

EVALUACIÓN DEL ROL DEL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA ÓSEA EN
PROCEDIMIENTOS REGENERATIVOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

JULIAN ALBERTO MOLANO PÉREZ
LAURA CAMILA SUÁREZ ÁLVAREZ
DANIEL STIWEN VALENCIA SÁNCHEZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA UNICOC
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
POSGRADO DE PERIODONCIA
BOGOTÁ
2020

EVALUACIÓN DEL ROL DEL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA ÓSEA EN
PROCEDIMIENTOS REGENERATIVOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

JULIAN ALBERTO MOLANO PÉREZ
LAURA CAMILA SUÁREZ ÁLVAREZ
DANIEL STIWEN VALENCIA SÁNCHEZ

MAURICIO ECHEVERRI ARIAS
Asesor Científico

ETHEL MARÍA DÍAZ LÓPEZ
Asesora Científica

CAMILO NOVOA
Asesor Metodológico

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA UNICOC
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
POSGRADO DE PERIODONCIA
BOGOTÁ
2020

El trabajo de grado “**EVALUACIÓN DEL ROL DEL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA ÓSEA EN PROCEDIMIENTOS REGENERATIVOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**”, fue elaborado por Julián Alberto Molano Pérez, Laura Camila Suárez Álvarez, Daniel Stiwén Valencia Sánchez, como requisito para optar el título de especialistas en **Periodoncia**.

La sustentación se llevó a cabo el 17 de noviembre de 2020.

Acta No. _____

Dr. Mauricio Echeverri Arias

Asesor Científico

Dra. Ethel Díaz López

Asesora científica

Dr. Camilo Novoa Bolívar

Asesor Metodológico

Dra. Sandra Aguilera Rojas
Directora Centro de Investigación
Colegio Odontológico – CICO

TRANSFERENCIA DE DERECHOS DE PUBLICACIÓN

Título del artículo: EVALUACIÓN DEL ROL DEL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA ÓSEA EN PROCEDIMIENTOS REGENERATIVOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Autores: Julián Alberto Molano Pérez, Laura Camila Suárez Álvarez, Daniel Stiwen Valencia Sánchez.

Los autores certifican que el artículo arriba mencionado es trabajo original y no ha sido previamente publicado, excepto en forma de resumen. Una vez aceptado para publicación en la revista que la Institución Universitaria Colegios de Colombia estipule, los derechos de autor serán transferidos a la universidad. Así mismo, declaran que no ha sido enviado en forma simultánea para su posible publicación en otra revista. Los autores acceden, dado el caso, a que este artículo sea incluido en los medios electrónicos que los editores de la Institución Universitaria Colegios de Colombia, consideren convenientes.

LAURA CAMILA SUÁREZ ÁLVAREZ

DANIEL STIWEN VALENCIA SÁNCHEZ

JULIAN ALBERTO MOLANO PÉREZ

C.C 1. 020.830.711

C.C 1.010.243.390

C.C 1.019.091.546

CESIÓN DE DERECHOS

Nosotros, **Julián Alberto Molano Pérez, Laura Camila Suárez Álvarez, Daniel Stiwén Valencia Sánchez**, manifestamos en este documento nuestra voluntad de ceder a la Institución Universitaria Colegios de Colombia los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la ley 23 de 1982, de la tesis de grado: **“EVALUACIÓN DEL ROL DEL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA ÓSEA EN PROCEDIMIENTOS REGENERATIVOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA”**, producto de nuestra actividad académica para optar por el título de Especialistas en Periodoncia de la Institución Universitaria Colegios de Colombia.

La institución tiene los derechos anteriores cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y publicación. Con todo, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la ley 23 de 1982. En concordancia, suscribimos este documento en el momento mismo de la ley 23 de entrega del trabajo final a la biblioteca de la Institución Universitaria Colegios de Colombia.

LAURA CAMILA SUÁREZ ÁLVAREZ

DANIEL STIWÉN VALENCIA SÁNCHEZ

JULIAN ALBERTO MOLANO PÉREZ

C.C 1. 020.830.711

C.C 1.010.243.390

C.C 1.019.091.546

Señores:

Sistema de Bibliotecas de UNICOC (SIBU)
Institución Universitaria Colegios de Colombia

Autorizamos a la unidad de investigación de la Institución Universitaria Colegios de Colombia a consultar y reproducir con fines de investigación, parcial o totalmente el contenido del trabajo de grado titulado: **“EVALUACIÓN DEL ROL DEL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA ÓSEA EN PROCEDIMIENTOS REGENERATIVOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA”** presentado a la unidad de investigación como requisito del programa para optar a el título de **Especialistas en Periodoncia** siempre que, mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al trabajo de investigación y a sus autores.

LAURA CAMILA SUÁREZ ÁLVAREZ

DANIEL STIWEN VALENCIA SÁNCHEZ

JULIAN ALBERTO MOLANO PÉREZ

C.C 1. 020.830.711

C.C 1.010.243.390

C.C 1.019.091.546

DEDICATORIA

A Dios, en primer lugar, por habernos dado la oportunidad de vivir, por permitirnos culminar con éxito nuestros estudios de pregrado y posgrado y por habernos otorgado las fuerzas para sobrellevar todos los altibajos que se nos presentaron durante la realización de nuestros estudios.

A nuestras familias, quienes han creído siempre en nosotros brindándonos un ejemplo de unión, superación y humildad.

A nuestros hermanos, por estar de manera incondicional cuando más lo necesitamos sin importar el día o la hora y por brindarnos ese amor que tanto necesitamos en los momentos más difíciles.

Y finalmente, a las próximas generaciones de periodoncistas, para que asuman con gran motivación los retos que se les presenten y aprovechen al máximo su camino de aprendizaje dentro de esta hermosa rama, la periodoncia.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a nuestros padres por la paciencia, dedicación, motivación, criterio y confianza puesta de manera incondicional en el día a día de esta meta que hoy alcanzamos.

Gracias a todos los docentes del posgrado de periodoncia de UNICOC sede Bogotá, por los consejos, la motivación y por enseñarnos a hacer fácil lo que en algún momento encontramos difícil. En especial, queremos agradecer a los asesores de este proyecto, quienes con su paciencia y su amabilidad fueron pequeños motores que contribuyeron con la culminación de este trabajo.

Gracias a todas aquellas personas que han sido parte de nuestra vida profesional, a cada paciente por confiar en nosotros, a todo el personal administrativo y a nuestros compañeros de posgrado por la compañía brindada durante estos años.

CONTENIDO

1.	Introducción.....	10
2.	Aspectos teórico científicos.....	12
2.1	Planteamiento del problema.....	12
2.2	Justificación.....	14
2.2.1	Propósito.....	15
2.3	Marco teórico.....	16
2.4	Objetivos.....	77
2.4.1	Objetivo general.....	77
2.4.2	Objetivos específicos.....	77
3.	Aspectos metodológicos.....	78
3.1	Tipo de estudio.....	78
3.2	Objeto de estudio.....	78
3.3	Población de estudio.....	78
3.4	Unidad de observación.....	79
3.5	Muestra.....	79
3.6	Muestreo.....	79
3.7	Criterios de selección.....	79
3.7.1	Criterios de inclusión.....	79
3.7.2	Criterios de exclusión.....	79
3.8	Aspectos éticos.....	79
3.9	Procedimiento.....	80
4.	Resultados.....	81
5.	Discusión.....	87
6.	Conclusiones.....	89
7.	Referencias bibliográficas.....	90

EVALUACIÓN DEL ROL DEL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA ÓSEA EN PROCEDIMIENTOS REGENERATIVOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

INTRODUCCIÓN

La realización de procedimientos regenerativos en los maxilares ha permitido a los profesionales a lo largo de la historia, brindar una solución efectiva a los diferentes dilemas clínicos que se derivan de la práctica en periodoncia (1). Con el transcurso de los años, se han venido empleando diferentes injertos y sustitutos óseos que permitan mantener las dimensiones volumétricas del reborde y establecer nuevos volúmenes óseos con el fin de obtener mejor pronóstico de las estructuras dentales afectadas con defectos infraóseos y rebordes edéntulos aptos para su posterior rehabilitación (2, 3). Existen diferentes presentaciones de materiales óseos en el mercado, incluyendo bloques, masillas y particulados, dentro de los cuales se encuentran tamaños de partícula pequeños, medianos y grandes, encontrándose gran heterogeneidad y ausencia de consenso para el uso específico de cada una de ellas.

La evidencia sobre el empleo de los diferentes tamaños de partícula ósea, desde los inicios de la regeneración periodontal y hasta la actualidad, ha sido considerada limitada e inconsistente, limitando al clínico en la toma de decisiones adecuadas durante procedimientos regenerativos de su práctica cotidiana con base en un alto nivel de evidencia científica. Los diferentes injertos y sustitutos óseos para el tratamiento de los defectos de los maxilares, han sido sometidos a investigaciones que revelan sus propiedades y resultados, sin embargo, se ha subestimado la posible influencia que pudiera tener en los mismos el tamaño específico de la partícula ósea.

Desde dicho punto de vista, la elección del tamaño de la partícula a lo largo de la historia, ha sido realizada con base en las preferencias del especialista, el tamaño del defecto óseo y la simplicidad de la manipulación de la partícula durante el procedimiento quirúrgico.

A lo largo de los años, se ha considerado que partículas óseas grandes facilitan la neoformación de vasos sanguíneos a través de su estructura comparado con las partículas óseas de tamaño pequeño, sin embargo, su impacto en la tasa de formación de hueso nuevo, osteoconducción y degradación del injerto o sustituto óseo aún no se ha reportado (4).

El propósito de esta investigación es realizar una revisión sistemática de la literatura la cual permita aclarar cuál es el rol que desempeña el tamaño de la partícula ósea de aloinjertos y xenoinjertos en diferentes procedimientos regenerativos, y así mismo, brindar al clínico una guía más acertada para la utilización de las diferentes presentaciones del tamaño de partícula ósea durante su práctica clínica.

I. ASPECTOS TEÓRICO CIENTÍFICOS

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La reabsorción del hueso alveolar es un evento complejo que involucra componentes estructurales, funcionales y fisiológicos. Este, ocurre como resultado de un proceso natural de cicatrización posterior a la exodoncia, que puede alterarse por una manipulación excesiva y agresiva de los tejidos durante el procedimiento quirúrgico (5). Como consecuencia de ello, se obtiene una atrofia por desuso, que resultará en una reabsorción intensa del hueso alveolar y una invaginación parcial de la mucosa (6), la cual comprometerá tanto la estética como la rehabilitación futura del paciente (7).

Existen diferentes situaciones clínicas que pueden hacer necesaria la extracción de un diente, ya sea el mal pronóstico periodontal, endodóntico, estético o protésico (8). Desafortunadamente y a pesar de los grandes avances tecnológicos ocurridos en el campo de la odontología, la exodoncia sigue siendo uno de los procedimientos quirúrgicos más realizados, usualmente sin ninguna consideración de la preservación del reborde alveolar (7, 8).

La cicatrización del reborde posterior a la exodoncia deja como resultado final una disminución en el volumen del reborde alveolar de 5,0 a 7,0 mm en sentido vestibulo-palatino/lingual, y de 1,5 a 2,0 mm en sentido corono apical, evaluado a los 12 meses posteriores a la extracción dental (8). Por otro lado, una revisión sistemática que evaluó los cambios dimensionales del reborde alveolar posteriores a la extracción de los dientes, evidenció una pérdida ósea significativa de 3.8 mm en espesor y 1.24 mm en altura durante los primeros 6 meses siguientes a la pérdida dental (7).

La preservación del reborde alveolar se convierte en una opción quirúrgica efectiva para disminuir las alteraciones del reborde residual postexodoncia tanto en sentido horizontal como vertical (9). Diferentes opciones han sido empleadas a lo largo de la historia incluyendo el uso de materiales de injerto de origen humano, animal o sintético, con o sin el uso de membranas para lograr la optimización de la restauración funcional y estética de los implantes dentales; sin embargo, a pesar de que existen reportes sobre la efectividad de las técnicas, la evidencia científica sigue siendo mínima en cuanto a la superioridad de una técnica sobre la otra (7, 8).

El hueso autólogo ha sido considerado como el estándar de oro gracias a sus propiedades osteogénicas, osteoinductivas y osteoconductoras, sin embargo, su uso ha demostrado una tasa impredecible de reabsorción (10), la obtención de tejido sano en un sitio donante generando mayor morbilidad, y una cantidad limitada de volumen óseo en sitios intraorales. Así mismo, los sitios extraorales pueden proporcionar mayor volumen, pero conllevan mayores costos y riesgos para el paciente (11).

Por otro lado, los aloinjertos, con propiedades características osteoconductoras y osteoinductivas, tienen como principal limitación el riesgo de producir reacciones inmunológicas y posible transmisión de enfermedades como resultado de su contenido proteico (9).

En lo concerniente al uso de xenoinjertos de origen bovino, y en mayor medida de origen porcino, se detectan vacíos en la evidencia científica en cuanto a su estudio y propiedades (7), generando inquietudes relacionadas frente al éxito que puedan proporcionar en la preservación de los rebordes alveolares posterior a la extracción de estructuras dentales.

A nivel comercial, los materiales de injerto óseo se encuentran disponibles en diferentes presentaciones: bloque, particulado y moldeable, así como también en diferentes tamaños de partícula, sin embargo, la evidencia científica no es concluyente frente al uso, indicación o ventajas específicas de cada tamaño de partícula para su empleo en procedimientos regenerativos; motivo por el cual, se hace necesario elaborar una revisión sistemática de la literatura con el fin de unificar conceptos los cuales permitan al operador tener una guía frente la toma de decisiones clínicas.

PREGUNTA PICO

¿El tamaño de la partícula ósea en procedimientos regenerativos periodontales y óseos influye en el mantenimiento y ganancia de las dimensiones volumétricas?

JUSTIFICACIÓN

El uso de diversos biomateriales como el hueso autólogo, alogénico, xenogénico y materiales aloplásticos han sido justificados dentro de procedimientos regenerativos, ya que disminuyen la pérdida del volumen de hueso alveolar, obteniendo así, adecuadas características de tejidos duros y blandos que mejorarán tanto el resultado estético como funcional del paciente (8).

Estudios realizados han buscado identificar en cada uno de los materiales mencionados sus principales propiedades, las cuales han revelado ventajas y desventajas en cuanto a su uso, y han llevado a la conclusión que no se ha encontrado el injerto o sustituto óseo ideal hasta la actualidad (8, 9). No obstante, dado que se denota tendencia hacia la investigación de autoinjertos y aloinjertos, se presenta gran

carencia de información frente al uso, propiedades y resultados de los xenoinjertos (7).

Dentro la escasa literatura existente sobre este tipo de sustituto, autores como Nannmark y Sennerby (12), lograron corroborar las propiedades osteoconductoras de este material, observando su reabsorción y remodelado a través de la formación de osteonas en las proximidades a las partículas de xenoinjerto.

En contraste, no se encontraron estudios científicos con un alto nivel de evidencia en cuanto al uso de diferentes tamaños de partícula, los cuales permitan al clínico brindar recomendaciones claras para el empleo de estas; por lo cual, se considera importante recopilar, evaluar y comparar los resultados de diferentes estudios que proporcionen relevancia clínica en la práctica diaria odontológica.

PROPÓSITO-IMPACTO

El estudio tendrá como fin evaluar la evidencia disponible sobre el empleo de diferentes tamaños de partícula para la ganancia y el mantenimiento de las dimensiones óseas en procedimientos regenerativos, disminuyendo el vacío existente en cuanto los beneficios que proporcionan cada uno de los diferentes tamaños de partícula. Adicionalmente, incentivará futuras investigaciones que respalden el empleo de diferentes tamaños de partículas y favorezcan tanto a la comunidad científica como a los pacientes.

MARCO TEÓRICO

1. ANATOMÍA PERIODONTAL

El aparato de soporte periodontal o periodonto, es conocido como el conjunto de tejidos que rodean y proporcionan protección e inserción a las estructuras dentales, dentro de los cuales se encuentra la encía, el ligamento periodontal, cemento radicular y hueso alveolar (13).

Teniendo en cuenta sus 2 funciones principales se ha dividido a lo largo de los años en periodonto de protección y periodonto de inserción:

Periodonto de protección:

Encía: La encía es la parte de la mucosa masticatoria que recubre el proceso alveolar y rodea la porción cervical de los dientes. Macroscópicamente, ésta se encuentra dividida en encía libre o marginal, encía adherida y encía interdental.

La encía libre presenta un color rosado coral, una superficie opaca, punteado gingival y una consistencia firme y resiliente. Comprende el tejido gingival tanto en la superficie vestibular como lingual/palatina de los dientes, y se extiende macroscópicamente desde el margen gingival hasta el fondo del surco.

Por otra parte, la encía adherida se encuentra delimitada desde el fondo del surco hasta el límite coronal de la mucosa alveolar o también denominado línea mucogingival. Esta encía presenta textura firme, color rosado coral y pequeñas depresiones a lo largo de su superficie (14).

Periodonto de inserción:

Ligamento periodontal: Es un tejido conectivo especializado blando situado entre la superficie de cemento radicular que recubre la raíz dental y el hueso que conforma la

pared alveolar. Su diámetro oscila entre 0.15 mm y 0.38 mm, y su función principal es mantener los dientes anclados al alvéolo. De la misma manera, permite amortiguar las fuerzas oclusales y actuar como receptor sensorial, necesario para el apropiado posicionamiento de los maxilares durante el proceso de masticación. Sus fibras principales se clasifican conforme a su disposición en los siguientes grupos: crestalveolares, horizontales, oblicuas y apicales (13).

Este tejido es considerado como un reservorio de células para la homeostasis tisular y un participante importante de los procesos de reparación y regeneración.

Cemento radicular: Es considerado un tejido conectivo duro, avascular, el cual recubre la superficie radicular de los dientes y permite adherir las fibras principales del ligamento periodontal. Se clasifica en cemento acelular de fibras extrínsecas y cemento celular de fibras intrínsecas. Su composición bioquímica contiene aproximadamente un 50% de porción mineral y un 50% de porción orgánica (14).

El cemento acelular se extiende desde la unión amelocementaria hasta la porción media de la raíz, se deposita antes de que el diente alcance su primer contacto oclusal y las fibras extrínsecas de Sharpey constituyen la mayor parte de su estructura. Por otra parte, el cemento celular se ubica en la porción más apical de la raíz y se deposita luego de que el diente entre en contacto oclusal, y en respuesta a exigencias funcionales durante toda la vida (15).

Hueso alveolar: Es un tejido conectivo especializado mineralizado compuesto principalmente por una matriz inorgánica (90%) y una matriz orgánica (10%). Cumple funciones de soporte y protección a los dientes, almacenamiento mineral, formación ósea y remodelado, gracias a su alto componente biológico (16).

2. ANATOMÍA ÓSEA

Uno de los principales componentes anatómicos del aparato de soporte periodontal es el proceso alveolar, éste representa extensiones óseas del cuerpo de la mandíbula o maxilar superior las cuales son consideradas dependientes del diente (14) y se pueden dividir principalmente en dos partes: *el hueso alveolar y el hueso basal*. (16). La parte que contiene las raíces de los dientes y los brotes de dientes en desarrollo es conocida como *hueso alveolar*, mientras que la continuación apical del primero es considerada como *hueso basal* (16). El *hueso alveolar* se compone de dos partes específicas, una que recubre la pared del alvéolo dental permitiendo la unión al cemento radicular por medio del ligamento periodontal *denominada hueso alveolar propiamente dicho*, y la segunda corresponde a la porción restante de tejido óseo que permite dar soporte a los dientes pero que no se encuentra en contacto con el ligamento periodontal denominada *hueso de soporte*. Este hueso de soporte contiene en su porción externa las tablas corticales de las superficies vestibular y lingual y en su porción interna un hueso esponjoso localizado en medio del hueso alveolar propiamente dicho y la tabla cortical (13, 14).

La tabla ósea vestibular, especialmente aquella localizada en el maxilar superior anterior, ha demostrado presentar un espesor menor a 1 mm en el 90% de los casos y menor a 0.5 mm en cerca del 50% de los casos (17, 18). Por dicha razón, debido a su escaso espesor y a que se encuentran constituidas principalmente por un hueso fasciculado que netamente tiene inserción y aporte vascular por los haces de fibras del ligamento periodontal, parecen ser propensas a la reabsorción ósea posterior a la extracción dental (19).

Por el contrario, la pared lingual o palatina del alvéolo suele tener un grosor mayor comparado con su contraparte vestibular, así como también aquellas tablas óseas ubicadas zonas de premolares y molares (20).

El hueso localizado entre las raíces de dientes multirradiculares es denominado hueso interradicular o tabique interradicular y aquel que se encuentra entre las raíces de los dientes adyacentes se denomina hueso interdental o tabique interdental (13).

3. REGENERACIÓN TISULAR GUIADA

La enfermedad periodontal es considerada una patología de tipo inflamatorio crónico, en la cual se genera una pérdida de soporte periodontal ocasionada por la activación y alteración del sistema Rank-Rankl, y en la cual se obtienen defectos supraóseos posteriores a la pérdida dental, defectos interradiculares y defectos infraóseos (verticales) alrededor de los dientes afectados periodontalmente, comprometiendo su pronóstico a corto, mediano y largo plazo (21).

Como respuesta a la problemática generada por la pérdida de soporte periodontal, el procedimiento de regeneración tisular guiada surge en la década de los 80, con el objetivo de permitir la formación de nuevo cemento radicular, ligamento periodontal y hueso alveolar, mejorando la condición y arquitectura de los defectos infraóseos e interradiculares que se presentan a causa de la enfermedad periodontal (22).

Los defectos infraóseos se clasifican según el número de paredes remanentes: defecto intraóseo de tres paredes, defecto intraóseo de dos paredes, defecto intraóseo

de una pared o defecto combinado, teniendo en cuenta que en sentido corono-apical se puede llegar a tener más de una clasificación. Cuando el defecto óseo compromete dos dientes en la superficie interproximal, éste es denominado defecto crateriforme (23).

Así mismo, los defectos interradiculares o defectos de furca pueden ser clasificados tanto en sentido horizontal como en sentido vertical. Según la clasificación propuesta por Hamp et al, en la cual se evalúa la pérdida de soporte óseo en sentido horizontal, la furca grado I es caracterizada por una pérdida ósea la cual no excede $1/3$ del ancho del diente; en la furca grado II la pérdida ósea horizontal sobrepasa $1/3$ del ancho del diente, sin abarcar la totalidad del ancho del área del diente, y en la furca grado III se presenta una destrucción completa del soporte óseo periodontal en sentido horizontal (24).

Tarnow et al, años más tarde, proponen una clasificación para la evaluación de defectos interradiculares en sentido vertical, en la cual evalúan la distancia existente desde el fórnix radicular hasta la cresta ósea interradicular, considerando la clasificación siguiente manera: Subclase A: en la cual la pérdida ósea es menor a 3 mm, Subclase B: entre 4-6 mm y Subclase C: pérdida ósea mayor a 7 mm (25).

El concepto de regeneración tisular guiada incluye desde su aparición, la utilización de membranas de barrera para la exclusión de células propias del tejido conectivo y la migración de células mesenquimales del ligamento periodontal a la zona quirúrgica para permitir la regeneración. La estabilidad de la zona proporcionada tanto por la membrana utilizada, como por la arquitectura ósea del defecto, permitirá predecir el

grado de regeneración periodontal a obtener en la zona afectada. Por tanto, defectos intraóseos de 3 paredes tendrán mejor pronóstico que aquellos defectos intraóseos de 1 pared y/o crateriformes, y furcas grado I o grado II subclase A y B funcionarán mejor que furcas grado III subclase C (26).

Con el transcurso de los años, la implementación de materiales de injerto o sustitutos óseos para procedimientos de regeneración tisular guiada, ha permitido mejorar la estabilidad de la zona afectada y brindar propiedades de osteogénesis, osteoinducción y osteoconducción, mejorando así, la neoformación ósea. En una revisión sistemática de Sculean et al en el 2015, se reporta que el injerto de elección en dicho procedimiento es el autoinjerto gracias a sus excelentes propiedades biológicas y mecánicas, y en segunda instancia el aloinjerto óseo; sin embargo, se reitera que el éxito del procedimiento no se encuentra basado en el material elegido sino en la correcta exclusión de las células del tejido conectivo de la zona intervenida (27).

Por otra parte, no se encontró evidencia sólida sobre el tamaño de partícula ósea ideal a emplear para la realización del procedimiento, no obstante, la tendencia clínica observada durante la práctica clínica se dirige hacia el empleo de partículas óseas de tamaño pequeño, gracias a su fácil manipulación y posible mejor relleno del defecto intraóseo.

4. EXTRACCIONES DENTALES

El mantenimiento de la dentición natural en condiciones óptimas de salud, función y estética con el objetivo final de mejorar el bienestar de los pacientes, sigue siendo el

propósito principal de la terapia periodontal (6). Sin embargo, la extracción dental es considerada uno de los procedimientos más comunes a causa de diferentes situaciones clínicas, ya sea mal pronóstico periodontal, endodóntico, protésico o estético (28). Debido a que la realización de la misma conlleva a una disminución del reborde alveolar remanente y alteraciones visibles de los tejidos blandos (29), es importante la consideración de opciones de tratamiento para el remplazo dental (28). La extracción de dientes desencadena una cascada de eventos biológicos mediados por la respuesta local inflamatoria e inmune de la zona quirúrgica; éstos, dan lugar a cuatro etapas diferentes durante el proceso de cicatrización: inflamación, fibroplasia, mineralización y remodelado óseo (30).

La dinámica de formación del tejido óseo en sitios post extracción fue presentada por primera vez por Cardaropoli et al., en el año 2003 (31) en un modelo animal en el cual se explicó uno a uno los sucesos que acontecen una vez el diente es desalojado de su alvéolo.

Posterior a la extracción dental, el alvéolo es ocupado por un coágulo sanguíneo inestable, el cual es levemente estabilizado por una red de fibrina irregular (31), asimismo, células inflamatorias como leucocitos polimorfonucleares llegan al sitio en respuesta de la injuria traumática que acaba de recibir el tejido periodontal (32). Durante el día 3 posterior a la extracción, el coágulo de sangre se encuentra atrapado en una red de fibrina totalmente estable junto a un mayor número de células inflamatorias de origen específico como los linfocitos (32, 33). Una vez finaliza este período de cicatrización inicial, pequeños segmentos del coágulo son reemplazados por un tejido de granulación altamente vascularizado, con fibras de tejido conectivo recién formadas en la parte central y apical del alvéolo, vasos

sanguíneos, células mesenquimales y un infiltrado de células inflamatorias, incluyendo osteoclastos que han iniciado desde el día 7 el proceso de remodelado óseo en la porción más coronal del alvéolo (19, 31).

Aproximadamente 14-30 días después de iniciado el proceso de cicatrización ósea se inicia la formación de una red de hueso inmaduro y no estructurado, la cual tiene por objetivo llenar el alvéolo en proceso de cicatrización, inicialmente desde su porción más externa, exceptuando la región central, donde aún permanecen cantidades significativas de matriz provisional de tejido conectivo (31, 34). Se observa la mayor parte de reabsorción del hueso vestibular debido a la interrupción del aporte sanguíneo por ausencia del ligamento periodontal y se finaliza el primer mes con un alvéolo que contiene en su interior hueso inmaduro recién formado (19).

A partir del segundo mes de cicatrización y hasta el sexto mes, el tejido inmaduro es sometido a un proceso de remodelado óseo para la obtención final de una matriz ósea organizada, estructurada y madura, culminando el proceso con el desplazamiento apical aproximadamente de 2 mm de la tabla ósea vestibular y la formación de una capa de hueso cortical sobre la porción más coronal del reborde ya cicatrizado (35).

Como consecuencia de este suceso, la reabsorción marcada del hueso alveolar y la invaginación parcial de la mucosa con engrosamiento de los tejidos blandos es obtenida durante a las primeras semanas y meses posteriores a la extracción de la pieza dental (6).

Los defectos más comunes generados como resultado de la pérdida dental por extracciones, alcanzan a abarcar una disminución de las dimensiones horizontales y

verticales del reborde alveolar hasta de un 40-60% durante los dos primeros años (29, 36). Sin embargo, para comprender los cambios posteriores a la extracción del diente tanto en la zona estética como zona posterior, es fundamental entender las características anatómicas e histológicas de los tejidos que rodean al diente previo a la extracción (37).

Histológicamente, la parte interna de la pared del alvéolo contiene hueso laminar, denominado en alguna literatura, “bundle bone” o “hueso fasciculado”. Estudios experimentales previos demostraron que la porción coronal de la cortical de hueso vestibular a menudo se encuentra compuesta únicamente por hueso laminar (31). Este hueso delgado pierde su función después de la extracción dental y se reabsorbe debido a la actividad osteoclástica y a la pérdida de vascularización proveniente antes del ligamento periodontal, generando una pérdida aún más rápida. Por tal motivo, Lindhe et al., (19) consideraron que la reabsorción del hueso laminar es la responsable de la sustancial reducción vertical y horizontal del reborde alveolar, generando como consecuencia, las marcadas alteraciones parciales o totales de tejidos duros y blandos de la cavidad oral.

A lo largo de los años se han sugerido diferentes factores que pueden influir significativamente en la atrofia del reborde edéntulo como procesos patológicos preexistentes, presión excesiva de prótesis removibles, presencia de un fenotipo delgado y el número de dientes ausentes (38, 39).

Una revisión sistemática evaluó los cambios morfológicos en la altura y ancho del reborde residual posterior a la extracción del diente, y sus resultados demostraron que la pérdida ósea clínica en ancho es mayor que la pérdida ósea en altura. La reducción media en el ancho del reborde alveolar se calculó en aproximadamente

4 mm, y la reducción media en altura fue de aproximadamente 1,7 mm. Por otro lado, la reducción de altura crestal media, evaluada radiográficamente fue de 1,53 mm (40).

Una gran cantidad de factores pueden influir en los patrones de reabsorción de la cresta y del reborde alveolar, tales como la cantidad de dientes a extraer, la morfología del alvéolo, el fenotipo periodontal, tabaquismo, factores sistémicos y el cumplimiento del paciente; motivo por el cual, se debe anticipar cierto grado de pérdida ósea incluso si es realizado algún procedimiento de preservación del reborde alveolar, siendo ésta variable, gracias a la influencia de factores locales y sistémicos que aún no se comprenden completamente (41).

Los cambios a nivel de tejidos blandos son evidentes desde la segunda semana posterior a la extracción y el grado de alteración usualmente se encuentra condicionado al fenotipo óseo de la zona intervenida. En fenotipos óseos gruesos, donde la reabsorción ósea esperada es mínima, los tejidos blandos permanecerán sin cambios o con cambios mínimos durante el proceso de cicatrización; contrapuesto con la evaluación de fenotipos óseos delgados en los que la reabsorción esperada es mayor, en este caso, los tejidos blandos revelarán un engrosamiento espontáneo hasta de un 50%, generando una mimetización del defecto óseo obtenido (42, 43).

En los escenarios clínicos que involucran un diente sin esperanza indicado para extracción, y considerando el reemplazo futuro con prótesis dentales fijas e implantes, el manejo adecuado del sitio de extracción puede contribuir a lograr resultados predecibles y satisfactorios, particularmente en la zona anterior maxilar (6).

Un reborde alveolar adecuado es fundamental para el éxito de la rehabilitación

funcional de los arcos dentales (44). Idealmente, la planeación terapéutica comienza antes de la extracción dental y ofrece diferentes opciones para el mantenimiento de las dimensiones de tejidos duros y blandos (37).

4.1 Extracción dental atraumática

El mantenimiento de las dimensiones óseas por medio de los diferentes procedimientos de preservación del reborde alveolar inicia desde la planeación del acto quirúrgico, el cual incluye la selección de la técnica, el instrumental idóneo y los materiales a utilizar, con el fin de obtener el mayor éxito posible y la mínima pérdida ósea como resultado del proceso de cicatrización del alvéolo.

Durante la extracción dental, es esencial utilizar técnicas poco traumáticas con el fin de preservar los tejidos periodontales y prevenir cualquier daño o lesión a lo largo del procedimiento quirúrgico (45); de esta forma, algunas modificaciones básicas a la técnica de extracción tradicional podrían ayudar disminuir el trauma tanto en tejidos duros como en los tejidos blandos.

Un estudio publicado por Fickl et al concluye que la extracción dental sin la elevación de colgajo mucoperióstico disminuye la tasa de reabsorción del alvéolo post exodoncia en la fase temprana de cicatrización (4-8 semanas) (46) y la posibilidad de perforación o daño al colgajo elevado.

En la actualidad, se encuentran disponibles diferentes instrumentos y enfoques quirúrgicos para promover la extracción dental con bajo trauma como lo son periotomos, instrumentos de piezocirugía o piezoeléctricos y dispositivos para extracción vertical de los dientes (47).

Así mismo, la piezocirugía ha sido empleada para la extracción atraumática o mínimamente traumática de las piezas dentales, permitiendo generar corte únicamente a nivel de tejidos duros sin ocasionar daño a nivel de los tejidos blandos. Esta tecnología ofrece ventajas adicionales como la disminución en el sangrado perioperatorio y mayor comodidad para el paciente en términos de dolor e inflamación (48). En los casos en que se requiere osteotomía para realizar la extracción dental, se ha informado una reparación y un remodelado óseo más favorable mediante el empleo de piezocirugía comparado con las fresas de carburo o diamante tradicionales. Además, desempeña un papel importante en el incremento de la densidad ósea y en la disminución de pérdida ósea adyacente a la zona de extracción.

5. PRESERVACIÓN DE REBORDE ALVEOLAR

Previo al inmenso desarrollo de la implantología, la extracción de dientes rara vez fue seguida por procedimientos de preservación del reborde alveolar, teniendo en cuenta que el reemplazo de los dientes por medio de prótesis dentosoportadas, mucosoportadas y dentomucosoportadas, ocasionalmente requerían del mantenimiento de las dimensiones verticales y horizontales del reborde edéntulo.

Hoy en día, se entiende que el mantenimiento de las mismas puede ser fundamental para el éxito y la colocación del implante dental (41, 49, 50). Si bien en ciertos casos la preservación del reborde alveolar podría resultar en el mantenimiento de un volumen óseo suficiente para la colocación de un implante dental en una posición restauradora ideal, este, pudiera no ser suficiente en todos los casos clínicos y requerir de procedimientos un poco más invasivos como la regeneración ósea guiada

(51).

Las técnicas de preservación del reborde alveolar han sido reportadas en la literatura como aquellos procedimientos destinados a disminuir la serie de cambios dimensionales que se producen posteriores a la exodoncia (28, 49, 52). A lo largo de los años, diversos enfoques terapéuticos se han planteado para el mantenimiento del reborde edéntulo como la conservación de raíces sumergidas (53), la colocación inmediata del implante en el alvéolo post extracción (54), el injerto en el alvéolo mediante la combinación de diferentes enfoques y materiales (6, 55, 56, 57), la extrusión ortodóntica forzada hasta el momento de la colocación del implante (58) y recientemente la terapia de extracción parcial o comúnmente denominada socket shield (59, 60, 61).

Cada una de las técnicas anteriormente mencionadas han tenido mayor o menor relevancia en el ámbito clínico y académico, no obstante, se han distinguido por presentar conceptos totalmente diferentes frente al procedimiento, pero similares en cuanto a su objetivo.

Quinn y Kent en 1984, fueron pioneros en publicar el primer estudio de preservación del reborde alveolar, realizando la colocación de un sustituto óseo dentro de un alvéolo fresco con el objetivo de mantener las dimensiones óseas y contrarrestar el proceso de reabsorción. Seguido esto, en 2001 se propone una teoría en la cual se explica que las partículas óseas distribuirían las fuerzas oclusales recibidas hacia las demás partículas y posteriormente hacia las paredes del alvéolo, manteniendo de esta forma, la estructura tridimensional del reborde de manera funcional (62).

El uso de materiales de injerto en el alvéolo presenta enfoques diferentes relacionados con el tipo de tejido que se quiera preservar; el empleo de injertos de tejido conectivo

subepitelial, injertos gingivales libres o matrices dérmicas acelulares (63) permitirán la preservación de tejidos blandos de la zona intervenida. Injertos y sustitutos óseos como autoinjertos, aloinjertos, xenoinjertos y materiales aloplásticos, disminuirán la pérdida ósea posterior a la exodoncia (52). Así mismo, la combinación de materiales e injertos de tejidos blandos y duros permitirán la preservación de ambos tejidos y la colocación del implante dental en una posición protésicamente ideal con un resultado estético para el paciente (37).

Para el empleo de los diferentes materiales y sustitutos óseos se ha considerado prudente el uso de membranas reabsorbibles (colágeno) o no reabsorbibles (politetrafluoroetileno denso o expandido), con el fin de impedir la migración de células epiteliales hacia el centro del alvéolo, inhibiendo de esta manera la neoformación ósea (64).

Diferentes estudios han investigado la eficacia de concentrados autólogos plaquetarios y agentes bioactivos para la preservación de las dimensiones óseas alveolares debido a su atractivo conceptual, sin embargo, la evidencia referente a este concepto aún no es lo suficientemente consistente (65, 66).

En general, la preservación del reborde alveolar es un procedimiento que se encuentra indicado si la colocación inmediata o temprana del implante no es factible, esto debido a condiciones específicas del paciente o del sitio. Las indicaciones específicas del sitio están relacionadas con la gravedad del defecto óseo en el sitio de extracción (20) cuando la estabilidad primaria del implante se vea comprometida en aquellas situaciones donde la colocación inmediata del implante se encuentre contraindicada. (67).

Se ha reportado como contraindicación absoluta para la preservación del reborde, la presencia de infecciones agudas en la zona quirúrgica con signos de inflamación y fístula. Por consiguiente, el procedimiento podría ser realizado entre las 6 y 8 semanas posteriores a la exodoncia para permitir que el proceso infeccioso agudo haya sido controlado (8). Tan *et al.*, (28) indicaron para rebordes post-extracción, en los que no se utilizó ninguna técnica de preservación alveolar, una reabsorción de 3,8 mm de hueso horizontal y 1,2 mm de pérdida de hueso vertical dentro de los 6 primeros meses después de la exodoncia. En otros términos, esto se corresponde a un 29-63% de pérdida de hueso horizontal y un 11-22% de pérdida de hueso vertical.

Entre las ventajas del procedimiento mencionado se pueden incluir su relativa simplicidad y efectividad, la reducción del dolor postoperatorio, y la disminución de necesidad de realizar procedimientos quirúrgicos adicionales para aumentar las dimensiones volumétricas del reborde alveolar (8).

La preservación del reborde se convierte, por tanto, en una terapia eficaz para atenuar la reducción dimensional de la cresta alveolar que normalmente tiene lugar después de la extracción del diente (6), y está ampliamente indicada en la práctica dental contemporánea existiendo pruebas sólidas que respaldan su efectividad (6).

INJERTOS Y SUSTITUTOS ÓSEOS

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (68), un injerto, es un fragmento de tejido vivo o sintético que se implanta en una parte del cuerpo para reparar una lesión o conseguir un resultado estético. En el caso de procedimientos regenerativos, la obtención de tejido óseo a partir de fuentes propias o externas es

precisa para la ganancia y/o mantenimiento de las dimensiones del reborde edéntulo (69,70); dichas fuentes externas o sustitutos óseos pueden ser clasificadas en aloinjertos, xenoinjertos y aloplásticos.

Existen tres mecanismos de acción reconocidos por medio de los cuales los injertos óseos pueden integrarse con el hueso circundante o adyacente como lo es la osteogénesis, osteoinducción y osteoconducción (8).

OSTEOGÉNESIS: Hace referencia al mecanismo mediante el cual se forma hueso nuevo en el sitio injertado gracias a las células osteoblásticas que se encuentran presentes en la estructura del tejido óseo. Una vez el injerto es tomado del sitio donante, los osteoblastos deben tener la capacidad de sobrevivir al procedimiento de trasplante con el fin de iniciar posteriormente su actividad osteogénica (71).

Este proceso se genera bajo la influencia de diversos factores biológicos como proteínas morfogenéticas óseas (BMP) (72), factores de crecimiento, elementos celulares y un andamiaje necesario para la nueva formación ósea (73). Esta característica es obtenida únicamente mediante el empleo de autoinjertos (8).

OSTEOINDUCCIÓN: Es el proceso a través del cual se da la formación de hueso nuevo mediante la diferenciación de células madre mesenquimales en células formadoras de hueso u osteoblastos (8, 72). Este mecanismo se obtiene bajo la influencia de factores que estimulan la diferenciación células madre mesenquimales como las proteínas morfogenéticas óseas (BMPs), factor de crecimiento transformante beta (TGF- β), factor de crecimiento insulínico I y II (IGF-I / IGF-II), factor de crecimiento fibroblástico (FGF), factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF) y factores

estimulantes de colonias de macrófagos (71, 73). Los aloinjertos son considerados en ciertas ocasiones como materiales osteoinductores (74).

OSTEOCONDUCCIÓN: Es la propiedad que poseen los injertos y sustitutos óseos para proporcionar un entorno adecuado que sirve de andamiaje para la migración de osteoblastos y la formación de hueso nuevo en el sitio injertado. Todos los materiales proporcionan en cierto grado capacidad osteoconductiva (8, 73); ésta sigue un patrón espacial ordenado y predecible, determinado por la estructura del injerto, el suministro vascular de los tejidos circundantes y el entorno mecánico del sitio receptor y estructuras adyacentes (71).

Dentro de las características fundamentales que debe cumplir un material utilizado como injerto o sustituto óseo para la preservación de rebordes postexodoncia es la biocompatibilidad. Deben ser materiales que no generen ningún tipo de reacción alérgica o inmune y, por lo tanto, ser bien tolerados por el individuo receptor, integrándose con los tejidos del huésped de una manera adecuada y proporcionando idealmente un andamiaje para que se genere la neoformación ósea (8).

Cuando se planea la futura rehabilitación del espacio edéntulo con un implante de osteointegración, el material de injerto debe ser reabsorbido gradualmente para permitir su reemplazo por hueso nativo nuevo, debe poseer micro y microporosidades, ser fácil de manipular y proporcionar estabilidad biomecánica (8, 64).

CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE INJERTO Y SUSTITUTOS ÓSEOS.

Los injertos y sustitutos óseos se dividen según su origen en: autoinjertos, aloinjertos, xenoinjertos y materiales de origen sintético o aloplásticos (37).

3.1 Autoinjertos.

Los autoinjertos son considerados como el estándar de oro para la reparación de defectos óseos (75); provienen del mismo individuo tratado y se toman de un sitio donante para ser implantados en un lecho receptor (8,76). Estos injertos son evidentemente histocompatibles y no generan reacción inmune debido a su origen propio del donante, ofreciendo todas las propiedades imperativas requeridas para un injerto óseo. Específicamente, poseen cualidades esenciales que permiten los procesos de osteogénesis (siendo el único tipo de injerto y sustituto que lo posibilita), osteoinducción y osteoconducción (76, 77).

El procedimiento quirúrgico evoca una reacción inflamatoria aguda consistente con trauma tisular; de esta manera, células inflamatorias, células precursoras de los osteoblastos y los osteoclastos, así como los osteoblastos sobrevivientes del proceso de trasplante óseo, migran hacia la herida para iniciar el proceso de cicatrización y osteogénesis (32). Se forma un coágulo sanguíneo estable que continúa posteriormente con la formación del tejido de granulación gracias a la proliferación de elementos vasculares del hueso huésped circundante (31). A continuación, comienza la reabsorción osteoclástica del injerto, lo que resulta en la liberación de proteínas morfogenéticas óseas de la matriz las cuales señalan el inicio de la actividad osteoinductora del injerto (73). Paralelamente a la actividad osteoclástica, los osteoblastos del lecho receptor comienzan a migrar hacia la herida y hacia el injerto proporcionando un andamiaje adecuado para la producción de hueso nuevo por medio del mecanismo de osteoconducción. El injerto participa gradualmente en el proceso

normal de reabsorción y aposición ósea, lo que eventualmente conlleva a la incorporación y reemplazo del injerto (71).

Los autoinjertos pueden ser osteogénicos, pero tienen una alta tasa de reabsorción que lleva a la disminución del volumen del reborde residual hasta de un 50% después de 6 meses, y en ocasiones impredecible (8, 76). Aunque el sitio donante puede ser de localización intra o extra oral, estos últimos no han sido ampliamente utilizados como opción terapéutica en cirugía periodontal. Los sitios donantes intraorales pueden ser la sínfisis mentoniana, rama mandibular, tuberosidad del maxilar y tejido óseo adyacente al sitio del defecto, el cual es una buena fuente de hueso autógeno cuando se requieren volúmenes relativamente pequeños de injerto óseo. Cuando se necesitan cantidades aún mayores de hueso, puede ser necesaria la obtención extraoral en bloque de sitios donantes como cresta iliaca, calota y tibia (8).

No obstante, los autoinjertos requieren un procedimiento quirúrgico secundario en el lugar de la extracción del tejido que puede llevar a complicaciones como lesiones en el sitio del donante, morbilidad, deformidad y cicatrización alterada (8, 76). Además, la recolección y la implantación de autoinjertos es un procedimiento que también se asocia con altos riesgos quirúrgicos como sangrado, inflamación, infección, dolor crónico y costos más altos (76).

Dependiendo de la indicación para el injerto y la cantidad de injerto necesario, el hueso autógeno puede usarse en forma particulada, como un injerto en bloque o como una combinación de ambos (75). La obtención de injerto autógeno particulado es ejecutada por medio de raspadores de hueso y cinceles en zonas donantes intraorales, mientras que en zonas donantes extraorales usualmente el injerto es recolectado en forma de bloques óseos. Así mismo, los injertos particulados se

pueden obtener a partir de bloques mediante el uso de máquinas de fresado especiales para realizar su trituración (71).

El hueso autógeno particulado tiene la ventaja de una incorporación relativamente rápida en comparación con los bloques óseos autógenos. Sin embargo, carece de estabilidad estructural durante las primeras etapas de cicatrización dependiendo del defecto local o la anatomía del sitio. A menudo debe ser estabilizado por componentes óseos nativos como defectos contenidos o membranas que permitan generarle espacio y estabilidad para su integración (76).

Las tasas de complicaciones mayores y menores de la extracción autógena de injertos óseos se informaron en un 8,6% y 20.6%, respectivamente (73), y estos pueden no ser una opción de tratamiento cuando el sitio del defecto requiere grandes cantidades de hueso debido a que el volumen óseo disponible es limitado para sitios intraorales donantes (8, 76, 77).

3.2 Aloinjertos.

Los aloinjertos representan la técnica de injerto óseo más común en todo el mundo, la cual puede incluir trasplante de tejido de donantes humanos vivos y cadáveres (75).

Un sustituto óseo alogénico se refiere al tejido óseo que se extrae de un individuo y se trasplanta a otro genéticamente diferente de la misma especie. Por lo general se obtienen de cresta ilíaca o tibia, son histocompatibles y están disponibles en varias presentaciones, incluidos injertos esponjosos, cortico-esponjosos y corticales, así como segmentos osteocondrales e intramembranosos, según los requisitos del sitio del hospedador (77, 78).

En comparación con los autoinjertos, los aloinjertos son principalmente osteoconductores; si bien no tienen propiedades osteogénicas, los aloinjertos abordan varias de las desventajas de los injertos autógenos, ya que están disponibles en grandes cantidades, no se encuentran asociados con la morbilidad del sitio donante ni con el aumento del tiempo operatorio involucrado en la extracción del hueso autógeno (73).

Durante los últimos años han ganado popularidad porque tienen tasas de reabsorción más lentas que otros materiales y, por lo tanto, pueden mantener la estabilidad dimensional de la cresta, sin embargo, los aloinjertos no conducen a una cicatrización tan completa como la observada mediante el uso de injertos autógenos, y tienen el potencial de transmisión de virus y otros agentes infecciosos (49, 77).

Los injertos óseos alogénicos se pueden dividir en dos categorías: mineralizados y desmineralizados. Los aloinjertos mineralizados, por ejemplo, aloinjerto óseo fresco congelado y aloinjerto óseo liofilizado, contribuyen a la regeneración ósea principalmente a través de la osteoconducción, pero también pueden tener cierto potencial para la osteoinducción. Por otro lado, se cree que el aloinjerto óseo liofilizado desmineralizado contribuye a la regeneración ósea principalmente a través de la osteoinducción, y solo secundariamente por osteoconducción. La variación en el procesamiento de material alogénico a partir de bancos de tejidos da como resultado una gran variación en el potencial osteoconductor del hueso deshidratado liofilizado (73, 79).

Los aloinjertos se desvitalizan (y con frecuencia se esterilizan) principalmente a través de un proceso de descalcificación, desproteinización, irradiación y / o secado por

congelación; por lo tanto, carecen de células y tienen propiedades osteoinductivas reducidas (77).

El procesamiento de aloinjerto de hueso liofilizado (FDBA), generalmente involucra varios pasos que comienzan con una evaluación exhaustiva del donante, un proceso de extracción de tejido blando, reducción de tamaño, descontaminación, tratamiento antimicrobiano, secado por congelación, deshidratación, reducción de tamaño secundario y esterilización terminal (49), mientras que el aloinjerto óseo deshidratado con solvente (SDBA) es un producto de aloinjerto mineralizado promocionado para preservar la matriz de colágeno, la porosidad, el patrón trabecular y la composición mineral del hueso original. La preservación de estas características hace que pueda mejorar las propiedades osteoconductoras del sustituto y, por lo tanto, ser superior al aloinjerto de hueso liofilizado (49).

Los hallazgos no sugieren ningún beneficio significativo o inconveniente con el uso de FDBA o SDBA cuando se comparan los parámetros histomorfométricos o los cambios dimensionales clínicos, sin embargo, estudios anteriores han sugerido que SDBA puede tener ventajas sobre FDBA debido a su método de procesamiento único (49).

Los bancos de hueso posibilitan disponer de una cantidad ilimitada de hueso sin morbilidad en la persona que recibirá el injerto óseo. Inevitablemente, el riesgo de transmisión de enfermedades podría llegar a existir para los receptores de aloinjerto por lo que es imprescindible verificar el adecuado tratamiento y manejo de los mismos, con el fin evitar las complicaciones que trae consigo el empleo de este tipo de sustitutos óseos (12).

Los aloinjertos han sido ampliamente estudiados y presenta evidencia en la literatura científica en cuanto a sus propiedades y efectos más importantes (49, 73, 75, 77, 78).

3.3 Xenoinjertos.

Los xenoinjertos óseos son sustitutos de tejido obtenidos a partir de una especie distinta a la del hospedador. Estos materiales de relleno óseo tienen una función osteoconductora, proporcionando un andamiaje para la formación de hueso nuevo en el sitio injertado (8).

La incorporación de un sustituto óseo de origen animal al sitio receptor se asemeja a la del injerto autólogo; su integración comienza a partir de la formación de un coágulo sanguíneo, seguida de un proceso de inflamación y la posterior formación del tejido de granulación. La obtención de células óseas en el sitio del injerto únicamente se obtendrá por medio del proceso de osteoconducción, en el cual, el injerto proporcionará el andamiaje y la estabilidad adecuada para que se inicie la formación de la nueva matriz ósea (73).

Las partículas injertadas en el sitio receptor sufren un proceso de reabsorción en diversos grados. Ésta, puede ser llevada a cabo por medio de la degradación del propio material de injerto, o como en la mayoría de los casos, por la presencia de células osteoclasticas provenientes de estructuras adyacentes; no obstante, aún se desconoce su capacidad para ser reabsorbidas por completo y el tiempo que necesitan para ser sustituidas por hueso recién formado. Diferentes estudios han reportado una reabsorción lenta o deficiente de los gránulos de biomaterial, los cuales tienden a estar rodeados por tejido óseo recién formado en lugar de reabsorberse y entrar en los procesos fisiológicos de remodelado óseo (80).

El empleo de xenoinjertos óseos de origen animal trae consigo una serie de desafíos biológicos que incluyen el riesgo de transmisión de la enfermedad (por medio de priones y retrovirus) (81), una respuesta inmune inadecuada del hospedador posterior al proceso de implantación, ausencia de células viables en el injerto óseo, y propiedades osteoinductivas disminuidas debido a los procesos de tratamiento de los diferentes materiales (77).

La ausencia de proteínas en el injerto óseo se considera crítica para evitar reacciones inmunológicas no deseadas, reacciones alérgicas, y posibles riesgos de infecciones cruzadas, que pueden ser seguidas por la colocación de un biomaterial de origen animal en el cuerpo humano. La privación del componente orgánico se llevará a cabo elevando el material a altas temperaturas durante más de 15 horas con el fin de eliminar todo el componente orgánico y todos los antígenos posibles, seguido del proceso de esterilización a 145-160 ° C. Incluso, si se permite y asegura la eliminación de todo el componente orgánico, este tratamiento también modificará la estructura mineral de la hidroxiapatita ósea y, por lo tanto, el biomaterial resultante generalmente tendrá un potencial de reabsorción disminuido (82).

Los sustitutos óseos heterólogos se han utilizado solos o en combinación con otros materiales para todos los casos en los que se requiere el empleo de un injerto óseo, tales como regeneración ósea guiada en sentido horizontal y vertical, elevación de piso de seno maxilar, regeneración tisular guiada, preservación del reborde alveolar, y en general, para la corrección de defectos óseos de tamaño considerable. Una de sus grandes ventajas se considera la fácil obtención del mismo en grandes cantidades y su costo razonable (83).

Se han propuesto diferentes biomateriales heterólogos para uso clínico en cirugía oral. En la literatura, el sustituto óseo derivado bovino es uno de los mejor documentados. In vitro, los estudios histológicos y clínicos describieron las propiedades osteoconductoras de los biomateriales derivados de bovinos, la característica para soportar un depósito de matriz extracelular mineralizada por células madre adecuadamente diferenciadas y su capacidad de integración con el tejido óseo del hospedador (84).

ABM es un hueso inorgánico de origen bovino, cuya composición incluye carbonato y apatita con una relación de calcio / fosfato similar al mineral óseo natural en los seres humanos. Con el tiempo, el sustituto óseo ABM se integra en el hueso humano y es sustituido poco a poco por hueso recién formado. Sin embargo, el proceso de remodelado tarda mucho tiempo y los informes y la evidencia han demostrado que el material bovino sigue presente incluso después de 18 meses posteriores a la colocación (8).

En un ensayo clínico aleatorizado controlado se demostró que no existe inferioridad de hueso bovino desmineralizado en comparación con hueso bovino desmineralizado con 10% de colágeno en el mantenimiento del volumen de hueso alveolar en el maxilar anterior (85).

Por otro lado, los injertos óseos porcinos colagenados están constituidos por hidroxiapatita nano cristalina carbonatada que contiene colágeno residual. Estos, tienen excelentes propiedades osteoconductoras sin reacciones adversas o infiltrado inflamatorio, y los estudios in vivo de estos biomateriales mostraron signos claros de reabsorción / remodelado, así como la presencia de laguna óseas mineralizadas (86).

Los xenoinjertos de origen porcino también han sido evaluados en diferentes estudios con el objetivo de probar su biocompatibilidad y su capacidad osteoconductiva (28), mostrando resultados satisfactorios en elevaciones de piso de seno maxilar y preservación de reborde alveolar (8).

Barone et al., en 2013 (86), demostraron que el hueso porcino, la membrana reabsorbible y un abordaje sin colgajo fueron más efectivos para controlar los cambios óseos posteriores a la extracción dental, en comparación con la ausencia de injertos, donde la reabsorción ósea horizontal en los sitios con hueso porcino cortico-esponjoso colagenado fue significativamente menor (1,6 mm) que en las zonas que cicatrizaron de forma natural (3,6 mm).

Se han propuesto otros sustitutos óseos animales como alternativas válidas a los derivados bovinos. El xenoinjerto óseo equino ha demostrado inducir la diferenciación de osteoblastos, ser reabsorbido in vitro por osteoclastos y ser utilizado con éxito en el aumento del reborde atrófico mandibular (87).

Los xenoinjertos de origen porcino y equino, presentan vacíos en la evidencia científica en cuanto a su estudio y propiedades, generando inquietudes relacionadas frente al éxito que puedan presentar en el tratamiento de las deficiencias y mantenimiento de las dimensiones óseas mandibulares y maxilares. (7).

3.4 Aloplásticos

Los sustitutos óseos aloplásticos son materiales inertes que se producen sintéticamente en el laboratorio; éstos, proporcionan un andamiaje para la migración de células osteoblásticas, formación del tejido óseo y la reparación final del defecto en la zona intervenida. Poseen un mecanismo de acción estrictamente osteoconductor

y los más comúnmente utilizados son la hidroxiapatita sintética, el fosfato beta tricálcico (β -TCP), cristales bioactivos, sulfato de calcio, carbonato de calcio, entre otros (8).

Hidroxiapatita sintética

La hidroxiapatita sintética es un material considerado químicamente similar al componente mineral de huesos y tejidos duros en los mamíferos, tiene la capacidad de integrarse al componente óseo nativo y apoyar el crecimiento y la diferenciación celular sin descomponerse ni disolverse.

Su forma particulada es ideal para la preservación del reborde alveolar a largo plazo, debido a su baja tasa de reabsorción. Algunas de sus partículas interactúan con células óseas como osteoblastos y osteoclastos, mientras que otras, las que se encuentran en la porción más interna del alvéolo son encapsuladas por una matriz densa de tejido conectivo fibroso (88).

Es considerado el material de elección cuando la rehabilitación final en la zona de preservación del reborde alveolar será llevada a cabo mediante prótesis parcial fija; no obstante, en los casos en que la rehabilitación se encuentre dirigida hacia la colocación de implante dental y corona implantosorportada, el uso de este material no será recomendado gracias a su nula o baja capacidad para remplazarse por hueso nativo (8).

Fosfato beta tricálcico

El fosfato β -tricálcico es un material de reabsorción lenta, químicamente similar al tejido óseo, con estructura cristalina, seguro, efectivo y biocompatible para la

formación de hueso nuevo, convirtiéndose en una alternativa viable al empleo de autoinjertos, aloinjertos y xenoinjertos (88).

Con respecto a su proceso de reabsorción, el fosfato beta tricálcico se encuentra entre la hidroxiapatita, el cual es un material con baja o nula reabsorción y el sulfato de calcio el cual presenta un proceso de reabsorción mucho más rápida (89).

Gracias a su proceso de reabsorción lenta, si se planea su utilización como material para la preservación del reborde alveolar, es necesario un tiempo de espera mínimo de doce meses antes de realizar la cirugía de colocación de implantes. (8).

La síntesis comercial de estos materiales evita el potencial de transmisión de enfermedades a un costo relativamente bajo. Además, el mejoramiento de sus propiedades puede ser permitido gracias a la adición de proteínas morfogenéticas óseas e injertos óseos de origen autólogo.

Sulfato de calcio

Uno de los principales materiales investigados como sustituto óseo fue el comúnmente denominado yeso París o sulfato de calcio hemihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$). Es un biomaterial biocompatible, inerte, altamente reabsorbible y osteoconductor, facilitando el crecimiento de vasos sanguíneos y células osteogénicas (89). Dentro de sus ventajas se incluye su fácil manipulación y reabsorción por parte de los osteoclastos para el reemplazo y deposición de osteoide producido por osteoblastos. Como desventajas se ha reportado una baja estabilidad mecánica a largo plazo, la rapidez con la que se reabsorbe (89). y una pobre bioactividad, lo que conlleva a una inadecuada unión química al tejido óseo durante las primeras fases de del proceso de cicatrización.

Los materiales sintéticos han demostrado tener un potencial prometedor para la ingeniería de tejidos óseos debido a sus propiedades biomecánicas y de biodegradabilidad controlables y ajustables, sin embargo, todavía surgen algunas preocupaciones sobre la osteoconductividad, el tiempo de reabsorción del material y alteraciones locales en el pH de la zona intervenida (77).

El uso de materiales autogénicos, alogénicos, xenogénicos, o aloplásticos, solos o en combinación, debe basarse en la capacidad de cicatrización sistémica del individuo, el potencial osteogénico de la zona receptora, y el tiempo disponible para la maduración del injerto óseo (8).

Tamaño de partícula ósea

El estudio sobre el empleo de los diferentes tamaños de partícula ósea, desde los inicios de los procedimientos regenerativos hasta la actualidad, han sido poco evaluados. Los diferentes injertos y sustitutos óseos para el tratamiento de los defectos de los maxilares, han sido sometidos a investigaciones que revelan sus propiedades y resultados, sin embargo, se ha dejado de un lado la posible influencia que pudiera tener en los mismos, el tamaño específico de la partícula ósea.

Desde dicho punto de vista, la elección del tamaño de la partícula ósea a lo largo de la historia ha sido realizada con base en el concepto clínico del profesional, el tamaño del defecto óseo y la simplicidad de manipulación de la partícula durante el procedimiento quirúrgico, teniendo en cuenta que la partícula ósea puede tener distintas densidades siendo clasificadas en corticales, medulares y combinadas o mixtas.

Diferentes investigadores han informado que el tamaño de partícula de los materiales de injerto óseo juega un papel importante en la activación de la osteoconducción y afecta la calidad del nuevo hueso nativo, así como también se ha relacionado que el tamaño de partícula pequeño mejora de cierta manera la neoformación ósea y acelera el proceso de remodelado (90).

Uno de los estudios pioneros que evalúa el crecimiento óseo alrededor de partículas de vidrio bioactivas, en comparación con partículas de hidroxiapatita en diferentes tamaños, concluye que las partículas de vidrio bioactivas en un tamaño entre 300-355 μm , mostraron una respuesta histológica superior con respecto a la hidroxiapatita y a los tamaños de partícula ósea grande; esto, gracias a un mecanismo inmunomodulador, que permite que las partículas pequeñas tengan tendencia a generar menor reacción inflamatoria e inmune, y a ser mejor aceptadas por el hospedador (91).

En 2007 Theodore Malinin et al, comparan diferentes tamaños de partícula de aloinjerto óseo en el relleno de defectos óseos no intraorales (1-2 mm, 800-500 μm , 500-300 μm , 300-90 μm , 250-125 μm , 125-106 μm , 106 a 75 μm y 75-25 μm), encontrando que no se evidencian diferencias clínicas volumétricas en los diferentes tamaños empleados, y que histológicamente ninguna partícula llegó a ser encapsulada por tejido blando; sin embargo, en partículas pequeñas se encontró mayor formación de tejido óseo comparada con la formación ósea obtenida en los espacios existentes entre partículas de mayor tamaño. Un rango entre 300-90 μm , demostró rápida cicatrización en los defectos óseos indicando su empleo de manera efectiva en el relleno de los defectos óseos (92).

Años más tarde Zhou et al, estudian en conejos la capacidad de osteoconducción de diferentes tamaños de partícula de fosfato tricálcico, empleando partículas pequeñas (300-500 μm) y partículas grandes (850-1000 μm). Como resultado de esta investigación, se concluye que en los tamaños de partícula grande hay mayor predisposición a la formación de cápsulas fibrosas, no obstante, se obtuvo formación ósea entre partícula y partícula en los diferentes tamaños, teniendo en cuenta que esta puede darse de manera más rápida en dimensiones menores, ya que la distancia interpartículas es mínima y el proceso puede ser llevado a cabo de manera consecuente y ordenada (93).

A lo largo de los años, se ha creído que partículas óseas grandes facilitan la neoformación de vasos sanguíneos a través de su estructura comparado con las partículas óseas de tamaño pequeño, sin embargo, su impacto en la tasa de formación de hueso nuevo, osteoconducción y degradación del injerto o sustituto óseo aún no se ha informado (4).

En un estudio en el que se evaluó la influencia del tamaño de partícula de Hueso Mineral Bovino Desproteínizado (DBBM) en la nueva formación ósea y estabilidad de los implantes posterior a la elevación de piso de seno maxilar en mini cerdos, se encontró que los tamaños de partícula pequeños y grandes fueron igualmente predecibles en la estabilidad primaria y secundaria del implante y en el contacto íntimo hueso-implante (4).

Dentro de las investigaciones realizadas más recientemente en cuanto a la elección, características y resultados proporcionados por los diferentes tamaños de partícula, se encuentran las publicadas por Takamitsu et al y Jin-Woo et al en el año 2016.

La primera, buscó examinar la influencia del tamaño de partícula en procedimientos de regeneración ósea mediante el empleo de partículas pequeñas (200 μm), partículas medianas (500 μm) y partículas grandes (1000 μm), evidenciándose que los tres tipos de partícula tuvieron la capacidad de mantener el volumen y lograr la neoformación ósea, con diferencias en los tiempos de reabsorción de cada una. Las partículas con tamaño de 200 μm presentaron un reemplazo por hueso nativo más acelerado comparado con las de tamaño mayor, permitiendo tener menor espacio entre las mismas, y al parecer, una estabilidad ósea mejorada (94).

Así mismo, en la segunda investigación, se buscó comparar la capacidad de regeneración ósea de una matriz de dentina desmineralizada, teniendo en cuenta el tamaño y densidad de cada una de las partículas seleccionadas, concluyendo que, el empleo de dicho sustituto óseo con partículas de tamaño de 200 μm fue eficaz en la formación ósea, sugiriendo que los materiales con un tamaño de partícula pequeño podrían utilizarse razonablemente para la corrección de los defectos óseos.

La anterior revisión sugiere que la literatura presenta mayor tendencia hacia el empleo de partículas de tamaño pequeño para el tratamiento de los defectos óseos en los maxilares, sin embargo, la evidencia científica aún es deficiente y los resultados inconsistentes, ya que la gran mayoría de estudios han sido realizados en modelos animales (90).

MEMBRANAS

El empleo de diferentes tipos de membrana para la preservación del reborde alveolar ha sido ampliamente estudiado y puesto en práctica como una alternativa a la

utilización de tejidos blandos de cavidad oral y sustitutos (95), esto, gracias a sus propiedades específicas de barrera que limitan la migración de células epiteliales y de tejido conectivo a la zona del defecto óseo, permitiendo la neoformación y el mantenimiento de las dimensiones del reborde edéntulo (96).

La noción de membranas surge con el concepto de regeneración tisular guiada en la década de los 80 (97), y a lo largo de los años se han desarrollado diferentes materiales biocompatibles que induzcan la mínima respuesta inflamatoria del hospedador para la fabricación de las mismas. En la actualidad se pueden clasificar en dos grandes grupos: Membranas de tipo reabsorbibles y membranas no reabsorbibles (2).

Las membranas reabsorbibles son aquellas, como su nombre lo indica, con capacidad de ser reabsorbidas y degradadas por el mismo organismo. Su periodo de reabsorción depende del material que las constituya y del ambiente local específico del hospedador como el pH, o si ésta se encuentra o no, expuesta a cavidad oral. El material más comúnmente utilizado para su elaboración es el colágeno, sin embargo, también pueden estar fabricadas a base de ácido poliláctico, ácido poliglicólico, poliglactina, entre otros (2, 98).

Las membranas no reabsorbibles no tienen la capacidad de ser degradadas por el mismo organismo, por lo que requieren de un segundo momento quirúrgico para su eliminación y, por ende, generan mayor morbilidad en el paciente. Están elaboradas a base de politetrafluoroetileno, comúnmente conocido como teflón, y de acuerdo con su método de tratamiento y fabricación, el material se puede encontrar en forma densa o expandida. Adicional a ello, en situaciones en las que se requiere gran estabilidad

del injerto óseo y mantenimiento del espacio en la zona intervenida, se pueden adquirir en el mercado membranas con refuerzo en titanio (2, 99, 100).

Gracias a que estas membranas permiten su utilización en un ambiente expuesto, y sin aproximación de los colgajos en procedimientos de preservación del reborde alveolar, presentan ventajas frente a las membranas reabsorbibles, permitiendo el mantenimiento de la banda de encía queratinizada y la profundidad del vestíbulo en la zona afectada (99, 100).

Dicho esto, en la literatura científica se encuentran multitud de técnicas y materiales para la preservación de rebordes, las cuales pueden abrir una amplia gama de soluciones para el tratamiento de los problemas que aquejan a la comunidad (50, 52, 55), surgiendo así, preguntas asociadas a ¿cuál es la membrana ideal para el mantenimiento de las dimensiones óseas, si éstas presentan diferencias significativas en cuanto a su uso y resultados, y si pueden ser comparables con el empleo de tejidos blandos o sustitutos?.

Una revisión sistemática en la cual se utilizó combinación de injerto óseo y membrana de colágeno reabsorbible sumergida para la preservación del reborde alveolar, demostró que el empleo de los mismos, en comparación con la cicatrización espontánea del alvéolo, disminuyó la pérdida de las dimensiones óseas aproximadamente 2.19 mm en sentido horizontal y 1.72 mm en sentido vertical comparada con los sitios control (101).

Por otro lado, en un ensayo clínico aleatorizado controlado se comparó el efecto de la técnica de preservación del reborde mediante la utilización de aloinjerto óseo cubierto con membrana de colágeno, con cierre primario del colgajo, comparada con aloinjerto óseo cubierto con membrana de colágeno, expuesta intencionalmente. Seis meses

posteriores al procedimiento se realizó la entrada en el sitio quirúrgico y se concluyó que el empleo de membrana de colágeno expuesta más el uso de aloinjerto óseo, resultó en una mejor preservación del tejido queratinizado y óseo, después de la extracción del diente (50).

Cheon et al en 2017 evaluaron la eficacia de la técnica de preservación del reborde alveolar mediante el empleo de membrana de d-PTFE expuesta, en combinación con FDBA, encontrando que esta técnica parece ser un procedimiento apropiado para la preservación del reborde, y la membrana puede ser fácilmente retirada 4 semanas posteriores al procedimiento sin morbilidad adicional (102), consiguiendo la formación de pseudoperiostio debajo de ella, y evitando así el compromiso del sustituto óseo injertado (103). En otro estudio en el cual se compararon los cambios dimensionales del reborde posterior a la exodoncia con y sin el empleo de una membrana de d-PTFE expuesta intencionalmente, se reveló que la preservación del reborde alveolar mediante el empleo de esta membrana, incrementó la formación de tejido queratinizado en la zona intervenida, y disminuyó las pérdidas óseas dimensionales normales esperadas como resultado del proceso de cicatrización del alvéolo (100).

La terapéutica combinada empleando un material de injerto óseo y una membrana reabsorbible o no reabsorbible, se basa en el supuesto que, mientras la membrana actúa como barrera contra la migración de las células epiteliales al interior del alvéolo, el material de injerto puede ser útil para prevenir el posible colapso de la membrana y promover la neoformación ósea (77). A pesar de que múltiples publicaciones resaltan la importancia del cierre primario del colgajo para lograr la adecuada cicatrización del alvéolo, la literatura científica presenta opiniones divididas al momento de decidir si el

cubrimiento completo del alvéolo postexodoncia con tejido blando es necesario para lograr una cicatrización óptima del reborde (8).

Recientes estudios apuntan a que la preservación del reborde alveolar puede obtenerse de manera exitosa aún, sin el cierre primario de la herida, sin embargo, son pocos los estudios que al comparar el uso de las técnicas de preservación alveolar con y sin membrana, demuestran que la aplicación de la membrana permite lograr resultados superiores de PRA, teniendo en cuenta que son necesarias más investigaciones que demuestren dicha teoría debido a la gran heterogeneidad de los estudios publicados (50, 65, 95, 100, 102, 104).

TECNICAS PARA LA PRESERVACIÓN DEL REBORDE ALVEOLAR

Las diferentes técnicas existentes para la preservación del reborde alveolar han sido ampliamente utilizadas en el pasado, y actualmente continúan evaluándose en términos de resultados, morbilidad y estética para el paciente (56). Estas técnicas se realizan para contrarrestar los cambios en los tejidos blandos y duros posteriores a la exodoncia, y se pueden clasificar en: preservación de tejidos duros, preservación de tejidos blandos y preservación de tejidos duros y blandos por medio del empleo de materiales de injerto de diversa índole, sustitutos y membranas (37).

Adicional a ello, se encuentran descritas otras técnicas en la literatura para la preservación de rebordes como el mantenimiento de la raíz (53) (por medio de técnicas como sumersión radicular, decoronación dental y terapia de extracción parcial), la colocación inmediata del implante (54), extrusión ortodóntica (58) y el empleo de concentrados autólogos plaquetarios para el mantenimiento de las dimensiones requeridas (66).

Desde el punto de vista clínico, la decisión de realizar una determinada técnica de preservación del reborde, dependerá principalmente de la rehabilitación final que se vaya a realizar en la zona evaluada, el momento elegido para la colocación del implante dental, la calidad y cantidad presente de tejido blando y óseo en la región, y la edad y expectativas del paciente, contando así con variedad de técnicas, las cuales deben ser implementadas de manera individual y evaluando específicamente cada uno de los casos que se presenten dentro de la consulta clínica (20).

Preservación de tejidos duros

A pesar de que los intentos por preservar las dimensiones óseas del reborde alveolar no han logrado detener en un 100% el proceso biológico que conlleva la extracción de una pieza dental, diferentes estudios han demostrado que la realización de estas técnicas mediante el empleo de injertos óseos y agentes de barrera son capaces de disminuir el grado de alteraciones dimensionales postexodoncia (20).

Una revisión sistemática publicada por Vignoletti et al en 2012, en la cual se tuvo como objetivo evaluar la eficacia de diferentes protocolos quirúrgicos para la preservación del reborde alveolar (cirugía con elevación de colgajo / sin elevación de colgajo, empleo o ausencia de membrana y cicatrización por primera / segunda intención), concluyó que la evidencia científica no provee una guía clara ideal en lo que respecta al tipo de biomaterial o procedimiento quirúrgico, sin embargo, las terapias de PRA presentan un efecto positivo en cuanto a la disminución normal de las pérdidas óseas esperadas (52).

Cuatro años más tarde, De Risi et al incluyeron 38 artículos en su revisión sistemática y meta-análisis, en la cual evaluaron la cicatrización a través del tiempo de aloinjertos,

xenoinjertos y materiales aloplásticos en procedimientos de PRA. En lo concerniente al porcentaje de formación ósea, los materiales aloplásticos presentaron el mejor valor promedio refiriendo un porcentaje de 54% en el tercer mes posterior al procedimiento quirúrgico, mientras que el peor valor fue obtenido por los xenoinjertos con un porcentaje de formación ósea del 23.6% en la evaluación al quinto mes. Por otro lado, los aloinjertos presentaron el menor porcentaje de material de injerto residual, encontrándose en un rango entre 12.4-21.11% comparado con los xenoinjertos y aloplásticos quienes presentaron 37.14% y 37.23% de material de injerto residual respectivamente en la evaluación a los 7 meses (55).

Teniendo en cuenta que los xenoinjertos y materiales aloplásticos muestran una mayor cantidad de partículas residuales en comparación con los aloinjertos, aún siete meses posteriores al procedimiento quirúrgico, se puede sugerir una preferencia hipotética para el empleo de los mismos en procedimientos de PRA, sin embargo, no se presentan diferencias estadísticamente significativas en términos de porcentaje de formación ósea final y de tejido conectivo en el defecto intervenido (55).

Un estudio del 2018 analizó los factores clínicos que afectan los resultados de estos procedimientos en orden de mejorar sus efectos durante la práctica periodontal; se seleccionaron 21 artículos finales, y se encontró que los resultados de estos procedimientos se ven estadísticamente afectados por la morfología de los alvéolos postextracción, el tipo de aproximación de los colgajos, los diferentes materiales de injerto utilizados como sustitutos óseos y membranas, y el uso de factores de crecimiento. Adicionalmente, se informó una disminución de la pérdida ósea en sentido horizontal de 1.86 mm y en sentido vertical en la tabla ósea vestibular de 1.5 mm aproximadamente (57).

La más reciente revisión sistemática publicada sobre preservación del reborde alveolar, buscó analizar la evidencia disponible sobre el efecto de las diferentes modalidades de PRA comparado con la extracción dental únicamente en función de resultados clínicos y radiográficos relevantes. Se evaluaron nueve modalidades de tratamiento entre las que se encuentran: a) Partículas óseas bovinas + selle del alvéolo, b) Combinación de 90% de partículas óseas bovinas y 10% de colágeno porcino + selle del alvéolo, c) Partículas óseas porcinas cortico-cancelares + selle del alvéolo, d) Partículas de aloinjerto + selle del alvéolo, e) Materiales aloplásticos con o sin selle del alvéolo, f) Productos autólogos derivados de la sangre, g) terapia celular, h) Proteínas morfogenéticas recombinantes humanas de tipo 2 y i) selle del alvéolo únicamente (6).

Como resultado de este estudio se concluye que hay una fuerte evidencia que sustenta la preservación del reborde alveolar mediante el injerto de materiales en el alvéolo comparado con los sitios control, teniendo en cuenta que el empleo de materiales xenogénicos o alogénicos cubiertos con una membrana de colágeno reabsorbible, se encontraron asociados con los resultados más favorables en términos de preservación del reborde en sentido horizontal. La disminución promedio de pérdida ósea horizontal, vertical vestibular y vertical lingual fue de 1.99 mm, 1.72 mm y 1.16 mm respectivamente, resultados comparables con los publicados por Bassir et al en el año 2018 (6, 57).

La diversidad de técnicas y resultados obtenidos para la preservación de tejido óseo del reborde alveolar, limita la inclinación de las mismas hacia alguna técnica o biomaterial en especial, por lo que es de vital importancia conocer cada una de las

características, ventajas y desventajas de cada una de ellas, para así mismo implementarlas de manera individualizada en cada situación en específico.

Preservación de tejidos duros y blandos

Con el transcurso de los años se han implementado diversas técnicas para el mantenimiento de las dimensiones del reborde mediante la combinación de injertos autólogos de tejidos blandos y sustitutos óseos en la zona postextracción (37). Una de las técnicas más conocidas para la preservación de los tejidos duros y blandos es la cirugía de sellado alveolar, conocida también como “Socket Seal Surgery”. Esta cirugía permite el mantenimiento de las condiciones funcionales y estéticas de la zona para la posterior colocación de implantes o rehabilitación mediante prótesis parciales fijas en el reborde edéntulo (105).

La técnica inicialmente propuesta por Landsberg en 1994, propone la extracción atraumática del diente y posterior a ello, el debridamiento y decorticación de las paredes óseas del alvéolo. El collar de tejido blando en su porción más coronal deberá ser desepitelializado mediante pieza de mano de alta velocidad y una fresa de diamante redonda y gruesa, con el fin de inducir sangrado y crear el lecho receptor para la posterior revascularización del injerto a colocar (106).

Se deberá rellenar el alvéolo con partículas de sustituto óseo hasta la altura de la cresta ósea únicamente, permitiendo la creación del espacio para la colocación del injerto gingival libre. Una incisión en forma cilíndrica con hoja de bisturí #15 o #15C deberá realizarse en la mucosa palatina para la recolección del tejido blando, de tal forma que su tamaño coincida con el contorno y dimensiones del alvéolo. Éste, deberá posicionarse sobre el injerto óseo, y finalmente estabilizarse mediante seis a ocho

puntos simples de sutura de poliamida 6-0 o polipropileno 7-0. La temporalización, de ser necesaria, deberá realizarse mediante pónticos que no generen presión en la zona intervenida y que no desestabilicen el injerto empleado (106).

En un estudio en el cual se empleó xenoinjerto con colágeno al 10%, y adicionalmente se realizó selle del alvéolo mediante un injerto gingival libre extraído de paladar, se demostró que esta técnica permite una integración biológica y estética exitosa del injerto de tejido blando trasplantado, no obstante, no se evaluaron cambios volumétricos en la zona para confirmar el mantenimiento de las dimensiones óseas del reborde (107).

Por otro lado, Meloni et al compararon injerto de tejido conectivo subepitelial versus matriz de colágeno porcino para el selle del alvéolo en sitios de PRA injertados con hueso bovino desproteinizado, concluyendo que tanto la matriz de colágeno como el injerto recolectado de paladar presentaron resultados similares, llevando a pensar que el empleo de injertos autólogos podría ser evitado, de este modo, reduciendo la morbilidad peri-postoperatoria de la zona donante y del paciente (108).

Preservación de tejidos blandos

Han sido descritos diferentes procedimientos de PRA con el objetivo de mejorar la calidad y / o cantidad de tejidos blandos alrededor de la zona posterior a la extracción del diente (37). A pesar de que la textura, color y la apariencia de los tejidos blandos juegan un papel fundamental para lograr una estética agradable (20), no existe la suficiente evidencia científica que demuestre que el empleo únicamente de tejidos blandos en la zona, pueda contrarrestar los cambios dimensionales óseos que se producen durante el proceso de cicatrización del reborde edéntulo.

Así mismo, diversidad de técnicas han sido desarrolladas únicamente para el manejo de tejidos blandos en zonas que a futuro no requerirán de remanente óseo para su tratamiento; en dicho caso, los injertos de tejido blando y sustitutos actuarían como una barrera para la estabilización del coágulo y permitirían la obtención de áreas con un adecuado grosor gingival y banda de encía queratinizada (109, 110).

MANTENIMIENTO DE LA RAIZ (SUMERSIÓN/ DECORONACIÓN/TERAPIA DE EXTRACCIÓN PARCIAL)

Sumersión de raíces

La técnica de sumersión de raíces fue empleada durante varias décadas como una alternativa aceptable para el mantenimiento de las dimensiones óseas de los maxilares, alcanzando su mayor auge entre los años 50s y 70s, en los cuales el edentulismo total fue considerado una condición normal para la población adulta mayor (111).

Este concepto surge inicialmente como una técnica destinada a disminuir la reabsorción ósea y favorecer la retención y estabilidad de las prótesis removibles totales y parciales (20, 112, 113), no obstante, con el paso de los años, su aplicabilidad clínica se extendió a zonas altamente estéticas rehabilitadas con pósticos (114, 115) y zonas interimplantares, con el objetivo de cumplir con los parámetros estéticos buscados durante el tratamiento.

Walker en 1978, propone un protocolo para la sumersión de raíces en el reborde alveolar, indicando la elevación de un colgajo mucoperióstico y la eliminación de la corona del diente sin tocar la cresta ósea. El procedimiento quirúrgico se lleva a cabo mediante el empleo de fresas de diamante, pieza de mano de alta velocidad e

irrigación copiosa sin la necesidad de realizar el selle de la raíz, pero sí la sumersión de la misma (116). En comparación con Walker, Salama et al en el 2007, proponen la sumersión de la raíz 2 mm por debajo de la cresta ósea, y el selle de la misma mediante un tratamiento endodóntico adecuado, con el fin de evitar patologías pulpares posteriores, las cuales comúnmente se venían presentando (114).

Esta técnica ha reportado desventajas y complicaciones a lo largo de los años, encontrándose dentro de las más frecuentes dehiscencias a nivel de tejidos blandos ocasionadas por el asentamiento de la prótesis (113, 115), presencia de patologías pulpares o periapicales asociadas a dientes usualmente vitales, disminución en la profundidad del vestíbulo gracias al avance coronal del colgajo, (112), erupción espontánea del diente, dolor intermitente postoperatorio y defectos infraóseos (117).

En personas relativamente jóvenes (niños o adolescentes) que no han completado su crecimiento esquelético, y en los cuales realizar la exodoncia conlleva a una grave reabsorción ósea, el mantenimiento de la raíz hasta el momento de la colocación del implante puede ser una opción viable temporal para evitar la disminución de las dimensiones óseas, esto, mientras el paciente finaliza su pico de crecimiento óseo y puede ser sometido a tratamientos definitivos de ortodoncia, rehabilitación y periodoncia (118).

La continuidad del uso de la técnica de sumersión de raíces para prevenir la reabsorción del hueso alveolar, y la confirmación de su utilidad y éxito en gran medida predecible, se ha mantenido durante el presente siglo con varios estudios y publicaciones que lo confirman, encontrándose algunas variaciones a la técnica

como lo son la decoronación y la terapia de extracción parcial, abriendo un campo de estudio mayor para la preservación del reborde alveolar (119).

Decoronación

La decoronación es un procedimiento utilizado para el tratamiento de dientes inmaduros permanentes que han sufrido trauma dentoalveolar, y que como resultado de su proceso de cicatrización terminan en una anquilosis al hueso alveolar (120).

La extracción de dientes con anquilosis usualmente está relacionada con una gran pérdida del volumen vertical y horizontal del proceso alveolar gracias al contacto íntimo de la raíz del diente con el componente óseo, viéndose alterado en el momento de la extracción y dificultando de esta manera, el restablecimiento posterior de la estética y la función de la zona afectada (121).

Se ha sugerido la decoronación del diente afectado como un enfoque conservador para la preservación del reborde alveolar hasta el momento en que se planifique la colocación definitiva del implante (122), sin embargo, es importante tener en cuenta que situaciones como lesiones endodónticas o periapicales, fracturas radiculares antiguas no consolidadas, condiciones periodontales específicas y edad avanzada del paciente, podrían ser situaciones que contraindiquen el procedimiento anteriormente mencionado (121).

La técnica consiste básicamente en la eliminación de la corona del diente inmaduro afectado y la instrumentación del conducto radicular más allá del foramen apical para la estimulación del sangrado (122). Malmgren et al, mencionan en su artículo el protocolo para la realización de la decoronación dental compuesto por los siguientes pasos:

Se deberá realizar la elevación de un colgajo mucoperióstico en el lugar del diente anquilosado y posteriormente, la eliminación de la corona del diente 2 mm por debajo del hueso marginal, por medio de fresas de diamante e irrigación con solución salina continua y copiosa. Por medio de una lima endodóntica, se deberá instrumentar la totalidad del conducto extendiéndose un poco más allá del foramen apical, realizar irrigación con solución salina y permitir el llenado espontáneo del conducto radicular con el componente sanguíneo. Finalmente, se realizará el posicionamiento coronal del colgajo y la sutura del mismo con puntos individuales (123).

El objetivo final del procedimiento buscará la reabsorción externa radicular por reemplazo en la cual se mantengan las dimensiones volumétricas óseas del sitio afectado. La tasa de reemplazo de la raíz por deposición ósea ha diferido en diferentes estudios (124, 125), encontrándose variaciones entre 1 a 10 años después de realizado el procedimiento de decoronación. Algunos estudios han informado una reabsorción radicular incompleta en el momento de la colocación del implante, sin embargo, la inserción del mismo en contacto con la porción restante radicular, no ha obstaculizado el éxito del tratamiento periodontal (122).

Diferentes estudios clínicos han puesto a prueba la hipótesis de que el mantenimiento de la raíz por decoronación a nivel del hueso alveolar, puede disminuir las alteraciones de la cresta y mantener las dimensiones existentes del volumen óseo (20).

Un estudio publicado en el año 2013 en el cual se evaluó la preservación en ancho del reborde alveolar posterior a la decoronación de incisivos anteriores permanentes jóvenes, encontró que el tratamiento de los mismos mantiene las dimensiones del reborde óseo alveolar permitiendo la rehabilitación futura de la zona por medio de la colocación de un implante, una vez el pico óseo del paciente haya finalizado. (126).

En evaluaciones de las dimensiones óseas del reborde alveolar 2-3 años después de la decoronación dental, se ha observado que no solo se obtiene la preservación del componente óseo alveolar, sino que también se genera un incremento óseo coronal de 1 mm aproximadamente (127). Estos procesos pueden estar sustentados gracias a la explicación de dos mecanismos: 1) A medida que se produce la formación del coágulo sanguíneo en la porción coronal de la raíz anquilosada, se genera la estimulación de las células formadoras de hueso, lo que conlleva a un crecimiento óseo fisiológico y 2), al retirar la porción de la corona del diente anquilosado hasta 1 mm por debajo del nivel de la cresta ósea, las fibras circunferenciales e interdetales del tejido conectivo se desinsertan permitiendo una erupción libre de los dientes adyacentes, y con ello una migración coronal de la cresta ósea alveolar (122).

Así mismo, en una revisión sistemática del 2016, se concluye que después de la decoronación, se observó el mantenimiento de la altura y el ancho del reborde alveolar, sin embargo, sugiere que, para maximizar los beneficios de la decoronación, se requiere una intervención oportuna y bien monitoreada, ya que este tratamiento en pacientes que han superado los picos de crecimiento puberal, puede que no produzca resultados de tratamiento máximos efectivos (122).

TÉCNICA DE EXTRACCIÓN PARCIAL “SOCKET SHIELD”

La técnica de Socket Shield fue descrita por primera vez por Hurzeler et al en 2010 (59) como una alternativa terapéutica a la preservación de reborde durante la colocación de implantes en la zona estética, con el objetivo de preservar el ligamento periodontal de la porción vestibular de la raíz y así mantener el suministro vascular

que mantendría la integridad de la cresta alveolar vestibular.

Esta técnica consiste en el seccionamiento y el retiro de la corona en dientes que sea posible su restauración, de manera tal que el remanente radicular se pueda seccionar en dos segmentos a través de un corte mesiodistal, y así retirar adecuadamente la porción palatina manteniendo la pared vestibular de la raíz intacta (128).

Es así como la porción vestibular radicular se mantiene en su posición original y en sentido horizontal es adelgazada generando una forma cóncava semejante a la forma del reborde de la cresta alveolar, y en sentido vertical se recomienda que se desgaste hasta un milímetro por encima del reborde alveolar (129).

Desde la descripción de Hurzeler se han descrito numerosas modificaciones a la técnica original entre las cuales destacan autores como Gluckman et al (130) quien menciona la técnica como terapias de extracción parcial (PET) y quien propone que en presencia de un espacio entre el implante y la porción vestibular radicular se puede rellenar con material de injerto óseo particulado.

Así mismo en estudios histológicos se han descrito múltiples complicaciones asociadas con la utilización de la técnica de socket shield entre las cuales se reporta una incidencia para pérdida ósea de un 54.55%, falla de oseointegración 27.27%, formación de ligamento periodontal o cemento en la superficie del implante 9.09%, mucositis o periimplantitis 7.58%, y exposición del implante 1.52% (131).

También se han descrito complicaciones y efectos adversos en los estudios clínicos realizados en humanos donde se encuentran: pérdida ósea vestibular alrededor del implante, exposición del escudo radicular, formación de bolsa, reborde deficiente.

La distribución de las complicaciones encontradas en estudios clínicos reporta una

incidencia para pérdida ósea vestibular alrededor del implante de 78.78%, exposición del escudo radicular 15%, formación de bolsa de 3.03%, reborde alveolar deficiente 3.03% (131).

Sin embargo, a pesar de la alta incidencia de complicaciones reportadas algunos informes clínicos indicaron resultados estables a los 12 meses. De manera que es difícil predecir el éxito a largo plazo de esta técnica hasta que se disponga de evidencia de alta calidad (131).

ELEVACIÓN DE PISO DE SENO MAXILAR

El reemplazo de estructuras dentales soportadas por implantes es un tratamiento exitoso y de larga duración para la rehabilitación de pacientes con zonas edéntulas ocasionadas por distintos factores, no obstante, la colocación de implantes en el maxilar superior posterior es considerado un desafío gracias a la constante ausencia o deficiencia de tejido óseo en la zona (132). Dichas alteraciones en la anatomía ósea pueden ser generadas como consecuencia de la pérdida prematura de dientes, la cual conlleva a un proceso de remodelado óseo y reabsorción del reborde alveolar, así como, a la expansión del seno maxilar inducida por una presión positiva de aire generada por la respiración, la cual ocasiona migración del piso del seno maxilar hacia una posición más coronal denominada neumatización (133). En caso de no ser solucionadas las condiciones mencionadas, la colocación adecuada de los implantes en una posición protésicamente guiada y óseamente viable podría verse afectada e incluso contraindicada (134).

La elevación de piso de seno maxilar (EPSM) es un procedimiento quirúrgico que tiene como objetivo recuperar las dimensiones óseas perdidas como consecuencia de la

neumatización del mismo, y permitir la posterior colocación de implantes en la zona afectada con su respectiva rehabilitación protésica (135). Esta técnica fue presentada por primera vez en 1977 por Tatum y publicada por Boyne y James en 1980 y se ha consolidado como una opción quirúrgica para el restablecimiento de las dimensiones óseas en zonas posteriores maxilares. La técnica inicialmente propuesta fue la de “ventana lateral” por medio de osteotomía en la pared lateral del seno maxilar, sin embargo, se han presentado diversas modificaciones a la misma y el surgimiento de otras técnicas como la “transalveolar”, presentada por Summers en 1994, la cual incluye la elevación del piso del seno maxilar mediante el uso de osteótomos (136). Recientemente, múltiples publicaciones han demostrado otros abordajes quirúrgicos en los cuales se ha hecho empleo de fresas de corte seguro, presión hidráulica, cirugía piezoeléctrica y técnicas de elevación de piso de seno maxilar con balón, con el fin de disminuir las complicaciones perioperatorias y postoperatorias como la perforación de la membrana de Schneider, el sangrado abundante y garantizar una mayor simplicidad durante el procedimiento quirúrgico (136, 137, 138, 139, 140).

La EPSM se encuentra indicada en aquellos casos en los cuales no es posible colocar implantes de longitud adecuada en el reborde maxilar edéntulo, en zona de premolares y molares en proximidad con el seno maxilar (SM), y contraindicada en aquellos pacientes con historia de radiación en zona maxilar, compromiso sistémico no controlado, infección del SM, sinusitis crónica, lesiones patológicas, relación intermaxilar inadecuada, entre otras (133).

Este procedimiento es una técnica regenerativa exitosa para la rehabilitación del maxilar posterior edéntulo, la cual requiere de una evaluación preoperatoria minuciosa, con el fin de elegir el método que más se adecue a cada caso en específico

y disminuir al máximo las complicaciones perioperatorias y postoperatorias que se derivan de la ejecución del mismo (141).

El tipo de técnica a seleccionar para realizar la EPSM debe basarse principalmente en la altura del hueso residual, el ancho óseo marginal, la anatomía del seno maxilar (tamaño, presencia de tabiques intrasinosales), el número de dientes a reemplazar y el momento de la colocación del implante (simultáneo o por etapas), aunque otros factores, como el entrenamiento y la experiencia quirúrgica del operador pueden influir en la selección de la misma (133, 134).

En la Conferencia de Consenso de la Academia de Oseointegración sobre injertos para la EPSM, celebrada en Boston (Massachusetts) en 1996, se declaró que: (1) Cuando altura del hueso residual se encuentra entre 7 a 9 mm debe ser realizada la técnica de EPSM transalveolar en conjunto con la colocación simultánea del implante dental, (2) cuando la altura de hueso residual se encuentra entre 4 a 6 mm es recomendable la EPSM mediante la técnica de ventana lateral con la colocación simultánea de implante y (3) cuando la altura de hueso residual es menor a los 3 mm, es recomendable la EPSM mediante un abordaje de ventana lateral con colocación diferida del implante (142, 143).

Se propone entonces que un abordaje de EPSM transalveolar puede ser la primera opción para la rehabilitación de espacios únicos, en situaciones en las cuales hay suficiente ancho para la colocación del implante, y adicionalmente una altura del hueso residual de al menos 5 mm, mientras que la EPSM mediante la técnica de ventana lateral, se encuentra indicada cuando se encuentra disponible una altura de hueso residual <5mm (133).

El éxito de la EPSM se encuentra determinado por la cantidad de ganancia ósea obtenida posterior al procedimiento quirúrgico, la reabsorción de injerto óseo en caso de ser utilizado, y la tasa de supervivencia a largo plazo de los implantes colocados en dicha región (144). Se han utilizado diversos materiales durante el procedimiento quirúrgico como autoinjertos, aloinjertos, xenoinjertos, materiales aloplásticos y recientemente agentes biológicos como factores de crecimiento y derivados plaquetarios (145, 146), sin embargo, Chen et al, afirman en su estudio retrospectivo de dos años, que la formación ósea en el seno maxilar no requiere de la presencia de biomateriales gracias a las características del defecto óseo, el cual permite el mantenimiento del espacio, la estabilidad del coágulo y la participación de células de tejido óseo provenientes del periostio del SM o del trabeculado del hueso maxilar (144).

ANATOMÍA DEL SENO MAXILAR

El seno maxilar es una estructura anatómica importante que hace parte de las cavidades que conforman los senos paranasales de la cara, siendo de éstos el de mayor tamaño el SM, el cual cuenta con una capacidad aproximada en adultos de 12-15 mL de aire. Se encuentra de manera bilateral en la superficie interna de los huesos maxilares superiores que hacen parte de la estructura anatómica de la cara, y su configuración simula una forma piramidal con la base en contacto con la pared lateral de la cavidad nasal y el vértice en dirección al proceso cigomático (141).

Para el mejor entendimiento de su anatomía es preciso evaluar cada una de las paredes con que cuenta dicha cavidad:

-Pared anterior del seno maxilar: Se encuentra formada por la cara anterior del hueso

maxilar (147).

-Pared posterior del seno maxilar: Compuesta por la fosa infratemporal y su borde anterior hace parte de la fosa pterigomaxilar (147).

-Pared superior del seno maxilar: Limitada por el piso de la órbita y es considerada la más delgada de todas sus paredes (147).

-Pared inferior del seno maxilar: Esta pared se extiende en sentido anterior a la zona de premolares y canino, y en sentido posterior a la zona de tuberosidad maxilar. Se encuentra compuesta por los procesos alveolar y palatino del hueso maxilar, y su porción más inferior se haya a la altura del primer y segundo molar superiores permanentes. En pacientes con presencia de dentición, usualmente el piso del seno maxilar se encuentra ubicado a la misma altura del piso de las fosas nasales mientras que en pacientes con ausencia de dentición, el piso del seno maxilar desciende 1-1.5 cms aproximadamente, generando disminución en las dimensiones óseas maxilares (147).

El piso del seno maxilar se encuentra separado de la dentición por una delgada estructura de hueso compacto, y los ápices de las raíces de dientes en dicha zona se encuentran a una distancia promedio de 1.97 mm en la mayoría de los casos; sin embargo, se han reportado situaciones en las cuales las raíces de los dientes presentan una relación significativamente estrecha con el piso del seno maxilar y pueden alcanzar incluso a generar perforación del mismo en el 2.2% de los casos (148).

-Pared medial del seno maxilar: Esta pared cumple la función de separar el seno maxilar de la cavidad nasal, cuenta con una forma rectangular y lisa y su accidente anatómico más importante es el ostium maxilar (147). Este, es un pequeño agujero

de forma ovalada que se encuentra ubicado en la porción superior de la pared medial del seno maxilar; se ubica a una distancia promedio de 25,6 mm del piso del seno maxilar, variando entre un rango de 18 -35 mm aproximadamente (141). Es considerado como un orificio natural de drenaje mediante el cual el moco es transportado por medio de actividad ciliar, y su obstrucción con material de injerto particulado durante la elevación de piso de seno maxilar puede llegar a generar patologías sinusales.

-Pared lateral del seno maxilar: Hace parte del vértice de la forma piramidal del SM maxilar, se extiende hacia el proceso cigomático del hueso maxilar y en algunas ocasiones puede llegar a alcanzar el hueso cigomático (147). Cuenta con estructuras de irrigación importantes las cuales generan anastomosis y deben ser tenidas en cuenta a la hora de realizar la EPSM por medio de técnica de ventana lateral, ya que la interrupción o perjuicio de las mismas pueden generar complicaciones de sangrado perioperatorias y postoperatorias (149).

En la superficie interna del seno maxilar se pueden encontrar variaciones anatómicas que dificultan la realización del procedimiento de elevación de piso de seno maxilar como los tabiques intrasinusales, los cuales son estructuras anatómicas óseas frecuentes que se encuentran tanto en pacientes dentados como en pacientes desdentados (134). Presentan relevancia clínica para el operador y deben ser analizados previo al procedimiento quirúrgico mediante tomografías computarizadas de haz de cono (CBCT) para evitar al máximo las complicaciones que puede conllevar su presencia durante la cirugía (150).

Usualmente se han identificado diferentes tipos de tabiques intrasinusales: verticales, horizontales, congénitos, que resultan de la formación inicial del seno maxilar y

adquiridos, los cuales se forman a partir de la neumatización irregular del piso del seno maxilar como consecuencia de la pérdida de una o varias estructuras dentales (148). Diferentes estudios han evaluado la prevalencia de tabiques intrasinales por medio de tomografía computarizada, encontrando resultados que varían entre el 16% al 58% en la zona más anterior y 17,5% al 70% en la zona más posterior (148).

Inervación e irrigación

El seno maxilar cuenta con una inervación e irrigación proporcionada por las siguientes estructuras anatómicas y a las siguientes áreas específicas del SM:

-Nervio y arteria alveolar superior posterior: Inerva e irriga la pared posterior del seno maxilar. La arteria alveolar posterior superior en proximidad a la pared lateral del seno maxilar describe un curso en forma de U, cuyo punto más cercano al reborde alveolar se encuentra cerca del primer molar superior permanente (151, 134).

-Nervio y arteria alveolar superior anterior: Inerva e irriga la pared anterior del seno maxilar.

-Nervio y arteria infraorbitaria: Inerva e irriga la pared superior y pared medial del seno maxilar.

-Nervio y arteria palatina mayor: Inerva e irriga el ostium maxilar y la pared inferior del seno maxilar (141).

La arteria alveolar posterior superior y la arteria infraorbitaria comúnmente generan anastomosis a nivel de la pared lateral del seno maxilar, la cual puede ubicarse de manera extraósea entre los 23-26 mm de distancia desde el reborde alveolar o de manera endósea entre los 16,4-19,6 mm de distancia desde la porción más coronal

del reborde alveolar. Esta anastomosis es de relevancia clínica para el operador ya que su irrupción puede generar hemorragias durante la elevación del piso de seno maxilar, motivo por el cual debe ser evaluada su presencia y ubicación desde la planeación del procedimiento quirúrgico (141).

La unión entre las dos arterias mencionadas anteriormente, permiten la inervación de la membrana de Schneider, la cual recubre la superficie interna del seno maxilar, el periostio y la pared lateral, contribuyendo con la vascularización del injerto y la cicatrización de la zona quirúrgica (134, 151).

Finalmente, la membrana de Schneider es una capa de revestimiento delgada ubicada en la superficie interna del seno maxilar, compuesta por una capa única de células caliciformes, las cuales cumplen función de producción de moco, recolección de partículas extrañas y humidificación de aire, y adicionalmente, un epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado el cual se encarga de transportar las secreciones producidas por el seno maxilar a través del ostium al meato medio. En pacientes sanos presenta un grosor aproximado de 0.2-0,8 mm y en caso de llegar a presentar un engrosamiento, el paciente deberá ser remitido a otorrinolaringología previo a la realización del procedimiento quirúrgico (148).

TÉCNICAS PARA LA ELEVACIÓN DE PISO DE SENO MAXILAR

Técnica de ventana lateral

Este tipo de técnica fue propuesta por primera vez en 1977 por Tatum para la elevación de piso de seno maxilar en rebordes severamente atróficos con una altura de hueso residual ≤ 5 mm, permitiendo en algunas ocasiones la colocación inmediata del implante si la estabilidad primaria requerida es obtenida durante la cirugía (133).

Previo a la realización del procedimiento quirúrgico, Wallace C et al (136), mencionan una serie de ítems a tener en cuenta como parte de la planeación prequirúrgica, entre los cuales se encuentran: el conocimiento del estado de salud general del paciente y del seno maxilar para prevenir complicaciones postoperatorias importantes y el conocimiento de la anatomía tridimensional del seno maxilar por medio de tomografías computarizadas de rayo de cono, con el objetivo de seleccionar la técnica de abordaje adecuada e identificar las estructuras anatómicas de importancia para el clínico (135).

Técnica transalveolar

Esta técnica fue propuesta por primera vez en 1994 por Summers para la elevación de piso de seno maxilar en rebordes atróficos con una altura de hueso residual entre los 5-6 mm aproximadamente, permitiendo la colocación simultánea del implante gracias a la estabilidad que puede brindar el remanente óseo de la zona (136, 143). Consiste principalmente en la inserción transalveolar de un osteótomo con un diámetro menor al del cuerpo del implante, con el fin de generar fractura del piso del seno maxilar y permitir la migración del mismo hacia una posición más apical, de tal forma que permita la colocación del material de injerto en la zona y el anclaje del implante (133).

La técnica para la EPSM mediante abordaje transalveolar se dividirá en 3 partes: maniobras previas a la cirugía, maniobras durante la cirugía y maniobras posteriores a la cirugía.

Nuevas técnicas para la elevación de piso de seno maxilar

-EPSM por medio de cirugía guiada: El advenimiento de la cirugía guiada por medio de planeación computarizada, ha sido una alternativa propuesta durante los últimos

años para procedimientos de elevación de piso de seno maxilar, brindando mayor exactitud al clínico durante el procedimiento quirúrgico, así como menor morbilidad, incomodidades y complicaciones al paciente posterior a éste. El abordaje a la zona mediante guías quirúrgicas óseosoportadas o dentosoportadas permitirá ejercer una osteotomía adecuada y precisa de la ventana lateral (152), así como una preparación inicial tridimensional ideal del lecho quirúrgico del implante para la posterior EPSM por medio de la técnica transalveolar. Zaniol, et al, manifiestan en su artículo que el empleo de dichas guías puede ser más complejo en pacientes totalmente edéntulos, sin embargo, ésta es considerada la alternativa más confiable para aquellos casos en los cuales se requiere de mayor exactitud (153).

-EPSM con instrumentos rotatorios modificados: La propuesta inicial para la EPSM mediante el abordaje de ventana lateral, trae consigo el empleo de instrumental rotatorio de alta y baja velocidad, como fresas de diamante y tungsteno de diferentes tamaños para la realización de la osteotomía (136), no obstante, su utilización genera mayores complicaciones durante el procedimiento quirúrgico como la perforación de la membrana de Schneider y sangrado perioperatorio (138). Como consecuencia de lo anterior, el empleo de pimpollos acrílicos como modificación a las fresas inicialmente propuestas, ha permitido mantener la integridad de la membrana de Schneider, resultando en una alternativa simple, económica y efectiva para la realización de dicho procedimiento (137).

-EPSM mediante el empleo de piezoeléctrico: El empleo de piezoeléctrico como alternativa a las fresas convencionales de diamante para la osteotomía de la ventana lateral ha sido estudiado a lo largo de los años. En un estudio publicado por Delilbasi

en 2013, en el cual se comparó el empleo de piezoeléctrico vs instrumental rotatorio en 33 pacientes, concluyó que la realización de EPSM mediante piezoeléctrico permite la ejecución del procedimiento en un menor tiempo, con menores complicaciones y disminución en las molestias postoperatorias del paciente a corto plazo (3 días), sin embargo, en cuanto a molestias postoperatorias a mediano plazo (3er día a la segunda semana), los dos grupos presentaron resultados similares (154). Adicional a esto, tres estudios han informado disminución en las tasas de perforación de la membrana a 5,0%, 3,8% y 3,6% mediante el empleo de cirugía piezoeléctrica (139, 155, 156).

-EPSM mediante balón de aire: En esta técnica se propone la realización de osteotomía transalveolar y posteriormente la introducción de un balón de aire, el cual será inflado progresivamente permitiendo el desprendimiento de la membrana de Schneider con el fin de proporcionar el espacio para la colocación del material de injerto óseo, y en caso de ser indicado, la colocación simultánea del implante. Soltan y Smiler describen la técnica para la elevación de la membrana del piso del seno maxilar de manera suave y uniforme, demostrando que esta opción disminuye la posibilidad de perforación de la misma (157).

En una revisión sistemática publicada en 2017 se reporta que esta técnica brinda como principal ventaja una ganancia ósea de hasta 10 mm en el seno maxilar, considerada como una técnica más fácil, menos mórbida para el paciente y con tasas de éxito hasta de 96,7% (158).

-EPSM mediante presión hidráulica: Como una modificación a la técnica inicial propuesta por Summers, se plantea la elevación de piso de seno maxilar mediante presión hidráulica, en la cual, posterior al empleo de osteótomos para la fractura del

piso del seno maxilar, se inyecta solución salina debajo de la membrana de Schneider, mediante presión hidráulica con una jeringa debidamente ajustada, con el objetivo que se genere la elevación de la misma (159). Jesch et al. describieron la técnica de alta presión hidráulica mediante el empleo de un sistema compuesto por un taladro, una bomba hidráulica y un juego de tubos de conexión (160).

- *EPSM mediante implante endoóseo autoroscante*: Mijiritsky et al, describieron la técnica de elevación de piso de seno maxilar mínimamente invasiva por medio de un implante endoóseo autoroscante, el cual contiene un canal interno en su superficie con el fin de permitir la introducción de líquidos a través del mismo al seno maxilar; dichos líquidos incluyen solución salina y materiales de injerto óseo en consistencia fluida (161).

-*EPSM mediante técnica mínimamente invasiva y colocación simultánea de implante*: Consiste en la EPSM sin el empleo de ningún sustituto óseo y únicamente con el ápice del implante, elevando hasta 3 mm el mismo y brindando como ventaja principal la colocación inmediata del implante. En una serie de casos en la cual incluyeron 11 pacientes se demostró que es viable la colocación o no de injerto óseo, sin embargo, existen ocasiones en las cuales el coágulo formado en la zona apical puede estimular a la formación hueso nuevo, mientras que en otras no, llegando a adaptarse la membrana de Schneider nuevamente a la superficie del implante sin ningún tipo de complicación (162).

Biomateriales empleados en la elevación de piso de seno maxilar.

A lo largo de los años se han empleado diferentes materiales para procedimientos de elevación de piso de seno maxilar, a fin de restablecer las dimensiones óseas del

reborde alveolar posterior superior atrófico, obtenido como consecuencia de ausencias dentales y la neumatización del piso del seno maxilar. En 1970, Tatum empleó autoinjerto de costilla como material de relleno para dicho procedimiento, permitiendo obtener una mayor área de contacto entre la superficie del implante-hueso y una mayor supervivencia a largo plazo de los implantes dentales (163).

Desde entonces, diversas modificaciones han sido realizadas a la técnica, empleando materiales de injerto óseo como autoinjertos, aloinjertos, xenoinjertos como mineral óseo bovino desproteinizado (DBBM) y materiales aloplásticos como fosfato beta tricálcico (β -TCP) y fosfosilicato cálcico (CPS) (164), todos en diferentes presentaciones, en compañía de materiales de barrera como membranas reabsorbibles de colágeno, ácido poliláctico y poliglicólico, entre otras. Lundgren et al, (165) fueron los primeros en reportar la formación de hueso nuevo mediante evaluación radiográfica en seno maxilar humano, posterior a la elevación de piso de seno maxilar sin la utilización de materiales de injerto óseo; sin embargo, no se demostró evidencia histológica la cual permitiera verificar formación de nuevo hueso nativo al interior del seno maxilar.

En una revisión sistemática publicada en 2016, en la cual se realizó un análisis comparativo sobre el empleo o no de materiales de injerto en procedimientos de elevación de piso de seno maxilar, se encontró que la tasa de supervivencia de implantes instalados en zonas con EPSM sin materiales de injerto óseo fue del 96%, comparado con zonas en las cuales se realizó EPSM con materiales de injerto óseo, en las cuales se obtuvo una supervivencia del 99,6%; concluyendo que el uso o no de

biomateriales para la EPSM resulta en un procedimiento seguro y con resultados predecibles a corto, mediano y largo plazo (166).

Otra de las consideraciones a tener en cuenta durante la EPSM mediante el abordaje de ventana lateral, es la colocación o no de una membrana de barrera en la zona del abordaje quirúrgico. Según Starch-Jensen et al en su revisión sistemática, reportan que no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre el empleo o no de membrana para el éxito y supervivencia de los implantes dentales, los cuales son considerados la finalidad del procedimiento quirúrgico. Sin embargo, en situaciones en las cuales se hace uso de membranas durante la cirugía, se permite brindar mayor estabilidad al sustituto óseo evitando desplazamientos o pérdida del mismo, y generando a su vez, una mayor cantidad de hueso mineralizado ya que disminuye la migración de células de tejido blando a la zona regenerada (167).

El empleo de derivados plaquetarios como terapia coadyuvante al material de injerto óseo para la EPSM ha sido estudiado recientemente, encontrando que la combinación de plasma rico en plaquetas en conjunción con otros biomateriales de injerto óseo, no parece proporcionar efectos beneficiosos adicionales en los procedimientos de elevación; sin embargo, se ha reportado que dicha combinación puede mejorar el período de cicatrización y formación ósea. Es importante tener en cuenta que se necesitan más ensayos clínicos aleatorizados para proporcionar resultados que permitan dar recomendaciones para la práctica clínica (168).

Según Danesh et al, la utilización de hueso autógeno para la EPSM produce la mayor cantidad de formación de hueso nuevo en comparación con otros materiales de injerto (sustitutos óseos), no obstante, los aloinjertos, xenoinjertos y materiales aloplásticos,

parecen ser buenas alternativas al empleo de autoinjertos, ya que de esta manera permiten disminuir la tasa de morbilidad del paciente, la disponibilidad limitada y el alto cambio volumétrico que conlleva el uso de injerto óseo autógeno. Adicionalmente, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la combinación o no, del hueso autólogo con sustitutos óseos en términos de formación ósea (169).

Finalmente, en una revisión sistemática del 2020 en la cual buscaron evaluar el material de elección para la elevación de piso de seno maxilar, se encontró que el xenoinjerto presentó mejores resultados en cuanto a nueva formación ósea seguida por materiales aloplásticos, autoinjertos, combinaciones con factores de crecimiento y combinación de autoinjerto más xenoinjerto, concluyendo que el injerto que mayores resultados presenta en cuanto a la formación de nuevo hueso y estabilidad en el tiempo es el xenoinjerto óseo (170). Sin embargo, en este estudio no se hace mención sobre el tamaño de las partículas óseas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar una revisión sistemática de la literatura sobre el rol del tamaño de la partícula ósea en procedimientos regenerativos periodontales y óseos.

Objetivos específicos

-Evaluar de manera sistemática la evidencia sobre el impacto del tamaño de la partícula ósea frente al mantenimiento óseo en procedimientos regenerativos

periodontales y óseos.

-Evaluar de manera sistemática la evidencia sobre el impacto del tamaño de la partícula ósea frente a la ganancia volumétrica en procedimientos regenerativos periodontales y óseos.

-Valorar la evidencia según la guía para elaboración de revisiones sistemáticas Cochrane los estudios que cumplieron los criterios de inclusión.

-Resumir y presentar los resultados sobre la utilización de diferentes tamaños de partícula en procedimientos regenerativos periodontales y óseos.

II. ASPECTOS METODOLÓGICOS

TIPO DE ESTUDIO

Revisión sistemática de la literatura basada en ensayos clínicos aleatorizados controlados que comparen diferentes tamaños de partícula ósea en procedimientos regenerativos.

OBJETO DE ESTUDIO

Diferentes tamaños de partícula ósea en procedimientos regenerativos.

POBLACIÓN DE ESTUDIO

Pacientes incluidos en los estudios que hayan requerido procedimientos regenerativos cómo: preservación del reborde alveolar, regeneración ósea guiada, elevación de piso de seno maxilar y/o regeneración tisular guiada.

UNIDAD DE OBSERVACIÓN

-Mantenimiento y/o ganancia del volumen óseo.

-Relleno del defecto.

MUESTRA Y MUESTREO

MUESTRA Y MUESTREO: No probabilístico, muestreo por conveniencia.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

-Ensayos clínicos aleatorizados controlados.

-Estudios que definan la utilización de diferentes tamaños de partícula ósea para la formación y el mantenimiento de las dimensiones óseas.

-Estudios realizados en humanos.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

-Estudios con un período de seguimiento menor a cuatro meses.

-Estudios que incluyeran empleo de autoinjertos óseos.

ASPECTOS ÉTICOS

Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

ARTICULO 11. Para efectos de este reglamento la siguiente investigación se clasifica en:

Investigación sin riesgo: Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios y otros en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.

PROCEDIMIENTO

La revisión sistemática de literatura se llevó a cabo por parte de 3 examinadores independientes. Se realizó una búsqueda electrónica utilizando las bases de datos en inglés: MEDLINE (PubMed), EbscoHost, Cochrane y Clinical Key desde 1980 hasta 2020, utilizando las palabras: (((particle size [MeSH Terms]) OR (particle sizes [MeSH Terms])) AND (bone grafting [MeSH Terms])) OR (bone graftings [MeSH Terms]). Posterior a ello, se realizó una búsqueda en las bases de datos en español LILACS y Epistemonikos desde 1980 hasta 2020 utilizando como palabras clave [(Tamaño de partícula)] e [(injerto óseo)], y finalmente se aplicó la búsqueda manual en Google Académico mediante el empleo de los términos mencionados anteriormente.

Se evaluaron artículos en idioma inglés y español, realizados en humanos adultos y publicados en revistas odontológicas indexadas. Los títulos y resúmenes de los diferentes artículos fueron evaluados de manera independiente por 2 examinadores con base en los criterios de inclusión y exclusión, y un tercer examinador que se encargó de dirimir las opiniones divididas, con el fin de seleccionar únicamente aquellos artículos que contaran con un mínimo 2 votos a favor por parte de los investigadores.

RESULTADOS

La búsqueda en las diferentes bases de datos con los criterios anteriormente mencionados arrojó los siguientes resultados: LILACS (4 artículos), EbscoHost (56 artículos), Epistemonikos (36 artículos), MEDLINE (PubMed) (23 artículos), Clinical Key (14 artículos) y Cochrane library (67 artículos), obteniendo como resultado de la búsqueda inicial un total de 200 estudios.

Posterior a ello, se realizó de manera independiente la eliminación por título de aquellos estudios que no fueran pertinentes para la elaboración de la presente investigación, excluyendo un total de 179 estudios, y manteniendo 21 de los inicialmente seleccionados. A través de una nueva revisión, se eliminaron 4 artículos por encontrarse duplicados, finalizando con una posible selección de 17 estudios candidatos a ser incluidos para la revisión.

Finalmente, cada uno de los 17 artículos fue evaluado de manera completa, de los cuales 11 fueron eliminados por contenido (Tabla 1), obteniendo 6 estudios que se incluyeron para análisis en la presente revisión sistemática (Gráfico 1).

Gráfico 1: Diagrama de selección de estudios.

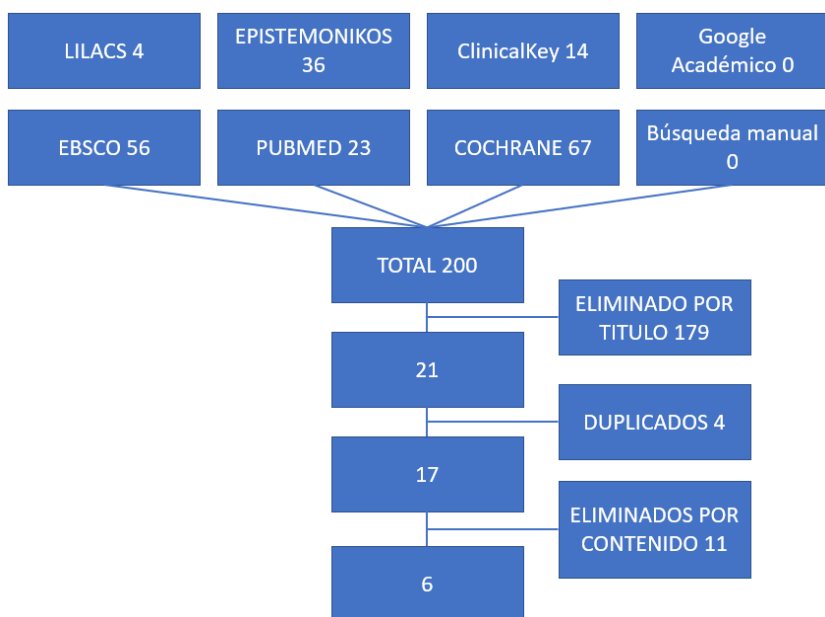


Tabla 1: Estudios eliminados por contenido.

Base de datos	Autor/Año de publicación	Motivo de eliminación
EbscoHost	Xu H, et al. (2003) (171).	Estudio realizado en modelo animal (conejos).
EbscoHost	Vitale C, et al. (2009) (172).	Estudio en el cual se evalúan injertos andamios vitrocerámicos.
EbscoHost	Karabuda C, et al. (2001) (173).	No se realiza evaluación de diferentes tamaños de partícula ósea.
EbscoHost	Schepers E, et al. (1998) (174).	No se realiza la evaluación de diferentes tamaños de partícula ósea para procedimientos de regeneración sino para

		procedimiento de colocación de implante.
EbscoHost	Pallesen L, et al. (2002) (175).	Estudio en el cual se incluye injerto óseo de tipo autólogo.
EbscoHost	Putzer D, et al. (2014) (176).	Estudio realizado en cadera humana.
LILACS	Cassini M, et al (2014) (177).	No se compara el tamaño de partícula ósea para evaluar el procedimiento regenerativo sino para la colocación del implante.
LILACS	Cezário E, et al. (2016) (178).	Revisión de literatura.
PubMed	Mordenfeld A, et al (2010) (179).	Estudio en el cual no se compara el tamaño de partícula ósea.
PubMed	Dos Anjos T, (2016) (180).	No se compara el tamaño de partícula ósea para evaluar el procedimiento regenerativo sino para la colocación del implante.
PubMed	Zaner D, et al (1984) (181).	Revisión de la literatura.

La evaluación del riesgo de sesgo según el Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones fue evaluada de manera independiente por 2 examinadores (JM, DV) y un tercero (LS) que se encargó de dirimir las opiniones divididas, con el fin de llegar a un consenso y dar la evaluación definitiva para cada artículo e ítem evaluado con un mínimo 2 votos a favor por parte de los investigadores (Tabla 2).

Aquellos artículos en los cuales se generó algún tipo de duda o no se evidenció la información pertinente para la evaluación de riesgo de sesgo, se solicitó mediante correo electrónico a los autores, la explicación metodológica referente a cada artículo; no obstante, teniendo en cuenta la situación actual dada por el virus SARS COV- 2, probablemente no se obtuvo respuesta a dichos correos, motivo por el cual, se decide mantener la calificación inicial generada a los artículos.

Tabla 2. Evaluación del riesgo de sesgo para cada artículo seleccionado.

Parámetros evaluados	ARTÍCULOS SOMETIDOS A EVALUACIÓN DE RIESGO DE SESGO.					
	de Molón 2018 (182)	Fucini 1993 (183)	Kheur 2017 (184)	Testori 2013 (185)	Tram 2012 (186)	Chackartchi 2011(187)
Generación aleatoria de la secuencia.	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Verde
Ocultamiento de la asignación.	Amarillo	Rojo	Amarillo	Verde	Rojo	Amarillo
Cegamiento del personal y de los participantes.	Amarillo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Amarillo
Cegamiento en el desenlace.	Verde	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Amarillo
Datos de resultado incompletos.	Verde	Verde	Rojo	Amarillo	Amarillo	Verde
Notificación selectiva de resultados, otros sesgos.	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Verde

Verde: Bajo riesgo de sesgo. Amarillo: Moderado riesgo de sesgo. Rojo: Alto riesgo de sesgo.

De los 6 artículos seleccionados que incluyen procedimientos regenerativos, tres (3) realizaron procedimiento de elevación de piso de seno maxilar (182, 185, 187), un (1) artículo incluyó regeneración tisular guiada (183), un (1) artículo preservación de reborde alveolar (186) y un (1) artículo expansión de reborde alveolar (184).

En relación a los materiales de injerto empleados en los diferentes estudios se incluyó; DFDBA (Demineralized Freeze-Dried Bone Allograft) (183), BBM (Bovine Bone Mineral) (187), DBM (Desmineralized Bone Matrix) + aloinjerto tipo masilla (186), BBM (185), B-TCP (Fosfato B tricálcico) con HA (Hidroxiapatita) y aloinjerto cortico cancelar (184) y DBBM (182). Los tamaños de partícula fueron clasificados en 4 artículos como:

pequeña de 0.25 mm-1mm y grande de 1 a 2 mm (182, 184, 185, 187). En el estudio de Tram (186) se clasificó la partícula pequeña entre 125 μ m- 710 μ m y grande de 2mm-4mm y en el estudio de Fuccini (183), el tamaño de partícula fue clasificado en pequeña con un tamaño de 250 μ m, mediana de 500 μ m y grande de 850 μ m.

Evaluación del papel del tamaño de la partícula ósea en elevación de piso de seno maxilar.

Respecto a la evaluación del papel del tamaño de partícula en elevación de piso de seno maxilar, de Molón (182) concluyó que los resultados no revelaron diferencias clínicas e histológicas estadísticamente significativas entre los dos tamaños de partícula empleados ($p=0.120$) con un período de seguimiento de 8 meses, sugiriendo que ambos tamaños de DBBM, son efectivos para el aumento óseo en el seno maxilar; resultado similar al obtenido por Chackartchi (187) quien concluyó que los dos tamaños de partícula de BBM funcionaron de manera similar ($p>0.5$) en un periodo de evaluación de 6 a 9 meses. Según la evaluación de riesgo de sesgo realizada durante el presente estudio, de Molón (182) presentó 4 ítems con riesgo de sesgo bajo y 2 con riesgo de sesgo moderado. Por otro lado, Chackartchi (187) obtuvo 3 ítems con riesgo de sesgo bajo y 3 ítems con riesgo de sesgo moderado. Estos resultados son contrarios a los obtenidos por Testori et al (185), quienes concluyen que existe un aumento estadísticamente significativo ($p<0.02$) en la formación de hueso vital cuando se emplea un tamaño de partícula más grande en una evaluación a 8 meses de seguimiento. Durante la evaluación de riesgo de sesgo, este estudio obtuvo 4 ítems con riesgo de sesgo bajo y 2 ítems con riesgo de sesgo moderado.

De acuerdo a lo evaluado anteriormente, se puede determinar que no existe la suficiente evidencia disponible para determinar el papel tamaño de partícula que mejor se comporta en procedimientos de elevación de piso de seno maxilar, esto debido a que, dentro de los artículos evaluados, se encontraron 2 estudios con diseños metodológicos similares frente a la evaluación de riesgo de sesgo, pero con resultados opuestos.

Evaluación del papel del tamaño de la partícula ósea en regeneración tisular guiada.

En la evaluación del papel del tamaño de partícula en procedimiento de regeneración tisular guiada, Fuccini et al (183) concluyen que no se encontró diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la formación ósea en defectos infraóseos mediante el empleo de diferentes tamaños de partículas de DFDBA, utilizado en humanos durante un período de seguimiento de 6 meses. Teniendo en cuenta las limitaciones en la cantidad y calidad de evidencia encontrada, los resultados obtenidos dentro de este artículo deben ser interpretados con precaución.

Evaluación del papel del tamaño de la partícula ósea en preservación del reborde alveolar.

En la evaluación del papel del tamaño de partícula ósea para la preservación de reborde alveolar, Tram et al concluyen que la adición de partículas óseas de tamaño grande a la masilla de DBM, no ofrece un beneficio adicional en la preservación del reborde alveolar posterior a la extracción dental ($p=0.035$) mediante una evaluación realizada a 5 meses de seguimiento. Considerando las limitaciones en la cantidad y

calidad de evidencia encontrada, los resultados obtenidos dentro de este artículo deben ser interpretados con precaución.

Evaluación del papel del tamaño de la partícula ósea en expansión del reborde alveolar.

Finalmente, frente al procedimiento de expansión del reborde alveolar, Kheur et al (184) concluyen que la partícula ósea con tamaño mayor, juega un papel importante en el aumento del ancho del reborde alveolar, en comparación, con el injerto de tamaño de partículas pequeñas, sugiriendo el empleo de injerto aloplástico con un tamaño de partícula mayor ($p < 0.05$) durante un periodo de seguimiento de 18 meses. Teniendo en cuenta las limitaciones en la cantidad y calidad de evidencia encontrada, los resultados obtenidos dentro de este artículo deben ser interpretados con precaución.

DISCUSIÓN

Este estudio tuvo como propósito evaluar la evidencia disponible sobre el papel de diferentes tamaños de partícula ósea (pequeña de 0,25 mm – 1 mm y grande 1mm - 2 mm) en procedimientos regenerativos periodontales y óseos. De acuerdo con los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en elevación de piso de seno maxilar, regeneración tisular guiada y preservación de reborde alveolar, con excepción del procedimiento de expansión ósea alveolar.

Es importante tener en cuenta que algunas características asociadas al defecto óseo y/o periodontal, como el tamaño y la morfología, así como aquellas asociadas a la

partícula (tamaño, estructura, tasa de reabsorción y espacio entre partículas) pueden ocasionar diferencias frente a los resultados obtenidos en el mantenimiento y/o ganancia de las dimensiones óseas y periodontales en procedimientos regenerativos periodontales y óseos.

El xenoinjerto óseo de origen bovino es un tipo de sustituto óseo caracterizado por la relativa baja tasa de reabsorción posterior al procedimiento quirúrgico. Dentro de los estudios incluidos en la presente revisión sistemática, el periodo de seguimiento de elevación de piso de seno maxilar varió entre los 6 – 9 meses seguida la cirugía regenerativa; motivo por el cual, durante la evaluación final de los mismos, es posible que las partículas de injerto óseo no hayan sido reabsorbidas en su totalidad, y los resultados sean cuestionables.

Adicionalmente, en los diferentes artículos seleccionados no se encontró un consenso frente a la definición del tamaño de partícula ósea para ser clasificado en partícula pequeña o grande, ya que autores como de Molon (2018), Kheur (2017), Testori (2013) y Chackartchi (2011) definieron el tamaño de partícula pequeña de 0.25 mm a 1mm y partícula grande de 1mm a 2 mm, y autores como Tram (2012) y Fuccini(1993) clasificaron la partícula pequeña de 125-710 μ m y 0.25mm y partícula grande de 2-4 mm y 850 μ m, respectivamente.

De acuerdo con la clasificación más aceptada entre los estudios, que definen el tamaño de partícula pequeña de 0.25-1mm y partícula grande de 1-2 mm, encontraríamos que estudios como el de Fuccini (1993) realizan una comparación

entre diferentes tamaños de partícula pequeña y puede ser ese el motivo por el cual los resultados obtenidos no arrojan diferencias significativas.

La elección del tamaño de la partícula por parte del especialista ante la deficiencia de evidencia contundente que soporte el tamaño de una partícula ósea sobre la otra, es basada en las preferencias del profesional y la facilidad de manipulación del sustituto óseo al interior del defecto; por tanto, en situaciones en las que se requiere mayor volumen de injerto óseo como en la elevación de piso de seno maxilar, se preferiría utilizar un tamaño de partícula ósea grande, comparado con procedimientos de regeneración tisular guiada, en los cuales el defecto es contenido y la manipulación de una partícula pequeña podría proporcionar mayores beneficios.

De acuerdo con las limitaciones encontradas en la evidencia frente a cantidad y calidad de los estudios, se recomienda que se realicen más ensayos clínicos aleatorizados controlados en humanos, evaluando el tamaño de partícula ósea pequeña de 0.25µm a 1mm y partícula ósea grande de 1 a 2 mm en los diferentes procedimientos regenerativos durante un periodo de seguimiento de al menos 1 año para poder realizar comparaciones adecuadas al tiempo de reabsorción del injerto óseo.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la evidencia científica evaluada para la elaboración de la presente revisión sistemática, se puede concluir que:

-La literatura disponible frente al papel del tamaño de la partícula ósea en procedimientos regenerativos aún es considerada limitada y de baja evidencia científica.

-En los procedimientos regenerativos no se presentan diferencias estadísticamente significativas frente a los tamaños de partícula ósea, con excepción del procedimiento de expansión de reborde alveolar, en el cual, el tamaño de partícula ósea grande juega un papel importante en la ganancia ósea volumétrica.

-La elevación de piso de seno maxilar fue el único procedimiento que pudo ser contrastado con más estudios.

-La elección del tamaño de la partícula ósea por parte del especialista seguirá siendo influenciada por las preferencias y facilidad de manipulación del injerto óseo hasta que más estudios sean realizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wessing B., Lettner S., Zechner W. Guided Bone Regeneration with Collagen Membranes and Particulate Graft Materials: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018; 33: 87-100.
2. Elgali I., Omar O., Dahlin C., Thomsen P. Guided Bone Regeneration: Materials and biological mechanisms revisited. *Eur J Oral Sci.* 2017; 125: 315-37.
3. Sculean A., Nikolidakis D., Nikou G., Ivanovic A., Chapple I., Stavropoulos A. Biomaterials for promoting periodontal regeneration in human intrabony defects: A systematic review. *Periodontol 2000.* 2015; 68 (1): 198-216.

4. Jensen S., Aaboe M., Janner S., Saulacic N., Bornstein M., Bosshardt D., et al. Influence of Particle Size of Deproteinized Bovine Bone Mineral on New Bone Formation and Implant Stability after Simultaneous Sinus Floor Elevation: A Histomorphometric Study in Minipigs. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015; 17(2): 274-85.
5. Castaño N., Arismendi J., Calle S. Dimensional changes of hard and soft tissues in post-extraction sites. Evaluation of two biomaterials, *Rev Fav Odontol Univ Ant.* 2016; 28 (1): 13-33.
6. Ávila-Ortiz G., Chambrone L., Vignoletti F. Effect of alveolar ridge preservation interventions following tooth extraction: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol.* 2019; 46 (21): 195-223.
7. Atieh M., Alsabeeha N., Payne A., Duncan W., Faggion C., Esposito M. Interventions for replacing missing teeth: alveolar ridge preservation techniques for dental implant site development. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2015. doi: 10.1002/14651858.CD010176.pub2
8. Vargas L. Preservación de alveolos postexodoncia mediante el uso de diferentes materiales de injerto. [Tesis]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2011.
9. Falcon B. Management of horizontal defects of the alveolar ridge, Review of literature. *JPAPO.* 2017; 2 (1): 30-9.
10. Calvo J, Aguilar A., Ramírez M., Mate J., Delgado R., Gómez G. Bone response to collagenized xenografts of porcine origin (mp3) and a bovine bone mineral grafting (4Bone) grafts in tibia defects: experimental study in rabbits. *Clin Oral Implant.* 2015: 1-8.
11. Salamanca E., Hsu C., Huang H., Teng N., Lin C., Pan Y., et al. Bone regeneration using a porcine bone substitute collagen composite in vitro and in vivo. *Scientific reports.* 2018; 8 (984): 1-8.

12. Martínez O., Barone A., Covani U., Fernández A., Jiménez A., Monsalve L., et al. Bone grafts and bone substitutes in implant dentistry. *A. Odontoestomatol.* 2018; 3 (34): 111-19.
13. Nanci A., Bosshardt D. Estructura de los tejidos periodontales en el individuo sano y en el individuo enfermo. *Periodontol 2000.* 2007; 16: 11-28.
14. Hassell T. Tissues and Cells of the periodontium. *Periodontol 2000.* 1993; 3; 9-38.
15. Lang N., Lindhe J. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry.* Wiley Blackwell. Anatomy of periodontal tissues. 2015. sixth edition. pp. 3-46.
16. Fernández H., González H., Castro A., Lisboa D. Osteology: Relevance of medical concepts in dentistry. *Clin. Periodon. Implantol. Rehabil. Oral.* 2015; 8 (1): 83-92.
17. Braut V., Bornstein M., 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: 125-31.
18. Januario A., Duarte W., Barriviera M., Mesti J., Araujo M., Lindhe J. Dimension of the facial bone Wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Research.* 2011; 22: 1168-1171.
19. Araujo M., Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J of Clin Periodontol.* 2005; 32: 212–218.
20. Chappuis V., Araujo M., Buser D. Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites. *Periodontol 2000.* 2017; 73: 73-83.
21. Bartold P. Lifestyle and periodontitis: The emergence of personalized periodontics. *Periodontol 2000.* 2018; 78 (1): 7-11.
22. Cortellini P., Tonetti M. Clinical concepts for regenerative therapy in intrabony defects. *Periodontol 2000.* 2015; 68: 292-307.

23. Papapanou P., Tonetti M. Diagnosis and epidemiology of periodontal osseous lesions. *Periodontol 2000*. 2000; 22: 8-21.
24. Hamp S., Nyman S., Lindhe J. Periodontal treatment of multi rooted teeth. Results after 5 years. *J Clin Periodontol*. 1975; 2 (3): 126-35.
25. Tarnow D., Fletcher P. Classification of the vertical component of furcation involvement. *J Periodontol*. 1984; 55 (5): 283-84.
26. Iiu J., Ruan J., Weir M., Ren K., Schneider A., Wang P., Oates T., Chang X., Xu H. Periodontal bone-ligament-cementum regeneration via scaffolds and stem cells. *Cells*. 2019; 4 (8):537.
27. Sculean A., Nikolidakis D., Nikou G., Ivanovic A., Chapple I., Stavropoulos A. Biomaterials for promoting periodontal regeneration in human intrabony defects: A systematic review. *Periodontol 2000*. 2015; 68 (1):182-216.
28. 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 Implants Res*. 2012; 23 (5):1-21.
29. Vittorini O, 2013. Clementini M., De Risi V., de Santics M. Surgical techniques for alveolar socket preservation: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013; 28 (4): 1049-61.
30. Polimeni G., Xiropaidis A., Wikesjo M. Biology and principles of periodontal wound healing/ regeneration. *Periodontol 2000*. 2006; 41: 30-47.
31. Cardaropoli G., Araujo M., Lindhe J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol*. 2003; 30 (9): 809-18.
32. Freire M., Van Dyke T. Natural resolution of inflammation. *Periodontol 2000*. 2013; 63: 149-64.

33. Aukhil I. Biology of Wound Healing. *Periodontol* 2000; 22: 44-50.
34. Trombelli., Farina R., Marzola A., Bozzi L., Liljenberg B., Lindhe J. Modeling and remodeling of human extraction sockets. *J Clin Periodontol*. 2008; 35 (7): 630-39.
35. Araujo M., Silva C., Souza A., Sukekava F. Socket healing with and without immediate implant placement. *Periodontol* 2000. 2019; 79: 168-77.
36. Schropp L. Cicatrización ósea y cambios en el contorno de los tejidos blandos tras una exodoncia simple: Estudio clínico y radiográfico prospectivo de 12 meses de duración. *Rev. Int. Odontol. Rest Period*. 2003; 7 (4): 341-52.
37. Jung R., Ioannidis A., Hammerle C., Thoma D. Alveolar ridge preservation in the esthetic zone. *Periodontol* 2000. 2018; 77: 165-75.
38. Farmer M., Darby I. Ridge dimensional changes following single-tooth extraction in the aesthetic zone. *Clin Oral Implants Res* 2014; 25: 272–77.
39. Cook D., Mealey B., Verrett R., Mills M., Noujeim M., Lasho D., et al. Relationship Between Clinical Periodontal Biotype and Labial Plate Thickness: An in Vivo Study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2011; 31: 345-54.
40. 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; 36: 1048–58.
41. Ávila-Ortiz G., Elangovan S., Kramer KW., Blanchette D., Dawson D. Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*. 2014; 93 (10): 950-58.
42. Chappuis V., Engel O., Shahim K., Reyes M., Katsaros C., Buser D. Soft tissue alterations in esthetic post extraction sites: a 3-dimensional analysis. *J Dent Res* 2015; 94: 187-93.

43. Thoma D., Bienz S., Hyun L., Zhen W., Hammerle C., Jung R. Explorative Randomized Controlled Study Comparing Soft Tissue Thickness, Contour Changes, and Soft Tissue Handling of Two Ridge Preservation Techniques and Spontaneous Healing Two Months After Tooth Extraction. *Clin Oral Implants Res.* 2020.
44. Alpiste F., Buitrago P., Grado P., Fuenmayor V., Gil F. Regeneración periodontal en la práctica clínica. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2006; 11 (4): 382-92.
45. Nart J., Marcuschamer E., Rumeu J., Santos A., Griffin T. Preservación del reborde alveolar. Por qué y cuándo. *Periodoncia y oseointegración.* 2007; 17 (4): 229-37.
46. Fickl S., Zuhr O., Wachtel H., Bols W., Huerzeler M. Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma: a volumetric study in the beagle dog. *J Clin Periodontol.* 2008; 35: 356-63.
47. Muska E., Walter C., Knight A., Taneja P., Bulsara Y., Hahn M. Atraumatic vertical tooth extraction: a proof of principle clinical study of a novel system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013; 116: 303–10.
48. Mathai T., Uttam A., Kranti E., Nirosha G. Piezosurgery: A Boon for Modern Periodontics. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2017; 7 (1): 1-7.
49. Corning P., Mealey B. Ridge preservation following tooth extraction using mineralized freeze-dried bone allograft compared to mineralized solvent dehydrated bone allograft: A randomized controlled clinical trial. *J. Periodontol.* 2019; 90:126–133.
50. Hong H., Chen C., Kim D., Machtei E. Ridge preservation procedures revisited: A randomized control trial to evaluate dimensional changes with two different surgical protocols. *J Periodontol.* 2018; 0: 1-8.
51. Cardaropoli D., Tamagnone L., Roffredo A., Gaveglione L., Cardaropoli G. Socket preservation using bovine bone mineral and collagen membrane: a randomized controlled clinical trial with histologic analysis. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2012; 32: 421-30.

52. Vignoletti F., Matesanz P., Rodrigo D., Figuero E., Martin C., Sanz M. Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction. A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23 (5) :22-38.
53. Osburn RC. Preservation of the alveolar ridge: a simplified technique for retaining teeth beneath removable appliances. *J Indiana State Dent Assoc.* 1974; 53: 8–11.
54. Araujo M., Sukekava F., Wennstrom J., Lindhe J. Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005; 32: 645-52.
55. De Risi V., Clementini M., Vittorini G., Mannocci A., De Santics M. Alveolar ridge preservation techniques: a systematic review and meta-analysis of histological and histomorphometrical data. *Clin Oral Impl Res.* 2015; 26: 50-68.
56. MacBeth N., Trullenque A., Donos N., Mardas N. Hard and soft tissue changes following alveolar ridge preservation: a systematic review. *Clin Oral Impl Res.* 2017; 28: 982-1994.
57. Bassir S., Alhareky M., Wangsrinmongkol B., Jia Y., Karimbux. Systematic Review and Meta-Analysis of Hard Tissue Outcomes of Alveolar Ridge Preservation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018; 33: 979-94.
58. Amato F., Mirabella A., Macca U., Tarnow D. Implant site Development by orthodontic forced extraction: a preliminary study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012; 27 (2): 411-20.
59. Hurzeler M., Zuhr O., Schupbach P., Rebele S., Emmanouilidis N., Fickl L. The socket-shield technique: a proof-of-principle report. *J Clin Periodontol.* 2010; 37: 855-62.
60. Gluckman H., Salama M., Du Toit J. A retrospective evaluation of 128 socket-shield cases in the esthetic zone and posterior sites: Partial extraction therapy with up to 4 years follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2017: 1-8.

61. Baumer D., Zuhr O., Rebele S., Hurzeler M. Socket Shield Technique for immediate implant placement-clinical, radiographic and volumetric data after 5 years. *Clin Oral Impl Res.* 2017; 28: 1450-58.
62. Bartee B. Extraction site reconstruction for alveolar ridge preservation. Part 1: Rationale and materials selection. Part 2: Membrane assisted surgical technique. *J Oral Implant.* 2001; 27: 187-97.
63. Karaca N., Gulsahi A., Koseoglu O. Alveolar ridge preservation with a free gingival graft in the anterior maxilla: volumetric evaluation in a randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015.
64. Arribas C. Estrategias regenerativas de preservación alveolar. Revisión bibliográfica. [Tesis]. Salamanca: Universidad de Salamanca; 2017.
65. Darby I., Chen S., Buser D. Ridge preservation techniques for implant therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009; 24: 260-71.
66. Annunziata M., Guida L., Nastri L., Piccirillo A., Sommese L., Napoli C. The role of Autologous Platelet Concentrates in Alveolar Socket Preservation: A Systematic Review. *Transfus Med Hemother* 2018; 45:195–203.
67. García M., Yassin S., Bascones A. Ridge preservation and ridge augmentation procedures: A literature review. *Av. Periodon Implantol.* 2016; 28 (2): 71-81.
68. Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. Actualización 2018. 23ª ed.
69. Calasans M, Resende R, Fernandez G, Calasans J, Alves A, Granjeiro J. A randomized controlled clinical trial to evaluate a new xenograft for alveolar socket preservation. *Clin Oral Implants Res.* 2014; 25 (10): 1125-1130.
70. Jambhekar S., Kernen F., Bidra A. Clinical and histologic outcomes of socket grafting after flapless tooth extraction: A systematic review of randomized controlled clinical trials. *J Prosthet Dent.* 2015; 113 (5): 371-382.

71. Stevenson S. Biology of bone grafts. *Orthop. Clin. North Am.* 1999; 4 (30): 543-52.
72. Jakoi A., Iorio J., Cahill P. Autologous bone graft harvesting: a review of grafts and surgical techniques. *Musculoskelet Surg.* 2015;99(3):171-178.
73. Fillingham Y., Jacobs J. Bone grafts and their substitutes. *Bone Joint J* 2016; 98 :6–9.
74. García E., Coathup M., Blunn G. Osteoinduction of bone grafting materials for bone repair and regeneration. *J Bone* 81. 2015: 112-121.
75. De Grado G., Keller L., Idoux Y., Wagner Q., Musset A., Benkirane N., et al. Bone substitutes: a review of their characteristics, clinical use, and perspectives for large bone defects management. *J Tissue Eng.* 2018; 4 (9): 1-18.
76. Sakkas A., Wilde F., Heufelder M., Winter K., Schramm A. Autogenous bone grafts in oral implantology-is it still a gold standard? A consecutive review of 279 patients with 456 clinical procedures. *Int J Implant Dent.* 2017; 3 (23): 1-17.
77. Haugen H., Lyngstadaas S., Rossi F., Perale G. Bone grafts: which is the ideal biomaterial? *J Clin Periodontol.* 2019. Accepted Author Manuscript.
78. Winkler T., Sass F., Duda G., Schmidt K. A review of biomaterials in bone defect healing, remaining shortcomings and future opportunities for bone tissue engineering the unsolved challenge. *Bone Joint Res.*2018; 7:232-43.
79. Calvo R., Figueroa D., Diaz C., Vaisman A., Figueroa F. Bone allografts and the functions of bone banks. *Rev Med Chile.* 2011; 139: 660-66.
80. Piattelli M., Favero G., Scarano A., Orsini G., Piattelli A. Bone reactions to anorganic bovine bone (Bio-Oss) used in sinus augmentation procedures: a histologic long-term report of 20 cases in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1999;14(6):835-40.

81. Kim Y., Nowzari H., Rich S. Risk of prion disease transmission through bovine-derived bone substitutes: A systematic review. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013; 15 (5): 645-53.
82. Zizzari V., Zara S., Tetè G., Vinci R., Gherlone E., Cataldi A. Biological and clinical aspects of different bone substitutes integration in oral surgery: a literature review, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology.* 2016.
83. Cho Y., Gosain A. Biomaterials in craniofacial reconstruction. *Clin Plast. Surg.* 2004; 31: 377-85.
84. Traini T., Degidi M., Sammons R. Histologic and elemental microanalytical study of anorganic bovine bone substitution following sinus floor augmentation in humans. *J Periodontol.* 2008; 79 (7): 1232-40.
85. Hugo A., Marques V., Jung R., Hammerle C., Thoma D., César J., et al. Comparison between two bone substitutes for alveolar ridge preservation after tooth extraction: Cone-beam computed tomography results of a non-inferiority randomized controlled trial. *J Clin Periodontol.* 2019; 46: 373–81.
86. Barone A., Toti P., Quaranta A., Alfonsi F., Cucchi A., Negri B., et al. Clinical and Histological changes after ridge preservation with two xenografts: preliminary results from a multicentre randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol.* 2017; 44: 204–14.
87. Perrotti V., Nicholls B., Piattelli A. Human osteoclast formation and activity on an equine spongy bone substitute. *Clin Oral Implants Res.* 2009; 20:17-23.
88. Owen G., Dard M., Larjava H. Hydroxyapatite/beta-tricalcium phosphate biphasic ceramics as regenerative material for the repair of complex bone defects. *J Biomed Mater Res.* 2017.
89. Lobb D., DeGeorge B., Chhabra B. Bone Graft Substitutes: Current Concepts and Future Expectations. *J Hand Surg Am.* 2019; 44(6):497-505.

90. Jin-Woo N., Moon-Young K., Se-Jin H. Cranial Bone Regeneration According to Different Particle Sizes and Densities of Demineralized Dentin Matrix in the Rabbit Model. *Maxillofac Plast Reconstr Surg.* 2016; 38 (1):1-9.
91. Schepers E., Ducheyne P. Bioactive Glass Particles of Narrow Size Range for the Treatment of Oral Bone Defects: A 1-24 Month Experiment with Several Materials and Particle Sizes and Size Ranges. *J. Oral Rehabil.* 1997 24 (3):171-81
92. Malinin T., Carpenter E., Temple T. Particulate Bone Allograft Incorporation in Regeneration of Osseous Defects; Importance of Particle Sizes. *Open Orthop J.* 2007; 18 (1):19-24.
93. Zhou W., Zhang Z., Li S., Bai Y., Xu H. Osteoconduction of Different Sizes of Anorganic Bone Particles in a Model of Guided Bone Regeneration. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2011; 49 (1): 37-41.
94. Takamitsu K., Tokutaro M., Yosuke K., Kei-ichiro M., Takashi I., Yuya N., et al. Bone Regeneration Using Dentin Matrix Depends on the Degree of Demineralization and Particle Size. *PLoS One.* 2016;11(1): 1-12.
95. Faria R., Astramskaite I., Puisys A., Correia F. Extraction Socket Preservation with or Without Membranes, Soft Tissue Influence On Post Extraction Alveolar Ridge Preservation: A Systematic Review. *J Oral Maxillofac Res.* 2019; 10 (3): 1-12.
96. Omar O. Barrier Membranes: More than the barrier effect? *J Clin Periodontol.* 2019; 46 (21): 103-23.
97. Dahlin C., Linde A., Gottlow J., Nyman S. Healing of Bone Defects by Guided Tissue Regeneration. *Plast Reconstr Surg.* 1988; 81 (5): 672-76.
98. Chu C., Deng J., Sun X., Qu Y., Man Y. Collagen membrane and immune response in guided bone regeneration: Recent progress and perspectives. *Tissue Eng.* 2017; 23 (5): 421-35.

99. Porto E., Stutz B., Mandarino D., Rodrigues D., Ferreira V. Evaluation of a Dense Polytetrafluoroethylene Membrane to Increase Keratinized Tissue: A Randomized Clinical Trial. *Implant Dent.* 2014; 23 (3): 289-94.
100. Mandarino D., Luz D., Moraschini L., Rodrigues D., Barboza E. Alveolar Ridge Preservation Using a Non-Resorbable Membrane: Randomized Clinical Trial with Biomolecular Analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2018; 47 (11): 1465-73.
101. Troiano G., Zhurakivska K., Muzio L., Laino L., Cicciù M., Russo L. Combination of Bone Graft and Resorbable Membrane for Alveolar Ridge Preservation: A Systematic Review, Meta-Analysis and Trial Sequential Analysis. *J Periodontol.* 2017; 89 (1): 46-57.
102. Cheon G., Kyung L., Mi-Kyung Y., Jeoung-A Y., Dong-Woon L. Alveolar Ridge Preservation Using Allografts and Dense Polytetrafluoroethylene Membranes with Open Membrane Technique in Unhealthy Extraction Socket. *J Oral Implantol.* 2017; 43 (4): 267-73.
103. Carvalho M., Campos U., Chiapetti C., Rossi D., Awad J. Socket Preservation Using a (Dense) PTFE Barrier with or Without Xenograft Material: A Randomized Clinical Trial. *Materials.* 2019; 12 (18): 1-14.
104. Darby I., Chen S., De Poi R. Ridge preservation: what is it and when should it be considered. *Aust Dent J.* 2008; 53 (1): 11-21.
105. Landsberg C., Bichacho N. A modified surgical/prosthetic approach for optimal single implant supported crown. Part I. The socket seal surgery. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1994; 6 :11-17.
106. Landsberg C. Implementing Socket Seal Surgery as a Socket Preservation Technique for Pontic Site Development: Surgical Steps Revisited – A Report of Two Cases. *J Periodontol.* 2008; 79 (5): 945–54.
107. Jung R., Siegenthaler D., Hammerle C. Post extraction tissue management: a soft tissue punch technique. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2004; 24: 545-53.

108. Meloni S., Tallarico M., Lolli F., Deledda A., Pisano M., Jovanovic S. Pos extraction Socket Preservation Using Epithelial Connective Tissue Graft Vs Porcine Collagen Matrix. 1 Year Results of a Randomized Controlled Trial. *Eur J Oral Implantol.* 2015; 8 (1): 39-48.
109. Seibert J., Salama H. Alveolar ridge preservation and reconstruction. *Periodontol* 2000. 1996: 69-84.
110. Marzadori M., Stefanini M., Mazzotti C., Ganz S., Sharma P., Zucchelli G. Soft-tissue augmentation procedures in edentulous esthetic areas. *Periodontol* 2000; 77 (1): 111-22.
111. Hemalatha P., Yogesh S., Sadanand S., Saurav P. Endodontic Treatment in Submerged Roots: A Case Report. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospect.* 2010; 4(2): 64-8.
112. Ravi Y., Srinivas K., Surapaneni H. Prosthodontic Treatment Using Vital and Non-Vital Submerged Roots-Two Case Reports. *J. Clin. Diagn. Res.* 2013 7(10): 2396-99.
113. Shrestha R., Pradhan S., Gorkhali R., Verma A. Root Submergence Technique: Forgotten Terrain Revisited. *J Nepal Soc Perio Oral Implantol.* 2018; 2 (2): 73-5.
114. Salama M., Ishikawa T., Salama H., Funato A., Garber D. Advantages of the Root Submergence Technique for Pontic Site Development in Esthetic Implant Therapy. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2007; 27 (6): 521- 27.
115. Sunyoung C., In-Sung Y., Sung-Hun K., Jai-Bong L., Chan W., Jung-Suk H. A root submergence technique for pontic site development in fixed dental prostheses in the maxillary anterior esthetic zone. *J Periodontal Implant Sci.* 2015; 45: 152-55.
116. Walker W., Jividen G., Kramer D. Preventive prosthodontics – mucosal coverage of roots. *J. Prosthet. Dent.* 1978; 40 (6): 619- 21.
117. Cook R., Hutchens L., Burkes J. Periodontal Osseous Defects Associated with Vitally Submerged Roots. *J. Periodontal.* 1977; 48 (5): 249-60.

118. Strzecki A., Bruzda-Zwiech A., Filipińska R. Vital root submergence of immature permanent incisors after complicated crown-root fracture followed by orthodontic space maintenance: A presentation of two cases. *Dent Med Probl.* 2018; 55 (1): 91–8.
119. Rodríguez J. Socket shield: Nueva técnica en la preservación del reborde alveolar y contorno gingival en zonas estéticas. Trabajo de fin de grado [Tesis]. Universidad de Sevilla. 2017.
120. Cohenca N., Stabholz A. Decoronation? A conservative method to treat ankylosed teeth for preservation of alveolar ridge prior to permanent prosthetic reconstruction: literature review and case presentation. *Dent Traumatol.* 2007; 23 (2): 87-94.
121. Consolaro A., Ribeiro P., Cardoso M., Oliveira D., Salfatis M. Decoronation followed by dental implants placement: fundamentals, applications and explanations. *Dental Press J Orthod.* 2018; 23 (1): 24-36.
122. Varsha J., Mohadeb N., Somar M., He H. Effectiveness of decoronation technique in the treatment of ankylosis: A systematic review. *Dent Traumatol.* 2016; 32: 255–63.
123. Malmgren B. Ridge preservation/decoronation. *J. Endod.* 2013; 3 (39): 67-72.
124. Sapir S, Shapira J. Decoronation for the management of ankylosed young permanent tooth. *Dent Traumatol* 2008; 24: 131–5.
125. Malmgren B., Tsilingaridis G., Malmgren O. Long-term follow up of 103 ankylosed permanent incisors surgically treated with decoronation - a retrospective cohort study. *Dent Traumatol.* 2015; 31: 184–9.
126. Lin S., Schwarz D., Ashkenazi M. Alveolar bone width preservation after decoronation of ankylosed anterior incisors. *J Endod.* 2013; 39:1542–44.
127. Malmgren B, Malmgren O, Andreasen JO. Alveolar bone development after decoronation of ankylosed teeth. *Endod Top.* 2006; 14: 35–40.

128. Baumer D., Zuhr O., Rebele S., et al. The socket-shield technique: first histological, clinical, and volumetrical observations after separation of the buccal tooth segment—a pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015; 17:71–82
129. Saeidi R., Zuhr O., Hurzeler M. Clinical benefits of the immediate implant socket shield technique. *J Esthet Restor Dent.* 2017; 29: 93–101.
130. Gluckman H., Salama M., Du Toit J. Partial extraction therapies (PET) part 1: maintaining alveolar ridge contour at pontic and immediate implant sites. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2016; 36: 681–87.
131. Gharpure A., Bhatavadekar N. Current Evidence on the Socket-Shield Technique: A Systematic Review. *J Oral Implantol.* 2017;43(5):395-403.
132. Raghoobar G., Onclin P., Boven G., Vissink A., Meijer H. Long-term effectiveness of maxillary sinus augmentation: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol.* 2019; 46 (21): 307-18.
133. Lundgren S., Cricchio G., Hallman M., Jungner M., Rasmusson L., Sennerby L. Sinus floor elevation procedures to enable implant placement and integration: techniques, biological aspects and clinical outcomes. *Periodontol 2000.* 2017; 73: 103-20.
134. Schriber M., Arx T., Sendi P., Jacobs R., Suter V., Bornstein M. Evaluating Maxillary Sinus Septa Using Cone Beam Computed Tomography: Is There a Difference in Frequency and Type Between the Dentate and Edentulous Posterior Maxilla. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017; 32: 1324-32.
135. Kawakami S., Botticelli D., Nakajima Y., Sakuma S. Anatomical analyses for maxillary sinus floor augmentation with a lateral approach: A cone beam computed tomography study. *Annals of Anatomy.* 2019; 226: 29-34.
136. Wallace C., Tarnow D., Froum S., Choon S., Zadeh H., Stoupe J., Del Fabro M., Testori T. Maxillary sinus elevation by lateral window approach: Evolution of technology and technique. *J Evid-Based Dent Pr.* 2012; 12 (3): 161-71.

137. Konatham P., Kumar K., Lyer S. Safe sinus lift: Use of Acrylic Stone Trimmer to Avoid Sinus Lining Perforation. *J Oral Implantol.* 2014; 40 (3): 281-4.
138. Gatti F., Gatti C., Tallarico M., Tommasato G., Meloni S., Chiapasco M. Maxillary Sinus Membrane Elevation Using a Special Drilling System and Hydraulic Pressure: A 2-year Prospective Cohort Study. 2018; 38 (4): 593-99.
139. Toscano N, Holtzclaw D, Rosen P. Effect of piezoelectric use on open sinus lift perforation: evaluation of 56 cases. *J Periodontol.* 2010; 81: 167-71.
140. Apparaju V., Vaddamanu S., Vyas R., Vishwanath S., Gurumurthy V., Kanji M. Is Balloon-assisted maxillary sinus floor augmentation before dental implant safe and promising? A systematic review and meta-analysis. *Niger J Clin Pract.* 2020; 23 (3): 275-83.
141. Danesh S., Loomer P., Wallace S. A comprehensive clinical review of maxillary sinus floor elevation: anatomy, techniques, biomaterials and complications. *Brit J Oral Max Surg.* 2016; 54 (7): 724-30.
142. Jensen O., Shulman L., Block M., Iacono V. Report of the sinus consensus conference of 1996. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1998;13:11–45.
143. Niu L., Wang J., Yu H., Qiu L. New classification of maxillary sinus contours and its relation to sinus floor elevation surgery. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2018; 20: 493-500.
144. Chen T., Chang H., Leung K., Lai Y., Kao S. Implant placement immediately after the lateral approach of the trap door window procedure to create a maxillary sinus lift without bone grafting: a 2-year retrospective evaluation of 47 implants in 33 patients. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007; 65: 2324–8.
145. Starch T., Mordenfeld A., Becktor J., Storgard S. Maxillary Sinus Floor Augmentation with Synthetic Bone Substitutes Compared with Other Grafting Materials: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Implant Dent.* 2018; 27 (3): 363-74.

146. Castro A., Meschi N., Temmerman A., Pinto N., Lambrechts P., Teughels W., et al. Regenerative potential of leucocyte-and platelet-rich fibrin. Part B: Sinus floor elevation, alveolar ridge preservation and implant therapy. A systematic review. *J Clin Periodontol.* 2017; 44 (2): 225-34.
147. Chandna S., Ram R., Majumdar K. Maxillary Sinus Augmentation. *J Indian Soc Periodontol.* 2018; 22 (6): 468-73.
148. Iwanaga J., Wilson C., Lachkar S., Tomaszewski K., Walocha J., Tubbs S. Clinical anatomy of the maxillary sinus: application to sinus floor augmentation. *Anat Cell Biol.* 2019; 52: 17-24.
149. Rodella L., Labanca M., Boninsegna M., Favero G., Tschabitscher M., Rezzani R. Intraosseous anastomosis in the Maxillary sinus. *Minerva Stomatol.* 2010; 59 (6): 349-54.
150. Pommer B., Ulm C., Lorenzoni M., Palmer R., Watzek G., Zechner W. Prevalence, location and morphology of maxillary sinus septa: systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol.* 2012; 39 (8): 769-73.
151. Varela P., Loira M., Seoane J., Takkouche B., Monteiro L., Seoane J. Detection of the posterior superior alveolar artery in the lateral sinus wall using computed tomography/ cone beam computed tomography: a prevalence meta-analysis study and systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015; 44 (11): 1405-10.
152. Seung-Won C., Byoung-E Y., Kyeong-J C., Won-Seok J., Ju-Won K., Soo-Hwan B. A Simple and Safe Approach for Maxillary Sinus Augmentation with the Advanced Surgical Guide. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 27 (17): 3785.
153. Zaniol T., Zaniol A., Tedesco A., Ravazzolo S. The Low Window Sinus Lift: A CAD-CAM-Guided Surgical Technique for Lateral Sinus Augmentation: A Retrospective Case Series. *Implant Dent.* 2018; 27(4): 512-20.
154. Delilbasi C., Gurler G. Comparison of piezosurgery and conventional rotative instruments in direct sinus lifting. *Implant Dent.* 2013; 22 (6): 662-65.

155. Wallace S., Mazor Z., Froum S., Cho S., Tarnow D. Schneiderian membrane perforation rate during sinus elevation using piezosurgery. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2007; 27:413-9.
156. Blus C., Szmukler S., Salama M., Salama H., Garber D. Sinus bone grafting procedures using ultrasonic bone surgery: 5-year experience. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008; 28: 221-30.
157. Soltan M., Smiler D. Antral membrane balloon elevation. *J Oral Implantol.* 2005; 31 (2): 85–90.
158. Asmael H. Is antral membrane balloon elevation truly minimally invasive technique in sinus floor elevation surgery? A systematic review. *Int J Implant Dent.* 2018; 4 (1): 1-12.
159. Sotirakis E., Gonshor A. Elevation of the maxillary sinus floor with hydraulic pressure. *J Oral Implantol.* 2005; 31 (4): 197–204.
160. Jesch P., Bruckmoser E., Bayerle A., Eder K., Bayerle-Eder M., Watzinger F. A pilot-study of a minimally invasive technique to elevate the sinus floor membrane and place graft for augmentation using high hydraulic pressure: 18-month follow-up of 20 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013; 116: 293–300.
161. Mijiritsky E., Barbu H., Lorean A., Shohat I., Danza D., Levin L. Use of implant-derived minimally invasive sinus floor elevation: a multicenter clinical observational study with 12- to 65-month follow-up. *J Oral Implant.* 2016; 42 (4): 343–48.
162. Zhou X., Hu XL., Li JH., Lin Y. Minimally Invasive Crestal Sinus Lift Technique and Simultaneous Implant Placement. *Chin J Dent Res.* 2017; 20 (4): 211-18.
163. Tatum H. Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clin North Am.* 1986; 30: 207–29.

164. 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: 141–44.
165. Lundgren S., Andersson S., Gualini F., Bone reformation with sinus membrane elevation: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2004; 6 (3): 165–73.
166. Silva L., de Lima V., Faverani L., de Mendonça M., Okamoto R., Pellizzer E. Maxillary sinus lift surgery-with or without graft material? A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2016; 45 (12): 1570-76.
167. Starch-Jensen T., Deluiz D., Duch K., Tinoco E. Maxillary Sinus Floor Augmentation with or Without Barrier Membrane Coverage of the Lateral Window: a Systematic Review and Meta-Analysis. *J Oral Maxillofac Res.* 2019;10 (4): 1-16.
168. Ortega H., Estrugo A., Saka C., Ayuso R., López J., Velasco E. Platelet-Rich Plasma in Maxillary Sinus Augmentation: Systematic Review. *Materials (Basel).* 2020; 13 (3): 622.
169. Danesh S., Engebretson S., Janal M. Histomorphometric results of different grafting materials and effect of healing time on bone maturation after sinus floor augmentation: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontal Res.* 2017; 52 (3): 301-12.
170. Al-Moraissi E., Alkhutari A., Abotaleb B., Altairi N., Del Fabbro M. Do osteoconductive bone substitutes result in similar bone regeneration for maxillary sinus augmentation when compared to osteogenic and osteoinductive bone grafts? A systematic review and frequentist network meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2020; 49 (1): 107-20.

171. Xu H., Shimizu Y., Asai S., Ooya K. Experimental sinus grafting with the use of deproteinized bone particles of different sizes. *Clin Oral Implants Res.* 2003; 14 (5): 548-55.
172. Vitale C., Bairo F., Miola M., Mortera R., Onida B., Verné E. Glass-ceramic scaffolds containing silica mesophases for bone grafting and drug delivery. *J Mater Sci Mater Med.* 2009; 20 (3): 809-20.
173. Karabuda C., Ozdemir O., Tosun T., Anil A., Olgaç V. Histological and clinical evaluation of 3 different grafting materials for sinus lifting procedure based on 8 cases. *J Periodontol.* 2001; 72 (10): 1436-42.
174. Schepers E., Barbier L., Ducheyne P. Implant placement enhanced by bioactive glass particles of narrow size range. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1998; 13 (5): 655-65.
175. Pallesen L., Schou S., Aaboe M., Hjørting E., Nattestad A., Melsen F. Influence of particle size of autogenous bone grafts on the early stages of bone regeneration: a histologic and stereologic study in rabbit calvarium. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002; 17 (4): 498-506.
176. Putzer D., Coraç D., Wurm A., Schmoelz W., Nogler M. Optimizing the grain size distribution of allografts in bone impaction grafting. *J Orthop Res.* 2014; 32 (8): 1024-29.
177. Cassini M., Villavicencio H., Ibáñez M., Juaneda M., Ibáñez J. El tamaño de partículas de injertos óseos en senos maxilares, tiene efectos diferenciales sobre la estabilidad?. *Clav Odontol.* 2014; 21(73): 9-22.
178. Cezário E., Fróis C., Zenóbio E. ¿O tamanho da partícula de Bio-Oss influencia na formação óssea após levantamento de seio maxilar pela janela lateral? / Is there any influence of Bio-Oss particle size on bone formation after maxillary sinus lifting using the lateral wall technique? A literature review. *Implant News Perio.* 2016; 1 (5): 888-95.

179. Mordenfeld A., Hallman M., Johansson C., Albrektsson T. Histological and histomorphometrical analyses of biopsies harvested 11 years after maxillary sinus floor augmentation with deproteinized bovine and autogenous bone. *Clin Oral Implants Res.* 2010; 21 (9): 961-70.
180. Dos Anjos T., de Molon R., Paim P., Marcantonio E., Marcantonio E., Faeda R. Implant stability after sinus floor augmentation with deproteinized bovine bone mineral particles of different sizes: a prospective, randomized, and controlled split-mouth clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2016; 45 (12): 1556-63.
181. Zaner D., Yukna R. Particle size of periodontal bone grafting materials. *J Periodontol.* 1984; 55 (7): 406-09.
182. de Molón F., Magalhaes C., Semedo R., Furlan L., de Souza A., de Souza F., Marc Antonio J: A randomized clinical trial evaluating maxillary sinus augmentation with different particle sizes of demineralized bovine bone mineral: histological and immunohistochemical analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2019; 48 (6): 810-23.
183. Fucini S., Quintero G., Gher M., Black B., Richardson C. Small vs Large Particles of Demineralized Freeze-Dried Bone Allografts in Human Intrabony Periodontal Defects. *J Periodontol.* 1993; 64: 844-47.
184. Kheur M., Kheur S., Lakha T., Jambhekar S., Le B., Jain V. Does Graft Particle Type and Size Affect Ridge Dimensional Changes After Alveolar Ridge Split Procedure. *J Oral Maxillofac Surg.* 2017; 76 (4):761-9.
185. Testori T., Wallace S., Trisi P., Capelli M., Zuffetti F., Del Fabro M. Effect of Xenograft (ABBM) Particle Size on Vital Bone Formation Following Maxillary Sinus Augmentation: A multicenter, Randomized, Controlled, Clinical Histomorphometric Trial. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2013; 33: 467-75.

186. Tram H., Mealey B. Histologic Comparison of Healing After Ridge Preservation Using Human Demineralized Bone Matrix Putty with One Versus Two Different-Sized Bone Particles. *J Periodontol.* 2012; 83: 174-81.

187. Chackartchi T., Iezzi G., Goldstein M., Klinger A., Soskolne A., Piatelli A., et al. Sinus floor augmentation using large (1-2 mm) or small (0.25-1 mm) bovine bone mineral particles: a prospective, intra-individual controlled clinical, micro-computerized tomography and histomorphometric study. *Clin Oral Impl Res.* 2011; 22: 473-80.