴.

Los aloinjertos esponjosos y corticales de diversos tamaños de partícula se utilizan regularmente para los procedimientos de regeneración ósea con un riesgo mínimo de transmisión de la enfermedad debido a los métodos de cribado y tratamiento de tejidos⁸⁵. Los aloinjertos están disponibles como cuñas corticales, virutas corticales, gránulos corticales y polvo esponjoso preparado como hueso congelado, liofilizado, mineralizado y desmineralizado⁸¹

Tipos de aloinjertos

Aloinjertos óseos frescos congelados (FFB)

El hueso esponjoso congelado fresco proporciona el mayor potencial osteoconductor y osteoinductor entre todos los materiales de aloinjerto disponibles para su uso ^{82,85} Sin embargo, debido al riesgo de transmisión de la enfermedad, los aloinjertos frescos congelados ya no se utilizan. En el pasado, las crestas atróficas maxilares injertadas con aloinjertos de bloque humano de tibia y chips frescos congelados mostraron desarrollo de tejido óseo maduro y compacto rodeado de espacios medulares⁸¹.

Aloinjertos óseos liofilizados mineralizados (FDBA)

Los aloinjertos óseos liofilizados mineralizados proporcionan un andamio osteoconductor y provoca una reabsorción más lenta que el aloinjerto óseo liofilizado desmineralizado, cuando se implantan en los tejidos mesenquimatosos ⁸⁸. Urist sugirió que el uso de hueso cortical desmineralizado puede tener la ventaja añadida de exponer las proteínas morfogénicas óseas (BMP) haciendo que sea osteoinductor, así como osteoconductor⁸⁸.

Se suministra bien como hueso esponjoso y como hueso cortical, tanto en su forma de gránulos como en su forma de bloques. A través de la arquitectura esponjosa, al estar conservado el diámetro de los canalículos puede desarrollarse vascularización, a veces lenta, seguida de la proliferación de fibrillas colágenas, osteoblastos y formación de tejido osteoide⁸⁸

FDBA se sabe que son osteoconductivos y se pueden combinar con autoinjertos para mejorar ^{4,5} el potencial osteogénico. Los FDBA corticales demuestran mayor potencial osteoinductor debido a los factores de crecimiento almacenados en la matriz⁶⁰.

El uso de FDBA bloques para la preservación alveolar ha demostrado la presencia de hueso vital con una organización lamelar ⁷⁴.

La revascularización de FDBA ocurre a través de la integración / reemplazo (sustitución progresiva) en el sitio receptor y la formación de áreas de tejido conectivo. Pequeñas partículas del aloinjerto pueden permanecer durante varios meses a un año antes de que se reabsorban por completo⁷⁴. Whittaker et al.⁸⁷ demostraron que los aloinjertos tienen propiedades osteoinductivas y osteoconductoras, mientras que otros estudios afirmaron que los aloinjertos sólo tienen propiedades osteoinductivas. Al-Ghamdi et al.⁸⁹ sugiere que FDBA es sólo osteoconductor; estudios comparando cortical y esponjoso FDBA demostraron que no hay diferencias significativas en el porcentaje de nueva formación ósea en los sitios de extracción⁷⁴

Los aloinjertos óseos liofilizados desmineralizados (DFDBA)

Mientras que DFDBA puede ser a la vez osteoconductor y osteoinductor. DFDBA también mostró hueso más vital y menos material de injerto residual en comparación con FDBA cuando se colocan en las tomas de extracción 19 semanas después de la extracción⁷⁴

Estos aloinjertos que han sido desmineralizados se usan solos o en combinación con FDBA y autoinjertos. DFDBA sufren reabsorción a una velocidad rápida a menudo tienen un potencial osteoinductor debido a las proteínas morfogenéticas óseas (BMPs) y factores de crecimiento presentes en la matriz de injerto. Se ha demostrado que DFDBA produce menos cantidad de hueso nuevo vital en comparación con los autoinjertos⁷⁰ DFDBA adquiridos a partir de cadáveres más jóvenes tienen mayor potencial osteogénico en comparación con injertos de personas mayores, lo que resulta en la variación de los niveles de BMP en diferentes lotes de DFDBA ⁸¹En el aloinjerto óseo liofilizado desmineralizado, el proceso de desmineralización elimina la fase mineral del injerto que puede exponer el colágeno óseo subyacente y posiblemente factores de crecimiento óseo como la proteína morfogenética ósea. Debido a esto, DFDBA puede tener una mayor osteoinductividad que FDBA. Sin embargo, este potencial osteogénico depende de la calidad y cantidad de la matriz ósea en el material del injerto, la mayoría de los bancos de huesos comerciales no verifican la presencia o actividad de BMPs en DFDBA ni la capacidad de DFDBA para inducir hueso nuevo⁸⁵. El tamaño de las partículas de injerto es importante se encontró que el tamaño de partícula más apropiado era 100 - 400 μm . Se sugirió que estas pequeñas partículas pueden aumentar la osteogénesis en comparación con las partículas más grandes (1000 - 2000 μm) debido al área superficial agrandada y al tamaño ideal de poro entre las partículas que permiten un aumento de la vascularización y la osteogénesis. Las partículas que son demasiado pequeñas pueden ser reabsorbidas demasiado rápido para la formación ósea. Las partículas que son demasiado grandes pueden obstaculizar la vascularización y pueden ser solicitadas⁸⁵.

Teniendo en cuenta las diferentes propiedades biológicas y mecánicas, diferentes materiales de injerto se combinan a menudo para optimizar el ambiente para la regeneración del hueso vital. Si se desea una rápida osteoinducción mientras se conservan los beneficios del espacio y se aumenta la densidad mineral asociada con el aloinjerto mineralizado, el FDBA puede combinarse con DFDBA o hueso autógeno. Con esta combinación, se puede aprovechar la presunta osteoinductividad y el tiempo de rotación más rápido del injerto desmineralizado o autógeno combinado con el tiempo de rotación prolongado y la mayor densidad conseguida con el tejido de aloinjerto

mineralizado. Sanders et al. Comparó los efectos clínicos de FDBA solo y el injerto óseo autógeno compuesto FDBA en el tratamiento de defectos periodontales y encontraron un mayor éxito de los injertos compuestos⁸⁵

Wood y Mealey⁹² realizaron un estudio en el que 40 tomas de extracción se dividieron en 2 grupos. Se seleccionaron aleatoriamente DFDBA o FDBA y se injertaron en los zócalos de extracción. Las muestras histológicas se obtuvieron a los 4-5 meses después del injerto, durante la colocación del implante. No hubo diferencias significativas al comparar los cambios en las dimensiones de la cresta alveolar de los dos grupos. DFDBA tuvo un porcentaje significativamente mayor de hueso vital en el 38,42% versus FDBA al 24,63%. El grupo DFDBA también tuvo un porcentaje medio significativamente más bajo de partículas de injerto residual en un 8,88% en comparación con el FDBA al 25,42%. Los autores concluyeron que este estudio proporcionó la primera evidencia histológica y clínica comparando directamente la preservación de la cresta con DFDBA versus FDBA en humanos y demostró significativamente mayor nueva formación ósea con DFDBA⁹⁰

Tipos de Aloinjertos según su estructura, importancia del tamaño de la partícula.

Un parámetro que merece atención es el tamaño de la propia partícula. El tamaño tiene relación con la osteoinducción y la osteoconducción. La osteoinducción depende de la propiedad biológica del injerto reflejada por su capacidad para estimular el crecimiento de la neovasculatura, movilizar las células mesenquimales del huésped y transformarlas en células osteoprogenitoras. Este proceso está mediado por la liberación de varios factores de crecimiento, principal de los cuales son proteínas morfogenéticas óseas [BMPs]. Para ser eficaz, BMP debe estar presente. Además, BMP dependen para el transporte de lípidos intraóseos, lo que facilita la entrega de BMP para el sitio. Idealmente, para las aplicaciones dentales, los aloinjertos en partículas, además de ser osteoinductivos, deben ser también osteoconduktivios. Deben proporcionar una oposición directa entre el injerto y el huésped y, además del soporte mecánico, permiten el crecimiento hacia adentro del hueso recién formado. Las partículas de hueso densamente empaquetadas de tamaños apropiados satisfacen ambos requisitos⁹¹

Ventajas de los Aloinjertos.

- Capacidad para obtener cantidades esencialmente ilimitadas del material de injerto⁹¹
- Biocompatible^{82,91}
- Evita un sitio donante secundario, disminuye el tiempo quirúrgico⁸⁶
- Reduce el tiempo quirúrgico⁹²
- Disminuye la pérdida de sangre⁸⁶
- Disminuye la morbilidad del huésped y el suministro ilimitado de material de injerto.
- Según la Pacific Coast Tissue Bank conserva la proteína BMP (proteína morfogenética ósea) lo que le otorgaría propiedades osteoinductivas. Sin embargo, ésta acción es muy leve o casi nula debido probablemente a la escasa cantidad de BMP transportada en el aloinjerto, ya que son necesarias grandes cantidades de hueso humano para extraer pequeñas cantidades de BMP⁹¹

Desventajas de los aloinjertos

- No son osteogénicos⁹²
- Formación ósea suele tardar más tiempo⁹²
- Produce menos regeneración que los injertos autógenos⁹³
- Posibilidad de transmisión de enfermedades a través del injerto; Sin embargo, con un examen meticuloso de los donantes y el procesamiento de muestras, el riesgo es extremadamente bajo⁹²
- En la actualidad la liofilización y el proceso Tutoplast® son dos métodos de procesamiento de muestras comúnmente utilizados que pueden reducir aún más el riesgo de transmisión de la enfermedad ^{92,93}.

Xenoinjerto

El xenoinjerto es hueso inorgánico desproteinizado mineral cancelar, se derivan de una variedad de fuentes, incluyendo bovinos, porcinos, equinos y coralinos, y son generalmente biocompatibles y estructuralmente similar al hueso humano⁹¹ poseen propiedades osteoconductoras pero no osteoinductivas⁹⁴

En varios estudios clínicos prospectivos ha sido observada su aparente capacidad para mantener las dimensiones del alvéolo post extracción y evitar la reabsorción del proceso alveolar. Sin embargo, se ha establecido que es posible encontrar partículas residuales de Bio-Oss® en análisis histológicos de muestras de tejido preservado aún después de 4, 9 e incluso hasta después de 60 meses, con una parte de estas encapsuladas en tejido conectivo⁷⁸ Los xenoinjertos bovinos son los más comúnmente utilizados. Contienen un contenido de hidroxiapatita similar al del hueso humano, lo que permite al injerto revascularizar y ser reemplazado por hueso humano nuevo⁹⁴, la lenta tasa de sustitución permite un mantenimiento a largo plazo del espacio. Otros estudios histológicos muestran una buena integración de las partículas de xenoinjerto bovino con hueso recién formado que llena el espacio interparticulado, Formando contactos directos con el material de injerto. Los métodos para reducir la antigenicidad son similares a los utilizados para procesar aloinjertos⁷⁴, los materiales de xenoinjerto representativos son hidroxiapatita natural (HA) y hueso bovino desorganizado (matriz ósea anorgánica o ABM). Estos materiales de injerto son materiales de relleno osteoconductores inertes, que sirven como un andamio para la formación de hueso nuevo. La hidroxiapatita natural se extrae de los huesos de los animales. Tiene la microestructura tridimensional del hueso natural y es altamente biocompatible con tejidos adyacentes duros y blandos. ABM es un hueso inorgánico de origen bovino. Es un carbonato que contiene apatita con una arquitectura cristalina y una relación calcio / fosfato similar a la del mineral óseo natural en humanos. Con el tiempo, el material de injerto ABM se integra en el hueso humano y es reemplazado lentamente por hueso recién formado. Sin embargo, la remodelación tarda mucho tiempo y los informes han demostrado que el injerto bovino presente incluso después de 18 meses⁹⁵

Mish¹⁵ indica que los xenoinjertos se fabrican a partir de la porción inorgánica del hueso de animales y son también osteoconductores es un buen material de banco óseo ya que

está completamente desproteínizado y se coloca en un lecho de hueso trabecular sangrante o se utiliza con una médula roja autólogo e indica que los profesionales que están a favor de uso de los xenoinjertos creen que el hueso no orgánico del animal es el que más se parece al mineral óseo humano natural.

Los xenoinjertos se clasifican según su origen en: bovino, porcino o provenir de coral natural ^{23,96}.

El xenoinjerto de origen bovino corresponde a hueso inorgánico desproteínizado mineral cancelar, constituido por cristales nanométricos de hidroxiapatita (HA) depositados sobre colágeno tipo I, composición que es igual en todos los mamíferos. En varios estudios clínicos prospectivos ha sido observada su aparente capacidad para mantener las dimensiones del alvéolo post extracción y evitar la reabsorción de proceso alveolar. ^{16, 72, 96,97}

Estudios clínicos prospectivos han mostrado que el xenoinjerto mineral desproteínizado de origen bovino es incapaz de inhibir el proceso de modelado y remodelado del tejido óseo después de haber realizado la exodoncia y que los resultados clínicos, después de su utilización como material de injerto óseo, son poco predecibles ^{16,72}. Amperio et al ⁷², a través de pruebas in vitro, determinaron que el Bio-Oss® (Geitlich) no induce expresión de proteínas ni citocinas proinflamatorias en los osteoblastos que entran en contacto con sus partículas, como pueden ser la IL-6, el TNF- α o la sialoproteína ósea, lo cual corroboraría su bajo potencial antigénico y lo llevaría, según los autores, a ser considerado un material de injerto seguro, aún en pacientes con enfermedades autoinmunes como artritis reumatoidea y psoriasis artropática, situaciones en las cuales la reabsorción ósea se convierte en una complicación común ^{84,98}.

Al analizar el porcentaje de hueso vital neoformado tras injerto con hidroxiapatita bovina se ha observado que este porcentaje aumenta significativamente al mezclar la hidroxiapatita bovina con hueso del receptor, por lo que esta combinación es recomendable. Hoy en día este biomaterial está desprovisto de inmunogenicidad ya que se somete a unos procedimientos pirolíticos que eliminan todos sus elementos proteicos y celulares que habitualmente ocupan los espacios intertrabeculares del hueso ^{16, 72}.

Ventajas y desventajas del hueso bovino.

Ventajas del hueso bovino

- Función de andamiaje siendo su principal acción la osteoconducción., se recomienda mezclar con hueso autólogo ya que no presenta propiedades osteoinductivas
- Altamente biocompatible.
- Se clasifica como hidroxiapatita natural
- El hueso bovino anorgánico ha demostrado en diversos estudios ser resistente a la reabsorción ósea después de su colocación en defectos óseos, es por eso que se usa mucho en combinación con hueso autógeno y membrana de barrera para mejorar más aun los resultados.

- Costo asequible^{95,99}

Desventajas del hueso bovino

- El rango de reabsorción acelerada de matrices óseas orgánicas puede ser la principal desventaja de este material.
- El sustituto procesado disminuye notablemente los riesgos de infección y las repuestas inmunológicas del huésped; sin embargo, las posibilidades de transmisión de enfermedades no son completamente erradicadas. Aparentemente este sustituto óseo puede suscitar estímulos antigénicos suficientes para provocar una respuesta inmune en el huésped resultando en una incorporación acelerada y también reabsorción acelerada del injerto^{95, 99}.

El otro tipo de xenoinjerto corresponde a aquel obtenido a partir de corales naturales. Los cristales obtenidos a partir del exoesqueleto de corales de arrecifes marinos están compuestos principalmente por carbonato de calcio. Se trata de cristales con excelentes propiedades mecánicas (resistencia a la compresión de hasta 300 MPa) y arquitectura porosa interconectada similar a la del hueso esponjoso humano. A través de procesamiento térmico, el carbonato de calcio es convertido en hidroxiapatita⁹⁶ es una hidroxiapatita de origen orgánico y estructura porosa constituida por más de un 98% de carbonato de calcio en una forma cristalina.

El volumen de porosidad del material afecta tanto el proceso de reabsorción como el de neoformación ósea: mientras más pequeña sea la microporosidad del exoesqueleto del coral, más grande será la densidad y la fuerza compresiva aplicable, y, de igual manera, la tasa de reabsorción y de neoformación ósea serán más altas con microporosidades más amplias⁹⁷

Aloplásticos

Se desarrollaron biomateriales sintéticos para superar las desventajas de los autoinjertos y se fabrican en diversas formas con propiedades fisicoquímicas variables y pueden ser tanto degradables como no degradables⁸¹ el mecanismo de acción de estos materiales es estrictamente osteoconductor sin potencial osteoinductivo u osteogénico por sí mismos y se han utilizado ampliamente para la regeneración periodontal^{85,100} Los materiales aloplásticos más comúnmente usados son carbonato de calcio, sulfato de calcio, polímeros de vidrio bioactivo y materiales cerámicos, incluyendo hidroxiapatita sintética y fosfato tricálcico (TCP). Los biomateriales de fosfato de calcio son de gran interés para ser usados como reemplazo óseo^{81,85}

Los materiales de injerto en la regeneración periodontal, ya que tienen una composición similar a los minerales óseos, forman hueso apatita como material o HA gasificados y forman una muy fuerte interfaz hueso fosfato de calcio-biomaterial.^{81, 85}

Proporcionan un andamio para mejorar la reparación y el crecimiento del tejido óseo⁸⁵.

No requieren un sitio donante, están disponibles en cantidades ilimitadas y no suponen un riesgo de transmisión de la enfermedad⁷⁴ el fabricante también controla el tamaño de

las partículas y los espacios interparticulados, y por lo general los hace parecerse a hueso natural ⁷⁴

La hidroxiapatita es un injerto óseo sintético, que es ampliamente utilizado debido a su osteoconducción, dureza y aceptación por hueso. Algunos injertos óseos sintéticos están hechos de carbonato de calcio, que comienzan a disminuir en su uso, ya que es completamente reabsorbible en poco tiempo y facilita la ruptura del hueso. Finalmente se utiliza el fosfato tricálcico en combinación con hidroxiapatita y dando así efecto tanto a la osteoconducción como de la reabsorbibilidad⁹⁵

Hidroxiapatita sintética

Se trata de un material de fosfato de calcio con variaciones en densidad, estructura y química superficial. Su forma particulada es ideal para preservación de alveolos a largo plazo, debido a su baja tasa de reabsorción ^{87,95} cuando son colocadas en alveolos post extracción, las partículas del injerto se adhieren a las paredes del alveolo e interactúan con las células óseas mientras que las partículas que quedan separadas de las paredes del alveolo son encapsuladas por una matriz densa de tejido conectivo fibroso. Kumar et al ⁹⁶ menciona que la hidroxiapatita sintética es el material de elección cuando se planea rehabilitar el espacio edéntulo con implantes de oseointegración pero es muy útil para preservar la arquitectura del reborde remanente que será rehabilitado con prótesis fija ya que impide colapsos y complicaciones estéticas⁹⁵ es un material no osteogénico, funciona principalmente como un material de injerto osteoconductor.

Los injertos de HA muestran un potencial de reabsorción lento y limitado y generalmente son dependientes de la disolución pasiva en fluidos tisulares y procesos mediados por células tales como fagocitosis de partículas para reabsorción ¹⁰³

La tasa de degradación de HA depende del método de formación de cerámica, la relación de calcio a fosfato, la estructura cristalográfica y la porosidad ^{78,103}

La capacidad de HA para reabsorber también depende en gran medida de la temperatura de procesamiento, aquellos que son sintetizados a altas temperaturas son muy densos con una biodegradabilidad muy limitada ^{73, 103} estos injertos densos se usan generalmente como rellenos biocompatibles inertes ⁸¹ a temperaturas más bajas, el HA particulado es poroso y sufre una reabsorción lenta ¹⁰³

Este material podemos encontrarlo con variaciones en densidad, estructura y química superficial, está disponible y se utiliza en diversas formas:

- 1) poroso no reabsorbible
- 2) Sólido no reabsorbible
- 3) Reabsorbible (no cerámica, porosa) ¹⁰³

Fosfato tricálcico, o TCP [Ca₃ (PO₄)₂]

Es un material poroso, con propiedad osteoconductor, se trata con naftaleno y luego compacta a 1100-1300 ° C para obtener un diámetro porosidad de 100-300 m. Durante la reabsorción, que suministra iones calcio y magnesio y crea un ambiente iónico similar

al hueso humano, el ambiente iónico induce la activación de la fosfatasa alcalina, que es fundamental para la síntesis de hueso⁷⁴

El fosfato tricálcico se produce como fases alfa y beta

Estas dos fases tienen una excelente capacidad de reabsorción y son químicamente idénticos, se comportan de manera diferente en un entorno biológico, el fosfato tricálcico β ha demostrado ser biocompatible y osteoconductor, pero muestra resultados no predecibles por que las partículas se encapsulan en el tejido fibroso. Además se reabsorbe tan rápidamente, que pierde su capacidad de hacer espacio^{73,74}.

Para abordar este problema, un fosfato de calcio bifásico se ha desarrollado, que consiste en una mezcla homogénea 60/40 de la hidroxiapatita y β -TCP. β -TCP se disolverá, proporcionando calcio, así como espacio para la formación de hueso. Mientras tanto, la reabsorción más lentamente de hidroxiapatita mantiene el andamio^{73,74}

Vidrios Bioactivos

Los vidrios bioactivos están compuestos de dióxido de silicio, óxido de calcio, óxido de sodio y pentóxido de fósforo⁹⁵ el tamaño de partícula de los vidrios bioactivos oscila entre 90 y 710 μm hasta 300-355 μm ^{95,101} después de la implantación de vidrio bioactivo, se forma un gel rico en silicio sobre la superficie cerámica bioactiva con la capa externa sirviendo como superficie de unión para células osteogénicas y fibras de colágeno⁷⁵ se ha demostrado que las nanopartículas de vidrio bioactivo inducen a los cementoblastos a proliferar en un estudio in vivo. Estos iones (Ca^{2+} , Si), influyen y controlan el ciclo celular de células precursoras osteogénicas y de la población de células diferenciadas teniendo como consecuencia biológica la proliferación y diferenciación rápida a osteoblastos, lo que tiene como ventaja en aplicaciones clínicas, el relleno de defectos óseos en forma expedita con hueso neoformado, equivalente en forma estructural y mecánica a hueso normal y sano; se ha demostrado en otros estudios que los vidrios bioactivos tienen mayor bioactividad que hidroxiapatita, probablemente debido a la formación de una capa rica en sílice, biológicamente activa, que promueve fuertemente el crecimiento óseo, los informes clínicos sobre la preservación alveolar realizada con vidrio bioactivo revelan la formación ósea en estrecho contacto con las partículas⁹⁵. Sin embargo, se han demostrado limitados resultados regenerativos periodontales verdaderos basados en el análisis histológico humano con el uso de vidrio bioactivo^{77,103}

Fosfato dicálcico (DCP)

Estos son fosfatos de calcio ácidos que tienen una alta solubilidad a pH fisiológico. Se ha investigado el fosfato dicálcico dihidratado (DCPD o Brushita) tanto para la reparación de defectos óseos como para las aplicaciones verticales de aumento óseo como cementos inyectables o como gránulos de cemento preestablecidos. Se ha demostrado que los cementos inyectables de brushita son capaces de regenerar el hueso en crestas alveolares atróficas, defectos bucales de dehiscencia y procedimientos de elevación del suelo del seno maxilar⁹⁵

Polifosfato de calcio (CPP)

El polifosfato de calcio (CPP) es un buen sustituto óseo con propiedades mecánicas similares al hueso trabeculado, degradabilidad controlada y muestra muy buena integración con el hueso, se ha utilizado en diferentes formas, tales como bloques porosos sinterizados, partículas o nanopartículas. Nelson et al.⁶⁴ fueron los primeros en investigar la CPP para la regeneración ósea mientras exploraban su capacidad para reparar los defectos alveolares mandibulares caninos. La evaluación a los 4 meses mostró un aumento de tejido óseo y mayores tasas de unión en el grupo CPP que en el grupo control del injerto óseo. El Sayegh et al.¹⁰² Demostraron que la tasa de degradación del CPP no afectan sustancialmente las interacciones de los fibroblastos gingivales humanos con materiales de CPP, pero que en comparación con sustratos de aleación de titanio, la difusión de células y la unión fueron inhibidos. Estos estudios sugieren que la CPP tiene promesa como biomaterial para la terapia regenerativa biológica y periodontal¹⁰³

Sulfato de calcio

Estos compuestos tienen una resistencia a la compresión mayor que la del hueso esponjoso. El sulfato de calcio se aplica generalmente como material de barrera para mejorar los resultados clínicos de la terapia de regeneración periodontal. Cuando se utilizan como una barrera, los materiales del sulfato de calcio trabajan como un adjunto con otros materiales del injerto. Se ha investigado una combinación de β -TCP y fosfato de calcio que no requiere una membrana, reduce el costo, reduce el tiempo quirúrgico y tiene el potencial para la regeneración ósea periodontal.¹⁰³

6.2.2. Membranas de barrera

La utilización de membranas dentro del protocolo de preservación alveolar se basa en los principios de regeneración tisular guiada, dado que su utilización después de haber realizado una exodoncia e injertado el material seleccionado, permitirá que el tejido epitelial no migre hacia el interior del alveolo conformando la invaginación central típica del alveolo no injertado^{10, 20, 74, 97,102}. La velocidad de rotación del tejido blando es más rápida que la formación de tejido óseo, con el uso de membranas de barrera permite mantener el espacio de defectos para regenerar tejidos que de otro modo estarían infiltrados y ocupados por las células epiteliales. Si se utilizan en combinación con injertos óseos, las membranas también sirven para estabilizar, contener y preservar los materiales del injerto facilitando la retención del material en el interior del alveolo y el aislamiento del sitio injertado para que se produzca una correcta osteogénesis, al tiempo que ha sido comprobado por varios autores que su utilización permite una menor reabsorción del material de injerto utilizado^{34, 36}.

6.2.2.1. Criterios para la elección de una membrana de barrera

Los materiales utilizados en procedimientos de regeneración tisular o regeneración ósea deben ser obviamente biocompatibles y no deben generar infecciones o enfermedades

en el individuo receptor. Los materiales de membrana deben además cumplir con características como son la oclusión para evitar la migración celular, la integración con los tejidos del hospedero, la manejabilidad clínica y el mantenimiento del espacio que se pretenda regenerar ¹⁰² Adicionalmente, las membranas biodegradables deben cumplir con el proceso de degradación causando mínima reacción tisular, reacción que debe ser reversible y que no debe afectar la cicatrización de la zona regenerada

Bio-compatibilidad- Con los tejidos duros y blandos, el material no debe provocar una respuesta inmune, sensibilización o inflamación crónica que pueda interferir con la cicatrización y presentar un peligro para el paciente ^{15,101}

Oclusión de células - Habilidad para excluir a las células no deseadas o para evitar la infiltración tisular^{15, 101}

Integración de tejidos - El objetivo de la integración de tejidos es prevenir un crecimiento epitelial rápido en la superficie exterior del material o encapsulación del material¹⁰¹

Fabricación de espacio - El material de barrera debe ser capaz de crear y mantener un espacio para el aumento óseo ^{15,101}

Manejo clínico - Se debe proporcionar en configuraciones que son fáciles de recortar y colocar¹⁰¹

Buena relación costo - beneficio

Además, la membrana ideal debería ser reabsorbible pero durar lo suficiente como para predecir la formación ósea. Disminuir el movimiento tisular y, en caso de ser necesario, aumentar el grosor tisular sobre el injerto óseo.

6.2.2.2. Tipos de membranas de barrera

La reabsorción de un material hace referencia a la degradación de los tejidos nativos (p. ej., hueso).

Absorción es la habilidad fisiológica de los tejidos para degradar o reducir una sustancia exógena del cuerpo. La absorción de la membrana se lleva a cabo a partir de una actividad sistemática denominada biodegradación o bioabsorción por hidroxilación de los tejidos blandos adyacentes¹⁵

Membrana de barrera no degradable

La primera generación de membranas de barrera desarrolladas en los años 60 y 70 pretendían lograr una combinación adecuada de propiedades físicas para igualar las del tejido reemplazado con una respuesta tóxica mínima en el huésped. Nyman et al utilizó como membrana oclusiva, un filtro bacteriano producido a partir de acetato de celulosa (Millipore) ¹⁰⁴ aunque este tipo de membrana cumplía su propósito, no era ideal para la aplicación clínica. Estudios posteriores han utilizado membranas de politetrafluoroetileno expandido (e-PTFE) especialmente diseñado para la regeneración periodontal (Gore Tex Periodontal Material). Otras membranas no reabsorbibles son ePTFE reforzado con

titanio, PTFE de alta densidad o malla de titanio. Los estudios han revelado que el refuerzo de titanio de las membranas de PTFE de alta densidad conduce a la capacidad de regeneración superior en comparación con membranas de PTFE expandido tradicionales debido principalmente al soporte mecánico adicional proporcionada por el marco de titanio contra las fuerzas de compresión ejercidas por el tejido blando que recubre, presentan micro poros de diámetro menor a 0.2 μm , característica que impide la colonización bacteriana y el paso de productos de degradación bacteriana, reduciendo la posibilidad de infecciones y la pérdida de material particulado. El principal inconveniente es la necesidad de una segunda cirugía para la remoción de la membrana.¹⁰¹

Aunque estos materiales demostraron algún potencial terapéutico, se observaron limitaciones como la incapacidad de integrarse con el tejido circundante, la fragilidad y la necesidad de eliminarlos después de un cierto período de tiempo, la función de las membranas no degradables es temporal, ya que mantienen su integridad estructural tras la colocación y se recuperan posteriormente mediante cirugía; la exposición de la membrana debido a la dehiscencia de las aletas durante la cicatrización es también una complicación posquirúrgica frecuente¹⁰³

Membranas de barrera biodegradables.

Se fabrican principalmente usando colágeno de tejidos de origen humano o animal.(Anexo 2)

Existen tres tipos de membranas biodegradables⁹¹:

- 1) Copolímeros sintéticos poliglicósidos: ácido poliláctico – poliglactídica - poliglactina - Vicryl
- 2) Colágeno
- 3) Sulfato de calcio

Las membranas biodegradables podemos encontrarlas como natural y la sintética, como ventaja los andamios derivados de las matrices naturales incluyen una presentación de señales fisiológicas para la inducción y el mantenimiento de los componentes celulares y una capacidad de degradación enzimática de forma natural, además están hechas de colágeno o quitosano¹⁰¹, el colágeno tiene numerosas propiedades biológicas que son deseables, tales como tener baja inmunogenicidad ; atraer y activar las células fibroblásticas gingivales y ser hemostático, además se ha demostrado que las membranas de colágeno estimulan la síntesis de ADN de los fibroblastos y los osteoblastos muestran una mejor adherencia a las superficies de la membrana del colágeno en comparación con otras superficies de la membrana de barrera¹⁰³ pero dentro de las complicaciones que podemos encontrar en el uso de esta membrana es la degradación temprana, estas membranas se exponen durante el proceso de cicatrización es posible que no se genere un proceso infeccioso pero generalmente se consigue una menor regeneración ósea, disminución del epitelio a lo largo de la membrana , pérdida prematura del material, aunque sea poco probable o mínima la posibilidad también se habla de que existe un riesgo de los agentes infecciosos de los productos animales se puedan transmitir a los humanos¹⁰¹

Por otro lado tenemos las membranas de barrera biodegradable sintéticas, los biomateriales utilizados más comúnmente para fabricar estas membranas de barrera biodegradables sintéticas son los poli- α -hidroxiácidos, que incluyen el ácido poliglicólico poliláctico y sus copolímeros hechos de poliésteres (por ejemplo, poli (ácido glicólico) (PGA), poli (ácido láctico) (PLA), poli (caprolactona) (PCL)¹⁰³. Estos materiales son biocompatibles, pero por definición no son inertes ya que algunas reacciones tisulares pueden esperarse durante la degradación. Existe mucha variación respecto a la tasa de reabsorción de la membrana, este proceso se ve influenciado por factores como el pH local y la composición del material, la ventaja de usar polihidroxiácidos es que se someten a hidrólisis completa al agua y al dióxido de carbono, lo que permite la remoción completa del sitio de implantación¹⁰³. Sin embargo, la tasa de degradación varía dependiendo de la presencia de glicoles y lactidos en el constituyente Anexo.

6.2.3. Otros biomateriales usados para la preservación alveolar

Esponjas absorbibles

Serino y colaboradores en 2003 reportaron la utilización de esponjas de ácido poliláctico y poliglicólico como material de preservación de alveolos post extracción. Este material corresponde a una esponja sintética reabsorbible de un polímero de ácido poliglicólico y poliláctico en proporción 50:50, con degradación completa en un período aproximado de 50 a 60 días^{91,100}. Los resultados reportados por los autores confirman una adecuada preservación de las dimensiones verticales de los alveolos injertados, incluso reportando una ganancia de 1.3 mm en promedio, comparados con una pérdida de 0.8 mm en alveolos no injertados utilizados como grupo control y completa reabsorción del material al observar muestras histológicas tomadas del sitio injertado durante la cirugía de colocación de implantes después de 6 meses de cicatrización, con formación de tejido óseo mineralizado, maduro y compacto^{91,100}.

Factores de crecimiento

La incorporación de factores de crecimiento durante la terapia regenerativa proporciona la oportunidad de acelerar la formación de hueso nuevo y la preservación de la cresta²⁰. Los factores de crecimiento son las moléculas de señalización que modulan el crecimiento y desarrollo celular. Tienen un papel importante en la proliferación celular, la migración y la formación de matriz extracelular. Algunos de los factores de crecimiento más importantes implicados en la homeostasis ósea incluyen factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), factor de crecimiento transformante β , factor de crecimiento de fibroblastos, factor de crecimiento similar a insulina, factor de crecimiento endotelial vascular, hormona paratiroidea y proteínas morfogenéticas óseas⁷⁴.

Dos de los factores de crecimiento más estudiados son el PDGF y las BMP, que son osteoinductivos. Pueden ser agregados a aloinjertos, xenoinjertos o aloplastos para convertirlos de osteoconductores en materiales osteoinductivos estimulando células mesenquimales indiferenciadas para diferenciarse en osteoblastos que forman hueso nuevo. Esos factores de crecimiento pueden ser materiales naturales semi-purificados,

tales como plasma rico en plaquetas (PRP), fibrina rica en plaquetas (PRF) y proteínas de la matriz del esmalte. También pueden ser proteínas humanas recombinantes, tales como proteínas morfogenéticas óseas (BMPs). La fabricación de factores de crecimiento elimina la cuestión de diferentes concentraciones de factores de crecimiento que se encuentran en los materiales naturales. También permite el uso de una sola proteína en cualquier concentración necesaria. En consecuencia, la BMP-2 se ha desarrollado como un factor de crecimiento recombinante y actualmente se utiliza en periodoncia para la preservación de la cresta después de la extracción y el aumento del seno maxilar ⁷⁴

El factor de crecimiento derivado de las plaquetas estimula la proliferación y el crecimiento de las células del tejido conectivo. El plasma rico en plaquetas es una fuente potencial de plaquetas concentradas que pueden ser utilizadas en regeneración ósea. Para obtener el plasma rico en plaquetas, una unidad de sangre fresca del paciente es centrifugada a 5.600 revoluciones por minuto para separar a las plaquetas del plasma. El espécimen obtenido es nuevamente centrifugado a 2.400 revoluciones por minuto para obtener un “glue” de plaquetas, que puede contener entre 500.000 y 1.000.000 de plaquetas, mezclado con trombina y cloruro de calcio y que utilizado junto con un material de injerto puede actuar como fuente de factores de crecimiento promoviendo la neoformación ósea dentro del alveolo ^{26, 72,97} Las BMP más comúnmente utilizados e investigados para aplicaciones de regeneración ósea son BMP-2 y 7. Se ha investigado la eficacia de la BMP-2, la osteogénina, la osteoproteína-1 para la regeneración en defectos de furcación grandes quirúrgicamente creados en el primer y segundo molares inferiores. Además, la regeneración periodontal significativa de los tejidos periodontales se observó en los defectos periodontales tratados con rhBMP-2 en perros beagle¹⁰³. Vale la pena mencionar que hasta hace poco la BMP-2 no ha sido aprobada por la FDA para aplicaciones intraorales humanas ya que los portadores y la dosificación de BMP-2 y -7 aún estaban bajo revisión e investigación regulatoria. Sin embargo, rhBMP-2 es ahora el único injerto óseo osteoinductivo que ha sido probado y aprobado por la FDA como una alternativa al autoinjerto para elevación de seno y aumento de cresta alveolar. Además, rhBMP-2 tiene más pruebas clínicas de nivel 1 que cualquier otro material de injerto ósea . La BMP-2 puede ser más potente que la BMP-7 como un agente formador de hueso debido a su capacidad para inducir tanto la actividad osteogénica temprana como tardía y la mineralización de la matriz. BMP-7 ayuda principalmente en etapas posteriores de la formación ósea. RhBMP-7 no ha demostrado eficacia y por lo tanto sólo ha recibido la aprobación de la FDA ¹⁰⁵. También se encontró que la adición de rhBMP-2 para aumentar los defectos óseos bucales humanos después de la extracción dio como resultado ganancia de hueso estáticamente significativa en comparación con un control. El hueso disponible para la colocación de un implante dental era aproximadamente dos veces mayor en la rhBMP-2, con una esponja a celular de colágeno como portador, grupo en comparación con ningún tratamiento o placebo; Con un creciente gradiente basado en la dosis creciente de rhBMP-2 ¹⁰⁵.

En general, a pesar de los resultados prometedores, muchos clínicos todavía están reportando beneficios mínimos si alguno de usar BMPs y todavía hay cierta controversia que existe sobre la eficacia clínica y la seguridad de BMPs ¹⁰³ Esto también podría estar relacionado con el uso inadecuado de la rhBMP que necesita permanecer en la región

de reparación para influir en la formación del esqueleto. Para que esto suceda, los rhBMPs deben ser utilizados con un vehículo adecuado, como una esponja de colágeno. Se requieren estudios más profundos para el desarrollo de sistemas de administración que permitan la liberación controlada y precisa de BMPs¹⁰³

Derivados de Matriz de esmalte (EMD)

Las matrices derivadas están compuestas principalmente de amelogenina y proteínas relacionadas derivadas de los gérmenes dentarios porcino.

Un estudio histológico humano informó que EMD puede resultar en la regeneración periodontal en la superficie de la raíz previamente perjudicada periodontalmente. Sin embargo, este hallazgo fue incoherente.¹⁰³

Otros estudios informaron que EMD con / sin la adición de un injerto óseo sintético conducir a la mejora clínica en avanzada defectos intraóseos. Una revisión reciente de la Academia Estadounidense de Periodoncia concluyó que EMD es generalmente comparable con el Aloinjerto liofilizado desmineralizado y GTR en la mejora de los parámetros clínicos en el tratamiento de los defectos intraóseos^{85,103}

6.3. Procedimientos utilizados para preservación alveolar

Vargas⁶⁸ indica en su revisión sistemática que fue posible identificar varias técnicas para la preservación alveolar, de las cuales la más común es la implantación de un material de injerto en un alvéolo fresco, cubierto por una membrana y posteriormente por tejido blando desplazado para lograr el cierre por primera intención de la zona quirúrgica. La segunda técnica más descrita corresponde al cubrimiento del material de injerto con tejido desplazado, ya sea mediante un colgajo desplazado coronal o con un colgajo rotacional, pero sin la utilización de una membrana, ya sea reabsorbible o no. La tercera técnica corresponde a regeneración tisular guiada (regeneración ósea guiada) sin utilización de materiales de injerto: posicionamiento de una membrana sobre el alvéolo, con cubrimiento completo de tejido blando. La cuarta corresponde a la colocación del material de injerto sin ningún tipo de cubrimiento. La quinta posibilidad de tratamiento planteada describe el cubrimiento del alvéolo solamente con una membrana. Otras técnicas presentadas por la literatura científica internacional son la colocación de un material de injerto cubierto por un apósito de colágeno, la puesta de esponjas de colágeno sin ningún tipo de cubrimiento o con cubrimiento de tejido blando⁶⁸

Antes de hacer una clara descripción de las técnicas disponibles para la preservación de alveolo cabe recalcar las indicaciones que nos el Consenso de Osteología¹⁰ para la preservación alveolar.

La técnica para preservación alveolar que utilizemos tiene que cumplir con lo siguiente:

- Mantenimiento del tejido blando y duro existente.
- Mantenimiento de un volumen de cresta estable para optimizar los resultados funcionales y estéticos.

- Simplificación de los procedimientos de tratamiento posteriores a la preservación alveolar

Además, los autores sugieren las siguientes recomendaciones clínicas:

- Elevación de un colgajo y colocación de biomateriales (biomaterial para el contorno de crestas y/o membrana de barrera).
- Cierre primario de la herida.
- Materiales con baja tasa de reabsorción y tasa de reemplazo

Sabemos que existe un proceso biológico inevitable que produce alteraciones dimensionales de los bordes después de la extracción, estudios han demostrado que el injerto con biomateriales en el alveolo y el uso de membrana de barrera reduce significativamente el grado de alteraciones dimensionales de la cresta^{1, 11, 68,107}.

Acerca del diferente procedimiento reportado para la preservación alveolar podemos concluir lo siguiente:

6.3.1. Mantenimiento de la raíz

Con el objetivo de prevenir la reabsorción del reborde alveolar, inicialmente se utilizó como técnica la retención de las raíces por decoronación de la corona, estudios clínicos demuestran la efectividad de esta técnica para reducir los cambios dimensionales y estructurales de la cresta, manteniendo el volumen óseo existente. Otros autores proponen la recién popular técnica de “socket- shield ” o técnica escudo implica la retención intencional de una sección de la raíz remanente en el momento de la colocación inmediata del implante para preservar la relación bucal / proximal^{50,107}

Hurzeler et al. Fueron los primeros investigadores, que describieron esta técnica, que ayudaba al mantenimiento de la tabla vestibular después de la extracción.

Un fragmento de la raíz del diente a extraer es intencionalmente dejado en el sitio y a partir de esto se coloca un implante dental.

Su estudio histológico realizado en un modelo animal demostró la formación de cemento en las superficies del implante colocadas en las raíces intencionalmente retenidas. Usando el mismo principio, otros investigadores modificaron aún más la técnica original con el fin de preservar el hueso proximal, y el hueso crestal.

Otro estudio histológico animal, con un diseño de fragmento de raíz circunferencial, demostró la formación de una cápsula fibrosa alrededor de los implantes^{50, 107}.

Sin embargo, la retención de la raíz con la colocación simultánea del implante es raramente factible debido a la infección, fractura, o decadencia del diente afectado o por razones estratégicas. Si las raíces comprometidas se mantienen en estrecho contacto con un implante, pueden causar daños graves a los implantes vecinos

En la revisión sistemática Gharpure et al. ¹⁰⁷ después de examinar la literatura disponible, la evidencia general en apoyo de la evidencia de efectividad de esta técnica es limitada. La evidencia histológica actual indica pérdida rápida de hueso, fallo de la osteointegración, formación de cemento, formación de ligamento periodontal y tejido fibroso sobre las superficies del implante en la proximidad del “escudo”.

Los informes de casos sobre esta técnica son realizados con un seguimiento corto siendo insuficientes para determinar el pronóstico clínico a largo plazo de esta técnica, se necesitan estudios para determinar su plausibilidad biológica y el éxito clínico de esta técnica.

6.3.2. Colocación inmediata del implante

La inserción inmediata del implante en un alveolo post extracción no pudo impedir la remodelación que ocurrió en las paredes del alveolo. La altura resultante de las paredes vestibular y lingual a los 3 meses fue similar en el implante y en los sitios edéntulos. La pérdida ósea vertical fue más pronunciada en el aspecto bucal que en el aspecto lingual de la cresta y ascendió a 2,6 mm apical del nivel arenado y ácido-grabado. (Figura 7) Se ha observado un mantenimiento completo de la dimensión de la pared ósea facial para un grosor de la pared ósea de 2 mm tras la colocación inmediata del implante en un estudio experimental con perros⁵⁰

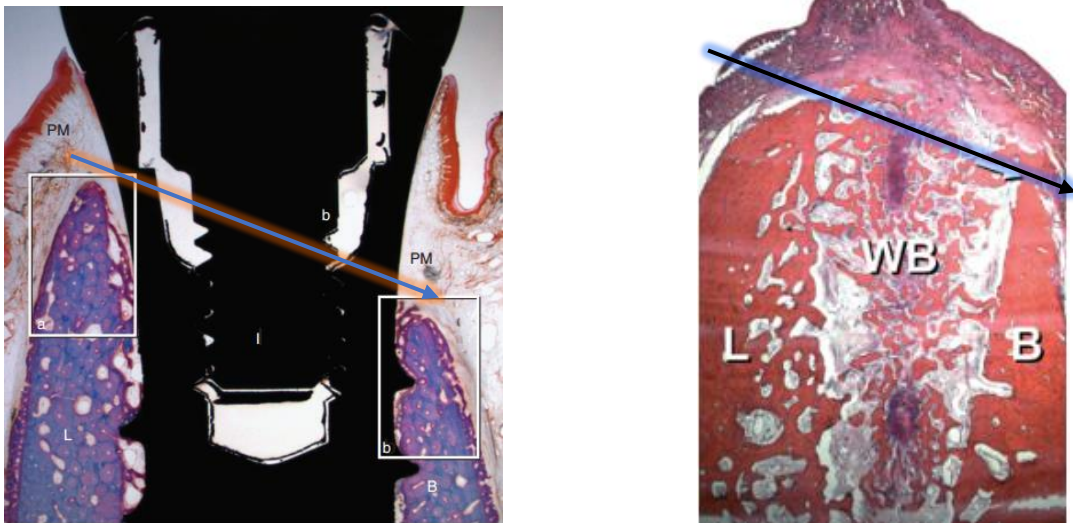


Figura 7. Reabsorción de las tablas óseas a las 4 semanas post extracción, con implante y sin implante.

Existen 4 tiempos para la colocación de implantes¹³:

1. Tipo 1: Implantes colocados inmediatamente en alveolos frescos
2. Tipo2: Implantes de colocación temprana (4-8 semanas) después de la extracción dental.
3. Tipo 3 representan implantes colocados tempranamente (12-16 semanas)
4. Tipo 4 son implantes retardados colocados en un sitio edéntulo completamente curado (> 6 meses).

Se ha sugerido que la colocación de implantes en alveolos frescos con una separación del hueso a implante de 2 mm o menos evitaría la remodelación y, por lo tanto, mantendría la forma original de la cresta ^{13, 108,110}.

El primer reporte de colocación del implante inmediatamente después de la extracción dental data de 1978, cuando se describió el implante inmediato de Tübingen¹³
En 1991, Barzilay et al. Sugirió que la colocación inmediata del implante podría reducir o eliminar la reabsorción del cresta alveolar durante la cicatrización inicial del alveolo¹⁰⁸.

Sin embargo, los hallazgos de un estudio clínico de Botticelli et al. ¹¹⁰ no apoyaron esta hipótesis. Después de 4 meses de cicatrización, la superficie externa de las paredes óseas vestibulares y linguales disminuyó notablemente, con una reducción media del aspecto bucal de un 56% y un aspecto lingual del 30%. Estos resultados fueron apoyados por un estudio experimental que revela una pérdida ósea vertical de la pared ósea vestibular de, en promedio, 2,6 mm después de un período de cicatrización de 12 semanas ²⁸ Histológicamente, el espacio entre el implante y las paredes del alveolo se llenó a las 4 semanas con “woven bone”, mientras que las paredes bucal y lingual sufrieron una marcada reabsorción superficial. Botticelli et al. encontró que defectos de hasta 2,25 mm de ancho sanaban usando membranas de barrera, aunque cuando el hueso vestibular fue removido intencionalmente, se observó menos regeneración en los aspectos bucales⁶³

Estudios recientes en animales evaluaron el efecto sobre la reabsorción de la pared del hueso vestibular de una nueva nano-topografía en la superficie del implante o “microsurcos” en el cuello del implante. Ambos estudios revelaron que ni la topografía superficial modificada ni el diseño del implante tuvieron un efecto significativo en la limitación de la reabsorción de la pared ósea facial en protocolos inmediatos de colocación de implantes^{110, 111}.

Los diseños en forma de raíz para reducir el espacio creado entre el implante y la pared ósea vestibular fueron diseñados para prevenir la pérdida ósea, pero se observó en aquellos implantes en forma de raíz anchos que ocupaban la mayor parte del alveolo causaron una reabsorción ósea más profunda.^{13, 108}.

Dos estudios clínicos recientes que incluyeron tomografía computarizada cone beam consecutivo en la colocación del implante y después de 1 año confirmaron que la

reabsorción ósea vertical media vestibular significativa ocurrió en casos de implante inmediato ¹¹².

Revisiones sistemáticas recientes demostraron que los resultados predecibles son difíciles de obtener y que estas técnicas muestran un mayor riesgo de recesión significativa de la mucosa si este enfoque no se aplica con estrictos criterios de inclusión.

Es por eso que al momento de utilizar esta técnica debemos tener las siguientes consideraciones:

1. Instalar el implante en una posición más palatina ya que tanto la reabsorción ósea crestal y la recesión del tejido se correlaciona con un implante colocado demasiado cerca de la tabla ósea vestibular⁶²
2. Creación de un espacio vestibular de al menos 2 mm da lugar a una nueva formación ósea.
3. Además, el grosor de la cresta vestibular (>2 mm) desempeña un papel importante: cuanto más delgada es, más reabsorción.
4. Para crear una separación de al menos 2 mm, se recomienda el uso de implantes con un diámetro menor^{13, 108}.

Para lograr óptimos resultados funcionales y estéticos tras la instalación del implante en el maxilar anterior, el posicionamiento correcto del implante y el establecimiento de un volumen óptimo de tejidos duros y blandos son cruciales ¹⁰⁸ el consenso actual dicta que la colocación inmediata de implante (IIP) no impide la reabsorción horizontal ni vertical de la cresta ósea vestibular y todos los cambios que con lleva dicho proceso biológico.

Al saber que el uso de sustitos óseos así como el uso de membrana de barrera preservan el volumen de la cresta en un máximo posible.

Obviamente, estas medidas también deben realizarse durante la colocación inmediata de implante incluso durante los procedimientos de aumento óseo, el papel de los sustitutos del hueso como barreras y los estabilizadores es indiscutible⁶².

Cuando se adopta la colocación inmediata del implante, los clínicos sienten la necesidad de "llenar" el espacio bucal

- (i) Colocando un implante de mayor diámetro,
- (ii) Colocando el implante en una posición más bucal
- (iii) Injertando el defecto bucal con algún tipo de sustitutos óseos¹³

La literatura disponible indica que las dos primeras estrategias no parecen recomendables. En cambio, parece que la presencia de un espacio entre la pared vestibular y el implante al parecer promueve la formación de hueso nuevo y aumenta el nivel de contacto hueso-implante ^{13,108}

Una posición de implante de 0,8 mm más profunda y lingual en relación con el centro del alveolo resulta en un menor grado de dehiscencia ósea bucal ¹³

Araujo et al.¹⁰⁸ evaluaron el uso de Bio-Oss Colágeno en el volumen entre la pared vestibular y el implante en casos tratados con colocación inmediata de implantes en un modelo animal experimental. Los autores encontraron que este tratamiento modificaba el proceso de cicatrización de los tejidos duros, proporcionaba cantidades adicionales de tejido duro a la entrada del alveolo, mejoraba el nivel del hueso marginal al contacto del implante y evitaba la recesión de los tejidos blandos.

6.3.3 Preservación de alveolo con membranas.

La regeneración ósea guiada (GBR) utiliza membranas de barrera para evitar que las células gingivales penetren en el defecto a regenerar.

El concepto de compartimentación fue introducido por Melchar para explicar la cicatrización de la herida periodontal, Pagni¹³ indica que no sería tan aplicable para la preservación alveolar, ya que si así fuese uno esperaría que el alveolo se llene por completo de tejido blando y esto sucedería en todos los casos. Por otro lado, incluso las primeras observaciones en seres humanos y animales demostraron que la cavidad alveolar tiende a sanar mediante la regeneración del hueso hasta la cresta alveolar, la estabilidad del coágulo de sangre descrito previamente explica porque el concepto de compartimentación no da lugar a alveolo lleno de epitelio y cómo las células epiteliales migran sobre el tejido de granulación para cerrar el alveolo durante la cicatrización

Lekovic et al.⁵ adaptaron membranas ePTFE para la preservación de la cresta alveolar después de la extracción dental. No se observaron cambios en las medidas clínicas en los sitios de prueba que permanecieron protegidos durante 6 meses, mientras que se observaron cambios volumétricos significativos en los sitios de control y en sitios de prueba que experimentaron exposición a la membrana.

Pinho et al.⁵⁴ evaluaron el uso de una membrana de titanio con o sin injerto óseo autólogo. No encontraron diferencias significativas entre los grupos y, por lo tanto, concluyeron que el mantenimiento del espacio es más importante que el uso de materiales de injerto para la preservación alveolar.

Las membranas de barrera parecen minimizar la reabsorción ósea alveolar cuando se compara con el periostio no liberado, independientemente del uso de material de injerto adicional. Las membranas de titanio sin duda tendrían un mecanismo distintamente diferente de acción en comparación con las membranas reabsorbibles que en el otro lado reducen el potencial de exposición y no requieren una segunda intervención quirúrgica para su eliminación⁵⁴

Lekovic et al.⁴ Examinaron el efecto de las membranas de polímero de glicólido y lactida que demostraban pérdida reducida de la altura alveolar, más relleno óseo interno y menor reabsorción horizontal que los controles. Luczyszyn et al. Evaluaron el efecto de la matriz dérmica acelular con o sin un injerto de hidroxilapatita reabsorbible. Ambos grupos conservaron el espesor de la cresta, aunque se lograron mejores resultados en el grupo de tratamiento combinado, lo que sugiere que los injertos óseos podrían beneficiar la regeneración ósea al usar membranas reabsorbibles¹³

Un estudio reciente realizó una evaluación detallada de la preservación alveolar usando una membrana de colágeno reabsorbible. Mediante el uso de la evaluación histológica, la radiografía de sustracción y el análisis de TC, este estudio demostró que la formación ósea adecuada para la colocación del implante ocurre tan temprano como 12 semanas después de la extracción dental, con cambios insignificantes en las dimensiones de la cresta alveolar¹³

El principal problema encontrado por Lekovic et al ⁵ al utilizar membranas ePTFE para la preservación de las crestas alveolares fue la exposición del material en el curso de la cicatrización que ocurrió en el 30% de los casos tratados, una vez que las membranas de ePTFE quedan expuestas a la cavidad oral y son consecuentemente colonizadas por bacterias, los resultados en la conservación de la cresta alveolar son menos que ideales¹³ Esto está de acuerdo con estudios previos, las membranas bioabsorbibles son una alternativa atractiva para superar el problema mencionado anteriormente. Los hallazgos de este estudio mostraron que ninguna de las 16 membranas quedó expuesta en el curso de la cicatrización, lo que sugiere que los polímeros de glicólido y lactida son bien tolerados por los tejidos gingivales.

Una preocupación importante cuando se utilizan membranas bioabsorbibles es la velocidad con la que tiene lugar la reabsorción. Se cree que las membranas tienen que permanecer en el lugar durante 4 a 6 semanas con el fin de lograr los máximos resultados regenerativos. Los cambios en la dimensión de la cresta alveolar observados en este estudio son muy similares a los reportados por Lekovic et al⁵ en los casos en que las membranas de ePTFE no se expusieron. Esto sugiere que la velocidad de reabsorción de las membranas hechas de polímeros de glicólido y lactida es adecuada bajo estas condiciones para que se produzca GBR. La ventaja de emplear materiales bioabsorbibles en comparación con las membranas de ePTFE es la eliminación de un segundo procedimiento quirúrgico para la eliminación de la membrana.

El mecanismo exacto por el cual las membranas biodegradables mejoran el relleno óseo del alveolo sigue siendo especulativo. Alrededor de los dientes naturales, como lo he mencionado el efecto de la membrana es la prevención de la migración de células epiteliales y del tejido conectivo hacia el defecto, mientras que otros creen que las membranas ayudan en la estabilización del coágulo⁵ los mismos pensamientos podrían aplicarse a la preservación de alveolos mediante técnicas de regeneración ósea guiada. En este estudio, el tejido que cubrió los alveolos a los 6 meses fue resistente a la penetración de la sonda y parecía estar bien unido a las paredes de la cavidad anterior. En la mayoría de los casos no fue posible identificar las paredes los alveolos y el nuevo tejido. Para el análisis de los datos, este nuevo tejido se consideró como hueso, pero el análisis histológico debe realizarse para confirmar los hallazgos clínicos⁵.

En resumen, se pueden conseguir cambios más pequeños en las dimensiones de la cresta alveolar mediante tratamiento con membranas hechas de polímeros de glicólido y lactida en comparación con los controles los resultados son comparables a los alcanzados por membranas de ePTFE usando una técnica similar, y tanto un segundo procedimiento quirúrgico como una mayor tasa de infección pueden ser evitados⁵

Al analizar el uso de membranas, solas o en combinación con injertos óseos, en las técnicas de regeneración tisular guiada, parece existir una homologación de uso; por eso aparecen trabajos en la preservación de la cresta alveolar con resultados positivos ⁶⁶

Nueve artículos en la revisión de literatura de Willinbacher et al. Aportaron evidencia de que la pérdida ósea dimensional fue menor en los grupos de prueba en comparación con la cicatrización sin preservación de alveolo y la formación ósea nueva fue mayor, solo un estudio⁵⁴ no mostró diferencias intergrupales en los cambios horizontales. Dado que la mayoría de los artículos sobre GBR también utilizaron biomateriales, es interesante echar un vistazo a los ensayos que evaluaron solo GBR ^{4,5} Ambos ensayos midieron la media horizontal de la cresta alveolar ($1,71 \pm 0,75$ y $1,31 \pm 0,24$ mm de ancho) y la media vertical de la cresta alveolar ($0,38 \pm 0,22$ y $0,28 \pm 0,18$ mm de altura) en los sitios experimentales, lo que demuestra que el GBR puede considerarse como una técnica fiable, adicional al injerto óseo, o para preservar las crestas alveolares. Este hallazgo concluye con ensayos clínicos previos GBR¹¹³

6.3.4 Injerto óseo alveolar

Es importante saber cuál es el material de injerto ideal para realizar la preservación alveolar, debemos saber que nuestra elección debería ser en base al potencial de regeneración; debe evaluarse para cada sitio quirúrgico y para el material de injerto que se va a utilizar. Por ejemplo, un sitio con un alto potencial regenerativo (es decir, el crecimiento o reparación ósea se produce fácilmente) requiere un material de injerto con sólo un potencial regenerativo bajo o modesto. Un sitio con bajo potencial regenerativo (crecimiento o reparación de hueso es difícil) exige un material de injerto con un alto potencial regenerativo. En general, se considera que los materiales osteogénicos (es decir, hueso autógeno) tienen el mayor potencial regenerativo, seguidos por materiales osteoinductivos (aloinjertos y BMP) y luego materiales osteoconductivos (es decir, aloplastos y xenoinjertos) ⁵³

Con respecto a la preservación alveolar, un defecto pequeño con tablas alveolares intactas y cuatro paredes óseas tiene un alto potencial regenerativo. Un alveolo más grande o un alveolo que le falta paredes óseas tiene un potencial regenerativo disminuido. La mayoría de los defectos de extracción tienen un potencial regenerativo relativamente alto, especialmente cuando se utilizan técnicas de extracción mínimamente traumáticas, porque ayudan a preservar las paredes alveolares e interproximales del hueso. Los aloinjertos y aloplastos, por lo tanto, son los materiales de injerto más comúnmente utilizados para la preservación del sitio⁴².

El injerto de alveolo ha ganado popularidad en los últimos años debido a su atractivo conceptual y su simplicidad técnica, se han utilizado y ensayado una gran variedad de biomateriales en varios estudios, entre ellos huesos autólogos, sustitutos óseos (aloinjertos, xenoinjertos y aloplastos), productos autólogos derivados de la sangre y agentes bioactivos¹⁶.

Está comprobado que el uso de injerto y/o el uso de barreras mecánicas disminuyen la reducción de la cresta después de la extracción dental, no inhiben los procesos de modelado y remodelado óseo²⁰ promueve la formación de nuevo tejido duro particularmente en las porciones marginales de los sitios de extracción, y por lo tanto, se mantiene las dimensiones de las paredes de tejido duro.¹⁰⁹ (Figura 8)

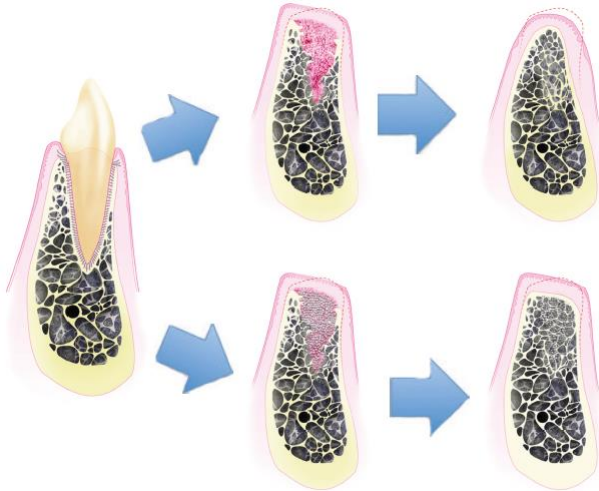


Figura 8. ⁵²Curación de alveolo con y sin injerto. Cuando no se usa el injerto óseo se produce una mayor reabsorción del reborde alveolar. En una primera fase, inicialmente el coágulo de sangre, posteriormente el tejido de granulación y más tarde la matriz provisional y el “woven bone” llenan el alvéolo. El “bundle bone” es completamente reabsorbido, causando una reducción vertical de la cresta. En una segunda fase, la pared bucal y el “woven bone” se remodelan causando la reducción horizontal de la cresta. Cuando se usa materiales de injerto, la primera fase y la reducción vertical del hueso todavía se producen, sin embargo, la segunda fase que corresponde a la contracción horizontal se reducen¹³

Radiográficamente las alteraciones dimensionales de la cresta alveolar en sitios injertados con hueso bovino desproteínizado se observó que después de 4 meses de cicatrización, la pared ósea vestibular en los sitios injertados se redujo notablemente en altura. Por otro lado, el área de la sección transversal de los sitios injertados mostraron una reducción de sólo el 3% de sus dimensiones iniciales, mientras que en los sitios no injertados la reducción correspondiente fue del 25%²⁰ un estudio experimental demostró que en los alveolos no tratados, aproximadamente el 50-60% del tejido era hueso recién mineralizado después de 3 meses de cicatrización, mientras que en sitios injertados usando hueso bovino mineral desproteínizado sólo el 12% del hueso estaba mineralizado¹⁰⁸

Esto implica que la nueva formación de hueso se retrasa en la fase de cicatrización en sitios injertados. Un ensayo clínico aleatorizado reciente en 14 pacientes reveló que el injerto del alveolo no pudo evitar la reabsorción de las paredes óseas vestibulares y palatinas después de 4 meses de cicatrización. Sin embargo, se integraron las partículas minerales óseas bovinas desproteínizadas con el hueso huésped recién formado y

retenido el volumen del defecto de tejido duro, aunque las placas óseas bucales y en parte también palatinas estaban marcadamente disminuidas ^{50,108}.

Se ha observado un remodelado mínimo de la cresta cuando se usan cristales de hidroxiapatita no reabsorbibles cubiertos por un colgajo palatino pediculado rotado, DFDBA cubierta con una membrana ePTFE, o incluso injertos óseos alogénicos o xenogénicos cubiertos con nada más que un tapón de colágeno¹³.

La evidencia histológica demuestra que la formación del hueso ocurre sobre la superficie de las partículas implantadas del injerto, a los 3 meses o más tarde, los alveolos injertados generalmente muestran cifras de tejido mineralizado más altas, al considerar tanto el nuevo hueso vital como las restantes partículas de injerto, pero la formación de hueso nuevo parece ser similar en sitios injertados y no injertados.

Se puede extrapolar que las partículas residuales ocupan parte del volumen que habría sido ocupado por la médula ósea si el injerto óseo no fue reabsorbido. En las etapas de cicatrización anteriores (2 semanas), las tomas injertadas demuestran las partículas de xenoinjerto encerradas en tejido conectivo y recubiertas por células multinucleadas cuando los sitios no injertados muestran ya un "woven bone" recién formado que ocupa la mayor parte del receptáculo. Esta respuesta es típica de una reacción de cuerpo extraño que puede ser provocada por el xenoinjerto y aunque es clínicamente no inmunogénico, no tóxico y químicamente inerte, resulta en una respuesta de curación retardada¹³

Los materiales de injerto mineralizados pueden interferir con las etapas más tempranas de la cicatrización del alveolo y su eliminación puede requerir varios años o pueden ser de hecho no se reabsorban por completo. Por otro lado, su capacidad para disminuir la reabsorción de la cresta y sostener el éxito a largo plazo ha sido claramente demostrado. Otras ventajas en el uso de material de injerto osteoconductor fueron reportadas por un estudio clínico e histológico humano de defectos post extracción en área maxilar posterior tratados con un injerto xenogénico. En este estudio, Rasperini et al. Confirmó la actividad de mantenimiento del espacio del material implantado y se informó de una disminución de la demanda de aumento de seno procedimiento de aumento cuando se realizó el procedimiento de preservación de alveolo. A través de una tomografía computarizada se realizó el análisis de los defectos post extracción en maxilar anterior, Nevins et al. Informó que el 79% de los sitios injertados sufrieron menos de 20% de pérdida de placas bucales, mientras que el 71% de los sitios no injertados demostraron más de 20% de pérdida de tabla vestibular. Un hallazgo interesante de esta investigación fue que incluso los cirujanos experimentados que participaron en este estudio no fueron capaces de predecir el destino de la tabla vestibular, por lo tanto, los autores sugirieron que el injerto óseo de debe realizar.

En resumen, existe una fuerte evidencia de que la preservación de la cresta mantiene significativamente más anchura y altura de cresta, siendo la mayoría de los materiales de injerto eficaces y existen sólo pequeñas diferencias entre ellos.^{114, 115}.

Un injerto óseo actúa como un dispositivo de mantenimiento del espacio que estabiliza el coágulo sanguíneo y evita la reducción del volumen y el colapso del tejido blando que lo recubre

Aunque se han introducido varias técnicas y materiales para preservar la cresta alveolar, existe una falta de evidencia con respecto a la eficacia de estas técnicas y la superioridad

de una técnica sobre la otra. Existen actualmente puntos de vista contradictorios con algunos autores que consideran que el uso de material de injerto para la ARP es una técnica eficaz para limitar la reabsorción de la cresta alveolar ⁴⁶, mientras que otros sostienen que los injertos óseos pueden comprometer el proceso de cicatrización normal de la cavidad de extracción ^{116,118}.

Se encuentra una mayor controversia determinando la velocidad a la cual el material de injerto puede reabsorberse, con evidencia de que las partículas de diferentes materiales de injerto pueden permanecer dentro de la cavidad de extracción más de seis meses después de la colocación ^{118,119,120},

Horvate et al ⁷⁰ y Vignoletti et al ¹⁹. Indican en sus revisiones sistemáticas que los pacientes tratados con ARP y que todos los implantes sobrevivían y presentaban altas tasas de éxito sin pérdida significativa de hueso proximal independientemente de la intervención para preservación alveolar utilizada.

El uso de diferentes biomateriales se ha propuesto para prevenir los cambios dimensionales que experimenta la cresta después de la extracción dental, las ventajas clínicas de los rellenos óseos en la preservación del volumen de la cresta alveolar y la prevención del procedimiento de injerto óseo adicional se apoyan en gran medida en la literatura disponible ²⁰. (Anexo 3)

6.4. Protocolos para la preservación alveolar.

Después de la extracción dental nos enfrentamos a un desafío en la toma de decisión con la finalidad de proporcionar condiciones adecuadas del terreno biológico para una posterior colocación del implante dental, ya que está bien documentado la pérdida de hueso alveolar y los cambios estructurales tanto de tejidos blandos y duros.

Antes de la extracción tenemos tres opciones para el manejo del alveolo: curación espontánea del alveolo; colocación inmediata de implante y como tercera opción la utilización de técnicas de preservación alveolar, la toma de decisión dependerá principalmente de : el momento elegido para la colocación del implante y la posibilidad de colocar un implante dental; la calidad y cantidad de tejido blando en la región del alveolo post extracción; la altura restante de la placa ósea bucal; y a tasas esperadas de supervivencia y éxito del implante.

En base a la literatura existen 3 periodos de tiempo para la preservación del reborde alveolar: preservación de tejido blando con 6 – 8 semanas de curación después de la extracción del diente; 4-6 meses de curación después de la extracción dental; preservación de los tejido duros > 6 meses de curación después de la extracción dental.

El objetivo principal de la preservación alveolar, se basa en conseguir la eliminación, o la limitación de las alteraciones del alveolo post extracción, promover la curación de tejido blando y duros dentro del alveolo post extracción y facilitar la colocación del implante dental en una posición protésica ideal sin la necesidad de procedimiento de aumento posteriores.

Existen tres opciones para la preservación alveolar; el uso de injertos de tejido blandos, uso de materiales de injerto óseo el uso de una combinación de tejido blandos con biomateriales para tejido duro.

La preservación del tejido blando tiene como finalidad mejorar la calidad y/ o regenerar la cantidad de tejidos blando que muestran un déficit antes o después de la extracción, esta preservación se puede realizar con elevación de colgajo o un mínimo colgajo de avance coronal con la finalidad de ganar o preservar tejido queratinizado.

Las opciones disponibles de biomateriales es el injerto de tejido conectivo subepitelial, injerto gingival libre o membrana reabsorbible, mejorando el cierre de herida de los tejidos blando.

La preservación del tejido duro y blando se indica para la regeneración tejido duro y blando cuando existen defectos óseos con un daño menor al 50 % de la tabla vestibular con o sin defectos del tejido blando, para ello se combina el uso de biomateriales que se colocan a nivel óseo y el uso de injerto autógeno de tejido blando o sustitutos de tejido blando.

Diferentes estudios respaldan se demostró que después de un periodo de curación de 6 meses a la preservación de alveolo con un xenoinjerto y sellado del alveolo con un injerto de tejido blando autógeno o una matriz de colágeno fueron eficaces e incluso superior a los resultado observados en el grupo control (curación espontanea o el uso de biomaterial sin sellado de alveolo).

Preservación de tejido duro en caso de pérdida severa, >50 % de la tabla vestibular, mediante regeneración ósea guiada, esto implica una cirugía con levantamiento de colgajo, más invasiva en el momento de la extracción y sin la colocación de implante.

Debido a la amplia variedad de estudios sobre biomateriales empleados, técnicas, morfología del defecto, periodos de curación, así como tamaños pequeños de muestra; una evaluación comparativa de la preservación alveolar no se puede realizar por todo lo expuesto anteriormente, en consecuencia no existe material superior a otro, pero sin embargo ROG de muestra ser más eficaz⁷⁰.

Eso en cuanto al manejo del tejido blando a esto sumamos el análisis de Mish y Dietsch para el manejo del sitio dependiendo del número de paredes que presenta el alveolo post extracción.

Defecto de 5 paredes óseas gruesas

Cuando nos encontramos con cinco paredes óseas gruesas (>2 mm) rodeando la zona de extracción.

La mayor parte de los criterios para formación ósea se vuelven predecibles, se forma hueso en el alveolo post extracción, esto sumado con una extracción atraumática del diente sin patología da las características ideales para una regeneración ósea predecible.

Tener 5 paredes nos brinda las siguientes ventajas:

- Estabilidad al injerto (protección)
- Vasos sanguíneos desgarrados del complejo periodontal liberan PDGF Y TGF
- Mantiene el espacio
- Buena irrigación para el injerto

Un criterio a considerar es la ausencia del cierre primario del tejido blando (2 – 3 semana cubriría el lecho) ¹⁵.

Defecto de 4 – 5 paredes óseas

Se denomina defecto de cuatro paredes cuando la pared ósea es menor 1.5 mm o la tabla vestibular está ausente, esta ausencia de la tabla impide el mantenimiento del espacio, disminuye la vascularización ósea del huésped, la cual es sustituida por la vascularización que brinda el tejido blando.

Se puede usar técnicas de aumento óseo para conseguir volúmenes y contornos óseos adecuados e ideales. Cuando el alveolo tiene una ausencia de una pared lateral se ve comprometido y cicatriza por reparación en vez de regeneración. Si se realiza una exodoncia sin usar una técnica de preservación alveolar, dará lugar a una pérdida notable de hueso residual como resultado de reabsorción. En el maxilar superior anterior existe una reducción del 23% durante esos 6 meses post extracción y en otro 11% en los siguientes 5 años. En 2 años la media de reducción de la cresta ósea será de 40 al 60 % en altura y ancho comparado al inicial. Cuando una de las tablas óseas laterales es menor a 1,5 mm o en casos que se necesite altura ósea, estará indicada la utilización de un injerto alveolar incluso en presencia de defecto de 5 paredes y cuando existe ausencia de la tabla vestibular¹⁵.

Misch y Dietsch propone dos técnicas¹⁵:

1. Membrana de barrera con hueso mineralizado congelado liofilizado (FDB)/ aloplastos.
2. Cirugía de relleno de alveolo modificado.

1. Membrana + al injerto/aloplástico

Matriz dérmica celular como membrana de barrera si necesito además aumentar tejido blando.

Membrana colágena cuando no requiero aumento adicional de tejido blando o no está dentro de la planificación.

Cuando tenemos 5 paredes pero la tabla vestibular es delgada (<1,5 mm) el alveolo se debe rellenar con FDB o con hidroxapatita.

Cuando existe ausencia de tabla el FDB se debe colocar a nivel apical y hueso autógeno particulado se debe colocar en la mitad crestal del alveolo.

La nutrición para este injerto lo brindará las paredes del hueso mesial, distal y palatino.

La membrana ya sea de colágeno o Alloderm se coloca sobre la zona del alveolo y se introduce debajo del tejido palatino.

Se sutura por encima de la membrana, una observación a considerar es que no se obtiene cierre primario del tejido, pero cuando utilizamos Alloderm se recomienda no dejarlo expuesto.

2. Cirugía de sellado del alveolo

Cirugía de injerto combinado de sellado del alveolo post extracción consiste en la utilización del tejido conjuntivo, periostio y hueso trabecular.

Se usa una fresa de trefina a baja velocidad y torque alto para la obtención del injerto gingival con hueso subyacente, la zona recomendada para esta obtención es la tuberosidad del maxilar.

Después se elimina la parte epitelial y se coloca el injerto en el alveolo, se usa injerto de hueso mineralizado FDB o bovino en la parte apical del alveolo siempre que la tabla vestibular este intacto caso contrario se coloca hueso autólogo. Finalmente la porción de tejido conjuntivo del injerto se sutura al tejido gingival adyacente con un punto simple¹⁵.

Defectos de dos o tres paredes.

Se trata de forma muy semejante a los defectos de 4 paredes pero como el tamaño del defecto es mayor se necesita mayor injerto autólogo.

Sirve colocar el injerto autólogo en la primera capa de materiales reabsorbibles y luego la colocación de al injerto, tiene mejor predictibilidad ante el defecto de dos o tres paredes, se rellena con injerto autólogo particulado a lo largo de las paredes óseas cuando no hay suficiente cantidad de injerto autólogo particulado como para rellenar el defecto se utiliza un 30% de DFDB y un 70 % de hueso mineralizado (FDB) para rellenar el resto del defecto.

De preferencia mezclado con plasma rico en plaquetas.

Posteriormente colocamos la membrana de barrera¹⁵.

Defecto de una pared

Membrana de barrera

Regeneración ósea guiada

Después de la extracción dental, la secuencia de tratamiento del implante dental está determinada en gran medida por la integridad de los tejidos duros y blandos existentes La evaluación cuidadosa del defecto de extracción es por lo tanto primordial para el éxito de los procedimientos estéticos de implante¹⁵.

Buser describió cuatro opciones terapéuticas para la colocación de implantes post extracción.(Tabla III)

OPCIONES DE TRATAMIENTO				
TIPO I	TIPO II: 4-8 semanas post extracción	TIPO III: 12-16 semanas post extracción	TIPO IV: más de 6 meses post extracción	
Colocación inmediata del Implante	Colocación temprana del Implante después de la cicatrización del tejido blando	Colocación temprana del implante, después de la cicatrización ósea parcial	Colocación del implante después de la cicatrización ósea completa	

Tabla III. Describió cuatro opciones terapéuticas para la colocación de implantes pos extracción enunciados en la siguiente tabla:

La evaluación de defectos de extracción pueden realizarse con o sin reflexión de colgajo, la mejor respuesta de los tejidos blandos con procedimientos sin colgajo hace que la

evaluación del defecto de extracción de esta manera sea la elegida aunque más difícil para evaluar los defectos pero preferible.

Canaplis propone la siguiente clasificación de los defectos post extracción con el manejo terapeutico⁴⁵

La clasificación de EDS, sondaje de defectos de extracción describe la condición de los tejidos blandos y duros inmediatamente después de la extracción del diente, antes de la cicatrización y remodelación de la cavidad de extracción y proporciona pautas básicas de tratamiento para lograr una integración predecible de implantes y estética.¹³⁰

Defecto de extracción - Tipo 1

Se caracteriza por un alveolo sano, de una sola raíz, con un biotipo periodontal grueso en un paciente sistemáticamente sano. Este defecto permite la colocación inmediata predecible del implante en una posición ideal protésica (tomando consideraciones del relleno del GAP)

Una técnica quirúrgica atraumática es vital en la preparación para la colocación inmediata del implante y es un proceso único y que consume más tiempo en contraste con las técnicas convencionales de extracción, con un grosor de la tabla vestibular > 1,5/ 2mm. Con la plantilla quirúrgica en posición y utilizando el margen cervical de la futura restauración como referencia, el margen gingival debe estar al nivel o por encima del punto de referencia y la cresta alveolar no debe estar más allá de 3 mm.

Tratamiento recomendado: Implante inmediato post extracción, la estética del tejido blando es predecible⁴⁵.

En un estudio 30 pacientes recibieron implantes inmediatos en la región anterior del maxilar, los pacientes fueron asignados al azar en tres grupos de tratamiento, 10 pacientes recibieron implante inmediato sin regeneración ósea guiada adicional. 10 pacientes recibieron implantes más injertos con de hueso bovino desmineralizado y 10 paciente recibieron implantes más hueso bovino desmineralizado y membrana de colágeno, la reabsorción horizontal a los 4 años ascendió a 48,3% en el grupo sin material de injerto, mientras que en los otros grupos se observó menos reabsorción horizontal, 15.8% en el grupo con hueso bovino y 20% en el grupo con hueso bovino desmineralizado y membrana de colágeno , en resume la colocación inmediata del implante sin procedimiento de regeneración ósea guía resulta en una reducción de la dimensión de cresta aproximadamente la mitad del ancho óseo inicial en una dimensión horizontal y por lo tanto no parece ser beneficioso ante la a comparación con la curación espontanea

Defecto de extracción - Tipo 2

Atribuye a un alveolo con un grado leve de daño óseo de la cresta o pérdida interproximal de tejido de 1.5 mm, con un biotipo fino o grueso, un grosor de la tabla vestibular inferior a 1 mm, existe el compromiso de una sola pared del alveolo.

El EDS-2 incluye fenestraciones que no comprometen la integridad del aspecto crestal de la tabla vestibular, como el daño endodóntico apical. Otro ejemplo de un EDS-2 incluiría un alveolo ideal tal como se define por el EDS-1 que tiene un biotipo delgado en lugar de grueso.

Todos los alveolos con múltiples raíces con cualquiera de las condiciones anteriores se consideran EDS-2.

Tratamiento: Preservación de alveolo o implante inmediato en una o dos etapas, se puede considerar un implante inmediato con procedimientos para el manejo de defectos asociados, puede ocurrir un mayor riesgo de recesión y exposición al implante

La preservación del sitio involucra la extracción atraumática dental, uso de biomateriales para minimizar la reabsorción alveolar y el uso de membranas reabsorbibles para contener el injerto y reconstruir las paredes óseas faltantes.

Además, se debe considerar un injerto de tejido conectivo interposicionado o cuando existe un déficit de tejido blando o existe un biotipo periodontal fino para mejorar el espesor de los tejidos blandos o compensar el biotipo delgado cuando se prevé la recesión. La colocación del implante sigue tres a seis meses más adelante permitiendo la curación adecuada de la herida y la remodelación del injerto. La estética ideal de los tejidos blandos es a menudo posible, pero no siempre es predecible para el EDS-2⁴⁵.

Defecto de extracción - Tipo 3

Se caracteriza por compromiso moderado de los tejidos locales en un paciente sistémicamente sano. Esto incluye una pérdida vertical o transversal del tejido duro y / o blando de 3 mm a 5 mm, una o dos paredes óseas están comprometidas, un biotipo grueso o fino, o cualquier combinación de los mismos. Con la plantilla quirúrgica en posición y utilizando el margen cervical de la futura restauración como referencia, el margen gingival se sitúa a 3 mm a 5 mm de distancia de este punto de referencia de margen cervical y la cresta de 6 mm a 8 mm de distancia. Este tipo de defecto no permite la colocación inmediata rutinaria del implante, dado el mayor riesgo de recesión, exposición al implante, mal posicionamiento del implante, estabilidad inicial inadecuada del implante o contacto implante- hueso es menor.

Un claro ejemplo de esta clasificación es un alveolo con una dehiscencia de la tabla vestibular de 7 mm desde el punto de referencia, otro ejemplo incluiría un diente con una pérdida de hueso interproximal o tejido blando de 4 mm⁴⁵.

Tratamiento: preservación del sitio (injerto óseo y uso de membrana reabsorbible) realizada en el momento de la extracción dental seguida de colocación del implante tres a seis meses más tarde, la estética ideal de los tejidos blandos es factible pero no predecible en el EDS-3. Se puede esperar un ligero compromiso estético que implique menor pérdida de tejido interproximal o recesión marginal con la restauración final.

Se debe considerar un injerto de tejido conectivo cuando existe un déficit de tejido blando o existe un biotipo periodontal fino para mejorar el espesor de los tejidos blandos o compensar el biotipo delgado cuando se prevé la recesión⁴⁵.

Defecto de extracción - Tipo 4

Se caracteriza por un alveolo gravemente comprometido con más de 5 mm de pérdida vertical o transversal de tejido duro y / o blando, existe un compromiso de dos o más paredes óseas.

La colocación inmediata del implante en estas situaciones no es posible sin comprometer la estabilidad del implante, o la exposición del implante.

Esta condición por lo general encontramos en aquellos sitios con un extenso historial de enfermedad periodontal, en aquellos sitios en los que existe más de 5 mm de pérdida ósea interproximal entre alveolos de extracción de múltiples dientes.

La cresta alveolar se posiciona a más de 8 mm de distancia de este punto de referencia. Tratamiento: Preservación del sitio se realiza en el momento de la extracción dental, colocación de un material de injerto junto con membrana reabsorbible para contener el injerto y proporcionar espacio para una respuesta regenerativa modesta.

La adición de un injerto de tejido conectivo ayudará a mejorar el perfil de los tejidos blandos y se preparará para el futuro cierre primario durante el segundo procedimiento regenerativo de segunda etapa.

A continuación, se lleva a cabo un procedimiento de desarrollo del sitio aproximadamente tres meses después, lo que permite una cicatrización adecuada de la herida. El defecto antes de este procedimiento es un defecto del tipo de combinación con una pérdida en altura y anchura. Pueden ser necesarios varios procedimientos de desarrollo del sitio para este tipo de defecto⁴⁵.

Alternativamente, un procedimiento de reparación de defectos puede ocurrir concurrentemente con la colocación del implante siguiendo los principios de regeneración ósea, es poco predecible este procedimiento respecto al enfoque de dos etapas, se recomienda el uso de hueso autólogo en bloque o particulado.

Que un enfoque escalonado, el uso de hueso autólogo para el desarrollo del sitio en forma de bloque o en forma de partículas, o la combinación es preferible para estos desafíos. Se requiere un período de cicatrización de tres a seis meses antes del procedimiento quirúrgico subsiguiente necesario para la colocación del implante.

La estética ideal de los tejidos blandos normalmente no es alcanzable en el ED-4. Es importante conocer las características del alveolo post extracción ya que a partir de este tomaremos la directriz adecuada para la preservación de alveolo o de la cresta, resultado de la unión de las diferentes clasificaciones de alveolo post extracción junto con el tratamiento podemos tener el siguiente protocolo para la preservación. (Tabla 4). El manejo adecuado de alveolo post extracción debe basarse en un análisis cuidadoso de la presentación clínica y del plan de tratamiento restaurador. Además, el clínico debe considerar los hallazgos quirúrgicos intraoperatorios, incluyendo el grosor de la tabla vestibular y el biotipo clínico, la presencia de fenestraciones bucales o dehiscencias y los sitios molares frente a los no molares. Dependiendo del material de injerto utilizado, el clínico puede o no elegir cubrir el injerto con una barrera. Los injertos de tejido conectivo complementarios pueden estar indicados en áreas con biotipo delgado, recesión gingival u otro compromiso estético potencial⁴⁵ (Tabla IV).

Tipo de defecto	Evaluación general	Paredes Afectadas	Biotipo Periodontal	Tejido óseo	Predictibilidad	Protocolo
5 paredes Tipo 1 EDS 1	Sano	0	Grueso	5paredes tabla vestibular \geq 5 mm	+++++	IOI inmediato Manejo de tejido blando o duro.
4 – 5 paredes Tipo 2 EDS 2	Leve daño	0 -1 ↓ \leq 1,5/2mm Altura ósea	Grueso/ Fino	4 paredes (1 afectada) 5 paredes (fenestración/ \leq 1.5/2 mm)	++++ o +++ *	IOI inmediato y/o Membrana barrera <ul style="list-style-type: none"> • Colágena • Matriz dérmica celular • FG - ITC Injerto óseo <ul style="list-style-type: none"> • Autólogo • FDB/aloplástico
3 – 2 paredes Tipo III EDS 3	Daño moderado	1 – 2 Altura Ancho	Grueso/ Fino	2 – 3 paredes (Dehiscencia – paredes proximales)	+++	Membrana barrera <ul style="list-style-type: none"> • Colágena • Matriz dérmica celular • FG - ITC / Cierre primario Injerto óseo <ul style="list-style-type: none"> • >%Autólogo • 70%FDB 30%DFDF IOI (2 etapas)
1 pared EDS 4	Daño severo	2 – 3 Altura Ancho	Grueso/ Fino	1 pared	++	ROG/cierre primario Membrana barrera Injerto óseo (autólogo - bloque) Manejo del sitio. IOI (4- 6 meses después)

Tabla IV. Manejo de los defectos del alveolo post extracción.

6.5 Análisis comparativo de la técnica y los biomateriales

Actualmente la demanda de procedimientos regenerativos previo a la colocación de implantes ha crecido de forma ostensible, esto ha obligado al uso de diferentes materiales que logren cada vez mejores resultados en cuanto al volumen y calidad del tejido óseo (17). El uso frecuente de injertos óseos requiere realizar esfuerzos en determinar las características e indicaciones precisas de los diferentes tipos de injertos y explorar las posibilidades de realizar combinaciones que aporten ventajas de cada uno de los tipos de injertos y de esta forma tener más herramientas para el manejo de diferentes situaciones clínicas, por eso es importante saber cuál es el material de injerto ideal para realizar la preservación alveolar, debemos saber que nuestra elección debería ser en base al potencial de regeneración; debe evaluarse para cada sitio quirúrgico y para el material de injerto que se va a utilizar. Por ejemplo, un sitio con un alto potencial regenerativo (es decir, el crecimiento o reparación ósea se produce fácilmente por ejemplo defecto de 5 o 4 paredes) requiere un material de injerto con sólo un potencial regenerativo bajo o modesto. Un sitio con bajo potencial regenerativo (crecimiento o

reparación de hueso es difícil, defecto de 3, 2 o 1 pared) exige un material de injerto con un alto potencial regenerativo. En general, se considera que los materiales osteogénicos (es decir, hueso autógeno) tienen el mayor potencial regenerativo, seguidos por materiales osteoinductivos, aloinjertos y BMP) y luego materiales osteoconductivos (es decir, aloplastos y xenoinjertos)⁵³

Con respecto a la preservación alveolar, un defecto pequeño con tablas alveolares intactas y cuatro paredes óseas tiene un alto potencial regenerativo, un alveolo más grande o un alveolo que le falta paredes óseas tiene un potencial regenerativo disminuido. La mayoría de los defectos de extracción tienen un potencial regenerativo relativamente alto, especialmente cuando se utilizan técnicas de extracción mínimamente traumáticas, porque ayudan a preservar las paredes alveolares e interproximales del hueso. Los aloinjertos y aloplastos, por lo tanto, son los materiales de injerto más comúnmente utilizados para la preservación del sitio⁴².

El injerto óseo en el alveolo ha ganado popularidad en los últimos años debido a su atractivo conceptual y su simplicidad técnica, se han utilizado y ensayado una gran variedad de biomateriales en varios estudios, entre ellos huesos autólogos, sustitutos óseos (aloinjertos, xenoinjertos y aloplastos), productos autólogos derivados de la sangre y agentes bioactivos¹⁶. Estudios demuestran que el uso de los diferentes materiales de injerto reducen la contracción del tejido, y que en términos histológicos es importante considerar que el éxito clínico a largo plazo se basa en la formación de hueso vital funcional y su incorporación exitosa en las partículas del injerto, lo cual es altamente influenciado por las características del material de injerto óseo. Por las razones planteadas se considera la selección del material una decisión clínica crucial¹³. Actualmente ha tomado auge el uso combinado de materiales de injertos de hueso dado, que se ha reportado, esto conlleva a mejores resultados de los sitios regenerados comparándolos con el uso de un solo material de injerto. Se han propuesto y descrito varias combinaciones en diferentes proporciones^{10, 80}, sin concertar criterios definitivos para la elección de una u otra opción.

Los autoinjertos son el material estándar de oro, sin embargo, tiene limitantes tales como aumento del tiempo, costo y morbilidad para el paciente, los aloinjertos, xenoinjertos e injertos aloplásticos por si solos no logran resultados del todo predecibles. Se ha propuesto la combinación de los diferentes materiales para obtener las propiedades de uno y otro material y de esta forma tener mejores resultados. Una combinación aceptada y desarrollada por varios autores es la de hueso autólogo con xenoinjerto), sin embargo, ésta involucra las limitaciones de obtención y procedimentales del hueso autólogo. La creciente necesidad de realizar procedimientos de preservación de alvéolos previo a la colocación de implantes ha obligado al uso de diferentes materiales que logren cada vez mayor volumen y calidad ósea. En la búsqueda de un material de injerto óseo que reúna las propiedades ideales se han desarrollado muchos estudios, cada uno con metodologías y materiales diferentes, sin que se tenga claridad aún de los períodos de cicatrización, de la calidad y cantidad ósea generada después de los procedimientos regenerativos^{19,96,121}. Para el análisis correcto de un biomaterial debemos saber que una de las características principales que debe cumplir un material utilizado como injerto óseo

para preservación de alveolos post extracción es la biocompatibilidad, siendo de gran importancia esta característica debemos tener claro que la biocompatibilidad se refiere a la capacidad de un biomaterial para realizar su función deseada con respecto a una terapia médica, sin provocar ningún efecto local o sistémico indeseable en el receptor o beneficiario de esa terapia, pero generando la respuesta celular o tisular beneficiosa más apropiada en ese específico situación y optimizar el rendimiento clínicamente relevante de esa terapia, permitiendo así integrarse con los tejidos del huésped de una manera adecuada, proporcionando idealmente un andamiaje para que ocurra neoformación ósea dentro de él ⁶⁶, debe ser reabsorbido gradualmente para permitir su reemplazo por hueso nativo nuevo (osteogénesis), debe poseer micro y macroporosidades y permitir el manejo de defectos grandes, en este caso el espacio creado después de la exodoncia, en fragmentos más pequeños similares a las del hueso natural y debe además servir de soporte para el coágulo permitiendo su estabilización reduciendo el riesgo de colapso del reborde remanente⁶⁶.

Una consideración importante en cuanto a dichos materiales es su tasa de recambio óseo (aposición-reabsorción); así, un injerto que tenga una tasa de reabsorción muy rápida, podría mostrar en poco tiempo un reborde reabsorbido, mientras que un injerto con una tasa de reabsorción mucho más lenta, la presencia de reabsorción se verá a más largo plazo ⁷³ evitando la reducción volumétrica que a menudo ocurre tras la extracción o la pérdida de un diente, y permanecer en la localización como un entramado hasta que se haya producido una suficiente formación permitiendo el inicio de la osteogénesis y ser una red que soporte el crecimiento óseo ⁶⁶

La utilización de materiales que preserven las dimensiones del reborde alveolar post exodoncia, cubiertos por una membrana reabsorbible o no, sigue los fundamentos de regeneración tisular guiada y de regeneración ósea guiada para impedir que células epiteliales migren hacia el centro del alveolo, inhibiendo de esta manera la neoformación ósea ¹³.

Lo fundamental al considerar en un injerto óseo para la preservación alveolar es que cumpla con los mecanismos de regeneración ósea (osteoconducción, osteoinducción, osteointegración, osteogénesis) ^{68,80}

Al proponer una técnica más que tratar de encontrar una técnica o biomaterial “Gold standard”, es proporcionar herramientas al odontólogo que en base a las características de los biomateriales junto con el potencial de regeneración del sitio elija la mejor opción para disminuir al máximo los cambios dimensional del alveolo post extracción.

Teniendo como base el principio biológico que para que se produzca una adecuada neoformación del tejido óseo, se debe desarrollar un complejo triangular de interacciones entre la capacidad osteogénica de las células osteocompetentes o diferenciables a la línea osteogénica, los estímulos osteoinductores, y la existencia de una matriz osteoconductor que sirva de estructura o andamiaje para la formación del hueso nuevo. En este triángulo clásico de interacciones se acepta, y no debemos olvidar, que las células son las únicas capaces de formar hueso.

Sin ellas no puede existir osteogénesis, aunque inundemos el foco de factores osteoinductores y osteoconductores.

Se sugiere que a este esquema se debe añadir un cuarto vértice, el que corresponde a la estabilidad mecánica, ya que los otros factores pueden verse afectados si no se encuentran en un entorno mecánico adecuado (tipo de defecto óseo).

6.6 Técnica quirúrgica

El procedimiento quirúrgico de exodoncia con preservación de alvéolo deberá estar precedido por una adecuada evaluación clínica y radiográfica del sitio quirúrgico para determinar las características anatómicas y la relación del diente a tratar con las estructuras vecinas y con la autorización y firma del consentimiento informado⁶⁸

Después de haber confirmado el efecto anestésico de la solución seleccionada,

Se procede a la remoción atraumática del diente siendo la parte más crítica del procedimiento, con el preservar las paredes del alvéolo, se diseña una incisión intracrevicular con una hoja de bisturí 15C hasta alcanzar la cresta ósea, realizando una fibrotomía supracrestal, posteriormente, se dirige la hoja de bisturí 15C subcrestalmente entre 2 y 3 mm, para desinsertar las fibras periodontales más cercanas a la cresta ósea marginal^{97, 122} con un periostótomo plano se inicia la luxación del diente, introduciendo la punta del instrumento en los espacios interproximales hasta que sea posible realizar con el instrumento movimientos cortantes y lentos en sentido mesio distal y vestíbulo palatino/lingual, alternando la inserción del instrumento en las superficies interproximales mesial y distal. Se deben controlar los movimientos en dirección vestibular para disminuir el riesgo de fracturar la tabla ósea vestibular^{68, 97, 122}, una vez se ha conseguido la expansión de las paredes del alvéolo, es posible introducir un elevador recto delgado para continuar la luxación del diente de manera lenta y progresiva hasta conseguir la exodoncia¹²². En los casos en los cuales no es posible realizar los movimientos de manera adecuada o si se prevé la fractura de la tabla vestibular de manera inminente, está indicada la odontosección para luego realizar la exodoncia de los fragmentos por separado, y con ello disminuir el riesgo de alterar la conformación tridimensional del alvéolo¹²². El sentido de la odontosección debe ser de mesial a distal para evitar el trauma sobre la tabla vestibular. Finalmente, siempre y cuando haya suficiente remanente coronal, es posible realizar la exodoncia con un fórceps, a fin de disminuir al máximo los movimientos rotacionales^{97, 122}.

Después de haber realizado la exodoncia se debe desbridar de manera adecuada el alvéolo, retirando el tejido granulomatoso presente y los restos del ligamento periodontal que puedan permanecer insertado a las paredes del alvéolo con una garrita^{68, 97, 122}. Se evalúa la integridad de las paredes, descartando fenestraciones o dehiscencias, utilizando una sonda periodontal y se irriga abundantemente el alvéolo con solución salina para eliminar detritos⁶⁸. El material de injerto particulado seleccionado se debe hidratar con solución salina, con sangre proveniente del paciente o con PRF, idealmente entre 15 y 20 min antes de su utilización, hasta obtener una consistencia adecuada que permita al operador su manipulación y el empaquetamiento suave dentro del alvéolo con un instrumento que permita introducir el material hasta el fondo del alvéolo de forma incremental⁶⁸. El empaquetamiento deberá ser suave para permitir que en el espacio

formado entre las partículas del injerto se establezca el coágulo sanguíneo que actuará como matriz de neoformación ósea ⁶⁸.

La membrana seleccionada deberá ser posicionada sobre el injerto empacado hasta la altura de la cresta ósea. Los márgenes de la membrana deberán ser recortados para permitir la correcta adaptación de las papilas interdentes y, posteriormente, se procede a posicionar la membrana en el espacio obtenido por la elevación de un colgajo de espesor total en vestibular y palatino, lo suficientemente amplio como para alojarla ⁶⁸.

Algunos autores sugieren la utilización de materiales reabsorbibles como apósitos de colágeno ubicados sobre el material de injerto, inmovilizados con puntos de sutura simples en los extremos y suturas tipo colchonero horizontal o suturas en X para estabilizar el coágulo y el apósito e impedir la pérdida del material de injerto durante el postoperatorio inmediato ⁶⁸. Una vez posicionados los materiales dentro del alvéolo remanente, se posiciona el tejido blando utilizando puntos de sutura que estabilicen la membrana con puntos tipo colchonero horizontal, suturas continuas o puntos en ^{68,122}.

Se debe irrigar abundantemente la zona para eliminar detritos y restos de tejido que puedan interferir con la adaptación de la membrana y del tejido blando. Es posible posicionar los provisionales o las prótesis transicionales de manera inmediata aunque, cuando sea posible, se debe solicitar al paciente permitir la cicatrización del sitio injertado sin interferencias que puedan provenir de la presión de la prótesis sobre el tejido blando. Dentro de las medidas de cuidado postoperatorio será necesaria la medicación del paciente con analgésicos y antibióticos. La selección del medicamento dependerá de la anamnesis cuidadosa realizada en la fase pre quirúrgica. De igual manera, se entregarán al paciente las recomendaciones de cuidado postoperatorio necesarias para disminuir al máximo la posibilidad de presentar complicaciones postquirúrgicas. Una semana después de haber realizado el procedimiento, el paciente deberá ser valorado y se reforzarán las prácticas de higiene oral en el sitio intervenido. Una vez finalizada la segunda semana posquirúrgica se retirarán los puntos de sutura.

Obviamente, el resultado del procedimiento quirúrgico dependerá en gran porcentaje del respeto por los tiempos de cicatrización, previo al inicio de la fase de rehabilitación de la zona injertada, según el material de injerto seleccionado ^{68,122}.

6.6 Vía clínica de la técnica de preservación alveolar.

Bajo cualquier técnica que usemos para la preservación alveolar y/o aumento de la cresta el principal objetivo es minimizar la reabsorción de la cresta y maximizar la formación de hueso dentro del alveolo ⁷⁰ de tal manera que provee mayor control y mayor previsibilidad mientras previene el colapso del sitio y el compromiso estético permitiendo la colocación ideal del implante ⁶⁹el requisito estético de la terapia implantaria desde un punto de vista quirúrgico es el logro de un armonioso margen gingival sin cambios bruscos en altura tisular, manteniendo intactas las papilas, y obteniendo un preservado contorno convexo de la cresta alveolar¹²⁶

Muchas de las veces la terapia implantar se vuelve desafiante para el clínico por la demanda estética del paciente y la dificultad anatómica preexistente, en otras palabras el implante que se encuentra perfectamente osteointegrado y es funcional, pero su

resultado estético es inaceptable, es catalogado hoy en día como un tratamiento fracasado

El hueso en todas sus dimensiones soporta al tejido blando y los contornos de este son influenciados por la anatomía ósea, los tejidos blandos demuestran relativamente dimensiones constantes alrededor de los implantes, estudios en animales han demostrado una constante del tejido blando periimplantar de aproximadamente 3 mm, la anchura biológica perimplantar mucoso comprime la zona del tejido conectivo supracrestal, midiendo aproximadamente 1 mm, y las estructuras epiteliales, incluyendo el epitelio de unión y surco, con mediciones alrededor de 2 mm de altura, puede ser notado que el espesor alrededor de 3 mm puede ser medido alrededor de implantes sin dientes adyacentes. En pacientes, los tejidos blandos en áreas interproximales son gruesos por la papila que forma el soporte del punto de contacto de la emergencia de la rehabilitación, recordando esas dimensiones relativamente constantes del tejido blando periimplantario, las estructuras óseas subyacentes juegan un rol en la estabilidad de la estética del tejido blando¹²⁶

Una pared ósea vestibular con una suficiente altura y espesor, brindará estabilidad a largo plazo de la armonía del margen gingival alrededor del implante y el diente adyacente, a veces en el intento de colocar implantes en sitios sin un manejo adecuado del terreno biológico tiene como resultado una recesión del tejido blando, exponiendo el cuello del implante y por ende perdiendo toda la armonía del margen gingival, comprometerá la restauración final y someterá el implante a fuerzas inadecuadas o nos inducirá a elegir un implante de un tamaño menor, lo que puede afectar a su estabilidad y sobrevivencia^{125,126}

La colocación del implante en una correcta posición tridimensional es la clave para un resultado estético no importando el sistema implantológico usado. Esta posición depende de la rehabilitación planeada que el implante soportará. La relación de la posición entre el implante y la rehabilitación planeada debe basarse en la posición del cuello del implante, porque éste influirá sobre la respuesta del tejido duro y blando¹²⁶

Cuando se hace la planeación de la posición ideal tridimensional implantar, se hace una diferencia entre lo llamado zonas de “Confort” y “Peligro” en cada dimensión, el conocimiento de las distancias entre implantes y entre diente e implantes es fundamental para conseguir buenos resultados estéticos. Por otra parte la correcta ubicación tridimensional (mesio-distal, vestibulo-palatal y ápico-coronal) del implante en el hueso permitirá un resultado estético adecuado así como estable¹²⁵; mesio-distalmente, para mantener la integridad de la papila y conseguir resultados estéticos óptimos, la distancia entre un implante y un diente vecino no debe ser inferior a 1.5 milímetros y al menos de 3 milímetros entre dos implantes, cuando estos dos implantes reemplazan a los dos incisivos centrales se recomiendan al menos 4 milímetros.³ En el sentido vestibulo-palatal deben preservarse al menos 2 milímetros de tabla vestibular, de manera que la superficie externa del implante quede situada 2 milímetros por palatino de una línea imaginaria delimitada por el arco formado por la superficie vestibular de los dientes vecinos y con el centro del implante 2 milímetros hacia palatino de esta línea imaginaria. Eso equivale a que el eje del implante emerja por el cingulo del diente restaurado. Finalmente, en sentido ápico-coronal el implante debería quedar 3 milímetros por encima de la línea

amelocementaria. Es lo que Buser describió como las zonas de confort en las tres dimensiones del espacio para la correcta ubicación de un implante dental en la zona estética^{125, 126}.

La importancia de la realización de esta técnica conduce a la instalación y estabilidad de un implante dental, reduce la pérdida de volumen del hueso alveolar, reduce la necesidad de procedimientos adicionales de injerto óseo, brinda un terreno biológico adecuado para la correcta colocación del implante dental, mejora el resultado estético de la prótesis final¹³. Cabe recalcar que la supervivencia de los implantes y su capacidad para proporcionar una función adecuada y estética están estrictamente correlacionados con su correcto posicionamiento en relación con un terreno biológico adecuado, los dientes vecinos y los dientes antagonistas. Así se entiende fácilmente el tremendo esfuerzo que han sido utilizados por muchos investigadores y profesionales en la reducción de este proceso inevitable de modelado y remodelación y la importancia de aplicar esta técnica.

7. Conclusiones

En base a todo lo expuesto podemos concluir lo siguiente:

Existe una reducción de la dimensión vertical en la tabla vestibular del 11 – 22% a los 6 meses post extracción dental y una reducción de la dimensión horizontal de 29 - 63 % a los 6- 7 meses post extracción dental^{126, 127}

Concluyendo que la mayor reabsorción se da entre los 3 a 6 primeros meses después de la exodoncia.

Las vías terapéuticas después de la extracción dental a seguir son: la curación espontanea, la colocación de implante inmediato y las técnicas de preservación alveolar.

Se puede optar por la curación espontanea cuando nos enfrentamos a un terreno biológico en condiciones ideales, es decir, un alveolo cuyas paredes estén conservadas, tengan un grosor adecuado (>1.2 mm), en un paciente con biotipo periodontal grueso, si requerimos estos requisitos tan estrictos, habría que preguntarnos, cuando un alveolo presenta dichas características¹²⁷.

En cuanto a la colocación de implante inmediato, han demostrado no preservar la tabla ósea y por lo tanto no existe justificación para colocar un implante post extracción como herramienta para la preservación alveolar, la reabsorción está determinada por la dimensión del gap vestibular o por una pared delgada (<1.2 mm), considerando los posibles beneficios de adecuado manejo del espacio hueso – implante, pudiera ser viable la colocación de un implante inmediato siempre y cuando el alveolo post extracción presente paredes conservadas y un tabla vestibular > 1.2 mm y un biotipo periodontal grueso, y que el implante sea insertado en la posición protésicamente planificada con una adecuada estabilidad primaria. Como he indicado anteriormente este escenario no es frecuente y menos en el sector anterior donde la demanda estética aumenta, otro factor a considerar y de gran importancia es el manejo del “gap” siendo este relevante para predecir el porcentaje de relleno de nuevo hueso; indicando el relleno del gap en espacios mayores a 2 mm incluso si la tabla vestibular presenta un grosor adecuado con el fin de asegurar el relleno adecuado ^{11, 19, 70, 123, 124,127}.

Entonces al tener condiciones para colocar un implante inmediato la evidencia respalda que disminuye la reducción de la reabsorción siempre y cuando se utilice regeneración ósea guiada junto con la colocación el implante^{123,124,127}

Y en cuanto a la preservación alveolar, se debe considerar realizarla en aquellos caso en que la colocación del implante inmediato no es posible, debido a defectos óseos con o sin defectos del tejido blando, zonas altamente estéticas, la importancia de la realización de esta técnica conduce a la instalación y estabilidad de un implante dental, reduce la pérdida de volumen del hueso alveolar, reduce la necesidad de procedimientos adicionales de injerto óseo, brinda un terreno biológico adecuado para la correcta

colocación del implante dental, mejora el resultado estético de la prótesis final¹³. Cabe recalcar que la supervivencia de los implantes y su capacidad para proporcionar una función adecuada y estética están estrictamente correlacionados con su correcto posicionamiento en relación con un terreno biológico adecuado, los dientes vecinos y los dientes antagonistas^{53,126,127}

En cuanto a los biomateriales y técnicas, debido a la amplia variedad de estudios sobre materiales empleados, técnica, morfología del defecto, periodos de cicatrización, así como el tamaño de la muestra, no se puede obtener homogeneidad de los estudios para su comparación en consecuencia no existe evidencia de un biomaterial superior a otro, entonces debemos saber que nuestra elección debería ser en base al potencial de regeneración; debe evaluarse para cada sitio quirúrgico y para el material de injerto que se va a utilizar. Por ejemplo, un sitio con un alto potencial regenerativo (es decir, el crecimiento o reparación ósea se produce fácilmente por ejemplo defecto de 5 o 4 paredes) requiere un material de injerto con sólo un potencial regenerativo bajo o modesto. Un sitio con bajo potencial regenerativo (crecimiento o reparación de hueso es difícil, defecto de 3, 2 o 1 pared) exige un material de injerto con un alto potencial regenerativo. En general, se considera que los materiales ontogénicos (es decir, hueso autógeno) tienen el mayor potencial regenerativo, seguidos por materiales osteoinductivos, aloinjertos y BMP) y luego materiales osteoconductivos (es decir, aloplastos y xenoinjertos)⁵³

Con respecto a la preservación alveolar, un defecto pequeño con tablas alveolares intactas y cuatro paredes óseas tiene un alto potencial regenerativo, un alveolo más grande o un alveolo que le falta paredes óseas tiene un potencial regenerativo disminuido. La mayoría de los defectos de extracción tienen un potencial regenerativo relativamente alto, especialmente cuando se utilizan técnicas de extracción mínimamente traumáticas, porque ayudan a preservar las paredes alveolares e interproximales del hueso. Los aloinjertos y aloplastos, por lo tanto, son los materiales de injerto más comúnmente utilizados para la preservación del sitio⁴²

El remodelado del alvéolo post extracción y su consiguiente reducción de volumen, varía considerablemente entre los diferentes biotipos y es inevitable. Ni la preservación alveolar puede evitarlo, ni la colocación inmediata del implante. Por todo ello, es necesario conocer los factores pronósticos para resolver la particular ecuación riesgo/beneficio de cada caso concreto e indicar así el mejor tratamiento para el paciente.

8. Sugerencias.

Se sugiere que se realicen estudios clínicos controlados que comparen el proceso de cicatrización, desde el punto de vista clínico e histológico, de alveolos preservados con diferentes materiales de injerto óseo disponibles en el mercado Chileno, que permitan obtener parámetros que faciliten la toma de decisiones según las características histológicas y anatómicas del hueso alveolar de la población Chilena cuando se prevé la preservación de alveolos post extracción como procedimiento previo a la colocación de implantes de oseointegración.

9. Resumen

Posterior a la extracción dental se evidencia cambios dimensionales y estructurales en el ancho y altura de la cresta alveolar, dificultando la colocación adecuada del implante y la realización de restauraciones estéticas. Se ha demostrado que la preservación de la cresta es eficaz para disminuir la reabsorción ósea alveolar después de extracción dental. Para la preservación alveolar se utilizan materiales de injerto, y generalmente una membrana de barrera para contener el injerto. La elevación del colgajo generalmente no se recomienda si las paredes del alveolo están intactas y el ancho de la cresta es suficiente después la extracción dental. En estudios clínicos se han evaluado diferentes tipos de injertos óseos (autoinjerto, aloinjerto, xenoinjerto, injerto aloplástico) y membranas de barrera (reabsorbibles y no reabsorbibles). Todos ellos se muestran eficaces independientemente del material o la técnica utilizada, siendo importante la toma de decisión del protocolo a seguir en base a las paredes remanentes del alveolo.

Conclusiones: La preservación de la cresta es un procedimiento eficaz para minimizar la reabsorción alveolar horizontal y vertical después de la extracción dental. La evidencia actual no apoya una técnica como superior a otra. La selección de la técnica a utilizar debe basarse en la situación clínica.

10. Referencias bibliográficas.

1. 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. *International Journal of Periodontics Restorative Dent.* 2003. 23: 313-323.
2. Camargo P, Lekovic V, Weinlaender M, Klokkevold P, Kenney E, Dimitrijevic B, Nedic M, Jancovic S, Orsini M. Influence of bioactive glass on changes in alveolar process dimensions after exodontia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 90: 581-6.
3. Lasella JM1, Greenwell H, Miller RL, Hill M, Drisko C, Bohra AA, Scheetz JP. Ridge preservation with freeze-dried bone allograft and a collagen membrane compared to extraction alone for implant site development: a clinical and histologic study in humans. *J Periodontol.* 2003. 74: 990-990.
4. Lekovic V, Kenney E, Weinlaender M, Han T, Klokkevold P, Nedic M, Orsini M. A Bone Regenerative Approach to Alveolar Ridge Maintenance Following Tooth Extraction. Report of 10 Cases. *J Periodontol.* 1997; 69(9): 1044-1049.
5. Lekovic V, Camargo P, Klokkevold P, Weinlaender M, Kenney E, Dimitrijevic B, Nedic M. Preservation of Alveolar Bone in Extraction Sockets Using Bioabsorbable Membranes. *J Periodontol.* 1998. 69: 1044-1049.
6. Tan W, Wong T, Wong M, Lang N. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin. Oral. Impl. Res.* 23(Suppl. 5). 2012: 1–21.
7. Araujo M, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005. 32: 212–218
8. Atwood D, Coy W. Clinical, cephalometric, and densitometric study of reduction of residual ridges. *Journal of Prosthetic Dentistry.* 1971 sep; 26(3): p. 280–295
9. Petrokovski, J., Starinsky, R., Arensburg, B. Kaffe, I. (2007) Morphologic characteristics of bony edentulous jaws. *Journal of Prosthodontics* 16, 141–147.
10. Hämmerle C, Araújo M, Simion M. Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets; on the behalf of the Osteology Consensus Group 2011. *Clin. Oral Impl. Res.* 2012, 23: 80–82.
11. Avila G, Elangovan S, Kramer K, Blanchette D, Dawson D. Effect of Alveolar Ridge Preservation after Tooth Extraction: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res.* 2014, 93(10): 950-958.
12. Allen EP, Gainza CS, Farthing GG, Newbold DA. Improved technique for localized ridge augmentation. A report of 21 cases. *J Periodontol.* 1985. April. 56(4):195-9
13. Pagni G, Pellegrini G, Giannobile W, Rasperini G. Postextraction alveolar ridge preservation: biological basis and treatments. *International Journal of Dentistry,* 2012.
14. Cohen E. Atlas de cirugía periodontal cosmética y reconstructiva. 2010. 3ra edición, Editorial Amolca. Preservación de Alveolo. 23: 347-348.
15. Misch C, *Implantología Contemporanea*, 2009. Cap 26

16. Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler M. Hard tissue alterations after socket preservation: an experimental study in the beagle dog. *Clin. Oral Impl. Res.* 2008. 19: 1111–1118.
17. Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Stappert C, Stein J, Hürzeler M. Dimensional changes of the alveolar ridge contour after different socket preservation techniques. *J Clin Periodontol.* 2008; 35: 906–913.
18. Paolantonio M, Dolci M, Scarano A. Immediate implantation in fresh extraction sockets. A controlled clinical and histological study in man. *J Periodontol* 2001; 72(11): 1560–1571.
19. Vignoletti F, Matesanz P, Rodrigo D, Figuero E, Martin C, Sanz M. Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction. A systematic review. *Clinical Oral Implants Research* 2012;23 Suppl 5:22–38
20. Araujo MG, Silva CO, Misawa M, Sukekava F. Alveolar socket healing: what can we learn? *Periodontol* 2000 2015: 68: 122–134.
21. Fernández GI, Alobera MA, del Canto M, Blanco L. Physiological bases of bone regeneration II. The remodeling process. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006;11:E151-7.
22. Clarke B. Normal bone anatomy and physiology. *Clin J Am Soc Nephrol.*2008: 5131-5139
23. Schaffer M, Cheung YW, Majeska R, Kennedy O. Osteocytes: Master orchestrator of bone. *Calcif. Tissue Int.*2014;94(1):5- 24
24. Currey JD. The many adaptations of bone. *Journal of biomechanics.*2003;1487-1295
25. Dallas S, Prideaux M, Bonewald LF. The osteocyte: an endocrine cell. *Endocrine Review.*2013;134(5):658-690
26. Van der Weijden F, Dell'Acqua F, Slot D. Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *J Clin Periodontol.* 2009 Dec;36(12):1048-58.
27. Gartner LP, Hiatt JL. *Histología: texto y atlas.* Ed McGraw-Hill interamericana 1997. Capítulo 7; p 114-136
28. Silva RF, Rodríguez G, Cerri E, Simões MJ, Cerri PS. Biology of bone tissue: structure, function, and factors that influence bone cells. *Bio Med Res Int.*2015;421-476
29. Gomez de Ferraris M, Muños A. *Histología y embriología bucodental.* 2da edición.
30. Nakamura H. Morphology, Function, and Differentiation of bone cells. *J Hard Tissue Biology.*2007. 16(1):15-22
31. Sodek J, McKee M. Molecular and cellular biology of alveolar bone. *Periodontology* 2000, Vol. 24, 2000, 99–126
32. Gori F, Hofbauer L, Dunstan C. The Expression of Osteoprotegerin and RANK Ligand and the Support of Osteoclast Formation by Stromal Osteoblast Lineage Cells Is Developmentally Regulated. *Endocrinology* 200;12: 4768-477

33. Raggatt LJ, Partridge NC .Cellular and Molecular Mechanisms of Bone Remodeling. *J Biol Chem* . 2010 Ago 13; 285 (33): 25103 – 25108
34. Mohamed A. An Overview of Bone Cells and their Regulating Factors of Differentiation. *Malays J med Sci*.2008;15(1):4 – 12
35. Bonewal LF, Osteocytes as dynamic multifunctional cells. *Ann N Y Acad Sci*. 2007 Nov;1116:281-90.
36. Lindhe J,Lang NO,KarringT. *Periodontología clínica e implantología odontológica*. Ed Panamericana 2009.Tomo 1:capitulo 1, p34 -45, capitulo 2, p 51-68, capitulo 4,p 86 - 97
37. Caetano J,Canhão H, Fonseca J.Osteoblast and bone formation.*Acta Reumatol Port*.2007 Apr-Jun;32(2):103-110
38. Hassell T. Tissues and cells of the periodontium. *Periodontology 2000*, Vol. 3, 1993, 9-38
39. Trombelli L, Farina R, Marzola A, Bozzi L, Liljenberg B, Lindhe J. Modeling and remodeling of human extraction sockets. *J Clin Periodontol* 2008; 35: 630–639.
40. Saffar JL, Lasfargues JJ, Cherruau M. Alveolar bone and the alveolar process: the socket that is never stable. *Periodontology 2000*, Vol. 13, 1997, 76-90
41. Januário A, Rodrigues W, Barriviera M, Mesti J, Araújo M, Lindhe J. Dimension of the facial bone wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clin Oral Impl. Res.* 22. 2011: 1168-1171.
42. Huynh-Ba G, Pjetursson B, Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, Lindhe J, Lang N. Analysis of the socket bone wall dimensions in the upper maxilla in relation to immediate implant placement. *Clin. Oral Impl. Res.* 21. 2010: 37-42.
43. I V, Clementini M, Vittorini G, Mannocci A, De Sanctis M. Alveolar ridge preservation techniques: a systematic review and meta-analysis of histological and histomorphometrical data. *Clin. Oral Impl. Res.* 2015, 26: 50–68.
44. Misawa M, Lindhe J, Araujo M. The alveolar process following singletooth extraction: a study of maxillary incisor and premolar sites in man. *Clin. Oral Impl. Res.* 2015: 1–6.
45. Caplanis N,Lozada J,Kan J, Extraction Defect: Assessment, Classification and Management.2005.
46. Cook D., Mealey B., Verrett R., Mills M., Noujeim M., Lasho D. & Cronin R. (2011). Relationship between clinical periodontal biotype and labial plate thickness: an in vivo study. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 31(4), 344–354
47. Braut V, Bornstein MM, Belser U, Buser D. Thickness of the anterior maxillary facial bone wall-a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2011; 31(2): 125-31.
48. Vera C, De Kok IJ, Reinhold D, Limpiphitanakorn P, Yap AK, Tyndall D, Cooper LF. Evaluation of buccal alveolar bone dimension of maxillary anterior and premolar teeth: a cone beam computed tomography investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012; 27(6): 1514-1519.
49. Chappuis V , Engel O,Reyes M, Shahim K, Nolte P, Buser D. Ridge Alterations Post-extraction in the Esthetic Zone: A 3D Analysis with CBCT.*J Dent Res.* 2013 Dec; 92(12 Suppl): 195S–201S

50. Chappuis V, Araùjo M, Buser D. Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites. *Periodontology 2000*. 2017. 73: 73–83
51. Kao, R. T., Fagan, M. C. & Conte, G. J. (2008) Thick vs. thin gingival biotypes: a key determinant in treatment planning for dental implants. *Journal of the California Dental Association* 36, 193–198.
52. Cardaropoli G, Araùjo M, Lindhe J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol*. 2003; 30: 809–818.
53. Araujo M, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol*. 2005. 32: 212–218
54. Pinho M, Roriz V, Novaes A, Taba M, Grisi M, Souza M, Palioto D. Titanium Membranes in Prevention of Alveolar Collapse After Tooth Extraction. *Implant dentistry*. 2006. 15.
55. Rasperini G, Canullo L, Dellavia C, Pelligrini G, Simion M. Socket Grafting in the Posterior Maxilla Reduces the Need for Sinus Augmentation. *J Periodontics Restorative Dent*. 2010, 30: 265-273.
56. Aimetti M, Romano F, Baima F, Godio L. Clinical and Histologic Healing of Human Extraction Sockets Filled with Calcium Sulfate. *J Oral Maxillofac Implants*. 2009, 24: 901-909
57. Carlsson GE, Persson G. Morphologic changes of the mandible after extraction and wearing of dentures. A longitudinal, clinical, and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Odontol Revy*. 1967; 118 (1): 27-54
58. Covani U, Cornelini R, Barone A. Bucco-lingual bone remodeling around implants placed into immediate extraction sockets: a case series. *J Periodontol*. 2003. 74: 268-273.
59. Kerr E, Mealey B, Noujeim M, Lasho D, Nummikoski P, Mellonig J. The Effect of Ultrasound on Bone Dimensional Changes Following Extraction: A Pilot Study. *J Periodontol*. 2008, 79(2):283-290.
60. Pelegrine A, da Costa C, Correa M, Marques J. Clinical and histomorphometric evaluation of extraction sockets treated with an autologous bone marrow graft. *Clin. Oral Impl. Res*. 2010. 21: 535–542.
61. Solis MC, Nart MJ, Violant HD, Santos AA. Tratamiento del alvéolo post-extracción. Revisión de la literatura actual. *Rev. Esp. Odontoestomatológica implant*. 2009, (18)(12): 93-98.
62. Nandi SK, Roy S, Mukherjee P, Kundu B, De DK, Basu D. Orthopaedic applications of bone graft & graft substitutes: a review. *Indian J Med Res*. 2010; 132:15-30.
63. Chen ST, Thomas WG, Hämmerle CH. Immediate or Early Placement of Implants Following Tooth Extraction: Review of Biologic Basis, Clinical Procedures, and Outcomes. *Oral Maxillofac Implants*. 2004;19(SUPPL):12–25
64. Nelson SR, Wolford LM, Lagow RJ, Capano PJ, Davis WL. Evaluation of new high-performance calcium polyphosphate bioceramics as bone graft materials. *J Oral Maxillofac Surg*. 1993; 51(12): 1363-71.
65. Vieira A, Repeke C, Barros S, Colavite P, Biguetti C, Cardoso R. Intramembranous Bone Healing Process Subsequent to Tooth Extraction in

- Mice: Micro-Computed Tomography, Histomorphometric and Molecular Characterization. *PloS One*. 2015. 10(5).
66. Salgado J, Zea D, Gonzales J, Velosa J. Efectividad de las técnicas de preservación alveolar sobre alvéolos postexodoncia comparados con alvéolos sin preservar. Revisión sistemática de la literatura. *Univ Odontol*. 2014, 33 (70): 203-216
 67. Elian N, Cho SC, Froum S, Smith RB, Tarnow DP. A simplified socket classification and repair technique. *Pract Proced Aesthet Dent* 2007;19: 99-104.
 68. Vargas L. Preservación de alvéolos postexodoncia mediante el uso de diferentes materiales de injerto. Revisión de la literatura. Universidad Nacional de Colombia. 2012.
 69. Horowitz R, Holtzclaw D, Rosen P. Alveolar Bone Preservation. *Biological Basis and Techniques*. 2013, 51: 149-160.
 70. Horváth A, Mardas N, Mezzomo L, Needleman I, Donos N. Alveolar ridge preservation. A systematic review. *Clin Oral Invest*. 2012 17 (2): 341-63.
 71. De Risi V, Clementini M, Vittorini G, Mannocci A, De Sanctis M. Alveolar ridge preservation techniques: a systematic review and meta-analysis of histological and histomorphometrical data. *Clin. Oral Impl. Res*. 2015, 26: 50–68.
 72. Amerio P, Vianale G, Reale M, Muraro R, Tulli A, Piattelli A. The effect of deproteinized bovine bone on osteoblast growth factors and proinflammatory cytokine production. *Clin Oral Implants Res*. 2010, 21(6): 650-5.
 73. Liu J, Kerns D. Mechanisms of guided bone regeneration: a review. *Open Dent J*. 2014, 8: 56-65.
 74. Jamjoom A, Cohen R. Grafts for Ridge Preservation. *J Funct Biomater*. 2015; 6(3): 833–848.
 75. Irinakis T. Rationale for socket preservation after extraction of a single-rooted tooth when planning for future implant placement. *J Can Dent Assoc*. 2006, 72(10): 917-22.
 76. Haddad AJ, Peel SA, Clokie C, Sándor GK. Closure of Rabbit Calvarial Critical-Sized Defects Using Protective Composite Allogeneic and Alloplastic Bone Substitutes. *The Journal of craniofacial surgery*. 2006, 17(5): 926-934.
 77. Soares RF, Alencar RL, Dantas J, Zanetta D, Dechichi P. Organic bovine graft associated with PRP in rabbit's calvaria. *Arq. Int. Otorrinolaringol*. 2011, 15 (2): 208-213.
 78. Finkemeier CG. Bone-grafting and bone-graft substitutes. *J Bone Joint Surg Am*. 2002 Mar;84-A(3):454-64.
 79. Nyman JS, Ren A, Shen X, Acuna RL, Tylera JH, Wang X. The influence of water removal on the strength and toughness of cortical bone. *J Biomech*. 2006 ; 39(5): 931–938
 80. Tudor C, Thorwarth M, Stockmann P, Neukam E, Nkenke E. Bone regeneration in osseous defects application of particulated human and bovine materials. *Oral surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008, 105 (4): 430-436.
 81. Mellonig J. Autogenous and allogeneic bone grafts in periodontal therapy. *Crit Rev Oral Biol Med*. 1992, 3(4): 333-52.

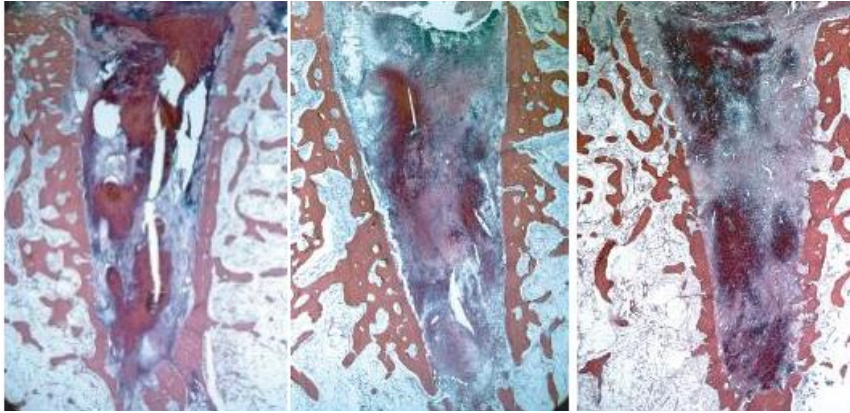
82. Oporto VG, Fuentes FR, Álvarez CH, Borie EE. Recuperación de la Morfología y Fisiología Maxilo Mandibular: Biomateriales en Regeneración Ósea. *Int. J. Morphol.* 2008, 26(4):853-859.
83. Piaggio Bravo LA, Sacsquispe Contreras SJ. Comparación histológica de la reparación ósea alveolar post-exodoncia utilizando una membrana colágena tipo esponja y un material de sulfato de calico. *Rev Estomatol Herediana.* 2008; (18) (2): 93-98.
84. García GM, Yassin GS, Bascones MA. Técnicas de preservación de alveolo y de aumento del reborde alveolar: Revisión de la literatura. *Av Periodon Implantol.* 2016, (28) (2): 71-81
85. Zander D, Yukna R. Particle Size of Periodontal Bone Grafting Materials. *J Periodontol.* 1984, 55: 406-9.
86. Tomford W, Mankin H. Bone banking. Update on methods and materials. *Orthop Clin North Am.* 1999 Oct (5): 65-70.
87. Whittaker J, James R, Lozada J, Cordova C, GaRey D. Histological response and clinical evaluation of heterograft and allograft materials in the elevation of the maxillary sinus for the preparation of endosteal dental implant sites. Simultaneous sinus elevation and root form implantation: an eight-month autopsy report. *J Oral Implantol.* 1989; 15: 141-144.
88. Bronstein M, Nappe C, Villavicencio J, Toro H, Guinez H. Preservación de alvéolos mediante fosfato tricálcico beta, con y sin membrana. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol Rehabil Oral.* 2016, 9 (2): 168-171.
89. AlGhamdi A, Shibly O, Ciancio S. Osseous grafting part I: autografts and allografts for periodontal regeneration: a literature review. *J Int Acad Periodontol.* 2010, 12(2): 34-8.
90. Malinin T, Temple H, Garg A. Bone Allografts in Dentistry: A Review. *Dentistry.* 2014, 4:2.
91. Tomlin E, Nelson S, Rossmann J. Ridge preservation for implant therapy: a review of the literature. *Open Dent J.* 2014, 8: 66-76.
92. Schoepf C. The Tutoplast® Process: A Review of Efficacy. *Summer Dental.* 2008, 17: 40-50
93. Calvo R, Figueroa A, Díaz C, Vaisman A, Figueroa F. Aloinjertos óseos y la función del banco de huesos. *Rev Med Chile,* 2011, 139: 660-666.
94. Wood R, Mealey B. Histologic comparison of healing after tooth extraction with ridge preservation using mineralized versus demineralized freeze-dried bone allograft. *J Periodontol.* 201; 83(3): 329-36.
95. Schepers E, de Clercq M, Ducheyne P, Kempeneers R. Bioactive glass particulate material as a filler for bone lesions. *J Oral Rehabil.* 1991; 18(5): 439-52.
96. Fickl S, Schneider D, Zühr O, Hinze M, Ender A, Jung R, Hürzeler M. Dimensional changes of the ridge contour after socket preservation and buccal overbuilding: an animal study. *J Clin Periodontol.* 2009; 36(5): 442-448.
97. Barteel B. Extraction site reconstruction for alveolar ridge preservation. Part 1: rationale and materials selection. Part 2: membrane-assisted surgical technique. *J Oral Implantol.* 2001; 27(4):187-97.

98. Bostrom M, Seigerman D. The Clinical Use of Allografts, Demineralized Bone Matrices, Synthetic Bone Graft Substitutes and Osteoinductive Growth Factors: A Survey Study. *HSS J*. 2005; 1(1): 9-18.
99. Prasanna K, Belliappa V, Ghousia F. Bone grafts in dentistry. *J Pharm Bioallied Sci*. 2013; 5(Suppl 1): S125–127.
100. Keating JF, McQueen MM. Substitutes for autologous bone graft in orthopaedic trauma. *J Bone Joint Surg Br*. 2001;83(1): 3-8.
101. Sam G, Madhavan BR. Evolution of Barrier Membranes in Periodontal Regeneration-“Are the third Generation Membranes really here?”. *J Clin Diagn Res*. 2014, 8(12): ZE14–ZE17.
102. El Sayegh TY, Pilliar RM, McCulloch CA. Attachment, spreading, and matrix formation by human gingival fibroblasts on porous-structured titanium alloy and calcium polyphosphate substrates. *J Biomed Mater Res*. 2002, 61: 482–492.
103. Sheikh Z, Hamdan N, Ikeda Y, Grynepas M, Ganss B, Glogauer M. Natural graft tissues and synthetic biomaterials for periodontal and alveolar bone reconstructive applications: a review. *Biomater Res*. 2017, 21: 9.
104. Nyman S, Lindhe J, Karring T, Rylander H. New attachment following surgical treatment of human periodontal disease. *J Clin Periodontol*. 1982, 9(4): 290-6.
105. Lo KW, Ulery BD, Ashe KM, Laurencin CT. Studies of bone morphogenetic protein-based surgical repair. *Adv Drug Deliv Rev*. 2012; 64(12): 1277-91.
106. Araújo MG, Lindhe J. Ridge alterations following tooth extraction with and without flap elevation: an experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res*. 2009; 20(6): 545-549.
107. Gharpure AS, Bhatavadekar NB. Current Evidence on the Socket-Shield Technique: A Systematic Review. *J Oral Implantol*. 2017 Jun.
108. Vignoletti F, Sanz M. Immediate implants at fresh extraction sockets: from myth to reality. *Periodontol 2000*. 2014; 66(1): 132-152.
109. Araujo MG, da Silva JC, de Mendonca AF, Lindhe J. Ridge alterations following grafting of fresh extraction sockets in man. A randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2014.
110. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol* 2004; 31: 820–828.
111. Alharbi HM, Babay N, Alzoman H, Basudan S, Anil S, Jansen JA. Bone morphology changes around two types of bone-level implants installed in fresh extraction sockets: A histomorphometric study in Beagle dogs. *Clin Oral Implants Res*. 2015; 26(9): 1106-1112.
112. Vera C, De Kok IJ, Reinhold D, Limpiphitanakorn P, Yap AK, Tyndall D, Cooper LF. Evaluation of buccal alveolar bone dimension of maxillary anterior and premolar teeth: a cone beam computed tomography investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012; 27(6): 1514-1519.
113. Willenbacher M, Al-Nawas B, Berres M, Kämmerer PW, Schiegnitz E. The Effects of Alveolar Ridge Preservation: A Meta-Analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2016; 18(6): 1248-1268.
114. Darby I, Chen S, Buser D. Ridge Preservation Techniques for Implant Therapy. *J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(Suppl):260–271

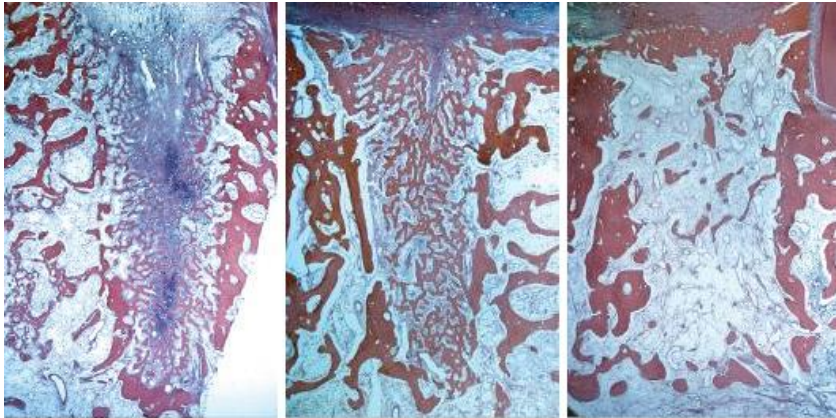
115. Barone A, Aldini NN, Fini M, Giardino R, Calvo Guirado JL, Covani U. Xenograft versus extraction alone for ridge preservation after tooth removal: a clinical and histomorphometric study. *Journal of Periodontology* 2008; 79(8):1370–7.
116. Friedmann A, Strietzel FP, Maretzki B, Pitaru S, Bernimoulin JP. Histological assessment of augmented jaw bone utilizing a new collagen barrier membrane compared to a standard barrier membrane to protect granular bone substitute material. *Clinical Oral Implants Research* 2002; **13** (6):587–94
117. Artizi Z, Tal H, Dayan D. Porous bovine bone mineral in healing of human extraction sockets. Part 1: histomorphometric evaluations at 9 months. *Journal of Periodontology* 2000;71(6):1015–23.
118. Becker W, Becker BE, Caffesse R. A comparison of demineralized freeze-dried bone and autologous bone to induce bone formation in human extraction sockets. *Journal of Periodontology* 1994;65(12):1128–33.
119. Carmagnola D, Adriaens P, Berglundh T. Healing of human extraction sockets filled with Bio-Oss. *Clinical Oral Implants Research* 2003;14(2):137–43.
120. Atieh MA, Alsabeeha NH, Payne AG, Duncan W, Faggion CM, Esposito M. Interventions for replacing missing teeth: alveolar ridge preservation techniques for dental implant site development. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015, Issue 5. Art. No.: CD010176.
121. Frost NA, Banjar AA, Galloway B, Huynh-Ba G, Mealey BL. The Decision-Making Process for Ridge Preservation Procedures After Tooth Extraction. *Clin Adv Periodontics* 2014;4:56-63.
122. Douglas G. Alveolar Ridge Preservation at Tooth Extraction. *CDA Journal*. 2005; 33 (3): 223-31.
123. Ten Heggeler J, Slot D, Van der Weijden G: Effect of socket preservation therapies following tooth extraction in non-molar regions in humans: A systematic review. *Clin Oral Impl Res* 2011;22:779–88
124. Vittorini Orgeas G, Clementini M, De Risi V, de Sanctis M: Surgical techniques for alveolar socket preservation: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Impl*. 2013;28:1049–61
125. Byayna J, Rincón I, Sanchez J, Morey M, Ortabe J. Management of anteroposterior bone defects in aesthetic restoration of the front teeth. *Rev Esp Cirug Oral y Maxilofac* vol.31 no.2 Barcelona mar./abr. 2009
126. Buser D, W. Martin, U.C. Belser. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: Anatomic and surgical considerations *Int J Oral Maxillofacial Implants*, 14 (suppl) (2004), pp. 43-61
127. Jung R, Ioannidis A, Hammerle C, Thoma D. Alveolar ridge preservation I the esthetic zone. *Periodontology* 2000, Vol.0, 2018, 1-11

10. Anexos

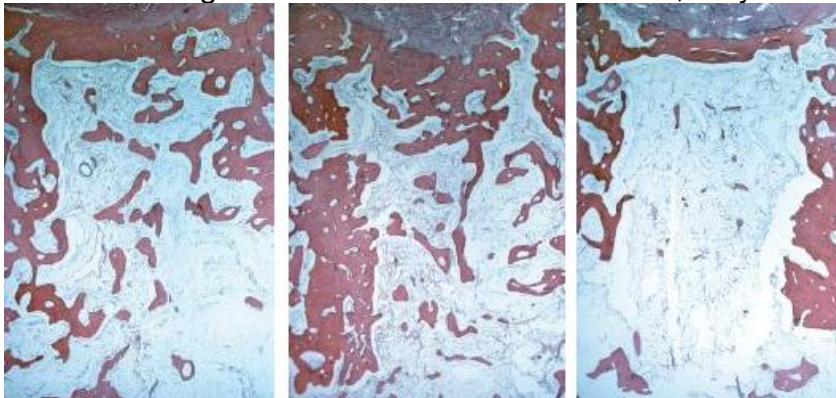
Anexo 1



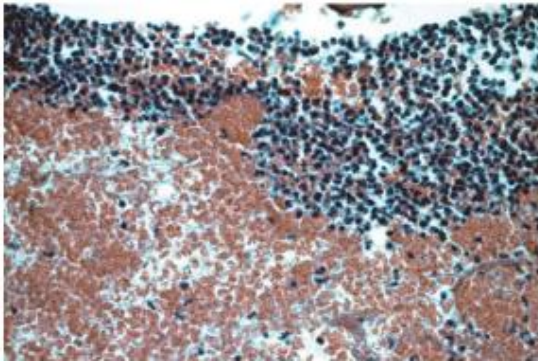
Cortes histológicos mesiodistales de alveolos 1,3 y 7 días postextracción⁴⁰



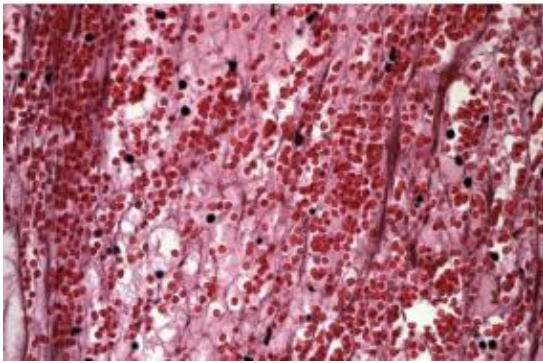
Cortes histológicos mesiodistales de alveolo 14, 30 y 60 días postextracción⁴⁰



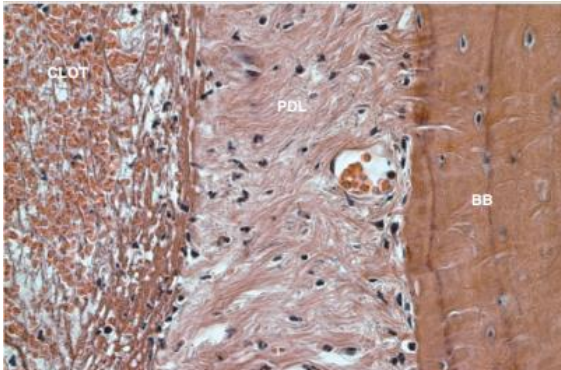
Cortes histológicos mesiodistales de alveolo 90, 120 y 180 días postextracción⁴⁰



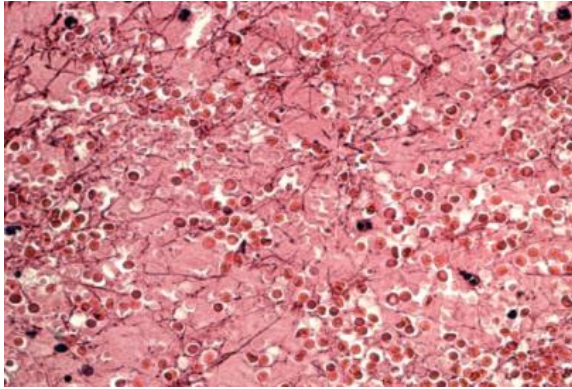
Se puede observar infiltrado inflamatorio localizado en la porción superior del coágulo sanguíneo, primer día posterior a la exodoncia⁴⁰



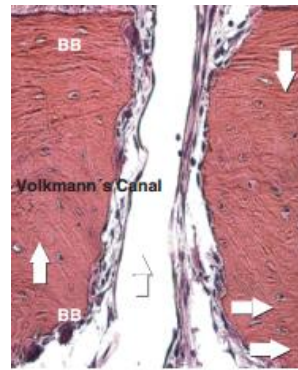
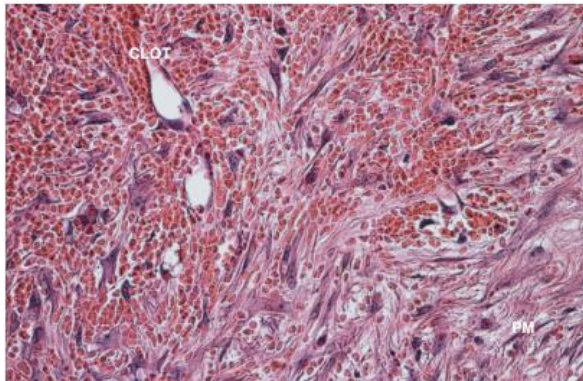
Coágulo sanguíneo organizado con presencia de eritrocitos atrapados en una malla de fibrina durante el día 1 post extracción⁴⁰



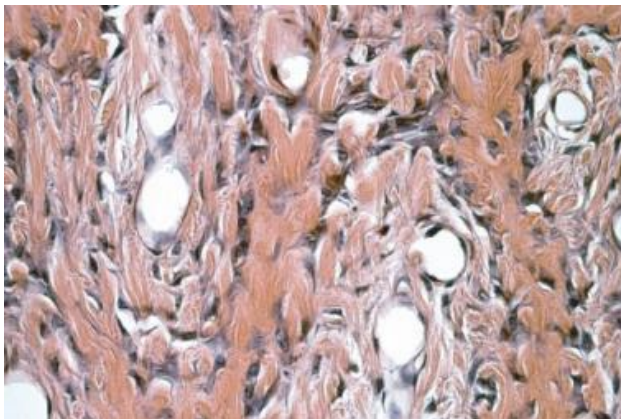
Se observa como el coágulo al primer día post extracción se encuentra en contacto con las fibras cortadas del ligamento periodontal⁴⁰



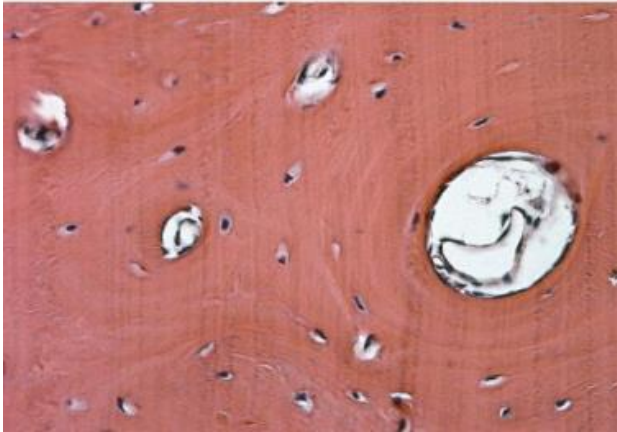
Porción central del coagulo, presencia de eritrocitos en varios estado de desintegración⁴⁰



Al 7^{mo} día el coagulo es invadido por la matriz provisional. b) La pared del alvéolo con un penetrante canal de Volkmann se evidencia la presencia de varios osteoclastos que residen en la superficie interna del canal de Volkmann.⁴⁰



Hueso trabecular inmaduro (woven bone) en la región central del alveolo al día 14 post extracción. La deposición de hueso mineralizado ocurre alrededor de los vasos sanguíneos⁴⁰



Hueso cortical neoforado. Corte correspondiente a la porción apical del alveolo a los 180 días después de la exodoncia⁴⁰

Anexo 2.

Membrana	Periógeno	Biosita	Paraguide	Biobar	Guía de tejidos	BioMend-Extend	BioMend	BioGide	Membrana
Constitución	Tipos I y III de colágeno	Colágeno tipo I (9,5%), sulfato de condroitina-	Colágeno tipo I (96%) y sulfato de condroitina-	Colágeno tipo I	Atelocollagen + tendón del colágeno	Colágeno tipo I	Colágeno tipo I	Tipos I y III de colágeno	Constitución
Método de reticulación	Gluteraldehído	DPPA b	DPPA b	N / A	HMDIC a	Formaldehído	Formaldehído	Ninguna	Método de reticulación
Fuentes de tejidos	Bovinos (dermis)	Piel de ternera	Piel de ternera	Bovino (tendón)	Bovinos (tendón + dermis)	Bovino (tendón)	Bovino (tendón)	Porcino (dermis)	Fuentes de tejidos
Tiempo de resorción	4-8 semanas	4-8 semanas	4-8 semanas	24-32 semanas	4-8 semanas	18 semanas	6-8 semanas	24 semanas	Tiempo de resorción
Membrana	Periógeno	Biosita	Paraguide	Biobar	Guía de tejidos	BioMend-Extend	BioMend	BioGide	Membrana
Constitución	Tipos I y III de colágeno	Colágeno tipo I (9,5%), sulfato de condroitina-	Colágeno tipo I (96%) y sulfato de condroitina-	Colágeno tipo I	Atelocollagen + tendón del colágeno	Colágeno tipo I	Colágeno tipo I	Tipos I y III de colágeno	Constitución
Método de reticulación	Gluteraldehído	DPPA b	DPPA b	N / A	HMDIC a	Formaldehído	Formaldehído	Ninguna	Método de reticulación
Fuentes de tejidos	Bovinos (dermis)	Piel de ternera	Piel de ternera	Bovino (tendón)	Bovinos (tendón + dermis)	Bovino (tendón)	Bovino (tendón)	Porcino (dermis)	Fuentes de tejidos
Tiempo de resorción	4-8 semanas	4-8 semanas	4-8 semanas	24-32 semanas	4-8 semanas	18 semanas	6-8 semanas	24 semanas	Tiempo de resorción

Anexo 2. Membranas comunes de barrera basadas en colágeno para uso clínico. HMDIC un Hexamethylenediiscyanate; DPPA b Difenilfosforilazida; HA hidroxipatita¹⁰³

Anexo 3

Fernandes et al.	18 pacientes	Matriz dérmica acelular y péptido P-15 de unión a células de matriz ósea anorgánica (prueba) vs	Clínica	6 meses	Cambio en el ancho de la cresta (test: -2.53 ± 1.81 mm; control: -3.40 ± 1.39 mm) Cambio en la altura de la cresta (test: -1.20 ± 2.02 mm; control: -1.50 ± 1.15 mm) No existe diferencia entre grupos	Camargo et al. (24)	16 pacientes 32 tomas	Vidrio bioactivo (prueba) vs. solo extracción (control)	Clínico	6 meses	Cambio en el ancho del reborde (prueba: 3,48 2,68 mm; control: 3,06 2,41 mm) Cambio en la altura del reborde (prueba: 0,38 3,18 mm; control: 1,00 2,25 mm) No hay diferencia entre grupos.
Mardas et al.	26 pacientes 26 alveolos	B-TCP (test) vs hueso bovino mineral	Clínica e histológico	8 meses	Cambio en ancho de cresta (test: -1.1 ± 1.0 mm; control: -2.1 ± 1.0 mm) Cambio en altura de cresta (test: -0.4 ± 0.5 mm; control: -0.1 ± 0.7 mm) No existe diferencias entre grupos						
Neiva et al. (61)	24 pacientes 24 tomas	Matriz de hidroxiapatita de forma de masilla combinado con la unión celular sintética péptido P-15 (prueba) vs.	Clínico, histológico y radiográfico	16 semanas	Cambio en el ancho de la cresta (test: 1.31 0.96 mm; control: 1.43 1.05 mm) Cambio en el alto de la cresta (test: 0.15 1.76 mm; control: 0.56 1.04 mm) Se observó una respuesta favorable cuando se aplicó la P15 a los alveolos de extracción						
Cardaropoli & Cardaropoli	10 pacientes 10 tomas	Mineral óseo bovino (serie de casos)	Clínica y histológico	4 meses	Cambio en la anchura de la cresta: de 11.8 1.53 mm a 9.95 2.31 mm						
Barone et al. (15)	40 pacientes 40 tomas	Hueso corticocanc eloso porcino (prueba) vs solo extracción (control)	Clínica y histológico	7 meses	Cambio en el ancho del reborde (prueba: 2,5 1,2 mm; control: 4,3 0,8 mm) Cambio en la altura del canto (prueba: 0,7 1,4 mm; control: 3,6 1,5 mm) Resorción limitada del grupo de ensayo						
Luczyszyn et al. (55)	15 pacientes 30 tomas	Matriz dérmica acelular y reabsorbible hidroxiapatita vs. acelular matriz	Clínica y histológico	6 meses	Anchura de la cresta (ensayo: 6,8 \ pm 1,26 mm, control: 5,53 + 1,06 mm) La matriz dérmica acelular fue capaz de preservar el espesor de la cresta y el uso adicional de hidroxiapatita reabsorbible favoreció la preservación de las crestas.						
Serino et al. (67)	36 pacientes 39 tomas	Esponja poliáltica y poliglicolida (prueba) vs solo extracción (control)	Clínica y histológico	6 meses	Cambio en la altura del canto (prueba: 0,2 1,5 mm, control: 0,7 1,2 mm) El grupo de prueba puede preservar o reducir la resorción ósea alveolar						
Iasella et al. (45)	24 pacientes 24 Tomas	Tetraciclina hidratada FDA (prueba) vs. solo extracción (control)	Clínica y histológico	4-6 meses	Cambio en el ancho del reborde (prueba: de 9,2 1,2 mm a 8,0 1,4 mm, control: de 9,1 1,0 mm a 6,4 2,2 mm) Cambio en la altura del reborde (prueba: 1,3 2,0 mm, control: 0,9 1,6 mm) FDA mejoró las dimensiones de altura y ancho de la cresta en comparación con la extracción sola.						

Cardaropoli et al.	Toloue et al.	Gholami et al.	Brownfield & Weltma	Kim et al	Mardas	Brkovic et al.	Nam et al.	Autores
41 pacientes 48 alveolos	41 paciente 31 alveolos	12 pacientes 28 alveolos	17 pacientes 20 alveolos	20 pacientes 20 alveolos	27 pacientes 27 alveolos	20 pacientes 20 alveolos	42 pacientes 44 alveolos	N
Hueso mineralizado bovino(test)vs extracción sin preservación	Sulfato de calcio(test)vs FDBA(control)	Hidroxiapatita nanocristalina sintética (grupo de ensayo 1) X mineral de hueso bovino	Matriz ósea osteoinductora desmineralizada con hueso esponjoso (prueba) vs. extracción sola (control)	Esponja de colágeno y xenoinjerto(test) vs extracción sola.	B-TCP(test) vs hueso mineral bovino(control)	El colágeno B-TCP / tipo I viene con (prueba) o sin (control) una membrana de barrera.	Mineral óseo recubierto de oligopéptido sintético (prueba) vs injerto óseo sin péptido	Material
Clinico e histológico	Clinico e histológico	Clinico e histológico	Clinico, histológico, radiográfico, tomografía	Histológico	Radiografía	Clinica e histológica	Clinica e histológica	Método de evaluación
4 meses	3 mese	6-8 meses	10-12 semanas	3 meses	32 semanas	9 meses	6 meses	Seguimiento
Grupo test presenta menos perdida en el ancho: (1.04 ± 1.08 mm vs. 4.48 ± 0.65 mm) y alto (0.46 ± 0.46 mm vs. 1.54 ± 0.33 mm) El mineral óseo bovino limita considerablemente la cantidad de resorción ósea horizontal y vertical	Cambio en el ancho de la cresta: (test: -1.33± 1.22 mm; control: -1.03 ± 0.87 mm) Cambio en el alto de la cresta (test: -0.32 ± 1.69 mm; control: -0.05 ±1.46 mm) No existen diferencias entre grupos	Ancho grupo test disminuyó de 7,75 ± 1,55 mm a 6,68±1,85 mm y en el grupo de ensayo 1 disminuyó de 7,36 ±1,94 mm a 6,43 ±2,08 mm No hay diferencia entre grupos	Cambios en el ancho de la cresta (test: -1.00 ± 0.40 mm; control: -1.30 ± 1.00 mm) Cambios en la altura de la cresta (test: -0.80 ±1.20 mm; control: -1.20 ±0.40 mm) No existen diferencias entre grupos	Reabsorció n en el ancho de la cresta (test: 14.26%; control: 20.74%) El xenoinjerto previene la reabsorción horizontal del alveolar, y los bloques de esponja de colágeno superior la infiltración de tejidos blandos a la zona inferior	Cambios en la altura de la cresta (test group: M side - 0.9 ± 1.2 mm; D side -0.7 ± 1.8 mm; control group: M side -0.4 ±1.3 mm; D side -0.7 ± 1.3 mm) No diferencia entre grupos.	Cambio en el ancho de la cresta (test: from 7.39 ±2.00 mm to 6.53 ±1.83 mm; control: from 7.88 ±2.33 mm to 6.59 -±2.44 mm) Cambio de la altura de la cresta (test: -2.3 ± 3.6 mm; control: -2.3 ± 2.1 mm) No existe diferencia entre grupos	Cambios en el ancho de la cresta (test: -1.2 ± 1.5 mm; control: -1.3 ±1.4 mm) Cambios en la altura de la cresta bucal (test: -2.3 ± 3.6 mm; control: -2.3 ± 2.1 mm) No existe diferencia entre grupos	Resultado

Autores	Shakibaie - M	Jung et. al	Clozza et al.	Cook & Mealey
N	10 pacientes 32 alveolos	40 pacientes 40 alveolos	13 pacientes 32 dientes	44 pacientes 44 alveolos
Material	Material de hueso bovino (grupo de prueba 1) vs. O hidroxiapatita y	Partículas de fosfato tricálcico beta (grupo de ensayo 1) frente a mineral óseo bovino cubierto con una matriz de colágeno (prueba grupo 2) vs DBBM-C cubierto con un injerto de tejido blando autógeno (prueba grupo 3) vs curación espontánea(control)	Vidrio bioactivo(se rie de casos)	Xenoinjerto de bovino (grupo de ensayo 1) vs esponja compuesta de colágeno bovino tipo I al 70% recubierto con hidroxiapatita no insonorizada al 30% (grupo de ensayo 2)
Método de evaluación	Clínica e histológica	Tomografía	Tomografía	Clínico e histológico
Seguimiento	12 – 14 semanas	6 mese	3 meses	21 semanas
Resultado	Reducción del ancho alveolar (grupo de ensayo 1 = 0,5 mm; grupo de ensayo 2 = 1,5 mm; control = 2,0 mm) Altura de cresta alveolar (grupo de ensayo 1 = 1,0 mm; grupo de ensayo 2 = 1,5 mm; control = 2,0 mm) Reducción fde la anchura de la encia (grupo de	Los cambios verticales oscilaron entre -0,6 mm (-10,2%) para el control y una ganancia de 0,3 mm (5,6%) para el grupo de ensayo 3 en el lado lingual, y entre -2,0 mm (-20,9%) para el fosfato tricálcico beta y un ganancia de 1,2 mm (8,1%) para el grupo de ensayo 3 en el lado bucal Los cambios de anchura de cresta más acentuados se registraron 1 mm por debajo de la cresta: - 3,3 mm (-43,3% control), - 6,1 mm (- 77,5%, beta - fosfato tricálcico), - 1,2 mm (- 17,4%) y -1,4 mm (- 18,1%, grupo de ensayo 3) DBBM - C cubierto con CM o injerto de tejido blando autógeno, dio lugar a cambios verticales y horizontales reducidos	Preservación del 77% den ancho original de la cresta. Pérdida del hueso en ancho es 1.8 ± 1.1 mm; pérdida ósea vertical 2.7 ± 1.1 mm	Cambios en la altura de la cresta vestibular (test group 1: -0.14 ± 2.21 mm; test group 2: 0.03 ± 2.81 mm) Cambios en la cresta de la altura lingual (test group 1: -0.21 ± 3.04 mm; test group 2: -1.18 ± 1.93 mm) Cambios en el ancho de la cresta (test group 1: -1.57 ± 1.21 mm/ test group 2: -1.16 ± 1.44 mm) No existe diferencia significativa entre grupos.

Autores	Araujo et al.	Thalmair et al.
n	28 pacientes 28 alveolos	10 pacientes 32 alveolos
Material	Hueso mineral bovino(test) vs extracción sola(control)	Corticanceloso colagenado prehidratado de hueso de porcino y libre injerto gingival (grupo de prueba 1) vs libre injerto gingival solo (grupo de prueba 2) vs. sustituto óseo xenogénico (grupo de prueba 3) vs extracción sola (control)
Método de evaluación	Tomografía	Clinica
Seguimiento	4 meses	4 meses
Resultado	El mineral óseo bovino contrarrestó la reducción en el tejido duro La reducción en el tejido duro fue de 3% en el grupo de prueba en comparación con el 25% en el control.	Todos los grupos mostraron contracción del contorno en el aspecto bucal que varía desde una reducción horizontal media de -0.8 ± 0.5 mm (grupo de ensayo 1) a -2.3 ± 1.1 mm (control) El injerto gingival libre limitó la contracción del contorno

Tabla: Estudios clínicos que evaluaron los alveolos injertados con diferentes materiales y barreras mecánicas para prevenir la reducción de la cresta alveolar después de la extracción dental²⁰.