

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
POSTGRADO DE ODONTOLOGÍA
OPERATORIA Y ESTÉTICA

**FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO BIOLÓGICO
DE LA OSEOINTEGRACIÓN
DE LOS IMPLANTES DENTALES**

Trabajo especial presentado
ante la ilustre Universidad
Central de Venezuela por la
Odontóloga Mabel Sáenz
Guzmán para optar al título
de Especialista en
Odontología Operatoria y
Estética

Caracas, noviembre de 2004

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
POSTGRADO DE ODONTOLOGÍA
OPERATORIA Y ESTÉTICA

**FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO BIOLÓGICO
DE LA OSEOINTEGRACIÓN
DE LOS IMPLANTES DENTALES**

Autor: Od. Mabel Sáenz Guzmán
Tutor: Prof. Olga González Blanco

Caracas, noviembre de 2004

Aprobado en nombre de la
Universidad Central de Venezuela
por el siguiente jurado
examinador:

(Coordinador) Nombre y Apellido
C.I.

FIRMA

Nombre y Apellido
C.I.

FIRMA

Nombre y Apellido
C.I.

FIRMA

Observaciones: _____

Caracas, noviembre de 2004

DEDICATORIA

A Amparo Luna de Rodríguez, mi abuela, te fuiste al comienzo de esta etapa, sin embargo, se que desde el cielo me sigues cuidando. Tu inmenso amor, infinita dedicación, ternura, comprensión, me enseñaron lo bueno de la vida...me enseñaste a levantarme después de las caídas, a tener paciencia, a dar sin recibir, a luchar por lo que quiero. Tu luz no se ha apagado...iluminará mi camino por siempre.

Al Dr. Roque Campos Campos, mi tío, ejemplo de humildad, rectitud, honradez y superación. Hombre sabio y visionario, fuente de inspiración para la continuación de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela y a la Facultad de Odontología por permitirme entrar de nuevo en sus aulas para realizar mis estudios de postgrado.

A la Prof. Olga González Blanco, MSc en Odontología Restauradora y Oclusión, ejemplo de profesionalismo y ética, sabiduría y justicia. Este trabajo es de ella. Gracias por su exigencia, estímulo, dedicación y paciencia.

A la Prof. Ana Lorena Solórzano Peláez, especialista en Prostodoncia, excelente docente y amiga, gracias por mostrar interés en mi trabajo de grado, por facilitarme material para el mismo, por asesorarme en el área de computación, por su estímulo, apoyo y paciencia.

A los Profesores Alexei Rojas, Carolina Bonilla, Erika Garriga, especialistas en Cirugía Bucal, por facilitarme información para la realización de mi trabajo de grado.

A mi hermana, América, por su colaboración y paciencia.

LISTA DE CONTENIDOS

	Página
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
LISTA DE GRÁFICOS.....	ix
LISTA DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	3
1.- La oseointegración.....	3
1.1.- Definición de la oseointegración.....	3
1.2.- Generalidades del proceso biológico de la oseointegración.....	10
2.- Factores relacionados con la oseointegración de los implantes dentales.....	29
2.1.- Factores endógenos.....	31
2.1.1.- Factores endógenos sistémicos.....	31
2.1.1.1.- Edad.....	31
2.1.1.2.- Enfermedades sistémicas.....	39
2.1.1.2.1.- Enfermedades del metabolismo óseo.....	40
2.1.1.2.2.- Enfermedades hematológicas.....	49

	Página
2.1.1.2.3.-Enfermedades endocrinas.....	52
2.1.1.2.4.-Enfermedades digestivas.....	55
2.1.1.2.5.-Enfermedades de piel y mucosas.....	56
2.1.1.2.6.- Enfermedades renales.....	60
2.1.1.2.7.- Enfermedades del sistema nervioso.....	61
2.1.1.2.8.-Terapia con corticosteroides.....	63
2.1.2.- Factores endógenos locales.....	64
2.1.2.1.- Cantidad y calidad ósea.....	64
2.1.2.2.- Ubicación anatómica del implante.....	71
2.1.2.3.- Colocación del implante mediata <i>versus</i> inmediata.....	74
2.1.2.4.- Enfermedad periodontal.....	78
2.1.2.5.- Parafunciones	81
2.2.- Factores exógenos.....	84
2.2.1.- Factores relacionados con el operador..	84
2.2.1.1.- Trauma durante el acto quirúrgico.....	84
2.2.1.2.- Contaminación bacteriana.....	93
2.2.1.3.- Medicación pre y postoperatoria.....	100
2.2.2.- Factores relacionados con los	

	Página
biomateriales.....	104
2.2.2.1.- Biocompatibilidad.....	105
2.2.2.2.-Características de la superficie del implante.....	113
2.2.2.3.- Diseño del implante.....	128
2.2.3.- Factores relacionados con las cargas oclusales sobre el implante. Generalidades.....	134
2.2.3.1.- Efecto de las cargas oclusales sobre el implante.....	136
2.2.3.2.- Carga mediata <i>versus</i> carga inmediata del implante.....	144
2.2.4.- Hábito tabáquico.....	151
2.2.5.- Terapia con radiaciones.....	154
III.- DISCUSIÓN.....	161
IV.- CONCLUSIONES.....	168
V.- REFERENCIAS.....	174

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1	Cámara de titanio para microscopía vital implantada en la tibia de un conejo..... 5
Gráfico 2	Dibujo esquemático de un implante oseointegrado..... 6
Gráfico 3	Dibujo esquemático de la unión tejido epitelial -implante de titanio..... 16
Gráfico 4	Esquema de la interfase epitelio-titanio..... 17
Gráfico 5	Dibujo esquemático que representa el espacio biológico..... 19
Gráfico 6	Esquema de la interfase conjuntivo-implante.. 21
Gráfico 7	Esquema de la interfase hueso-implante..... 23
Gráfico 8	Imagen al microscopio electrónico de barrido de la interfase hueso-titanio. Se observa un sistema haversiano y la disposición de las laminillas..... 26
Gráfico 9	Clasificación del hueso alveolar según su calidad..... 66
Gráfico 10	Clasificación del hueso alveolar según la morfología ósea..... 70
Gráfico 11	Imagen radiográfica que muestra la fractura

	Página
de un implante en paciente bruxómano.....	82
Gráfico 12 Termómetro microprocesador con termocupla.	87
Gráfico 13 Osteotomía realizada con irrigación externa e interna.....	90
Gráfico 14 Encapsulación del implante por contaminación bacteriana.....	100
Gráfico 15 Dibujo esquemático de la interacción implante de titanio-capa de óxidos-tejidos.....	110
Gráfico 16 Imagen al microscopio electrónico de barrido de la morfología de los osteoblastos sobre un implante de titanio pulido.....	122
Gráfico 17 Imagen al microscopio electrónico de barrido de la morfología de los osteoblastos sobre un implante de titanio arenado.....	124
Gráfico 18 Imagen al microscopio electrónico de barrido de la morfología de los osteoblastos sobre un implante de titanio grabado por un minuto.....	125
Gráfico 19 Imagen al microscopio óptico de un implante cerámico cubierto con fosfato tricálcico y gel de colágeno, luego de 8 semanas de	

	Página
insertado. Se observa hueso haversiano maduro.....	126
Gráfico 20 Implante cilíndrico IMZ®	130
Gráfico 21 Dibujo esquemático de la angulación de las roscas del implante.....	131
Gráfico 22 Diferentes diseños de implantes y sus estilos de rosca.....	132
Gráfico 23 Fotografía de un corte al microscopio electrónico de barrido del hueso en relación con las roscas del implante, mecanismo de cierre.....	132
Gráfico 24 Dibujo esquemático que representa fallas en la oseointegración por sobrecarga.....	138
Gráfico 25 Componentes de carga axial y transversal en el sistema de implantes, disipación del estrés en las roscas.....	140
Gráfico 26 Dibujo esquemático que representa la inclinación de las cúspides y la ubicación de las cargas en el implante.....	141
Gráfico 27 Dibujo esquemático que representa la inclinación de las cúspides y su efecto	

	Página
biomecánico.....	141
Gráfico 28 Dibujo esquemático que representa la colocación de los implantes en forma de trípode.....	142

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I	
Clasificación de los materiales para implantes dentales.....	107

RESUMEN

Desde la antigüedad el hombre ha querido reponer la pérdida de los dientes mediante diversas técnicas y materiales. Los trabajos de Brånemark, a partir de la década de los cincuenta, establecieron las bases para la aplicación del concepto de oseointegración en la implantodontología. La oseointegración es un proceso biológico dinámico, muchos factores tanto exógenos como endógenos pueden afectar el éxito de la misma. Las condiciones sistémicas del paciente, la edad, la calidad y cantidad ósea, las parafunciones, la contaminación bacteriana, el trauma durante el acto quirúrgico, la biocompatibilidad, la forma y el diseño del implante son solo algunos de los factores a tomar en cuenta para realizar un tratamiento basado en el proceso biológico de la oseointegración. El entendimiento de la oseointegración como un proceso y no como un resultado, ha conducido a la búsqueda de los mecanismos intrínsecos que inician y mantienen el proceso, así como, a la identificación de la relación de los diferentes factores con estos mecanismos. Esta diversidad de factores hace que su estudio sea difícil, por la superposición del efecto de los mismos en el proceso. Hacen falta investigaciones diseñadas específicamente para observar la influencia de cada uno de ellos y las interrelaciones entre los mecanismos biológicos y los distintos factores que intervienen en el proceso biológico de la oseointegración.

I.- INTRODUCCIÓN

A través del tiempo diferentes procedimientos se han realizado para retener las prótesis en los pacientes total o parcialmente edéntulos. Actualmente, los maxilares edéntulos se pueden restaurar con prótesis sobre implantes anclados en el tejido óseo, gracias al principio de oseointegración. El implante oseointegrado está directamente conectado al hueso vivo, en el cual se llevará a cabo un complejo proceso biológico.

El proceso biológico de la oseointegración ofrece un resultado excelente y un pronóstico predecible a largo plazo si se cumplen todos los requisitos en la planificación, en la ejecución y en el mantenimiento del tratamiento.

Múltiples factores afectan el proceso de la oseointegración, sin embargo, el estudio de los mismos resulta difícil debido a las limitaciones que encontramos en relación a su clasificación y a la diversidad de opiniones sobre el papel de dichos factores en la contribución o la modificación del proceso que influirá en el éxito o el fracaso de la oseointegración.

La mayoría de los estudios se han centrado en los mecanismos de integración tisular y las posibilidades de éxito del implante a largo plazo. No obstante, solo un limitado número de ellos se han diseñado específicamente tanto para identificar los factores como para describir los mecanismos a través de los cuales afectan el proceso de la oseointegración.

Cada factor puede estar relacionado con otro e influir de diferentes formas en la respuesta biológica del hospedero, de allí surge la necesidad de estudiarlos para realizar un abordaje adecuado y un tratamiento exitoso del paciente que va a recibir terapia con implantes dentales oseointegrados.

El objetivo de este trabajo especial de grado es analizar los factores que afectan el proceso biológico de la oseointegración de los implantes dentales.

II.- REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.- LA OSEOINTEGRACIÓN

1.1.- Definición de la oseointegración

El proceso biológico de la oseointegración se define como una conexión directa, funcional y estructural entre el hueso vivo y la superficie de un implante que soporta una carga.⁽¹⁻³⁾

Desde el año 1952 se comenzó a estudiar el proceso de la oseointegración. Los primeros estudios se basaron en las relaciones funcionales entre la médula ósea y los tejidos óseos circundantes durante la regeneración de los defectos inducidos en el hueso de modo traumático.^(1,2)

El hueso es un tejido dinámico vivo con abundante suministro de vasos sanguíneos y remodelado constante. El primer método que permitió investigar el remodelado óseo y sus reacciones vasculares fue la cámara óptica de titanio. Este dispositivo presentaba un tornillo hueco donde se podían ver por transiluminación, a través del sistema óptico, las partes del tejido duro donde se ancla el implante. Gracias a este método, se evidenció el comportamiento de los tejidos involucrados.^(4,5)

De esta forma se realizaron estudios sobre la respuesta *in vivo* del hueso y la médula a una cámara de titanio en forma de tornillo implantada en la tibia de un conejo.^(1,2,5) Cuando los investigadores intentaron retirar la cámara de la tibia del animal observaron que ésta se había incorporado al tejido óseo calcificado, que estaba completamente adherido a las irregularidades de la superficie del titanio.⁽¹⁾ Al advertir que las cámaras ópticas no se podían remover del hueso adyacente una vez que cicatrizaban dentro de él, Bråemark⁽²⁾ sugirió la posibilidad de una oseointegración con los tejidos (gráfico 1). Al observar el gran potencial de desarrollo óseo sobre una superficie metálica, extrapoló el procedimiento experimental hacia la aplicación del concepto de oseointegración en seres humanos.^(1,2,5)

Bråemark y su equipo comenzaron a desarrollar una nueva línea de investigación siguiendo ciertos principios tales como, cirugía atraumática sin sobrecalentar el hueso, cirugía bajo condiciones estériles y colocación de implantes de titanio puro en forma de tornillo. Estos principios y la aplicación del concepto de oseointegración constituyeron las bases de la implantodontología moderna.⁽⁵⁾

Se realizaron estudios sobre la cicatrización y la estabilidad del anclaje de los implantes de titanio de diversos tamaños y diseños. Al introducir un implante dentro de una cavidad medular y luego de un período adecuado de inmovilización, se observó hueso cortical compacto alrededor de los implantes, sin la intervención de tejido blando entre el hueso normal y la superficie del implante.⁽²⁾

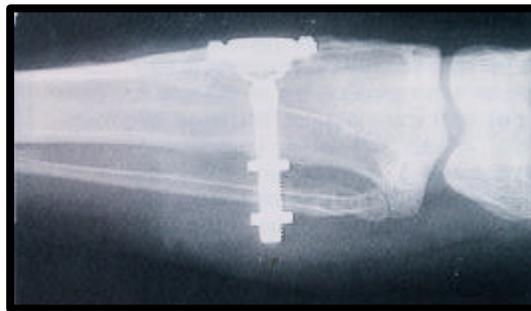


Gráfico 1. Cámara de titanio para microscopía vital implantada en la tibia de un conejo.
Tomado de Brånemark, 1999

Luego, se realizaron exodoncias en perros y se reemplazaron los dientes por implantes de titanio oseointegrados en forma de tornillo. Los tejidos de anclaje fueron sometidos a análisis radiográficos y clínicos, en los cuales se demostró que la integración se podría mantener en perros por un período cercano a los 10 años, sin

reacciones inflamatorias progresivas y con un tejido óseo saludable.⁽²⁾

Finalmente, en 1965 se colocaron los primeros implantes en pacientes edéntulos. El concepto de oseointegración se definió como un contacto directo entre el hueso haversiano y el implante, observado con el microscopio de luz. Hoy en día se sabe que este contacto directo hueso-implante ocurre también a nivel ultraestructural⁽⁴⁾ (gráfico 2).

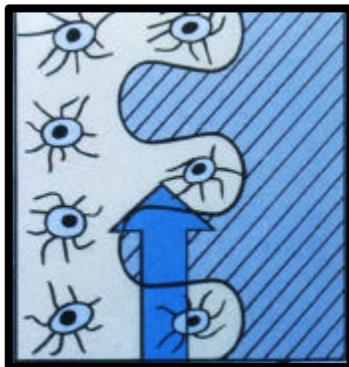


Gráfico 2. Dibujo esquemático de un implante oseointegrado.
Tomado de Beumer, 1991.

Se necesita reexaminar la definición del término oseointegración a la luz del creciente grupo de estudios al microscopio de transmisión electrónica (MTE). Las definiciones clásicas emanadas del trabajo de Brånemark se

desarrollaron principalmente a partir de estudios al microscopio de luz. Budd *et al.*⁽⁶⁾ observaron, al microscopio electrónico, el proceso de cicatrización 6 meses después de la colocación de los implantes y encontraron que había evidencia de material extracelular no óseo, tejido conjuntivo y componentes celulares interpuestos entre la superficie metálica del implante y el hueso nuevo en desarrollo. La oseointegración del implante es literalmente una respuesta de cicatrización, basada en la interacción de los tejidos y el biomaterial.⁽⁶⁾

El término oseointegración ha evolucionado en el tiempo, sin embargo, todavía no hay consenso en la literatura científica e inclusive, se han propuesto otras terminologías tales como biotolerancia, oseotolerancia, unión o adhesión ósea, que podrían definir de una forma más precisa la interfase del hueso con el óxido de titanio.⁽⁷⁾

Se ha sugerido que la oseointegración solo se puede describir como un proceso en el que una fijación rígida de un material aloplástico se mantiene en el hueso durante una carga funcional.^(3,8)

Masuda *et al.*⁽⁹⁾ opinan que la oseointegración se ha definido como la aposición ósea alrededor de la superficie de un implante, sin que intervenga una matriz colagenosa organizada y fibroblástica.

También se mencionan definiciones de oseointegración desde los diferentes puntos de vista, así tenemos que desde el punto de vista del paciente, un implante está oseointegrado si este proporciona un soporte estable y aparentemente inmóvil de la prótesis, bajo cargas funcionales, sin dolor, inflamación o pérdida durante el tiempo de vida del paciente.⁽³⁾

Desde el punto de vista de biología macro y microscópica, la oseointegración de un implante en el hueso se define como la aposición cercana de hueso nuevo, recién formado en congruencia con el implante, incluyendo las irregularidades de la superficie, microscópicamente, no se observa tejido conjuntivo o fibroso interpuesto y además, la conexión directa estructural y funcional está establecida, con capacidad de soportar las cargas fisiológicas normales, sin deformación excesiva y sin dar inicio a mecanismos de rechazo.⁽³⁾

Para los estudios de observación biofísica microscópica, la oseointegración implica que en el campo del microscopio de luz y del microscopio electrónico, los componentes identificables del tejido dentro de una zona delgada en la superficie de un implante se identifican como hueso y médula normal, que constituyen una estructura ósea normal alrededor del implante, en donde el tejido mineralizado se encuentra en contacto con la mayor parte de la superficie del mismo en espesores medidos en nanómetros.⁽³⁾

Desde un punto de vista biomecánico macroscópico, un implante está oseointegrado si no hay un movimiento progresivo entre el implante y el tejido óseo viviente bajo diferentes tipos de carga funcionales, por el resto de la vida del paciente y el implante exhibe deformaciones de la misma magnitud que cuando se aplican las mismas cargas directamente sobre el hueso.⁽³⁾

Finalmente, la oseointegración representa un proceso y no un resultado, que comprende la formación del hueso, adaptación a la función y reparación. El éxito de los implantes dentales oseointegrados descrito a través del

logro y el mantenimiento de la oseointegración, se debe definir en términos de los mecanismos biológicos fundamentales que afectan la formación, la adaptación, la reparación y el remodelado de los tejidos involucrados en el proceso.⁽⁸⁻¹⁰⁾

1.2.- Generalidades del proceso biológico de la oseointegración

El éxito inicial de los implantes depende de la oseointegración.⁽¹¹⁾ Para que se considere exitoso un implante dental oseointegrado debe cumplir ciertos criterios en términos de la función (capacidad para masticar), la fisiología tisular (presencia y mantenimiento de la oseointegración, ausencia de dolor y otros procesos patológicos) y la satisfacción del usuario (estética y ausencia de incomodidad).⁽³⁾

Existen pocas posibilidades para analizar *in vivo* la integración ósea siguiente a la colocación de un implante. A través de la evaluación clínica y mediante exámenes radiográficos realizados en las diversas etapas del proceso de oseointegración se puede evidenciar la condensación del hueso alrededor de la periferia del implante, sin embargo,

esta información no proporciona detalles celulares y por lo tanto es de valor limitado para la evaluación del proceso biológico de la oseointegración.⁽³⁾

La observación con la cámara óptica de titanio permitió evaluar el proceso directamente. Luego de la inserción de la cámara, en la tibia de un conejo, se produce una actividad vascular rápida.⁽⁴⁾ El hueso es un tejido dinámico que contiene células vitales que responden a varios estímulos externos e internos. Este tejido conectivo continuamente sufre alteraciones en respuesta a varios factores endógenos sistémicos, endógenos locales y exógenos (cargas oclusales).⁽¹²⁾

Una incorporación ósea directa, depende del estado de salud del paciente, la calidad y la cantidad de hueso en el sitio del implante, el material del implante, el tipo y la superficie del implante, la técnica quirúrgica, la higiene bucal, la oclusión y el monitoreo del tratamiento.⁽¹¹⁾

La colocación de un implante prevé la activación de una respuesta biológica que conlleva a la reparación de los tejidos dañados y a la integración del implante. Ocurre

entonces, la misma sucesión de eventos biológicos que se produce en las lesiones traumáticas del tejido óseo cualquiera que sea su origen. La osteogénesis ocurre en condiciones que durante la reconstrucción de las lesiones garanticen la ausencia de movilidad del implante, el control de la invasión celular y la prevención de posibles fenómenos sépticos.⁽¹³⁾

El modelo de la tibia del conejo fue seleccionado para monitorear la reparación ósea a través del microscopio óptico, porque la reconstrucción ósea es tres veces más rápida en comparación con la del hombre. Al revisar, en general, el proceso de oseointegración en este modelo se aprecia que desde el primer día es posible observar a nivel histológico fracturas de las trabéculas óseas del hueso esponjoso, detritus óseos producidos por el fresado y un hematoma como consecuencia de la lesión de los vasos medulares.⁽¹³⁾

A la semana, el implante se sostiene gracias a las estructuras trabeculares preexistentes y con el hueso cortical que rodea el cuello del implante, el hematoma se va degradando y es sustituido por tejido de granulación, en

esta etapa se observan macrófagos y células gigantes multinucleadas. La actividad osteoformativa aparece y los osteoblastos se alinean formando nuevas láminas osteoblásticas que depositan tejido osteoide. Es de notar, que la neodeposición no se inicia a partir de la superficie del implante sino a partir de las zonas limítrofes, para después crecer en dirección del biomaterial. Se reestablece el trofismo local y no debe existir movimiento para que las células se diferencien hacia osteoblastos.⁽¹³⁾

A los 15 días el hueso neoformado es más abundante, se evidencian puentes de hueso que se proyectan hacia el implante. El hueso, en esta fase, está compuesto principalmente por fibras entretejidas y osteocitos. El hueso nuevo rodea progresivamente al implante. Finalizada la mineralización, este tejido adquiere características de resistencia.⁽¹³⁾

Hacia la zona del cuello del implante donde el hueso preexistente es de arquitectura compacta se observan procesos osteoclásticos, seguidos por deposición osteoblástica. En esta zona hay menor vascularización porque los capilares son mas pequeños. La

revascularización requiere que los capilares giren alrededor del implante para reestablecer la circulación hemática. La mayor parte de los procesos osteogénicos provienen de territorios vasculares periféricos que no han sufrido daño anóxico; los vasos llegan hasta el implante a través del hueso preexistente.⁽¹³⁾

A los 30 días el hueso primario de fibras entretrejidas comienza a ser remodelado y sustituido por hueso laminar, en contacto con las superficies del implante. A los 60 días el tejido óseo recién formado asume cada vez más una conformación de tipo laminar. El hueso que está en contacto directo con la superficie del implante, mantiene las características del hueso primario de fibras entretrejidas. El implante se observa anclado en el trabeculado óseo que va creciendo hacia el biomaterial para entrar en contacto directo con el mismo.⁽¹³⁾

Así tenemos que, los tejidos involucrados en el proceso de oseointegración son el epitelio, el conjuntivo y el hueso. Estas tres líneas celulares pertenecen a dos hojas blastodérmicas, el ectodermo para el epitelio y el mesodermo para el conjuntivo y el hueso.⁽¹⁴⁾

Las características especiales del titanio y la capa de óxido que se forma en su superficie son en gran parte la causa de la oseointegración. El epitelio bucal puede adherirse a los diferentes óxidos que se forman sobre el implante de titanio. Si el implante atraviesa una mucosa adherida queratinizada, las fibras de colágeno forman una red alrededor del implante, aproximando el epitelio de la mucosa bucal a la superficie del mismo, con lo que se forma una unión casi epitelial.^(1,15,16)

La estructura de los tejidos blandos que rodean a los implantes oseointegrados es en muchas formas análoga a la del diente natural. Frecuentemente, se observa un tejido gingival normal alrededor del implante. Este tejido consiste de una lámina propia colagenosa densa cubierta con un epitelio bucal, escamoso estratificado y queratinizado. El epitelio de unión se adhiere a la superficie del implante a través de la lámina basal y de los desmosomas.^(1,17)

Los desmosomas formarán un sistema de unión eficaz. Para constituir un desmosoma, se precisa de la confluencia de dos hemidesmosomas pertenecientes a dos células contiguas. La célula epitelial consigue un cierre aislante por

medio de los hemidesmosomas y estos son capaces de adherirse a cualquier superficie, orgánica o inorgánica que se encuentre a su alrededor. De esta forma se produce el sellado epitelial del epitelio de unión, frente al diente o frente al implante⁽¹⁴⁾ (gráfico 3).

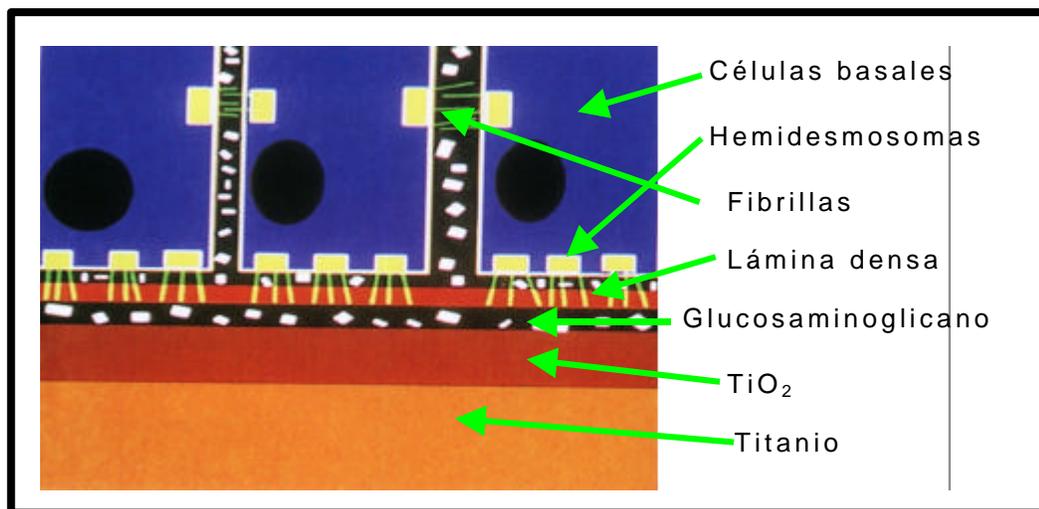


Gráfico 3. Dibujo esquemático de la unión tejido epitelial-implante de titanio.
Tomado de Sánchez, 2001

En estudios *in vitro*, se ha observado la adherencia de células epiteliales a la superficie del titanio. A veces esta unión o adherencia no es detectable clínicamente y la adherencia se evidencia solo a lo largo del implante por observación histológica^(15,16) (gráfico 4).

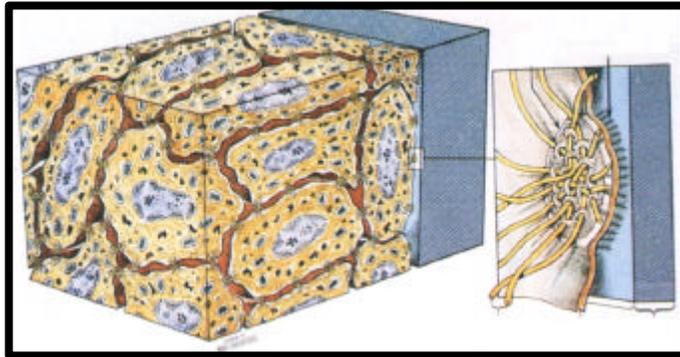


Gráfico 4. Esquema de la interfase epitelio-titanio, se observa un hemidesmosoma fijando las células epiteliales al implante. Tomado de Brånemark, 1999.

El epitelio adyacente a los implantes se colorea positivamente con la técnica de ácido periódico de Schiff, lo que indica que este produce polisacáridos ácidos con propiedades capaces de proporcionar adhesión entre la superficie del implante y el epitelio de unión.⁽¹⁵⁾ Diversos estudios sugieren que el componente glicoproteico de la lámina lúcida es responsable de la adhesión de las células epiteliales, además, los fibroblastos producen glicosaminoglicanos durante la cicatrización, los cuales pueden cubrir la superficie del implante. También, algunas proteínas como la fibronectina pueden intervenir en la unión entre el biomaterial implantado y el colágeno de la lámina densa.⁽¹⁵⁻¹⁷⁾

Hansson *et al.*⁽¹⁶⁾ analizaron implantes que fueron removidos por razones psiquiátricas o por fractura del implante y encontraron que en la interfase epitelio-titanio, las células epiteliales formaban un collar ajustado alrededor del implante de titanio. No se observaron reacciones inflamatorias en las áreas analizadas y se determinó la presencia de hemidesmosomas que conectaban el límite de las células epiteliales con los implantes de titanio.

La experiencia clínica también sugiere que las células epiteliales se adhieren a la superficie del titanio. Por lo tanto, toda la evidencia indica que las células epiteliales pueden formar una unión duradera y resistente desde el punto vista biomecánico con los implantes de titanio *in vivo*.^(15,16)

El epitelio, además, forma parte del denominado espacio biológico, que corresponde, aproximadamente, al surco dentogingival (1 mm) y al epitelio de unión (1 mm) para los dientes naturales. Este espacio biológico también se observa en los implantes aunque sus dimensiones son menores. El epitelio actúa como una barrera y carece de

terminaciones nerviosas y de vasos sanguíneos⁽¹⁴⁾ (gráfico 5).

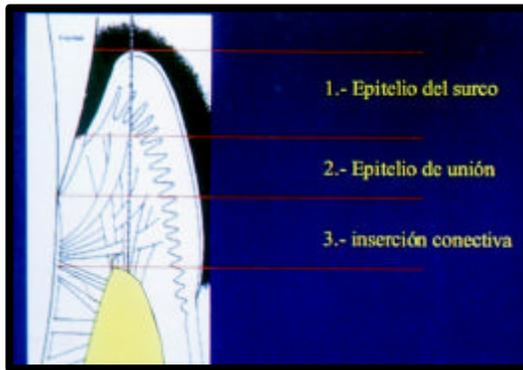


Gráfico 5. Dibujo esquemático que representa el espacio biológico.

Tomado de Sánchez,2001.

El tejido conjuntivo tiene como función fundamental recubrir y rellenar las superficies internas, es responsable de la reparación en los tejidos fundamentales y su constituyente básico es el fibroblasto, célula capaz de diferenciarse en distintos tipos celulares. También, tiene como función nutrir al epitelio, proporcionar líneas de defensa, proveer inmunidad específica e inespecífica y distribuir las fuerzas que recibe del exterior.⁽¹⁴⁾

El tejido conjuntivo submucoso alrededor de los implantes dentales de titanio contiene fibroblastos como el tipo celular dominante, con macrófagos y linfocitos dispersos.^(15,16) Después de la hemostasis y la formación del

coágulo, posterior a la colocación del implante, ocurrirá un proceso de fibrinólisis con la formación de un estroma de tejido conjuntivo suelto que le brinda soporte a la angiogénesis.^(8,9)

Un punto importante en el proceso de oseointegración es la neovascularización. La formación de nuevos vasos sanguíneos en las superficies implantadas ocurre desde los márgenes quirúrgicos del hueso y dentro del tejido conjuntivo suelto formado inicialmente en las microirregularidades de la superficie del implante. Luego de la colocación del implante, la formación de vasos es un determinante importante para completar la formación ósea después de la cirugía, si el ambiente no está disponible para la neovascularización, ocurrirá un retardo significativo en la formación ósea ^(8,9) (gráfico 6).

En los dientes, la irrigación vascular proviene de los vasos suprapariosteales laterales al proceso alveolar y de los vasos del ligamento periodontal. En los implantes, la irrigación a los tejidos blandos se origina en las ramas terminales de los grandes vasos del periostio, en el sitio del implante. Los vasos sanguíneos adyacentes al epitelio de

unión alrededor de los dientes y de los implantes revelan una característica de plexo crevicular.⁽¹⁷⁾

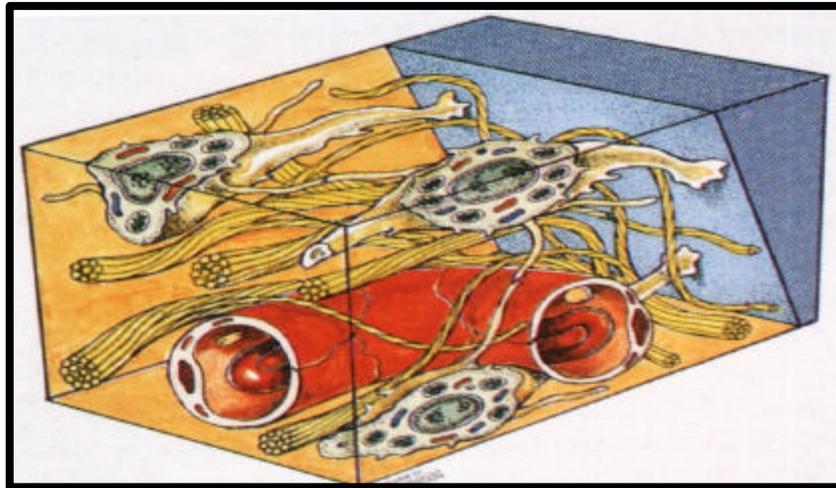


Gráfico 6. Esquema de la interfase conjuntivo-implante, se observan fibroblastos, haces de fibras colágenas y vasos sanguíneos.
Tomado de Brånemark, 1999.

En la interfase tejido conjuntivo-implante se observan haces de filamentos colágenos y fibrillas acercándose al implante, sin embargo, existe una capa de proteoglicanos de 20 μm de espesor separando las células y los haces colágenos del óxido metálico.⁽¹⁶⁾ Las fibras de colágeno en el tejido conjuntivo corren paralelas al eje axial del implante a diferencia del diente natural donde la orientación de las fibras presenta una dirección paralela y perpendicular.⁽¹⁷⁾

Hansson *et al.*⁽¹⁶⁾ analizaron esta interfase y no encontraron fibrosis reactiva, sus hallazgos afirmaron que el tejido conjuntivo acepta el implante de titanio en vez de aislarlo como un cuerpo extraño.

El tercer tejido involucrado en el proceso de oseointegración es el tejido óseo. El hueso es un tejido conjuntivo especializado. Para que la formación del hueso se pueda producir alrededor del implante se necesita una alta estabilidad primaria para permitir la diferenciación de los fibroblastos en preosteoblastos y de estos en osteoblastos maduros, formadores de tejido osteoide que luego será mineralizado. La distancia inicial entre la superficie del implante y el hueso debe ser aproximadamente de 0,5 mm, distancias superiores pueden conducir a la interposición de un tejido fibroso que produzca el fracaso de la oseointegración.⁽¹⁴⁾

Después del establecimiento de un tejido conjuntivo inmaduro, bien vascularizado, el proceso de osteogénesis continua con el agrupamiento, la proliferación y la diferenciación de las células osteoblásticas. Los osteoblastos segregan matriz colagenosa que contribuye a

la mineralización. El proceso de proliferación osteoblástica y de morfodiferenciación con formación de matriz, representa el paso fundamental para el logro de la formación ósea. La matriz se forma alrededor de las células osteoblásticas y se completa la mineralización de una matriz rica en colágeno (gráfico 7). Este hueso recién formado, es desorganizado y rico en células.⁽⁸⁾



Gráfico 7. Esquema de la interfase hueso-implante, se observa un osteocito, fibras colágenas y hueso haversiano.
Tomado de Brånemark, 1999.

Los análisis al microscopio de luz y al microscopio de transmisión electrónica han demostrado un ajuste excelente entre el implante y el hueso. Con frecuencia, se observan sistemas haversianos en los dos tercios superficiales del hueso, en las roscas del implante. También, se han observado laminillas óseas paralelas en conjunto con

láminas intersticiales y líneas de cemento, por lo que se deduce que el hueso adyacente al implante es vital y se remodela activamente en una forma regular, de acuerdo a la fuerzas aplicadas sobre el, sin la formación de cápsula de tejido conjuntivo, fibroblastos o macrófagos interpuestos entre el metal y el hueso.^(4,16)

La proporción del contacto directo hueso-metal varía de acuerdo con el material y el diseño del implante, el estado del hospedero, la técnica quirúrgica, las condiciones de carga y el tiempo. Se ha demostrado en implantes oseointegrados cilíndricos de hidroxiapatita, que el contacto con el hueso es aproximadamente de un 60% a un 85%. Una buena descripción para esta unión, sería describirla como *discontinua*, término que refleja la tendencia hacia el entendimiento de la oseointegración como un proceso y no como un resultado.⁽⁹⁾

La interfase hueso-implante es una estructura descrita como una capa orgánica interpuesta entre la superficie aloplástica y la matriz ósea mineralizada. La oseointegración de los implantes metálicos involucra la

formación de una interfase en la que los atributos biomecánicos del hueso alrededor del implante sugieren un proceso continuo de modelado y remodelado óseo que contribuye y mantiene la oseointegración.⁽⁹⁾

Esta interfase, tiene varias funciones tales como, adsorción molecular, adhesión celular, adhesión de la matriz mineralizada a la superficie del implante, modulación del remodelado óseo, control de la osteoconducción y modulación del estrés transferido del implante cargado al hueso del hospedero.⁽⁹⁾

Las imágenes al microscopio electrónico de barrido de la interfase hueso-implante han identificado sistemas haversianos (gráfico 8), fibras colágenas dispuestas regularmente como haces en el tejido óseo y osteocitos aproximándose a la superficie metálica. A mayor magnificación es evidente que la interfase titanio-tejido muestra una organización regular, encontrándose haces de colágeno a una distancia de 1 a 3 *mm* de la superficie metálica, luego estos haces son reemplazados por filamentos colagenosos.⁽¹⁶⁾



Gráfico 8. Imagen al microscopio electrónico de barrido de la interfase hueso-titanio, se observa un sistema haversiano y la disposición de las laminillas
Tomado de Bianchi, 2001.

Ohtsu *et al.*⁽¹⁸⁾ realizaron experimentos en ratas que recibieron barras de titanio en el fémur y fueron sacrificadas desde el primer día hasta las cuarenta semanas postimplantación. Se removió el fémur y se ejecutaron estudios al microscopio de luz y al microscopio de transmisión electrónica, los cuales evidenciaron los procesos celulares que fomentan la unión entre el material de implante y el tejido óseo a nivel de la interfase.

A las doce semanas postimplantación se evidenciaba el contacto directo entre el implante y el hueso recién formado. Las observaciones cronológicas y ultraestructurales demostraron que ocurría deposición de hueso hacia el

implante y que la interfase provenía de los detritus de células gigantes multinucleadas y de los osteoblastos.⁽¹⁸⁾

En la interfase hueso-implante también se han observado zonas de tejido desmineralizado, que sugieren la existencia de actividades de remodelado en la aposición de hueso sobre los implantes.⁽¹⁹⁾ Steflik *et al.*⁽¹⁹⁾ realizaron estudios en perros, colocando implantes de hoja y de forma radicular para describir la morfología de la interfase implante-tejido. Ellos documentaron la interacción de los osteocitos con el implante, mediante procesos celulares que se extendían a través de los canalículos directamente hacia la superficie del implante.

Los tejidos que soportan a los implantes oseointegrados no solo incluyen hueso denso.^(19,20) El hueso es un tejido biológico dinámico que se remodela, por lo tanto, las áreas donde ocurre la osteogénesis incluyen zonas de tejido desmineralizado. En el experimento de Steflik *et al.*⁽¹⁹⁾ se demostró que existen varias combinaciones de tejidos a lo largo de la superficie del implante, entre ellas se mencionan: una matriz colágena densamente mineralizada, una matriz de fibrillas colágenas

desmineralizada que contiene osteoblastos, áreas de resorción que contienen osteoclastos y áreas con tejido medular fibroadiposo.

El remodelado forma parte de la homeostasis entre la actividad catabólica representada por las áreas osteoclásticas y la actividad metabólica representada por las regiones de actividad osteoblástica. La respuesta del tejido será el resultado de las interacciones de los osteoblastos, los osteocitos y los osteoclastos en asociación con los elementos vasculares. Estas interacciones son fundamentales para el proceso de la oseointegración.⁽¹⁹⁾

Se ha sugerido que en la interfase de los implantes clínicamente inmóviles se observa una matriz de colágeno mineralizada que se extiende directamente sobre la superficie del implante y esta separada por una delgada cubierta electrodensa o por una fina matriz fibrilar que también esta mineralizada. Los osteoblastos interactúan con una matriz de fibras colágenas no mineralizadas para ayudar en el remodelado del tejido óseo de soporte de los implantes.⁽²⁰⁾

La formación ósea implica una cascada de eventos celulares. Los procesos involucrados en la cicatrización de las heridas en el hueso abarcan eventos de la cicatrización general. El efecto de diversos mediadores inflamatorios, eicosanoides, interleukinas y quimokinas sobre la formación ósea y el comportamiento de los osteoblastos en cultivo, implican una interacción fuerte del proceso inflamatorio postquirúrgico con la formación ósea.⁽⁸⁾

Quizás, el análisis morfométrico de los diversos componentes celulares, tales como células osteoblásticas, osteoclasticas, gigantes multinucleadas, eosinófilos, monocitos, elementos vasculares, matriz colagenosa y matriz mineralizada, proporcionaría una información valiosa sobre las diversas actividades que se llevan a cabo en cada una de las interfases en los sitios de implante y revelaría los mecanismos precisos del proceso biológico de la oseointegración.⁽⁹⁾

2.- Factores relacionados con la oseointegración de los implantes dentales

Al planificar un tratamiento restaurador con implantes, el odontólogo debe considerar una serie de factores que

pueden afectar el proceso de la oseointegración del implante. Sanchís *et al.*⁽²¹⁾ señalan que es fundamental la realización de una historia clínica minuciosa, de tal manera, que el diagnóstico y la selección del paciente, el candidato a recibir implantes, sea la más correcta.

Los factores que pueden afectar este proceso son diversos. Esposito *et al.*⁽²²⁾ mencionan la existencia de factores endógenos y exógenos que intervienen directa o indirectamente en el proceso de la oseointegración. Para Bascones⁽²³⁾, la información obtenida a través de la entrevista y de la historia clínica, en conjunto con la evaluación de los factores de riesgo son puntos clave para evaluar la probabilidad que tiene el implante de oseointegrarse.

El análisis de los diferentes factores por parte de los especialistas involucrados en el tratamiento del paciente será el pilar fundamental para el logro del proceso de oseointegración del implante.^(22,23)

Los factores que pueden contribuir o modificar el éxito de la oseointegración de un sistema de implante son

difíciles de agrupar. La existencia de varias categorías de factores y la superposición de las mismas han planteado un reto desafiante para la identificación de los factores y su mecanismo de acción en el proceso de oseointegración.⁽²²⁾

Además, los estudios diseñados específicamente para evaluar cada uno de los factores y su relación con la sucesión de eventos biológicos que conllevan a la oseointegración son escasos, por esta razón se ha sugerido que se realicen más estudios que ayuden a dilucidar esta relación.^(3,22)

2.1.- Factores endógenos

2.1.1- Factores endógenos sistémicos

2.1.1.1.- Edad

Los implantes dentales oseointegrados ofrecen un anclaje predecible y rígido de un material aloplástico en el hueso, el cual es capaz de funcionar protésicamente. En relación a la edad, la mayoría de los estudios de oseointegración se realizan en pacientes adultos. Los resultados obtenidos para este grupo, con frecuencia se extrapolan a los grupos etarios de mayor edad. En los pacientes ancianos la oseointegración depende de la

respuesta a la cicatrización de las heridas, función que puede estar alterada por el envejecimiento.⁽²⁴⁾

Bryant *et al.*⁽²⁴⁾ revisaron cinco estudios en los que se comparaba el resultado de los implantes en ancianos y en adultos jóvenes. En estos estudios se obtuvo un porcentaje de éxito entre un 94% y un 97% para los pacientes ancianos y entre un 88% y un 99% de éxito entre los adultos jóvenes. Se corroboró que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los pacientes ancianos y los adultos jóvenes en el éxito de la oseointegración, a pesar que la población de ancianos presentaba más problemas de salud. Se sugirió que el proceso de oseointegración podría no estar comprometido por las enfermedades comunes asociadas con el envejecimiento.

Pareciera que no existe ningún impedimento para colocar implantes en adultos de edad avanzada, no obstante, se debe considerar que este grupo de pacientes podría presentar alguna enfermedad sistémica que contraindique el tratamiento, como patologías de base que afecten los mecanismos de cicatrización.⁽²¹⁾

Sin embargo, Esposito *et al.*⁽²²⁾ opinan que con la edad ocurren cambios en la composición mineral, en el colágeno, en el contenido de proteínas óseas morfogenéticas y en la conformación del hueso. Además, la cicatrización ante una fractura tiende a ser más lenta. Por lo tanto, en los pacientes ancianos el porcentaje de falla de la oseointegración podría ser más alto.⁽²²⁾

Algunos estudios han relacionado el fracaso de la oseointegración con la edad avanzada, pero estos estudios no tomaron en cuenta las condiciones de salud general de los pacientes ancianos.⁽²³⁾

Se ha observado un incremento en la fallas de la oseointegración en los grupos de mayor edad, sin embargo, no hay una correlación significativa entre la disminución en la calidad ósea y la edad. En este sentido, se asocia la disminución en la calidad ósea a los pacientes que han estado parcialmente edéntulos por largos períodos. En estos casos la oseointegración podría estar en peligro.⁽²⁵⁾

En relación a los diferentes sitios de colocación del implante y a la variedad de diseños protésicos se necesitan

más estudios que puedan predecir a largo plazo el comportamiento del proceso de oseointegración de acuerdo a la cantidad y calidad ósea disponible en los maxilares de este grupo de pacientes, así como para la selección del diseño protésico más adecuado según el caso.⁽²⁴⁾

Aparentemente, la edad no se debe utilizar como único criterio de exclusión en pacientes mayores que van a recibir tratamiento con implantes. Si se aplican protocolos quirúrgicos y protésicos adecuados pareciera que la oseointegración puede ser igualmente exitosa tanto en pacientes adultos jóvenes como en ancianos.⁽²⁴⁾

Actualmente, muchos niños se tratan con implantes, sin embargo, esta terapia solo se justifica cuando el beneficio es mayor que los posibles riesgos del procedimiento. En estos pacientes es difícil definir la edad apropiada para la colocación de un implante.^(21,23,26) En realidad, existen pocos datos clínicos que ayuden a formular parámetros con respecto a la importancia del crecimiento y desarrollo para la colocación de los implantes, el desarrollo craneofacial y dental es complejo y variable, por ello amerita un análisis cuidadoso.⁽²⁷⁾

En los pacientes jóvenes, se acepta que el implante se puede colocar cuando ha cesado el crecimiento óseo y se ha completado la erupción y la apicoformación de los dientes permanentes.^(21,23) En el individuo en desarrollo, los implantes en el maxilar inferior se desplazarían lingualmente con respecto al proceso alveolar, mientras que en el maxilar superior lo harían hacia palatino en relación con la cresta alveolar debido a los patrones de desarrollo que presentan estos huesos.⁽²⁶⁾

Si el implante se coloca en el período de crecimiento, este quedará sumergido en el sitio de implantación mientras que continuaría el proceso de desarrollo óseo. En la zona donde se coloca el implante se produciría un retraso en el crecimiento vertical del proceso dentoalveolar y luego la remodelación y el crecimiento óseo podrían provocar la pérdida del implante o que este permaneciera sumergido.^(21,23)

Oesterle *et al.*⁽²⁷⁾ compararon los implantes dentales con dientes primarios anquilosados. Los implantes dentales oseointegrados se comportan de forma similar a estos dientes y presentan la misma falta de desarrollo alveolar y

de erupción dental, además se observarán sumergidos dentro del alvéolo. Aunque se conoce relativamente poco de los dientes primarios anquilosados, existe evidencia microscópica de la falta de ligamento periodontal en una o más áreas del diente primario de allí que el diente se anquiloze, de esta forma el diente primario se *oseointegra* de forma similar a lo que ocurriría en los implantes oseointegrados de titanio.

Los implantes colocados en el sector posterior del maxilar se pueden sepultar hasta el punto en el que la porción apical se expone a medida que se remodela el piso nasal y sinusal. También, se ha señalado la pérdida de implantes colocados en el sector anterior del maxilar por la resorción que ocurre en el piso de las fosa nasales.⁽²⁷⁾

Los implantes, en estudios realizados en cerdos, se comportan como dientes anquilosados durante el desarrollo de la dentición y fallan en el intento de moverse con los dientes adyacentes, además de causar desviaciones de los dientes vecinos en erupción. El implante oseointegrado no se adaptará a los cambios en el desarrollo del hueso.⁽²⁶⁻²⁸⁾

El protocolo para determinar la edad de colocación de un implante en niños y adolescentes se debe individualizar tomando en cuenta si ha finalizado o no el desarrollo óseo. Para realizar esta confirmación se dispone de la radiografía del carpo, si en ella se observa fusión del cartílago epifisiometafisiario de todos los huesos del carpo y del cartílago de las falanges proximales y medias de todos los dedos de la mano, se puede afirmar que el crecimiento ha concluido.⁽²¹⁾

Otros métodos alternativos a la radiografía del carpo para la determinación de la edad de colocación del implante, recomiendan esperar que la dentición permanente haya completado su erupción, la estabilización de la talla del calzado o la detención en el incremento de la altura. También, se han recomendado radiografías cefalométricas seriadas un año después de el período supuesto para la finalización del desarrollo.⁽²⁷⁾

Los implantes colocados antes que se detenga el desarrollo son impredecibles en su comportamiento, los que se colocan en la etapa de dentición mixta tienen un pronóstico pobre, los que se colocan durante la pubertad

tienen mayor probabilidad de éxito, pero menor en comparación con la colocación postdesarrollo.⁽²⁷⁾

Existen casos en los que por motivos estéticos es necesario colocar implantes en pacientes en crecimiento, si este es el caso es preferible colocarlo en la zona anterior en el segmento comprendido entre los caninos.⁽⁴⁾

La colocación de implantes en adolescentes en áreas distales al canino es crucial porque el incremento de la altura vertical alveolar provocado por el desarrollo óseo es mayor en esa región. En la región anterior hay menos riesgo que el implante quede sumergido, porque el desarrollo vertical óseo es menor.⁽²⁷⁾

La colocación de implantes en niños y adolescentes ocurre con menor frecuencia que en los adultos. El uso de implantes en esta población se ha observado, principalmente, en casos de pacientes con displasia ectodérmica. Sin embargo, existen otras condiciones que pueden requerir el reemplazo dentario mediante la colocación de implantes, tales como anodoncia o dientes perdidos por accidentes.^(26,29) Los pacientes con displasia

ectodérmica y anodoncia parcial o total tienen un desarrollo anormal y lento del proceso alveolar. En este grupo de pacientes se ha notado una baja incidencia de implantes sumergidos.⁽²⁷⁾

Hasta el momento, el uso de los implantes en pacientes jóvenes sigue siendo controversial porque sus maxilares están en el período de crecimiento y desarrollo activo.^(26,29)

2.1.1.2.-Enfermedades sistémicas

La evaluación y el manejo de los pacientes candidatos a implantes que tienen condiciones que los comprometen médicamente ha permanecido en continua evolución.^(30,31) En ciertas ocasiones, algunas técnicas de cirugía conservadora e implantodontología protésica podrían estar contraindicadas por la existencia de enfermedades sistémicas.^(22,30,31)

Además, algunas patologías sistémicas pudieran tener un efecto sobre el proceso de oseointegración del implante dental. Incluso, podría haber una relación entre el posible

efecto de las enfermedades sistémicas y el efecto de otros factores que influyen en el proceso.^(30,32)

Existen pocos estudios que analicen los porcentajes de éxito de la oseointegración en relación a las condiciones sistémicas, por esto se requiere de estudios prospectivos precisos y bien diseñados para determinar la influencia de un gran número de patologías en el proceso biológico de la oseointegración.⁽²²⁾

2.1.1.2.1.- Enfermedades del metabolismo óseo

Las enfermedades del sistema esquelético y en especial de los maxilares influyen en las decisiones de tratamiento de la implantodontología. El hueso es el tejido fundamental para el proceso de oseointegración. Este tejido y el metabolismo del calcio están relacionados directamente. Un 99% del calcio del organismo se encuentra en los huesos y en los dientes. El hueso alveolar responde a los agentes activos que actúan sobre el hueso sistémico.^(21,23,30)

Existen ciertas osteopatías en las que la alteración en el metabolismo óseo pudiera comprometer el éxito de la oseointegración, entre ellas, se debe analizar el efecto que

sobre este proceso tienen la osteoporosis^(21-23,30,32-36), la displasia fibrosa, la enfermedad de Paget y el mieloma múltiple^(21,23,30).

Una de las alteraciones del metabolismo óseo que se ve con frecuencia en la implantodontología es la osteoporosis. Esta condición se debe evaluar previo a la colocación del implante.⁽³⁰⁾ La osteoporosis es una enfermedad ósea sistémica que se caracteriza por una disminución en la masa ósea con alteración de la microarquitectura del hueso que conlleva a un aumento en la fragilidad y a una mayor facilidad de fracturas.⁽²³⁾ Esa pérdida ósea por osteoporosis es el resultado de un desequilibrio entre la formación y la resorción ósea.⁽³²⁾

La osteoporosis afecta a casi un tercio de la población mayor de 60 años, se presenta con una frecuencia dos veces mayor en mujeres que en hombres.^(21,32) Esta enfermedad no significa una contraindicación absoluta y el tratamiento con implantes se puede o no realizar dependiendo del grado de compromiso de la zona receptora de los implantes.⁽²¹⁾

Dao, Anderson y Zarb⁽³²⁾ afirman que la edad y el sexo son factores de riesgo importantes para la osteoporosis. La pérdida de los implantes por fallas en la oseointegración se puede incrementar en presencia de esta condición. Ahora bien, así como la osteoporosis se ha considerado un factor de riesgo para el tratamiento con implantes, particularmente en la mujer postmenopáusicas, debemos reconocer que no existe suficiente evidencia científica que lo confirme.⁽²²⁾

En referencia al complejo bucofacial se han descrito diferencias significativas entre la población normal y la población osteoporótica, en relación a la masa ósea mandibular y a la densidad, se cree que la osteoporosis tiene un efecto sobre el hueso mandibular.⁽³²⁾

Los cambios osteoporóticos sufridos en los **huesos** maxilares son similares a los que se observan en otros huesos del cuerpo. El hueso **presentará** una estructura normal, sin embargo, las placas corticales pierden espesor, disminuye el patrón óseo trabecular y se aprecia una desmineralización avanzada, producto del desequilibrio en el metabolismo de este tejido.⁽³⁰⁾

En el paciente edéntulo, se acelera la pérdida de hueso trabecular y el compromiso de la calidad y de la cantidad ósea es mayor. La osteoporosis afecta a la masa de hueso trabecular en mayor densidad que al hueso cortical. La pérdida de hueso trabecular es mas rápida en las mujeres que en los hombres.⁽³⁰⁾

Aunque la osteoporosis puede actuar como factor de riesgo para la oseointegración, histomorfométricamente se ha demostrado que el remodelado óseo es normal en una gran proporción de pacientes osteoporóticos. Sin embargo, pueden ocurrir cambios en la calidad del hueso (arquitectura ósea y tamaño de los cristales), esto puede reducir la resistencia del hueso y aumentar el compromiso del lecho receptor. La heterogeneidad clínica observada en el remodelado óseo en estos pacientes refleja las fases de fluctuación de esta enfermedad, en la que es posible que el metabolismo óseo pueda o no retornar a la normalidad.⁽³²⁾

Fujimoto *et al.*⁽³⁴⁾ describieron el caso de una mujer de 72 años, con osteoporosis severa, quien recibió cuatro implantes tipo Brånemark® en el maxilar inferior (Nobel Biocare AB, Goteborg, Suecia), los cuales se oseintegraron

y al control radiográfico al año no se evidenciaron anomalías.

Sin embargo, en un estudio realizado por Kribbs⁽³⁵⁾, el grupo de pacientes osteoporóticos presentaba menos masa ósea mandibular, menos densidad y una cortical más delgada en la región del gonió con respecto al grupo de pacientes normales. El grupo osteoporótico también presentó un mayor porcentaje de pacientes edéntulos.

Starck⁽³⁶⁾ presentó un caso de una mujer de 75 años de edad, en el cual se perdió el implante. La paciente estaba en terapia para la osteoporosis con difosfonato, el cual afecta el metabolismo del hueso. Parece que el uso continuo de este medicamento detiene la activación ósea y el proceso de remodelado, disminuye la respuesta ósea a estímulos mecánicos, tales como los que ocurren continuamente alrededor de los dientes y en los implantes dentales oseointegrados.

Se han encontrado casos de osteomalacia inducida por este medicamento en pacientes que lo usan continuamente para la osteoporosis, de allí que se estableció un régimen

de terapia de 2 semanas, seguido por 10 a 13 semanas sin medicación, para evitar el daño en los procesos de remodelado. Por lo tanto, es recomendable evitar la terapia con difosfonatos en pacientes que van a ser sometidos a terapia con implantes y evitar la colocación de los mismos en pacientes que toman el medicamento para el manejo médico de la osteoporosis.⁽³⁶⁾

La osteoporosis es una contraindicación relativa para el proceso biológico de la oseointegración. Las bases teóricas y prácticas para confirmar que la osteoporosis es un factor de riesgo son controversiales, por lo tanto, es importante que el tratamiento con implantes se base en una evaluación del sitio receptor.⁽³²⁻³⁴⁾

Otra condición ósea que se debe tomar en cuenta para la colocación de los implantes es la displasia fibrosa, ésta es un trastorno en el que zonas de hueso normal son sustituidas por tejido conjuntivo fibroso desorganizado. Es dos veces más frecuente en mujeres que en hombres. Con mayor frecuencia se ha observado en niños y adultos jóvenes. Puede afectar uno o varios huesos. En un 20% de

los casos los afectados son los huesos maxilares, con una mayor frecuencia de casos en el maxilar inferior.^(23,30)

Esta patología comienza como una lesión indolora y progresiva, se expande el plano facial y los dientes se desplazan debido a la naturaleza progresiva-expansiva de la lesión, las raíces de los dientes pueden estar separadas o fuera de la posición normal pero solo en raras ocasiones muestran una resorción grave. Radiográficamente, se observa un aumento del trabeculado que da un aspecto moteado.^(23,30)

El tratamiento con implantes se contraindica en las zonas de la lesión, porque la falta de hueso arriesga la rigidez de la fijación de los implantes y a la vez estos serán más susceptibles a infecciones locales que pueden diseminarse por todo el hueso y comprometer el estado del paciente.⁽³⁰⁾

La enfermedad de Paget u osteítis deformante es una osteopatía crónica de avance lento. Se ha observado una mayor frecuencia en hombres que en mujeres. Esta condición aparece principalmente cerca de la cuarta década

de la vida. Los maxilares son los huesos afectados en un 20% de los casos, el maxilar superior se ve afectado con mayor frecuencia en relación al maxilar inferior.^(23,30)

En esta patología se observa una mayor movilidad dental. Radiográficamente, se ve un hueso de aspecto similar al algodón y se palpan elevaciones óseas. Las fracturas espontáneas son relativamente frecuentes y hay un aumento significativo de la vascularidad ósea.^(23,30)

El compromiso de los osteoblastos y del proceso de remodelado, más la presencia de una hiperactividad osteoblástica y osteoclástica no garantizan que el proceso de oseointegración pueda ocurrir con normalidad, debido a ello se contraindica la colocación de implantes en las zonas afectadas por la patología.^(23,30)

El mieloma múltiple es otra condición en la que la oseointegración fracasaría. El mieloma múltiple es una neoplasia de células plasmáticas que se origina en la médula ósea. Se caracteriza por la producción anormal de las células B. Produce hipercalcemia, inmunosupresión, anemia y gran destrucción ósea. Se presenta con mayor

frecuencia en hombres que en mujeres, en la cuarta a séptima década de la vida. Radiográficamente, se observan lesiones en forma de sacabocados. En un 80% de los casos hay manifestaciones bucales que pueden afectar ambos maxilares. Se pueden producir parestesias, edema, movilidad dental e hiperplasia gingival.^(23,30)

En el mieloma múltiple la destrucción ósea es común, la falta de un lecho óseo adecuado contraindica la colocación de los implantes; además, estos pacientes pueden estar en tratamiento con quimioterapia y radioterapia, condiciones que también pueden afectar el proceso de oseointegración.⁽³⁰⁾

Las enfermedades del metabolismo óseo mencionadas anteriormente podrían ser consideradas como un factor de riesgo para el proceso de la oseointegración. Sin embargo, el metabolismo óseo es muy complejo y no hay suficiente soporte científico para afirmar que en tales condiciones se deba contraindicar absolutamente el tratamiento con implantes oseointegrados. La interconsulta con el médico del paciente puede ser útil para establecer una adecuada planificación del tratamiento.^(22,30)

2.1.1.2.2.- Enfermedades hematológicas

En ocasiones el odontólogo puede encontrar casos de pacientes con enfermedades hematológicas en los que estarán comprometidos los mecanismos de coagulación y posterior cicatrización, eventos que son necesarios para el proceso de la oseointegración.^(21,23) Entre estas condiciones hematológicas se pueden mencionar la hemofilia y la púrpura^(21,23), la anemia^(21,30) y los trastornos leucocitarios.^(30,37)

La hemofilia y la púrpura trombocitopénica presentan el riesgo de hemorragias severas, prolongadas y espontáneas durante la intervención quirúrgica. Se considera que estos pacientes son de alto riesgo y pueden tener compromiso en la cicatrización inicial por la falta de coagulación.^(21,23)

Otra de las patologías hemáticas frecuentes es la anemia. Esta patología consiste en un descenso en la producción de hematíes, un mayor ritmo de destrucción de los mismos y una reducción en la capacidad de la sangre para transportar oxígeno.⁽²¹⁾ Los sitios para la oseointegración deben estar bien irrigados y oxigenados, de

allí que esta patología se considere una contraindicación relativa para la colocación de implantes.⁽³⁰⁾

En el paciente con anemia prolongada están alteradas la maduración y el desarrollo óseo, incluso se puede apreciar en las radiografías un patrón de trabéculas grandes y tenues que indican una pérdida cercana a un 40% del patrón trabecular. Por consiguiente, se alteran las características del tejido óseo para soportar el implante. La reducción en la densidad ósea altera la ubicación inicial y puede influir en la cantidad de hueso laminar inicial que se forma en la interfase con el implante.⁽³⁰⁾

Los pacientes anémicos también presentarán un mayor tiempo para que se forme una superficie de unión adecuada y estarán más propensos a infecciones inmediatas luego de la cirugía por lo que se recomienda administrar un régimen de antibióticos antes y después de la cirugía.⁽³⁰⁾

En los pacientes con trastornos leucocitarios como la leucocitosis, la leucopenia y la leucemia, el éxito de la oseointegración se puede comprometer por varias complicaciones. La complicación más frecuente son las

infecciones, no solo durante la fase de cicatrización inicial sino también muchos años después. También, se puede producir un retardo en la cicatrización que incrementa el riesgo de infección secundaria.⁽³⁰⁾

En los pacientes con leucemia aguda o crónica casi todos los procedimientos de implantodontología están contraindicados. La mayoría de estos pacientes sufren problemas bucales como ulceraciones, hiperplasia gingival, lesiones radiolúcidas de los maxilares que pueden interferir con el proceso normal de la oseointegración.⁽³⁰⁾ Los pacientes que tienen leucemia y aquellos que están en terapia activa para el tratamiento de la misma se deben excluir del tratamiento con implantes. No obstante, aquellos pacientes cuya leucemia está en remisión o que se consideran como pacientes *curados* se pueden seleccionar con mucha precaución para el tratamiento con implantes.⁽³⁷⁾

Pareciera que las condiciones hematológicas mencionadas anteriormente ponen en riesgo el proceso de oseointegración porque afectan pasos fundamentales para el inicio del proceso, como lo son la coagulación y la posterior cicatrización.^(23,30)

2.1.1.2.3.- Enfermedades endocrinas

Algunas enfermedades de las glándulas endocrinas pueden comprometer la oseointegración porque ellas afectan el mecanismo de la cicatrización de los tejidos y el metabolismo de fármacos como los anestésicos que se emplean en el procedimiento quirúrgico para la colocación de los implantes. Las condiciones a considerar son la diabetes mellitus^(21-23,30,31), las alteraciones tiroideas^(21,30) y el hiperparatiroidismo⁽³⁰⁾.

La diabetes mellitus es una enfermedad metabólica causada por una deficiencia insulínica absoluta o relativa, que puede interferir con la capacidad de cicatrización, por las alteraciones vasculares asociadas con esta condición, provocando perturbaciones en la circulación en los sitios receptores de los implantes. Además, en esta patología las funciones quimiotácticas y fagocíticas de los neutrófilos están reducidas, esto provoca un incremento en la susceptibilidad a las infecciones.^(22,23,30,31)

En estos pacientes el metabolismo proteico disminuye, se retrasa la cicatrización de los tejidos duros y blandos, se

altera la regeneración nerviosa y el proceso de la angiogénesis se deteriora.⁽³⁰⁾

La colocación de implantes en pacientes con diabetes mellitus, controlada metabólicamente, no resulta en mayores riesgos de falla de la oseointegración en comparación con la población general.⁽²²⁾ Antes de realizar la intervención es necesario monitorear los valores de glicemia. No es aconsejable realizar tratamientos quirúrgicos en pacientes con valores de glicemia por encima de los 180 mg/100 ml, se recomienda esperar a que los valores se normalicen.⁽²¹⁾

Otras enfermedades endocrinas considerables son las alteraciones hormonales de la glándula tiroides. La principal función de la tiroides es la producción de la hormona tiroxina, que se encarga de regular el metabolismo de los carbohidratos, proteínas y lípidos, además potencia la acción de las catecolaminas y de la hormona del crecimiento. Si existe hipofunción estamos en presencia de un hipotiroidismo, en cuyo caso, éste condiciona un retardo en la cicatrización de los tejidos que afectaría el proceso de oseointegración.⁽²¹⁾

Además, los pacientes con problemas de tiroides son muy sensibles a la adrenalina de los anestésicos locales utilizados en el procedimiento de colocación de los implantes y se puede producir una crisis tirotóxica (hipertermia, agitación, arritmias) que pone en peligro la vida del paciente.⁽³⁰⁾

Otra condición a considerar es el hiperparatiroidismo. Las manifestaciones clínicas de esta enfermedad variarán dependiendo de su gravedad. En el hiperparatiroidismo grave puede estar comprometido el proceso de la oseointegración porque esta condición provoca alteraciones óseas y renales. Se ha observado que cuando se produce una depleción esquelética, debido a la estimulación de las paratiroides, el hueso alveolar puede estar afectado antes que las costillas, las vértebras o los huesos largos. El hallazgo más significativo desde el punto de vista bucal es la pérdida de la lámina dura y la alteración en el patrón de hueso trabecular el cual adopta un aspecto de cristal esmerilado.⁽³⁰⁾

En esta condición la pérdida de fósforo y calcio pueden dar como resultado la ausencia de la formación de hueso

nuevo y si este se forma el mismo se reabsorbe fácilmente, esto compromete el proceso de remodelado y por ende la oseointegración.⁽³⁰⁾

Las condiciones mencionadas anteriormente podrían provocar desequilibrios en los mecanismos de cicatrización y alteraciones en el metabolismo del calcio y del fósforo, de esta forma se podría comprometer la oseointegración. Es necesario que se trate al paciente con estas condiciones, previo a la colocación de los implantes o que se garantice que la condición está controlada y las posibilidades de afectar el proceso son nulas o mínimas.⁽³⁰⁾

2.1.1.2.4.- Enfermedades digestivas

Las enfermedades digestivas que podrían comprometer el proceso de la oseointegración son principalmente el reflujo, la úlcera gastroduodenal⁽²³⁾ y las hepatopatías ^(23,30).

El reflujo y la úlcera gastroduodenal pueden provocar una disminución de pH en la cavidad bucal con lo que se puede retardar el proceso de cicatrización y arriesgar el éxito de la oseointegración.⁽²³⁾

Las hepatopatías afectan la coagulación y la cicatrización. Entre ellas tenemos, la cirrosis hepática que se caracteriza por ser una lesión en el hígado con pérdida de los hepatocitos y fibrosis progresiva. El hígado cumple un papel importante en la oseointegración, se encarga de la síntesis de factores de la coagulación y fomenta la capacidad para la desintoxicación de los fármacos en caso que la terapia amerite soporte medicamentoso. De allí que el médico del paciente deba valorar la función hepática y decidir en conjunto con el odontólogo si la patología limita o no el tratamiento con implantes dentales oseointegrados.^(23,30)

2.1.1.2.5.- Enfermedades de la piel y las mucosas

Ciertas enfermedades de la piel y las mucosas pueden comprometer el éxito de la oseointegración, entre ellas se mencionan, el liquen plano^(21,22,23), las lesiones vesículoampollares^(21,23), el lupus eritematoso^(21,22,23) y el síndrome de Sjögren^(22,23,38,39).

Los pacientes que presentan liquen plano, lesiones vesiculoampollares como pénfigo y penfigoide pueden presentar problemas en la cicatrización. Las alteraciones

dermatológicas como la colagenosis y la epidermólisis ampollar hereditaria pueden presentar un mayor riesgo de fracaso de la oseointegración, por la alteración del mecanismo de cicatrización.^(21,23)

El lupus eritematoso es una enfermedad autoinmune que se manifiesta en una forma cutánea localizada y en una forma sistémica, hay anomalías inmunológicas y celulares que conducen a la destrucción tisular.^(21,23)

Los pacientes con lupus eritematoso sistémico, también pueden presentar osteoporosis secundaria al tratamiento con corticosteroides, esto se debe valorar en el momento de planificar la colocación del implante.^(21,23)

El síndrome de Sjögren es una enfermedad inflamatoria crónica, que consiste en una tríada de queratoconjuntivitis seca, xerostomía y artritis reumatoide. Esta enfermedad se ha caracterizado como una exocrinopatía autoinmune, en la que las células secretoras del cuerpo son reconocidas como extrañas. Afecta principalmente a un 90% de las mujeres en la tercera a cuarta década de la vida.^(23,38,39)

Las complicaciones bucales de este síndrome son boca seca, mucosa inflamada, seca y sensación quemante, caries dental rampante, flujo salival disminuido e incremento en la frecuencia de candidiasis crónica. Se pueden presentar problemas por la sequedad de las mucosas y la falta de limpieza continua por parte de saliva.⁽³⁸⁾

La patogénesis de esta enfermedad no solo abarca una reacción antígeno-anticuerpo. El descontrol hormonal también juega un papel importante. Los cambios hormonales en la mujer posiblemente causen diferencias en la integridad de las mucosas y en la cicatrización de las heridas, factores que pueden afectar la calidad de la oseointegración.⁽³⁸⁾

La xerostomía asociada con el síndrome de Sjögren es la fuente de muchos de los problemas asociados con el manejo protésico de estos pacientes. A menudo la confección de prótesis removibles es difícil, incomoda y a veces imposible. Se ha descrito la colocación exitosa de implantes en pacientes con este síndrome, sin embargo, no se han realizado investigaciones sistemáticas para evaluar su efecto sobre la cicatrización y el remodelado óseo después de la colocación del implante.⁽³⁹⁾

La mayoría de los pacientes con este síndrome no tienen una respuesta de cicatrización alterada y pueden ser candidatos para terapia con implantes. La medicación asociada al manejo de la enfermedad por sí misma puede ser el factor de riesgo en este tipo de pacientes.⁽³⁹⁾

Algunos pacientes con síndrome de Sjögren requieren terapia de mantenimiento con cortisona para controlar sus síntomas, por lo tanto muchos de ellos no serían candidatos ideales para la colocación de implantes.⁽³⁸⁾

Otro aspecto a considerar con respecto a estos pacientes es la evaluación de la destreza manual para ejecutar los procedimientos de higiene que ameritan las prótesis implantosoportadas, por la posibilidad que ellos tienen de presentar un cuadro variante de artritis reumatoidea.⁽³⁹⁾

A pesar de algunas dudas con respecto al pronóstico a largo plazo de la oseointegración de los implantes en estos pacientes, se obtienen beneficios con la colocación de los mismos. La evaluación del paciente, el grado del síndrome de Sjögren y sus complicaciones y la interconsulta con el

médico son fundamentales para el éxito del tratamiento con implantes oseointegrados.^(38,39)

2.1.1.2.6.- Enfermedades renales

Las enfermedades renales, en particular aquellas que presentan insuficiencia podrían perturbar el proceso de oseointegración.⁽³⁰⁾ En estos pacientes hay una disminución del filtrado glomerular, lo cual puede ir acompañado de hipertensión arterial, insuficiencia cardíaca, trastornos de la hidratación, complicaciones articulares, digestivas y neurológicas.⁽²³⁾

En la cavidad bucal esta patología se manifiesta con ulceraciones, retardo en la cicatrización, resorción ósea, hemorragia gingival e hipertrofia de las glándulas salivales.⁽²³⁾

En los riñones también se produce la síntesis de la vitamina D, fundamental para el metabolismo óseo, por lo que un trastorno en la reabsorción renal del calcio y del fosfato podría ocasionar problemas en el proceso de la oseointegración, incluso se han observado casos de osteomalacia por déficit de vitamina D, de allí que la

síntesis adecuada de esta vitamina podría ser crucial para el desarrollo del hueso nuevo y el logro exitoso del proceso de oseointegración.⁽³⁰⁾

2.1.1.2.7.- Enfermedades del sistema nervioso

El tratamiento con implantes oseointegrados requiere de la colaboración del paciente, de forma que éste sea capaz de comprender la magnitud del tratamiento y la importancia de su participación en el mantenimiento de la rehabilitación bucal durante la oseointegración y una vez obtenida la misma.⁽²¹⁾ En estos pacientes se deben tomar en cuenta las crisis epilépticas, las convulsiones y los fármacos que utilizan para el tratamiento de su condición.^(21,23,30)

Se deben considerar los episodios de crisis epilépticas porque estos provocan importantes fuerzas extraaxiales que pueden comprometer la oseointegración. Además, estos pacientes utilizan fármacos como el fenobarbital y la difenilhidantoína, entre otros, los cuales producen hiperplasia gingival en los pacientes que siguen un tratamiento prolongado.⁽³⁰⁾

Misch⁽³⁰⁾ afirma que la terapia con implantes oseointegrados no esta contraindicada en este grupo de pacientes, sin embargo, en ellos puede estar indicado el uso de caras oclusales en metal para reducir los riesgos de fractura de las restauraciones y la colocación de implantes adicionales para mejorar la distribución de las tensiones excesivas y limitar las fracturas de los pilares.

Las patologías psiquiátricas graves como la depresión, la demencia, la psicosis y la esquizofrenia pueden impedir que el paciente realice un mantenimiento apropiado del implante.⁽²³⁾

En los pacientes con trastornos del sistema nervioso se debe hacer un interrogatorio minucioso y una evaluación del comportamiento que permita detectar aquellos casos que se deben remitir a un especialista antes de colocar los implantes para evitar futuras complicaciones en el tratamiento.⁽²¹⁾ Sin embargo, en los pacientes controlados no hay suficiente evidencia científica que contraindique absolutamente la colocación de implantes oseointegrados.⁽³⁰⁾

2.1.1.2.8.- Terapia con corticoesteroides

Los corticoesteroides son antiinflamatorios muy potentes y se utilizan para tratar diversos trastornos sistémicos, se emplean en la artritis, en las colagenopatías, en las nefropatías, en el asma y en las alteraciones dermatológicas.⁽³⁰⁾

A veces el odontólogo puede emplearlos para reducir el edema y el dolor. Sin embargo, la administración continua de esteroides exógenos suprime la función natural de las glándulas suprarrenales lo cual puede provocar reducción en la síntesis del colágeno, mala cicatrización, osteoporosis y mayor susceptibilidad a las infecciones porque estos medicamentos disminuyen la producción de leucocitos.⁽³⁰⁾

Los criterios para el tratamiento con implantes en pacientes que toman corticoesteroides no son unánimes. En estos pacientes el sistema inmunológico esta disminuido, la síntesis de proteínas esta reducida y la cicatrización esta alterada.⁽²¹⁾ Además, estos medicamentos modifican la respuesta convencional del paciente a la infección bacteriana reduciendo la fiebre y la sensibilidad local, por lo

que se complica el diagnóstico temprano de los procesos infecciosos.⁽³¹⁾

Se considera que el uso de corticoesteroides podría ser una contraindicación absoluta para la colocación de implantes oseointegrados.⁽²¹⁾ Sin embargo, también se piensa que dependiendo de factores como la edad, el tipo de medicación y la enfermedad de base es posible colocar implantes, siempre y cuando se regulen previamente las dosis de esteroides y se establezca una cobertura antibiótica apropiada, debido a la mayor susceptibilidad de estos pacientes a sufrir infecciones.⁽²⁾

Por lo tanto, es necesario que el odontólogo establezca contacto con el médico del paciente para valorar la influencia de estas drogas en el tratamiento con implantes.⁽³⁰⁾

2.1.2.- Factores endógenos locales

2.1.2.1.- Cantidad y calidad ósea

La cantidad y la calidad de hueso en los sitios de colocación del implante son factores que influyen

ampliamente en los porcentajes de éxito de la oseointegración.⁽²²⁾

Según su apariencia radiográfica y la resistencia que ofrecen a la penetración de la fresa, la calidad ósea se ha clasificado en cuatro categorías: hueso tipo 1, en el cual todo el maxilar está compuesto de hueso compacto homogéneo, hueso tipo 2, en el cual una capa de hueso compacto rodea un núcleo de hueso trabecular denso, hueso tipo 3, en el cual una delgada capa de hueso cortical rodea un núcleo de hueso trabecular denso de resistencia favorable y hueso tipo 4, caracterizado por una delgada capa de hueso cortical que rodea a un núcleo de hueso trabecular de baja densidad y pobre resistencia^(10,21,22,32) (gráfico 9).

Según Misch⁽³⁰⁾, el hueso tipo 1 mantiene su forma y densidad gracias a las tensiones que generan las inserciones musculares y a la torsión del maxilar inferior. En comparación con otras categorías óseas tiene un sistema nutricional reducido, que contiene poco hueso trabecular. La ventaja de este tipo de hueso es que está muy mineralizado y puede soportar mayores cargas, puede cicatrizar con muy

poca formación de hueso reticular provisional, que le da una excelente estabilidad ósea.

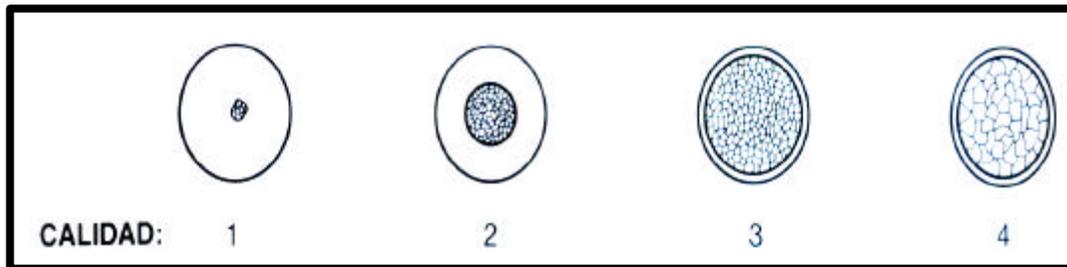


Gráfico 9. Clasificación del hueso alveolar según su calidad.
Tomado de Brånemark, 1999.

Sin embargo, la preparación de este tipo de hueso es más problemática para el cirujano, porque se sobrecalienta el hueso con mayor facilidad y los taladros rotatorios avanzan con más dificultad. Se recomienda irrigación externa e interna a baja temperatura para reducir el calor, arrastrar las partículas óseas lejos de la superficie a preparar y aplicar una presión intermitente.⁽³⁰⁾

Este tipo de hueso al tener menos vasos sanguíneos depende más del periostio para su nutrición, conviene entonces, reflejar el periostio con delicadeza y limitación. En cuanto al porcentaje de contacto óseo con el cuerpo del implante se observa un 80% de hueso en comparación con los otros tipos.⁽³⁰⁾

El hueso tipo 2 cicatriza con excelente rigidez y la oseointegración es muy predecible. El hueso compacto denso en la superficie y en los laterales del implante proporciona una interfase inicial muy rígida, el hueso cortical lateral proporciona un soporte y aporte sanguíneo adecuado. Tiene un porcentaje de contacto óseo con el cuerpo del implante cercano a un 70%.⁽³⁰⁾

Es conveniente señalar que el tiempo para la cicatrización ósea inicial dependerá de la densidad del hueso y no de la ubicación de los implantes en los maxilares. En el caso del hueso tipo 2 bastan 4 meses para la fase de cicatrización rígida, incluso en el maxilar superior.⁽³⁰⁾

El hueso tipo 3 presenta un excelente aporte sanguíneo lo cual es ventajoso durante la cirugía y también durante el proceso de cicatrización. Tiene, aproximadamente, un 50% de hueso a nivel de la interfase con el implante.⁽³⁰⁾

Sin embargo, tiene varios inconvenientes y es más delicado con respecto a los otros dos tipos. El cirujano

deberá extremar las precauciones para evitar perforaciones laterales del hueso cortical, disminuir la velocidad de rotación del taladro para mejorar la percepción táctil y controlar constantemente la dirección de la perforación para no obtener una superficie de tamaño excesivo.⁽³⁰⁾

En este tipo de hueso, el período para la oseointegración atraumática es de 6 meses, pero generalmente la interfase del implante se desarrolla antes de ese lapso. El implante estimula con su presencia la formación de hueso trabecular más denso y conviene demorar el período de aplicación gradual de las cargas para mejorar la densidad ósea.⁽³⁰⁾

El hueso tipo 4 tiene muy poca densidad, es muy poroso y la fijación inicial del implante presenta escasas ventajas mecánicas. La interfase inicial entre el hueso y el implante presenta el menor porcentaje de tejido óseo de todos los tipos de hueso, acercándose a un 25% durante la cicatrización y el descubrimiento del implante.⁽³⁰⁾

Este hueso necesita más tiempo para la cicatrización y para la secuencia de aumento progresivo de las cargas. Se

recomiendan 8 meses de cicatrización para la remodelación de la superficie ósea y el refuerzo del patrón trabecular.⁽³⁰⁾

La presencia de hueso denso puede favorecer la estabilización primaria del implante, prerequisite para obtener la oseointegración en una forma predecible.⁽²²⁾ El hueso en el maxilar inferior será más denso que en el maxilar superior y el hueso en la región anterior será más denso que el de la región posterior. Si se evalúan específicamente las áreas anatómicas, el maxilar inferior en su parte anterior tendrá mayor densidad ósea, seguido por el sector posterior, luego vendría el maxilar superior en su parte anterior y posterior.⁽²¹⁾

La cantidad ósea viene determinada por la morfología y el grado de resorción del hueso basal y del hueso alveolar o cresta. Según la morfología ósea el hueso se clasifica en: A) está presente la mayor parte de la cresta alveolar, B) ha tenido lugar una resorción moderada de la cresta residual, C) ha tenido lugar una resorción avanzada de la cresta residual y solo queda hueso basal, D) ha comenzado la resorción del hueso basal y E) ha tenido lugar una resorción extrema del hueso basal^(10,21) (gráfico 10).

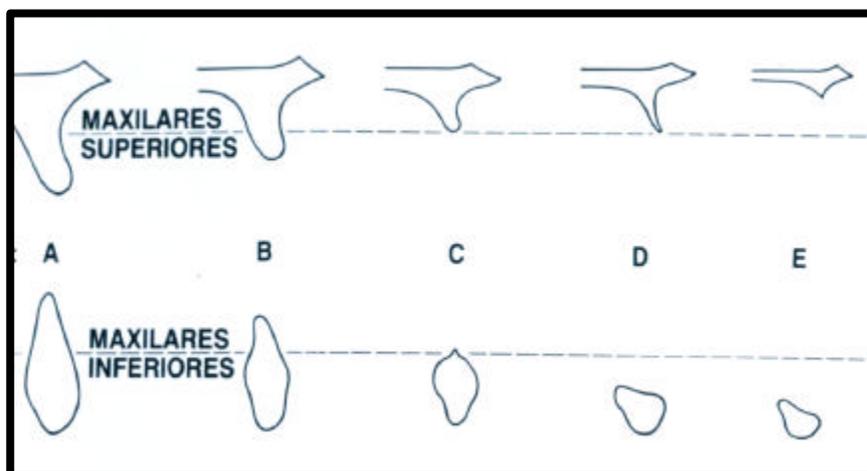


Gráfico 10. Clasificación del hueso alveolar según la morfología ósea.
Tomado de Brånemark, 1999.

Naturalmente, existe una variedad de combinaciones entre la forma residual de los maxilares y la calidad ósea. Así tenemos, que en los maxilares superiores e inferiores de los grupos de forma B y C, cuando se combinan con los grupos de calidad 2 ó 3 se consideran como situaciones terapéuticas claras, en donde habrá buena estabilización primaria del implante y un proceso de oseointegración predecible.⁽¹⁰⁾

En contraste, puede ser difícil colocar implantes en maxilares superiores o inferiores del grupo de forma A, especialmente cuando se encuentran combinados con el hueso de calidad 4, en este caso, la estabilidad primaria estaría comprometida.⁽¹⁰⁾

Los maxilares inferiores del grupo de forma D, cuando se combinan con el grupo de calidad 1 ó 2 se consideran como situaciones terapéuticas bastante difíciles. Los maxilares de los grupos de forma D y E sin tener en cuenta la calidad ósea presente son demasiado estrechos para colocar un implante y pueden necesitar la colocación de un injerto.⁽¹⁰⁾

Para el tratamiento con implantes, el odontólogo debe tomar en cuenta la cantidad de hueso disponible y para ello debe medir el ancho, la longitud, la angulación y el cociente corona/cuerpo del implante, de esta forma se determinará el tipo y el diseño de la restauración final y el logro exitoso del proceso de oseointegración.⁽³⁰⁾

2.1.2.2.- Ubicación anatómica del implante

La oseointegración alrededor de los implantes demuestra una variabilidad considerable dependiendo del maxilar donde se coloque el implante y de la anatomía del sitio de implante. Los implantes que se colocan en el maxilar inferior muestran una mayor cantidad de aposición ósea. Los implantes colocados en el maxilar superior muestran menor cantidad de aposición ósea.⁽⁴⁰⁾

La zona anterior del maxilar inferior, en el área comprendida entre los agujeros mentonianos tiene la mayor densidad y la mejor calidad ósea. En esta región la sínfisis proporciona una mayor densidad trabecular, por lo que se facilita el proceso de oseointegración.^(41,42)

De hecho, el maxilar inferior tiene una capa de hueso cortical más gruesa y densa que el maxilar superior. La capa cortical de ambos maxilares tiende a ser más delgada y porosa hacia los sectores posteriores. Además, los implantes que se colocan hacia zonas más posteriores toleran mayores cargas y son más cortos debido a la cantidad insuficiente de hueso disponible en estas áreas.⁽²²⁾

En general, hay una mayor probabilidad de fracaso del proceso de oseointegración en el maxilar superior y en los segmentos posteriores de ambos maxilares. Esto se puede explicar por los diferentes tipos de hueso y las condiciones de carga en estos sitios.^(22,43)

También, la presencia de estructuras anatómicas, como el seno maxilar y el conducto dentario inferior limitan las posibles ubicaciones de los implantes y la cantidad de

hueso disponible para su colocación en los sectores posteriores.⁽²²⁾

La región posterior del maxilar superior es el sitio de colocación más desafiante, en razón de su posición, la parte posterior del arco es menos accesible que la anterior y demanda una mayor habilidad por parte del cirujano, este hueso generalmente presenta menor densidad que otras regiones.⁽³²⁾

Nevins *et al.*⁽⁴⁴⁾ realizaron un estudio retrospectivo para medir la eficacia de la oseointegración cuando se colocaban implantes en las regiones posteriores tanto del maxilar superior como del inferior.

La población del estudio incluía 200 maxilares inferiores parcialmente edéntulos y 195 maxilares superiores, parcialmente edéntulos, de pacientes que se presentaron a consulta para tratamiento periodontal, terapia con implantes o ambos. La edad de los pacientes estaba entre los 18 a los 89 años de edad. Setenta y nueve pacientes eran de sexo masculino y ciento dieciséis de sexo femenino.⁽⁴⁴⁾

Se colocaron un total de 1.203 implantes, 551 en el maxilar inferior y 652 en el maxilar superior. De estos implantes, fracasaron 25 en el maxilar inferior, que representó un porcentaje de éxito de un 95,5% y 31 en el maxilar superior, que resultó en un porcentaje de éxito de un 95,2%. Se observó un mayor porcentaje de éxito en el maxilar inferior, sin embargo, esta diferencia en los resultados no fue estadísticamente significativa.⁽⁴⁴⁾

Este estudio utilizó la oseointegración en la dentición posterior y demostró que la misma puede tener éxito si los procedimientos se apegan estrictamente al protocolo original de Brånemark. Este protocolo incluye esterilización, procedimientos de tallado sin sobrecalentar el hueso, manejo tisular cuidadoso y tiempo de cicatrización adecuado sin cargas.⁽⁴⁴⁾

2.1.2.3.- Colocación del implante mediata *versus* inmediata

Tradicionalmente, la forma más predecible de colocar los implantes es de forma mediata, previo a un período de cicatrización de 6 a 12 meses, posterior al cual se preparan los lechos óseos y se insertan los implantes.^(22,40,41,45)

La colocación inmediata de los implantes oseointegrados constituye una terapia alternativa a su colocación mediata. En algunas situaciones esta terapia intenta reducir el tiempo de tratamiento del paciente y preservar la mayor cantidad de hueso para colocar el implante en una posición ideal.^(22,46)

La colocación inmediata de los implantes en sitios de extracción se puede realizar bajo ciertas condiciones, sobre todo cuando existe suficiente hueso bajo los ápices de los dientes que serán extraídos. Las ventajas de la colocación inmediata incluyen una considerable disminución en el tiempo transcurrido desde la extracción hasta la colocación de la prótesis final, menos procedimientos quirúrgicos y mejor aceptación del plan de tratamiento general. Las desventajas incluyen el manejo de la prótesis provisional y un mayor riesgo de infección.^(41,46)

Cuando los implantes se colocan inmediatamente puede ser difícil obtener un ajuste perfecto debido a que el diámetro del diente extraído a menudo excede el diámetro del implante en sentido coronal. Según el diámetro de las raíces extraídas, podrían quedar espacios vacíos entre la

porción coronal del implante y el hueso, sin embargo, el implante está estable en su porción apical. Para resolver el problema de los espacios vacíos se han utilizado diferentes tipos de membrana e injertos que puedan llenar estos vacíos y fomentar la oseointegración.⁽²²⁾

Krump y Barnett⁽⁴¹⁾ recomiendan que se debe limitar la colocación inmediata de los implantes a áreas donde exista una cantidad apropiada de hueso de manera que esta promueva la estabilidad del implante en el momento de su colocación. En su estudio, ellos colocaron 41 implantes de forma inmediata en 11 pacientes con un porcentaje de éxito de un 92,7% y 154 implantes de forma mediata en 35 pacientes con un porcentaje de éxito del 98,1%. Las diferencias no fueron estadísticamente significativas y se concluyó que la colocación inmediata es posible siempre que la cantidad de hueso sea adecuada.

Con relación a la colocación inmediata de implantes luego de la extracción, ésta se ha realizado, incluso, en alvéolos con signos de infección crónica.⁽⁴⁷⁾ Novaes *et al.*⁽⁴⁷⁾ describieron tres casos en los que se pudo lograr la colocación inmediata exitosa de implantes, luego de la

extracción en sitios con infección crónica. Los pacientes recibieron antibioticoterapia 24 a 48 horas antes del procedimiento y la medicación se mantuvo por 10 días para que la contaminación bacteriana se redujera. Según estos autores, este procedimiento incrementa las indicaciones de la colocación inmediata de los implantes, sin embargo, opinan que se deben considerar otros factores tales como la extensión de la resorción ósea.

Con relación a lo anteriormente expuesto, Esposito *et al.*⁽²²⁾ opinan que, por el contrario, la colocación inmediata del implante en los sitios de extracción infectados puede traer como consecuencia la posibilidad de contaminación del lecho óseo receptor y del biomaterial, por lo tanto ellos recomiendan que si existe un proceso periodontal o una infección periapical, se debe esperar hasta la completa resolución del proceso antes de colocar el implante.

Pareciera que, el hecho de colocar el implante inmediatamente en los sitios de extracción no aumenta las probabilidades de falla del proceso de oseointegración, no obstante, se necesitan más investigaciones a largo plazo y

con grupos control adecuados para poder responder a las interrogantes con respecto a este tema.^(22,41)

2.1.2.4.- Enfermedad periodontal

La existencia de un surco periimplante y de una microbiota vecina al mismo hacen que sea necesaria una evaluación cuidadosa de los tejidos periodontales.^(22,48)

En los sitios donde la enfermedad periodontal esta activa no se recomienda la colocación de los implantes porque se podrían producir infecciones, cuyo proceso de resolución es muy complejo y con frecuencia no se logra la oseointegración y el implante se pierde. Además, existe la posibilidad que los patógenos de los dientes enfermos puedan colonizar los lechos receptores del implante y comprometer el proceso.^(22,41)

Por otro lado, los pacientes que han sido afectados por formas agresivas de periodontitis no muestran compromiso en el proceso de oseointegración, estos pacientes pueden ser candidatos ideales para la terapia con implantes luego del tratamiento periodontal correspondiente y la estabilización en la fase de mantenimiento.⁽²²⁾

Ahora bien, una vez colocado el implante, la placa bacteriana puede iniciar reacciones tisulares marginales en los implantes dentales oseointegrados. El papel de la placa bacteriana en el fracaso de la oseointegración es controversial.⁽²²⁾

Un desequilibrio en la relación hospedero-parásito se puede manifestar como una serie de cambios inflamatorios que pueden conducir a dos patologías distintas, la mucositis periimplante, que es una lesión confinada a los tejidos blandos superficiales y la periimplantitis que involucra el tejido blando más profundo así como el hueso periimplante.⁽²²⁾

La evidencia del papel de la placa bacteriana como factor etiológico de la periimplantitis proviene de las observaciones microbiológicas. Estas observaciones han demostrado la presencia de patógenos periodontales en los sitios de periimplantitis, así como la presencia de una microflora similar a la que se observa en la encía sana de los implantes clínicamente saludables.⁽²²⁾

Esta microflora consiste principalmente en microorganismos anaerobios Gram negativos y espiroquetas (*A. actinomycetemcomitans*, *P. gingivalis* y *P. intermedia*). Las especies bacterianas involucradas pueden afectar la oseointegración y dañar los tejidos periimplante por diferentes mecanismos, entre ellos se mencionan la invasión directa y la destrucción de los tejidos periimplante, la liberación de enzimas y factores de resorción ósea, la evasión de las defensas del hospedero, las reacciones inflamatorias mediadas por el hospedero y por la combinación de los factores anteriores.⁽²²⁾

Los cambios inflamatorios de los tejidos alrededor de los implantes son similares a los cambios vistos en la periodontitis. Aunque se conoce poco sobre la etiología y patogénesis de la periimplantitis, los mismos microorganismos vistos en la periodontitis se han asociado a su etiología.^(11,49)

Los implantes que se han oseointegrado exitosamente exhiben menores cantidades de placa y se aprecia ausencia de inflamación marginal. No obstante, la placa se puede depositar alrededor de los implantes y provocar reacciones

en los tejidos que produzcan una falla tardía en la oseointegración.⁽⁴⁹⁾

El éxito del proceso de oseointegración a largo plazo, se ve influenciado por la correcta evaluación del paciente y por un control de placa eficiente que mantenga la salud de la interfase implante-tejido blando. Si el control de la placa no es eficiente la unión implante-epitelio, que es relativamente débil, se podría ver afectada por los microorganismos de la placa y estos podrían provocar una respuesta inflamatoria en el tejido conjuntivo que comprometería la estabilidad del proceso.⁽¹¹⁾

2.1.2.5.- Parafunciones

Las fuerzas ejercidas por las parafunciones son perjudiciales tanto para los dientes como para los implantes y, en general, pueden afectar todo el sistema estomatognático.⁽³⁰⁾ Con relación a los implantes dentales, las parafunciones que pueden comprometer la estabilidad del implante y el éxito del proceso biológico de la oseointegración son: el bruxismo^(23,27,30) y la protusión lingual⁽³⁰⁾.

Hay poca evidencia clínica sobre la influencia del bruxismo céntrico y excéntrico en el proceso biológico de la oseointegración. Sin embargo, existe un consenso general acerca de la relación entre las cargas excesivas e indebidas y la pérdida ósea conducente al fracaso del proceso de oseointegración.⁽²²⁾

Esta parafunción es la causa más frecuente de pérdida ósea alrededor de un implante o de falta de rigidez de la fijación durante el primer año, luego de la inserción. Esta situación afecta con mayor frecuencia al maxilar superior, debido a la menor densidad del hueso y al mayor momento de las fuerzas.⁽³⁰⁾ Además, el bruxismo se ha identificado como el principal factor etiológico asociado con la fractura de los implantes dentales oseointegrados⁽⁵⁰⁾ (gráfico 11).

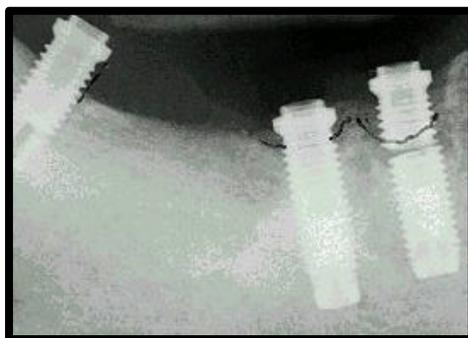


Gráfico 11. Imagen radiográfica que muestra la fractura de un implante en paciente bruxómano.
Tomado de Balshi, 1996.

Como la mayoría de los pacientes bruxómanos tienen una buena disponibilidad ósea, correlacionada con un aumento de los requerimientos mecánicos de las estructuras óseas maxilares⁽¹³⁾, si el bruxismo se controla, este no representará una contraindicación absoluta para la colocación de implantes oseointegrados. No obstante, se debe evaluar el caso para una mejor planificación del tratamiento, se debe observar si existen facetas de desgaste no funcionales tanto en los dientes naturales como en las prótesis, signos de atrición en los bordes incisales, signos de abfracción, entre otros.^(30,51)

En resumen, esta alteración puede provocar falta de retención del implante y fracturas por fatiga. Por tanto, aunque el bruxismo es difícil de controlar a largo plazo, esto se recomienda previa la colocación de los implantes. El empleo de una férula oclusal ortostática de recubrimiento total puede ser útil en el manejo de los pacientes con este hábito parafuncional.^(30,50)

La protrusión lingual parafuncional es la fuerza no funcional que ejerce la lengua durante la deglución. Aunque esta fuerza de protrusión tiene menor intensidad que

las otras parafunciones, esta es de tipo horizontal y puede aumentar la tensión a nivel de la zona perigingival del implante. Si se han perdido los dientes naturales como consecuencia de una posición o un movimiento aberrante de la lengua, el implante corre riesgo durante la cicatrización inicial. Al igual que el bruxismo, esta condición se debe identificar y tratar previo a la colocación de los implantes dentales.⁽³⁰⁾

2.2.- Factores exógenos

2.2.1.- Factores relacionados con el operador

2.2.1.1.- Trauma durante el acto quirúrgico

La preparación quirúrgica del sitio para la colocación del implante causa una zona ósea necrótica alrededor del implante. La extensión de esta zona probablemente esté influenciada por el grado de trauma quirúrgico. Para lograr la oseointegración, el hueso muerto se debe reabsorber y luego se debe formar hueso nuevo en contacto directo con el implante.^(22,52)

La técnica quirúrgica debe ser tan precisa y atraumática como sea posible. De esta forma se asegura una preparación congruente del lecho para el implante, que

proporcione estabilidad primaria y evite el daño al hueso por el calor excesivo.⁽⁵³⁾ La generación de calor se ha relacionado con parámetros tales como: el tipo de instrumento, la refrigeración, la velocidad y la fuerza que se utilizan durante el procedimiento.⁽⁵⁴⁾

La generación de calor durante la realización de los orificios y el manejo del hueso sin refrigeración adecuada se han asociado con el daño óseo. Este daño variará según la magnitud de la temperatura que se alcance y la duración de la misma. En este orden de ideas, se ha demostrado que una temperatura por encima de los 47 °C por un minuto es suficiente para inducir necrosis por calor en el tejido óseo.^(4,5,22,52,55-58)

Anteriormente, se pensaba que la temperatura crítica era de 56 °C, presunción que estaba basada en el punto de desnaturalización de la fosfatasa alcalina. Sin embargo, hay otras enzimas en el hueso con un punto de desnaturalización menor que el de la fosfatasa alcalina e, histológicamente, se ha demostrado que este no es un método preciso para la determinación de la necrosis de las células óseas.⁽⁵²⁾

Como resultado de la preparación quirúrgica en el tejido óseo, se desarrollará un borde necrótico, debido al corte de los vasos sanguíneos, el desarrollo del calor friccional y el trauma por vibración. El tejido óseo y blando adyacente a la zona esta interconectado por el flujo sanguíneo y depende, parcialmente, de la misma irrigación de las células indiferenciadas para que se produzca la reparación. El manejo gentil y cuidadoso de los tejidos es esencial durante toda la preparación quirúrgica.⁽⁴⁾

Eriksson y Albrektsson⁽⁵⁹⁾ realizaron experimentos en conejos, en los que insertaron una cámara térmica a través de la tibia del animal para obtener la microscopía intravital del tejido óseo sometido al calor. Diez semanas después de insertadas las cámaras se aplicó el procedimiento de calor. Se utilizó una estructura de alambre con un elemento regulador de voltaje, que se atornilló a la cámara, luego se insertó una termocupla para las lecturas de la temperatura que se registraron en la microscopía vital (gráfico 12).

El experimento se realizó con temperaturas de 50°C por un minuto y 47°C por 5 minutos y luego por un minuto. En el grupo de 50°C por un minuto, se observó durante el

calentamiento hiperemia, dilatación arteriolar y venular y cese del flujo sanguíneo al llegar a los 50°C. Durante el período de observación de 40 a 50 días solo se observaron cambios vasculares menores. Se observó daño en el hueso después de la tercera semana del calentamiento, bordes rugosos y lagunas de Howship, que indican la producción de resorción ósea.⁽⁵⁹⁾



Gráfico 12. Termómetro microprocesador con termocupla.
Tomado de Eriksson, 1983.

En el grupo de 47 °C por 5 minutos, la microcirculación estuvo activa, el diámetro de los vasos incrementó ligeramente, numerosos vasos sanguíneos penetraban la cámara tisular. En los primeros 20 días luego del calentamiento no se observó respuesta ósea, después de 30 días se había resorbido entre un 20% y un 30% del hueso

original. A parte de la resorción ósea dominante, también, se observaron signos ocasionales de osteogénesis.⁽⁵⁹⁾

El grupo de 47°C durante 1 minuto no mostró signos de hiperemia vascular y la resorción fue menor que en los grupos anteriores y era difícil distinguirla del proceso de remodelado óseo normal, por lo tanto es probable que la temperatura límite o punto crítico sea 47°C.⁽⁵⁹⁾

El calentamiento por encima de los 60°C resulta en un cese permanente del flujo sanguíneo y una necrosis tisular obvia. Este estudio registró la importancia de controlar el trauma quirúrgico para fomentar un proceso de oseointegración exitoso.⁽⁵⁴⁾

Sin embargo, la muerte celular no excluye la posibilidad de cicatrización con reemplazo óseo, esto dependerá también de la capacidad de regeneración regional del lecho óseo.^(4,52)

La estructura y la vascularización juegan un papel importante en la reacción de los tejidos óseos al efecto del calor. Un hueso esponjoso que presente buena irrigación

disipa el calor más rápido y tiene mayor capacidad para la regeneración que el hueso compacto, el cual tiene una irrigación sanguínea menor.⁽⁵³⁾

Otros de los aspectos de una técnica quirúrgica cuidadosa son la precisión en la perforación y el corte en forma de roscas en el hueso. El taladro debe girar continuamente y no se debe emplear una fuerza excesiva para la colocación final del implante.⁽⁶⁰⁾

También, se menciona que el calor generado por la fresa, durante la preparación del sitio de implante está relacionado con la eficacia de corte de la fresa. Una fresa nueva, filosa corta más eficientemente que una desgastada, por lo tanto la generación de calor es menor.^(55,57,58,61)

Con relación a los taladros, en 1975 se introdujeron taladros que refrigeran internamente, en los que el refrigerante se descarga desde la punta del taladro, así el enfriamiento y el efecto de lavado es mejor que si se utilizan taladros refrigerados externamente. Sin embargo, estos taladros presentan problemas porque a veces se

tapan los canales de irrigación con los detritus producidos durante el fresado^(4,53,61) (gráfico 13).



Gráfico 13. Osteotomía realizada con irrigación externa e interna.
Tomado de Eriksson, 1983.

Haider *et al.*⁽⁵³⁾ realizaron un experimento en ovejas, para investigar microscópicamente los efectos *in vivo* de la refrigeración externa del taladro *versus* la refrigeración interna, en el proceso de cicatrización ósea. Se utilizó solución salina fisiológica a temperatura ambiente como refrigerante, esta solución se colocaba en el sistema de enfriamiento interno o se aplicaba manualmente mediante una jeringa.

La comparación de los dos métodos demostró que en los niveles superficiales, la refrigeración externa probó ser superior, en niveles más profundos a medida que se talla el

orificio en el hueso cortical la refrigeración interna fue mejor. Los mejores resultados se obtuvieron con la refrigeración externa, aun en niveles profundos en el hueso esponjoso. Esto se explica por la mayor capacidad para la conducción térmica y su habilidad para los procesos de regeneración.⁽⁵³⁾

El hueso tiene baja conductividad térmica, el calor generado durante el corte o el tallado no se disipa rápidamente sino que permanece alrededor de las perforaciones talladas. Este calor produce necrosis local y por lo tanto retardo en la reparación ósea.⁽⁵⁴⁾

El sobrecalentamiento del sitio del implante, así como la ausencia de estabilidad primaria, en conjunto con una capacidad de cicatrización disminuida pueden conducir a la formación de tejido blando (reparación) en vez de conducir a la oseointegración (regeneración).^(22,59)

Hay poco consenso con respecto al efecto de la fuerza sobre la elevación de la temperatura. Es difícil investigar como la fuerza afecta la temperatura, principalmente por la variedad en las fuerzas aplicadas en los estudios. Abouzgia

et al.⁽⁵⁴⁾ realizaron un estudio en el hueso cortical de fémur de bovinos y utilizaron termocuplas para medir la temperatura. Se utilizó una velocidad de 49.000 r.p.m y fuerzas en el rango de 1,5 a 9,0 N.⁽⁵⁴⁾

Se colocaron pesos en el centro de la plataforma de tallado y no se aplicó ningún tipo de irrigación para evitar introducir otro parámetro en el estudio. Se demostró que al aplicar una fuerza de 4,0 N la temperatura se incrementaba y luego con fuerzas mayores la temperatura disminuía, resultado que se atribuyó a la anisotropía del hueso en sus propiedades estructurales y mecánicas. Este estudio demostró que la temperatura disminuye con la fuerza cuando la fuerza es mayor, esto indica que la duración podría ser el factor dominante en estas condiciones.⁽⁵⁴⁾

La refrigeración adecuada, la necesidad de evitar el uso de taladros de ultra alta velocidad, los instrumentos adecuados, el uso de una fuerza correcta y la preparación ininterrumpida a través del hueso son fundamentales para la cicatrización ósea porque limitarán considerablemente el trauma térmico y favorecerán el proceso de oseointegración.^(5,22,52,54,57,58)

2.2.1.2.- Contaminación bacteriana

La presencia de bacterias puede interferir con el proceso de oseointegración de un biomaterial implantado. Si el hospedero no es capaz de defenderse de los microorganismos invasores, puede ocurrir una reacción inflamatoria prolongada, provocada por el estímulo bacteriano en conjunto con la capacidad del microorganismo para invadir y destruir los tejidos adyacentes.⁽²²⁾

Histológicamente, la cicatrización alrededor de un implante dental infectado se caracteriza por la presencia de tejido de granulación rico en vasos sanguíneos y células inflamatorias que dificultarán los mecanismos de reparación y regeneración tisular.⁽²²⁾

La presencia de un biomaterial implantado incrementa la susceptibilidad a las infecciones. Si los mecanismos de defensa están alterados, pequeñas concentraciones bacterianas son capaces de iniciar el proceso infeccioso. Las infecciones que se centran en los biomateriales son extremadamente resistentes a los antibióticos y con frecuencia persisten hasta que el implante se remueve.⁽²²⁾

Los microorganismos se pueden adherir a la superficie del implante y formar una biopelícula que dificulta la defensa del hospedero. Los microorganismos migraran dentro de la biopelícula y colonizaran progresivamente la superficie del biomaterial. Las especies bacterianas que se encuentran con mayor frecuencia en las infecciones centradas en el biomaterial son: *Staph. aureus*, *Staph. epidermidis* y *Pseudomonas aeruginosa*.⁽²²⁾

La resistencia de las bacterias a los antibióticos puede estar relacionada con el tipo de material colonizado. El *Staph. epidermidis* se adhiere preferencialmente al vanadio puro y a las regiones de implantes de Ti_4Al_6V ricas en vanadio. De esta forma, ciertas propiedades físicas y químicas de los biomateriales pueden influir en la adhesión y colonización bacteriana. Probablemente, las modificaciones en las superficies de los biomateriales puedan disminuir el riesgo de infección, al fomentar los mecanismos de integración tisular o mediante la inhibición de la adhesión bacteriana.⁽²²⁾

En los implantes oseointegrados se observan principalmente bacterias como bacilos no móviles y cocos.

Los estudios en biopsias gingivales tomadas de estos sitios de implante revelan un infiltrado inflamatorio muy pequeño. Por otro lado, en los sitios de implantes en donde la oseointegración ha fallado, la microbiota consiste principalmente de bacilos anaerobios *Gram negativos*, *Bacteroides pigmentados* y especies de *Fusobacterium*. También, se han encontrado *A. actinomicetencomitans*, especies de *Capnocytophaga* y especies de *Wolinella*.⁽⁶²⁾

La forma del implante también influye en la posibilidad de contaminación bacteriana. Los implantes huecos tienen un porcentaje de infección de casi el doble, en comparación con los implantes sólidos. Se ha sugerido que el espacio muerto de este diseño representa un riesgo de infección. Los implantes porosos también son más susceptibles a la infección, porque las bacterias se pueden alojar en las cavidades y evitar de esta forma las defensas del hospedero y la antibióticoterapia.⁽²²⁾

Una de las claves de la cirugía moderna es la esterilización del equipo y de los suministros. La cirugía bucal requiere una adherencia estricta a los principios de asepsia y esterilización.⁽⁶³⁾

Las condiciones del ambiente de quirúrgico deben ser las ideales para disminuir la contaminación, esto se logra siguiendo estrictamente el protocolo de normas de quirófano: coberturas o campo estériles sobre el paciente, cobertores de zapatos y cabeza para el paciente y para el personal, guantes estériles, adecuada distribución y manejo del instrumental. La adherencia a los principios de cirugía estéril logra altos niveles de éxito en el proceso de oseointegración del implante.⁽⁶⁴⁾

Se ha especulado la posibilidad de que la fuente mas común de contaminación de los implantes provenga de los procedimientos de esterilización. La contaminación de los implantes durante la esterilización por métodos convencionales, tales como autoclave y esterilización con óxido de etileno es común en estos biomateriales.⁽⁶⁵⁾

La luz ultravioleta también se ha utilizado como método de esterilización. Aunque este tipo de luz posee propiedades bactericidas y funguicidas, las capacidades de esterilización con radiación ultravioleta tradicional son limitadas. Solo los rayos ultravioleta directos son efectivos, el mayor efecto germicida se ha observado entre los 240 nm

a 280 nm. El ADN de la bacteria absorbe la radiación ultravioleta e induce una mutación celular o la muerte por cambios químicos que afectan los mecanismos genéticos.⁽⁶⁵⁾

La esterilización con luz ultravioleta dinámica produce activación de la superficie y tiene un buen poder de penetración, deja una superficie muy limpia y con una energía superficial alta en los implantes de titanio. Este método de esterilización disminuye la probabilidad de contaminación bacteriana en los implantes y sólo requiere de 16 segundos en un aparato de luz ultravioleta para producir una esterilización efectiva del biomaterial. Este tiempo es menor en comparación con el requerido con otros métodos.⁽⁶⁵⁾

La boca es un ecosistema y los microorganismos son residentes de este ambiente y viajan vía saliva, cepillo dental, partículas de comida, etc.⁽⁵⁸⁾ Antes de ejecutar el procedimiento es útil hacer que el paciente realice un enjuague preoperatorio con clorexidina para disminuir la carga bacteriana de la cavidad bucal y fomentar un ambiente más adecuado para el procedimiento.⁽⁶⁴⁾

En los pacientes parcialmente edéntulos, los dientes pueden servir como fuente para la colonización de los implantes. Se ha investigado la presencia de patógenos periodontales en la microflora periimplante de implantes oseointegrados expuestos al ambiente bucal, en pacientes que previamente habían recibido tratamiento para la enfermedad periodontal. Los pacientes mostraron una alta prevalencia periimplante de patógenos periodontales anaerobios y se corroboró el concepto sobre la microflora dental como fuente de bacterias en individuos parcialmente edéntulos.⁽⁴⁹⁾

van Steenberghe *et al.*⁽²⁵⁾ indicaron un incremento en la incidencia de fracasos de la oseointegración en pacientes con altos índices de placa, como resultado de la contaminación bacteriana en el momento de inserción del implante.

También, se ha documentado la posibilidad de transmitir una infección periapical de un diente a un implante recién insertado, que puede resultar en una osteomielitis y pérdida del implante.⁽²²⁾

A pesar de la presencia de los microorganismos en la cavidad bucal, ya sea como residentes habituales o como patógenos, los hallazgos microbiológicos no indican si ellos son el factor etiológico primario en la falla de la oseointegración del implante o si simplemente están asociados a un ambiente patogénico, una técnica quirúrgica inadecuada o a la aplicación de una carga prematura, factores que contribuyen al fracaso del implante.⁽⁶²⁾

La oseointegración es posible cuando los implantes se colocan en condiciones de esterilización. Una vez que el proceso de oseointegración se perturba, usualmente se forma tejido conjuntivo en la interfase hueso-implante.⁽⁶⁶⁾

La pérdida de la oseointegración producirá el micromovimiento del implante, esto puede exacerbar la inflamación del tejido gingival, se aumenta el ingreso de las bacterias y sus productos, esto originará una ruptura en el equilibrio mecánico obtenido y, posteriormente, se formará un saco periimplante, que puede provocar la pérdida prematura del mismo y el fracaso del proceso de la oseointegración.⁽⁶²⁾ (gráfico 14).

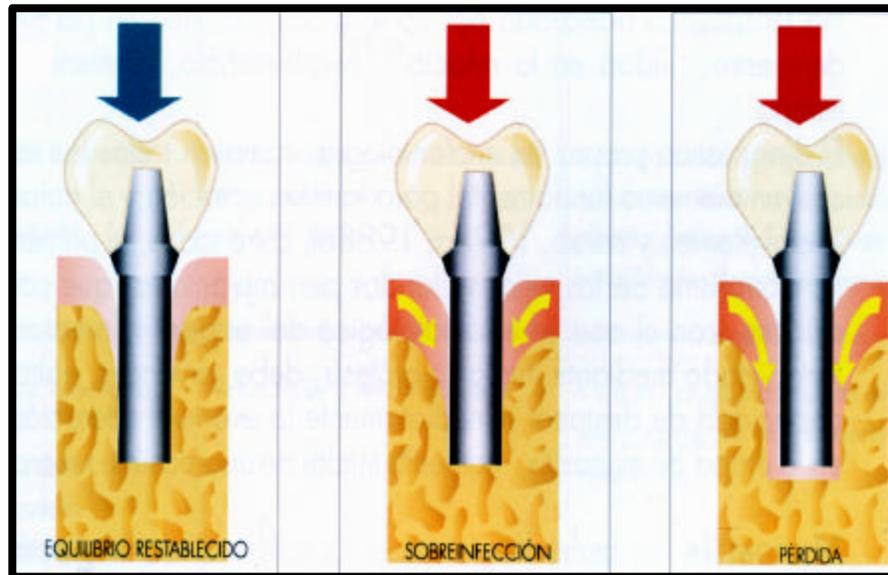


Gráfico 14. Encapsulación del implante por contaminación bacteriana.
Tomado de Bianchi,2001.

2.2.1.3.- Medicación pre y postoperatoria

Poco se conoce sobre el efecto profiláctico de los antibióticos y su relación con el proceso de oseointegración.^(22,32) El uso de antibióticos tiene dos propósitos distintos, ayudar a evitar las infecciones en el procedimiento quirúrgico o ayudar a tratar infecciones preexistentes. El primer uso es profiláctico y el segundo es terapéutico.⁽⁶³⁾

En la actualidad, los procedimientos invasivos en la boca no conducen con frecuencia a una infección. Si esta

ocurre, los mecanismos de defensa celular y humoral del hospedero, así como los mecanismos protectores locales actúan para evitar o limitar el daño.⁽⁶³⁾ Sin embargo, la administración de antibióticos preoperatorios en una dosis apropiada puede disminuir en dos o tres veces el porcentaje de fracasos tempranos del proceso.^(22,32) Se ha demostrado que altas dosis de antibióticos administrados antes del procedimiento quirúrgico ayudan a minimizar la incidencia de infección postoperatoria.⁽⁶³⁾

El antibiótico se puede administrar una o dos horas antes de la intervención. Continuar el uso del antibiótico, luego del acto quirúrgico, por 48 ó 72 horas más, no pareciera tener mayores efectos y en ocasiones fomenta el desarrollo de resistencia bacteriana. Si se estima que el procedimiento durará más de cuatro horas (por la dificultad de mantener una asepsia estricta) se recomienda, en base a la naturaleza de la flora bucal, utilizar como primera elección para la antibioticoterapia, 2 gramos de amoxicilina. Como segunda elección y en pacientes alérgicos a la penicilina se utilizan 600 miligramos de clindamicina. También, es recomendable el uso adjunto de enjuagues con clorhexidina al 0,12%.⁽⁶³⁾

En este orden de ideas, es particularmente importante el uso de antibioticoterapia en los pacientes irradiados porque sus defensas están disminuidas y tienen mayor susceptibilidad a las infecciones. También, los pacientes con valvulopatías ameritan el uso de antibióticos como profilaxis contra la endocarditis bacteriana.⁽⁶⁷⁾

Dado que las intervenciones quirúrgicas para insertar los implantes dentales suelen ser muy extensas y conllevan a una manipulación del hueso y del periostio, lo más probable es que se produzca dolor postoperatorio.⁽³⁰⁾

Para inhibir el dolor postoperatorio se pueden usar medicamentos como los analgésicos antiinflamatorios no esteroideos (AINES) en particular aquellos que no inhiban la agregación plaquetaria debido a que estos afectarían el proceso de cicatrización.⁽⁶³⁾

Los AINES actúan principalmente inhibiendo la síntesis de las prostaglandinas a partir del ácido araquidónico, inhiben la ciclooxigenasa e interrumpen la conversión del ácido araquidónico en prostaglandinas. Mediante la limitación de la síntesis de las prostaglandinas es posible

reducir el edema y la hiperalgesia que se asocian a la inflamación aguda. Dado que la prostaglandina E2, estimula la resorción ósea, los AINES pueden tener una aplicación adicional en implantodontología. La aplicación de nuevos AINES como el flurbiprofeno, se ha estudiado como tratamiento coadyuvante para limitar la pérdida ósea asociada a la periodontitis y para mejorar la oseointegración de los implantes dentales.⁽³⁰⁾

Por el contrario, en los períodos de cicatrización inmediata están contraindicados medicamentos como la indometacina, la aspirina y el ibuprofeno porque pueden retardar el proceso de oseointegración alrededor del implante.⁽²²⁾

Asimismo, ciertos medicamentos tales como la insulina, las hormonas sexuales femeninas, los corticosteroides, los hipoglicemiantes orales y los difosfonatos pueden tener una influencia negativa en el proceso de la oseointegración.⁽²²⁾

Las condiciones sistémicas del paciente, el trauma durante el acto quirúrgico, la asepsia y la duración de la

intervención son factores que condicionarán la prescripción de medicamentos antes y después del procedimiento quirúrgico.^(22,30)

2.2.2.- Factores relacionados con los biomateriales

La búsqueda de un material que tenga mejor biocompatibilidad ha resultado en una diversidad de materiales con diferentes diseños, texturas superficiales y cubiertas.⁽³²⁾

Los factores relacionados con los biomateriales para la oseointegración de los implantes dentales son: la biocompatibilidad, las características de la superficie del implante y el diseño del mismo. La evaluación de cómo influye cada uno de estos factores en el proceso de la oseointegración es difícil y compleja porque ellos se superponen unos con otros. Esto produce complicaciones en la interpretación de los resultados de los estudios. La variedad de información en relación a cada uno de los factores relacionados con los biomateriales crea la necesidad de más estudios bien diseñados, objetivos y específicos.⁽²²⁾

2.2.2.1.- Biocompatibilidad

Cuando se implanta un material en un sitio preparado quirúrgicamente dentro del hueso, se deben hacer consideraciones desde el punto de vista biológico en relación al agua, los iones, las células y las respuestas tisulares de la inflamación, la cicatrización y la adhesión celular en presencia de la superficie del biomaterial.⁽⁶⁸⁾

Los biomateriales se pueden clasificar de acuerdo al tipo de respuesta biológica que ellos produzcan cuando se implantan y desarrollan una interacción a largo plazo con los tejidos del hospedero. Existen tres tipos de materiales biodinámicos: los biotolerantes, los bioinertes y los bioactivos. Los diferentes niveles de biocompatibilidad señalan el hecho que ningún material es aceptado completamente por el ambiente biológico⁽⁶⁹⁾ (Tabla I).

Los materiales biotolerantes son aquellos que no se rechazan cuando se implantan en un tejido vivo, pero están rodeados por una capa fibrosa en forma de cápsula. Los materiales bioinertes permiten la aposición cercana del hueso sobre su superficie y la osteogénesis. Los materiales bioactivos, también, permiten la formación de hueso nuevo

sobre su superficie, pero el intercambio de iones con los tejidos del hospedero conduce a la formación de una unión química a lo largo de la interfase.⁽⁶⁹⁾

Los materiales bioactivos y bioinertes también, se llaman materiales osteoconductores, que significa que ellos pueden permitir el desarrollo óseo sobre su superficie. Los materiales biotolerantes, bioactivos y bioinertes son biocompatibles y producen una respuesta predecible en el hospedero de acuerdo con su uso específico.⁽⁶⁹⁾

Los biomateriales más comúnmente utilizados para fabricar los implantes dentales son el titanio comercialmente puro (Ticp), una aleación de titanio, aluminio y vanadio (Ti_6Al_4V), la hidroxiapatita (HA), los implantes cerámicos (Al_2O_3) y un grupo de polímeros.⁽²²⁾

Una de las claves para entender las interacciones entre el tejido y el biomaterial es el reconocimiento de que la sangre y sus componentes proteicos juegan un papel importante en el acondicionamiento inicial de los implantes y por ende, en el proceso de oseointegración.⁽⁷⁰⁾

Clasificación de los materiales para implantes dentales			
	Composición química		
Actividad biodinámica	Metales	Cerámicas	Polímeros
Biotolerantes	Oro Aleaciones Co-Cr Acero inoxidable Zirconio Niobio Tantalio		Poliétileno Poliamida Polimetilmetacrilato Politetrafluoroetileno Poliuretano
Bioinertes	Titanio comercialmente puro Aleación de titanio (Ti ₆ Al ₄ V)	Óxido de aluminio Óxido de zirconio	
Bioactivos		Hidroxiapatita Fosfato tricálcico Fosfato tetracálcico Pirofosfato de calcio Fluorapatita Brushita Carbono vítreo Carbono-silicon Biopelícula	

Tabla I. Clasificación de los materiales para implantes dentales
Tomado de Sykaras, 2000.

Cuando un implante metálico o cerámico se coloca en un sitio óseo preparado, la sangre del paciente avanzará espontáneamente y humectará toda la superficie del implante, esto asegurará la unión en el sitio deseado y la

probabilidad de movilidad será mínima. Por otro lado, si la sangre del sitio preparado se resiste a humectar espontáneamente el implante dental es probable que ocurra una respuesta de cuerpo extraño y que el implante no se pueda oseointegrar. Estos eventos bioadhesivos de la sangre sobre los implantes han intrigado a los fabricantes por mucho tiempo y aun permanecen muchas interrogantes que se deben responder.⁽⁷⁰⁾

Cuando se implanta un material en el hueso, un gran espectro de reacciones pueden tener lugar, éstas van desde una respuesta inflamatoria mínima que cede en pocos días hasta el rechazo total de un material específico. La formación de tejido blando alrededor de un material no biocompatible se puede atribuir a la liberación de iones tóxicos, partículas del material, contaminación de la superficie y rechazo inmediato por reacción de cuerpo extraño.⁽²²⁾

El rechazo es la respuesta normal del cuerpo a un objeto extraño. El material ideal para los implantes dentales debe ser uno que se integre con el hueso y que esté libre de respuestas tisulares adversas.⁽³²⁾

El titanio es uno de los metales mejor tolerados por el cuerpo, a pesar de ser uno de los metales más reactivos en la tabla periódica. Este metal se pasiva mediante la formación inmediata de óxidos durante su fabricación. El grosor del óxido incrementa durante la esterilización en vapor de agua. El óxido de titanio es altamente estable y su porcentaje de disolución es muy bajo.^(5,71)

El titanio interactúa con los fluidos biológicos a través de su capa estable de óxidos. La capa de óxidos ayuda en la formación de la unión con la matriz extracelular en la interfase implante-tejido^(69,72,73) (gráfico 15).

Cuando el titanio se expone al aire, inmediatamente (10^{-9} seg) forma una capa de óxido que alcanza un grosor de 2 a 10 nm por 1 segundo que proporciona resistencia a la corrosión. El titanio es el material de elección para las aplicaciones intraóseas, por su alta pasividad, control en el espesor, rápida formación de óxidos, habilidad para repararse así mismo rápidamente si se daña y resistencia al ataque químico. Las condiciones de la capa de óxido principalmente su pureza química y la limpieza de su

superficie son fundamentales para el proceso de oseointegración.^(67,69,72)

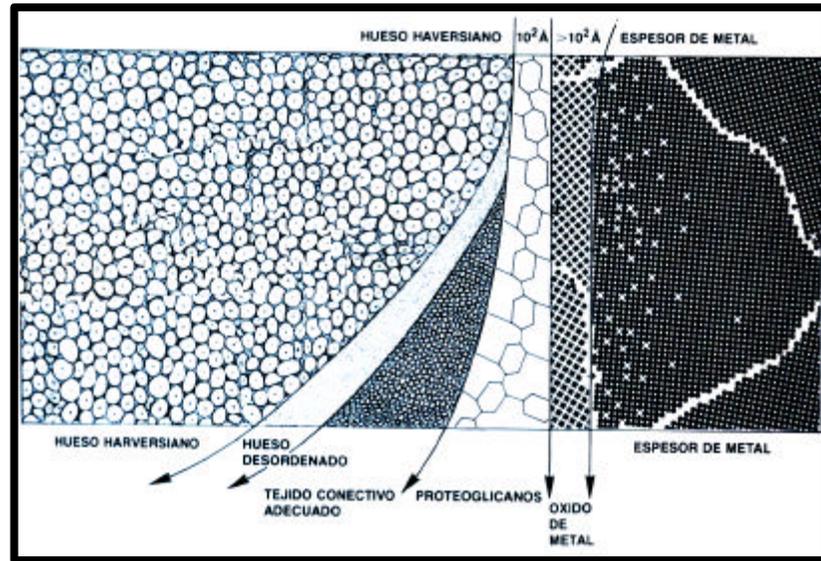


Gráfico 15. Dibujo esquemático de la interacción implante de titanio-capas de óxidos-tejidos.
Tomado de Brånemark, 1999.

Sin embargo, durante la producción y el manejo de los implantes de titanio sus superficies se contaminan. Los contaminantes inorgánicos pueden dañar la biocompatibilidad del implante. Estos contaminantes pueden catalizar reacciones con el oxígeno, fomentar la disolución del titanio y afectar el proceso de la oseointegración.⁽⁷¹⁾

Existen varios tipos de enlaces mediante los cuales las biomoléculas se pueden unir a la superficie del implante.

Estos incluyen uniones de rango amplio pero débiles, como las fuerzas de van der Waals y uniones químicas de rango corto, pero fuertes como el enlace iónico o el covalente. Un ejemplo de esta última lo constituyen las uniones de hidrógeno entre el TiO_2 y los grupos hidroxilo de las glicoproteínas en la matriz.^(71,74)

Otros óxidos metálicos que pertenecen a la clase de las cerámicas, tales como los derivados del calcio o del aluminio, comparten las mismas propiedades y también tienen una aposición íntima con las células y la matriz ósea.⁽⁵⁾

La HA es un material cerámico, que se encuentra en abundancia en el esmalte dental, en la dentina y en el tejido óseo. En su forma sintetizada se aplica a un substrato de $\text{Ti}_6\text{Al}_4\text{V}$ para formar una cubierta bioactiva, no tóxica, que se une químicamente con el hueso adyacente. Las cubiertas de HA minimizan la liberación de iones metálicos.⁽⁷⁵⁾

También, se han utilizado como materiales para implantes dentales una variedad de polímeros, tales como el poliuretano de alto peso molecular, las fibras de poliamida,

la resina polimetilmetacrilato, el politetrafluoroetileno y poliuretano. Se espera que la flexibilidad de estos materiales pueda imitar el micromovimiento del ligamento periodontal y permitir una conexión más predecible con los dientes naturales.⁽⁶⁹⁾

En resumen, el Ticp, la Ti_6Al_4V , la Al_2O_3 y la HA tienen un alto grado de biocompatibilidad. No obstante, los iones de aluminio y de vanadio pueden dañar la formación ósea por una posible acción de competencia con el calcio.⁽²²⁾

Además, los implantes dentales metálicos liberan una cantidad variable de iones, que pueden ser tóxicos y afectar los tejidos adyacentes, todavía no se ha establecido si estas pequeñas concentraciones de iones puedan alcanzar niveles peligrosos para el hospedero. Existe poca evidencia que avale la producción de efectos tóxicos por las partículas o los iones metálicos liberados, se necesitarían más estudios específicos para dilucidar este tópico.⁽²²⁾

El resultado biológico más predecible y exitoso, hasta ahora, se ha logrado con el uso de los implantes de titanio,

gracias a su interacción con los fluidos biológicos y pese a las controversias con respecto a la posibilidad de la liberación de iones. En cuanto a la HA existe controversia con respecto a las bondades de su uso porque este biomaterial podría afectar negativamente las reacciones en el tejido óseo si se produce una degradación en su cubierta. Con respecto a los polímeros, estos materiales han mostrado ser flexibles, esta característica sería ventajosa porque imitaría el movimiento del ligamento periodontal, sin embargo, su uso se ha limitado porque también han mostrado falta de unión a los tejidos vivos y reacciones inmunológicas adversas.^(22,69)

El área de los biomateriales para implantes dentales es muy amplia y se necesitan más estudios que revelen los mecanismos precisos de la interacción entre el tejido vivo y el material.^(22,69)

2.2.2.2.- Características de la superficie del implante

Los materiales para implantes dentales forman un grupo heterogéneo que consiste en metales, cerámicas y polímeros.⁽⁶⁹⁾ Los efectos de estos materiales en el hueso incluyen el desarrollo óseo con contacto cercano a la

mayoría de los biomateriales y la producción, con algunos de ellos, de una verdadera unión con el hueso.⁽⁷⁶⁾

La meta óptima con los biomateriales consiste en tener un control preciso de la superficie, la estructura, la adsorción de las proteínas, la adhesión celular y la activación y el desarrollo óseo. Las reacciones deben ser rápidas y específicas preferiblemente dirigidas a estimular la formación de hueso alrededor del implante.⁽⁷⁶⁾

La topografía de la superficie puede influir en la orientación y guía para el movimiento de las células específicas y puede, además, afectar la forma y la función celular.⁽⁶⁹⁾

Las características de la superficie del implante tales como la rugosidad, la presencia de una cubierta bioactiva^(22,68,69,75) y los métodos de esterilización^(7,13,65,70,77) influyen en el resultado del proceso de oseointegración. Sin embargo, estas características son difíciles de evaluar cuantitativamente por la falta de estudios bien diseñados a largo plazo.⁽²²⁾

Cuando se utilizan implantes metálicos la interacción que se produce está determinada por las propiedades de la superficie del óxido y no por las propiedades químicas del metal. Durante el proceso de fabricación de los implantes de titanio, el metal se expone al aire y rápidamente se forma una capa de óxidos. El titanio es uno de los materiales en donde las propiedades mecánicas favorables del metal se combinan con las propiedades químicas de la superficie del óxido. El titanio se cubre con una película densa de óxido de, aproximadamente, 100 Å, gracias a ello se producen una serie de reacciones que culminan con la oseointegración.⁽⁷⁴⁾

Los óxidos superficiales crecen mediante el transporte de oxígeno hacia adentro y el transporte de átomos metálicos hacia fuera de la interfase metal-óxido. De esta manera se forman varios óxidos estables como el TiO_2 , TiO , Ti_2O_3 . El más común de estos óxidos es el TiO_2 , este es un óxido inerte que seguirá creciendo sobre el titanio una vez que el implante se coloca dentro del hueso y es así como interactúa con los tejidos para fomentar la oseointegración.⁽⁷⁴⁾

Con la evolución de la tecnología se mejoraron las características de la unión titanio-tejido mediante el tratamiento de la superficie del implante por agregado de cubiertas rugosas, aplicación de arenado, grabado ácido y grabado ácido combinado con arenado.⁽⁷⁵⁾

Existen diferentes métodos de preparación de la superficie del implante y cada día son más sofisticados. La preparación electroquímica del titanio puro (electropulido y oxidación anódica) puede variar algunas propiedades de los óxidos del Ti₆Al₄V, como el grosor, la composición química y la cristalinidad. Otros métodos como la implantación de iones, el grabado con plasma y las técnicas de deposición se pueden utilizar para crear cambios en la microarquitectura.⁽⁶⁶⁾ Las cubiertas de los implantes pueden ser densas o porosas dependiendo de la composición química del material original y del método de cobertura que se emplee.⁽⁶⁹⁾ Los implantes con una superficie rugosa tienen mayor probabilidad de fracasar por infección marginal recurrente.⁽²²⁾

Una superficie lisa y una superficie rugosa producirán diferentes áreas de contacto con las biomoléculas y estas

originarán diferentes tipos de contacto con las unidades biológicas.⁽⁶⁶⁾

Los implantes de superficies lisas tienen un menor grado de contacto óseo en comparación con los rugosos, por ello la posibilidad de fracaso por sobrecarga se podría incrementar, especialmente, en situaciones donde la calidad ósea es pobre o el volumen óseo es insuficiente.⁽²²⁾ No obstante, se recomienda que el implante sea liso en la zona donde hace contacto con la mucosa para evitar el riesgo de infección.^(22,78,79)

Independientemente de la química del implante, cada implante debe tener unas microrrugosidades que permitan la fijación de las trabéculas y consecuentemente, la transmisión de las fuerzas. Los implantes con superficie rugosa han mejorado la respuesta ósea y presentan una mejor fijación en el hueso que los implantes de superficie lisa.^(76,80) Las rugosidades se pueden considerar en diferentes niveles: macroestructural, microestructural y ultraestructural y probablemente, las mismas en cada uno de estos niveles tendrán diferentes efectos sobre los tejidos vivos.⁽⁷⁶⁾

El papel principal de una superficie rugosa es mejorar la resistencia mecánica del implante al favorecer una mejor distribución de las fuerzas.⁽⁷⁴⁾ Desde el punto de vista mecánico las áreas rugosas pueden mejorar la adhesión de los tejidos solo si las rugosidades provocan una interdigitación o cierre con el tejido receptor.⁽⁷⁰⁾

Desde el punto de vista de migración celular los macrófagos exhiben afinidad por las superficies rugosas mientras que los fibroblastos fracasan en adherirse a esta misma superficie. Mientras que los osteoblastos parecen tener afinidad por las superficies rugosas irregulares como las que se producen con el arenado.⁽⁷³⁾

Con relación a las células epiteliales, estas se pueden unir a grietas o rugosidades de dimensiones específicas,⁽⁷³⁾ las células epiteliales humanas se unen a las superficies de titanio regulares, lisas en una forma similar a la unión epitelio-diente *in vivo*.⁽⁷⁸⁾ Esta unión se logra a través de los desmosomas, de esta forma las células epiteliales consiguen el cierre frente a la superficie del implante.⁽¹⁴⁾ Las células epiteliales se pueden unir, proliferar e incluso

migrar exitosamente sobre la superficie metálica de los implantes con patrones regulares de rugosidades.⁽⁷³⁾

Un incremento en el área de superficie también provoca un incremento en el riesgo de liberación de iones. No solo se debe tomar en cuenta la rugosidad sino también la forma de las rugosidades y las dimensiones locales de la misma.⁽⁸⁰⁾

Para obtener un crecimiento completo del hueso dentro de las microirregularidades del material, al menos estas deben ser de 100 μm de tamaño, esto proporcionará un cierre o engranaje mecánico del material con el tejido óseo.⁽⁷⁶⁾

Aunque la rugosidad de la superficie en una escala micrométrica da cierta retención debido al desarrollo óseo, *in vitro* se ha observado que esta propiedad de la superficie influye en la función de las células, en la deposición de matriz y en la mineralización. Las células son sensibles a la microtopografía del material y la utilizan para orientarse y migrar.^(9,76)

El desarrollo de superficies porosas sinterizadas puede incrementar la oseointegración. Este proceso se produce cuando los polvos esféricos de un material metálico o cerámico se convierten en una masa coherente con el núcleo del cuerpo del implante. La forma del poro no parece influir en el resultado biológico, mientras que el volumen del poro (porcentaje de porosidad) fomentará la posibilidad de desarrollo óseo.⁽⁶⁹⁾

En los implantes que tienen una superficie porosa formada por partículas esféricas sinterizadas, se ha observado que, aproximadamente, un 50% del espacio del poro de la cubierta se encuentra obturado con tejido óseo. Los poros que no están llenos con hueso, se obturan con un tejido conjuntivo altamente celular en el cual las fibras carecen de orientación. Las superficies porosas no se deben utilizar en la zona del implante que penetra la mucosa, porque estas porosidades interconectadas pueden ser una vía para la infección.⁽⁷⁸⁾

Sánchez *et al.*⁽¹⁴⁾ refieren que la oseointegración se puede incrementar por un aumento en la superficie del implante, esto se consigue con el aumento de las

rugosidades mediante métodos aditivos (plasma de titanio en aerosol, fundido de microesferas de titanio, hidroxiapatita) o mediante métodos sustractivos (arenado, corrosión, láser).

Uno de los métodos más comunes para la modificación de la superficie es la cobertura con plasma. El rociado con plasma se utiliza para la aplicación de Ti (gráfico 16) o de HA sobre núcleos metálicos, con una cubierta de un grosor de 10 a 40 μm para el titanio y 50 a 70 μm para la HA. Este rociado modula la diferenciación y la respuesta celular y puede aumentar la unión del tejido con el biomaterial.⁽⁶⁹⁾

A través de las cubiertas de HA se aumentan las rugosidades de la superficie del implante. Estas cubiertas pueden variar en términos de composición química, porosidad y fases. Las proporciones de las diferentes fases y la naturaleza de las superficies rociadas con plasma parecen influir en las propiedades físicas de estos materiales. Es controversial si el uso de las cubiertas de HA facilita o no el proceso biológico de la oseointegración.^(22,68)



Gráfico 16. Imagen al microscopio electrónico de barrido de la morfología de los osteoblastos sobre un implante de titanio pulido.
Tomado de Bowers, 1992.

Se han utilizado cubiertas de HA sobre el titanio, este material forma una cubierta bioactiva o bioinerte, no tóxica, que se une químicamente con el hueso.^(69,75,81,82) Cuando se usa la HA y se compara con el titanio, hay evidencia que el proceso de oseointegración se da más rápido.⁽⁵³⁾ También se plantea que este material tiene indicaciones muy específicas para su uso, tales como, en hueso tipo IV, en sitios de extracciones recientes, en senos maxilares con injertos y cuando se utilizan implantes cortos.⁽⁷⁵⁾

Los méritos de la hidroxiapatita y de otros materiales cerámicos son controversiales. Existen datos anecdóticos

que sugieren que las cubiertas de hidroxiapatita son inestables, tienen una mayor susceptibilidad a la infección bacteriana y pueden predisponer a una pérdida ósea rápida.^(68,69,75,83)

Albrektsson⁽⁸³⁾ ha descrito la existencia de evidencia positiva en estudios a corto plazo sobre el uso de la hidroxiapatita. En los implantes cubiertos con HA se produce un crecimiento óseo más rápido comparado con los controles no cubiertos, particularmente, en casos que necesitan más soporte primario. No obstante, también se han demostrado evidencias negativas a largo plazo, la más notable, la pérdida o desprendimiento de la cubierta de HA. Si esto ocurre, los fragmentos del material quedarán sueltos y serán rodeados por tejido blando, no por tejido óseo.⁽⁸³⁾

Con frecuencia, también se utiliza el arenado con partículas de diversos diámetros para modificar la superficie del implante. En este método la superficie del implante es bombardeada con partículas de óxido de aluminio (Al_2O_3) y óxido de titanio (TiO_2), por abrasión se crea una superficie rugosa con fosas irregulares y depresiones.⁽⁶⁹⁾ Bowers *et al.*⁽⁷³⁾ compararon superficies arenadas con superficies

grabadas con ácido y obtuvieron mayor porcentaje de unión celular en las superficies rugosas, irregulares producidas por el arenado (gráfico 17).

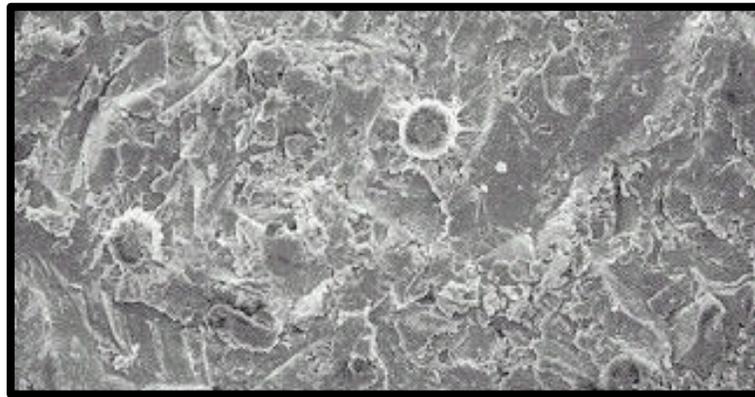


Gráfico 17. Imagen al microscopio electrónico de barrido de la morfología de los osteoblastos sobre un implante de titanio arenado.
Tomado de Bowers, 1992.

El grabado químico es otro de los procesos que puede incrementar la rugosidad de la superficie. El implante se sumerge dentro de una solución ácida que erosiona su superficie y crea en ella fosas de dimensiones y forma específica que fomentan la adhesión celular⁽⁶⁹⁾ (gráfico 18).

Otra modificación que puede favorecer el proceso de la oseointegración es la cobertura de un implante metálico con fosfato tricálcico, esto producirá un implante biocompatible, biorreactivo y parcialmente biodegradable. Este material

tiene propiedades osteoconductoras que actúan como un entramado para la formación de hueso nuevo.⁽⁸⁴⁾

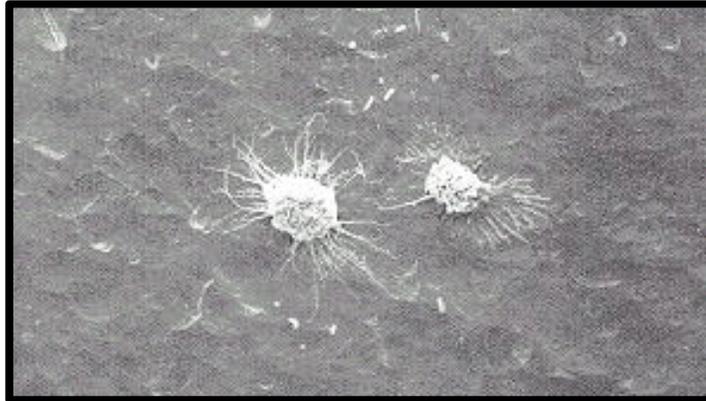


Gráfico 18. Imagen al microscopio electrónico de barrido de la morfología de los osteoblastos sobre un implante de titanio grabado por 1 minuto.
Tomado de Bowers, 1992.

La superficie de estos implantes con fosfato tricálcico también se puede tratar con gel de colágeno microfibrilar.⁽⁸⁴⁾ Blumenthal⁽⁸⁴⁾ realizó estudios en perros y comparó el efecto de pretratar la superficie de implantes de titanio cubiertos con cerámica, tipo fosfato tricálcico, con gel de colágeno microfibrilar. El análisis morfométrico reveló un incremento, en el área oseointegrada en los implantes tratados con colágeno, entre un 48% a un 97% en comparación con el grupo control no tratado (36% a 23%). Este porcentaje de oseointegración superior en los

implantes tratados con colágeno se relacionó con una cicatrización acelerada.⁽⁸⁴⁾

Las cubiertas de colágeno promueven la diferenciación de las células mesenquimatosas indiferenciadas en osteoblastos y fomentan la unión y orientación celular. El colágeno probablemente actúa como un puente para el desarrollo de los preosteoblastos e incrementa la aceptación fisiológica del implante (gráfico 19). En este estudio las respuestas inflamatorias que se observaron con el uso del colágeno fueron menores en comparación con los grupos no tratados.⁽⁸⁴⁾

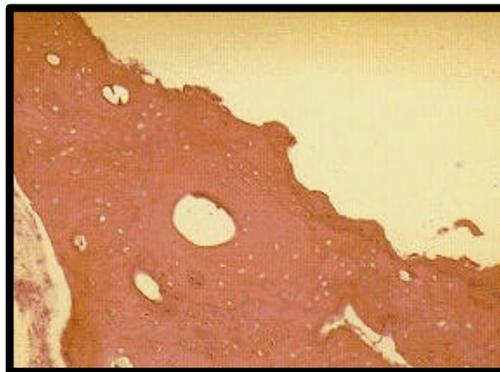


Gráfico 19. Imagen al microscopio óptico de un implante cerámico cubierto con fosfato tricálcico y gel de colágeno, luego de 8 semanas de insertado, se observa hueso haversiano maduro.

Tomado de Blumenthal, 1987.

Además, el gel de colágeno quizás pueda influir en la estabilidad inicial del implante, este material puede

proporcionar un sellado entre el hueso del hospedero y el implante y limitar el micromovimiento durante la fase inicial de cicatrización.⁽⁸⁴⁾

Los tratamientos para la esterilización de los implantes también afectan las características de su superficie y el tipo de respuesta celular que producirán.^(7,13,70) Las técnicas de esterilización no deben dañar la superficie, deben dejarla escrupulosamente limpia y con una alta energía superficial.^(65,77)

El proceso convencional de esterilización por autoclave, esterilización por gas de óxido de etileno, inmersión en esferas de vidrio o exposición a soluciones de esterilizantes frías puede dejar residuos indeseables en la superficie del implante. La técnica de descarga incandescente y la técnica de luz ultravioleta producen una superficie más limpia y provocan la activación de la energía superficial del implante.^(70,77)

La naturaleza de la interacción entre la superficie más externa del implante y las biomoléculas es crucial para la respuesta del sistema biológico al implante. La

microarquitectura de la superficie y su composición química son importantes.⁽⁶⁶⁾ La topografía de la superficie afecta la habilidad de los osteoblastos para producir una matriz mineralizada. Las diferentes cubiertas modulan la diferenciación y la respuesta celular. Si la superficie no es óptima, las células no producirán los factores locales que permiten la guía celular por los caminos adecuados que conducen a la oseointegración.⁽⁶⁹⁾

2.2.2.3.- Diseño del implante

El diseño del implante se refiere a la estructura tridimensional del mismo. Existe una amplia gama de diseños cuyo objetivo principal es promover la estabilidad primaria del implante y el éxito del proceso de oseointegración a largo plazo.⁽⁶⁹⁾

Las primeras formas de los implantes incluían: pines, tornillos, forma radicular, tornillos con perforaciones, implantes en forma de hoja y diseños con mecanismos de expansión.⁽⁶⁸⁾

Esposito *et al.*⁽²²⁾ afirman que, en la actualidad, se utilizan varios diseños de implantes, pero no contamos con

suficientes estudios específicos que evalúen la influencia del diseño del implante en el proceso de oseointegración. Esto puede estar relacionado con las dificultades objetivas para evaluar el papel exacto del diseño del implante, otros factores como la rugosidad superficial y las características del lecho receptor interactúan con el diseño y complican la interpretación de los resultados.

Con relación a la forma, los implantes más utilizados son los de forma cilíndrica, esto favorece la transmisión de la carga a la parte apical y dirige las fuerzas axialmente. Cuando se diseñan los implantes se presta atención a la distribución de las cargas en el hueso.^(76,85) Los sistemas cilíndricos y en forma de tornillo son los que producen menos estrés. La preservación de la altura ósea periimplante depende de la magnitud y de la concentración del estrés transmitido por el implante al hueso de soporte. Cuando las fuerzas han excedido el límite puede comenzar la resorción ósea.⁽²²⁾

Los implantes cilíndricos pueden ser con o sin rosca (gráfico 20). Se observa cierta preferencia por los sistemas de rosca, que se utilizan para aumentar el contacto inicial,

mejorar la estabilidad primaria y favorecer la disipación del estrés en la zona interfacial. ^(67,69,76) La mayoría de estos implantes cilíndricos roscados tienen un perfil de rosca similar al de los implantes mecanizados en forma de tornillo. ⁽⁷⁶⁾

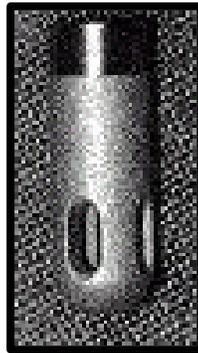


Gráfico 20. Implante cilíndrico IMZ[®].
Tomado de Wenneberg, 1993

La profundidad, el grosor y el ángulo de la rosca son parámetros geométricos variables que determinarán la superficie funcional de la rosca y afectarán la distribución biomecánica de la carga en el implante. ⁽⁶⁹⁾

Un factor importante en el diseño, es la angulación de las roscas del implante, si estas se diseñan muy anguladas y cercanas imposibilitarían la neovascularización y se producirían áreas de fibrosis alrededor de las roscas, tanto en la parte de las crestas como en la parte de los valles

(gráfico 21). Además, si las roscas son muy pronunciadas generan mayor trauma por calor en el momento de la colocación.⁽¹⁴⁾

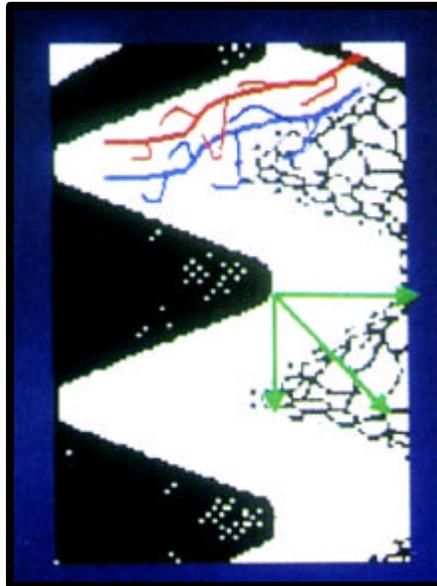


Gráfico 21. Dibujo esquemático de la angulación de las roscas del implante.
Tomado de Sánchez, 2001.

Luego de la colocación del implante, el mismo pasa por varias fases en las cuales la estabilidad y la transferencia de las cargas son muy importantes. El hueso debe estar cerca del implante para proveer estabilidad, esto se ha conseguido con las roscas. Los implantes cilíndricos roscados ayudan al cirujano en la colocación del implante en la cavidad preparada. Se han utilizado diferentes tipos de

rosca en los implantes cilíndricos pero todas tienen la misma finalidad⁽⁷⁶⁾ (gráfico 22).

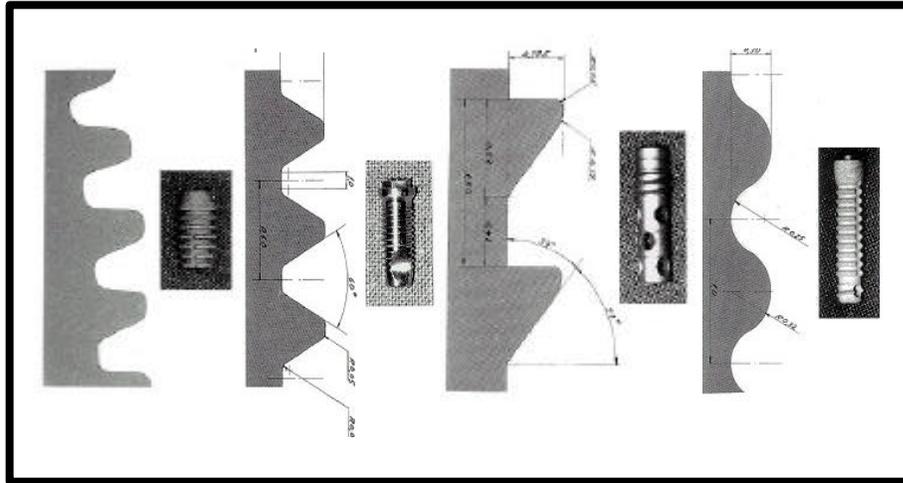


Gráfico 22. Diferentes diseños de implantes y sus estilos de rosca.
Tomado de Wenneberg, 1993.

Además de las roscas, las macroirregularidades en el implante incluyen: fenestraciones, grietas, poros o irregularidades que son visibles. La idea es crear un cierre implante-hueso en un nivel macroscópico (gráfico 23). El diseño también puede presentar microirregularidades que tienen la misma función de cierre.⁽⁶⁸⁾



Gráfico 23. Fotografía de un corte microscópico del hueso en relación con las roscas del implante, mecanismo de cierre.
Tomado de Wenneberg, 1993.

Otros diseños incorporan elementos intramóviles, como por ejemplo el implante IMZ[®] (Friedrichsfeld AG, Mannheim, Alemania). Estos sistemas integran elementos flexibles y de absorción de cargas en el implante para tratar de imitar la flexibilidad de los dientes naturales y producir una mejor transferencia de las cargas al hueso.⁽⁶⁸⁾

El implante IMZ[®] (Friedrichsfeld AG, Mannheim, Alemania) presenta un elemento intramóvil viscoelástico de polioximetileno que le permite al implante tener una compresión más funcional en comparación con un implante hecho totalmente de titanio.⁽⁸⁶⁾ En la actualidad estos sistemas no se usan con frecuencia por la excesiva movilidad, la probabilidad de fractura del elemento intramóvil, la tendencia de los tornillos a aflojarse y el posible compromiso de la oseointegración.⁽⁶⁸⁾

Al considerar el diseño de los implantes se deben tomar en cuenta propiedades como su módulo elástico, resistencia compresiva, resistencia a la fatiga y dureza. Los implantes no se deben fracturar, desgastar o fatigar durante su uso *in vivo*.⁽⁶⁸⁾ En la actualidad existe cierta preferencia por el uso de los implantes cilíndricos de rosca, debido a la

capacidad que tienen para transmitir las cargas axialmente en el hueso y al engranaje que ellos producen con el tejido óseo.⁽⁷⁹⁾

El diseño del implante puede influir en el logro de la oseointegración, sin embargo, cuantificar la extensión de su influencia es difícil por la estrecha relación que tiene este factor con otros factores que intervienen en el proceso.⁽²²⁾

En este sentido, la selección del implante no solo involucra las consideraciones relacionadas a su diseño, sino que también requiere un profundo conocimiento por parte del odontólogo de factores tales como la cantidad y la calidad ósea y la localización anatómica del implante, entre otros, que se relacionan con el diseño para determinar el efecto que tendrían en el proceso de oseointegración.⁽⁷⁹⁾

2.2.3.- Factores relacionados con las cargas oclusales sobre el implante. Generalidades

Las principales cargas que actúan sobre los dientes y por consiguiente sobre los implantes, se generan durante la masticación. La mayoría de esas fuerzas tienen una dirección perpendicular al plano oclusal en la región

posterior, su duración es corta y solo actúan durante breves períodos al día. La musculatura peribucal y la lengua ejercen una fuerza horizontal más constante pero menos intensa sobre los dientes y sobre los implantes. El efecto que puedan tener estas cargas sobre el implante dependerá de la calidad de la oseointegración y de las consideraciones biomecánicas analizadas de acuerdo a cada caso en particular.⁽³⁰⁾

Se ha sugerido que los implantes dentales no se deben someter a fuerzas o cargas durante el período de cicatrización, si se pretende obtener una aposición ósea directa implante-hueso. Incluso, algunos creen que si el implante se carga en esta etapa, el micromovimiento temprano podría conducir a la diferenciación de las células en fibroblastos y se inhibiría el desarrollo óseo.^(4,16,22,87)

Sin embargo, en casos bien seleccionados se ha planteado la posibilidad de cargar el implante inmediatamente.^(22,41,42,45,87,88) Se ha demostrado que un episodio diario de micromovimientos de baja frecuencia puede estimular el desarrollo óseo, es decir, bajo condiciones específicas, la aplicación de cargas inmediatas

sobre el implante puede fomentar la oseointegración. No obstante, se desconoce el nivel preciso de micromovimiento que se puede tolerar sin inhibir la formación ósea.⁽²²⁾

Con relación a la terapia con carga mediata, esta ha sido predecible en el tiempo. La carga mediata plantea un protocolo en el cual se coloca el implante en el hueso, se espera un período de cicatrización y luego en una segunda etapa se realiza la conexión del pilar. De esta manera se garantiza una cicatrización inicial sin cargas que permita una adecuada diferenciación celular. Ahora bien, en contraposición a este protocolo, el uso de la carga inmediata aunque puede ser exitoso, todavía constituye un aspecto controversial que necesita más evaluación.^(22,42,87,88)

2.2.3.1.-Efecto de las cargas oclusales sobre el implante

La masticación induce, principalmente, fuerzas verticales en la dentición y por ende sobre los implantes. Sin embargo, también ocurren fuerzas transversales por el movimiento horizontal del maxilar inferior y la inclinación de las cúspides. Estas fuerzas se transfieren a través de las prótesis al implante y de este al tejido óseo. De tal modo

que, las cargas oclusales crean diferentes patrones de estrés que dependen de la configuración geométrica de las prótesis.⁽⁸⁹⁾

La biomecánica de la distribución de las fuerzas en las prótesis implanto-soportadas es diferente a la de los dientes naturales. La presencia del ligamento periodontal en los dientes permite un micromovimiento y la oseointegración en el implante no permite tales movimientos. Mientras el ligamento periodontal proporciona flexibilidad, la oseointegración proporciona rigidez. El micromovimiento del ligamento periodontal permite que las fuerzas se distribuyan a lo largo de las superficies radicales de los dientes alrededor del centro de rotación en el tercio apical.⁽⁹⁰⁾

La falta de micromovimientos en los implantes produce una concentración de fuerzas en la cresta del reborde. Las fuerzas verticales sobre los implantes cilíndricos lisos se concentran en el ápice, mientras que en los implantes cilíndricos con rosca se producirán fuerzas a nivel de la cresta y fuerzas apicales sobre el hueso. En oclusión céntrica, se debe lograr una relación cúspide-fosa, sin contactos en los lados de trabajo y balance.^(90,91)

Cuando se considera cualquier implante que soporta una carga dentro del hueso, sería importante entender no solo la mecánica de transferencia de estrés en la interfase, sino también las respuestas biológicas de los tejidos a esas fuerzas. La naturaleza exacta del estímulo mecánico que puede provocar la destrucción ósea o la deposición ósea y la respuesta biológica ante ese estímulo todavía no se ha dilucidado.⁽⁹²⁾

La sobrecarga en el sistema biomecánico de los implantes se puede definir como una condición en la que las fuerzas funcionales o parafuncionales ejercen una carga que provoca la falla del implante, la pérdida del soporte óseo y el fracaso del componente protésico⁽⁹³⁾ (gráfico 24).

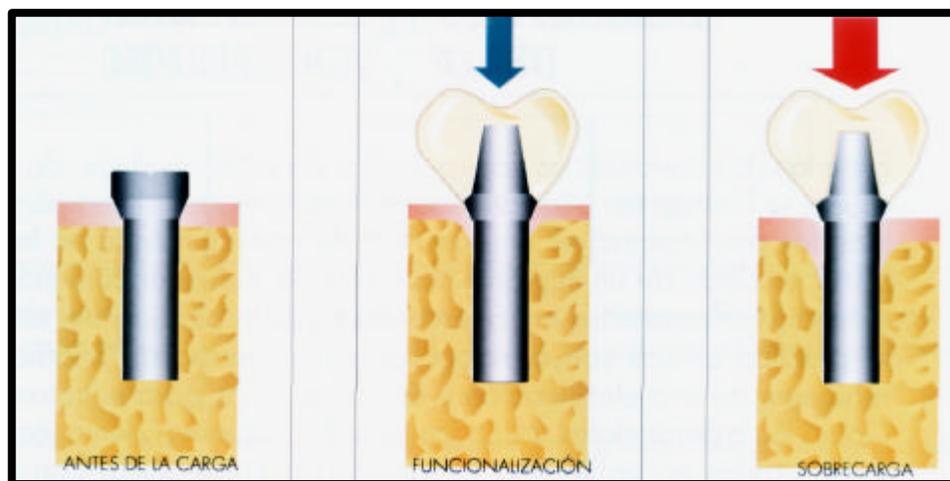


Gráfico 24. Dibujo esquemático que representa fallas en la oseointegración por sobrecarga.
Tomado de Bianchi, 2001.

En un sistema de implantes se deben considerar la fuerza axial y el momento de flexión. La fuerza axial es favorable y distribuye el estrés a lo largo del implante, mientras que el momento de flexión, inducido por fuerzas transversales ejerce vectores de fuerza tanto en el implante como en el hueso. El brazo de palanca en esta situación es la distancia desde el contacto de oclusión hasta la unión entre el pilar protésico y el implante.^(89,94)

Sin embargo, para Hoshaw *et al.*⁽⁹²⁾ el término sobrecarga, no es un término muy preciso, la búsqueda de un nivel de carga único que separe las categorías de carga aceptable y sobrecarga constituye un intento inútil. La interacción del ambiente mecánico (magnitud de la carga, dirección de la carga y frecuencia de la carga) y los factores biológicos (calidad ósea, cantidad ósea y capacidad de las células para responder) pueden ser los determinantes críticos para identificar las condiciones de carga desfavorable que conducen a respuestas óseas no deseadas.

La sobrecarga ocurre a menudo por un momento de flexión excesivo. El momento de flexión se define como la

fuerza por el brazo de palanca. Cuanto más largo sea este brazo de palanca mayor será el momento de flexión y el estrés.⁽⁹³⁾

Cuando una fuerza se aplica a lo largo del eje axial del implante (fuerza axial) el estrés se distribuye alrededor de la sección transversal del implante y a través de las roscas del mismo. Si se aplica una fuerza con dirección transversal con relación al eje axial del implante, se producirá un momento de flexión, el implante se carga solo en las porciones terminales y crea un aumento de las tensiones en el hueso y en el implante⁽⁹³⁾ (gráfico 25).

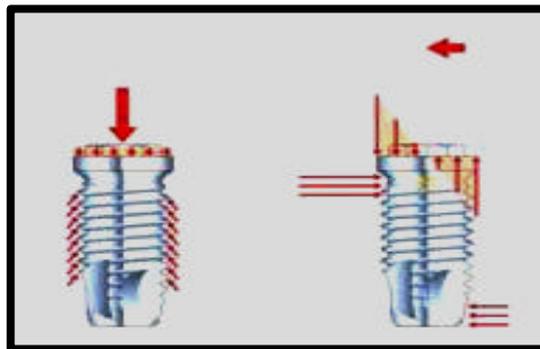


Gráfico 25. Componentes de carga axial y transversal en el sistema de implantes, disipación del estrés en las roscas.
Tomado de Palacci, 2001.

Uno de los factores que se debe analizar en relación a las cargas sobre el implante es el área de impacto (las características de la superficie de contacto dentario) y su

efecto biomecánico sobre la distribución de las fuerzas. La inclinación de las cúspides es el factor más importante en la producción del torque. Mientras más inclinada sea la cúspide, la línea de fuerza resultante caerá más lejos del área de soporte⁽¹¹⁾ (gráfico 26).

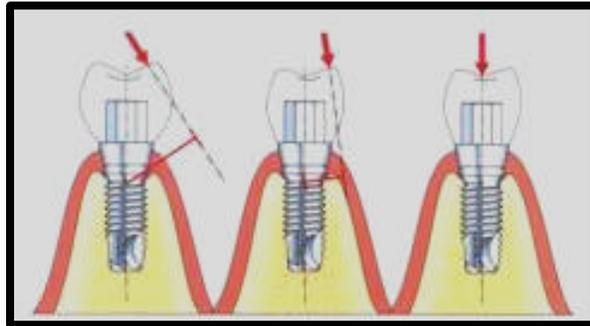


Gráfico 26. Dibujo esquemático que representa la inclinación de las cúspides y la ubicación de las cargas en el implante.
Tomado de Palacci, 2001.

La inclinación de las cúspides es una variable que se encuentra bajo el control del odontólogo y se debe reducir para mejorar la distribución de las fuerzas sobre el hueso de soporte y evitar su resorción^(90,91) (gráfico 27).

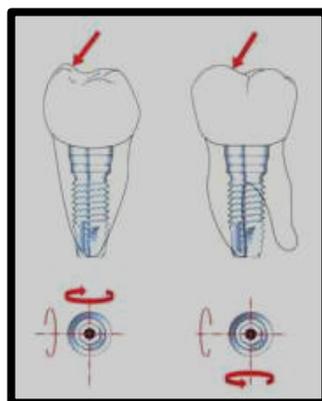


Gráfico 27. Dibujo esquemático que representa la inclinación de las cúspides y su efecto biomecánico.
Tomado de Palacci, 2001.

Cuando se restaura la arcada completa se utilizan múltiples implantes posicionados en línea curva. Esta línea curva compensa una posible fuerza transversal con las fuerzas axiales. Se recomienda colocar los implantes en posición de trípode para disipar las tensiones (gráfico 28). Cuando se restauran arcadas parcialmente edéntulas, los implantes se colocan en una posición más lineal, esto no proporciona la compensación de las fuerzas y el momento de flexión será mayor.⁽⁹³⁾

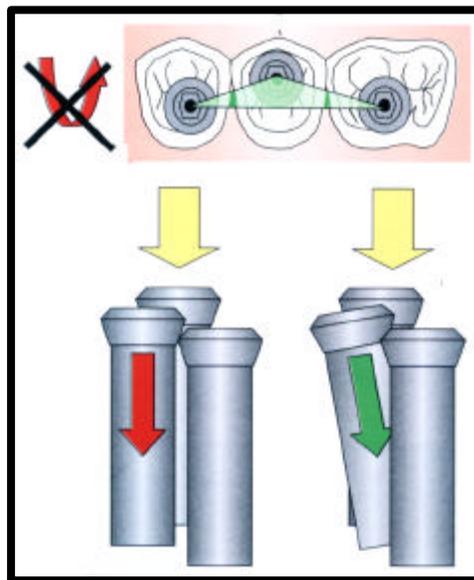


Gráfico 28. Dibujo esquemático que representa la colocación de los implantes en forma de trípode.
Tomado de Bianchi, 2001.

La estabilidad total del anclaje del implante se determina por la cantidad y la calidad ósea. El soporte

cortical es importante, dado que el engranaje de las roscas del implante en el hueso fuerte y compacto incrementa la capacidad de tolerar las cargas, de allí que el anclaje bicortical se debe obtener donde sea posible.⁽⁹³⁾

La inclinación del implante (15° a 30°) es de menor importancia en la concentración del estrés óseo. Además, cualquier potencial de flexión de un implante inclinado mesiodistalmente se puede contrarrestar por la rigidez de la prótesis. Sin embargo, la dirección del implante en sentido vestibulolingual es un problema potencial, si la reconstrucción protésica se coloca en una posición hacia fuera en relación a la cabeza del implante se introduciría un momento de flexión sobre el implante. El objetivo debe ser colocar la cabeza del implante lo más cerca posible a la dirección actuante de las fuerzas de forma que se reduzca el brazo de palanca y el momento de flexión.⁽⁹³⁾

Cuando se realizan prótesis combinadas implante-diente natural, el brazo de palanca se debe reducir y se debe tomar en cuenta que los implantes soportan a los dientes y no *viceversa*, por la diferencia de movilidad entre el micromovimiento del ligamento periodontal y la interfase

oseointegrada del implante.⁽⁹⁰⁾ La conexión implante-diente natural es controversial, debido al fenómeno de intrusión dental que se ha observado en estos casos; todavía no se ha logrado demostrar que el implante, el hueso y la prótesis compensen la diferencia de movilidad entre sus pilares o si este tipo de conexión se pueda considerar como una prótesis a extensión.⁽⁸⁶⁾

Los factores de riesgo oclusal son los contactos laterales en los movimientos excursivos, la inclinación cúspidea y las parafunciones, por lo tanto, se recomienda que la restauración del implante se diseñe con el contacto oclusal en la fosa central, una inclinación mínima de las cúspides y un tamaño reducido en la tabla oclusal. Las parafunciones se deben diagnosticar y controlar para evitar o minimizar su efecto sobre el proceso de oseointegración.⁽⁹³⁾

2.2.3.2.- Carga mediata versus carga inmediata del implante

Los pacientes que se tratan mediante terapia de oseointegración, generalmente portan prótesis removibles (parciales o totales) o no portan prótesis mientras se logra

el período de cicatrización. El manejo de esta situación puede ser difícil.^(42,45)

Antes de la introducción del protocolo de Brånemark, el concepto de colocar los implantes en función inmediata estaba en boga, pero los primeros resultados no fueron predecibles. La introducción del protocolo de Brånemark en 1980 inició una nueva era en el tratamiento con implantes en una forma predecible.⁽⁴²⁾ Sin embargo, este protocolo necesita dos procedimientos quirúrgicos con un tiempo de espera para la cicatrización entre 3 y 6 meses.^(2,4,42,52)

Este procedimiento se realiza con mayor frecuencia y se conoce como técnica de dos etapas o técnica sumergida, en el que se coloca un implante y se cubre con el colgajo mucoperiostico para evitar las cargas y disminuir el riesgo de infección durante la cicatrización. Consecuentemente, se necesita de una segunda operación para realizar la conexión del pilar transmucoso.^(22,87,88,95)

En los humanos, se desconoce el tiempo exacto de cicatrización ósea, sin embargo se ha tomado como norma un período de 3 a 4 meses para el maxilar inferior y 5 a 6

meses para el maxilar superior, antes que el implante se pueda someter a cargas funcionales. No obstante, debemos considerar que las fuerzas que se producen durante la masticación se pueden transferir inadvertidamente a la interfase hueso-implante durante el período de cicatrización.⁽²²⁾

Cuando una carga controlada se aplica al hueso a través del implante, el hueso se remodela con una arquitectura relacionada con la dirección y magnitud de la carga. Si la carga se aplica antes de la cicatrización o si no se controla la carga adecuadamente, el proceso de oseointegración no ocurre y se produce un anclaje en el tejido conjuntivo.^(2,4,52)

Un período inicial sin cargas permite la diferenciación de las células mesenquimáticas indiferenciadas en células óseas. De esta forma, el proceso de remodelado óseo continua hasta que se evidencia la formación de hueso haversiano, este hueso tiene la capacidad de adaptarse a nuevas situaciones de carga, mediante el proceso de remodelado de los tejidos hasta que el implante finalmente se oseointegra.⁽⁴⁾

El tema de la carga inmediata o prematura es controversial y ha conducido a los investigadores hacia una interrogante con respecto a la necesidad de realizar un procedimiento quirúrgico de dos etapas para lograr porcentajes altos de éxito.⁽²²⁾

En la técnica de una sola etapa o técnica no sumergida, los implantes se colocan transmucosamente con la ventaja de evitar un segundo procedimiento quirúrgico. Esta técnica puede lograr resultados predecibles, sin embargo, el riesgo de falla es el doble en comparación con la técnica de dos etapas.^(22,42,87,88) El sitio ideal para la colocación inmediata de los implantes es la zona anterior del maxilar inferior, debido a que ésta zona presenta mayor densidad y calidad ósea en comparación con el resto del maxilar. Además, esta área posee placas corticales densas que permiten el anclaje del implante para lograr la estabilidad primaria.^(41,42,45)

La colocación del implante y su función inmediata se plantean como una alternativa al procedimiento clásico.^(42,45) Schnitman *et al.*⁽⁴²⁾ colocaron 63 implantes estándar tipo Brånemark (Nobel Biocare, Westmont, IL) de

diferentes longitudes en sitios del maxilar inferior de 10 pacientes y realizaron un seguimiento de 10 años.

De los implantes colocados, 28 se cargaron inmediatamente en el momento de la colocación y sirvieron de soporte para prótesis fija provisional. Además, se colocaron 35 implantes (vecinos a los cargados inmediatamente) siguiendo el protocolo de dos etapas. En el momento de la colocación todos los implantes estaban inmóviles. En todos los pacientes, los implantes cargados inmediatamente soportaron las prótesis provisionales durante el período de cicatrización de 3 meses. De los 28 implantes colocados en función inmediata 4 fracasaron. Los 35 implantes colocados con la técnica de dos etapas se oseointegraron y todos permanecieron en función hasta el final del estudio.⁽⁴²⁾

Los autores sugieren que, bajo condiciones controladas y en pacientes seleccionados, los implantes se podrían cargar en el momento de su colocación, sin comprometer el resultado a largo plazo, este procedimiento constituiría una alternativa frente al procedimiento convencional de carga mediata.⁽⁴²⁾

Sagara *et al.*⁽⁸⁸⁾ indican que la estructura de la interfase inicial hueso-implante varía considerablemente bajo diferentes condiciones de carga. La carga oclusal temprana parece afectar esas diferencias, con cambios en la altura ósea de la cresta. Se ha observado una pérdida significativa de la cresta ósea en los implantes cargados en una sola etapa. Los implantes colocados con procedimientos de dos o de una etapa pueden lograr una buena cicatrización ósea inicial, sin embargo, el protocolo de dos etapas es más predecible en cuanto al logro de la oseointegración.

Abrahamson *et al.*⁽⁸⁷⁾ compararon, en un estudio en perros, la mucosa y el tejido óseo que se forman en los implantes colocados con procedimientos de dos etapas y en los de una sola etapa, con respecto a la altura de la mucosa periimplante, la longitud del epitelio de unión y la zona de integración con el tejido conjuntivo para ambos grupos y no encontraron diferencias entre ellos. Se concluyó que la mucosa y el tejido óseo que se forman en los implantes colocados con los dos tipos de procedimientos tienen rasgos en común. La altura de la mucosa, la longitud del epitelio de unión, la altura y la calidad de la zona de integración con el

tejido conjuntivo y el porcentaje de contacto de hueso con el implante son similares en ambos procedimientos, por lo que la técnica de una sola etapa puede proporcionar condiciones para la integración de los tejidos.

Con el procedimiento de la carga mediata de los implantes se logran resultados predecibles a largo plazo. En este procedimiento se espera que ocurra un período de cicatrización para lograr la aposición ósea directa con el biomaterial implantado.^(22,42) No obstante, con los procedimientos de carga inmediata que se plantean como una alternativa se han logrado resultados similares. El éxito de estos últimos se ha relacionado con un contacto inicial íntimo con el hueso, la densidad del hueso cortical y la eliminación del micromovimiento durante el período de remodelado óseo.⁽⁴²⁾

La carga inmediata de los implantes puede resultar exitosa en situaciones clínicas donde se produce un equilibrio favorable entre la carga aplicada y el anclaje óseo inicial, sin embargo, el uso rutinario de este procedimiento y su influencia sobre el proceso de oseointegración son aún temas controversiales.⁽⁹³⁾

2.2.4.- Hábito tabáquico

El tabaco se ha identificado como un factor perjudicial para la salud, en general y como un factor de riesgo para la colocación de los implantes oseointegrados. Los fumadores tienen una mayor incidencia de cáncer de pulmón y de enfermedades cardiovasculares, además de otras condiciones.^(22,96)

Se ha demostrado en animales y en humanos que el tabaco compromete el potencial de cicatrización de las heridas. Esto ocurre por la acción vasoconstrictora de la nicotina, el incremento en la agregación plaquetaria, el incremento en los niveles de fibrinógeno y hemoglobina, el exceso de los niveles de carboxihemoglobina en la sangre, la reducción del flujo sanguíneo y la función disminuida de los leucocitos polimorfonucleares neutrófilos.^(21,23,96)

El hábito tabáquico se ha relacionado con complicaciones y fallas en el proceso biológico de la oseointegración. En general, en los pacientes fumadores se presentan el doble de fracasos en el proceso de oseointegración con relación a los pacientes no fumadores.^(21,22)

Bain y Moy⁽⁹⁶⁾ realizaron un estudio para evaluar el porcentaje de falla de los implantes oseointegrados en los pacientes fumadores, en un período de 6 años. Se colocaron implantes en 540 pacientes, a los cuales se les preguntó como parte de la historia médica si tenían hábito tabáquico, de esta forma se podría establecer el porcentaje de falla entre el grupo fumador y el no fumador.

De los 390 implantes colocados en fumadores, 44 fracasaron (11,28%), mientras que de los 1804 implantes colocados en no fumadores solo fracasaron 86 (4,76%). Los pacientes fumadores presentaron un mayor número de fallas en todas las regiones de los maxilares, mientras que en los no fumadores, el mayor porcentaje de fallas fue en la región posterior del maxilar superior.⁽⁹⁶⁾

Haas *et al.*⁽⁹⁷⁾ demostraron el efecto adverso del cigarrillo sobre los tejidos periimplante. Ellos encontraron que los valores de profundidad de sondaje periimplante, índice de hemorragia periimplante y resorción ósea periimplante son mayores para el caso del maxilar superior en pacientes fumadores, en comparación con pacientes no fumadores. Los resultados de este estudio indican que hay

una mayor incidencia de periimplantitis en el maxilar superior en los pacientes fumadores.

La cicatrización ósea y la oseointegración requieren un largo período de abstinencia. Se han sugerido protocolos para el cese del hábito tabáquico.⁽⁹⁶⁻⁹⁸⁾ El paciente debe dejar de fumar al menos una semana antes de la cirugía para revertir el nivel de la adhesión plaquetaria y la viscosidad de la sangre, así como los efectos asociados con la nicotina. El paciente debe continuar sin fumar al menos por 2 meses, luego de la colocación del implante, tiempo durante el cual la cicatrización ósea habrá progresado de su fase osteoblástica a la oseointegración primaria.^(96,98)

El proceso de oseointegración requiere de una adecuada oxigenación y perfusión de los tejidos. El tabaco provocará efectos locales regulados por sustancias citotóxicas y vasoactivas que perturbarán la cicatrización, por esto el odontólogo debe informar al paciente del riesgo que corre la terapia con implantes, si está presente este hábito. Los fenómenos que produce la nicotina y los productos asociados al tabaco son reversibles si se discontinúa su uso, de allí que la cicatrización en el

paciente fumador se puede mejorar si este suspende el hábito.⁽⁹⁶⁻⁹⁸⁾

2.2.5.- Terapia con radiaciones

La radioterapia en combinación con la cirugía se utiliza en muchos casos para el tratamiento de tumores en la región maxilofacial. La rehabilitación de la función masticatoria en estos pacientes es difícil y el uso de implantes como alternativa de tratamiento ha ido en aumento en esta población de pacientes.⁽⁶⁷⁾

La terapia con radiaciones provoca alteraciones tempranas y tardías en los tejidos y también tiene un profundo efecto sobre las células óseas y los vasos sanguíneos. La respuesta del tejido a la radiación es bimodal, con una fase aguda y una fase crónica.^(67,99,100)

Los cambios agudos incluyen mucositis, dermatitis, xerostomía, y cambios en la microarquitectura vascular, principalmente hay un compromiso de las estructuras del tejido blando. Los cambios crónicos afectan el hueso y comprenden la muerte celular, un incremento en la susceptibilidad a las infecciones, retardo en la cicatrización

ósea, resorción ósea y fibrosis. Por las razones mencionadas anteriormente, el tejido irradiado presenta problemas para la colocación de los implantes.^(22,67,99,100)

Un pequeño número de pacientes irradiados pueden desarrollar necrosis ósea. La necrosis ósea es progresiva, discapacitante y dolorosa. La patología básica del daño tisular por radiación es la muerte de las células normales y el daño celular subletal que conduce a una endoarteritis obliterante progresiva con la resultante isquemia y fibrosis.^(101,102) En la osteoradionecrosis, particularmente la que involucra los maxilares puede ser imposible la reconstrucción si no se tiene un hueso vascularizado y un tejido blando adecuado.⁽¹⁰²⁾

La extensión del daño celular parece ser dosis dependiente.⁽²²⁾ Jacobsson *et al.*⁽¹⁰³⁾ realizaron estudios de microscopía vital en conejos para observar las reacciones después de la radiación. Ellos observaron un daño vascular después de una sola dosis de 25 Gy de cobalto 60. Los vasos fueron los tejidos más afectados, en particular las venas y los capilares, mientras que las arterias no presentaban compromiso funcional. También, se observaron

cambios en la adherencia y en la migración de los leucocitos.

En humanos, con una dosis de radiación total de 48 Gy (1 Gy = 100 rad) rara vez se observan complicaciones, con dosis que exceden los 64 Gy se ha observado un incremento en las complicaciones. Si las dosis de radiación son acumulativas, el fraccionamiento de la dosis total puede permitir que se produzca algún tipo de reparación celular entre las aplicaciones sucesivas.⁽²²⁾

La terapia con radiación no se debe considerar como una contraindicación absoluta para la colocación de implantes, particularmente en el maxilar inferior y en aquellos pacientes que han recibido una dosis por debajo de los 55 Gy en el sitio de colocación del implante.⁽²²⁾ Para Gränstrom y Tjellström⁽¹⁰⁴⁾, la oseointegración aun es posible en pacientes que hallan recibido una dosis de radiación de 65 a 70 Gy.

El tiempo para colocar los implantes luego de la radioterapia es variable, pero, generalmente, se esperan entre 12 a 18 meses después del tratamiento.^(100,105) Cuando

se planifica una terapia con implantes, ésta se debe realizar cuando la perfusión de los tejidos no esté reducida.⁽²²⁾

Más específicamente, desde el punto de vista de la biología del tumor, un tiempo razonable para la detección de posibles recurrencias es de 1 a 3 años después de la cirugía del tumor y antes de la colocación del implante. Desde el punto de vista radiobiológico, el tiempo óptimo para la cirugía de implantes es cuando las reacciones agudas, después de la radioterapia hallan disminuido y se halla establecido la fase de cicatrización, aproximadamente 2 a 4 meses después de la irradiación.⁽¹⁰¹⁾

Se ha recomendado el uso de terapia con oxígeno hiperbárico (OHB) previo a la colocación del implante para proporcionar soporte a las áreas con flujo sanguíneo comprometido. El papel exacto del tratamiento con OHB previo a la colocación del implante todavía no se ha revelado completamente.⁽²²⁾

El tratamiento con OHB estimula la formación de hueso laminar, incluso este tratamiento también puede actuar sobre el hueso normal y estimularlo para que forme hueso

nuevo. También, incrementa la producción de matriz ósea en la osteogénesis experimental.^(67,101,102,106)

El OHB tiene tres mecanismos mediante los cuales fomenta la cicatrización, ellos son la promoción de la síntesis del colágeno provocada por un incremento en la presión parcial del oxígeno, la producción de fibroblastos ocasionada, también, por el aumento de la presión parcial del oxígeno y la proliferación vascular entre las fibras colágenas.^(99,100,106) La presión parcial del oxígeno en los tejidos irradiados es, usualmente, de 5 a 15 mm de Hg, en los tejidos tratados con terapia de OHB esta presión incrementa entre 20 a 35 mm de Hg y de esta forma se inician los mecanismos que favorecen la cicatrización.⁽¹⁰⁵⁾

Como una norma, el tratamiento con OHB incluye 20 inmersiones antes y 10 inmersiones después de la colocación del implante con una presión atmosférica absoluta de 2,4 por 90 minutos.⁽⁹¹⁾

Niimi *et al.*⁽¹⁰⁷⁾ analizaron implantes colocados en tejidos irradiados y el tratamiento adjunto con terapia de OHB. Los resultados de este estudio indicaron un mayor

porcentaje de éxito para el grupo de terapia con OHB en comparación con el grupo sin terapia de oxígeno hiperbárico, en los implantes colocados en el maxilar superior. Sin embargo, no hubo diferencia entre el grupo con o sin terapia de OHB para el maxilar inferior.

Cuando se irradia un paciente con implantes en el campo de irradiación ocurren varias reacciones en los tejidos duros y en los tejidos blandos. Se incrementa el riesgo de dehiscencia del tejido blando, la exposición del implante y la osteoradionecrosis.⁽¹⁰⁴⁾

Cada día son más los pacientes que ya tienen implantes colocados y que van a ser irradiados, en los que se debe actuar retirando todas las conexiones transepiteliales, pilares y puentes para dejar el implante solo recubierto por mucosa, antes de que el paciente se someta a las sesiones de radioterapia.⁽²¹⁾

Los pacientes sometidos a radioterapia presentan diversos efectos secundarios.^(21,23) Esta situación contraindica inicialmente el tratamiento con implantes. La selección del paciente se debe hacer con extremo cuidado

en base a las características individuales. Si el paciente estuvo en radioterapia, se debe esperar el restablecimiento de los tejidos. Los pacientes que presentan ulceraciones del tejido blando, hueso necrótico expuesto y otras complicaciones se deben tratar con extrema precaución. En aquellos casos de pacientes que ya tienen implantes, la radioterapia podría conducir a una sobredosis de radiación local en la zona donde ellos se encuentran y el riesgo de osteoradionecrosis sería mayor.⁽²²⁾

III.- DISCUSIÓN

La oseointegración, es un proceso que se define como una conexión directa, funcional y estructural entre el hueso vivo y la superficie de un implante que soporta una carga,⁽¹⁻³⁾ proceso que se ha analizado estructural y ultraestructuralmente. Si el hueso es un tejido dinámico, vivo, en constante remodelado, la oseointegración debe ocurrir en base a los mecanismos biológicos del hospedero que se ven afectados por factores tanto endógenos como exógenos. Cada factor, a su vez, está relacionado con otro, de allí que surja la necesidad de más estudios que revelen los mecanismos intrínsecos mediante los cuales intervienen en el proceso.⁽⁸⁻¹⁰⁾

Los factores que pueden afectar directa o indirectamente el proceso de la oseointegración son complejos y difíciles de analizar. La información que se puede obtener a través de la historia clínica es fundamental para evaluar la posibilidad que tiene el implante de oseointegrarse. La edad, las enfermedades sistémicas, los factores locales, las cargas oclusales, el hábito tabáquico, la terapia con radiaciones, entre otros, se han considerado

como factores que pueden comprometer el éxito de la oseointegración.⁽²¹⁻²³⁾

Los factores mencionados anteriormente han sido el centro de atención de varios estudios, sin embargo, todavía no se han identificado los mecanismos de acción precisos con respecto a estos y a la oseointegración. Definitivamente, las investigaciones sobre los mismos han generado controversias en la comunidad científica.^(3,21-23)

Uno de los factores críticos a ser considerado es la edad. Ésta resulta controversial y difícil de analizar cuando se van a colocar los implantes.⁽²¹⁾ Muchos niños reciben tratamientos con implantes y el profesional debe estar atento a la posibilidad que el implante quede sumergido. Por ello, en los pacientes jóvenes, las consideraciones acerca del desarrollo óseo que ocurre con el crecimiento son importantes, generalmente, se espera el cese del mismo para realizar la colocación del implante. Los investigadores concuerdan en que el implante se debe colocar al culminar el crecimiento^(21,23,26,27), sin embargo, se han obtenido buenos resultados antes de la finalización del período de crecimiento activo tanto en pacientes con

anodoncia, ya sea parcial o total^(26,27,29), como en niños con displasia ectodérmica.^(26,27,29)

El papel de las enfermedades sistémicas sobre el proceso de oseointegración es un tópico controversial. Existen estudios en los cuales se analizan los porcentajes de éxito de la oseointegración en relación a las condiciones sistémicas. En la mayoría se trata de encontrar la correlación entre las condiciones sistémicas y los fracasos en el proceso de la oseointegración. Sin embargo, los mecanismos intrínsecos por los cuales estas patologías pueden comprometer el proceso todavía no se han revelado completamente, esta falta de conocimientos hace que sean necesarios más estudios sobre este tema.^(22,30,31,75)

Las principales enfermedades sistémicas que pueden comprometer el proceso biológico de la oseointegración son aquellas que se relacionan directamente con el tejido óseo, con el mecanismo de coagulación y con la cicatrización de los tejidos, entre ellas la osteoporosis^(22,23,30-32,34,35), las enfermedades hematológicas^(21,23,30) y las enfermedades endocrinas^(22,23,30,31).

La osteoporosis ha sido el centro de atención de varios estudios.^(22,30-32,34,35) El éxito del proceso de la oseointegración depende del estado del lecho óseo y de su capacidad de cicatrización. La osteoporosis puede provocar un desequilibrio entre la formación y la resorción ósea por lo que puede actuar como factor de riesgo para la oseointegración. No obstante, esta afirmación no tiene suficiente basamento científico y todavía se deben estudiar los mecanismos precisos que comprometen el proceso.^(30,32)

Las enfermedades hematológicas y las enfermedades endocrinas afectan los procesos de coagulación y de cicatrización, eventos que son fundamentales para la oseointegración. Estas condiciones podrían perturbar la circulación en el lecho receptor de los implantes y retardar la cicatrización. Aunque estas condiciones podrían actuar como factores de riesgo, todavía faltan más estudios que determinen su relación con el fracaso del proceso de la oseointegración.^(21,23,30,37)

El uso de medicamentos pre y postoperatorios se debe analizar cuidadosamente, el empleo de ciertos medicamentos como los corticoesteroides^(2,21,30,31) y los

AINES^(22,30,63) puede alterar las respuestas del hospedero. La administración de estos medicamentos se debe relacionar con la dosis, la edad y la enfermedad de base del paciente para poder realizar los ajustes necesarios y predecir el éxito del proceso de la oseointegración del implante dental, mas no existen criterios bien definidos para predecir cual es la dosis precisa de estos medicamentos que podría comprometer el proceso.^(21,30,31)

Los factores locales como la cantidad y la calidad ósea, el material de implante, las características de la superficie y el diseño del mismo, la ubicación anatómica, el trauma quirúrgico, entre otros, son factores que podrían afectar el proceso biológico de la oseointegración porque ellos están relacionados directamente con el lecho óseo receptor.^(10,11,22) La dificultad para realizar un análisis individual de cómo cada uno de estos factores afecta el mecanismo de la oseointegración demanda la realización de más estudios en esta área.^(10,22)

Los biomateriales para implantes han tenido una evolución constante. Los biomateriales con cubiertas que fomentan la oseointegración se utilizan ampliamente.^(22,75)

Una de las cubiertas más estudiadas es la HA. Sin embargo, su uso, a pesar de su alto grado de biocompatibilidad, es controversial, porque ella podría provocar una respuesta de cuerpo extraño en el hospedero, si la cubierta se desprende y queda como fragmentos en el tejido, además se podría producir una fibrosis en vez de la esperada respuesta de oseointegración.^(22,73,75,81)

La topografía de la superficie del implante es muy importante y ha sido objeto de varios estudios.^(9,14,69,76,78,79,80,81,102) Con el transcurso del tiempo los investigadores han estudiado diversas formas y diseños que produzcan la orientación adecuada de las células específicas, para mejorar la adhesión de los tejidos y la distribución de las fuerzas en el sistema.⁽⁶⁹⁾ Se cree que los implantes cilíndricos roscados podrían proporcionar un mayor porcentaje de éxito en el proceso de oseointegración, por la estabilidad primaria que ofrecen y la adecuada transmisión de fuerzas al hueso del hospedero.^(69,76,80)

Se han generado muchas controversias en relación a la aplicación de las cargas sobre los sistemas de implantes^(2,4,22,52,92,93) y la técnica de colocación de los

mismos, en una o en dos etapas.^(22,41,42,46,47) El protocolo original de Brånemark establece un tiempo de espera para la cicatrización y luego una segunda intervención.^(22,31,87,88,95) Como alternativa a este protocolo surge la colocación inmediata y la aplicación inmediata de las cargas. Aunque este último se ha implementado con éxito, el riesgo de los fracasos podría ser mayor en comparación con el procedimiento convencional. Sin embargo, para confirmar esta aseveración se necesitan más estudios, bien diseñados y a largo plazo, que demuestren como estas técnicas podrían afectar el proceso de la oseointegración.^(22,42,87,88)

Es necesario que el profesional de la Odontología estudie cuidadosamente cada uno de los factores que pueden afectar el proceso de la oseointegración. A pesar de toda la investigación realizada en el campo de la oseointegración de los implantes dentales, falta mucho camino por recorrer. Para garantizar el logro exitoso del proceso es indispensable dilucidar la interrelación de todos los factores y su efecto sobre los eventos biológicos que ocurren en el hospedero.^(10,22,30,87)

IV.- CONCLUSIONES

1.- La oseointegración es un proceso biológico, dinámico en el tiempo, en el que intervienen diversos mecanismos y factores que pueden afectar la unión del tejido con el material de implante para formar una conexión directa estructural y funcional con capacidad de soportar las cargas fisiológicas, sin deformarse y sin dar inicio a mecanismos de rechazo.

2.- Existe una gran cantidad de factores que afectan el proceso de oseointegración, entre ellos tenemos, los factores endógenos (sistémicos y locales) y los factores exógenos. Estos factores se interrelacionan, de allí que el estudio de la influencia que puede tener cada uno de ellos en la oseointegración sea complejo y difícil.

3.- La edad no parece ser un factor determinante para el proceso de oseointegración, sin embargo, en los pacientes mayores se deben analizar las condiciones sistémicas y sus consecuencias en dicho proceso. En los niños y jóvenes se deben analizar el patrón de crecimiento y la posibilidad que

el implante quede sumergido al comportarse como un diente anquilosado.

4.- Las principales condiciones sistémicas que podrían comprometer la oseointegración son las enfermedades del metabolismo óseo, las enfermedades hematológicas y las alteraciones endocrinas. Estas patologías suponen una alteración en el mecanismo de cicatrización que es necesario para el éxito de la oseointegración, sin embargo, se necesitan más estudios que aclaren la interrelación entre dichas patologías y el proceso de oseointegración.

5.- Los tratamientos que involucran terapias con medicamentos y el uso de los mismos, pre y postoperatoriamente, se deben analizar en base a los efectos secundarios que ellos pueden provocar en el proceso de oseointegración, algunos de ellos pueden alterar los factores de la coagulación, la cicatrización y la respuesta inmune del hospedero.

6.- La cantidad y la calidad ósea y la ubicación anatómica del implante dentro de los huesos maxilares son factores que afectan directamente el proceso de oseointegración.

Estos factores intervienen en la respuesta local del lecho óseo receptor.

7.- La presencia de microorganismos en la cavidad bucal ya sea como residentes habituales o como patógenos y su influencia en el proceso de la oseointegración aun no se ha dilucidado completamente. Sin embargo, se recomienda que los procesos infecciosos se resuelvan antes de la colocación del implante para evitar la contaminación del lecho óseo receptor y del biomaterial y disminuir las posibilidades de complicaciones.

8.- Las parafunciones son una de las causas más frecuentes de pérdida ósea alrededor del implante. Estas generan fuerzas excesivas e indebidas que pueden comprometer la estabilidad del implante y el proceso de oseointegración, por lo tanto se deben diagnosticar y tratar de controlar previo a la inserción del implante.

9.- El trauma durante el acto quirúrgico es inevitable, sin embargo, unas condiciones adecuadas de temperatura, de presión y las características del instrumental minimizan el

efecto nocivo sobre los tejidos del hospedero y se favorece el proceso de oseointegración.

10.- La gran mayoría de los materiales utilizados en implantodontología son biocompatibles, sin embargo, a través del tiempo se ha demostrado una biocompatibilidad excelente con los implantes de titanio, ellos permiten la osteogénesis y el logro de un resultado predecible a largo plazo.

11.- El diseño y la forma del implante influyen en el proceso de oseointegración. Existe cierta preferencia por los implantes cilíndricos roscados porque ellos aumentan la estabilidad primaria y disipan el estrés en la zona de la interfase. La profundidad de las roscas, el grosor y la angulación son parámetros geométricos variables que afectan la distribución biomecánica de las cargas.

12.- Las diferentes cubiertas bioactivas que se utilizan para los implantes pueden favorecer el proceso, no obstante, se deben seleccionar con precaución para evitar las reacciones de cuerpo extraño o los posibles efectos tóxicos.

13.- Las cargas oclusales sobre los sistemas de implante se deben dirigir axialmente, este tipo de fuerzas disminuye los momentos de flexión y ayuda a preservar la integridad de la interfase hueso-implante.

14.- Existen dos tendencias para la aplicación de las cargas sobre los implantes, la carga mediata y la carga inmediata. La carga mediata es un procedimiento predecible a largo plazo, en el que el implante se cubre con el colgajo mucoperióstico para evitar las cargas y disminuir el riesgo de contaminación durante la cicatrización. En cuanto a la carga inmediata, si se hace una buena selección del caso y la aplicación gradual de las cargas, es un procedimiento con el cual se puede lograr una oseointegración exitosa, sin embargo aun resulta un procedimiento controversial.

15.- El hábito tabáquico se considera como un factor de riesgo para el proceso de oseointegración debido a los efectos que produce la nicotina en los tejidos, principalmente, por la acción vasoconstrictora y la falta de oxigenación. El paciente fumador debe seguir un protocolo de cesación del hábito para revertir los efectos del tabaco sobre los tejidos y fomentar así la oseointegración.

16.- La terapia con radiaciones tiene un efecto profundo sobre el tejido óseo y los vasos sanguíneos. Sin embargo, la extensión del daño celular parece ser dosis-dependiente, se debe hacer un análisis de cada caso para estimar las consecuencias sobre el proceso de oseointegración.

17.- El efecto de los distintos factores sobre los mecanismos biológicos que intervienen en el proceso de la oseointegración abarca eventos complejos y dinámicos, muchos de los mecanismos en relación con el establecimiento del proceso y su mantenimiento en el tiempo no están claros, por esto se necesitan más estudios que dilucidan las controversias en relación a la intervención de cada uno de ellos en el proceso de la oseointegración.

V.-REFERENCIAS

- 1.- Beumer J, Lewiss S. Sistema de implantes Brånemark procedimientos clínicos y de laboratorio. Barcelona:Espaxs Publicaciones Médicas;1991.
- 2.- Brånemark P.I. Osseointegration and its experimental background. J Prosthet Dent 1983;50:399-410.
- 3.- Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants (I). Success criteria and epidemiology. Eur J Oral Sci 1998;106:527-551.
- 4.- Albrektsson T. Direct bone anchorage of dental implants. J Prosthet Dent 1983;50:255-61.
- 5.- van Steenberghe D, Naert I. The first two-stage dental implant system and its clinical application. Periodontol 2000 1998;17:89-95.
- 6.- Budd T, Bielat K, Meenaghan M, Schaaf N. Microscopic observations of bone/implant interface of surface-treated titanium implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1991;6:253-258.
- 7.- Huré G, Donath K, Lesourd M, Chappard D, Baslé M. Does titanium surface treatment influence the bone-implant interface? SEM and histomorphometry in a 6 month sheep study. Int J Oral Maxillofac Implants 1996;11:506-511.
- 8.- Cooper L. Biologic determinants of bone formation for osseointegration: clues for future clinical improvements. J Prosthet Dent 1998;80:439-49.
- 9.- Masuda T, Yliheikkila P, Felton D, Cooper L. Generalizations regarding to process and phenomenon of osseointegration. Part I. *In vivo* studies. Int J Oral Maxillofac Implants 1998;13:17-29.
- 10.- Brånemark PI. Introducción a la oseointegración. En: Brånemark PI, Zarb GA, Albrektsson T. Protésis tejido-integradas. La oseointegración en la odontología clínica. Barcelona: Quintessence Books;1999.p.11-76.

- 11.- George K, Zafiropoulos G, Murat Y, Hubertus S, Nisengard R. Clinical and microbiological status of osseointegrated implants. J Periodontol 1994;65:766-770.
- 12.- Dziak R. Biochemical and molecular mediators of bone metabolism. J Periodontol 1993;64:407-415.
- 13.- Bianchi A. Prótesis implantosoportada, bases biológicas-biomecánica-aplicaciones clínicas. Caracas:Actualidades Médico Odontológicas Latinoamericana C.A;2001.
- 14.- Sánchez A, Bermejo A. Revisión de los constituyentes implantológicos en función de sus relaciones tisulares. Quintessence (ed. esp.) 2001;14:68-75.
- 15.- Donley T, Gillette W. Endosseous implant-soft tissue interface : A literature review. J Periodontol 1991;62:153-160.
- 16.- Hansson HA, Albrektsson T, Brånemark PI. Structural aspects of the interface between tissue and titanium implants. J Prosthet Dent 1983;50:108-13
- 17.- Weber HP, Cochran D. The soft tissue response to osseointegrated dental implants. J Prosthet Dent 1998;79:79-89.
- 18.- Ohtsu A, Kusakari H, Maeda T, Takamo Y. A histologic investigation on tissue response to titanium implants in cortical bone of the rat femur. J Periodontol 1997;68:270-283.
- 19.- Stefflik D, Corpe R, Lake F, Sisk A, Parr G, Hanes P, Buttle K. Composite morphology of the bone and associated support-tissue interfaces to osseointegrated dental implant: TEM and HVEM analyses. Int J Oral Maxillofac Implants 1997;12:443-453.
- 20.- Stefflik D, Parr G, Sisk A, Lake F, Hanes P, Berkery D, Brewer P. Osteoblast activity at the dental implant bone interface: Transmission electron microscopic and high voltage electron microscopic observations. J Periodontol 1994;65:404-413.

- 21.- Sanchís J.M, Donado A, Peñarrocha M. Diagnóstico. En: Peñarrocha M. Implantología Oral. Barcelona: Medicina stm Editores;2001.p.35-50.
- 22.-Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants (II). Etiopathogenesis. Eur J Oral Sci 1998; 106:721-764.
- 23.-Bascones A. Aspectos médicos en el paciente implantológico y periodontal. En: Bascones A, Bodereau E, Maddalena A, Maddalena L. Odontología restauradora contemporánea, implantes y estética. Madrid: Ediciones Avances Médico-Dentales; 2002.p.37-49.
- 24.- Bryant S, Zarb GA. Osseointegration of oral implants in older and younger adults. Int J Oral Maxillofac Implants 1998;13:492-499.
- 25.- van Steenberghe D, Henry P, Lekholm U, Bolender C, Folmer T, Herrmann I, et al. The applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: A prospective multicenter study on 558 fixtures. Int J Oral Maxillofac Implants 1990;5:272-281.
- 26.- Lekholm U. The use of osseointegrated implants in growing jaws. Int J Oral Maxillofac Implants 1993;8:243-244.
- 27.- Oesterle L, Cronin R, Ranly D. Maxillary implants and the growing patient. Int J Oral Maxillofac Implants 1993;8:377-386.
- 28.- Davarpanah M, Moon J, Yang L, Calcetti R, Martínez H. Dental implants in the oral rehabilitation of a teenager with hypohidrotic ectodermal dysplasia: a report of a case. Int J Oral Maxillofac Implants 1997;2:252-258.
- 29.- Westwood R, Duncan J. Implants in adolescents: A literature review and case reports. Int J Oral Maxillofac Implants 1996;11:750-755.
- 30.- Misch C .Implantología contemporánea. Madrid: Editorial Mosby/Doyma Libros;1995.

- 31.- Smith R, Berger R, Dodson T. Risk factors associated with dental implants in healthy and medically compromised patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:367-372.
- 32.- Dao T, Anderson JD, Zarb GA. Is osteoporosis a risk factors for osseointegration of dental implants ? *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:137-144.
- 33.- Fritz M. Implant therapy II. *J Periodontol* 1996;1:796-815.
- 34.- Fujimoto T, Niimi A, Nakai H, Ueda M. Osseointegrated implants in a patient with osteoporosis: a case report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:539-542.
- 35.- Kribbs P. Comparison of mandibular bone in normal and osteoporotic women. *J Prosthet Dent* 1990;63:218-22.
- 36.- Starck W, Epker B. Failure of osseointegrated dental implants after diphosphonate therapy for osteoporosis: A case report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:74-77.
- 37.- Curtis J. Implant placement and restoration following bone marrow transplantation for chronic leukemia : A case report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:81-86.
- 38.- Binon P, Fowler C. Implant supported fixed prótesis treatment of a patient with Sjögren's Syndrome: A clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:54-60.
- 39.- Payne A, Lownie J, Dip H, Van Der Linden W. Implant-supported prostheses in patients with Sjögrens Syndrome: A clinical report on three patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:679-685.
- 40.- Parr G, Steflik D, Sisk A. Histomorphometric and histologic observations of bone healing around immediate implants in dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:534-540.
- 41.- Krump J, Barnett B. The immediate implant:a treatment alternative. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:19-23.
- 42.- Schnitman P, Wöhrle P, Rubenstein J, DaSilva J, Wang N. Ten year results for Bränemark implants immediately

loaded with fixed prostheses at implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:495-503.

43.- Ali A, Patton D, El-Sharkawi A, Davies J. Implant rehabilitation of irradiated jaws: A preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:523-526.

44.- Nevins M, Langer B. The successful application of osseointegrated implants to the posterior jaw : A long term retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:428-432.

45.- Parel S, Triplett R. Immediate fixture placement: A treatment planning alternative. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:337-345.

46.- Rutherford R, Sampath K, Rueger D, Taylor T. Use of bovine osteogenic protein to promote rapid osseointegration of endosseous dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:297-301.

47.- Novaes A, Novaes A. Immediate implants placed into infected sites. A clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:609-613.

48.- Jovanovic S. The management of peri-implant breakdown around functioning osseointegrated dental implants. *J Periodontol* 1993;64:1176-1183.

49.- Salcetti J, Moriarty J, Cooper L, Smith F, Collins J, Socransky S, Offenbacher S. The clinical, microbial and host response characteristics of the failing implant. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:32-42.

50.- Balshi T. An analysis and management of fractured implants: A clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:660-666.

51.- Rangert B, Krogh P, Langer B, Van Roekel N. Bending overload and implant fracture: a retrospective clinical analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:326-334.

52.- Albrektsson T, Jansson T, Lekholm U. Osseointegrated dental implants. *Dent Clin of North Am* 1986;30:151-175.

- 53.- Haider R, Watzek G, Plenk H. Effects of drill cooling and bone structure on IMZ implant fixation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:83-90.
- 54.- Abouzgia M, James D. Temperature rise during drilling through bone. *Int J Oral Maxillofac Implant* 1997;12:342-353.
- 55.- Brisman D. The effect of speed, pressure, and time on bone temperature during drilling of implant sites. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:35-37.
- 56.- Gross M, Laufer B, Omianar Z. An investigation on heat transfer to the implant-bone interface due to abutment preparation with high speed cutting instruments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:207-211.
- 57.- Watanabe F, Tawada Y, Komatsu S, Hata Y. Heat distribution in bone during preparation of implant sites: heat analysis by real-time thermography. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:212-219.
- 58.- Yacker M, Klein M. The effect of irrigation on osteotomy depth and bur diameter. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:634-638.
- 59.- Eriksson A, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury. A vital microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent* 1983;50:101-7.
- 60.- Worthington P, Bolender C, Taylor T. The Swedish system of osseointegrated implants: Problems and complications encountered during a 4 year trial period. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:77-84.
- 61.- Cordioli G, Majzoub Z. Heat generation during implant site preparation: An in vitro study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:186-193.
- 62.- Becker W, Becker B, Newman M, Nyman S. Clinical and microbiologic findings that may contribute to dental implant failure. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:31-38.
- 63.- Trieger N. Antibiotics and anti-inflammatory agents in dental implantology. *Implant Dent* 1999;8:343-347.

- 64.- Scharf D, Tarnow D. Success rates of osseointegration for implants placed under sterile versus clean conditions. *J Periodontol* 1993;64:954-956.
- 65.- Delgado A, Schaaf N. Dynamic ultraviolet sterilization of different implants types. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:117-125.
- 66.- Kasemo B, Lausmaa J. Biomaterial and implant surfaces : A surface science approach. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:247-259.
- 67.- Gränstrom G, Jacobson M, Tjellström A. Titanium implants in irradiated tissue: Benefits from hyperbaric oxygen. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:15-24.
- 68.- Brunski J. Biomaterials and biomechanics in dental implant design. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;5:85-97.
- 69.- Sykaras N, Iacopino A, Marker V, Triplett G, Woody R. Implant materials, designs, and surface topographics: Their effect on osseointegration. A literature review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:675-690.
- 70.- Baier R, Meyer A. Implant surface preparation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:9-20.
- 71.- Olefjord I, Hansson S. Analysis of four dental implants systems. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:32-40.
- 72.- van Steenberghe D. Periodontal aspects of osseointegrated oral implants modum Bränemark. *Dent Clin of North Am* 1988;32:355-368.
- 73.- Bowers K. Optimization of surface micromorphology for enhanced osteoblast responses in vitro. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:302-310.
- 74.- Kasemo B. Biocompatibility of titanium implants: Surface science aspects. *J Prosthet Dent* 1983;49:832-837.
- 75.- Morris H, Ochi S. Hydroxyapatite-coated implants: A case for their use. *J Oral Maxillofac Surg* 1998;56:1303-1311.

- 76.- Ellingsen J. Surface configurations of dental implants. *Periodontol 2000* 1998;17:36-46.
- 77.- Singh S, Schaaf N. Dynamic sterilization of titanium implants with ultraviolet light. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:139-146.
- 78.- Brunette D.M. The effects of implant surface topography on the behavior cells. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;3:231-246.
- 79.- Iacono V. Dental implants in periodontal therapy. *J Periodontol* 2000;71:1934-1942.
- 80.- Wennerberg A, Albrektsson T, Andersson B. Design and surface characteristics of 13 commercially available oral implants systems. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:622-633.
- 81.- Bagambisa FB, Joos U, Schilli W. The interaction of osteogenic cells with hydroxyapatite implant materials in vitro and in vivo. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:217-226.
- 82.- Cooks S, Kay J, Thomas K, Jarcho M. Interface mechanics and histology of titanium and hydroxyapatite-coated titanium for dental implant applications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;2:15-22.
- 83.- Albrektsson T. Hydroxyapatite-coated implants: A case against their use. *J Oral Maxillofac Surg* 1998;50:1312-1326.
- 84.- Blumenthal N. Enhancement of osseointegration of tricalcium phosphate coated-titanium endosseous implants with collagen gel. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:129-135.
- 85.- Kinni M, Hokama S, Caputo A. Force transfer by osseointegration implant devices. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:11-14.
- 86.- Velázquez M. Consideraciones biomecánicas de las prótesis fijas dento-implantosoportadas (Trabajo especial de grado) Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2004.

- 87.- Abrahamson I, Berglundh T, Moon IS, Lindhe J. Peri-implant tissues at submerged and non-submerged titanium implants. *J Clin Periodontol* 1999;26:600-607.
- 88.- Sagara M, Akagawa Y, Nikai H, Tsuru H. The effects of early occlusal loading on one-stage titanium alloy implants in beagle dogs. A pilot study. *J Prosthet Dent* 1993;69:281-8.
- 89.- Rangert B, Jemt T, Jörneus L. Forces and Moments on Brånemark implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:241-247.
- 90.- Weinberg L. The biomechanics of force distribution in implant-supported prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:19-31.
- 91.- Weinberg L. Reduction of implant loading with therapeutic biomechanics. *Implant Dent* 1998;7:277-285.
- 92.- Hoshaw S, Brunski J, Cochran G. Mechanical loading of Brånemark implants affects interfacial bone modeling and remodeling. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:345-360.
- 93.- Rangert B, Renouard F. Guías prácticas basadas en los principios biomecánicos. En: Palacci P, Ericsson I. *Odontología Implantológica Estética. Manipulación del tejido blando y duro*. Barcelona: Quintessence books; 2001.p.47-68
- 94.- Wismeijer D, van Waas M, Kalk W. Factors to consider in selecting an occlusal concept for patients with implants in the edentulous mandible. *J Prosthet Dent* 1995;74:380-4.
- 95.- Arvidson K. A subsequent two-stage dental implant system and its clinical application. *Periodontol* 2000 1998;17:96-105.
- 96.- Bain C, Moy P. The association between the failure of dental implants and cigarette smoking. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:609-615.
- 97.- Haas R, Haimböck W, Mailath G, Watzek G. The relationship of smoking on periimplant tissue. A retrospective study. *J Prosthet Dent* 1996;76:592-6.

98.- Bain C. Smoking and implant failure-benefits of a smoking cessation protocol. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996 ;11 :756-759.

99.- Franzén L, Rosenquist J, Rosenquist K, Gustafsson I. Oral and implant rehabilitation of patients with oral malignancies treated with radiotherapy and surgery without adjunctive hyperbaric oxygen. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:183-187.

100.- Weischer T, Schettler D, Mohr C. Concept of surgical and implant-supported prostheses in the rehabilitation of patients with oral cancer. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:775-781.

101.- Gränstrom G, Bergström K, Tjellström A, Bränemark PI. A detailed analysis of titanium implants lost in irradiated tissues. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:653-662.

102.- Johnsson K, Hansson A, Gränstrom G, Jacobsson M, Turesson I. Effects of hyperbaric oxygenation on bone-titanium implant interface strength with and without preceding irradiation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:415-419.

103.- Jacobsson M, Nanmark U, Turesson I. Acute microvascular reactions to ionizing irradiation in bone anchored titanium implants : A vital microscopic study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:193-196.

104.- Gränstrom G, Tjellström A. Effects of irradiation on osseointegration before and after implant placement: A report of three cases. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:547-551.

105.- Esser E, Wagner W. Dental implant following radical oral cancer surgery and adjuvant radiotherapy. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:552-557.

106.- Ueda M, Kaneda T, Takahashi H. Effect of hyperbaric oxygen therapy on osseointegration of titanium implants in irradiated bone: A preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:41-44.

107.- Niimi A, Fujimoto T, Nosaka Y, Ueda M. A Japanese multicenter study of osseointegrated implants placed in irradiated tissues: A preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:259-264.